İKLİM ŞURASI RAPORU 2022

T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI
İKLİM ŞURASI RAPORU

İKLİM ŞÛRASI 2022

ÖNSÖZ

Dünyada etkisi giderek daha yoğun bir şekilde hissedilen iklim değişikliği, ülkemizde de ciddi ve zaman zaman yıkıcı etkilere neden olmaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli raporuna göre bütün dünyada kuraklığın giderek daha yoğun hissedileceği, sıcak hava dalgalarının, aşırı yağışların ve sıcak gün sayısının artacağı öngörülmektedir.

Yapılan bilimsel çalışmalarla, bir Akdeniz ülkesi olan Türkiye'de de yıllık ortalama sıcaklığında 2,5-40C düzeyinde bir artışın görüleceği, ülkemizin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısında daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağı ortaya konulmuştur.

Bilimsel çalışmaların ortaya koyduğu bu sonuçlarla, ülkemizin farklı bölgelerinde farklı boyutlarda karşılaşıyoruz. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini, Karadeniz Bölgemizde yaşadığımız seller ve heyelanlar, Akdeniz Bölgesi başta olmak üzere ülkemizin dört bir yanında meydana gelen yangınlar, özellikle iç bölgelerimizde oluşan obruklar ve kuraklık olarak görüyoruz.

Bugün iklim değişikliği nedeniyle yaşanan bu olumsuzlukların sorumlusu Türkiye değildir. Fakat biz, Türkiye olarak, 20 yılı aşkın bir süredir, iklim değişikliğinin tüm olumsuz etkilerinin yol açtığı sorunlarla, koruma alanlarımızı genişleterek, yeşil alanlarımızı arttırarak, şehir merkezlerinde bugün sayısı 450'yi aşan millet bahçelerimizi yaparak, sıfır atığı yaygınlaştırarak mücadele ediyoruz.

Sayın Cumhurbaşkanımızın ortaya koyduğu vizyon çerçevesinde Paris İklim Anlaşmasına taraf olarak, 2053 net sıfır emisyon ve yeşil kalkınma hedeflerimizle iklim değişikliğiyle mücadelemizde artık daha çözüm odaklı bir bakış açısıyla politikalarımızı, stratejilerimizi, hedeflerimizi belirliyor ve uyguluyoruz.

Bu kapsamda şehirlerimizi, ülkemizi, ortak evimiz dünyamızı tehdit eden iklim değişikliğiyle mücadeleyi merkezine alan, Türkiye'nin önümüzdeki 100 yılını şekillendirecek önerilere imza atan İklim Şûrası'nı geniş bir katılımla geçtiğimiz Şubat ayında gerçekleştirmiştik.

Üniversitelerimiz, kamu kurumlarımız, yerel yönetimlerimiz, sivil toplum kuruluşlarımız, özel sektörümüz ve uluslararası kuruluşlardan 1.000'in üzerinde katılımcıyla ülkemizin en şeffaf, en katılımcı Şûralarından birini gerçekleştirdik.

Şûra'da sera gazı azaltımından yeşil finansmana, bilim ve teknolojiden karbon fiyatlamaya, iklim değişikliğine uyumdan yerel yönetimlere, göç ve adil geçiş konularına kadar farklı alanlarda 76'sını önceliklendirdiğimiz 217 karar aldık. Bu kararların, Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadelesinde etkisini küresel düzeyde hissettireceğine, yeşil kalkınma yolunda liderliğini hızlandıracağına yürekten inanıyoruz.

Yaşadığımız iklim krizinin olumsuz etkilerini azaltmak için inşa edeceğimiz daha iyi bir ekonomi, oluşturacağımız yeni ve yeşil iş alanları, artıracağımız yenilenebilir enerji kaynaklarıyla aynı zamanda Türkiye'nin geleceğini güvence altına alacağız.

Bu anlamda komisyonlarımızın enerji, ulaştırma, sanayi, atık, binalar, tarım, arazi kullanımı ve ormancılık alanlarında mevcut durum ve sorunlar hakkında belirledikleri politika önerileri, özellikle ülkemizin sera gazı emisyonlarının azaltılması ve ulusal katkı beyanının hazırlanmasında önemli bir kaynak olacaktır.

Sanayimizin uluslararası rekabet gücünü korumak, yeşil büyümeyi desteklemek amacıyla emisyon ticaret sistemi, karbon fiyatlama, karbon piyasalarına katılım gibi hususlar hakkında katılımcılarımızın ortaya koyduğu görüşler, ülkemizin koşulları doğrultusunda kurulacak karbon fiyatlama sistemi için önemli bir alt yapı oluşturacaktır.

İklim değişikliği küresel bir sorun olsa da etkilerini yerel ölçekte derin bir şekilde hissediyoruz. Bu nedenle özellikle yerel yönetimler iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum süreçlerinde önemli rol üstlenmek zorundadır. Şûra katılımcılarının, şehirlerin iklim değişikliğinden etkilenebilirliğinin analiz edilmesi, yerel iklim değişikliği eylem planlarını hazırlaması ve uygulanması, afet ve risk yönetimi kapsamında kentsel altyapıyı dirençli hale getirecek doğa temelli çözümlere öncelik verilmesi gibi hususlarda bildirdikleri görüşler, özellikle yerel yönetimlerimizin iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum çalışmalarından önemli bir rehber olacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılmasından alternatif yakıtların yaygınlaştırılmasına, akıllı ulaşım sistemlerinin kurgulanmasından sanayide sürdürülebilir üretim ve tüketim sistemlerinin geliştirilmesine, suyun verimli kullanılmasından iklim dostu akıllı tarım teknolojilerinin üretilmesine,

karbon tutma teknolojilerine kadar bilim ve teknoloji alanında ortaya konan her fikir akademimize ve iş dünyamıza önemli bir bakış açısı sunacaktır.

Ekonomik, çevresel ve sosyal sorunlar ile insani refahı ortak paydasında birleştirme amacı taşıyan sosyal politikalar, iklim değişikliğine karşı alınacak tedbirlerde önemli bir alan olarak karşımıza çıkıyor. Komisyonlarda iklim göçü, iklim adaleti, adil geçiş, istihdam, eğitim ve gençlik başlıkları altında alınan kararlar, yeni, sürdürülebilir, adil ve eşitlikçi bir geçiş sürecinin temini için destek mekanizmaları geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

2053 net sıfır emisyon ve yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda kamu ve özel sektörün yeşil yatırımları hayata geçirmesi gerekliliği aşikardır. Azaltım ve uyum yatırımlarını gerçekleştirmek için bir iklim finansmanı oluşturulması, etkinliğinin artırılması ve ilkelerinin benimsenmesi son derece önemlidir. Bu anlamda Bakanlık olarak, yeni finansal araçların geliştirilmesi, destek mekanizmalarının kurulması ve mevzuat düzenlemelerinin yapılması için çalışmalarımıza hızla devam ediyoruz.

Önümüzde yeni bir dönem var. Biz, Türkiye olarak, bu yeni dönemde; hem iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı tedbirlerimizi almayı hem de Yeşil Kalkınma Devrimi'nin lider ülkesi olmayı hedefliyoruz.

Ortaya koyduğumuz politikalar ve yaptığımız çalışmalarla iklim finansmanına erişimi de kolaylaştırarak iklim değişikliğiyle mücadelemize ivme kazandıracağız.

Elinizde bulunan ve İklim Şûrası'nda yapılan görüşmeler neticesinde hazırlanan bu rapor tüm alanlarda iklim değişikliğiyle mücadele noktasında yapılabilecek çalışmalara, alınabilecek tedbirlere dair geliştirilecek politika, strateji ve yeni hedefler için önemli bir rehber olacaktır.

Ben bu anlamda iklim değişikliğiyle mücadelemizde bizlere yol gösterecek bu raporun hazırlanmasına katkı sağlayan akademisyenlerimize, yerel yönetimlerimize, kamu, özel sektör, uluslararası kuruluş ve sivil toplum kuruluşlarımızın temsilcilerine teşekkür ediyor, saygılarımı sunuyorum.

Murat KURUM

ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANI

SERA GAZI AZALTIM 1 KOMİSYONU

YÖNETİCİ ÖZETİ

Paris Anlaşması'nın uluslararası iklim işbirliği modelinde yaptığı değişiklik en açık ifadesini azaltım eyleminde bulmuştur. İklim değişikliğiyle küresel mücadelede ülkelerin kendi iklim politikalarının önceliğini teslim eden Anlaşma "ulusal olarak yönlendirilmiş iklim eylemi mantığı" üzerine kurulmuştur. Anlaşma taraf devletlere ulusal katkılarını hazırlama, bildirme ve sürdürme yükümlülüğü getirmiştir.

Ülkemizin açıkladığı 2053 yılı için Net Sıfır Emisyon hedefi doğrultusunda; tüm paydaşlarımızın görüşlerini alarak kapsayıcı bir bakış açısı ile sera gazı azaltım politikalarımızı belirlemek, Türkiye'nin yeşil dönüşüm hamlesini başlatmak ve sürdürülebilir, çevreye duyarlı büyüme hedeflerimizi gerçekleştirmek temel amaçlarımız arasında yer almaktadır.

İklim değişikliğini önlemek amacıyla küresel ısınmanın 1,5 °C 'lik artışla sınırlandırılması konusunda en kritik başlık "Sera Gazı Emisyon Azaltımı" olarak kabul edilmektedir. Gerekli emisyon azaltımının sağlanabilmesi adına birçok sektörde önemli dönüşüm faaliyetlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Artan küresel sıcaklıklar sonucunda; yağış rejimlerinde değişiklikler, aşırı hava olaylarının sıklık ve şiddetinin artması, biyolojik çeşitlilik kaybı ve ekosistemlerin zarar görmesi, su ve gıda güvenliği sorunları, salgın hastalıklarda artış gibi etkiler yaşanmaktadır.

İklim değişikliği ile ilgili çalışmaların değişik disiplinleri ilgilendiren bir konu olması nedeniyle bu konudaki çalışmalar geniş bir yelpazede yer alan kurum ve kuruluşların çalışma alanına girmektedir. Türkiye'de iklim politikası; enerji üretimi, sanayi, ulaştırma, tarım, atık, ormancılık ve arazi kullanımı ve diğer planlama konularındaki karar alma süreçleriyle giderek daha fazla bütünleşmektedir. 2021 yılı itibariyle küresel karbondioksit emisyonlarının yüzde 65'inden fazlasını ve dünya ekonomisinin yüzde 70'inden fazlasını temsil eden ülkeler net sıfır emisyon hedefi taahhütlerinde bulunmuşlardır. Bu bağlamda ülkemiz "2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi"ni 27 Eylül 2021 tarihinde açıklamıştır. Paris Anlaşmasına taraf olunması ve yeşil kalkınma devrimi

olarak tanımlanan net sıfır emisyon hedefinin açıklanması ile Türkiye yeşil dönüşüm yolunda önemli bir adım atmıştır.

Bu kapsamda, söz konusu sektörlerin ulusal ve yerel boyutlarının ele alınması, Dünya'da ve Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmaların değerlendirilmesi, bu çalışmalar doğrultusunda sorun alanları ve bunlara bağlı politikalar geliştirilmesi ile İklim Kanunu'na katkı olabilecek kararlara yön verilmesi amaçlanmıştır.

İklim Şurası çalışmaları kapsamında oluşturulan Sera Gazı Azaltım-1 Komisyonunda Enerji, Ulaştırma ve Sanayi sektörleri ele alınmıştır.

YÜRÜTME KURULU ÜYELERİ

Komisyon Başkanı	Dr. Abdullah Buğrahan KARAVELİ
Başkan Yardımcıları	Prof. Dr. Gürkan KUMBAROĞLU Prof. Dr. Cem AVCI
Sera Gazı Azaltım –1 Komisyonu Koordinatörü	Dr. Tuğba DİNÇBAŞ
Enerji Sektörü Sorumlusu	Dr. Bengü Özge AKYÜREK
Enerji Sektörü Sorumlusu	Fatih ÖZYER
Ulaştırma Sektörü Sorumlusu	Buket AKAY
Sanayi Sektörü Sorumlusu	Özlem GÜLAY
Raportör	Cem TİRANLAR
Raportör	H.Bülent KADIOĞLU

1. GİRİŞ

Enerji, Ulaştırma ve Sanayi sektörlerini içeren, Sera Gazı Azaltım Komisyonu–1, ilgili kamu kurum ve kuruluşları, özel sektör, üniversite ve STK temsilcilerinden oluşan yaklaşık 120 kişinin katılımıyla 06 Ocak 2022 tarihinde çalışmaya başlamış olup komisyon çalışmalarında;

Uzun Dönemli Enerji Planı'nın hazırlanması,

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının en üst düzeyde kullanımının sağlanmasına ve kullanım alanlarının çeşitlendirilmesi,
- Tüm sektörlerde enerji verimliliği uygulamalarının yaygınlaştırılması,
- 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefleri doğrultusunda elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması senaryoları,
- Yeşil hidrojeni önceliklendiren Hidrojen Stratejisi ve Yol Haritasının hazırlanması,
- Sürdürülebilir ulaşım planlaması yaklaşımları,
- Yük ve yolcu taşımacılığında emisyon azaltımını hedefleyen yeşil ulaşım sistemleri,

- Ulaşımda alternatif yakıtların kullanımı, akıllı ulaşım ve elektrifikasyon sistemleri,
- 2053 net sıfır emisyon hedefi çerçevesinde, karbon yoğun sektörler başta olmak üzere imalat sanayi sektörlerinde sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik yol haritaları, projeksiyonlarının ve destek mekanizmalarının oluşturulması,
- Döngüsel ekonomi hedefleri çerçevesinde yeniden kullanım, atıkların yan ürün, alternatif hammadde olarak kullanılması ve geri dönüşüm/geri kazanım ile elde edilen ürünlerin zorunlu kullanım oranlarının belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması ve buna dair destek mekanizmalarının geliştirilmesi,
- Yeşil Organize Sanayi Bölgesi (OSB) ve Yeşil Endüstri Bölgesi Sertifikasyon sisteminin işletmeleri içerecek şekilde uygulanmasına yönelik altyapının oluşturulması,

başlıkları öncelikli olarak ele alınmıştır.

Komisyon çalışmalarına paralel olarak; “Mevcut Durum ve Sorun Alanlarının Tespiti”, “Politika ve önerilerin geliştirilmesi”, “İklim Değişikliğiyle Mücadele 2053 Vizyonu ve Toplumsal Beklentiler” ve “Politika ve önerilerin önceliklendirilmesi” başlıkları ile 4 ayrı anket çalışması gerçekleştirilmiştir.

21-25 Şubat 2022 tarihleri arasında Konya’da gerçekleştirilen İklim Şurası kapsamında ise söz konusu sektörlere ilişkin taslak politika önerileri, ilk üç gün yaklaşık 85 kişinin katılım sağladığı 6 adet oturumda tartışılmıştır. Akabinde, 24 Şubat 2022 tarihinde ilgili kurum ve kuruluşlardan toplamda 36 üst düzey temsilcinin katılımıyla oluşan Yuvarlak Masa toplantısında belirlenen politika öneri seti divan kurulunda okunarak kabul edilmiştir.

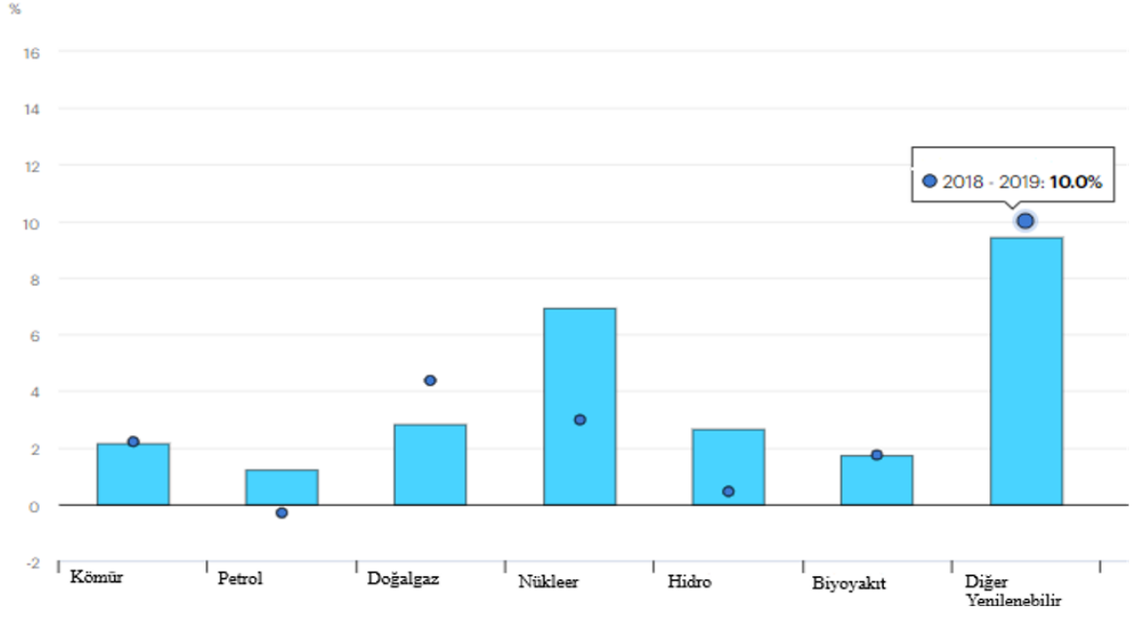
2. ENERJİ

2.1 Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

2.1.1 Dünyadaki Durum

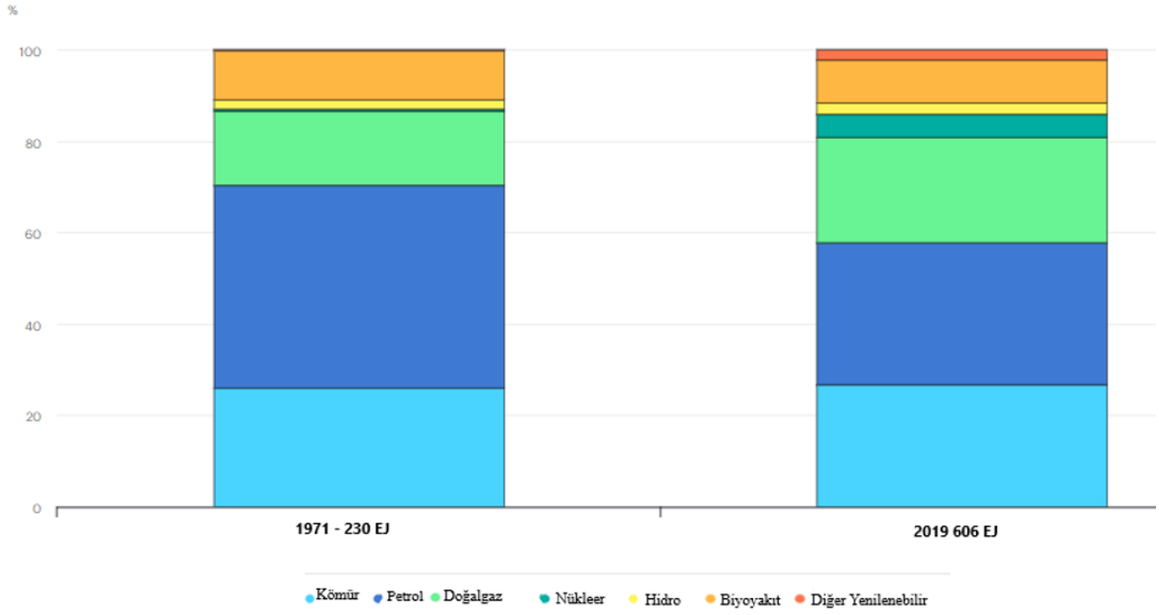
Dünya enerji üretiminin son elli yılına bakıldığında, fosil yakıtlar dünya enerji arzında en önemli enerji kaynağı olarak yerini korumakla birlikte bazı ülkelerde petrolden doğal gaza geçiş, enerji üretiminde kömürün kullanılması, nükleer santrallerin kullanımı gibi konularda önemli dönüşümler yaşanmıştır (İnat, 2021).

Dünya enerji üretiminde farklı enerji kaynaklarında yaşanan değişimler incelendiğinde 1971-2019 döneminde en fazla yıllık ortalama artışın yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu görülmektedir. Söz konusu dönemde dünyada hidrolik ve biyoyakıtların dışındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjide yılda ortalama % 9,4 artış dikkat çekmektedir. 2018-2019 arasında söz konusu yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimindeki artışın % 10 olması ise bu eğilimin son dönemde daha da güçlenerek devam ettiğini göstermektedir (Şekil - 1).



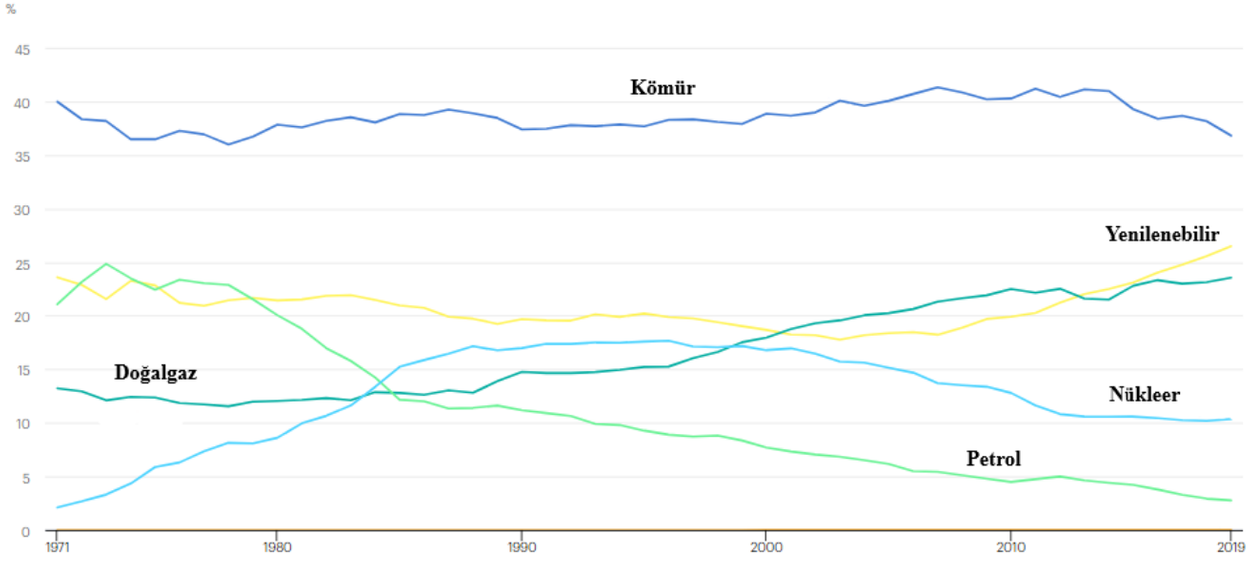
Şekil 1: *Dünya Enerji Üretiminde Farklı Enerji Kaynaklarında Yaşanan Değişimler, 1979-2019 (IEA World Energy Balances: Overview – Analysis, 2021)*

1971 ve 2019 yılları arasında dünya toplam enerji arzı 2,6 kat artmıştır. Farklı enerji kaynaklarının enerji üretiminde yaşadıkları dönüşüme rağmen bu dönemde fosil yakıtların dünya enerji üretiminde sahip oldukları ağırlık değişmemiştir. 1971'de petrol, doğalgaz ve kömürün dünya toplam enerji arzındaki payı % 86,6 iken 2019'da bu oran çok az bir gerilemeyle % 80,9 olmuştur. Söz konusu zaman aralığında petrolün dünya enerji arzındaki payında (% 44,3'ten % 30,9'a) büyük bir düşüş yaşanırken doğalgazın payında (%16,2'den %23,2) ciddi bir artış olmuş, kömürde ise önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir. Aynı dönemde dünya enerji arzında en büyük artış (% 0,5'ten % 5'e) nükleer yakıtta yaşanırken hidrolik ve biyoyakıtların dışındaki yenilenebilir kaynakların payı % 2,2'ye ulaşmıştır (Şekil - 2).



Şekil 2: *Dünya Enerji Arzı, 1979 - 2019 (IEA World Energy Balances: Overview – Analysis, 2021)*

Kömür, 2019'da elektrik üretiminde baskın yakıt olmaya devam ederek ve küresel elektrik üretiminin %37'sine ulaşarak yenilenebilir enerji kaynaklarının % 10 puan önünde yer almıştır. 2013 yılında yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı doğal gazın payını geçmiş ve aradaki fark büyümeye devam etmiştir. Nükleerin payı sekiz yıl boyunca % 10 civarında sabit kalırken, petrolün 2019'da küresel elektriğin % 3'ünden daha azını sağladığı görülmektedir (Şekil - 3).



Şekil 3: *Dünya Elektrik Üretiminde Yakıtların Payı, 1979 - 2019 (IEA World Energy Balances: Overview – Analysis, 2021)*

2020 yılına gelindiğinde tüm dünyayı derinden sarsan, ekonomileri kırılganlaştıran, tedarik zincirlerinde kopmalara neden olan Covid–19 salgınının bütün bir yılı olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu düzensizliğe rağmen, rüzgâr ve güneş enerjisinin öncülüğünde yenilenebilir enerji üretken bir şekilde büyümeye devam etmiştir. 2021 yılı ise genel itibarıyla 2020 yılında yaşanan zorlukların aşılması, meydana gelen hasarların onarılması ve şartların salgın öncesi duruma gelmesi için yapılan çalışmalarla geçmiştir (TSKB, 2021).

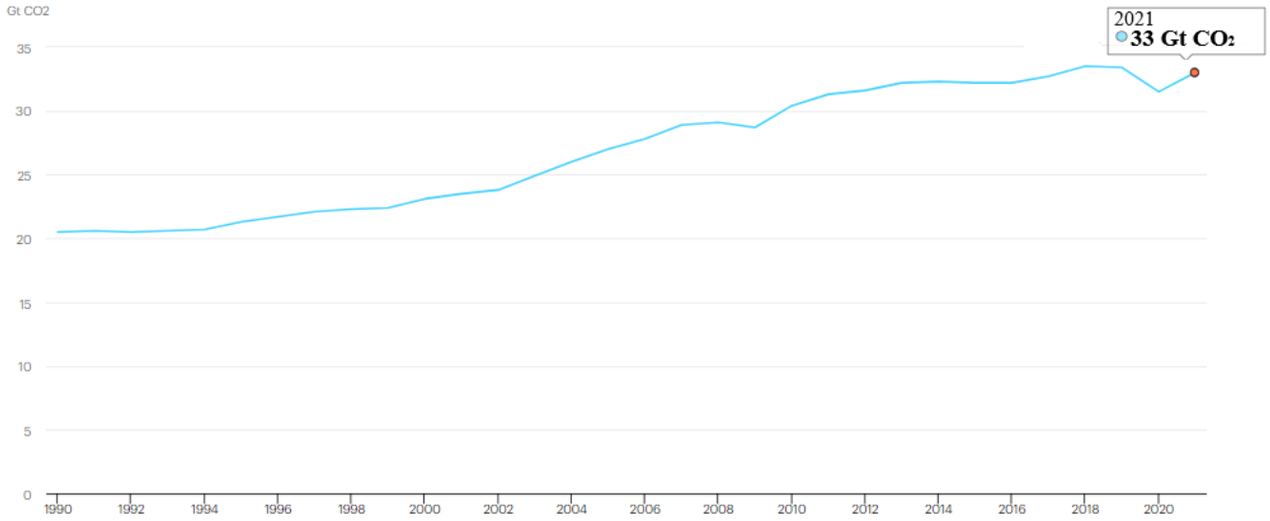
2021 yılında dünya genelinde ekonomik faaliyetlerin yeniden güçlenmesi, doğal olarak enerjiye olan talebin artmasını ve enerji piyasalarının canlanması sonucunu doğurmuştur. Bununla birlikte, iklim değişikliği kaynaklı etkilere bağlı olarak yeryüzünün belli bölgelerinde ciddi kuraklıklar yaşanması, bunun yer yer hidrolik üretimleri etkilemesi ve aşırı hava olaylarının enerji talebini yükseltmesi gibi nedenler fosil yakıtlara olan talebi de

artırmıştır. (TSKB, 2021) Ayrıca salgın sonrasına ertelenen talebin birdenbire yükselmesi ve birtakım teknik ve politik sebeplerle bazı fosil yakıtların arzında yaşanan kısıtlılıklar beraberinde anormal fiyat artışlarını getirmiş ve tüm dünyada petrol, kömür ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarının fiyatlarında rekor artışların yaşandığı enerji krizine sebep olmuştur. Enerji arzının hızla artan talebi karşılamaması nedeniyle küresel enerji krizinin 2022 yılında da devam edeceği öngörülmektedir.

2.1.1.1 Küresel Enerji Kaynaklı CO_2 Emisyonları

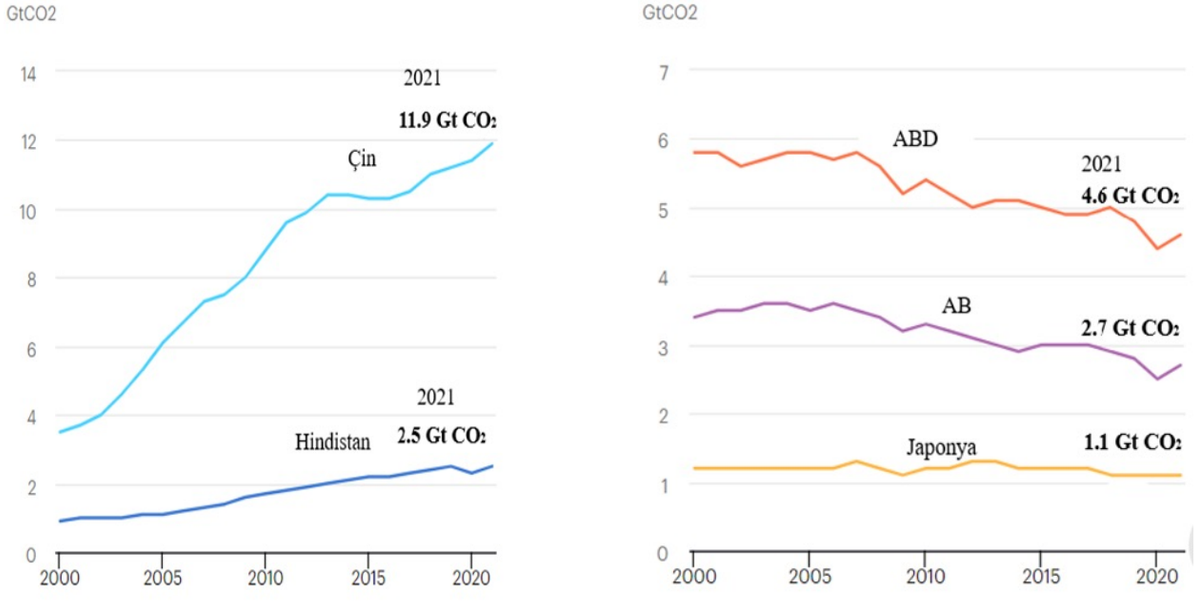
Küresel sera gazı emisyonlarının %73'ü enerji sektörü kaynaklıdır (Ritchie and Roser). Enerji sektörü yakıt yakma prosesi olan bütün faaliyetleri kapsamaktadır. Bu minvalde elektrik ve ısı üretimi (enerji sektör emisyonlarının %31'i), ulaşımda, sanayide, binalarda, tarımda yakıt yakma prosesleri kapsam dahilindedir (ETKB, 2022).

2020 yılında % 5,8 azalarak şimdiye kadarki en büyük düşüşü gösteren küresel enerji kaynaklı CO_2 emisyonları ekonomilerin COVİD 19 salgınından kurtulması ve kömür kullanımının artmasıyla birlikte 2021'de yaklaşık % 5 oranında artarak 33 Gt'ye ulaşmıştır. Endüstriyel prosesler de dahil edildiğinde toplam emisyon 36,3 Gt'ye yükselmektedir. Yakıtlar açısından, kömür, 2021'de küresel CO_2 emisyonlarındaki genel büyümenin %40'ından fazlasını oluşturmuş ve kömür emisyonları tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaşmıştır (Şekil - 4).



Şekil 4: *Küresel Enerji kaynaklı CO_2 Emisyonları, 1990-2021 (IEA, CO_2 Emissions – Global Energy Review - 2021)*

Çin, son iki yılda dünyanın geri kalanındaki toplam düşüşten daha fazla emisyon artışına neden olarak küresel CO_2 emisyonlarının % 33'üne sebep olmuştur. Hindistan'daki kömürlü üretim tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaşmış ve CO_2 emisyonları da 2021'de artarak, 2019 seviyelerinin üzerine çıkmıştır. Söz konusu dönemde ABD'de CO_2 emisyonları % 4, AB'de ise % 2,4 azalmıştır (Şekil - 5).



Şekil 5: *Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülke Örneklerinde CO^2 Emisyonları, (IEA, CO^2 Emissions – Global Energy Review - 2021)*

2.1.1.2 Dünyada Sera Gazı Azaltım Özelinde Enerji Sektörü İncelemesi

İklim değişikliğiyle mücadelenin önemli bir adımı olarak 2015 yılında kabul edilen Paris Anlaşması, küresel ortalama sıcaklık artışını 2 derecenin çok altında tutmayı ve 1,5 derecede tutmak için çabalamayı hedefleyen uluslararası bir iklim anlaşmasıdır. **Paris Anlaşması**'nın 4. maddesi küresel emisyonların en kısa zamanda tepe noktasına çıkarılarak azaltılmasını ve yüzyılın ikinci yarısında insan etkinlikleriyle salınan emisyonlarla yutaklar tarafından uzaklaştırılan emisyonlar arasında bir denge kurulmasını öngörür. Net Sıfır Emisyon kavramı bu denge noktasını ifade etmek için kullanılmaktadır. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 1,5 Derece Özel Raporu'na göre sıcaklık artışını 1,5 derecede sınırlamak hayati önem taşır ve bu hedefi gerçekleştirebilmek için küresel emisyonları 2030'da 2010 seviyesinin %45 altına indirmek ve 2050'de sıfırlamak gerekir. Glasgow'da yapılan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (UNFCCC) 26. Taraflar Konferansı'nda (COP 26) kabul edilen kararda da (Glasgow İklim Paktı) bu hedefin altı çizilmiştir.

İklim değişikliği ile mücadele doğrudan sera gazı emisyon azaltımı ile eşleştirilmektedir. Enerji sektörüne dair küresel gündemin de iklim değişikliği ile mücadele merkezli dönüştüğü görülmektedir. Net sıfır emisyonlu bir enerji sektörüne dönüşüm; kaynakta, teknolojide, tüketici davranışında değişim ve köklü dönüşümü gerektiren zor bir yolu işaret etmektedir. Ülkelere özgün koşulların farklılık arz etmesiyle beraber genel kabul gören uzun dönemli enerji sektörü net sıfır yol haritasının aşağıda belirtilen konuları içermesi beklenmektedir: (ETKB, 2022)

- Her sektörde enerji ve kaynak verimliliğinin en üst seviyede başarılması,
- Enerji talebinde elektriğin payının (elektrifikasyon) en üst seviyeye çıkarılması,
- Elektriğin yenilenebilir kaynaklardan ve temiz enerji teknolojilerinden elde edilmesi,
- Elektrifikasyonun mümkün olmadığı alanlarda yeşil hidrojen ve temiz alternatif yakıt olanaklarına başvurulması,
- Fosil kaynakların karbon yoğunluğu düşük şekilde üretilmesi ve kullanılması,
- Karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin hem elektrik üretiminde hem de sınai üretimde devreye alınmasına olanak sağlanması,

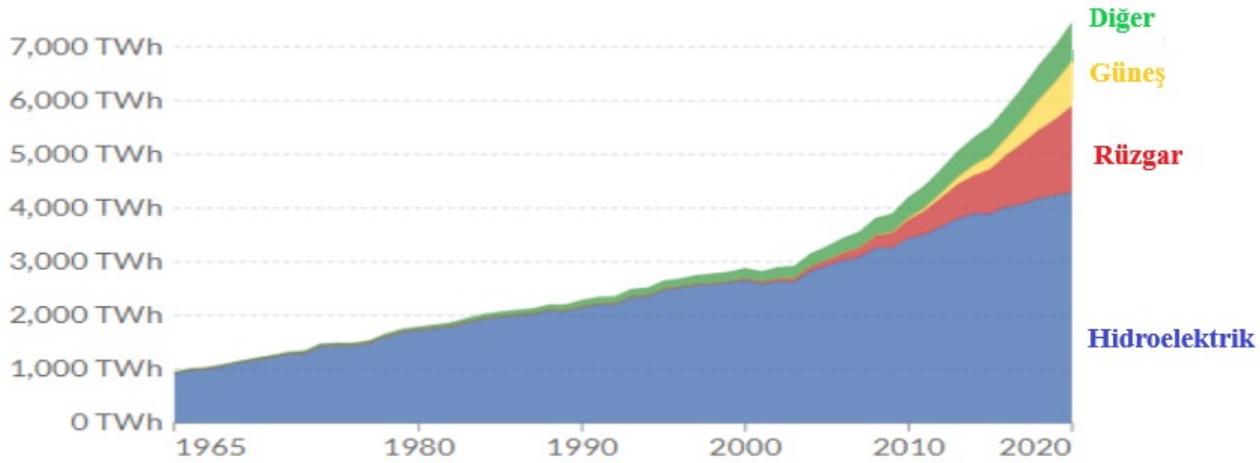
- Gerekli altyapı yatırımlarını da içerecek şekilde enerji sektörüne ilave yatırımlar yapılması,
- Enerji tedarikinde esneklik için ilgili araçların geliştirilerek sağlanması ve
- Gerekli teknolojilerin geliştirilmesi için inovasyonun ileri seviyede desteklenmesi.

2050 Küresel Net Sıfır Hedefine ulaşmak için oluşturulan senaryolarda 2030 yılında ekonomilerin %40 büyümesi ancak %7 daha az birincil enerji tüketimi öngörülmektedir. Küresel enerji tüketiminin bugüne kıyasla yıllık %4 iyileşme ile %35 daha enerji verimli hale gelmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm için ise ulaşımda elektrifikasyon, bina ısıtma sistemleri ve sanayide düşük ısıların kullanımı önemli bir rol oynayacaktır (IEA, Global Energy Review, 2021).

Teknolojik gelişim ile düşen maliyetler ve azalmakta olan teknik kısıtlar doğrultusunda enerji sektörünün yenilenebilir dönüşümü de devam etmektedir. Rüzgâr ve güneşin başı çektiği yenilenebilir kurulu gücü küresel olarak hızla büyümektedir. 20 yıl önce neredeyse hiç olmayan güneş kurulu gücü küresel olarak TW sınırına dayanmış ve bu yılın ilk çeyreğinde bu sınırı aşması beklenmektedir. Benzer şekilde rüzgâr kurulu gücünün de önümüzdeki sene içerisinde TW sınırını aşması beklenmektedir. Küresel net sıfıra ulaşılması için ise 2030 yılından itibaren hâlihazırda yıllık rekoru 200 GW olan güneş yıllık ilave gücünün 630 GW, 100 GW olan rüzgârın 390 GW olması beklenmektedir. İlave olarak yıllık 80 GW denizüstü rüzgâr kurulumu beklenmektedir. Ayrıca hâlihazırda 25 milyon hanenin çatısında bulunan fotovoltaik sistem sayısının 2050 yılına gelindiğinde en az 240 milyon olması beklenmektedir.

2021 yılında yenilenebilir kaynaklı elektrik üretimi 8000 TWh ile tarihsel en üst seviyeye ulaşmıştır (Şekil - 6). 2020 yılına göre rüzgârdan elektrik üretimi 270 TWh, güneşten elektrik üretimi 170 TWh artmıştır. Yenilenebilir toplam artışı 500 TWh olup nükleerden gelen 100 TWh artış ile 220 milyon ton CO_2 emisyon azaltımı sağlanmıştır (ETKB, 2022).

İklim Değişikliği ile mücadele uzun süredir tartışılır olmakla birlikte, 2021 yılında sırası ile İklim Liderler Zirvesi, G7 Zirvesi, BM Genel Kurulu, G20 Zirvesi ve İklim Değişimi Taraflar Konferansı (COP26) ile küresel gündemin merkezinde yer almıştır. Bu doğrultuda gelişen



Şekil 6: *Dünyada Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimi (Statistical Review of World Energy, Energy Economics, 2022)*

küresel beklentiler neticesinde 130'dan fazla ülke net sıfır hedefini ilan etmiştir. ABD 2050, AB 2050, Çin 2060, Rusya 2060, Hindistan 2070'i hedef yılı olarak ilan etmiştir. Türkiye'nin hedefi ise 2053 olarak belirlenmiştir.

2.1.1.3 Uzun Dönemli Stratejiler Kapsamında Ülke Örnekleri

2.1.1.3.1 Çin

Küresel CO_2 emisyonlarının üçte birinden sorumlu olan Çin, Eylül 2020'de CO_2 emisyonlarının 2030'dan önce zirveye ulaşmasını ve 2060'tan önce de karbon-nötr olmasını hedeflediğini açıklamıştır. Çin'in diğer tüm ülkelerden daha fazla enerji tüketmesi nedeniyle, kömür ve doğalgazdan uzaklaşmadaki başarısı 1,5°C hedefine ulaşılıp ulaşılamayacağı konusunda belirleyici rol oynayacaktır.

Çin, günümüzde kömürlü termik santrallerden elektrik üretiminin yaklaşık yüzde 60'ını yapmakla birlikte aynı zamanda dünyada güneş panelleri ve rüzgâr türbinleri gibi temel temiz enerji teknolojilerinin de en büyük üreticisidir. Çin, 2021 yılında temiz enerji dönüşümü için 266 milyar dolar yatırım yaparak kayda değer bir ilerleme kaydetmiştir (Şekil - 7)

2021	Ülke	Yatırım (Milyar $)	%
1	Çin	266	35
2	ABD	114	15
3	Almanya	47	6
4	Birleşik Krallık	31	4
5	Fransa	27	4
6	Japonya	26	3
7	Hindistan	14	2
8	Güney Kore	13	2
9	Brezilya	12	2
10	İspanya	11	2

Source: CSIS China Power Project; BloombergNEF

Şekil 7: *Dünyada Enerji Dönüşümü Yatırımlarına Göre İlk 10 Ülke, (China Power Project, 2021)*

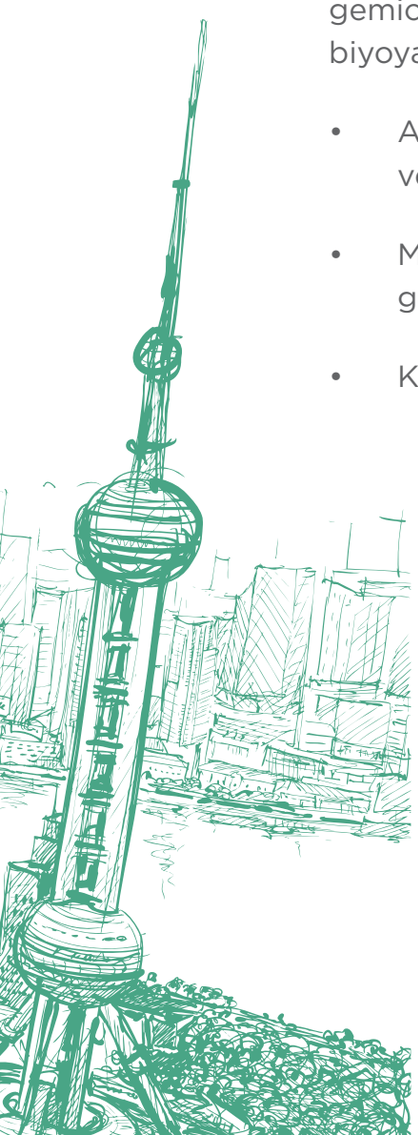
Uluslararası Enerji Ajansının "Çin Enerji Sektörünün Karbon Nötr Yol Haritası" raporuna göre emisyon azaltım hedeflerine ulaşılması enerji verimliliğindeki iyileştirmeler, yenilenebilir kaynakların yaygınlaştırılması ve kömür kullanımının azaltılması ile mümkün olabilecektir. 2030'dan sonra güçlü bir şekilde büyüyen hidrojen ve karbon yakalama gibi yenilikçi teknolojilerin rolü ile ülkenin 2060 yılına kadar emisyonlarını yaklaşık %95 oranında azaltma potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir (IEA, Energy sector roadmap to carbon neutrality in China, 2021).

2.1.1.3.2 Amerika Birleşik Devletleri

Çin'den sonra ikinci en büyük emisyon kaynağı ülke olan ve 2005 yılındaki 6,6 milyar ton net emisyonunu 2025'te %25-26, 2030'da %50-52 azaltmak ve 2050'de de sıfırlamak isteyen ABD, 2021 yılı Kasım ayında net sıfır yol haritasını, Nisan ayında ise net sıfır politikasını ilan etmiştir.

ABD'nin 2050 net sıfır emisyon yol haritasında öne çıkan konular aşağıda yer almaktadır.

- 2035'te elektriğin; sistem esnekliğini, yenilenebilir ve nükleer enerjiyi artırarak, fosil yakıtları azaltarak, karbon yakalama ve depolamaya da başvurarak karbonsuzlaştırılması,
- Karayolu ulaşımı, binalar ve sınai süreçlerin verimli ve katlanabilir maliyetlerle elektrifikasyonu, elektrifikasyonun teknolojik zorluklar getirdiği havacılık, gemicilik ve bazı sınai proseslerde karbonsuz hidrojen, sürdürülebilir biyoyakıtlar gibi temiz yakıtların önceliklendirilmesi,
    - Aynı ya da daha iyi hizmeti sunmak için daha az enerji kullanan mevcut ve yeni teknolojilerin kullanımı ile temiz kaynaklara geçilmesi,
    - Metan başta olmak üzere CO_2 dışı sera gazlarında azaltıma gidilmesi,
    - Karbon yutağının artışı ve karbon tutma teknolojilerin geliştirilmesi.



ABD Enerji Bilgi Yönetimi (EIA) projeksiyonlarına göre; 2050 yılına gelindiğinde, güneş enerjisinden elektrik üretimi sektörün açık ara lideri olurken küresel kömür kaynaklı elektrik üretiminin 2020 seviyesinde kalacağı görülmektedir. Nükleer enerjide dengeli bir ilerleme, doğalgazda ise 2020 seviyesine göre %15 civarında artış bulunmaktadır.

2.1.1.3.3 Avrupa Birliği

Enerji ile ilgili hedeflerini sistematik bir şekilde izleyebilmek için Avrupa Birliği; 2020, 2030 ve 2050 yılları için hedefler belirlemiştir. Bu hedefler AB'ye sera gazı emisyonları, yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji verimliliği ile ilgili bir politika çerçevesi sunmaktadır.

AB Üye Ülkeleri, 2030 yılı için aşağıdaki hedefler üzerinde mutabakata varmıştır:

- 1990 yılı seviyelerine kıyasla sera gazı emisyonlarını %40 oranında azaltmak,
- AB tarafından tüketilen enerjinin %27'sinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesini sağlamak,
- Enerji verimliliğini en az %27 oranında artırmak,
- AB ülkeleri arasında, elektrik dâhili bağlantı hedefi olarak belirlenen %15 oranına ulaşmak ve altyapı projelerini ilerleterek iç enerji piyasasını tamamlamak.

AB, 2050 itibariyle sera gazı emisyonlarında 1990 yılına kıyasla %80 ila %90 arasında bir azalma hedeflemektedir. 2050 Enerji Yol Haritası bu hedefe ulaşmaya yönelik senaryoları içermektedir (AB Türkiye, 2022).

2.1.1.4 Enerji Sektörüne İlişkin Bildiriler ve Kritik Kararlar

Mayıs 2021'de G7 çevre bakanları, küresel sıcaklıklardaki artışı 1,5 °C ile sınırlandırarak iklim hedeflerine ulaşılması için 2030'a kadar sıfır karbonlu enerji sektörü hedeflerini açıklamıştır.

Küresel ekonominin yaklaşık % 40'ını, küresel enerji talebinin % 30'unu ve küresel enerji kaynaklı CO_2 emisyonlarının %25'ini oluşturan G7 ülkelerinin küresel enerji piyasalarına öncülük etmesi beklenmektedir. Haziran 2021'de G7 Liderleri, "en geç 2050'ye kadar net sıfır" ve "ilgili politikalarla desteklenen, teknoloji odaklı bir net sıfıra geçişe öncülük etme" taahhütlerinde bulunmuşlardır (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2021).

Zirve sonucunda duyurulan bildirgede G7 liderleri kömür kullanılarak elde edilen elektrik üretiminin sera gazı emisyonlarının en büyük sebebi olduğunu, azaltılmamış (karbon

yakalama ve depolama gibi CO_2 emisyonlarını azaltan teknolojilerle azaltılamayan kömür kullanımı) kömüre yapılan uluslararası yatırımların en kısa sürede durdurulması gerektiğini kabul ederek azaltılmamış uluslararası termik termal kömür enerji üretimine yönelik yeni ve doğrudan sağlanan devlet desteklerinin sonlandırılmasına yönelik taahhütte bulunmuşlardır. Aynı bildiride, ayrıca kömürle çalışan santralleri 2021 sonrası finanse etmeme sözü de veren liderler kömür kullanımına son verme konusunda ise tarih vermekten kaçınmışlardı (Birpınar, 2022a).

Ekim 2021'de gerçekleştirilen G20 liderler zirvesi sonuç bildirgesinde kömür kullanılarak gerçekleştirilen elektrik üretiminin, sera gazı emisyonlarının en büyük sebebi olduğu vurgusu ile yurt dışında azaltılmamış kömürle elektrik üretimi için doğrudan kullandırılan yeni kamu desteklerinin sona erdirilmesi ve bu alanda yapılan uluslararası yatırımların durdurulması kabul edilmiştir (Birpınar, 2022a).

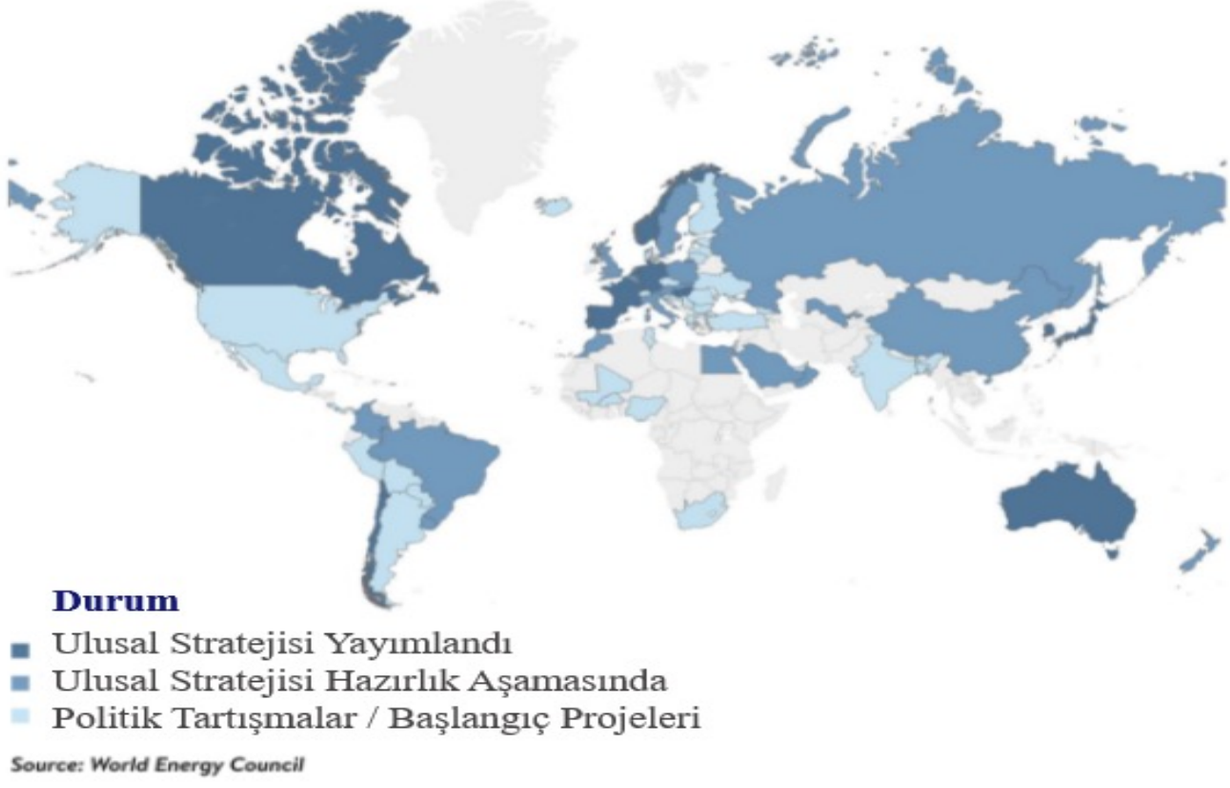
Bütün dünya ülkelerinin temsil edildiği Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) 26. Taraflar Konferansında ise kömür enerjisinin aşamalı olarak azaltılması ve etkin olmayan fosil yakıt sübvansiyonlarının aşamalı olarak kaldırılması kararı alınmıştır.

COP 26'da ayrıca 46 ülke arasında "Kömürden Temiz Enerjiye Küresel Geçiş Deklarasyonu" imzalanmış, bildirge kapsamında 2030 yılına kadar büyük ekonomilerin, 2040 yılına kadar ise diğer ülkelerin kömürden çıkışı taahhüt edilmiştir. Deklarasyonu Türkiye, Çin, Hindistan, Avustralya, Rusya ve ABD imzalamamıştır.

2.1.1.5 Azaltım Teknolojileri

2.1.1.5.1 Hidrojen:

Günümüzde dünya genelinde 17 ülke hidrojen stratejilerini yayımlamış, 20'den fazla ülke de stratejiler geliştirmek için çalıştıklarını kamuoyuna açıklamıştır (Şekil - 8). Uluslararası Enerji Ajansının "2050'ye Kadar Net Sıfır" senaryosunda, hidrojen kullanımının enerji sektörünün çeşitli bölümlerine yayılarak 2050 yılına kadar bugünkü seviyelere göre altı kat büyümesi ve toplam nihai enerji tüketiminin %10'unu karşılaması öngörülmektedir (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2021).



Şekil 8: *Küresel Hidrojen Stratejileri Durum Haritası,(Hydrogen on the Horizon: National Hydrogen Strategies, 2021)*

Avrupa Komisyonu; Avrupa Yeşil Mutabakatı ile hedeflenen 2050 yılı itibari ile ilk iklim-nötr kıta olma yolunda yeşil dönüşüm sürecini Hidrojen ile hızlandırmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, 2050 yılı hedefine ancak hidrojenin büyük ölçekte üretiminin, dağıtımının ve depolamanının sağlanması ile ulaşılabileceğinin değerlendirildiği, "Yeşil Hidrojen İçin Stratejik Araştırma ve Yenilik Ajandası" yayımlanmıştır. Ayrıca, Komisyon temiz hidrojen teknolojisi için araştırma ve yenilik yatırımlarının yeşil dönüşüm için en önemli bileşenlerden biri olduğunun altını çizmiştir. Yeşil Mutabakatın uygulanmasına yönelik yayımlanan 'Fit for 55' mevzuatı da enerji ve ulaşım alanları için hidrojen ekonomisinin tetiklenmesini hedefleyen birçok öneride bulunmaktadır.

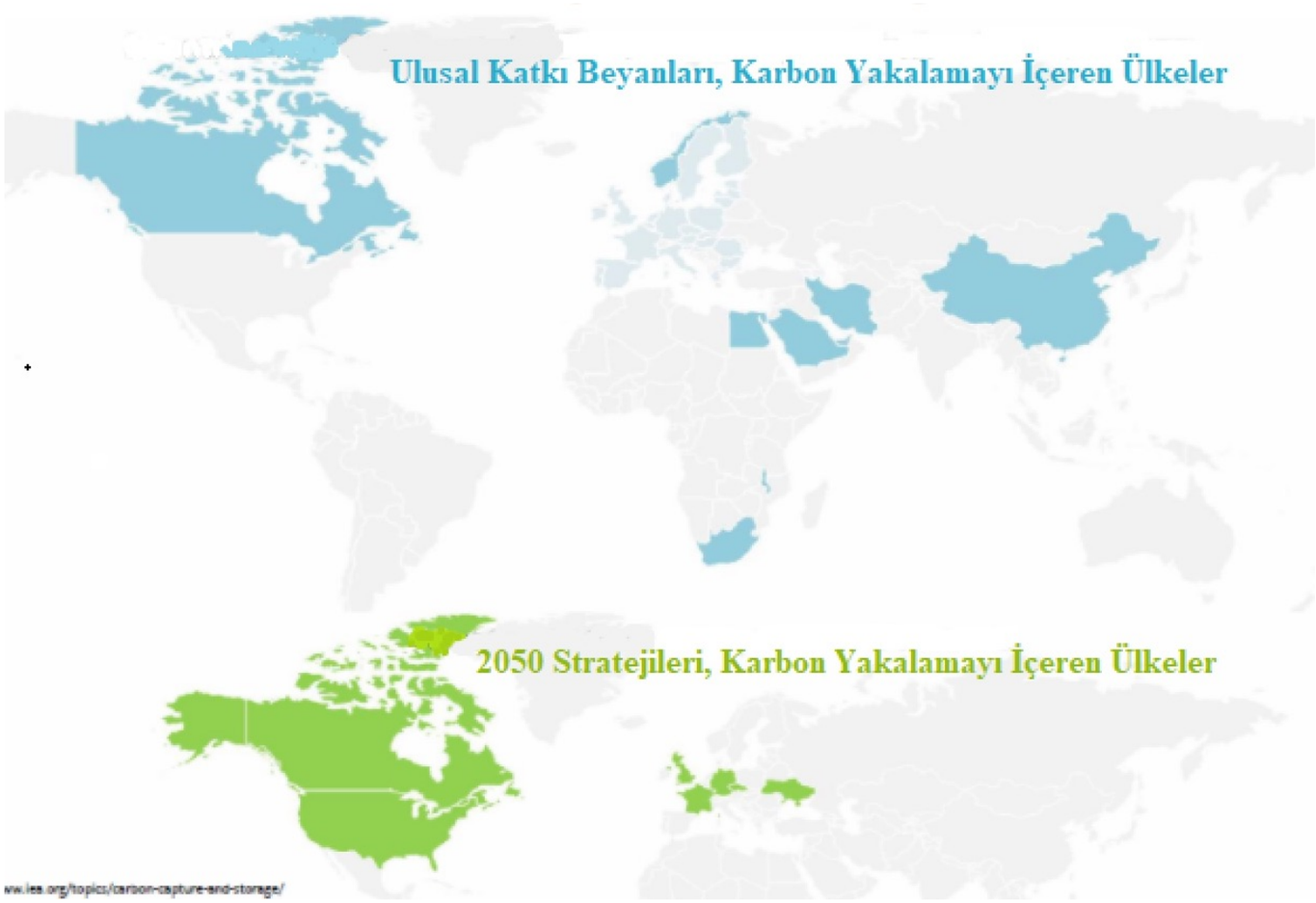
2.1.1.5.2 Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama:

Karbon yakalama ve depolama (KYD), elektrik santralleri ve endüstriyel tesisler tarafından salınan CO_2 emisyonlarını yakalama, taşıma ve depolamaya odaklanan bir teknolojiler paketi olarak tanımlanmaktadır. Böylece CO_2'i bu teknolojiye müsait yeraltı jeolojik oluşumlarında depolayarak atmosfere ulaşmasını engellemek amaçlanmaktadır. CO_2 emisyonlarını doğrudan kaynakta ele alan bu araç kullanılarak karbon emisyonlarının güvenli bir şekilde depolanması ve tutulması yoluyla ulusal ve uluslararası azaltım hedeflerine ulaşılmasında önemli yol kat edilmesi planlanmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) ve Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından paylaşılan çalışmalarda da karbon yakalamanın küresel emisyonların azaltılmasında ve uluslararası iklim hedeflerinin karşılanmasında büyük öneme sahip olmaya devam edeceği ortaya koyulmaktadır (Birpınar, 2022b).

IPCC, dünya genelinde KYD için en uygun hedefleri kömür yakıtlı enerji santralleri, doğalgaz başta olmak üzere diğer enerji santralleri, çimento, rafineriler, demir çelik ve petrokimya olarak değerlendirmiştir. Karbon yakalama bağlamında CO_2 kullanımı (KYK) ise yeniden kullanım ve geri dönüşüm seçeneğini temsil etmektedir. Bu nedenle KYK seçeneği, KYD seçeneğine göre daha uygun görünse de dünya çapında enerji kullanımıyla salınan yaklaşık 40 Gt CO_2'e kıyasla ticari olarak kullanılan CO_2 miktarının bu oranın sadece %1'ine karşılık gelmesi, kullanım verimliliği üzerinde engel teşkil etmekte ve kullanılsa bile emisyonun %99'a yakın bir kısmının depolanması gerektiğini ortaya koymaktadır (J. Herzog, 2020).

İklim değişikliğiyle mücadelede ihtiyaç duyulan aracın karbon yakalama ve depolama olup olmadığına ilişkin farklı görüşler bulunmakla birlikte, karbon yakalama teknolojisi, giderek daha fazla ülkenin iklim planında ve net sıfır emisyon stratejilerinde kendisine yer bulmakta ve bu teknolojinin 2050 yılında ulaşılması arzulanan net sıfır emisyon hedefi çerçevesinde kümülatif emisyon azaltımlarının %15 kadarına yardımcı olabileceği beklenmektedir (Şekil - 9) (Birpınar, 2022b).

Norveç kıyısı açıklarındaki Sleipner, Ekim 1996'dan itibaren yılda 1 milyon ton CO_2 depolayan, dünyanın ilk büyük ölçekli KYD projesidir. Sleipner'den sonra temel



Şekil 9: *Azaltım Hedefleri karbon Yakalamayı İçeren ülkeler (IEA, Carbon capture, utilisation and storage - Fuels & Technologies, 2022)*

hareket noktası iklim değişikliği kapsamında emisyonların azaltımı olan onlarca büyük ölçekli karbon yakalama prosesi devreye girmiştir. Enerji sektöründeki ilk büyük KYD projesi ise Kanada'nın Estevan şehrinde Ekim 2014'te devreye alınan Boundary Dam enerji santralidir. Boundary Dam'da yakalanan yılda 1 milyon tonun üzerinde CO_2 'nin çoğu geliştirilmiş petrol geri kazanımı için satılmakta geri kalanı ise bölgedeki tuzlu formasyona enjekte edilmektedir (J. Herzog, 2020).

2.1.1.6 Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı

Avrupa Birliği, 2050 yılına kadar AB'yi net sera gazı emisyonlarının olmadığı ve ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrıştırıldığı modern, kaynak açısından verimli ve rekabetçi bir ekonomiye sahip adil ve müreffeh bir topluma dönüştürmeyi amaçlayan yeni bir büyüme stratejisi olan Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı'nı 11 Aralık 2019 tarihinde açıklamıştır. Avrupa Yeşil Mutabakatı, Avrupa Birliğinin iklim değişikliği ile mücadele ve ekonomik büyüme perspektifiyle 2050 yılına yönelik stratejik vizyonunu ortaya koymakta ve sanayi, enerji, ulaşım, biyoçeşitlilik, çevre, gıda ve kentleşme gibi başlıklarda hemen hemen tüm sektörleri ilgilendiren düzenlemeleri içermektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatında; Avrupa Birliği tarafından Dünya Ticaret Örgütü kurallarına ve AB Uluslararası yükümlülük kurallarına uygun biçimde iklim politikaları konusunda gerekli adımları atmayan ülkelerden ithal edilecek enerji ve karbon yoğun ürünlere sınırda karbon vergisi uygulanacağı ve komisyonun Paris Anlaşmasını gelecekte yapılacak kapsamlı ticaret anlaşmalarının hepsinde olmazsa olmaz bir unsur olarak önereceği belirtilmektedir. AB, Yeşil Mutabakat ile ilerleyen dönemde tüm politikalarını yeşil dönüşüm temelinde şekillendirirken, dış ticaretinin yarısına yakınını AB ile gerçekleştiren ülkemizin, ticaret ve sanayi başta olmak üzere ilgili tüm alanlardaki politikalarına AB'nin atacağı adımları yakından takip ederek

yön vermesi hem AB ile bütünleşmemizin sürdürülmesi ve derinleştirilmesi için bir gereklilik, hem de uluslararası rekabetçiliğimizin korunması için bir ihtiyaç olarak öne çıkmaktadır.

Yeşil yatırımların ülkemize çekilmesi ve ilgili tüm politika alanlarında yeşil dönüşümün desteklenmesini hedefleyen bir yol haritası niteliğindeki Yeşil Mutabakat Eylem Planına ilişkin Cumhurbaşkanlığı Genelgesi 16.07.2021 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Eylem Planında; sınırda karbon düzenlemeleri, yeşil ve döngüsel bir ekonomi, yeşil finansman, temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı, sürdürülebilir tarım, sürdürülebilir akıllı ulaşım, iklim değişikliği ile mücadele, diplomasi ve Avrupa Yeşil Mutabakatı bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri başlıkları altında belirlenen hedeflere ulaşılması amacıyla hayata geçirilecek eylemlere yer verilmiştir. Bu çerçevede, Eylem Planı 9 ana başlık altında toplam 32 hedefi ve 81 eylemi kapsamaktadır.

Bu çerçevede, ülkemizin yenilenebilir enerji ve düşük karbonlu enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi amacıyla temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı hedefi doğrultusunda altı eylem belirlenmiştir:

- Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği çalışmalarımıza dair açıklık analizi yapılarak, gelişim alanları değerlendirilecektir.
- Enerji verimliliği konusunda Organize Sanayi Tesislerinde faaliyet gösteren işletmeler başta olmak üzere sanayi tesisleri yetkililerine yönelik bilinçlendirme ve farkındalık eğitimleri verilecektir
- Ulusal Enerji Verimliliği Finansman Mekanizmasının geliştirilmesi değerlendirilecektir.
- Yeşil Tarife ve YEK-G Belgesi ile ilgili bilinçlendirme çalışmaları yürütülecektir.
- Milli Enerji ve Maden Politikamıza uygun olarak 2027 yılı sonuna kadar her yıl 1000 MW RES, GES sağlayacak şekilde çalışmalar yürütülecektir.
- Enerji verimli ve düşük karbonlu ısıtma ve soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılması için ulusal strateji belgelerinin, kılavuzların ve yol haritasının hazırlanması çalışmaları yürütülecektir (Yeşil Mutabakat Eylem Planı, 2021).

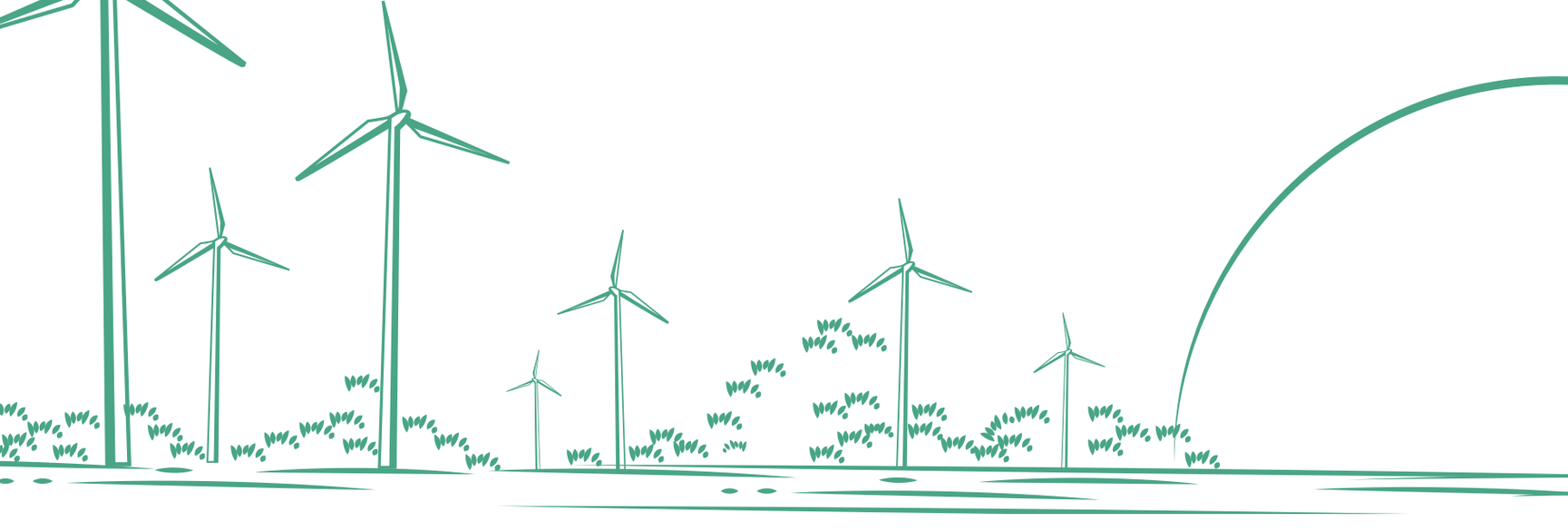
2.1.2 Türkiye'deki Durum

Enerji sektörü, son yıllarda dinamik bir dönüşüm sürecinden geçmektedir. Sektördeki, bu kalkınmayı desteklemek ancak iklim değişikliği, enerji yoksulluğu ve enerji güvenliği konularının getirdiği zorunlulukları, kalkınma ve endüstriyel stratejilerinin, yenilenebilir enerji ve ilgili teknolojilerinin temel çözüm olarak benimsenmesi ile gerçekleştirilebilir (IRENA,2021). Politikaların belirlenmesindeki itici güç, teknolojik gelişmelerin ve uluslararası işbirliklerinin, son on yılda bu teknolojileri nişten ana akıma taşımasıdır.

Gelecek nesilleri de etkileyecek şekilde en büyük küresel krizi yaratak dünya çapında sağlık sistemleri, ekonomiler ve toplumlar aracılığı ile şok dalgası göndermiş olan ve hükümetleri de eşi görülmemiş bir varoluş krizinin ortasında bırakan Koronavirüs (Covid-19), bir çok sektörün yanısıra, enerji sektörünü de dünya çapında ve derinden etkilemiştir.

Sektör, 2020 yılında dünya genelinde yavaşlayan ulaşım, ticaret ve ekonomik faaliyetin enerji kullanımını %4 oranında aşağı çekmesiyle tekrarlanan karantinalardan ciddi şekilde etkilenmiş, ancak 2020'de pandemi dalgaları dünya çapında yayılmaya devam ederken, teşvik paketleri ve aşıların piyasaya sürülmesi, ekonomik aktivitenin çoğunun geri dönmesine izin verilmesi ve küresel enerji talebinin 2021'de %4,6 oranında toparlanarak pandemi öncesi seviyelerin üzerine çıkması da normalleşme çabalarının göstergesi olmuştur (IEA Turkey-EPR 2021).

"Covid-19 salgınıyla alt üst olan ve yeni bir denge arayışında olan küresel emtia ve enerji piyasalarındaki çalkantılar Türkiye'yi de derinden etkilemiştir. Türkiye enerji piyasasında 2021 yılına damgasını vuran en önemli gelişmenin petrol, doğal gaz ve

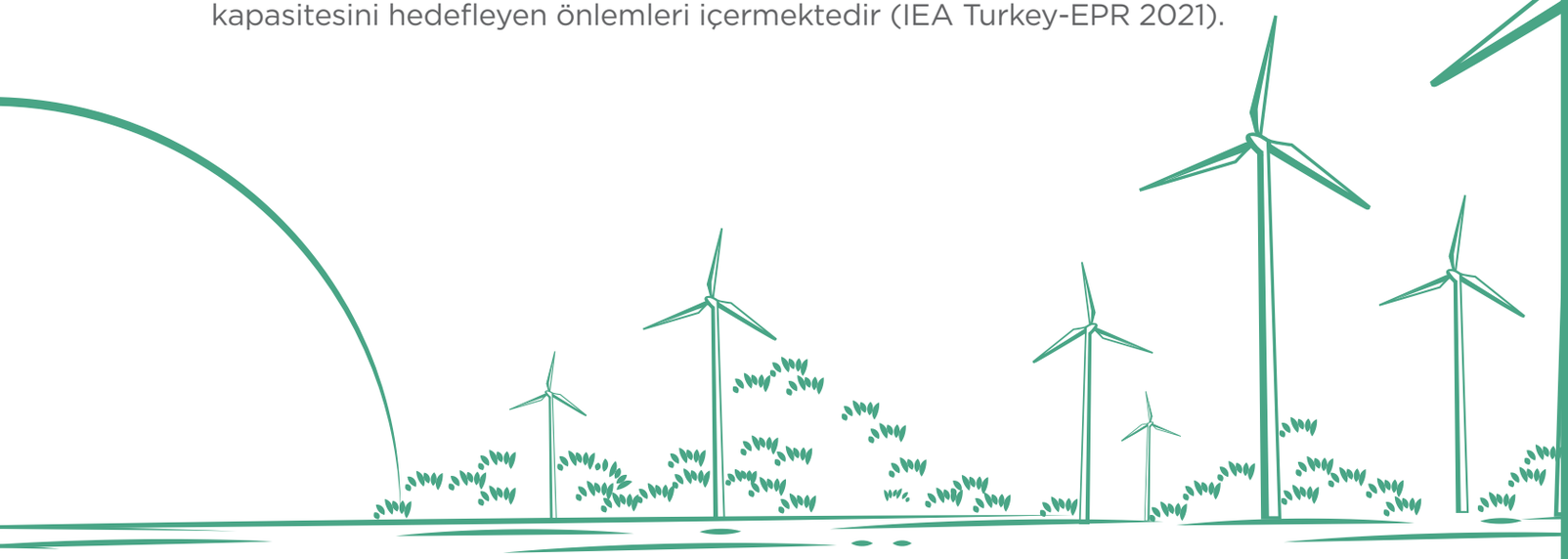


kömür maliyetlerinde meydana gelen artışlar olduğunu söylemek mümkündür. Hem petrol ve hem de doğal gaz üretimi bugün itibarıyla çok düşük seviyede olan Türkiye'nin dünyadaki gelişmeleri yönlendirecek büyüklükte bir alıcı pozisyonunun (küresel tüketim içinde yüksek payının) bulunmaması, sayılan gelişmeler karşısında Türkiye'yi büyük ölçüde savunmasız ve enerji fiyat şoklarına karşı kırılgan bir vaziyette bırakmıştır (TSKB, Enerji Görünümü,2021)."

Tüm bu dalgalanmalara karşın, COVID–19 pandemisinin neden olduğu kargaşa karşısında bile, yenilenebilir enerji temelli sistemler olağanüstü bir esneklikle, yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik sisteminin güvenilirliğinde güneş ve rüzgârın payının yüksek olduğunu göstermiştir (IRENA, 2021).

Son yirmi yılda hızlı ekonomik büyüme ve nüfus artışı, yalnızca enerji talebinde güçlü bir talep artışına neden olmakla kalmamış, aynı zamanda ithalat bağımlılığında da buna bağlı bir artışa neden olmuş ve büyüyen enerji talebinin ucuz yoldan karşılanması ise mümkün olamamıştır (IEA Turkey-EPR 2021, TSKB - Enerji Görünümü,2021). BOTAŞ'ın Aralık–2020 ile Kasım–2021 tarihleri arasında ithal ettiği boru hattı gazının fiyatı, dolar cinsinden yaklaşık %60 oranında artmıştır. Döviz kurlarındaki artışlarla birlikte düşünüldüğünde (aynı dönemde dolar kurundaki artış yaklaşık %25 olarak gerçekleşmiştir), ithal gazın maliyetinde önemli bir yükseliş meydana geldiği görülmektedir. Bu birikimli maliyet tüketiciye 2021 yılında yansıtılmıştır (TSKB- Enerji Görünümü,2021).

Sonuç olarak, Türkiye, enerji talebindeki artışı rasyonelleştirmek, tüketiciler için enerji fiyatlarını düşürmek ve ithalat büyüme hızını yavaşlatmak amacıyla enerji sistemini yeniden yapılandırma yoluna gitmektedir. Bu reformlar, daha fazla özel ve yabancı yatırım da dâhil olmak üzere, modernizasyon, liberalizasyon ve artan yerli üretim kapasitesini hedefleyen önlemleri içermektedir (IEA Turkey-EPR 2021).



2.1.2.1 Türkiye'de Enerji Sektörünün Rolü

Türkiye çok çeşitli ve zengin doğal kaynaklara sahiptir, ancak bu doğal kaynakların çok azı daha geniş ölçekte ve verimli bir şekilde kullanılabilmektedir (IEA Turkey-EPR 2021). İran dışında Türkiye, komşuları arasında önemli kömür yataklarına sahip tek ülkedir. Türkiye ithal petrol ve gaza büyük ölçüde bağımlı olmaya devam etmektedir ancak daha geniş bir uluslararası ortaklar grubuyla enerji ilişkilerini sürdürmekte ve yenilenebilir enerji, nükleer ve kömür dahil olmak üzere yerli enerji kaynaklarının kullanımını artırmak için adımlarını istikrarlı bir şekilde atmaya devam etmektedir (IEA Turkey-EPR 2021).

Türkiye'nin enerji sistemi, fosil yakıt ağırlıklı olarak karakterize edilmiş olup fosil yakıtlar 2019'daki toplam birincil enerji arzının (TPES) %83'ünü ve 2018'deki toplam nihai enerji arzının (TFC) %73'ünü oluşturmaktadır (IEA Turkey-EPR 2021). Geri kalan çeşitli yenilenebilir kaynakların çoğu elektrik üretiminde kullanılan jeotermal ve hidrolikten oluşmaktadır. Neredeyse tüketilen petrol ve gazın tamamı ithal edilmekte, kömürün yaklaşık yarısı ve her türlü yenilenebilir enerji yerli olarak üretilmektedir (ETKB 2022, IEA 2021). Yerli enerji üretimi 2019'da TPES'in %31'ini karşılamıştır. Yenilenebilir enerji üretimi 200 yılından bu yana jeotermal, hidrolik, rüzgar ve güneş santrallerinde hızla büyüme ile iki kattan fazla artarken, geleneksel biyoenerjinin konut ısıtmasındaki kullanımı ise azalmaktadır (IEA Turkey-EPR 2021).

Türkiye'nin enerji talebi, büyüyen ekonomisine paralel olarak gelişim göstermektedir. 2000-2020 yılları arasında yıllık elektrik enerjisi talebi dünyada ortalama yüzde 3 artış gösterirken, ülkemizde bu oran yaklaşık yüzde 4,5 olarak gerçekleşmiştir. Bu yüksek talep artışının güvenli bir biçimde karşılanabilmesi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca (ETKB) belirlenen enerji politikasının temel önceliği durumundadır. 2022 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı' na göre, Türkiye'nin kurulu elektrik gücünün 2022 sonunda 102 bin 423 MW'a ulaşması beklenmektedir (CMB Enerji Sektörü Özet Raporu,2022).

Türkiye, sürdürülebilir kalkınma hedefleri çerçevesinde, sahip olduğumuz enerji kaynaklarını etkin, verimli ve çevre ile uyumlu şekilde kullanma amacıyla enerjide dönüşümü hedeflemektedir. Bu perspekifle, kalkınmanın temel girdisi olan enerji üretiminde yenilenebilir kaynaklara gereken önemin verilmesi ve madenlerin de çevresel standartlara uygun bir şekilde değerlendirilmesi ile çevre alanındaki sorumluluklar,

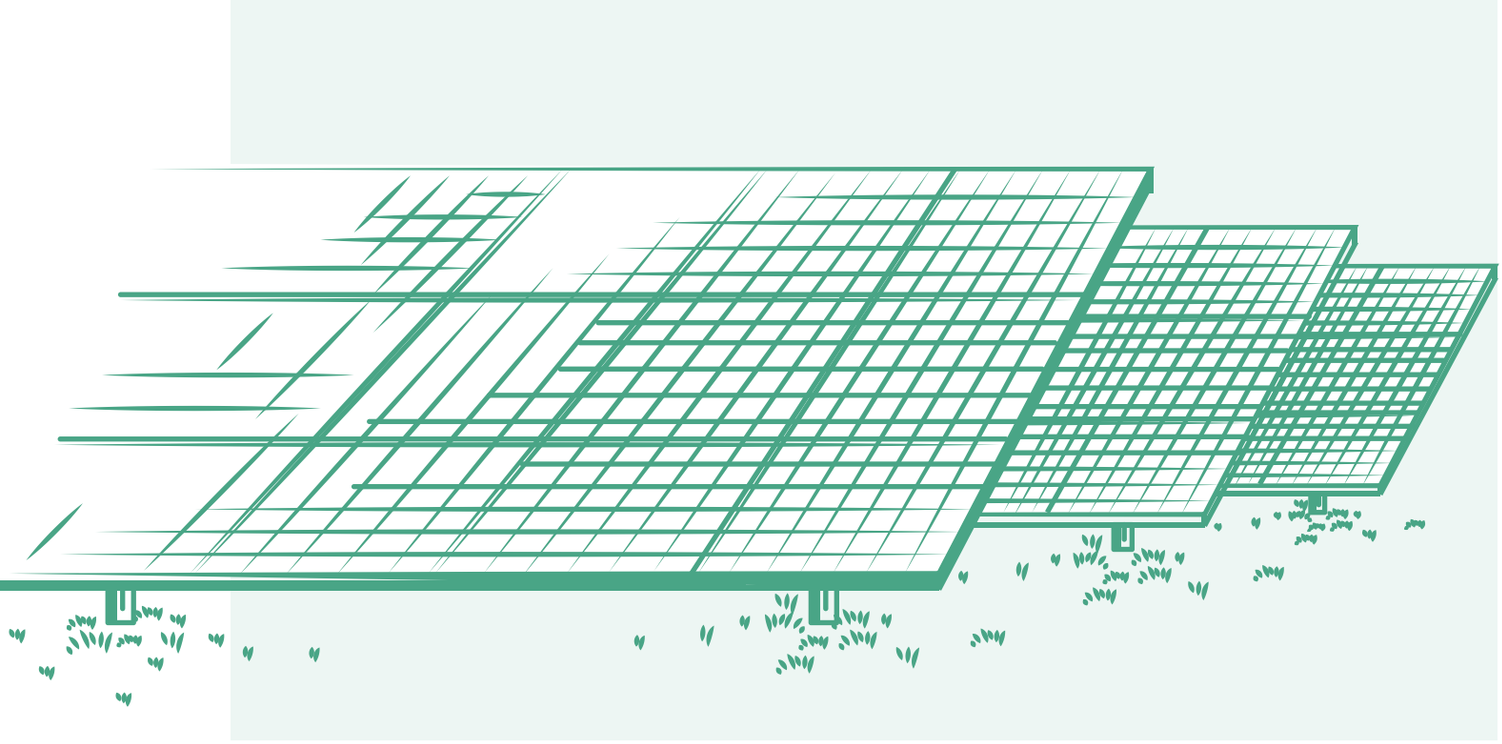
enerji arz güvenliği sağlanarak yerine getirilmekte ve böylece, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın, "Enerji kaynaklarını ve tabii kaynakları verimli ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirerek ülke refahına en yüksek katkıyı sağlamak" misyonu çerçevesinde hazırladıkları 2019 – 2023 Stratejik Planı'nda; ülkemizin artan enerji ve tabii kaynaklar ihtiyacını, "sürdürülebilirlik" ve "millîlik" prensibi ile karşılayacak hedeflere yer verilmesine özen göstermiş ve bu kapsamda rüzgâr, güneş, hidrolik, jeotermal, biyokütle gibi yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji portföyündeki payının artırılması ve enerji ve tabii kaynaklar faaliyetlerinin güvenli, yüksek katma değerli ve çevreyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirilmesine odaklanıldığı belirtilmiştir (ETKB, 2019-2023 Stratejik Planı).

Ayrıca, geçtiğimiz yıllarda hayata geçirilen Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nda yer alan aksiyonlar ile 6 kategoride tanımlanan 55 eylem ile 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması hedeflendiği, 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23,9 MTEP tasarruf sağlanması ve bu tasarruf için 10,9 milyar ABD Doları yatırım yapılması öngörüldüğü ve 2017 fiyatları ile 2033 yılına kadar sağlanacak kümülatif tasarrufun 30,2 milyar ABD Doları olacağının beklendiği belirtilmiştir (ETKB-EVÇED UEVEP,2021). Planda, depolama ve depolama tesislerinin kurulmasına yönelik düzenlemeler de yer almaktadır.

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023) kapsamında; 4 yılda kamu ve özel sektör tarafından 4,8 milyar dolar yatırım yapılmıştır. Karşılığında 1,2 milyar dolar yıllık tasarruf rakamına ulaşılmıştır. Yatırımların yıllık brüt katma değeri ise 3,6 milyar dolardır. Yatırımların yavaşladığı 2020 yılı dışında yıllık ortalama 1,4 milyar dolar olmuştur. Yatırımlar ile yıllık tasarrufumuz 3,2 milyon ton eşdeğer petroldür. Bu tasarrufun karşılığı 10 milyon ton sera gazı emisyonu olmuştur. Ortalama 4 yılda kendisini ödeyen çoğu projede geri ödeme süresi 2 yıl ve altı olan yatırımları içeren sektör eylem planı kapsamında 11.000 yeni istihdam yaratılmıştır. Her 1 milyon TL'lik enerji verimliliği yatırımı 70 istihdam oluşturmaktadır. Sağlanan tasarrufla 600 bin TEP ham petrol ve 3,8 milyar metreküp doğalgaz ithalatı engellenmiştir.

Eylem planı kapsamındaki faaliyetlerden sanayide enerji verimliliği uygulamaları ile 1 ton sera gazı emisyonu azaltma maliyeti 600 dolar iken, elektrik iletim ve dağıtımda enerji verimliliği ile 1 ton azaltım 900 dolara mal olmaktadır. Enerji verimli sulama yöntemlerine



geçilmesi ile 1 ton emisyon 800 dolara azaltılmaktadır. Binalarda enerji performansının iyileştirilmesi ile birim emisyon 1000 dolara, binalarda yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemlerinin kullanılması ile 800 dolara mal olmaktadır.

Bu çerçevede, enerji sektörü, ulaştırma, sanayi, binalar, hizmet, tarım gibi enerji talebi olan sektörlerin ihtiyaç duyduğu enerjiyi belirli kısıtlar ve koşullar doğrultusunda sağlamakla yükümlü olup, bu doğrultuda bir yandan anlık talebi sürekli, sürdürülebilir, kesintisiz maliyetlerle karşılamak ile sorumlu iken bir yandan da geleceği şekillendirme görevine sahiptir. (ETKB,2022).

Bu anlamda, ülkelerin enerji sektöründe arz güvenliğini sağlarken enerji maliyetlerini ve enerjide dışa bağımlılığı mümkün olan en düşük seviyeye indirme öncelikleri vardır. Söz konusu ulusal gerekler ile beraber küresel eğilimler enerji sektörüne iklim değişikliği ile mücadele bağlamında sera gazı emisyonu azaltım gerekliliği tanımlamaktadır. Ülkemizin Paris Anlaşması'na 7 Ekim 2021 tarihinde onaylamasının ardından bu Anlaşmaya taraf olmamızın getirdiği sorumluluklar başta Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olmak üzere tüm kurumların yetki ve sorumlulukların çerçevesini, 2053 Net sıfır hedefi doğrultusunda sera gazl emisyonlarının azaltılması önceliğinde belirlemiş ve enerji sektörü için de özellikle yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği konularında değişme ve gelişme fırsatı sunmuştur (ÇSİDB 2022, ETKB,2022). Örneğin, geleceğe yönelik enerji arz-talep hususuna ilişkin bir modelleme çalışmasında gerekli talebin tedariği için arz, model tarafından maliyet bazlı irdelenirken iklim değişikliği hedefleri doğrultusunda enerji sektörüne çevresel modifikasyonlar koymak üzere, modele müdahaleler gerekir.

Dolayısıyla, enerji sektörü çevresel ve iklimsel faktörlere uyum göstermek için hızlı ve yeşil bir dönüşüm geçirmek durumundadır (ÇSİDB 2022, ETKB 2022).

Özellikle yenilenebilir enerjinin öneminin arttığı bu dönemde yenilenebilir enerji santrallerinin elektrik depolama kapasitelerinin olması sektöre hem ticari hem de verimlilik anlamında oldukça farklı boyutlar kazandıracaktır. Dünya konjonktürüne baktığımızda ve Glasgow'da Kasım 2021'de gerçekleştirilen 26. Taraflar Konferansı'nı (COP 26) hatırladığımızda, yeşil enerjinin öneminin giderek artacağı vurgulanmıştır. Yeşil enerji ise, genel olarak Türkiye'de ve dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin yaygınlaştırılması demektir. Ancak sadece bununla kalmayıp, bu alanın diğer yükselen trendlerinden birisi de karbonsuzlaşma yatırımları ve dönüşümleridir. Bugün büyük ölçekli firmaların bu trende uygun olarak 'karbon nötr' firma olma yolunda hızla adımlar attıkları ve bu alandaki çalışmaları paydaşlarına aktarmak için çalıştıkları bilinmektedir ("Enerji Sektörünün Geleceği - KPMG Türkiye" 2021).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına ait üretim kapasitesi, toplam enerji üretim kapasitesinin %30'unu oluşturmakta ve 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarına ait bu kurulu gücün yüzde 7 artarak keskin bir yükseliş gösterdiği belirtilmektedir. Yenilenebilir enerji özelindeki geleceğe dair yatırım tahminleri dikkate alındığında, dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına ait kurulu gücün, toplam enerji kaynaklarına ait kurulu güç içindeki payının 2025 yılında yüzde 38 seviyesine, 2030 yılına kadar ise yüzde 49 seviyesine ulaşması öngörülmekte iken, bu durum Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerin gelişiminin çok büyük başarı göstererek yenilenebilir enerji kaynaklı enerji santrallerinin toplam kurulu güç üzerindeki payını oldukça hızlı şekilde artırdığı ETKB verilerine yansımaktadır.

Hâlihazırda toplam kurulu gücün %54'ünü yenilenebilir kaynaklar oluştururken son 2 yılda devreye alınan santrallerin %98'i yenilenebilir kaynaklı santrallerdir (ETKB-EVÇED, 2022).

Diğer yandan, enerji sistemi; üretim, iletim, dağıtım, tüketim, piyasalaştırma ve veri toplama ve analizini içeren kapsamlı bir sistemdir.

Enerji sistemi, çevresel gerekler ile beraber bir yandan yenilenebilir enerji kaynaklarının ve depolama teknolojilerinin marjinal maliyetlerindeki düşüş, diğer yandan dijitalleşme olanakları doğrultusunda daha dağıtık ve daha döngüsel bir hal almaya ve doğal olarak dönüşmeye başlamıştır (ETKB,2022).

2.1.2.2 Sera Gazı Emisyon İstatistikleri ve Sektörlere Göre Dağılımı

Paris İklim Anlaşması'nın onaylanmasıyla, Türkiye'nin "yeşil ekonomik dönüşümü" için yeni bir sayfa açılmış ve bu dönüşümün oldukça kapsamlı bir karbonsuzlaşma yol haritasını gerekli kıldığı hem İklim Şurası boyunca vurgulanmış hem de bu durum tüm sektörler genelinde üretimden tüketime lineer çalışan tüm sistemin sera gazı salımlarının gözden geçirilmesi ve bu kapsamda yapılacak modifikasyonların önceliklendirilmesi anlamına geldiği belirtilmiştir.

Bu sürece gelmeden önce de, sera gazı emisyon azaltımı adımları için Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında, yıllık olarak sera gazı emisyon salımlarını raporlamaktadır. İklim değişikliği sorunlarını işbirliği içinde ele almak için 1992 yılında kurulmuş uluslararası bir anlaşma olan UNFCCC' nin nihai amacı, atmosferik sera gazı (GHG) konsantrasyonlarını iklim sistemine tehlikeli müdahaleyi önleyecek bir seviyede stabilize etmektir. UNFCCC'yi Mayıs 2004'te onaylayan Türkiye, Sözleşme'nin Ek-1 tarafı olarak, sera gazı (GHG) emisyon envanterleri hakkında yıllık olarak rapor vermekte ve söz konusu Türkiye Ulusal Envanter Raporu (NIR), iki yılda bir güncellenerek en son 1990-2019 dönemi için ulusal GHG emisyon/kaldırma tahminlerini içermektedir (TÜİK-NIR,2021).

Yıllık sera gazı (GHG) emisyon envanteri, 1990'dan bu yana ulusal GHG emisyonları ve azaltımlarındaki eğilimler hakkında, iklim politikalarının ve bu politikaların yön verdiği sektörel politika ve stratejilerin doğru planlanması ve izlenmesi için esas teşkil etmektedir.

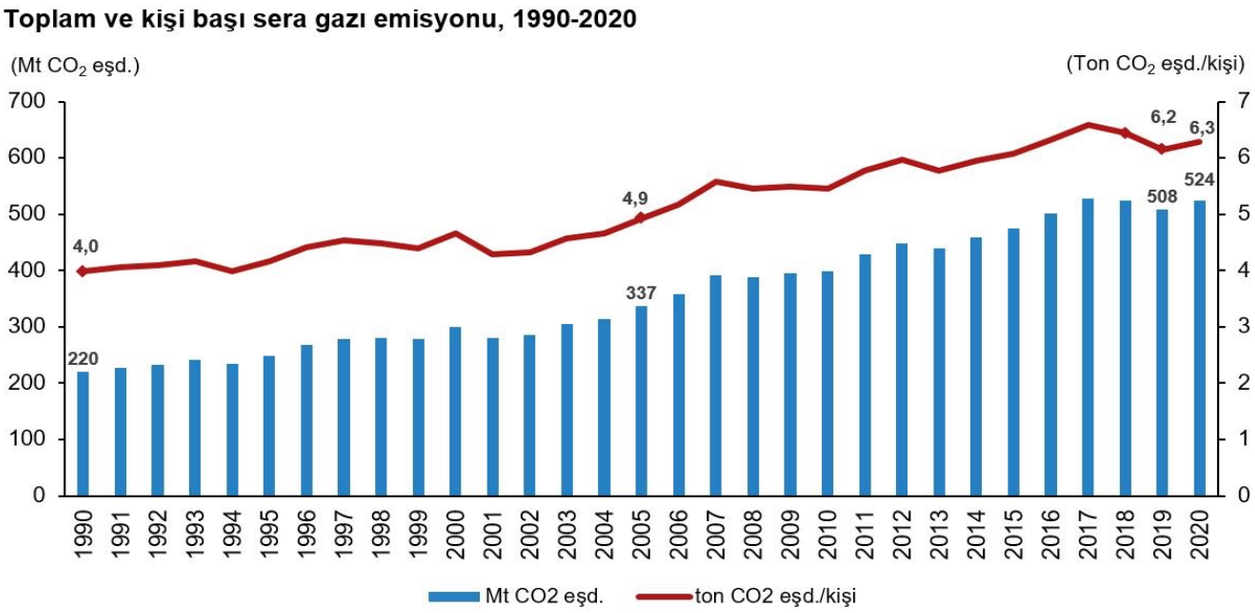
Sera gazı emisyon envanteri sonuçlarına göre, 2020 yılı toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre %3,1 artarak 523,9 milyon ton (Mt) CO_2 eşdeğeri (eşd.) olarak hesaplanmıştır. Kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 ton CO_2 eşd., 2019 yılında 6,2 ton CO_2 eşd. ve 2020 yılında 6,3 ton CO_2 eşd. olarak hesaplanmıştır (TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 2021).

Toplam sera gazı emisyonlarında 2020 yılında CO_2 eşd. olarak en büyük payı %70,2 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla %14 ile tarım, %12,7 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %3,1 ile atık sektörü takip etmiştir. (Şekil-10)

Aynı tabloda, TÜİK sera gazı emisyon istatistikleri enerji sektörü emisyonlarının 2020

yılında, 1990 yılına göre %163,3 artarken, bir önceki yıla göre ise %0,6 azalarak, 367,6 Mt CO_2 eşd. olarak grafiklere yansıdığını, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonları 1990 yılına göre %190,5 ve bir önceki yıla göre %14 artarak 66,8 Mt CO_2 eşd. olarak grafiklere yansımıştır. Oysa, 2019 yılı istatistikleri incelendiğinde, enerji sektörü emisyonlarının 2019 yılında, 1990 yılına göre %161 artarken bir önceki yıla göre %2,3 azalarak 364,4 Mt CO_2 eşd. olarak grafiklere yansıdığını, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı emisyonlarının ise, 1990 yılına göre %147,1 artarken bir önceki yıla göre ise %14,3 azalarak 56,4 Mt CO_2 eşd. olarak hesaplanmıştır.

Tarım sektörü emisyonları 2020 yılında, 1990 yılına göre %58,8 ve bir önceki yıla göre %7,5



Şekil 10: *Toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2020 (TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 2022).*

artarak 73,2 Mt CO_2 eşd. olarak hesaplanmıştır. Atık sektörü emisyonları ise 1990 yılına göre %48, bir önceki yıla göre %2,1 artarak 16,4 Mt CO_2 eşd. olarak grafiklere yansımıştır. 2019 -2018 yılı özelinde ise, tarım sektörü emisyonlarının 1990 yılına göre %47,7, bir önceki yıla göre %4,1 artarak 68 Mt CO_2 eşd. olarak, atık emisyonları ise 1990 yılına göre %55,7 artarken bir önceki yıla göre %5 azalarak 17,2 Mt CO_2 eşd. olarak hesaplandığı istatistiklerde verilmektedir (TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 2022)

Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2020

(Milyon ton CO_2 eşd.)

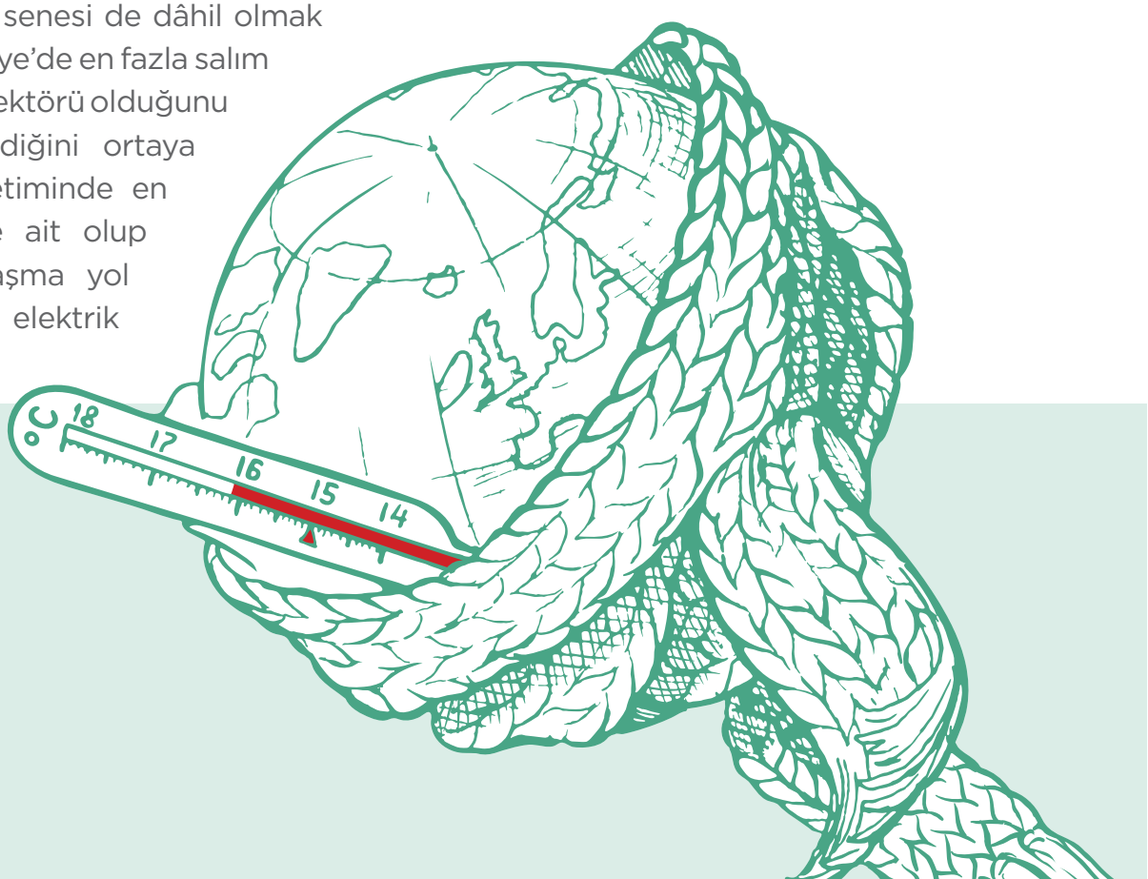
	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	1990-2020 değişim (%)	2019-2020 değişim (%)
Toplam emisyon	**219,7**	**299,0**	**398,7**	**474,5**	**500,8**	**528,3**	**524,0**	**508,1**	**523,9**	**138,4**	**3,1**
Enerji	139,6	216,0	287,8	342,0	361,7	382,4	374,1	365,4	367,6	163,3	0,6
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	23,0	26,3	49,0	59,2	63,5	66,4	68,0	58,6	66,8	190,5	14,0
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68,0	73,2	58,8	7,5
Atık	11,1	14,3	17,4	17,1	16,7	16,3	16,6	16,1	16,4	48,0	2,1

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Şekil 11: *Sektörlere göre sera gazı emisyonları tablosu, 1990-2020 (TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 2022).*

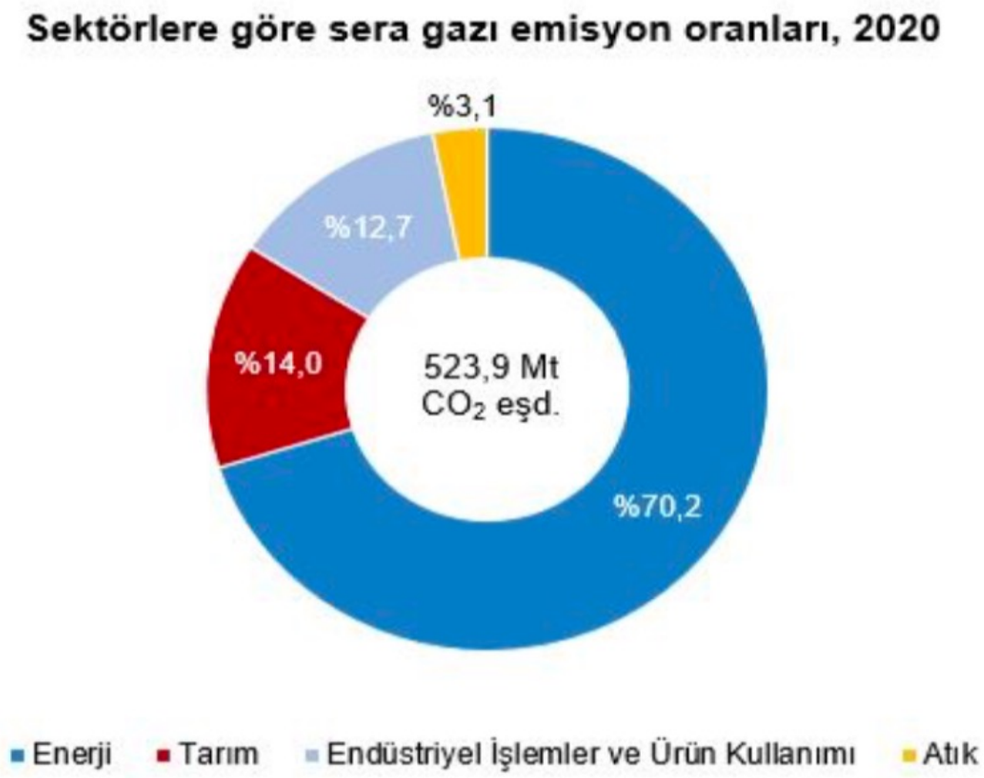
Şekil 12'de görüldüğü üzere, toplam CO_2 emisyonlarının 2020 yılında %31,6'sı elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %85,4'ü enerji sektöründen, %14,2'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,4'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır. 2019 dilim grafiğinde ise, toplam CO_2 emisyonlarının 2019 yılında %34,6'sı elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %87,4'ü enerji sektöründen, %12,3'ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,3'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır (TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 2022).

Tüm bu sonuçlar, 2020 senesi de dâhil olmak üzere, genel olarak Türkiye'de en fazla salım yapılan sektörün enerji sektörü olduğunu ve bunu üretimin izlediğini ortaya koymaktadır. Enerji üretiminde en fazla pay ise sanayiye ait olup Türkiye'nin karbonsuzlaşma yol haritasında fosil yakıtlı elektrik



santrallerinin ve kömürden çıkışın önceliklendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır.

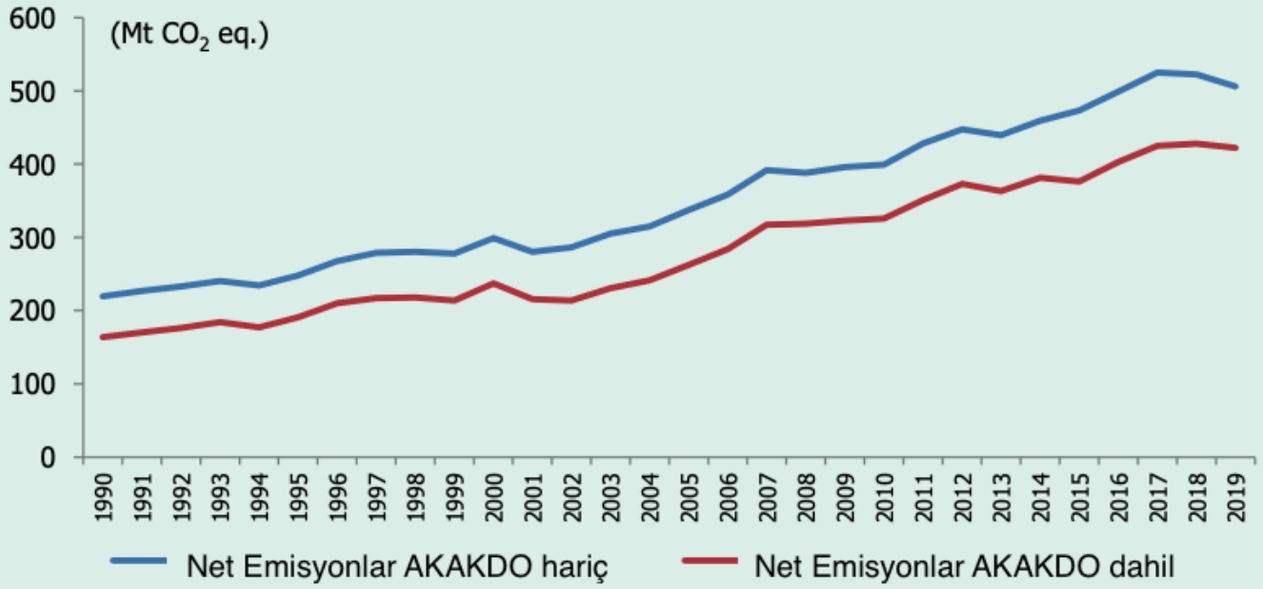
Türkiye'deki toplam sera gazı (GHG) emisyonu, 1990'dan bu yana %163'lük bir oran (AKAKDO dâhil) son yıllarda hızlı bir artış göstererek artmıştır. Bu değer esas olarak



Şekil 12: *Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2022 (TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri 2022)*

enerji sektörü tarafından yönlendirilmektedir (IEA, Turkey-EPR 2021,TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 2022).

2019 yılında ise, Şekil-13'te ayrıntılı verildiği üzere, AKAKDO sektörü hariç toplam GHG emisyonları 506,1 Mt CO_2 eq.'dir. Bu, 1990 yılında toplam emisyonlarda, 286,5 Mt CO_2 eq'lik (%130,5) bir artışı ve 2018'de 16,4 Mt CO_2 eq. (%3,1) oranında bir azalışı temsil etmektedir (TÜİK-NIR,2021). Yine aynı yıl için, AKAKDO sektörü dâhil olmak üzere net GHG emisyonları 422,1 Mt CO_2 eq. değerindedir ve bu değer, 1990 yılında net emisyonlarda 258,3 Mt CO_2 eq'lik (%157,7) bir artışı, 2018 yılı net emisyonlarında ise 5,8 Mt CO_2 eq. (%1.4) bir azalışı temsil etmektedir (TÜİK-NIR,2021).



Şekil 13: *Toplam net emisyonların AKAKDO dahil ve hariç değişim grafiği, 1990-2019 (TÜİK-NIR,2021)*

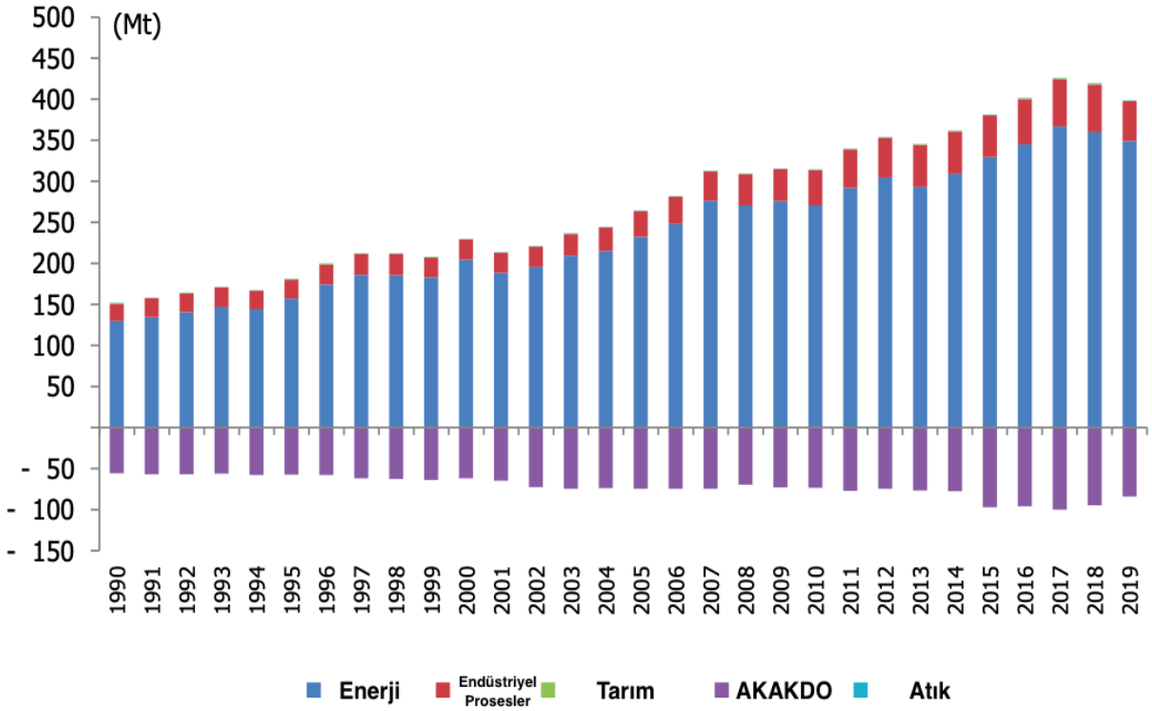
Emisyon eğilimlerindeki dalgalanmalar, esas olarak ekonomik faaliyetlerdeki eğilimlerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle GSYİH, Türkiye'deki sera gazı emisyonunun ana itici gücü olarak düşünülebilir. Ayrıca, nüfus verileri de emisyon değerlerine etki eden diğer bir tetikleyici temel unsurdur (TÜİK-NIR,2021).

Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine sunulan Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısının (INDC) bir parçası olarak, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını her zamanki niş seviyesinden (AKAKDO dâhil) %21'e kadar azaltmayı önermiştir. Nüfus artışı ve ekonomik kalkınmaya paralel olarak, Türkiye ekonomisinin genişlemeye devam etmesi ve bunun da daha yüksek enerji talebi ve buna bağlı olarak artan emisyonlarla sonuçlanması beklenmektedir (Turkish INDC 2017 IEA, Turkey-EPR 2021).

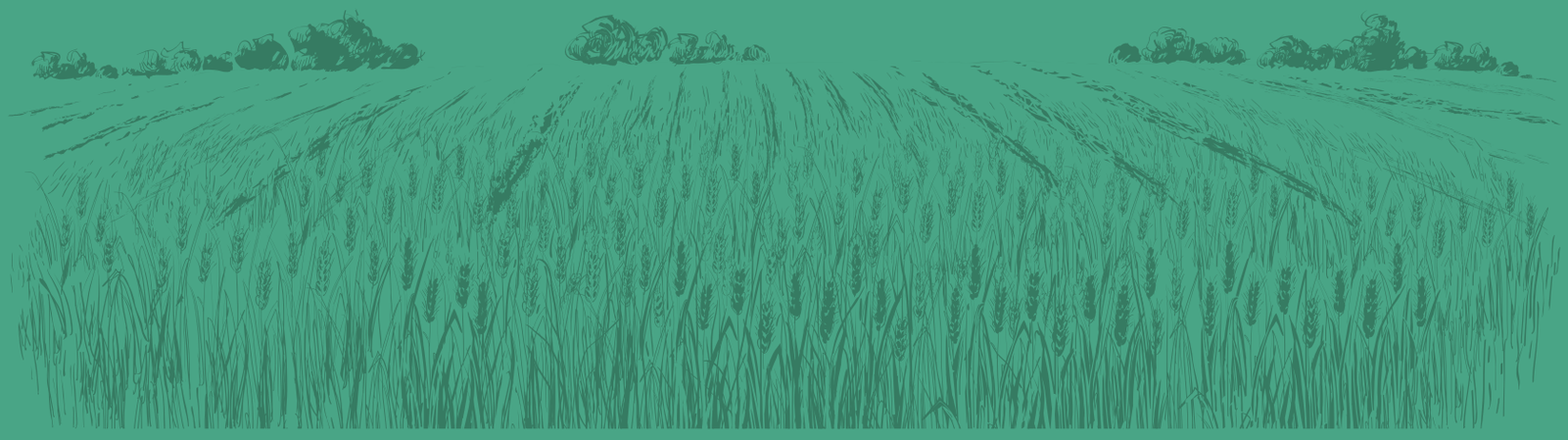
2.1.2.3 Enerji Sektörü Kaynaklı CO_2 Emisyonları

Çoğu ülkede olduğu gibi, Türkiye'deki enerji sistemi de büyük ölçüde fosil yakıtlardan, akabinde yakıtlardan kaynaklanan kaçak emisyonlardan ve ardından CO_2 taşıma ve depolamadan kaynaklanmaktadır.

TÜİK Ulusal Envanter Raporuna göre (TÜİK-NIR,2021), ülkemizde 2019 yılında CO_2 emisyonları 399,3 Mt (AKAKDO hariç), 2018 seviyesinin %4,7 altında ve 1990 seviyesinin %163,6 üzerindedir. Şekil 14'te, CO_2 emisyonlarındaki eğilim ve emisyonlardaki artış eğiliminin ana itici gücü olan enerji sektörünün CO_2 emisyonlarına hâkim olduğu görülmektedir. Bu durum Türkiye'de artan sanayi sektörü ve nüfustan kaynaklanmakta olup, 2019 yılında AKAKDO hariç, enerji sektörü toplam CO_2 emisyonlarının %87,4'ünden, endüstriyel prosesler ve ürün kullanımı (IPPU) ise %12,3'ünden sorumlu olduğu belirtilmekte olup, tarım ve atık sektörleri önemli miktarda CO_2 emisyonuna neden olmamaktadır (TÜİK-NIR,2021).

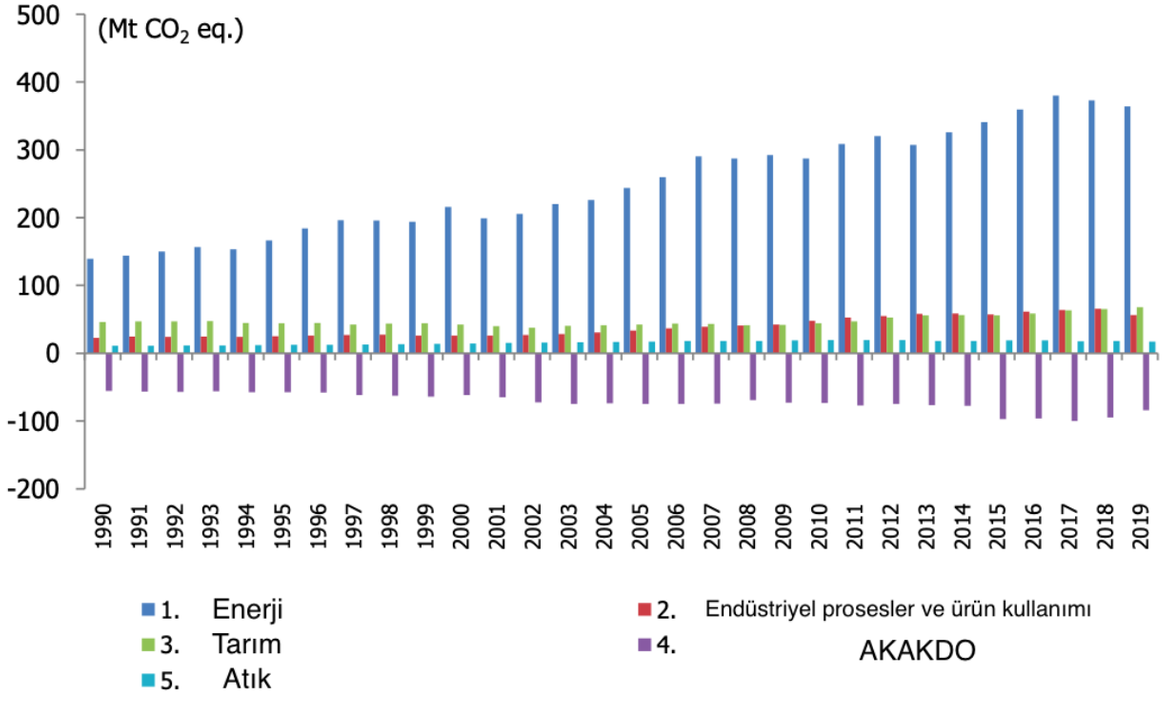


Şekil 14: *Türkiye'de CO_2 emisyonlarının sektörel dağılımı, 1990-2019 (TÜİK-NIR,2021)*

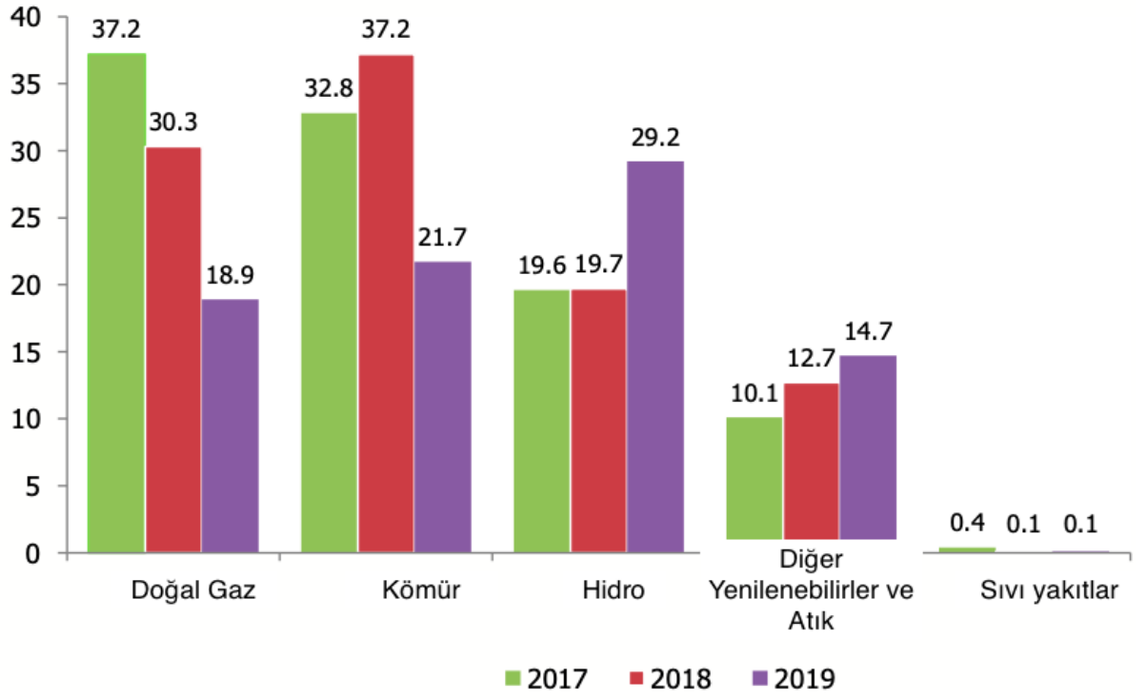


1990 - 2019, yılları arasında enerji de dahil olmak üzere tüm sektörlerin emisyon salımlarını artan bir trend göstermektedir. Tüm sektörler için genel olarak artışın temel nedenleri nüfus artışı, büyüyen bir ekonomi ve enerji talebindeki artıştır (TÜİK-NIR 2021,IEA Turkey-EPR 2021).

2018-2019: 2018'den 2019'a her sektör için yıllık değişimde hem artan hem de azalan trendler mevcuttur. Azalan trend eğilimi olan sektörler IPPU (%14,3), AKAKDO (%11,2), atık (%5) ve enerji olmakla beraber bu yılda Şekil-15'de görüldüğü üzere, artış eğilimi gösteren tek sektör tarımdır (%4,1) .



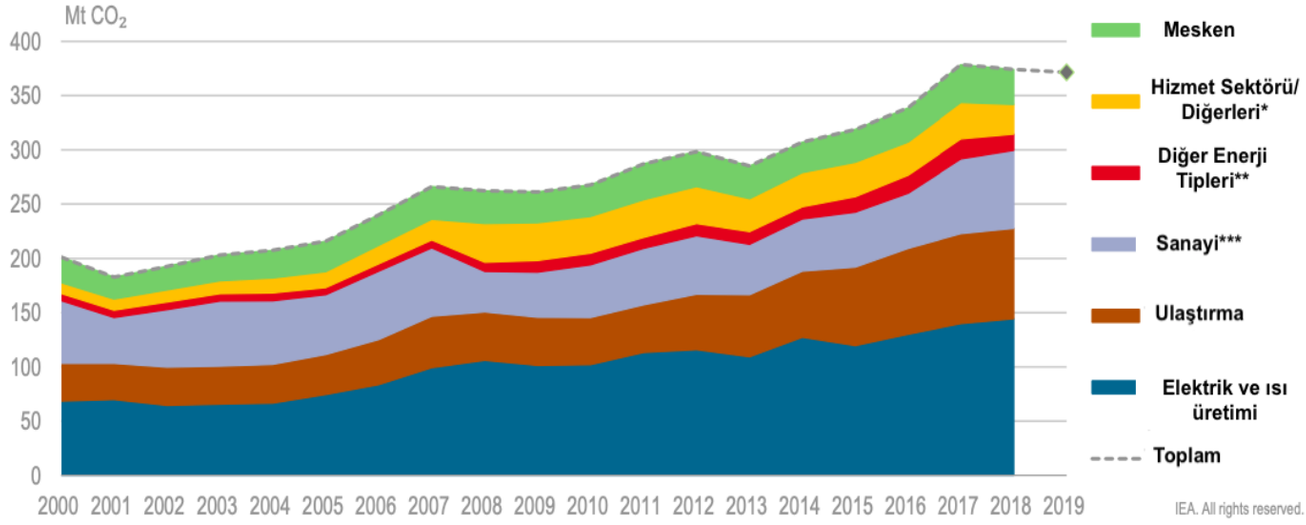
Şekil 15: *Türkiye'de sera gazlarının sektörel dağılımı, 1990-2019 (TÜİK-NIR,2021)*



Şekil 16: *Elektrik üretimi ve diğer enerji kaynaklarına ait paylar,2017-2019 (TÜİK-NIR,2021).*

2019 yılında enerji sektöründeki artışın sebebi, ağırlıklı olarak kamu elektriği ve ısı üretimi ile ulaşımda yakıt yanma emisyonlarından kaynaklanmaktadır. Şekil-16'da farklı enerji kaynaklarından elektrik üretimi gösterilmektedir.

Enerji sektörü özelinde biraz daha odaklanıldığında, 2018'de, enerji ile ilgili sektörlerde tahmini CO_2 emisyonlarının, 2000'den bu yana %86 artarak 374 Mt CO_2-eq değerine ulaştığını (Şekil-17), 2018 yılında emisyonların bir önceki yıla göre biraz daha azalarak, elektrik ve ısı üretiminin, 2018'deki toplam emisyonların %39'unu oluşturan en büyük sektör olduğu grafiklere yansımaktadır. Geri kalan dağılımları ise, ulaştırma (2018'deki toplam emisyonların %22'si), sanayi (%19), konut (%9), hizmetler (%7) ve diğer enerji (%4) sektörleri oluşturmaktadır. Emisyonlar, özellikle 2013'ten 2017'ye kadar olan hızlı büyüme ile son birkaç on yılda tüm sektörlerde artmıştır. **Bu dört yılda, toplam CO_2 emisyonları (AKAKDO hariç) elektrik üretimi, ulaşım ve sanayideki hızlı artışların etkisiyle %33 artmıştır (IEA Turkey EPR 2021).**

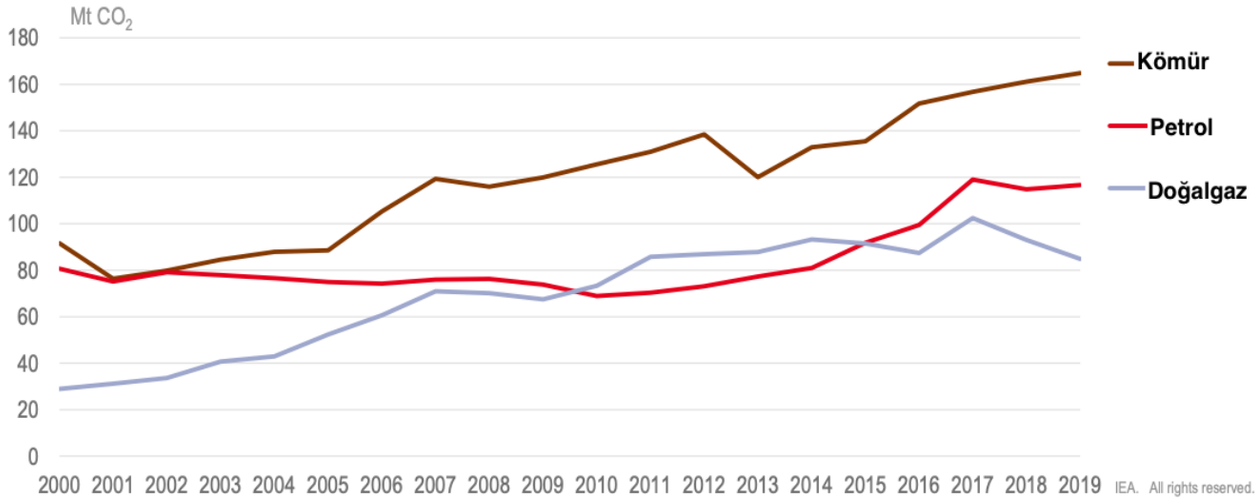


Şekil 17: *Enerji ile ilişkili sektörel CO2 emisyonları, 2000-2020 (IEA-CO_2 Emissions from Fuel Combustion,2020).*

* ***Hizmet sektörü ve diğerieri ticari ve kamu hizmetlerini, tarım ormancılık ve balıkçılığı içerir***
** ***Diğer Enerji Tipleri kömür, petrol ve gaz çıkarma, petrol rafinerileri, yüksek fırınlar ve kok fırınlarını kapsar***
*** ***Sanayi, inşaat ve üretim sanayilerindeki yanma sonucu çıkan CO2 emisyonlarını kapsar***

Yakıt bazında bir dağılım, son on yılda tüm fosil yakıtlardan artan enerjiyle ilgili CO_2 emisyonlarına başka bir bakış açısı ile Şekil 18'de verilmiştir. Kömür yakma, çoğu elektrik üretiminde kömür kullanımından kaynaklanan 2018'deki toplam emisyonların %43'ünü oluşturan en büyük CO_2 emisyonu kaynağıdır ve elektrik üretimi emisyonlarındaki istikrarlı büyüme, kömür kaynaklı emisyonlardaki artışa tekabül etmektedir. Buna ek olarak, 2000'den 2014'e kadar artan gaz elektrik üretimi ile doğal gaz emisyonları da artmış, ancak daha yakın zamanda düşüşe geçmiştir. Petrolle ilgili emisyonlar, 2018'deki toplam petrol emisyonlarının yaklaşık %66'sını oluşturan ulaştırma emisyonları ile yakından ilişkilidir (IEA Turkey-EPR 2021).

Kömürden kaynaklı emisyonlar geçtiğimiz yıllarda en yüksek seviyede artarak, 2019 yılındaki enerji kaynaklı CO_2 emisyonlarının yaklaşık yarısını oluşturmuştur.



Şekil 18: *Enerji kaynağına göre CO_2 emisyonlarının dağılımı, 2000-2019 (IEA-CO_2 Emissions from Fuel Combustion,2020).*

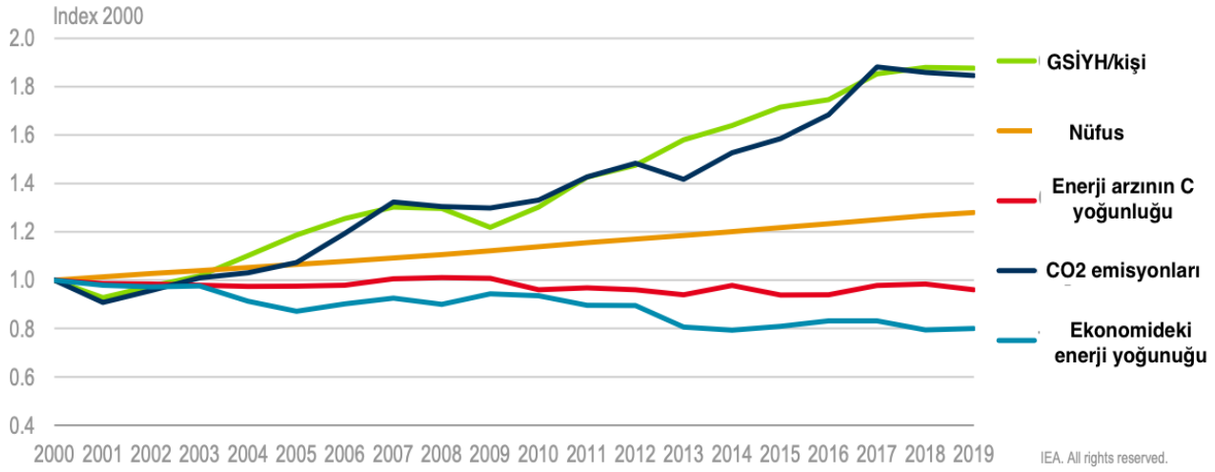
2.1.2.3.1 CO_2 Salımı ve Karbon Yoğunluğu

Bir ülkede fosil yakıt yanmasından kaynaklanan toplam CO_2 emisyonlarını belirleyen unsurlar nüfusun büyümesi ve ekonomik kalkınmanın beraberinde (GSYİH/kişi), ekonomide enerji yoğunluğundaki (toplam birincil enerji kaynağı TPES/GSYİH) ve enerji arzının karbon yoğunluğundaki değişikliklerdir (CO_2 / TPES) (IEA Turkey-EPR 2021).

Karbon yoğunluğu, CO_2 emisyonunun, enerji kullanımına oranı ile tanımlanır. Genellikle toplam CO_2 emisyonunun toplam birincil enerji arzına (TPES) oranından hesaplanır (CO_2/TPES). Oran, CO_2 emisyonu azaltım teknolojilerindeki değişiklikleri, enerji tüketiminde kullanılan yakıt kalitesini ve yakıt bileşimini yansıtır. Literatürde, karbon endeksi olarak da adlandırılmaktadır. (Mielnik,1999) CO_2 yoğunluğunun küçük değerleri, daha düşük CO_2 emisyonu ya da daha verimli enerji kullanımı anlamına gelmektedir (Karbon Yoğunluğu, 2019).

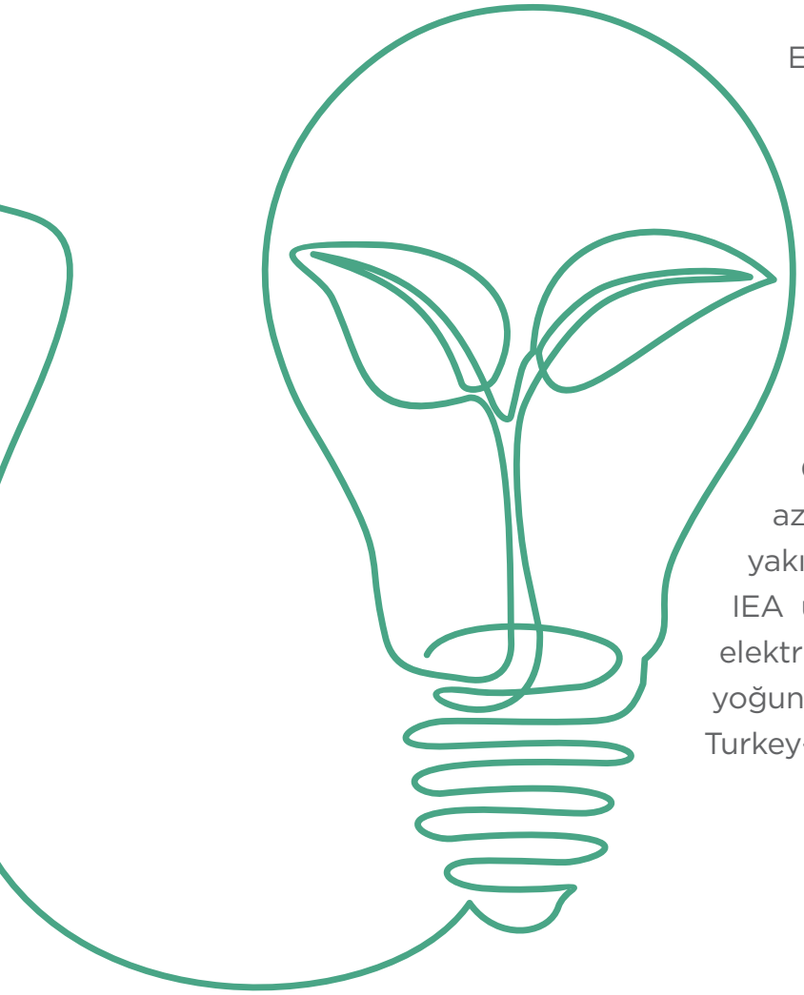
Enerji yoğunluğu, enerji kullanımının, Satınalma Gücü Paritesi (SGP) değerine göre Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'ya (GSYİH) oranıdır. Hem enerji kullanımındaki verimliliği hem de ekonomik yapıdaki verimliliği yansıtır. Enerji yoğunluğu değerleri ne kadar küçükse, enerji kullanımı o kadar verimli olacaktır (IEA Turkey-EPR 2021) .

Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla (GSYH) 2021 yılında %11,0 artmıştır (TÜİK - GSYH 4.Çeyrek, 2021). Kişi başına Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla 2021 yılında 85 672 TL değerine ulaşmıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2021 yılında yayımladığı Türkiye'nin Enerji Görünümü raporunda enerji arzının karbon yoğunluğunun nispeten sabit kaldığını ve ekonominin enerji yoğunluğunun ise sadece biraz azaldığını vurgulamıştır. (IEA Turkey-EPR 2021) Bu eğilimler birlikte, enerjiyle ilgili CO_2 emisyonunun 2000'den 2018'e kadar %86 oranında artmasına neden olmuştur. (Şekil 19).

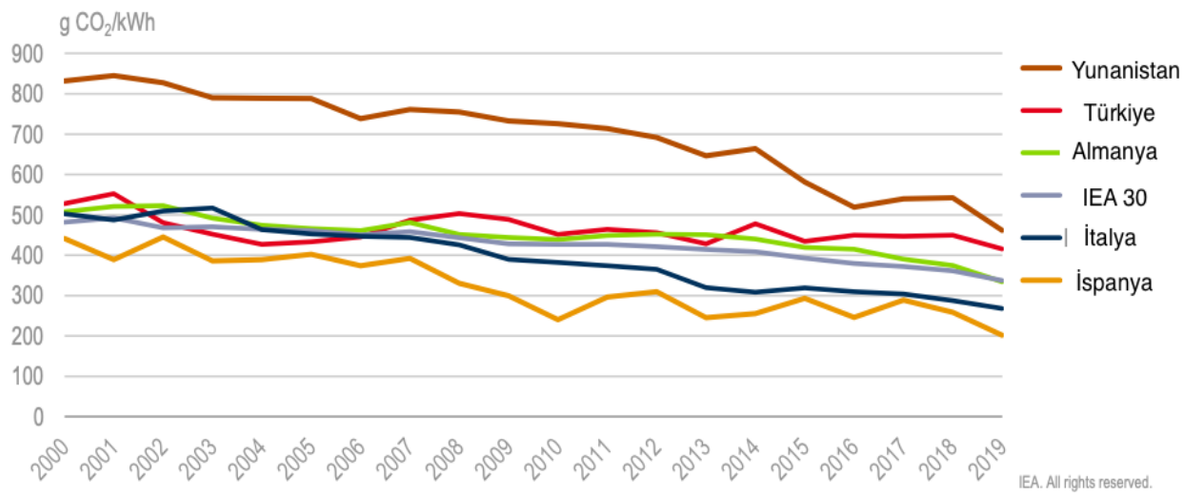


Şekil 19: *Türkiye için enerji ile ilişkili CO2 emisyonları ve bu emisyonların oluşumunda etkili parametreler (IEA- Turkey ,2021).*

CO_2 emisyonları ekonomik ve nüfus artışına paralel olarak artarken, enerji arzının karbon yoğunluğu sabit kaldı.
**** GSYİH verisi USD 2015 fiyatları ve satın alma paritesine göre oluşturulmuştur. TPES = toplam birincil enerji arzı***



Ekonominin genel CO_2 yoğunluğu, büyük ölçüde, birim ısı ve güç üretimi başına CO_2 yoğunluğundan etkilenmektedir. Bu göstergeye göre, Türkiye, kömür tüketimindeki hızlı büyüme nedeniyle son yıllarda sadece hafif bir düşüş ve 2015'ten itibaren bir artış görmüştür. (IEA Turkey-EPR 2021) Ancak, bu arada, diğer birçok IEA ülkesindeki eğilim, elektrik ve ısı üretiminin CO_2 yoğunluğunda ciddi oranda önemli bir azalma olduğu göstermektedir (Şekil-20). Fosil yakıtlı elektrik üretimindeki büyüme, diğer birçok IEA ülkesiyle karşılaştırıldığında, Türkiye'ye ısı ve elektrikte kWh başına nispeten yüksek karbon yoğunluğu olduğunu da ortaya koymaktadır (IEA Turkey-EPR 2021) .



Şekil 20: *Seçilmiş IEA üyesi ülkelerde güç ve ısı üretiminin CO_2 yoğunluğu,2000-2019 (IEA Turkey-EPR 2021).*

2.1.2.4 Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, Türkiye'nin hem ekonomik büyümesini sürdürebilmesi hem de iklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik konusundaki taahhütlerini yerine getirebilmesi için kritik öneme sahiptir (Dünya Bankası, Türkiye Notu, 2021). Enerji talebini, dolayısıyla dışa bağımlılığı ve taşınan enerji miktarını düşürerek altyapı ihtiyacını azaltmak gibi çok önemli etkileri olan enerji verimliliği, ekonomimizin tamamı için daha çok rekabetçilik, daha az ithalat ve daha az dışa bağımlılık anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, ekonominin her türlü faaliyet alanında ve her türlü ölçekteki eylemde enerji verimliliğinin önemi yadsınamaz. Çünkü enerji verimliliği, sanayi kuruluşlarımız için marjinal maliyette, hane halkı için evin gider yükünde, ticari kuruluşlarımız için hizmet maliyetinde, tarım işletmelerimiz için ürün ve navlun maliyetinde azalma anlamına gelmektedir (ETKB-EVÇED,2021).

Türkiye, 2015 yılında, enerji verimliliği iyileştirmelerine odaklanarak sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar yüzde 21'e kadar azaltmayı taahhüt ederek, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısını (INDC) sunmuştur. Bunu mümkün kılacak yasal ve kurumsal çerçeveyi oluşturmak için 2018'de Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nı (UEVEP) kabul etmiştir. Hatta 2017 yılından itibaren

2023 yılına kadar geçerli olacak şekilde devreye alınan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, 2023 sonrası için de güncellenmektedir (ETKB-EVÇED,2021).

Enerji verimliliği yeşil büyümenin en önemli yatırımları arasında yer almakta olup, uzun yıllardan beri de Türkiye'nin gündemindedir. Enerjide sürdürülebilir bir gelişme rotası oluşturulabilmesi, düşük karbonlu bir enerji sistemine geçişin desteklenmesi ve temiz enerjinin yaygınlaştırılması için dünyanın birçok ülkesinde yenilenebilir enerjiye ve enerji verimliliğine büyük önem verilmektedir (TSKB, Enerji Görünümü, 2021).

Son yirmi yılda ekonomi ve nüfustaki hızlı artış, Türkiye'nin yalnızca enerji talebini güçlü bir şekilde artırmakla kalmamış, aynı zamanda ithalat bağımlılığını da artırmıştır. Sonuç olarak, Türkiye, enerji talebindeki artışı rasyonelleştirmek, tüketiciler için enerji fiyatlarını düşürmek ve ithalat büyüme hızını yavaşlatmak amacıyla enerji sistemini yeniden yapılandırma yoluna gitmiştir (IEA, Ülkeler Ve Bölgeler- Türkiye, 2021).

2008 yılında yaşanan küresel mali krizin ardından Türkiye, hem gayri safi yurtiçi hasılasını (GSYİH) hem de ürün ve enerji tüketimi hızla toparlamaya çalışmaktadır. Her ne kadar, enerji yoğunluğu diğer IEA ülkelerine kıyasla düşük olsa da, devam eden ekonomik ve nüfus artışının enerji talebinde ek bir artışa yol açması beklenmektedir (IEA Turkey-EPR 2021). Dolayısıyla, gelecek yıllarda enerji tüketimini, Türkiye'nin ekonomik ve nüfus artışını ekonomik büyümeden ayrı değerlendirebilmek için politika önlemleriyle desteklenmesi gerekmektedir.

En temiz enerji kaynağı olan "enerji verimliliği", makro çapta etkiler yaratma bağlamında Türkiye'de henüz istenilen seviyeye ulaşmamış olmakla birlikte, bu alanda son 10 yılda önemli politika ve mevzuat güçlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda, çok sayıda yabancı fon destekli projenin yürütüldüğü enerji verimliliği sektöründe, çabaların harmonize edilmesine ve diğer enerji/kalkınma politikalarına bütünleşik hale getirilmesine yönelik ihtiyaçlar sürmektedir ve bu alandaki güçlü finansman mekanizmalarına ve iddialı destek programlarına ihtiyaç duyulmaktadır (TSKB-Enerji görünümü, 2021).

Enerji verimliliğine yönelik finansal mekanizmaların geliştirilmesi kapsamında, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası tarafından finanse edilen "Destekleyici Ulusal Enerji Verimliliği Finansmanı ve İhale Mekanizmalarının Kurulması Projesi" 28 Mayıs 2019 tarihinde başlatılmıştır. Türkiye'de özellikle enerji verimliliğine yönelik sistemli faaliyetler 2000'li yıllardan itibaren başlamıştır (ETKB 2022). 2012 yılında yayımlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile 2023 yılı enerji verimliliği hedefleri oluşturulmuştur.

Şekil 21: *Enerji verimliliği alanındaki başlıca politika belgeleri ve mevzuat (TKSB, Enerji Görünümü, 2021)*

Türkiye'de enerji verimliliği çalışmalarında uzun yıllardır önde olan iki sektör imalat sanayii ve binalar sektörü olup bu sektörlerin enerji tasarruf potansiyelinin oldukça büyük olduğu yapılan çeşitli ulusal ve uluslararası çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Enerji üretim-dağıtım sistemlerinde ve tarım sektöründe de son yıllarda enerji verimliliğiyle ilişkili ya da doğrudan enerji verimliliğine yönelik kayda değer projeler yürütülmeye başlanmıştır.

Ulaştırma sektörü ise güçlendirilmiş kent-içi toplu taşıma, modlar arası geçişkenliğe dayanan entegre taşımacılık, lojistik merkezler, hibrid ve elektrikli araçlar, yakıt verimliliği, sinyalizasyon ve trafik optimizasyonu gibi konular bağlamında enerji verimliliğinin ilgi sahasına giren bir sektördür (TSKB-Enerji Görünümü, 2021).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği Çevre Dairesi Başkanlığı enerji verimliliği konusunda belirlenen söz konusu hedeflerin, 2023 yılı ulusal strateji hedeflerimizin ve enerji politikalarının en önemli bileşenlerinden biri olduğunun altını çizerek, enerji verimliliği çalışmaları ile Türkiye'nin Enerji Yoğunluğunun (milli gelir başına tüketilen enerji) 2023 yılına kadar, 2011 yılına göre en az %20 azaltılmasını hedeflediğini ifade etmiştir (ETKB, EVÇED-2021).

Bu amaçla Türkiye, enerji maliyetlerini, ithalatı ve emisyonları azaltmak ve enerji güvenliğini sağlamak amacıyla enerji üretiminde enerji verimliliğinin rolüne öncelik vermiş

durumdadır. Bu bağlamda Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı Aralık 2021 tarihli notunda aşağıdaki gelişmeleri aktarmıştır:

- Eylem Planı kapsamında 2017-2020 yılları arasında özel, kamu birlikte enerji verimliliğine 4,8 milyar dolar yatırım yapılmış, bu yatırım karşılığında yıllık 1,2 milyar dolar tasarruf elde etmeye başlanmış ve bu tasarruf ile birincil enerji talebinde 3,2 milyon ton petrol eşleniği azaltım sağlanmış olup, söz konusu bu rakam toplam talebin %2,2'sine denk gelmişti ve bu yolla iklim değişikliği ile mücadeleye de önemli katkı sunarak toplamda 10 milyon ton sera gazı emisyonundan kaçınılmıştır.

- Eylem planı kapsamındaki uygulamaların ortalama geri dönüş süresi 4 yıl civarında gerçekleşmiş olup, bu süre zarfında elde edilen tasarrufların dışa bağımlılığın azaltımına etkisi 600 bin TEP ham petrol ve 3,8 bcm doğal gazdır.

- Yaratılan yeni istihdam 10.687, tasarrufun oluşturduğu brüt katma değer 3,6 milyar dolar civarı olup, pandemi yılı olarak tanımlanan 2020 yılında 635 milyon dolar yatırım karşılığında 158 milyon dolar karşılığı 451 bin tep tasarruf sağlanmıştır.

- Yapılan yatırım başına en fazla katma değer bina sektörüne yönelik yapılan uygulamalar sonucu oluşmaktadır.

- Enerji verimliliğine ve yenilenebilir enerji santrali kurulumuna ve elektrik üretimine kamu destekleri ve teşvikleri ve özel sektör yatırımları önemli miktarda finans akışının sağlanmasını gerektirmekte ve bu bağlamda ekonomik bir külfet de meydana getirmektedir. Günümüze kadar başarıyla sağlanan bu likidite akışının sürdürülebilir şekilde devam etmesi için de gerekli mekanizmalar ve çalışmaları ortaya koyulmaktadır.

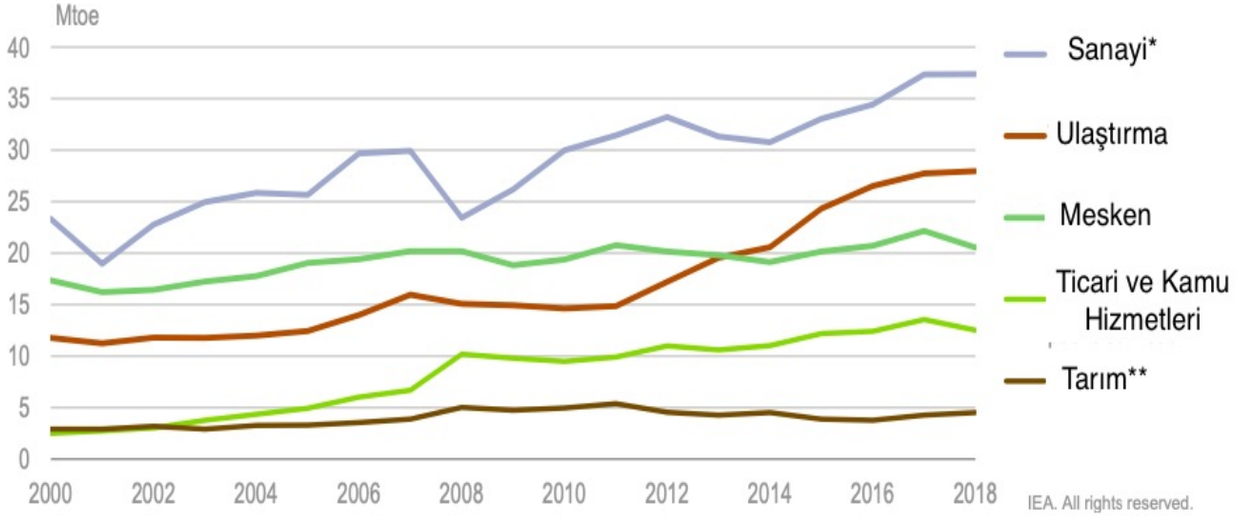
- Elde edilen bu önemli kazanımların ve bu dönüşümün önemli ölçüde finans ihtiyacı da olmaktadır. Enerji verimliliği çalışmaları doğrultusunda özel sektörün finans yükünün azaltılması için Verimlilik Artırıcı Projeler, Gönüllü Anlaşmalar ve 5. Bölge Teşvikleri gibi önemli destek mekanizmaları bulunmaktadır. Hâlihazırda imalat sanayine uygun olan destekler, Ekonomi Reform Paketi doğrultusunda tarım, binalar ve hizmet sektörüne genişletilmekte, bu doğrultuda AVM'lerden hastanelere, otellere, ofislere, konutlara, tarımsal üretim, depolama tesislerine, belediye su arıtma tesislerine geniş bir kapsama ulaşılacağı düşünülmektedir.

- Enerji Performans Sözleşmeleri modelinin birincil ve ikincil mevzuatı tamamlanarak ilan edilmiş ve uygulamaya başlanmıştır.

- Kamu binaları için 2023 yılına kadar %15 azaltım hedefi belirlenmiştir. Bursa'da Kız Lisesi ilk EPS örneği olarak başarıyla uygulanmıştır. BOTAŞ Sivas Kompresör İstasyonu'nda baca gazından elektrik üretimi için ihale sürecini yürütmektedir. Ayrıca, TEMSAN ile TEMSAN bina ve tesisleri için EPS uygulamaya dair çalışmalar yürütülmektedir.

2.1.2.4.1 Sektörel Kaynaklı Enerji Tüketimi

Sanayi, 2018'de toplam nihai tüketimin (TFC) %36'sı ile Türkiye'de en fazla enerji tüketen sektördür ve bunu %27 ile Ulaştırma sektörü izlemektedir.Her ikisi de son on yılda önemli ölçüde artmıştır (Şekil-22).Toplam nihai tüketimin diğer bileşenlerini ise, mesken için %20, ticari ve kamu hizmetleri için %12 ve tarım için %4'lük değerleri ile bu üç sektör oluşturmaktadır. Bu sektörlerde enerji tüketimi son on yılda daha istikrarlı olmuştur. Diğer sektörler ilgili raporlar kapsamında ayrıca değerlendirimiştir.



Şekil 22: *Sektörel enerji tüketimi, Türkiye 2000-2018, IEA Turkey-EPR 2021*

** **Sanayi***
*** **Tarım, balıkçılıkta kullanılan az bir miktar enerjiyi içermektedir***

Grafikten de görüleceği üzere, sanayi ve ulaşımda enerji talebi önemli ölçüde artarken, diğer sektörlerde enerji tüketimi nispeten sabit kalmıştır.

2.1.2.5 Yenilenebilir Enerji

Türkiye'nin son yirmi yılda hızlı ekonomik ve nüfus artışı, enerji talebini güçlü bir şekilde artırmakla kalmamış, aynı zamanda ithalat bağımlılığını da artırmıştır. Sonuç olarak, Türkiye, enerji talebindeki artışı rasyonelleştirmek, tüketiciler için enerji fiyatlarını düşürmek ve ithalat büyüme hızını yavaşlatmak amacıyla enerji sistemini yeniden yapılandırma yoluna gitmiştir.

Petrol ve gaz ithalatına olan yüksek bağımlılığı nedeniyle ülkemiz, enerji stratejisinin temel direklerinden biri olarak enerji arz güvenliğine öncelik vermiştir. Politika, yerli petrol ve gaz arama ve üretiminin artırılmasını, petrol ve gaz tedarik kaynaklarının ve ilgili altyapının çeşitlendirilmesini, yenilenebilir enerji üretiminin artırılmasını ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesini içermektedir. Türkiye, yeni keşifler, boru hatları,

terminalleri ve artan depolama yoluyla gaz tedarik seçeneklerini genişletme konusunda da ilerleme kaydetmiştir.

Türkiye'nin, son on yılda enerji karışımında önemli ölçüde çeşitlenme görülmüştür. Özellikle yenilenebilir enerji, son on yılda yenilenebilir elektrik üretiminin üç katına çıkmasıyla ciddi bir büyüme kaydetmiştir. Enerji piyasalarının serbestleştirilmesi ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi yönünde kaydedilen ilerlemeye rağmen, hükümet, kömürle çalışan üretimdeki büyüme de dâhil olmak üzere, enerji güvenliğini destekleyecek politikaların ülkenin uzun vadeli karbondan arındırma çabalarını engellememesini sağlamalıdır (IEA Turkey-EPR 2021).

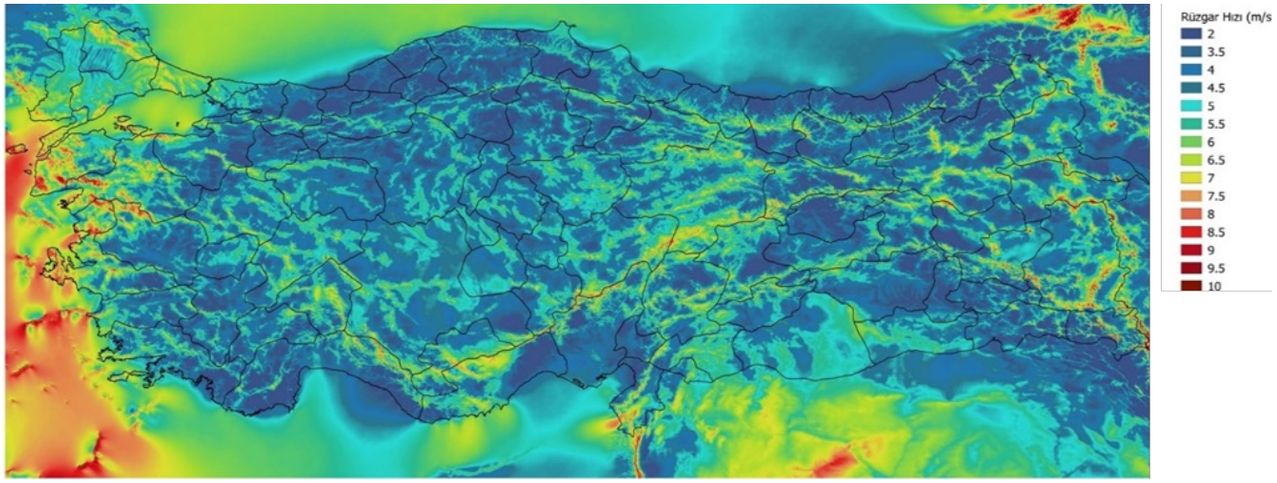
Raporun bu bölümünde, yenilenebilir enerjinin ülkemizdeki mevcut durumunu ve geçmiş yıllardaki değişimini görmek ve takibini kolaylaştırmak ve genel çerçevenin en güncel halini verebilmek adına, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından en son Aralık 2020 tarihinde yayımlanan yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemiz çapındaki dağılımı, kurulu güç ve toplam elektrik yüzdesindeki payına ilişkin genel bir hatırlatma ile başlayacaktır. Akabinde, ülkemizin dahil olduğu uluslararası enerji kuruluşlarını ve sektörlerin değerlendirmelerinin 2053 Sıfır Emisyon Hedefi Doğrultusunda Türkiye'deki yenilenebilir enerjinin 2021 yılı dahil olmak üzere son birkaç yıldaki detaylı ve yol gösterici analizleri, politika önerileri ile devam edecektir.

2.1.2.5.1 Mevcut Durum ve Gelişime İlişkin Değerlendirme

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına bakıldığında ETKB'nin güncel verilerine göre aşağıdaki şekilde bir dağılım görülmektedir;

Rüzgar; Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santralı kurulabileceği kabul edilmiş söz konusu bu kabuller merkezinde orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır (ETKB-YEGEM,2022). Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiş olup bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüzölçümünün %1,30'una denk gelmektedir. Buna göre farklı hızlar, yükseklikler ve meteorolojik koşullar çerçevesinde, 100 metrede yıllık ortalama rüzgar hızı dağılımına ait harita aşağıda yer almaktadır.

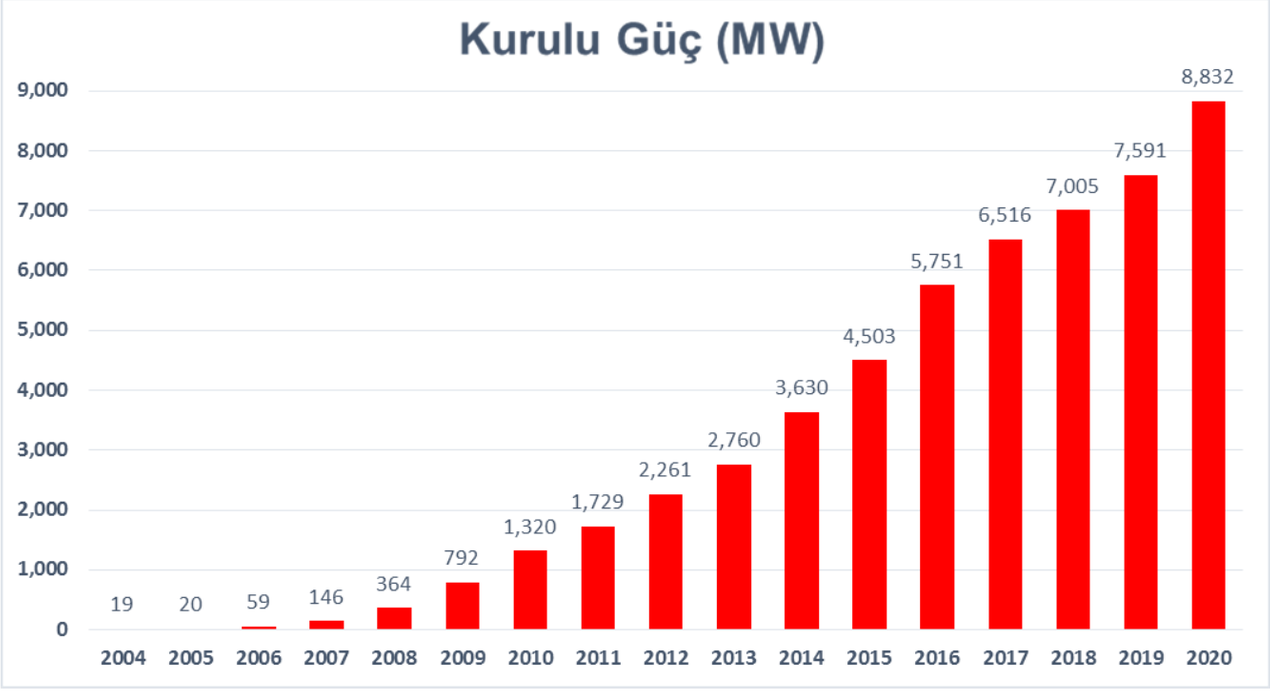
'Rüzgâr enerjisinde kurulu güç kapasitesi için Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası, Avrupa Birliği finansmanı ve Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası'nın destekleriyle



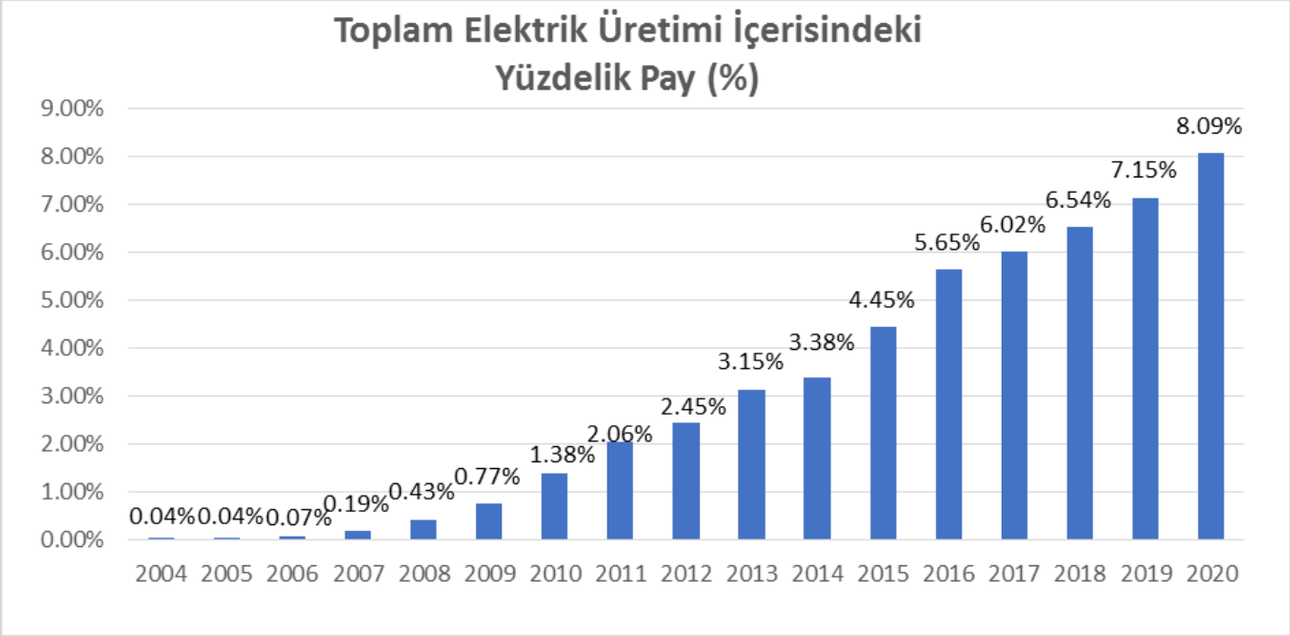
Şekil 23: *100 m'de yıllık ortalama rüzgar hızı dağılımını gösterir harita (ETKB-YEGEM,2022).*

Bakanlığımız koordinasyonunda güncellenmiş ve elde edilen rüzgâr kaynak bilgileri Mayıs 2020 yılında teslim edilmiştir. 100 m x 100 m çözünürlüğünde olacak şekilde güncellenen Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası ile yer seviyesinden 30, 60, 100 ve 150 metre yükseklikler için rüzgar kaynak bilgileri (rüzgar hızı, Weibull-A ile Weibull-k parametreleri, sıcaklık, basınç ve hava yoğunluğu) ve 30 ve 100 metre yükseklikler için rüzgar yönü verileri üretilmiş ve bu parametreler kullanılarak güç yoğunluğu, rüzgar sınıfı ve 3 MW gücündeki bir rüzgar türbini için kapasite faktörü ile yıllık enerji üretimi değerleri hesaplanmıştır.'

Aralık 2020 sonu itibariyle rüzgâr enerjisine dayalı elektrik kurulu gücümüz 8.832 MW, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı % 8,09 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam elektrik üretimi içerisindeki payı aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır (ETKB-YEGEM, 2022).



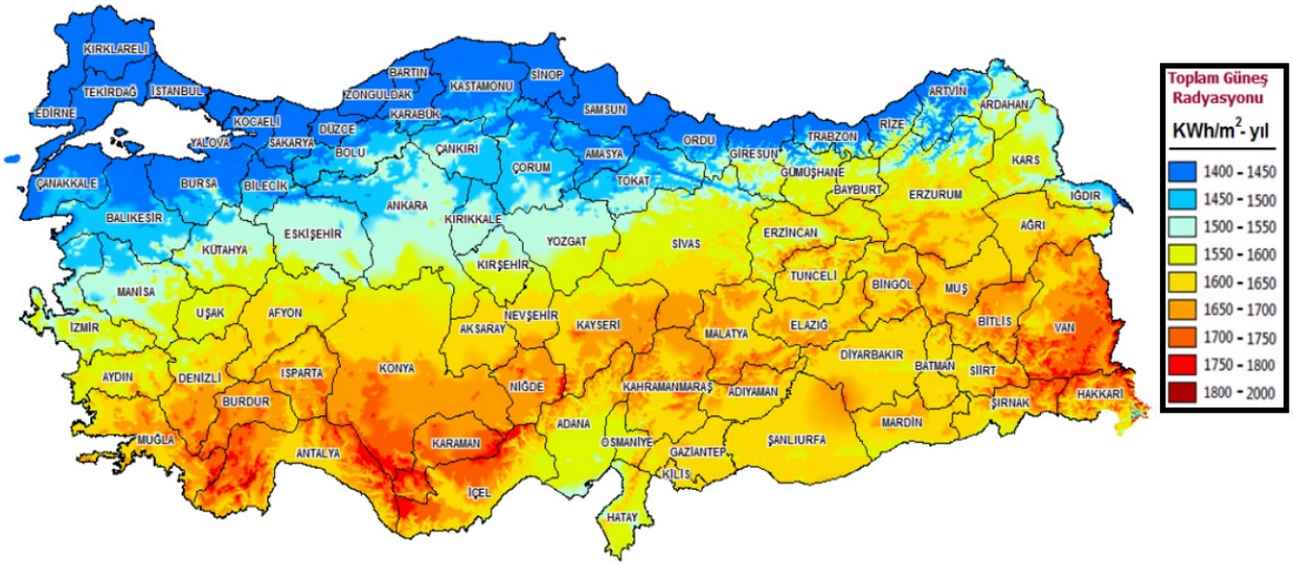
Şekil 24: *Rüzgar enerjisinin yıllar içerisindeki kurulu güç dağılımı (MW), 2004-2020 (ETKB-YEGEM, 2022)*



Şekil 25: *Rüzgar enerjisinin toplam elektrik üretimi içerisindeki yüzdelik payı (%), 2004-2020 (ETKB-YEGEM, 2022).*

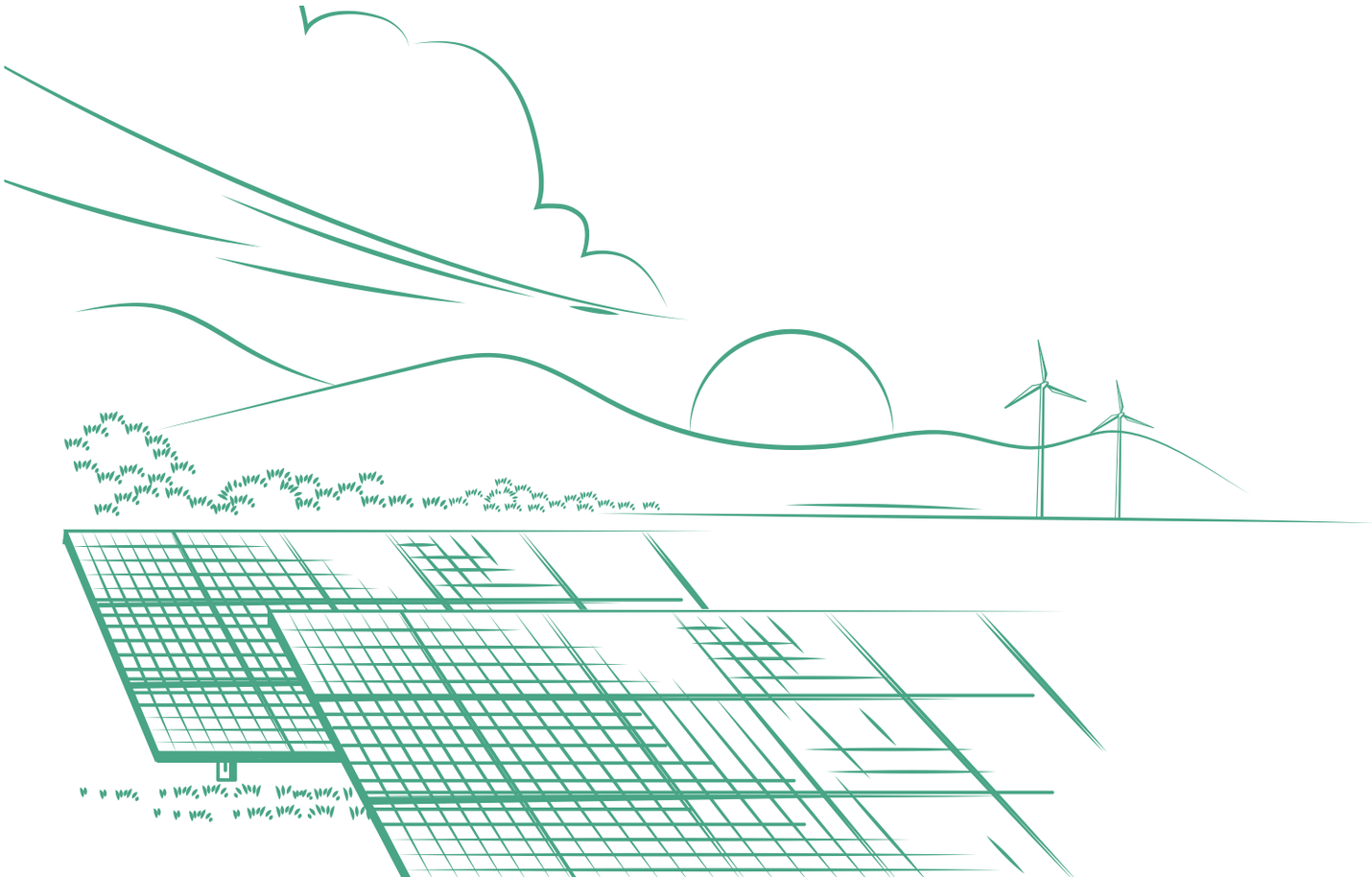
Güneş; Ülkeler fosil kaynakların çevreye verdiği zararlardan kaçınmak için yenilenebilir enerjiye geçişi hızlandırmıştır. Bu sayede güneş enerjisinden ısı ve elektrik üretimi ile ilgili birçok araştırma yapılmakta ve kullanım yıllar geçtikçe artmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için birden fazla metot olmasına rağmen genel olarak, tüm dünyada ve ülkemizde de eğilim güneşten gelen ışığın doğrudan elektriğe çevrildiği fotovoltaik sistemlere yoğunlaşmıştır.

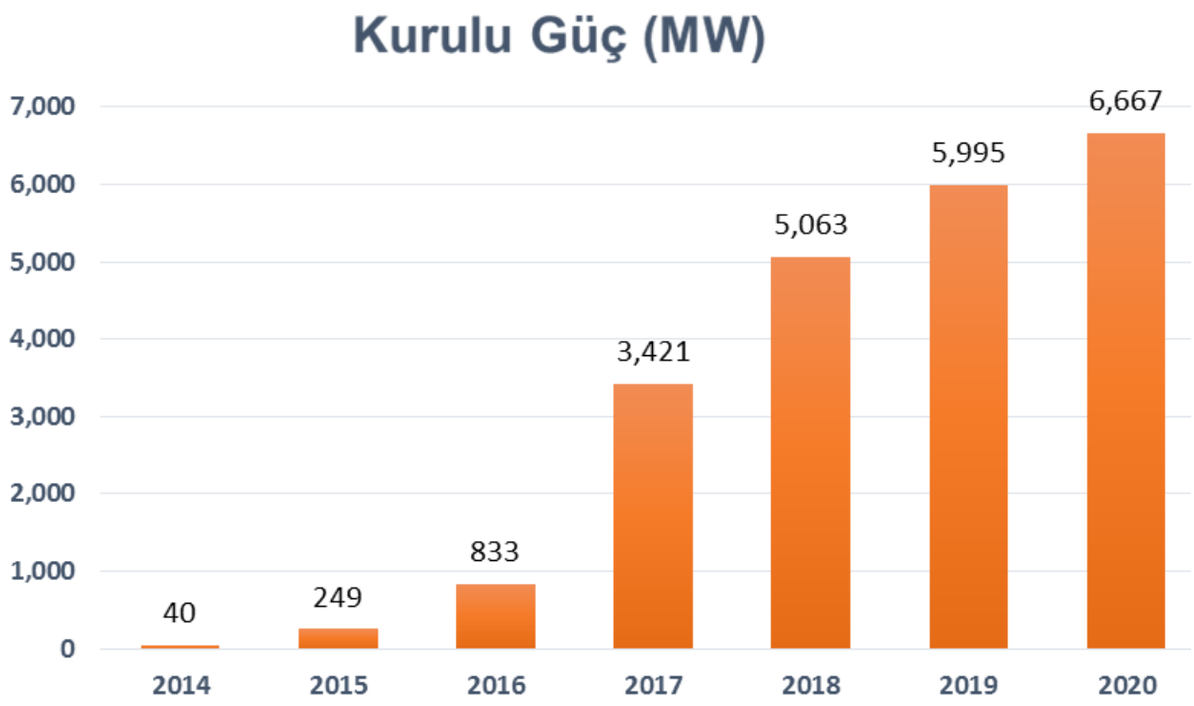
Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. ETKB tarafından hazırlanan, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741,07 saat olup ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1527,46 kWh/m2 olarak hesaplanmıştır. GEPA'da yer alan genel potansiyel görünümü ve aylık ortalama global radyasyon dağılımı aşağıda yer almaktadır:



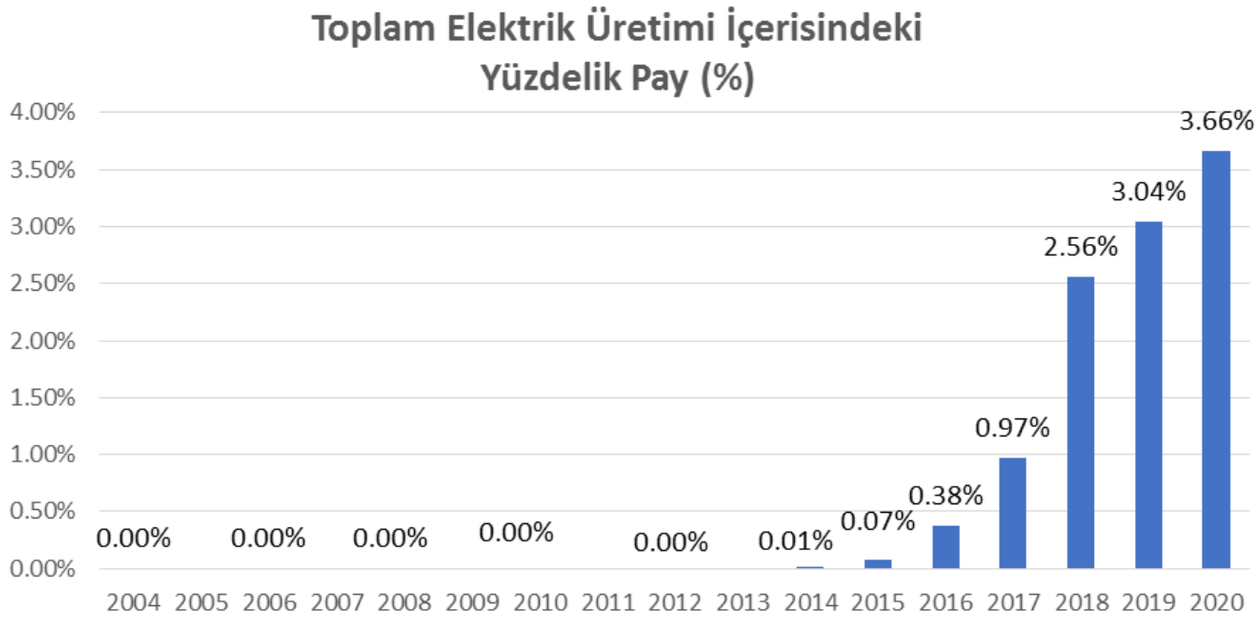
Şekil 26: *Ortalama yıllık ışınım değeri, 2020 (ETKB-YEGEM, 2022)*

Aralık 2020 sonu itibariyle **güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücümüz** 6.667 MW, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %3,6 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam elektrik üretimi içerisindeki payı aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır:





Şekil 27: *Güneş enerjisinin yıllar içerisindeki kurulu güç dağılımı (MW), 2004-2020 (ETKB-YEGEM, 2022)*



Şekil 28: *Güneş enerjisinin toplam elektrik üretimi içerisindeki yüzdelik payı (%), 2004-2020 (ETKB-YEGEM, 2022).*

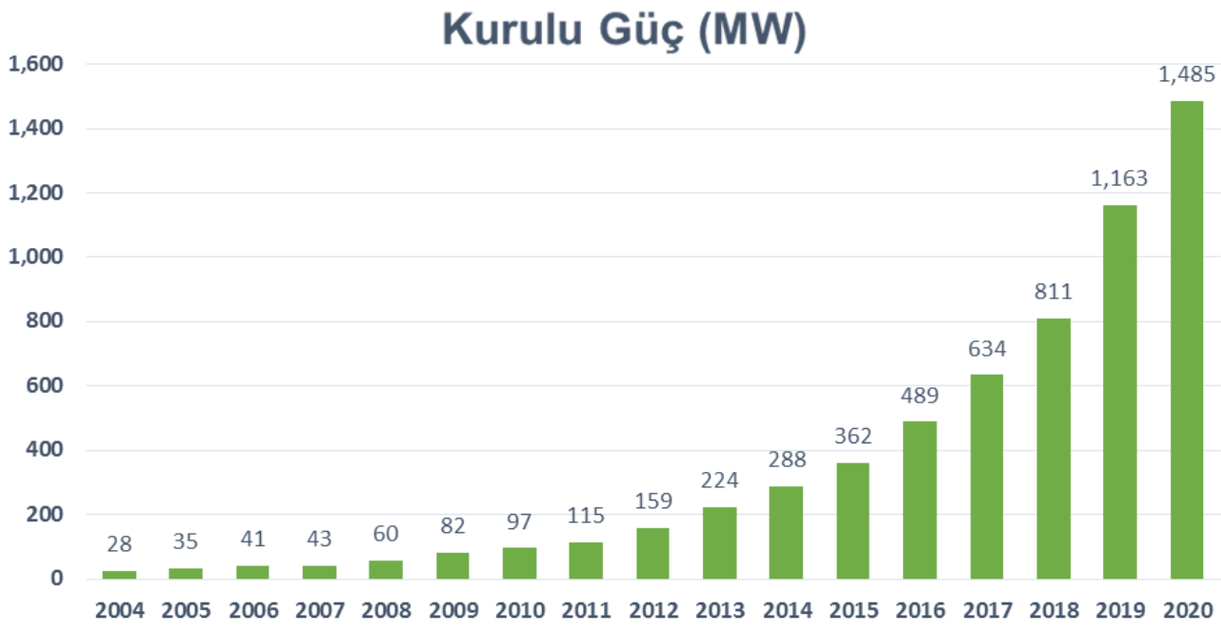
Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak tanımlanmakta ve aynı zamanda bir organik karbon olarak da kabul edilmektedir.

ETKB tarafından biyokütle enerji potansiyelinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre atıklarımızın toplam ekonomik enerji eşdeğeri 3,9 MTEP/yıl civarında olup, ayrıntılı bilgiler aşağıdaki tabloda yer almaktadır:

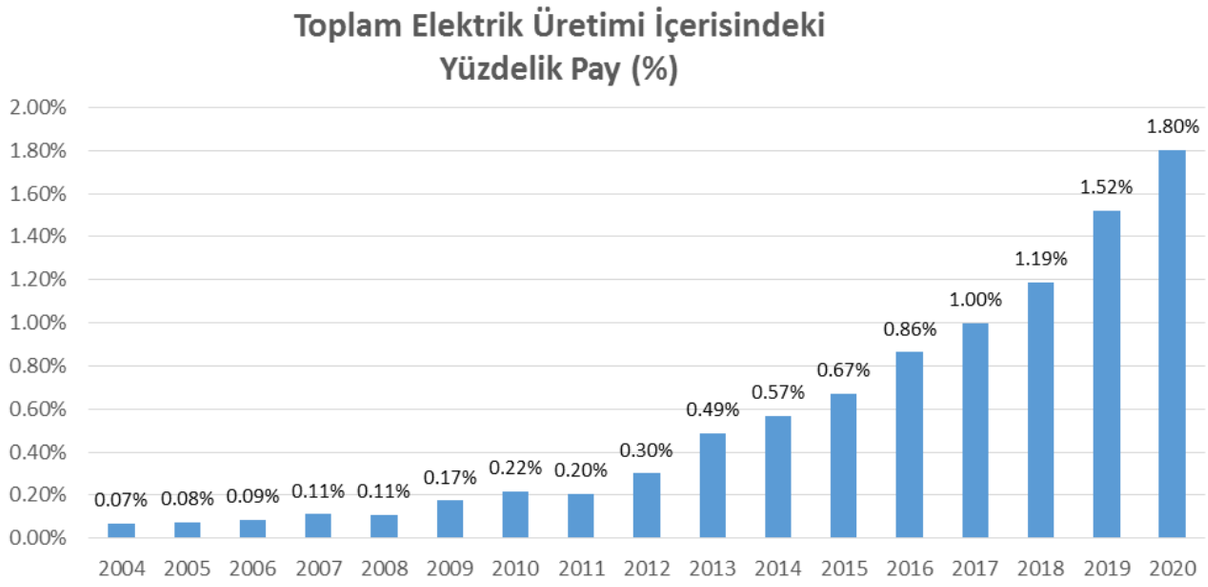
Tablo 1. BEPA verilerine göre atıkların ekonomik eşdeğeri (TEP/yıl), (ETKB-YEGEM, 2022).

Toplam Hayvan Sayısı	422.832.374 Adet
Hayvansal Atık Miktarı	193.878.079 ton/yıl
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (Teorik)	4.385.371 TEP/yıl
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (Ekonomik)	1.084.506 TEP/yıl
Bitkisel Üretim Miktarı	171.399.002 ton/yıl
Bitkisel Atık Miktarı	62.206.754 ton/yıl
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri (Teorik)	25.384.268 TEP/yıl
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri (Ekonomik)	1.462.159 TEP/yıl
Belediye Katı Atık Miktarı	32.170.975 ton/yıl
Belediye Atıklarının Enerji Değerleri (Teorik)	3.373.011 TEP/yıl
Belediye Atıklarının Enerji Değerleri (Ekonomik)	485.858 TEP/yıl
Orman Atıklarının Enerji Değeri (Ekonomik)	859.899 TEP/yıl
Atıkların Toplam Ekonomik Enerji Eşdeğeri:	3.892.422 TEP/yıl

Elektrik üretiminde de yaygın bir şekilde kullanılan biyokütle enerjisine dayalı kurulu güç Aralık 2020 sonu itibariyle 1485 MW (369 MW'ı atık ısı), toplam elektrik üretimi içerisindeki payı % 1,80 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam elektrik üretimi içerisindeki payı aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır.



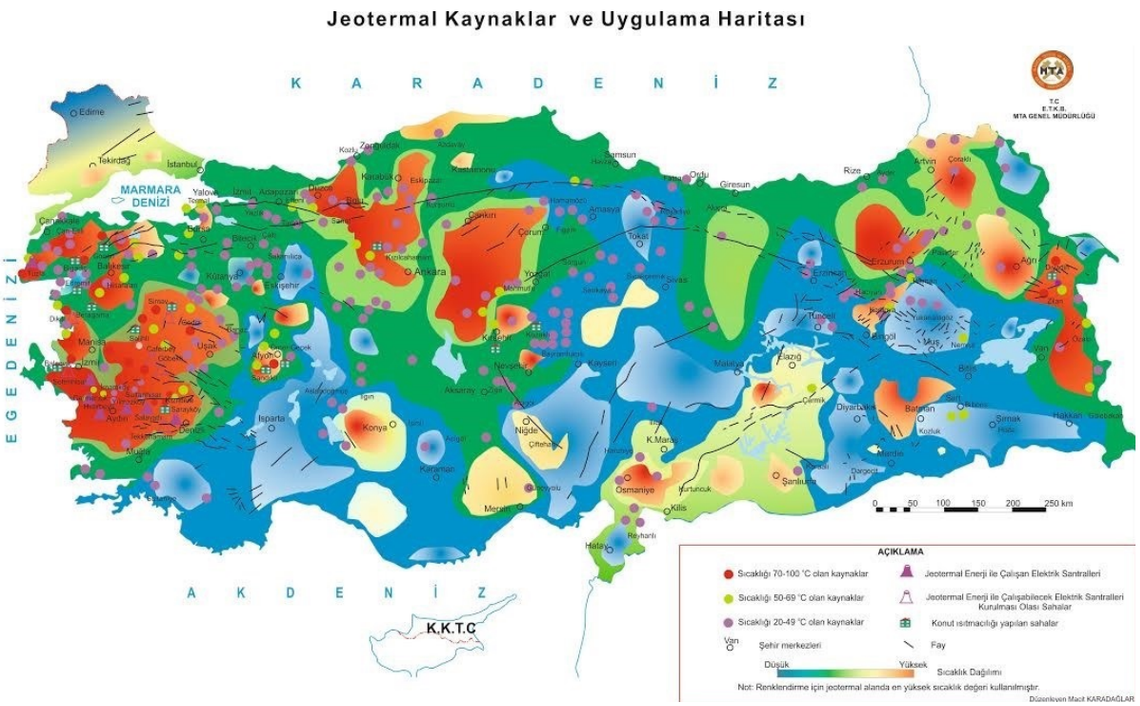
Şekil 29: *Biyokütle enerjisinin yıllar içerisindeki kurulu güç dağılımı (MW), 2004-2020 (ETKB-YEGEM, 2022)*



Şekil 30: *Biyokütle enerjisinin toplam elektrik üretimi içerisindeki yüzdelik payı (%), 2004-2020 (ETKB-YEGEM, 2022).*

Jeotermal enerji, yenilenebilir, temiz, ucuz ve çevre dostu olan yerli bir yeraltı kaynağı olarak kabul edilmektedir ve ülkemiz de jeolojik ve coğrafik konumu itibarı ile aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer aldığı için jeotermal açıdan dünya ülkeleri arasında zengin bir konumdadır. Ülkemizin her tarafında yayılmış yaklaşık 1.000 adet doğal çıkış şeklinde değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar mevcuttur.

Ülkemizde yer alan jeotermal kaynakların dağılımını gösteren haritada (Şekil-31) ülkemizin jeotermal potansiyeli oldukça yüksek olup potansiyel oluşturan alanların %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesi'nde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almakta olduğunu görmekteyiz.

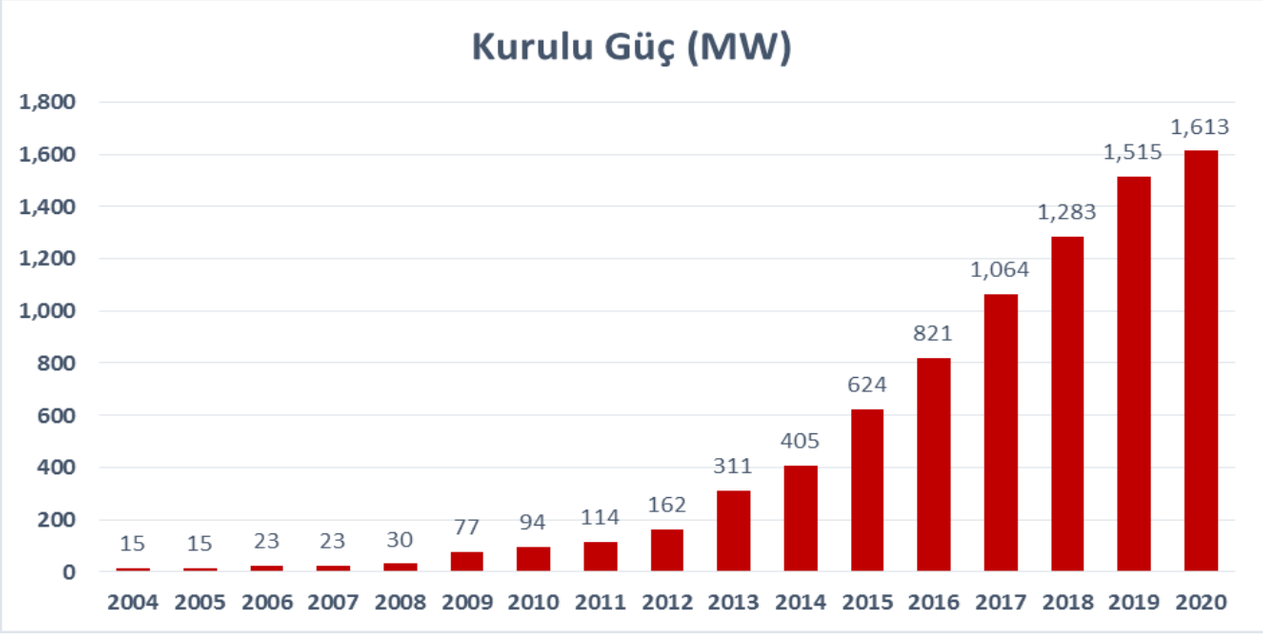


Şekil 31: *Jeotermal kaynaklar ve uygulama haritası (ETKB-YEGEM, 2022).*

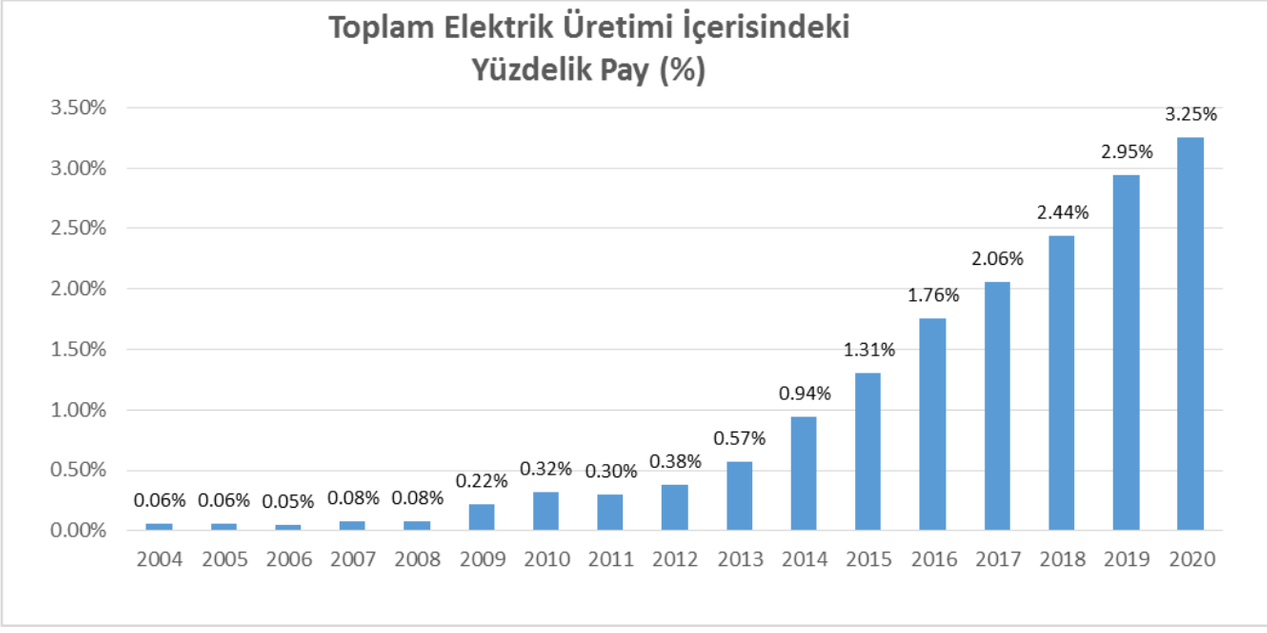
Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, %10' u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. Türkiye'nin muhtemel jeotermal ısı potansiyeli 31500 MWt elektrik üretimi için olan potansiyel 2000 MWe olarak tahmin edilmektedir. Ülkemizde jeotermal enerjinin kullanımına ilişkin veriler ise şu şekildedir (Tablo-2):

Bölgeslel ısıtma (şehir, konutlar)	~ 140000 konut eşdeğeri (~1205 MWt)
Sera ısıtma	~ 4283000 m² (820 MWt)
Termal ve sağlık tesisleri ısıtma	~ 46400 konut eşdeğeri (420 MWt)
Termal su ısıtma	~ 400 kaplıca (1005 MWt)
Zirai kurutma	~ 2 MWt
Isı pompaları	~ 43 MWt
Soğutma	~ 0,35 MWt
Toplam	~ 3495 MWt (340.000 konut eşdeğeri) (teorik ısı potansiyelinin %9,8'i)
Dolaylı Kullanım	
Toplam elektriksel kurulu güç	1515 MWe
CO2 üretimi	~ 240000 ton/yıl

Elektrik üretimi açısından,bölgesel ısıtmanın yanı sıra elektrik üretiminde de yaygın olarak kullanılan jeotermal enerji **Aralık 2020 sonu** itibariyle 1.613 MW, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı % 3,25 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam elektrik üretimi içerisindeki payı aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır



Şekil 32: *Jeotermal enerjinin yıllar içerisindeki kurulu güç dağılımı (MW), 2004-2020 (ETKB-YEGEM, 2022).*

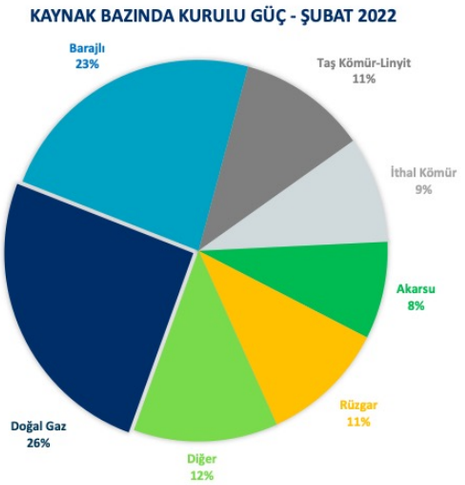


Şekil 33: *Jeotermal enerjinin toplam elektrik üretimi içerisindeki yüzdelik payı (%), 2004-2020 (ETKB-YEGEM, 2022).*

Türkiye Elektrik İletim A.Ş (TEİAŞ) ve Elektrik Piyasaları İşletme A.Ş (EPİAŞ) Şubat 2022 tarihli kurulu güç analiz raporlarına göre ise Şubat 2022 tarihinden Ocak 2022'ye göre,

- Doğalgaz kaynaklı üretim miktarının %20,88 azalarak 6.012.123 MWh olması ve toplam üretimdeki payının %23,50 olması,
- Hidrolik kaynaklı üretim miktarının %6,96 artarak 5.026.091 MWh olması ve toplam üretimdeki payının %19,65 olması,
- İthal Kömür kaynaklı üretim miktarının %13,72 azalarak 5.173.692 MWh olması ve toplam üretimdeki payının %20,23 olması,
- Rüzgâr kaynaklı üretim miktarının %14,87 azalarak 2.638.637 MWh olması ve toplam üretimdeki payının %10,32 olması,

sonuçları önemli hususlar olarak raporda yer almaktadır (Şekil 34). Buna göre, **elektrik üretim santrallerinin kurulu güçleri kaynak bazında incelendiğinde**, ilk sırada 50.614 MW (%25,4) ile doğal gaz yer almaktadır. Ardından 46.513 MW (%23,3) ile barajlı, 21.967 MW (%11,0) ile taş kömür-linyit, 21.376 MW (%10,7) ile rüzgar, 17.988 MW (%9,0) ile ithal kömür, 16.482 MW (%8,3) ile akarsu ve 12.310 MW (%12,3) ile diğer kaynaklar gelmektedir. Diğer kaynakların kurulu güç dağılımı incelendiğinde, 15.842 MW ile Güneş, **3.367 MW ile Jeotermal, 3.301 MW ile Biyokütle,** 810 MW ile Asfaltit, 782 MW ile Kojenerasyon ve 504 MW ile Fuel Oil Santralleri yer almaktadır.

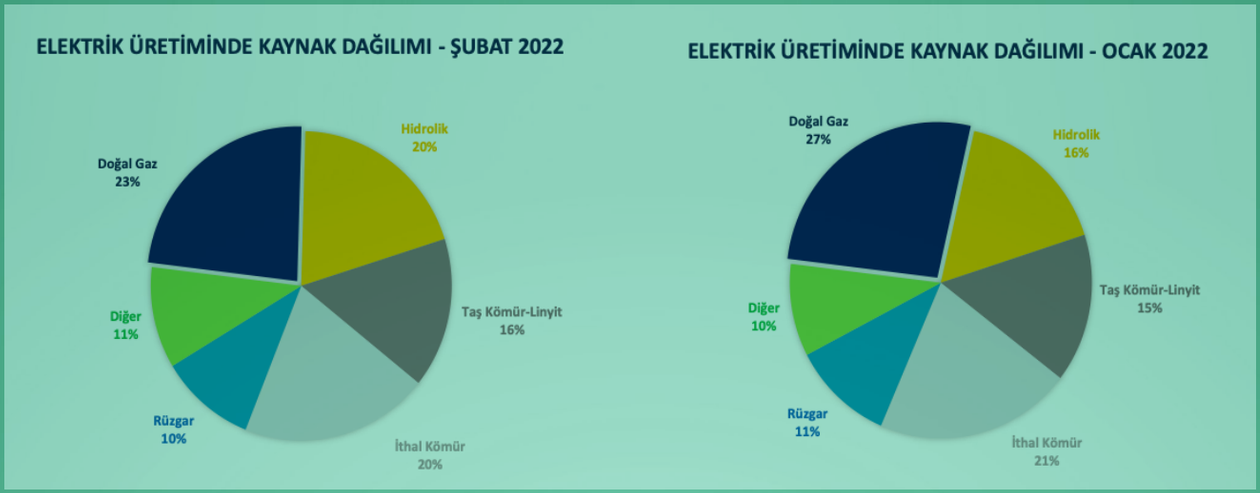


Kaynak	Kurulu Güç
Doğal Gaz	25.307
Barajlı	23.257
Taş Kömürü-Linyit	10.983
İthal Kömür	8.994
Akarsu	8.241
Rüzgar	10.688
Diğer	12.310

* Miktar Değerleri MW cinsindendir.

Şekil 34: *Kaynak bazında kurulu güç, Şubat-2022*

Elektrik üretim miktarı kaynak bazında incelendiğinde Şekil-35 ise, ilk sırada 6.012.123 MWh (%23,50) ile doğalgaz yer almaktadır. Ardından 5.173.692 MWh (%20 ,23) ile ithal kömür, 5.026.091 MWh (%19,65) ile hidrolik, 4.017.368 MWh (%15,71) ile taş kömür-linyit, 2.638.637 MWh (%10,32) ile rüzgar ve 2.710.767 MWh (%10,60) ile diğer kaynaklar gelmektedir. Üretime %10,60 katkıda bulunan **diğer kaynaklara** bakıldığında, 991.619 MWh (%3,88) ile güneş, 869.526 MWh (%3,40) ile jeotermal, 554.699 MWh (%2,17) ile biyokütle, 182.734 MWh (%0,71) ile asfaltit, 59.321 MWh (%0,23) ile kojenerasyon ve 52.867 MWh (%0,21) ile fuel Oil yer almaktadır.



Şekil 35: *Elektrik üretiminde kaynak dağılımı Ocak-Şubat 2022*

Aylık bazda toplam elektrik ithalatı 52.554 MWh azalarak 419.134 MWh, ihracatı 42.846 MWh azalarak 382.471 MWh bandında gerçekleşmiştir

Elektrik sektörüne ilişkin daha kapsamlı bir değerlendirme Bölüm 2.6'da yer almaktadır.

Raporun bu bölümünde, resmi kurumların yayımlamış olduğu son güncel veriler ışığında, biraz geçmişe giderek, ülkemizde son bir kaç yılda yenilenebilir enerji kaynaklarının ve kullanımının nasıl dağıldığına ilişkin yapılan değerlendirmelere 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefine giden yolda mevcut duruma ilişkin saptamalara değinilmiştir.

Yenilenebilir enerjinin kurulu güç gelişiminde gösterdiği ilerlemeyi görmek için geçtiğimiz yıllara genel bakıldığında, enerji kurulu gücünün yıllar içinde artan bir trendde yol aldığını görmekteyiz (Şekil-36). Türkiye Sınai Kalkınma Bankası'nın (TSKB) 2021 tarihli Enerji Görünümü raporunda yer alan TEİAŞ'ın verilerinin kullanılarak güncellendiği yenilenebilir enerjinin kurulu güçteki katettiği yol, 2013 yılında 25,6 GW olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç, yıllık ortalama %10 oranında artarak 2021 yılı Eylül ayı itibarıyla yaklaşık 53 GW düzeyine ulaşmış, 2013 yılında %40 olan toplam kurulu güç içerisindeki yenilenebilir payı ise 2021 yılı Eylül ayı itibarıyla %53,2 seviyesine yükselmiştir.

2013 yılı ile 2021 yılı Eylül ayı arasındaki dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç artışında en büyük pay 9,2 GW'lık artış ile HES'lere ait olup, HES'leri sırasıyla 7,5 GW'lık artış ile GES, 7,4 GW'lık artış ile RES, 1,6 GW'lık artış ile biyokütle enerjisi santralleri (BES) ve 1,3 GW'lık artış ile jeotermal enerjisi santralleri (JES) izlemiştir (TSKB-Enerji Görünümü, 2021).

Yenilenebilir Enerji Kurulu Güç Gelişimi (MW)

Kaynak	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/9
Hidroelektrik	22.289	23.643	25.868	26.682	27.273	28.291	28.503	30.984	31.447
Rüzgâr	2.760	3.630	4.498	5.751	6.516	7.005	7.591	8.832	10.168
Güneş	0	40	310	833	3.421	5.063	5.995	6.667	7.534
Biyokütle	224	288	345	467	575	739	1.163	1.485	1.782
Jeotermal	311	405	624	821	1.064	1.283	1.515	1.613	1.650
Yenilenebilir Toplam	**25.583**	**28.006**	**31.645**	**34.554**	**38.849**	**42.381**	**44.768**	**49.581**	**52.581**

Kaynak: TEİAŞ, TSKB

Şekil 36: *Yenilenebilir enerji kurulu güç gelişimi (MW) (TSKB-Enerji Görünümü, 2021)*

2013 yılında HES'ler yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü içerisinde %87'lik paya sahipken, bu pay yıllar itibarıyla özellikle RES ve GES'lerdeki artışlara bağlı olarak düşmüştür. Buna rağmen 2021 yılı Eylül ayı itibarıyla HES'ler yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü içerisinde %60'lık oran ile en büyük paya sahiptir. Son yıllarda lisanssız santrallerdeki yatırımların hızla artması ile birlikte RES ve GES'lerin yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücündeki payı sırasıyla %19 ve %14 seviyesinde olup, BES'lerin yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü içerisindeki payı %3,4, JES'lerin ise %3,1 dolayındadır (TSKB,Enerji Görünümü, 2021).

.: Yenilenebilir Elektrik Üretimi Gelişimi

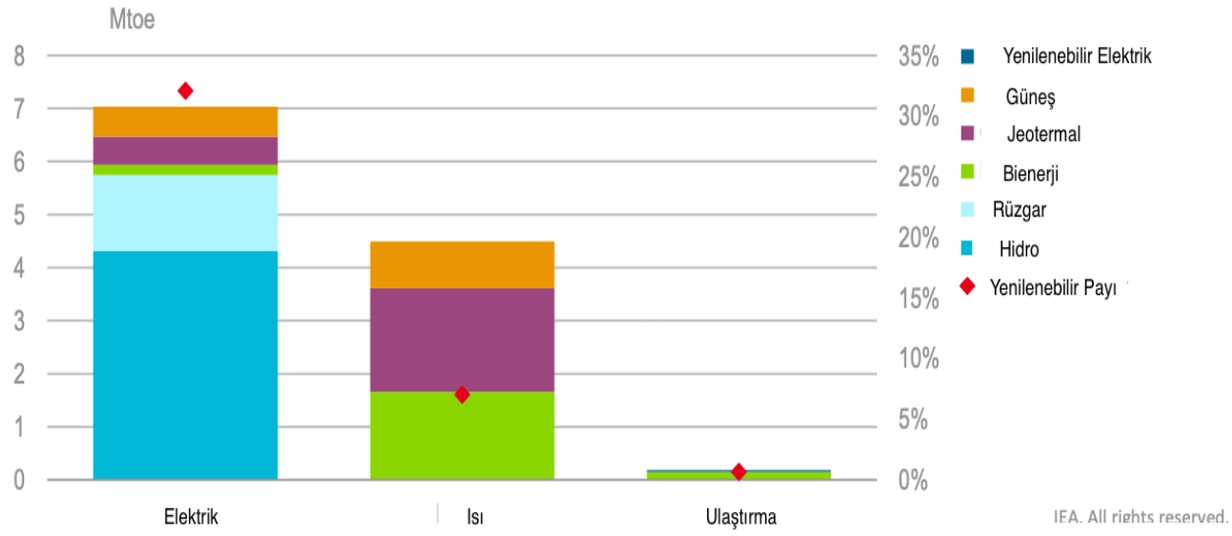
Kaynak	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/9
Hidroelektrik	67.146	67.231	58.219	59.939	88.886	78.095	45.481
Rüzgâr	11.653	15,.517	17.904	19.949	21.515	24.513	22.286
Güneş	194	1.043	2.889	7.800	10.542	11.977	10.755
Jeotermal	3.425	4.819	6.128	7.431	8.230	9.316	7.406
Biyokütle	1,.758	2.372	2.972	3.623	4.524	5.737	4.834
Yenilenebilir Toplam	**84.175**	**90.981**	**88.111**	**98.741**	**133.697**	**129.638**	**90.762**

Kaynak: TEİAŞ, TSKB

Şekil 37: *Yenilenebilir enerji kurulu güç gelişimi (MW) (TSKB-Enerji Görünümü, 2021)*

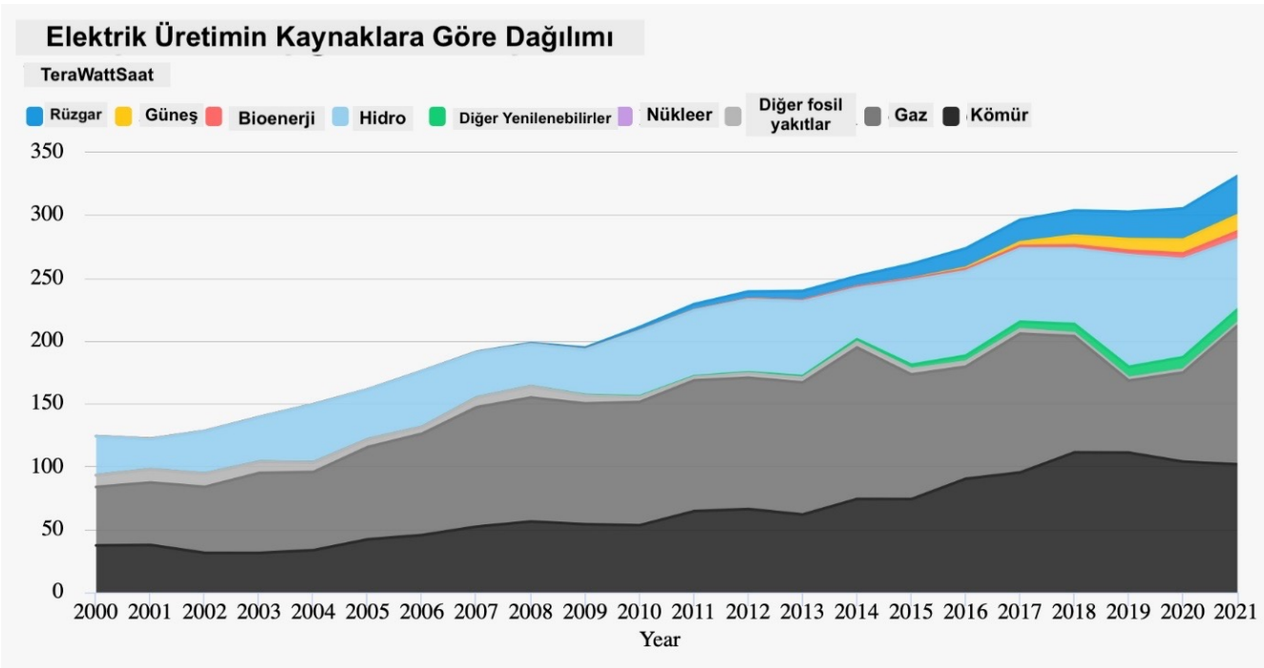
2015 yılında HES'ler yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi içerisinde %79,8 pay sahibi iken, yıllar itibarıyla söz konusu payda bir azalma yaşanmıştır. 2021 yılının ilk 9 ayında toplam brüt elektrik üretimi içerisindeki payı %32 olan doğal gaz santrallerini; %31,1'lük pay ile ithal ve yerli kömür santralleri, %18,4'lük pay ile HES'ler, %9'luk pay ile RES'ler, %4,4'lük pay ile GES'ler, %3'lük pay ile JES'ler, %2'lik pay ile BES'ler takip etmektedir (TSKB-Enerji Görünümü, 2021).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 2021 yılında Türkiye'nin enerji sektörünü analiz ettiği detaylı raporunda **2018 yılında** yenilenebilir elektriğin, toplam nihai enerji tüketiminde (TFC) toplam yenilenebilir enerjinin %60'ını oluşturduğu ve geri kalan ısının ise, çoğunlukla jeotermal ve biyoenerjiden geliyor olsa da, güneş enerjisinin katkısı olduğunu vurgulamıştır (Şekil-38). Bunun yanısıra, biyoyakıtlar gibi yenilenebilir enerjinin, ulaşımdaki payının çok küçük olduğunun altını çizmiştir (IEA Turkey-EPR 2021).



Şekil 38: *Toplam son enerji tüketiminde yenilenebilir enerji, 2018 (IEA Turkey-EPR ,2021)*

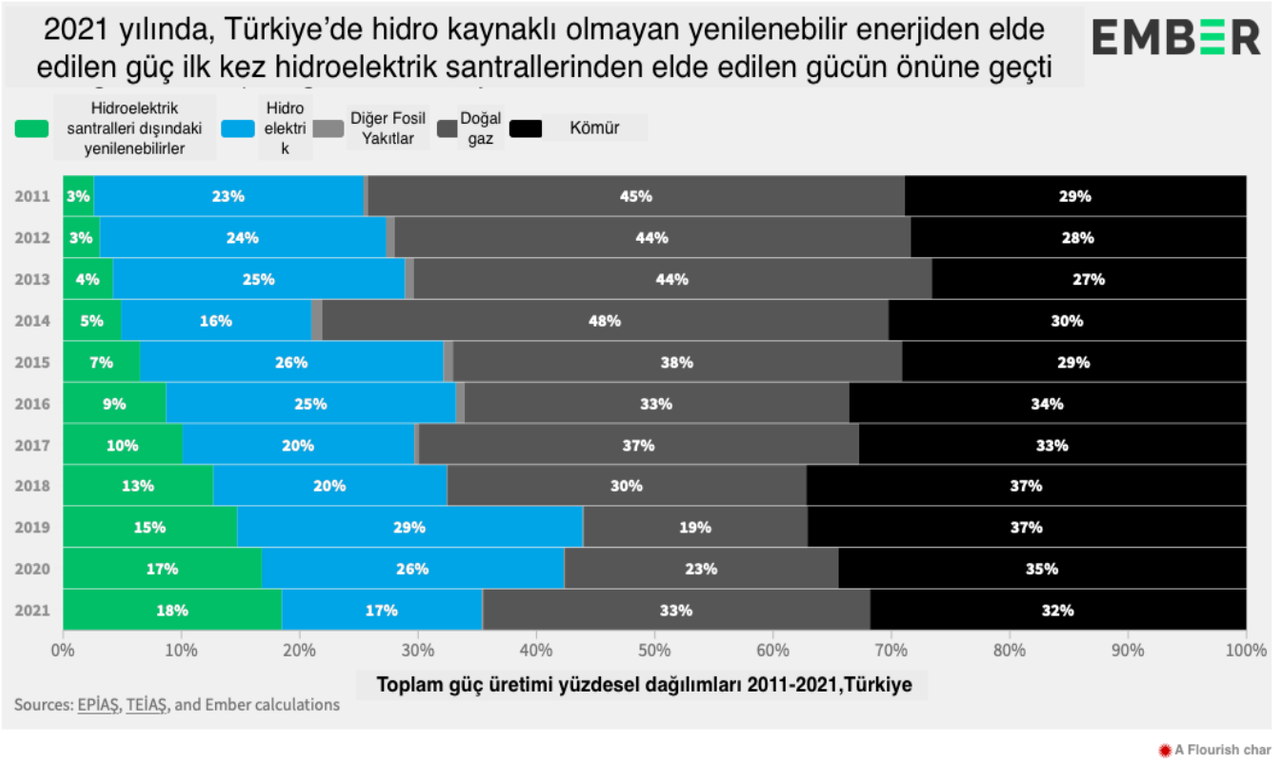
Yenilenebilir elektrik, 2018 yılında Türkiye'de tüketilen toplam yenilenebilir enerjinin yarısından fazlasını oluştururken, geri kalanı ağırlıklı olarak ısıtma için kullanılmıştır (IEA Data and Statisics, 2021).



Şekil 39: *Elektrik üretimin kaynaklara göre dağılımı (TWh) (EMBER Türkiye Elektrik Görünümü, 2022).*

Enerji politikaları konusunda çeşitli araştırmalar gerçekleştiren bağımsız iklim ve enerji kuruluşu Ember'in yeni yayımladığı Avrupa Elektrik Görünümü Raporu'nda, Avrupa ülkelerinin 2021 yılının ilk yarısındaki elektrik üretimi verileri açıklanmış ve Türkiye için özel bir bölüm ayrılmıştır. Raporda altı özellikle çizilen nokta, hidrolik olmayan yenilenebilir üretimin, 2017'den bu yana iki katına çıktığı (rüzgar, güneş, jeotermal ve biyoenerji) ve ilk kez hidroelektriği geride bıraktığı olmuştur. Ancak istatistiksel verilerde de görülebildiği üzere, kuraklık, hidro ve hidro olmayan yenilenebilir enerjiler arasındaki geçişte büyük rol oynamıştır (EMBER Türkiye Elektrik Görünümü, 2022).

Kuraklığın yenilenebilirler arasında oluşturduğu geçiş sebebi ile 2021'de hidroelektrik üretimi ve toplam üretimdeki payı 2014'ten bu yana en düşük seviyede iken, hidroelektrikteki azalmanın yerini gaz alarak, üretimdeki fosil payını 2019-2020'deki %56-58 seviyesinden neredeyse %65'e çıkarmıştır. Hidroelektrik eksikliği, gaz tüketimini tüm zamanların bir başka yıllık rekoru olan 61,6 bcm'ye kadar çıkarmıştır. Dolayısıyla, Türkiye'nin hidroelektrik eksikliği şu anda ithal fosil yakıt kaynakları ile karşılanmakta ve ülke, kuraklık ve hızla artan fosil yakıt fiyatları ile bir yılda çok yüksek risklere maruz kalmaktadır (EMBER Türkiye Elektrik Görünümü, 2022).



Şekil 40: *Toplam güç üretiminin yüzde dağılımı (EMBER Türkiye Elektrik Görünümü, 2022).*

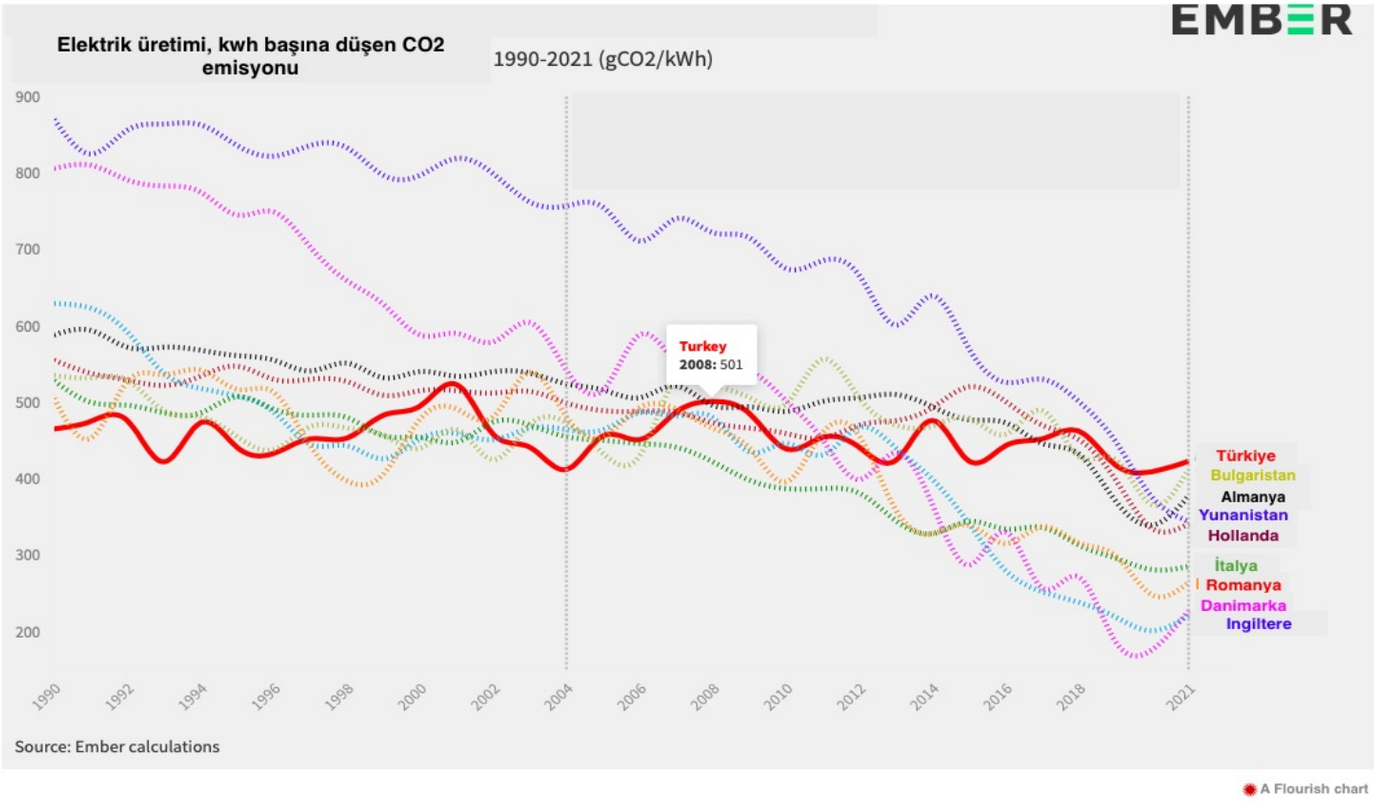
Türkiye rüzgâr, jeotermal ve güneş enerjisi açısından önemli kaynaklara sahiptir. Bu kaynakların geliştirilmesi gerek iklim değişikliğiyle mücadele gerekse enerjide ithal ve fosil yakıt bağımlılığının azaltılması açılarından hayati önem arz etmektedir. Bununla birlikte, Türkiye, büyük hidro rezervuarlarını yaz aylarında hidro eksikliğini tamamlayacak yüzen güneş enerjisi ile kaplayarak kuraklığa karşı kendini koruyabilir (EMBER Türkiye Elektrik Görünümü, 2022).

Özellikle yenilenebilir elektrik üretimi son on yılda neredeyse üç katına çıkmış ve toplam elektrik üretimindeki payı 2019'da %44'e ulaşarak (dağıtılmış güneş enerjisi üretimindeki kayda değer büyüme dahil) On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) kapsamında belirlenen yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin %38,8'lik hedefini aşmıştır. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının genişletilmesini teşvik etmeye devam ederek 2017-27 döneminde güneş ve rüzgar kapasitesini genişletebilir (IEA Turkey-EPR 2021).

2021'de yenilenebilir enerji üretimi on yıl öncesine göre iki kat fazla olmakla birlikte, 2011-2021 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynaklarındaki 57 TWh artış, elektrik talebindeki

artışın (+95 TWh) ancak yarısını karşılamıştır. Bu eğilim son beş yılda da devam etmiş ve 2016-2021 döneminde yenilenebilir enerji üretimi 24 TWh daha eklenirken, elektrik talebi 46 TWh artmıştır.

Bu durum, yenilenebilir enerji kaynakları ile talep arasındaki boşluk çoğunluğun ithal kömür ile karşılanmasına, bu da Türkiye'nin ekonomik büyümesinin karbon emisyonlarını artırırken daha yüksek enerji ithalatına yol açtığı anlamına gelmektedir. Bu kapsamda, Türkiye'nin yenilenebilir dağıtım oranını en az ikiye katlayarak, enerji tüketiminde dışa bağımlılığı önemli oranda azaltabilir (EMBER Türkiye Elektrik Görünümü, 2022).



Şekil 41: *Avrupa'da kwh başına düşen CO_2 emisyonu (EMBER Türkiye Elektrik Görünümü, 2022).*

Türkiye'de hidro-olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarındaki istikrarlı artış, elektrik üretimindeki karbon yoğunluğunu benzer seviyelerde tutmak için yeterli olmakla beraber, Türkiye karbon yoğunluğu 2021 yılında 2004 yılına göre %3 daha artmıştır. Aynı dönemde Danimarka %60 civarında, Yunanistan ve Birleşik Krallık %50, Romanya ve İtalya ise %45 oranında azaltmayı başarmıştır. Kömürden çıkış konusunda hırsları olmamasına rağmen, Hollanda, Almanya ve Bulgaristan karbon yoğunluklarını aynı dönemde sırasıyla %32, %28 ve %13 oranında azaltmayı başarırken, göstergeler 17 yıl boyunca bu sekiz ülkenin gerisinde kalmış olduğun göstermektedir.

2.1.2.5.2 Yenilenebilir Enerji Modellemesinin Önemi

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygın olarak uygulanması ihtiyacı, düşük karbonlu ve yeşil ekonomiye geçiş yaparken küresel bir zorluk haline getirirken, bu kapsamda yaklaşık 176 ülke, çeşitli motivasyonlarla yenilenebilir enerji hedeflerini açıklamıştır. Bu anlamda, küresel enerji sistemi büyük bir geçiş sürecinden geçerken, hükümetler için endüstri ve akademi genelinde enerji planlaması ve karar verme süreçlerinde modeller çok önemli bir rol oynamaktadır (al Irsyad & Halog,2017). Politikayla ilgili olmaları ve tartışmalı yapıları nedeniyle, enerji modelleri ve verilerinin şeffaflığı ve açık kullanılabilirliği doğru bir yol haritası çizmede özellikle önemlidir.

Enerji üretimi ve hava durumu değişkenleriyle talep arasındaki güçlü bağlantı göz önüne alındığında, kapsamlı bir hava durumu değişken portföyüne sahip olmak, tutarlı ve kolay erişilebilir veriler, örn. sıcaklıklar, derece gün, güneş radyasyonu ve yağış, giderek daha önemli hale gelmektedir (IEA, Weather for Energy Tracker Users Guide, 2022). IEA, Enerji için Hava İzleme portföyünü kurarken bunun dünya çapında istatistikçilere, araştırmacılara, modelleyicilere ve analistlere ve ayrıca enerji sektörüyle ilgilenen daha geniş bir kitleye yardımcı olacağına dolayısıyla, modellemenin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesinin enerji sektörü için oldukça önemli olduğunu vurgulamıştır (IEA, Weather for Energy Tracker Users Guide, 2022).

Çünkü, yenilenebilir enerji teknolojileri, enerji sektörünü karbondan arındırmanın ve fosil yakıt bağımlılığını azaltmanın yollarından biri olarak görülmekle beraber, geleneksel olarak, yenilenebilir enerji bir enerji kaynağı olarak da hayati bir rol oynamaktadır (al Irsyad & Halog,2017).

Enerji sistemi planlamasına ilişkin gereksinimler, liberalleştirilmiş, düzenlenmiş pazarların ortaya çıkması ve sera gazı emisyonlarında derin azalmalara duyulan ihtiyaç nedeniyle önemli ölçüde değişmekte ve tüm bunlara ilaveten, rüzgar ve fotovoltaiklerin (PV) hızlı bir şekilde konuşlandırılması ve enerji depolamanın artan önemi, bu yeni teknolojileri doğru bir şekilde değerlendirmek için yeterli uzaysal ve zamansal çözünürlüğe sahip modelleri gerektirmektedir (Pfenninger et al. 2018).

Özellikle, güneş ve rüzgar enerjisi daha yaygın hale geldikçe, enerji yönetim sistemlerine entegre edilen tahminler, elektrik güç sistemi operatörleri için giderek daha değerli hale gelmektedir (al Irsyad & Halog,2017).

Yenilenebilir enerji, özellikle güneş fotovoltaikleri ve rüzgar enerjisi için politika desteği ve keskin maliyet düşüşleri sayesinde son yıllarda hızla büyümüştür. Elektrik sektörü, hidroelektriğin zaten önemli katkısına dayanarak, son yıllarda güneş fotovoltaiklerinin ve rüzgarın güçlü büyümesiyle yenilenebilirler için en parlak nokta olmaya devam etmektedir.

Bu kapsamda doğru tahminleme yapmak, entegrasyon için çok önemli ve uygun maliyetli bir araçtır. Değişken yenilenebilir enerji (VRE) rüzgar ve güneş gibi kaynaklar güç sistemlerine dönüştürülür ve bu ancak doğru bir yaklaşımla olabilir. Özellikle sahaya özgü rüzgar ve güneş enerjisi üretimi ile şebeke talebine ilişkin bir veri tabanının oluşturulması, lineer olmayan, stokastik atmosferin ya da havanın bu kesintili yenilenebilir kaynaklar üzerindeki etkisini daha doğru bir şekilde tahmin etmeyi sağlar. Havanın rüzgar ve güneş üretimini nasıl etkileyeceğini tahmin etmenin önemi, üretim karışımının giderek daha fazlasını oluşturdukça kritik hale gelmekte ve böylece, rüzgar hızındaki ani düşüşler veya bulut örtüsündeki artışlardan (Akyurek & Kleissl, 2017) kaynaklanan güç kaybı ve elektrik kesintisi riski artmaktadır. Örneğin güneş panellerinin en doğru yere kurulumu açısından güneş radyasyonunun miktarını etkileyen bulut ömrünün paneller üzerindeki etkisi gelecekteki araştırmalar için temel yapı taşı olarak kullanılabilir (Akyurek & Kleissl, 2017). Çünkü basit bir bulutluluk bile panelin çalışma verimini doğrudan etkilemektedir. Ya da yüksek düzeyde fotovoltaik (PV) güç penetrasyonu, güç sisteminin operasyonel performansı için zorluklar yaratır. PV gücünün bölgesel tahminleri, iletim sistemi operatörlerinin ve dağıtım sistemi operatörlerinin arz ve talep arasındaki dengeyi korumak için uygun önlemleri almasına izin verir.

Rüzgar enerjisi üretimi ise, rüzgar gücünün stokastik doğası göz önüne alındığında rüzgar hızına ve rüzgar hızı ve yönü gibi türevlerine bağlıdır (Saroha et al. 2020). Bu kapsamda, rüzgar enerjisi tahmini, rüzgar enerjisi üretiminin bağlı olduğu farklı değişkenlere genel bir bakış sağladığı gibi tahmin modellerinin tasarım çerçevesine ilişkin çeşitli temel özellikleri açıklar. Buna ek olarak, çeşitli model türlerinin tahmin performansının bir değerlendirmesini ve ayrıntılı karşılaştırmasını ve değerlendirmesini de gerçekleştirir (Saroha et al. 2020).

Üretimde beklenmeyen dalgalanmalar fiyatları da etkiler. Dolayısıyla, havanın etkisini tahmin edememek, politika yapıcıları daha maliyetli - veya daha kirli - alternatiflerle aşırı faturalandırmaya zorlayabilir. Pek çok ülkenin planladığı gibi, rüzgar ve güneş enerjisinin elektrik üretimine egemen olması için, hava, güneş ve rüzgar gibi tahminleme modelleri ile altyapı oluşturmak oldukça önemlidir.

2.1.2.5.3 Yenilenebilir Enerji Hedefleri ve Politikaları

Enerji politikaları oluşturulurken elektrik üretimine dair modeller arz güvenliğini sağlamak, enerji maliyetlerini ve dışa bağımlılığı mümkün olan en alt seviyede tutmak ve küresel eğilimlerin ulusal yansımalarına dair gereğini yapmak görevlerini karşılayan şekilde tasarlanmalıdır.

İklim değişikliği ile mücadele sürecinde geliştirilen finans araçları ve mali araçlar enerji maliyetlerine ve yatırım fizibilitesine etkileri üzerinden yatırımcı kararlarını da doğal olarak etkilemektedir.

Bütün fosil yakıtlı termik santralleri kaldırıp, yenilenebilir enerji santralleri ve depolama ile ikame etmek istense ve bu dönüşümün yüksek maliyetine katlanılması göze alınsa da teknolojinin buna henüz hazır olmadığı ve kısa ve orta vadede hazır olamayacağı görülmektedir. Böyle bir durumda uygun modelin arz güvenliğini önceliklendirerek yenilenebilir enerjiden mümkün olan en üst seviyede faydalanılabilecek şekilde dengeli bir profil çizmek ve talebi karşılamak için dengeleyici fosil yakıt, nükleer gibi kaynakları değerlendirmek gibi bir model olması gerekmektedir.

Bu nedenle doğal olarak yenilenebilir enerji potansiyelimizden maksimum seviyede faydalanmak önceliği gözetilmekte olup fosil yakıtların da çevre mevzuatlarına uyumlu şekilde elektrik sisteminde bulunmasının Türkiye'nin arz güvenliğine büyük katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte, enerjide dışa bağımlılık oranının ve enerji ithalatından kaynaklı maliyetlerin azaltılması, ülkemizdeki ortalama elektrik üretim maliyetinin düşürülmesi ve artan elektrik enerjisi ihtiyacının güvenilir bir şekilde karşılanabilmesi için hızlı bir şekilde büyük ölçekli rüzgar ve güneş kurulu gücünün devreye alınması ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çerçevede, TEİAŞ tarafından daha fazla miktarda kesintili yenilenebilir kaynak için bağlantı izni verilmesi ihtiyacı doğmaktadır.

2.1.2.5.5 Yenilenebilir Enerji Destek Mekanizmaları

Yenilenebilir Enerji Destek Mekanizması (YEKDEM) kapsamında Türkiye, rüzgar, güneş, biyokütle, hidro ve jeotermal dahil olmak üzere yenilenebilir enerji santralleri için tarife garantisi sunmaktadır. Tesis bileşenlerinin Türkiye'de üretilmesi durumunda ek destek sağlanmaktadır.

Türkiye, yenilenebilir elektriği, on yıl boyunca istikrarlı bir getiri sağlayan Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kapsamında bir tarife garantisi (FiT) sistemi aracılığıyla desteklemektedir. Planın bir parçası olarak, yenilenebilir elektrik üretimi için yerli olarak üretilen ekipmanın kurulumu için ek primler vardır. Daha yakın zamanlarda, hükümet daha büyük yenilenebilir enerji kurulumları için rekabetçi ihaleler başlatmış ve dağıtılmış güneş enerjisi kurulumları için ödeme planını revize etmiştir (IEA Turkey-EPR, 2021).

Türkiye bazında Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) belirlenerek gerekli teknik ve idari altyapı çalışmalar yapıldıktan sonra belirlenen alanları YEKA ilan edilmektedir. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği çerçevesinde YEKA Kullanım Hakkı Yarışmaları düzenlenmektedir. Bu kapsamda Yatırım ortamını iyileştirmek, süreçlerin yalın olmasını sağlamak, yenilenebilir yatırımcılarının uygulamada karşılaştıkları sorunları tespit etmek ve alınması gereken önlemler konusunda ilgili kurum/kuruluşlar ile işbirliği yapılarak ve koordinasyon sağlanarak projeler hazırlanması ve yürütülmesi ile yenilenebilir enerji alanında uygulamaların çoğalmasını arz edilmektedir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynakları potansiyellerinin belirlenmesi, tanıtılması ve azami yararlanılması yönünde çalışmalar yapılması için kaynak bazında yenilenebilir enerji potansiyeli atlaslarının coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak geliştirilerek güncel tutulması sağlanmaktadır (ETKB-YEGEM,2022).

YEKA modeli sayesinde Ar-Ge'si, üretimi ve yayılımı ile güçlü bir güneş enerjisi ekosistemi kurulmuştur. Orta Doğu ve Avrupa'nın ilk ve tek entegre fotovoltaik modül üretim tesisi ve buna ilave olarak yıllık toplam 6 GW kapasiteli üretim tesisleri ülkemizde yer almaktadır. Benzer şekilde güçlü bir rüzgâr enerjisi ekosistemi de oluşturulmuştur. Yeni YEKA ihaleleri ve öztüketim uygulamaları ile sektör büyümeye devam etmektedir (ETKB-YEGEM,2022).

Anlık talebi kesintisiz, sürekli, sürdürülebilir ve katlanılabilir maliyetlerle karşılamak elektrik sektörünün öncelikli görevidir. Bu nedenle enerji arz güvenliğinin temin edilmesi noktasında enerjide olabildiğince kaynak ve teknoloji çeşitliliği sağlayarak dengeli ve yedekli bir elektrik enerji sistemi dizaynı sektörün güvenliği ve devamlılığı açısından elzemdir (ETKB-YEGEM,2022).

Arz güvenliğini sağlarken elektrik maliyetlerini ve elektrik üretimi için kullanılan yakıtların yurt dışına bağımlılığı en düşük seviyede tutmak temel beklentidir. Yerli kaynak ve teknoloji kullanmak bağımlılığı azaltmanın öncelikli çözüm yoludur. Ayrıca elektrik sektörü arz güvenliği ve ithalat bağımsızlığı ile uğraşırken geleceği şekillendirmek ile de mükelleftir (ETKB-YEGEM,2022).

Enerji politikaları oluşturulurken de bu esaslar doğrultusunda bir yaklaşım gerçekleştirilmektedir. Bu doğrultuda elektrik üretimine dair modeller arz güvenliğini sağlamak, enerji maliyetlerini ve dışa bağımlılığı mümkün olan en alt seviyede tutmak ve küresel eğilimlerin ulusal yansımalarına dair gereğini yapmak görevlerini karşılayan şekilde tasarlanmaktadır (ETKB-YEGEM,2022).

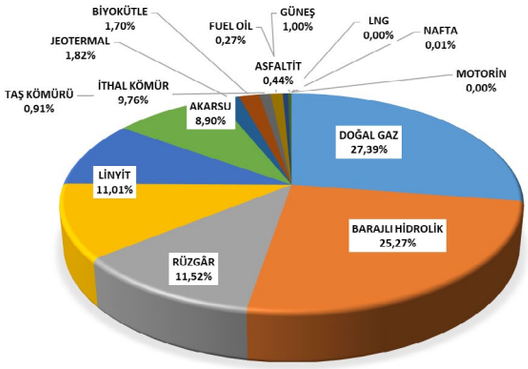
Yenilenebilir enerjisine dayalı EPDK'ya yapılan ön lisans başvuruları ile lisanssız üretim başvurularına ait Teknik değerlendirme görüşlerinin daha hızlı bir şekilde oluşturulması sağlanmaktadır. Teknik değerlendirmesi yapılmış ön lisanslı ve lisanslı projeler için teklif edilen imar planları, koordinat değişikliği, kapasite artışları, santral sahası değişikliği ve türbin teknik özellikleri ile ilgili değişiklik talepleri hakkında uygunluk yazıları düzenlenerek görüşler sunulmakta böylece sürecin aksamasına engel olunmaktadır. Aynı zamanda yenilenebilir enerji tesislerinin kurulabilmesi için alınması gereken imar planı ile ÇED sürecindeki izinler için görüşler oluşturulmaktadır.

2.1.2.6 Türkiye'de Elektrik Sektörü

Türkiye'de elektrik talebi 2000'li yıllardan sonra giderek artan bir trend göstermiştir. EPDK'nın Ocak 2022 tarihli yayınladığı bültende (Şekil-42) toplam kurulu güç ve toplam üretim miktarları kaynaklarına göre görülmektedir.

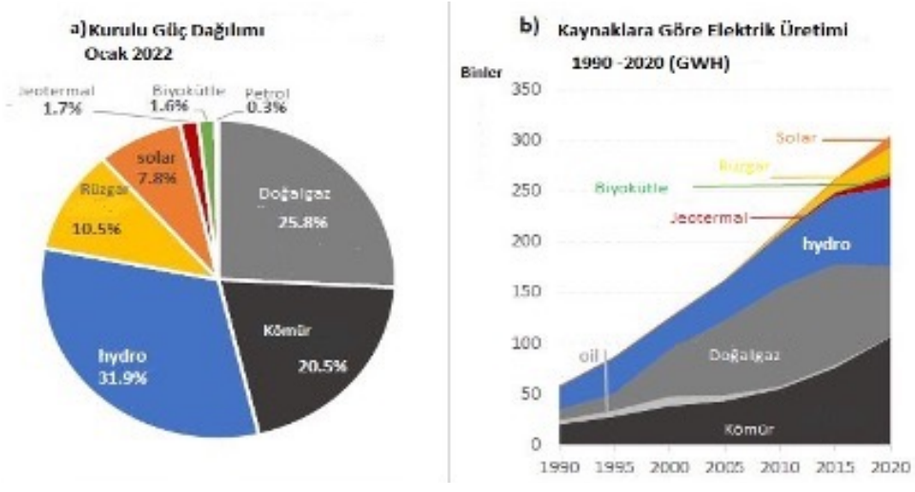
KAYNAK TÜRÜ	2021 OCAK		2022 OCAK		DEĞİŞİM (%)
	KURULU GÜÇ (MW)	ORAN (%)	KURULU GÜÇ (MW)	ORAN (%)	
DOĞAL GAZ	25.654,26	28,71	25.233,15	27,39	-1,64
BARAJLI HİDROLİK	22.933,89	25,67	23.280,27	25,27	1,51
RÜZGÂR	8.936,54	10,00	10.609,77	11,52	18,72
LİNYİT	10.119,92	11,33	10.142,52	11,01	0,22
İTHAL KÖMÜR	8.986,85	10,06	8.993,80	9,76	0,08
AKARSU	8.051,26	9,01	8.203,72	8,90	1,89
JEOTERMAL	1.623,94	1,82	1.676,17	1,82	3,22
BİYOKÜTLE	1.061,57	1,19	1.568,87	1,70	47,79
GÜNEŞ	445,85	0,50	921,57	1,00	106,70
TAŞ KÖMÜRÜ	810,77	0,91	840,77	0,91	3,70
ASFALTİT	405,00	0,45	405,00	0,44	0,00
FUEL OİL	305,93	0,34	251,93	0,27	-17,65
NAFTA	4,74	0,01	4,74	0,01	-0,08
LNG	1,95	0,00	1,95	0,00	0,00
MOTORİN	1,04	0,00	1,04	0,00	0,00
TOPLAM	89.343,51	100,00	92.135,26	100,00	3,12

Şekil 42: *2022 Yılı Ocak Ayı Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı Ve 2021 Yılı Ocak Ayı Değeriyle Karşılaştırılması (MW-%) (EPDK- Elektrik Piyasası Sektör Raporu, 2022)*



Şekil 43: *2022 Yılı Ocak Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı (%) (EPDK- Elektrik Piyasası Sektör Raporu, 2022)*

Kurulu güç analizi için TEİAŞ Ocak 2022 değerlerine bakıldığında, Türkiye, Şekil 44 ’te gösterildiği gibi elektrik üretimi için 99 GW’lık kurulu güce sahip olduğu görülmektedir. Mevcut elektrik üretim kapasitesinin yarısından fazlası, çoğunlukla hidroelektrik olmak üzere yenilenebilir enerjiden gelmekte olup, Türkiye elektrik üretim kapasitesinin 1/3’üne ve Türkiye’de üretilen tüm elektriğin %25’ine tekabül etmektedir. Yenilenebilir enerji payı son on yılda, özellikle jeotermal, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir kaynakları açısından



Şekil 44: *a) Ocak 2022 itibari ile elektrik üretimi için kurulu güç kapasitesinin dağılımı, b) 1990-2020 yılları arasında elektrik üretiminin 5 yıllık aralıklarla kaynaklarına göre dağılımı (TEİAŞ Aylık ÜRetim Tüketim Tabloları, 2022)*

artış göstermiştir.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. TEİAŞ, yayımladığı 2022 Ocak tarihli aynı raporda, Ocak ayı sonu itibariyle Türkiye’de kurulu güç 99.734 MW seviyesine gelirken toplam santral sayısı da 10.549 olmuştur (TEİAŞ,2022). Yenilenebilir enerji kurulu gücü de 10.119 santralle bir önceki aya göre 160,3 MW artarak 53787 MW‘a yükselirken yenilenebilir santraller toplam kurulu gücün %53,93‘nü oluşturduğu,

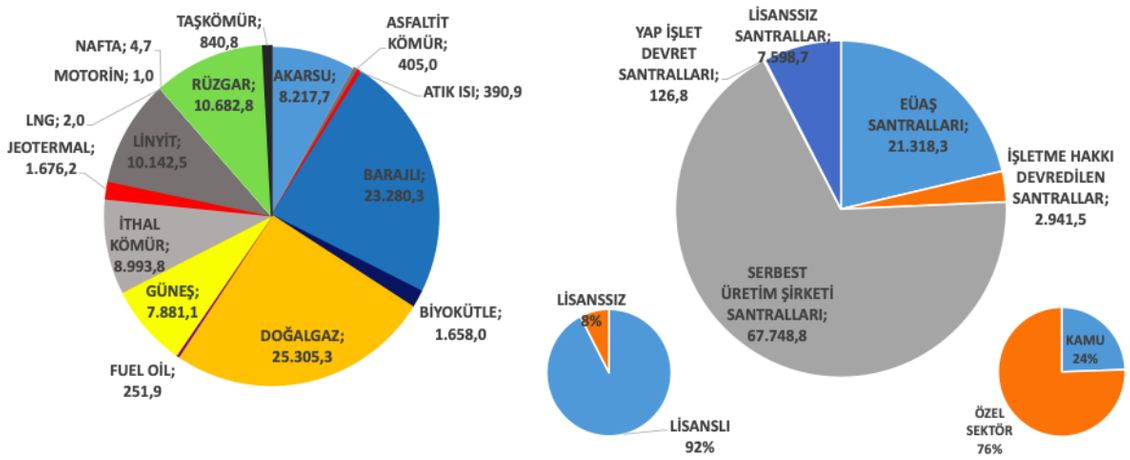
- Güneş enerji santrallerinin kurulu gücü de 65,5 MW’lık bir artış ile 7881,1 MW seviyesine yükseldi. Toplam güneş enerji santral sayısı da 217 artarak 8482 MW olduğu,
- Güneş enerji kurulu gücü toplam kurulu gücün %7,9’u olurken, rüzgar enerji kurulu gücünün toplam kurulu güçteki oranı da %10,71 olduğu,
- Toplam kurulu güçte ilk sırada 25305,3 MW ile doğalgaz yer alırken, onu 23280,4 MW ile hidroelektrik santralleri takip ettiği,

- Fosil yakıtlı santrallerin kurulu gücü de 2022 yılı Ocak ayı sonu itibariyle 45947 MW yani toplam kurulu güce oranı %46,06 seviyesine geldiği

aşağıdaki grafiklerde gösterilmektedir.

BİRİNCİL KAYNAKLARA GÖRE SANTRAL ADETLERİ VE KURULU GÜÇ		
BİRİNCİL KAYNAK	SANTRAL ADEDİ	KURULU GÜÇ (MW)
AKARSU	604	8.217,7
ASFALTİT KÖMÜR	1	405,0
ATIK ISI	94	390,9
BARAJLI	141	23.280,3
BİYOKÜTLE	380	1.658,0
DOĞALGAZ	351	25.305,3
FUEL OİL	9	251,9
GÜNEŞ	8.482	7.881,1
İTHAL KÖMÜR	15	8.993,8
JEOTERMAL	63	1.676,2
LİNYİT	47	10.142,5
LNG	1	2,0
MOTORİN	1	1,0
NAFTA	1	4,7
RÜZGAR	355	10.682,8
TAŞKÖMÜR	4	840,8
TOPLAM	10.549	99.734,0

Şekil 45: *Yıllar itibari Türkiye kurulu gücünün üretici kuruluş payı (TEIAŞ 2022)*



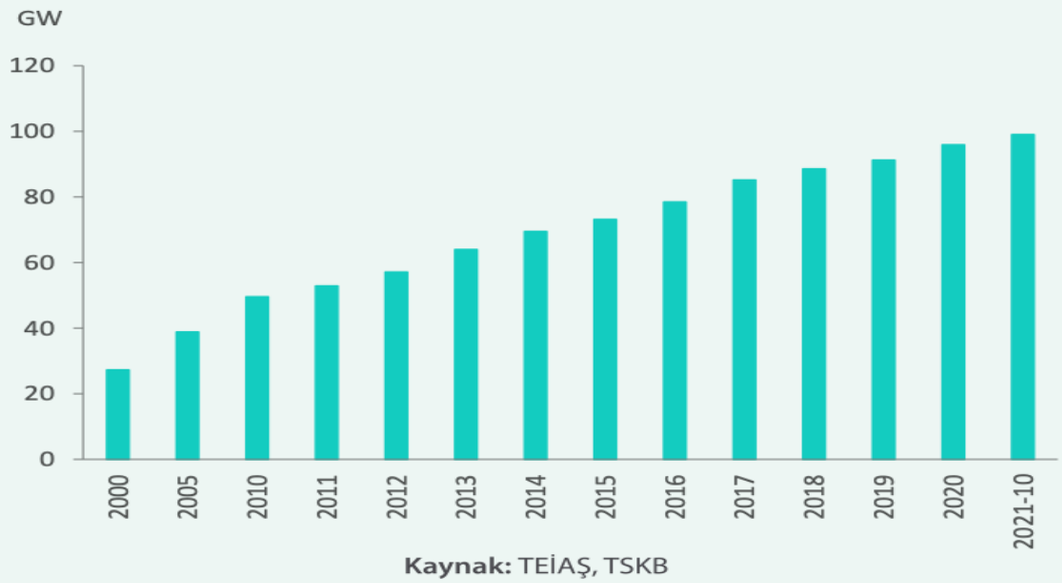
Şekil 46: *Yıllar itibari Türkiye kurulu gücünün üretici kuruluş payı (TEİAŞ 2022)*

Birincil enerji kaynaklarına göre mevcut kurulu gücün dağılımına bakıldığında rüzgar, hidrolik ve güneşte son 10 yılda büyük bir artış kaydedilmesine rağmen termik santraller yaklaşık % 50 ile (kömür ve doğalgaz yaklaşık %43'lük bir oran sahiptir) birinci sırayı almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam üretimdeki payı 2010 yılında yaklaşık %35 iken yapılan yatırımlarla birlikte bu rakam 2020 yılında %51'e çıkmıştır. 2020 yılında toplam 49,6 GW'a ulaşan yenilenebilir enerji kaynaklı gücün, %63'ü hidrolektrik santrallerden, %18'i rüzgar enerji santrallerinden ve %13'ü ise güneş enerji santrallerinden oluşmaktadır (Şekil-47). 2020 yılında Türkiye'de ilk kez yenilenebilir enerji kaynakları toplam kurulu gücü, termik santrallerin toplam kurulu gücünden fazla olmuştur. Bunun yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynakları toplam kurulu gücündeki artış oranı termik santrallerin kurulu güç oranındaki artış hızından daha yüksektir.

BİRİNCİL KAYNAKLARA VE KURULUŞLARA GÖRE KURULU GÜÇ (MW)						
BİRİNCİL KAYNAK	EÜAŞ SANTRALLARI	İŞLETME HAKKI DEVREDİLEN SANTRALLAR	SERBEST ÜRETİM ŞİRKETİ SANTRALLARI	YAP İŞLET DEVRET SANTRALLARI	LİSANSSIZ SANTRALLAR	TOPLAM
AKARSU	59,6	658,3	7.459,1	26,8	14,0	8.217,7
ASFALTİT KÖMÜR	0,0	0,0	405,0	0,0	0,0	405,0
ATIK ISI	0,0	0,0	164,9	0,0	226,0	390,9
BARAJLI	13.823,0	913,1	8.444,2	100,0	0,0	23.280,3
BİYOKÜTLE	0,0	0,0	1.568,9	0,0	89,1	1.658,0
DOĞALGAZ	4.993,3	0,0	20.074,9	0,0	237,1	25.305,3
FUEL OİL	0,0	0,0	251,9	0,0	0,0	251,9
GÜNEŞ	0,0	0,0	921,6	0,0	6.959,5	7.881,1
İTHAL KOMUR	0,0	0,0	8.993,8	0,0	0,0	8.993,8
JEOTERMAL	0,0	15,0	1.661,2	0,0	0,0	1.676,2
LİNYİT	2.424,0	1.355,0	6.363,5	0,0	0,0	10.142,5
LNG	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0
MOTORİN	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
NAFTA	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	4,7
RÜZGAR	17,4	0,0	10.592,4	0,0	73,1	10.682,8
TAŞKÖMÜR	0,0	0,0	840,8	0,0	0,0	840,8
TOPLAM	21.318,3	2.941,5	67.748,8	126,8	7.598,7	99.734,0

Şekil 47: *Birincil kaynaklara ve kuruluşlara göre kurulu güç (TEİAŞ 2022)*

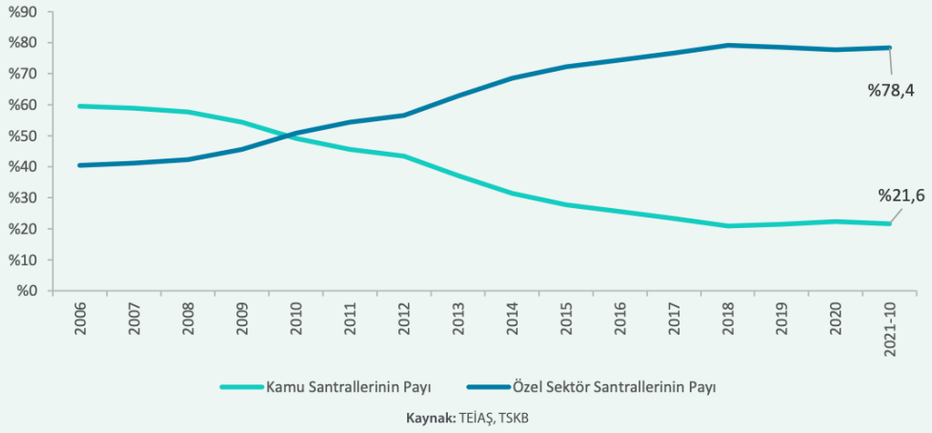
Kurulu güç 2020 yılında yaklaşık dört kat artış göstererek 95,9 GW değerine ulaşmış, 2021 yılı Ekim ayı sonunda da 99,1 GW seviyesine ulaşmıştır (TKSB EGR 2021, TEİAŞ 2022). Bu artıştaki en önemli unsurlardan biri de son 10 yılda yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen teşvik mekanizmalarıdır. Son 10 yılda toplam kurulu güç net artış ortalaması yaklaşık 4,5 GW olmuştur. Son 20 yılda elektrik talebi yıllık artış oranı ortalaması %4,7 iken bu değer toplam kurulu güçte % 6,4 olarak görülmüştür.



Şekil 48: *Yıllar itibari ile elektrik kurulu güç gelişimi, (TKSB 2021, TEİAŞ 2022)*

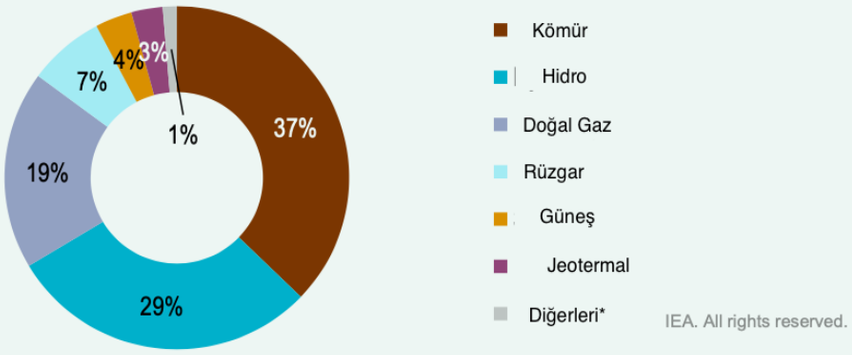
2010-2020 yılları arasında Türkiye kurulu gücünün kamu ve özel sektöre göre dağılımı ele alındığında son 10 yılda özel sektörünün payının artışı öne çıkmaktadır.

Türkiye elektrik piyasasının serbestleşmesi ile birlikte yapılan özelleştirme hamleleri ile serbest üretim şirketlerinin toplam kurulu güçteki payı %67'e ulaşmıştır (Şekil-49). Elektrik Üretim A.Ş'nin sahip olduğu santraller ise toplam kurulu gücün yaklaşık % 22'sini oluşturmaktadır ve bu payın 2/3'ü hidroelektrik santrallerdir.

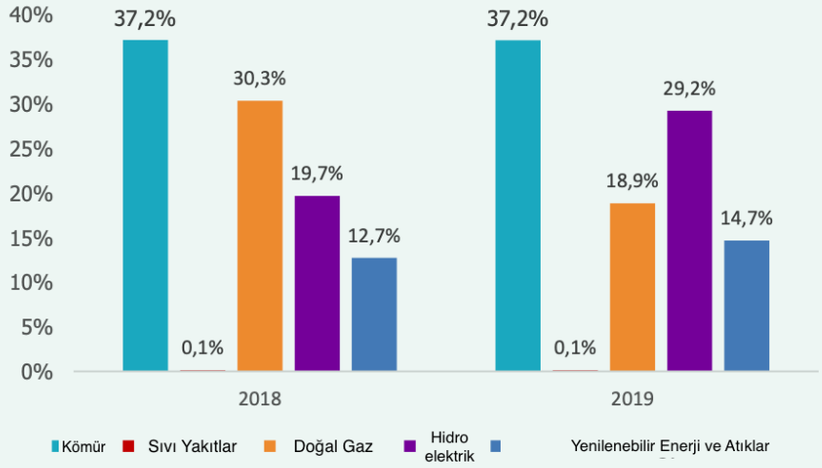


Şekil 49: *Yıllar itibari Türkiye kurulu gücünün üretici kuruluş payı (TEİAŞ 2020,TKSB 2021)*

2022'den geriye doğru gittiğimizde, elektriğin 2018'de toplam nihai tüketimin %21'ini oluşturduğunu ve tüm sektörlerde artan talep ile petrol ve gazdan sonra üçüncü en büyük enerji kaynağı olduğunu görmekteyiz. Elektrik üretimine genel olarak hakim olan fosil yakıtlardır, ancak 2019 yılında hidroelektrik kendi payını %29'a çıkarırken, kömür ve doğal gazın toplamdaki payının %56 olduğu görülmüştür (Şekil-50) (IEA Turkey-EPR 2021). 2019 yılında elektrik üretiminin üçte birinden fazlasını oluşturan kömür enerjisi de son yıllarda hızla artarak son on yılda elektrik üretimindeki toplam büyümenin yaklaşık yarısına katkıda bulunmakla birlikte, rüzgar enerjisi gibi diğer yenilenebilir kaynaklar da artmakta ve bu da doğal gazın payında keskin bir düşüşe neden olmaktadır.



Şekil 50: *Kaynağına göre elektrik temini,Türkiye,2019,*
**Diğerleri ifadesi petrol, bioenerjiyi içerir (IEA-2020a, IEA World Energy Statistics and Balances).*



Şekil 51: *Enerji kaynaklarına göre elektrik üretimi ve paylaşımı, 2018-2019 (TEİAŞ Elektrik İstatistikleri 2021, TÜİK 2021).*

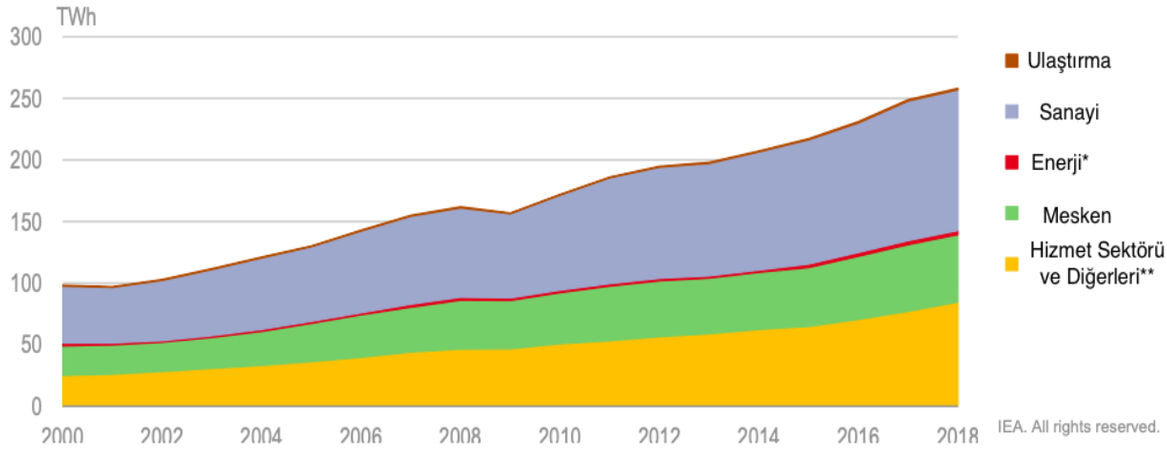
Toplam yakıt yanmasında kamu elektriği ve ısı üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları 2019 yılında %41,0, hatta 1990 yılında %24,4 olmuştur. 2018 yılında 148 992 kt olan CO_2 emisyonları 2019 yılında 138 273 kt'a gerilemiştir. Diğer bir deyişle yakıt tüketimindeki azalma %11,8 ve CO_2 emisyonlarındaki azalma ise %7,2 olmuştur. Yakıt tüketimindeki düşüşün emisyonlardaki düşüşten daha fazla olmasının temel nedeni, kömür payının sabit kaldığı 2019 yılında doğal gazın elektrik üretimindeki payının (%18,85) bir önceki yıla göre (%30,3) azalmasıdır. Fosil yakıtlı termik santrallerden elektrik üretimindeki %17,2'lik düşüşe rağmen, 2018'den 2019'a hidroelektrik santrallerinden elektrik üretimindeki %48,2'lik artış baskın olarak toplam brüt elektrik tüketiminde sadece %0,3'lük bir düşüş sağladığı görülmektedir.

2.1.2.6.1 Elektrik Tüketimi

2018 yılında Türkiye'nin toplam nihai elektrik tüketimi 258 TWh olmuştur. Söz konusu toplam talebin %44'ü ile sanayi sektörü hakim olurken, onu %33 ile hizmetler ve %21 ile konut tüketimi izlemiştir. (Şekil-52). Geri kalanlar, enerji endüstrilerinde ve ulaşımda kullanılan küçük paylardır.

Elektrik tüketimi, küresel mali krizin ardından 2009 yılındaki küçük bir düşüş dışında, 2000 yılından bu yana istikrarlı bir şekilde artmıştır. 2008'den 2018'e kadar olan on yılda, elektrik talebi %60 artmıştır (ETKB,2022). En hızlı büyüme, dönem içinde %82 oranında artan hizmetler sektöründe olmuştur (genel ekonomik büyüme ve ekonomide daha fazla hizmete geçişin etkisiyle), ancak diğer büyük sektörlerde de %58 ile önemli bir büyüme yaşanmıştır. sanayi ve konut tüketiminde %38 (kısmen, cihazlardan gelen artan tüketimden kaynaklanmaktadır).

Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2018 yılında bir önceki yıla göre %2,2 artarak 304,2 milyar kWh, elektrik üretimi ise bir önceki yıla göre %2,2 oranında artarak 304,8 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 52: *Sektörlerine göre elektrik tüketimi (IEA -2021,ETKB 2022).*

** Enerji petrol rafinerilerini, kömür madenlerini ve petrol çıkarma proseslerini kapsamaktadır.*
*** Hizmetler kamu ya da diğer ticari hizmetleri, tarım ve ormancılığı kapsar.*

Elektrik tüketimi, başta sanayi ve hizmetler olmak üzere tüm büyük sektörlerde hızlı büyüme ile 2008'den 2018'e yaklaşık %60 artmıştır (IEA Turkey-EPR 2021).

Tüketici taleplerinin tam zamanlı karşılanması doğrultusunda gelişen mevcut enerji sistemi ve altyapısı; akıllı şebekeler, yapay zeka, nesnelerin interneti gibi teknolojik gelişmelerin etkisiyle değişim ve gelişim göstermekte olup, bu değişim ve gelişim, elektrifikasyonun her alanda hızlı bir şekilde büyüdüğü günümüzde, önemini ve etkisini giderek artırmaktadır (TSKB,2021). Elektrifikasyon pek çok alanda hızlı bir gelişme kaydederken, elektrik sistem altyapısının sağlamlığı ve güvenilirliği giderek daha fazla önem kazanmaktadır ve ülkemizde olduğu üzere, gün genelinde elektrik talebinin dalgalı seyir göstermekte olması ve söz konusu dalgalı seyri azaltmak amacıyla çeşitli Talep Tarafı Yöntemi (TTY) uygulamaları söz konusu olabilmektedir (TKSB).

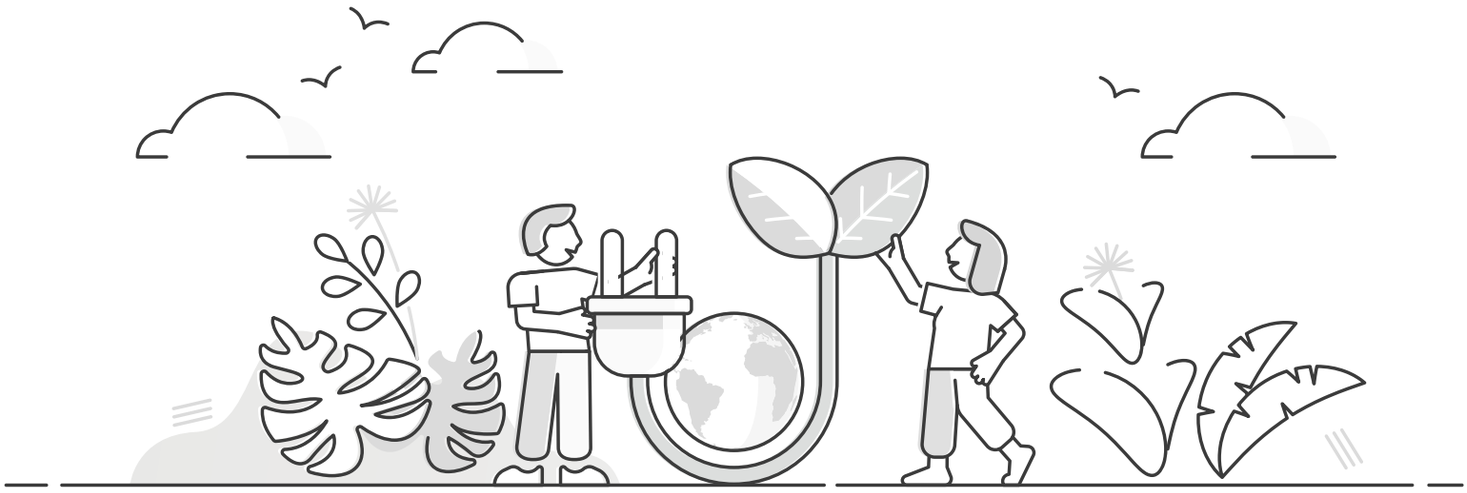
TTY, elektrik sistemi harcamaları ve karbon emisyonlarının azaltılması ile elektrik arz ve talebinin daha düşük seviyede dengelenmesi, elektrik yük eğrisinin yataylaştırılması ve tüketicinin elektrik talebinin değiştirilmesi gibi hedefler içeren bir yaklaşımdır. TTY, söz konusu hedeflere katkıda bulunmak için elektrik tüketimini yönetmeyi ve azaltmayı amaçlayan talep tarafındaki teknolojileri, teşvikleri, eylemleri ve programları kapsamaktadır (TKSB Enerji Görünümü, 2021).

Dolayısıyla, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de elektrik enerjisine olan talep, nüfus ve elekrifikasyonadaki artışa bağlı olarak büyümeye devam etmektedir. Yükselmesi öngörülen elektrik talebi için üretim kapasitesini artırmaya yönelik elektrik üretim santrali yatırımları yapılmaktadır. Talep tarafı yönetimi ("TTY" – demand- side management) ise elektrik arzındaki geleneksel çözümlere alternatif olarak gündeme gelmekte ve farklı yöntemlerle uygulanmaktadır.

İklim değişikliği açısından ise, TTY ile tepe/pik yük kesme ile sisteme verimsiz giriş/çıkışların azalması, sistemin ve santrallerin verimliliğinin artması, üretim kayıplarının azalması beklenmektedir. Bu sayede gereksiz ve verimsiz elektrik üretiminin azalması ve toplam verimliliğin artması hedeflenmektedir. TTY ile elektrik sektörünün yeni yatırım ihtiyacının azalması/ertelenmesi sayesinde sektörün emisyonları düşebilecektir.

Ayrıca sistemdeki yükün yenilenebilir kaynakların üretim yaptığı saatlere kaydırılması ile yenilenebilir enerjinin payında artış izlenmesi mümkün olacaktır. Diğer yandan, kesikli üretimleri sebebiyle dezavantajları bulunan yenilenebilir santrallerin depolama teknolojilerinde kaydedilecek gelişim ile üretim verimleri yükselebilecek ve böylece sistemlerin termik santrallere bağımlılığı azaltılabilecektir.

Dolayısıyla, sanayideki yakma tesisleri/sistemleri de dahil olmak üzere enerji sektörünün küresel karbon emisyonlarının yaklaşık %90'ını oluşturması sebebiyle, sağladığı faydalarla TTY'nin iklim değişikliği kapsamında belirlenen hedeflere ulaşılmasına katkısının artarak sürmesi beklenmektedir.

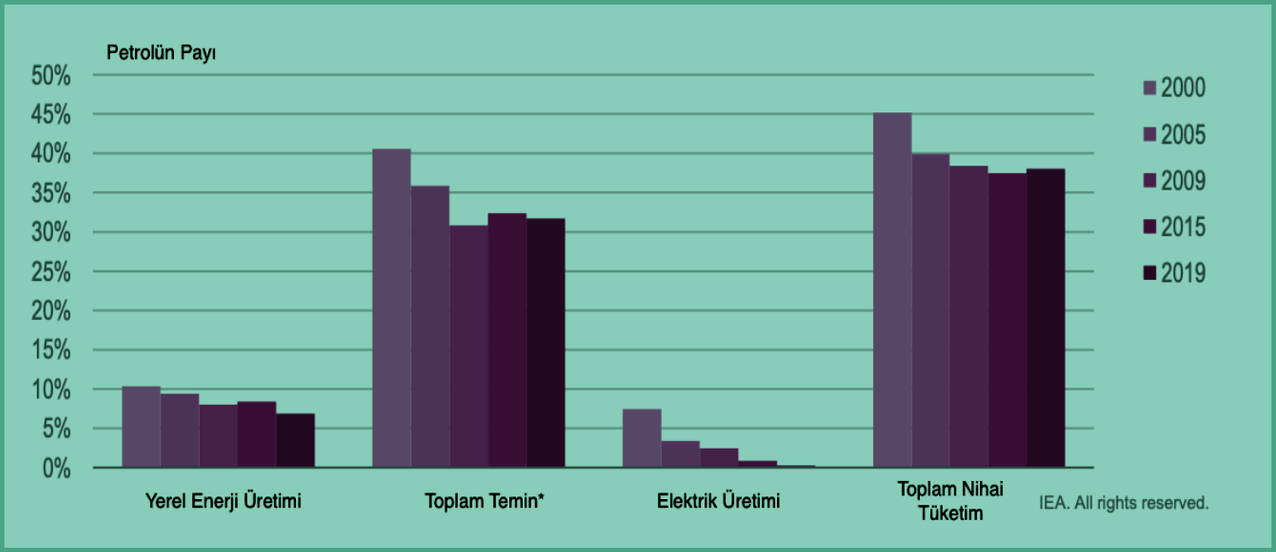


2.1.2.7 Petrol

Petrol, Türkiye'nin toplam nihai tüketiminde (TNT) en büyük enerji kaynağı olmaya devam ederek toplam arzda ikinci en büyük sırayı almaktadır. 2000 yılında petrolün toplam arz içindeki payı %41 iken, TNT %45 idi; paylarsonraki yıllarda nispeten istikrarlı kaldı ve büyüyerek 2009 yılında toplam arzın %31'i ve TNT'nin %38'inden 2019'da toplam arzın %31,7'sine ve 2018'de TNT'nin %38'ine doğru büyümüştür (IEA EPR, 2021).

Türkiye'de en çok petrol tüketilen alan ulaşımdır. Ulaşımda artan enerji talebi sektörü, toplam petrol tüketiminde hızlı bir büyüme sağlamıştır. Özellikle dizel yakıtlar Türkiye'de petrol tüketimine hakimdir. Ulaştırma sektöründe talep azalması ve yakıt değişimi petrol talebinin daha fazla artmasını önlemek için önemli bir adımdır.

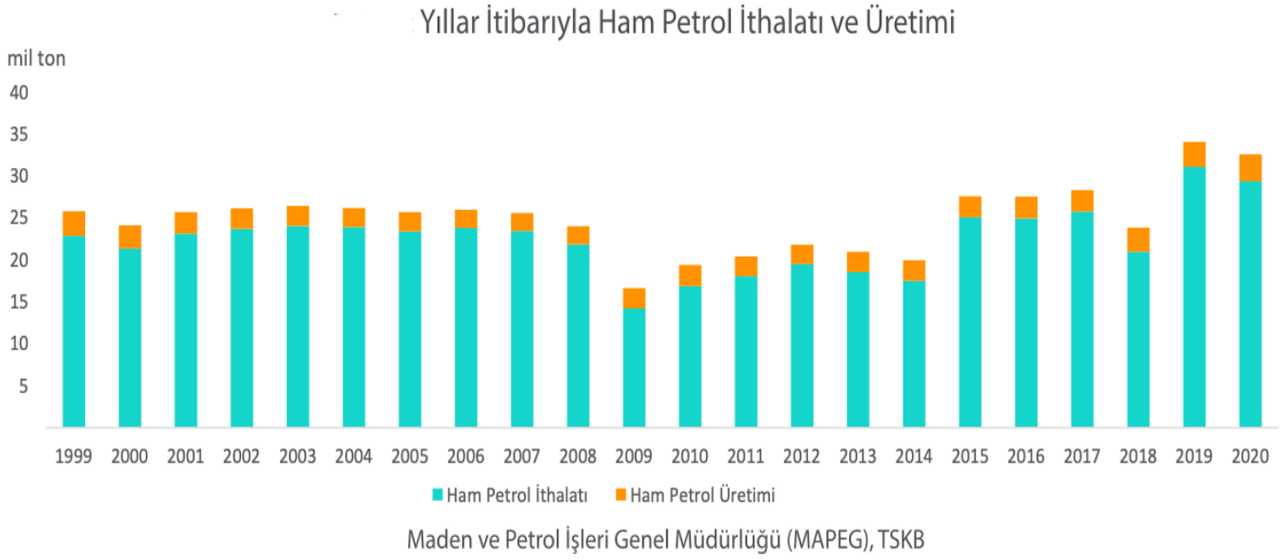
Yerli ham petrol üretimi nispeten küçük olup, Türkiye Petrolleri A.Ş.'nin (TPAO) hakimiyeti altındadır. TPAO, mevcut tüm lisansların çoğunluğuna sahiptir.



Şekil 53: *Toplam arz ve toplam net tüketim oranlarında petrolün payı,Türkiye 2000-2019 (IEA,2021)*

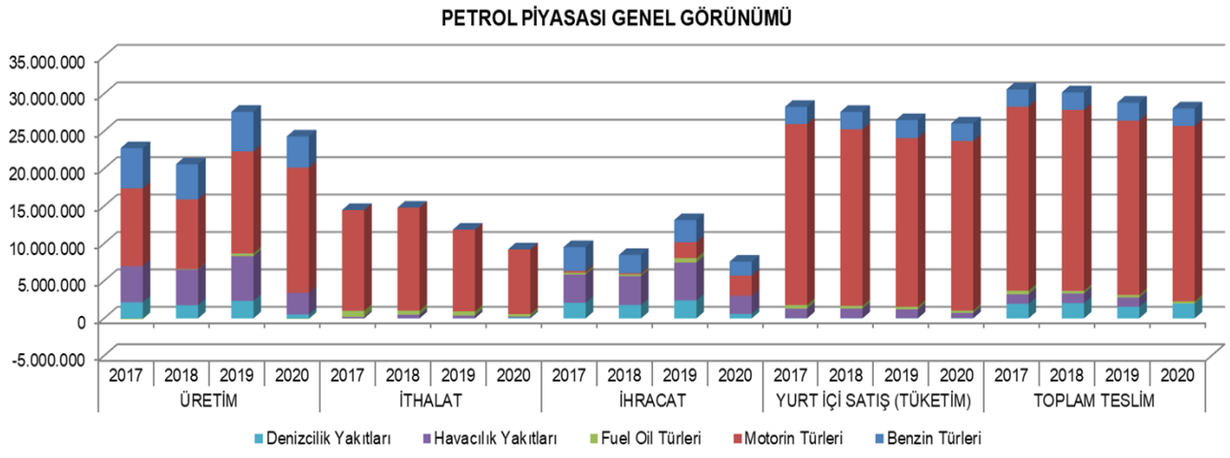
** Toplam arz birincil enerji arzı ve uluslararası bunkerleri kapsar. Toplam arzdaki petrol payı ve TNET 2000'lerden sonra düşmüştür fakat 2009'dan itibaren nispeten stabil kalmıştır.*

Doğal kaynakların sınırlı olması sebebi ile, Türkiye petrol ihtiyacının %90'dan fazlasını ithalat yoluyla karşılamaktadır. Bu durum da dış ticaret açığını besleyen durumlardan biridir (TSKB, 2021). Türkiye'de petrol ithalatının merkezinde rafineriler vardır ve doğal gaz gibi uzun vadeli sözleşmeler söz konusu değildir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'deki rafinerilere ham petrol ithal edilirken uluslararası petrol fiyatları baz alınır ve gemi-tanker nakliye ücretlerinin değişkenliğine göre karlılık durumu değişir (EPDK Petrol Piyasası Sektör Raporu,2021).



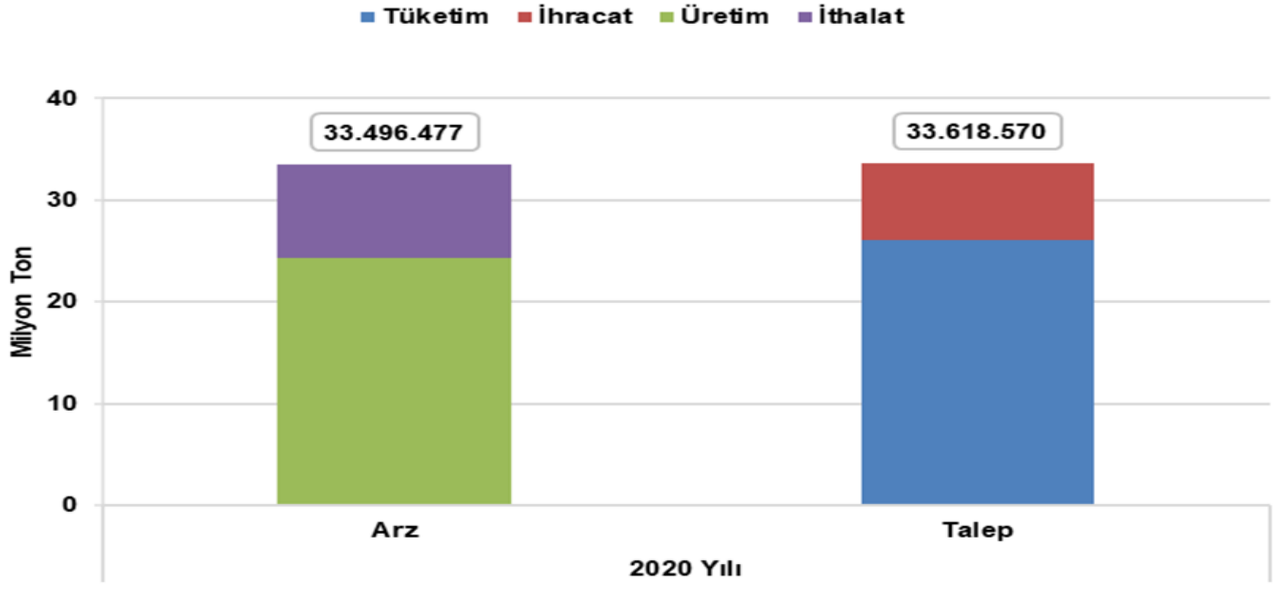
Şekil 54: *Yıllara göre ham petrol ithalatı ve üretimi (TSKB,2021).*

Türkiye'nin ham petrol üretimi artmakta, ancak toplam arzın küçük bir payı olmaya devam etmektedir. Yerel üretim, on yılda %24 artarak 2009'da 48,5 kb/d'den 2019'da 60,3 kb/d'ye yükselmiş olup, net ithalat 2019 yılında toplam ham petrol arzının %91'ini oluşturmuştur (IEA,2021). 2020'den önceki 10 yıllık döneme bakıldığında, ham petrol üretiminin ortalama 2,5 milyon ton seviyesinde olduğu görülmektedir. 2020 yılında ise Türkiye günlük ortalama 61.700 varil ham petrol üretimi gerçekleşmiştir.

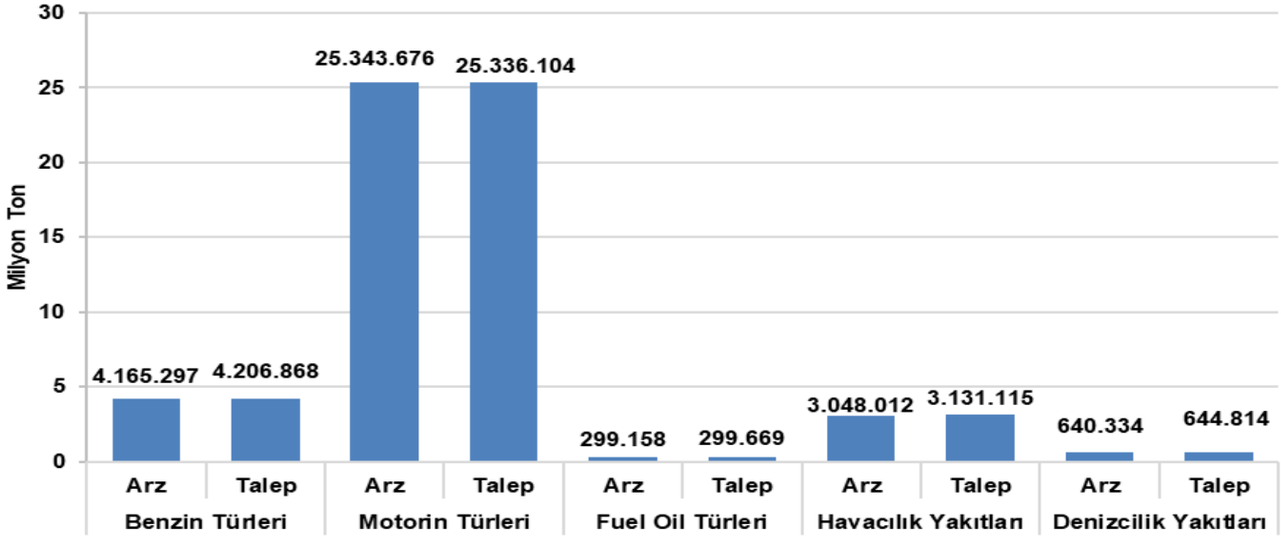


Şekil 55: *Petrol piyasası genel görünümü (EPDK,Petrol Piyasası 2020 Sektör Raporu, 2021).*

İthalatların çoğu geleneksel olarak Ortadoğu'dan gelmektedir. İran, Irak ve Suudi Arabistan, 2018 yılında toplam ithalatın neredeyse dörtte üçünü oluşturmakta idi. Daha sonraki yıllarda ise, Rusya 2019'da ülkenin en büyük ham petrol tedarikçisi olarak %33 ile Irak (%30) ve Kazakistan (%10) takip etmektedir (EPDK,2020). Genel olarak ham petrol üretimi, ithalatı, ihracatı gibi petrol piyasasının genel görünümüne ilişkin grafikler Şekil-55, 56 ve 57'de görülmektedir.



Şekil 56: *2020 yılı arz ve talep dağılımları (EPDK,Petrol Piyasası 2020 Sektör Raporu, 2021)*



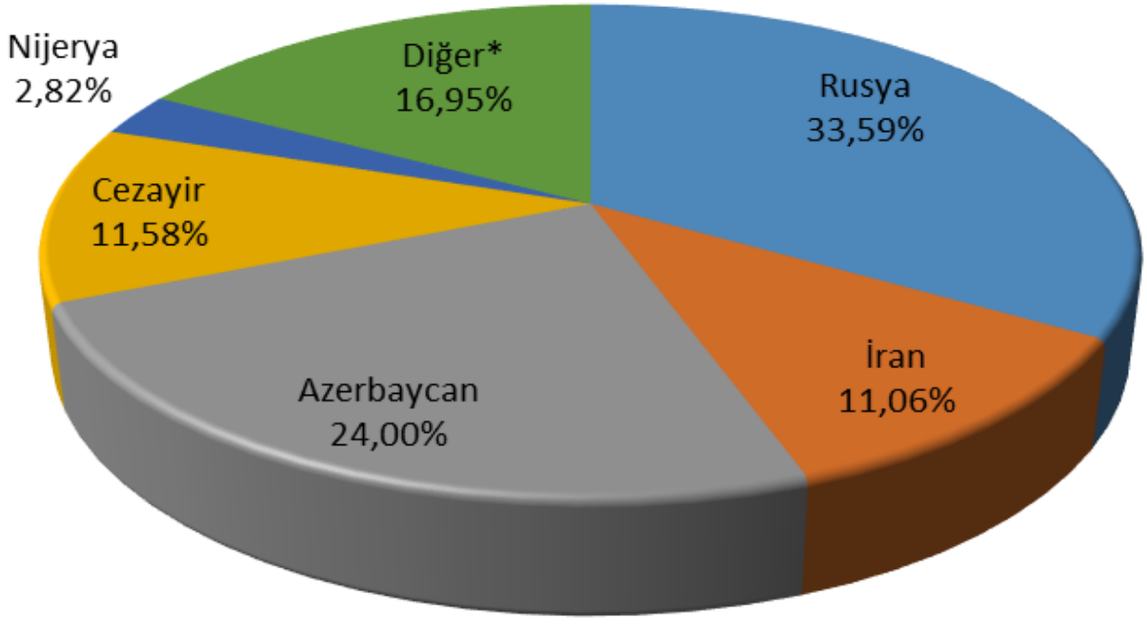
Şekil 57: *2020 yılı arz ve talep miktarlarının türlere göre dağılımları (EPDK,Petrol Piyasası 2020 Sektör Raporu, 2021)*

**Arz ve talep değerleri hesaplamasında 5 ürün türü esas alınmıştır.*
*** Arz-talep dengesinde oluşan fark miktarları, stok değişimlerinden ve bildirimlerde kullanılan yoğunluk değerlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.*

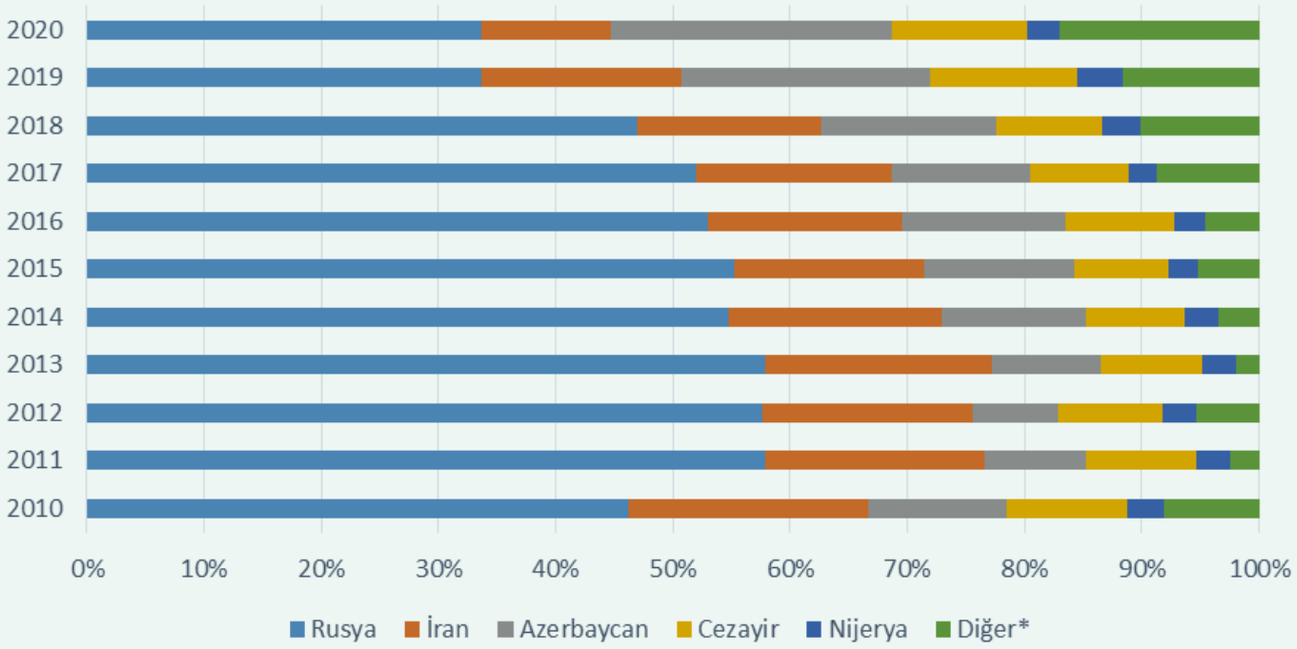
2.1.2.8 Doğal Gaz

Doğal gaz tüketimi nüfus, sanayi ve kentleşme ile doğru orantılı hava sıcaklığı ile ters orantılı bir şekilde büyümektedir (TSKB,2021). Türkiye sınırlı yer altı zenginliği sebebi ile petrole benzer bir şekilde doğal gazda da net ithalatçı konumundadır (EPDK,2021). İthalatın büyük bir kısmı Rusya'dan karşılanmaktadır.

2010-2018 yılları arasında ortalama %54 seviyesinde gerçekleşen Rusya'nın doğal gaz ithalatındaki payının, 2013 yılında %58 seviyesini gördükten sonra 2020 yılına kadar gerilediği izlenmektedir. Türkiye'nin doğalgaz ithalatında Rusya'nın payı, son dönemde yapılan kaynak çeşitlendirme çalışmaları ve Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP) gibi boru hatları projelerinin tamamlanması ile 2019 ve 2020 yıllarında %33,6'ya kadar gerilemiştir. Ancak 2021 yılının ilk 8 ayında artış gösteren talebe bağlı olarak Rusya'dan ithal edilen doğal gazın payı %49 olmuş, 2019 (%36) ve 2020 (%24) yıllarının aynı dönemlerinin üzerinde gerçekleşmiştir (TSKB- Enerji Görünümü, 2021).



Şekil 58: *2020 Yılı Kaynak Ülkeler Bazında Türkiye'nin Doğal Gaz İthalatı(%) EPDK,2021)*



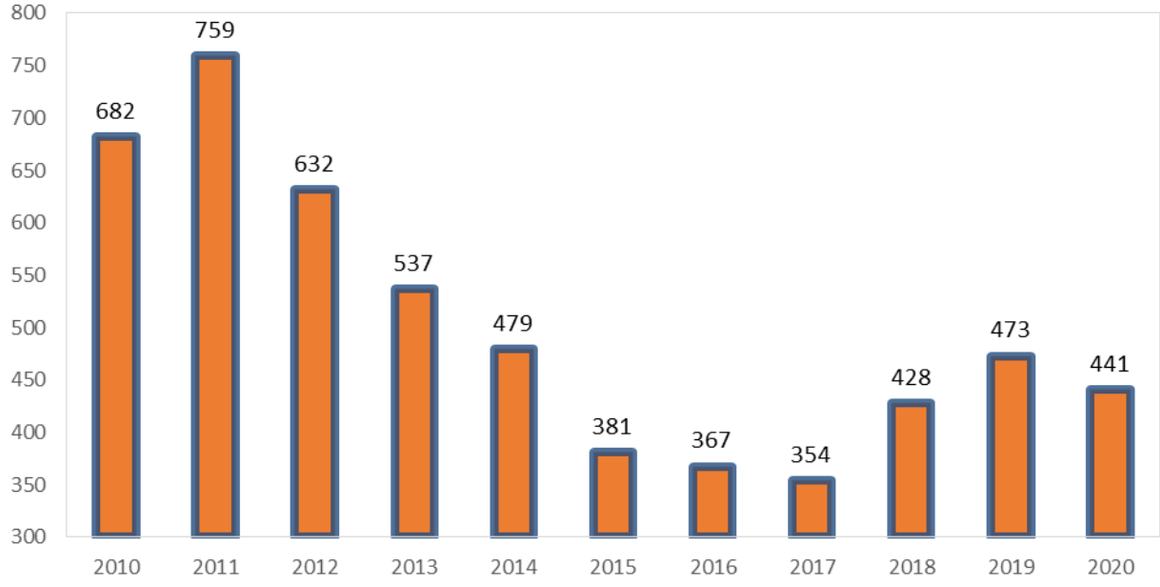
Şekil 59: *2010-2020 Yılları İthalat Kaynakları Payları Değişimi(%) (EPDK,2021).*

1980'lerin başından beri doğal gaz, kömür ve petrol ile Türkiye'nin enerji karışımında ana yakıt haline geldi. Doğal gaz, toplam nihai tüketimde ikinci (TFC), 2018'de %24,2 ve toplam birincil enerji arzında (TPES) 2019'da %25 olarak üçüncü en büyük enerji kaynağıdır (Şekil-60). Doğalgaz, 2019'da toplam elektriğin %18,7'sini oluşturarak, kömürden sonraki en büyük kaynaktır. Ancak, 2019 yılında doğalgazın elektrik üretimindeki payı 2009'a kıyasla %32 düşerken yenilenebilir enerji kaynakları artmaktadır.2008 yılında %36,1 olan gaz yakıtlı üretimin kurulu güç içindeki payı Mayıs 2020 itibariyle %27,1'e düşmüştür.

Akdeniz ve Karadeniz'de olası rezevler hariç, Türkiye'nin kalan üretilebilir yaklaşık 4,2 milyar m3'lük doğal gaz rezervi mevcuttur. 2010-2020 yılları arası yurtiçi doğal gaz üretim miktarı 2020 yılında bir önceki yıla göre %7 oranında azalmıştır (TKSB Enerji Görünümü 2021, EPDK 2021). Toptan satış lisansı sahibi üretim şirketlerince gerçekleştirilen toplam doğal gaz üretim miktarları Şekil-60'ta verilmiştir.

Doğal gaz arama ve üretim faaliyetleri, 6491 sayılı Türk Petrol Kanununa göre Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) tarafından verilen arama ve işletme ruhsatları kapsamında gerçekleştirilmektedir.

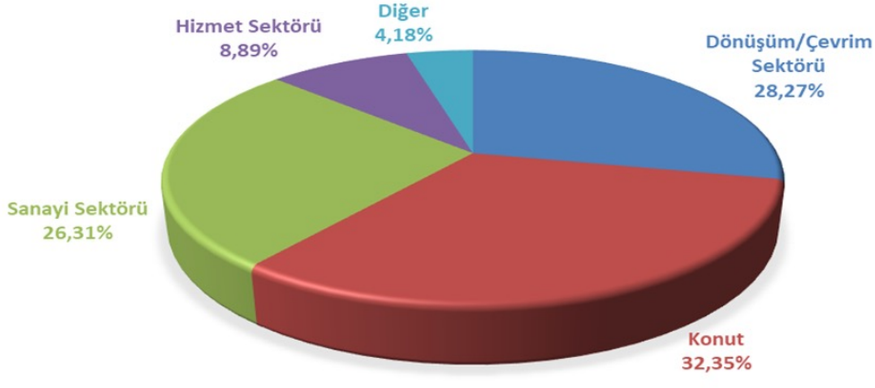
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Karadeniz'deki gazı 2023 itibari ile sisteme dahil etmek için çalışmalarını sürdürmekte olup, 2026 itibari ile de üretimi platoya ulaştırmayı hedeflemektedir. Dışa bağımlılığı önemli ölçüde azaltarak, diğer yandan kesintili yenilenebilir elektriği dengeleyerek daha çok yenilenebilir elektrik üretimi sağlamayı amaçlamaktadır.



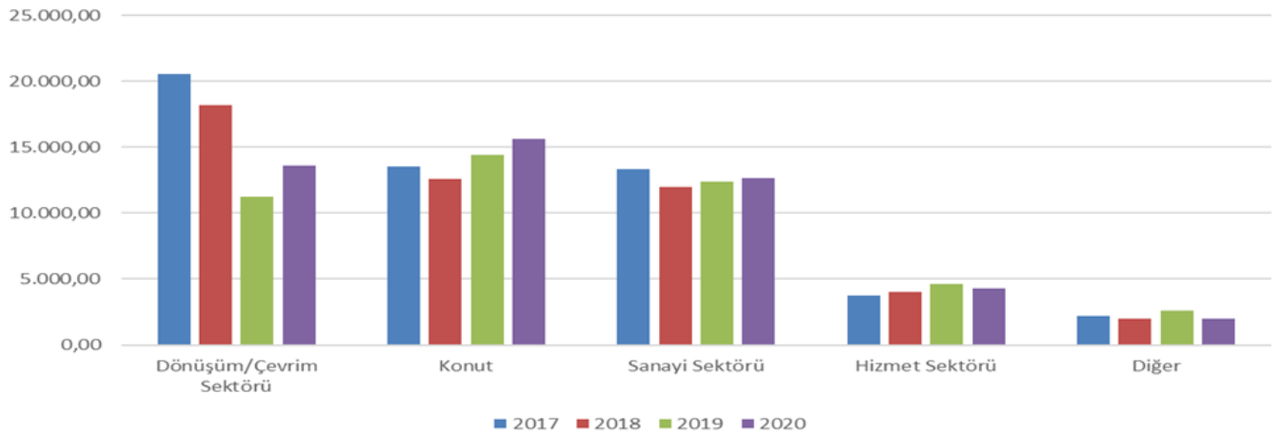
Şekil 60: *2010-2020 Yılları Doğal Gaz Üretim Miktarları (Milyon Sm3) (EPDK,2021)*

Doğalgaz tüketiminde ülkemiz, 2017 yılında 53,9 bcm ile tarihinin en yüksek seviyesini görmüştür. 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla %8,6 ve %8 oranlarında gerileme seyrini sürdüren doğal gaz tüketimi, Covid-19 pandemisine rağmen 2020 yılında %6,6 seviyesinde artış ile 48,3 bcm olarak gerçekleşmiştir (TSKB-Enerji Görünümü, 2021).

2020 yılının sektörel dağılımı yüzde olarak hesaplandığında; konut tüketimi %32,35, elektrik üretimi için tüketim %28,27 ve sanayi tüketimi %26,31 olarak gerçekleşmiştir (EPDK,2021).



Şekil 61: *2020 Yılı Doğal Gaz Sektörel Tüketim Dağılımı (%)*



Şekil 62: *Sektörlere Göre Tüketimin Yıllara Göre Karşılaştırması*

Türkiye'de piyasa reformu için kilit kurum Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'dur (EPDK). EPDK elektrik, doğal gaz, petrol ve LPG için bağımsız düzenleyici kuruluş olup, görevi, tüm pazar segmentlerinin yer aldığı liberal ve rekabetçi bir doğal gaz piyasasının kurulmasını sağlayarak güvence altına almak için düzenleyici önlemler oluşturmak ve uygulamaktır. Ayrıca, iletimleri ve yeraltı depolama tarifelerini yeterli rekabet sağlanana kadar düzenler ve onaylar.

Arz-talep dengesini sağlamak için doğal gaz depolanabilmektedir. Özellikle, talebin yoğun olduğu kış günlerinde yazın depolanan doğal gazın bu tesisler aracılığıyla sisteme geri verilmektedir. Türkiye'nin ilk doğal gaz depolama tesisi Silivri Yer Altı Doğal Gaz Depolama Tesisi'dir. 2,8 milyar metreküplük depolama kapasitesi yapılan çalışmalarla 4,6 milyar metreküpe çıkarılması hedeflenmektedir. Diğer bir tesis ise Tuz Gölü Yer Altı Doğal Gaz Depolama Tesisi olup, orada halen devam eden çalışmalar mevcuttur. Toplamda iki depolama tesisinin kapasitesinin 10 milyar metreküpe ulaşması hedeflenmektedir (Anadolu Haber Ajansı, 2021).

Türkiye'nin ilk sıvı doğal gaz (LNG) depolama ve gazlaştırma tesisi olma özelliğini taşıyan Marmara Ereğlisi LNG Terminali'nde her biri 85 bin metreküp kapasiteli üç ana depolama tankı bulunmakta ve toplam 255 bin metreküp depolama kapasitesine sahip terminalde, kış aylarında yoğunluk artmaktadır.

Doğal gaz, kömür ve petrol ile birlikte Türkiye'nin enerji karışımında önemli bir yakıt olmaya devam etmektedir. 2019 yılında toplam birincil enerji arzının %25'ini oluşturmaktadır. 2000'li yılların başından bu yana Gaz talebi son on yılda %45'lik bir büyüme ile istikrarlı bir şekilde artmıştır, ancak 2019 yılında toplam gaz arzı 2017'de bir önceki zirveden düşmüştür.

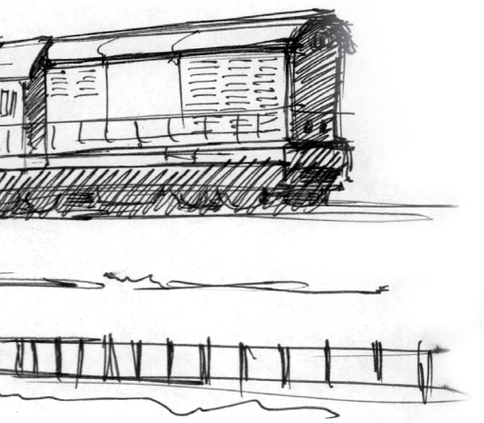
2.1.2.9 Kömür

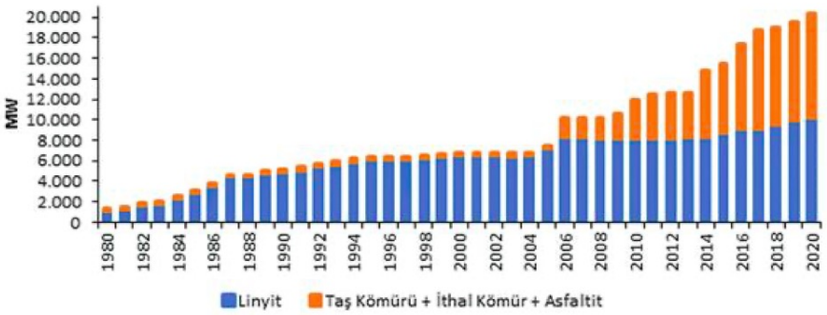
Kömür, 2019 yılında toplam birincil enerji arzının (TEP) %28'ini temsil eden, petrol (%29) ve doğal gazın (%25) hemen arkasından Türkiye'nin üçüncü en büyük birincil enerji kaynağıdır. Kömürün TEP içindeki payı son yıllarda sabit kalmıştır, ancak toplam nihai tüketim (TNT) içindeki tüketimi azalırken, elektrik üretimindeki payı artmıştır (Şekil-63). Türkiye, başta linyit olmak üzere büyük yerli kömür kaynaklarına sahiptir ve kömür üretimi, toplam yerli enerji üretiminin %42'sini oluşturmaktadır (IEA EPR 2021).

Kömür ithalatı, artan talebi karşılamak için son on yılda artmıştır. Kitlesel olarak, yerli kömür üretimi 2019'da toplam kömür arzının %71'ini oluştururken, enerji açısından, yerli üretim TPES'in %42'sini karşıladı. Hükümet, ülkenin enerji ithalatına bağımlılığını sınırlamak için

yerli kömür üretimini daha da artırmak istiyor, bu nedenle hem madencilik hem de yerli kömürden kömürden elektrik üretimi için destek sağlıyor (IEA EPR 2021).

Kömürün Türkiye'nin enerji sistemindeki yüksek payı, ülkedeki sera gazı emisyonlarının önemli bir nedenidir. 2018'de kömür yanması, enerjiyle ilgili CO_2 emisyonlarının %43'ünden sorumluydu ve kömürle ilgili emisyonlar son on yılda yaklaşık %32 artmıştır. Ayrıca, yerli inyit üretimi ve tüketimi, son zamanlarda uygulanan daha sıkı kirlilik kontrollerine rağmen yerel hava kirliliğini artırmaktadır. Türkiye, hem maliyet etkinliğini hem de çevresel etkilerini değerlendirmek için mevcut kömür politikasını değerlendirmelidir (IEA EPR 2021).





1980 ve 2020 Yılları Arasında Türkiye'nin kömürlü termik santral kurulu gücü gelişimi (TEİAŞ, 2021)

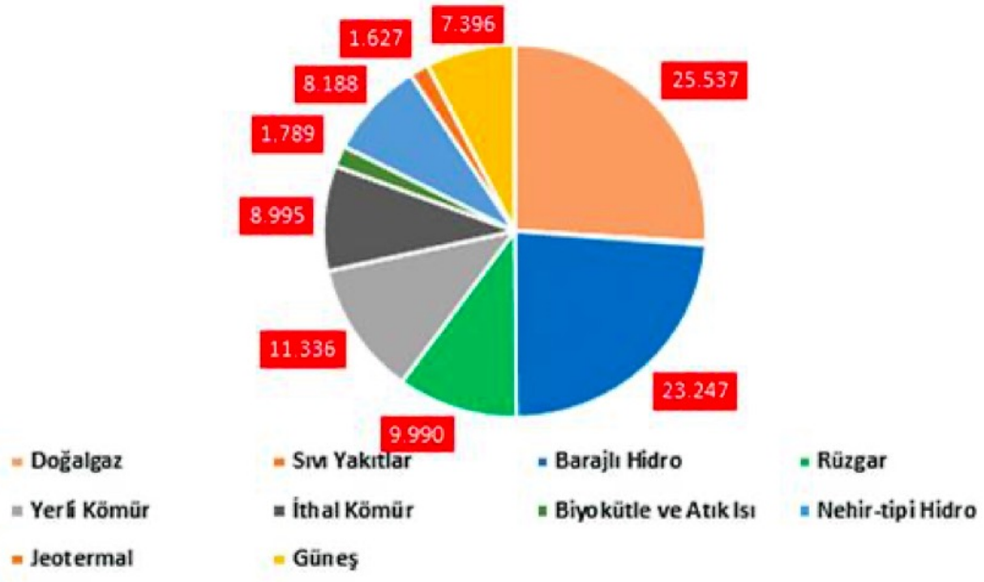
Şekil 63: *Sektörlere Göre Tüketimin Yıllara Göre Karşılaştırması*

2021 yılı Eylül sonu verileri itibariyle ithal kömür kaynaklı kurulu güç 9,0 GW seviyesine yaklaşırken yerli kömür kurulu gücü ise 11,4 GW olarak gerçekleşmiştir. Şekil 66'te de görülebileceği üzere toplam 20,3 GW seviyesindeki kömür kaynaklı kurulu gücü toplam 98,4 GW olan kurulu gücün yaklaşık %21'ini oluşturmaktadır (TEİAŞ Yük Tevzi Bilgi Sistemi, 2021).

Türkiye'de kaynak bazlı yıllık elektrik üretim verilerine Şekil-67'de yer verilmiştir. 1990'lar öncesi ülkedeki elektrik üretim karışımı yoğunlukla yerli kömür ve hidroelektrik kaynaklara dayanmaktaydı. 1980'lerin sonundan itibaren ise yeni yatırımlarla birlikte doğal gaz kaynaklı üretimde önemli artışlar yaşanmıştır. 2000'leri izleyen süreçte ise benzer bir artış ithal kömür santralleri kaynaklı üretimde görülmüştür. Geçtiğimiz

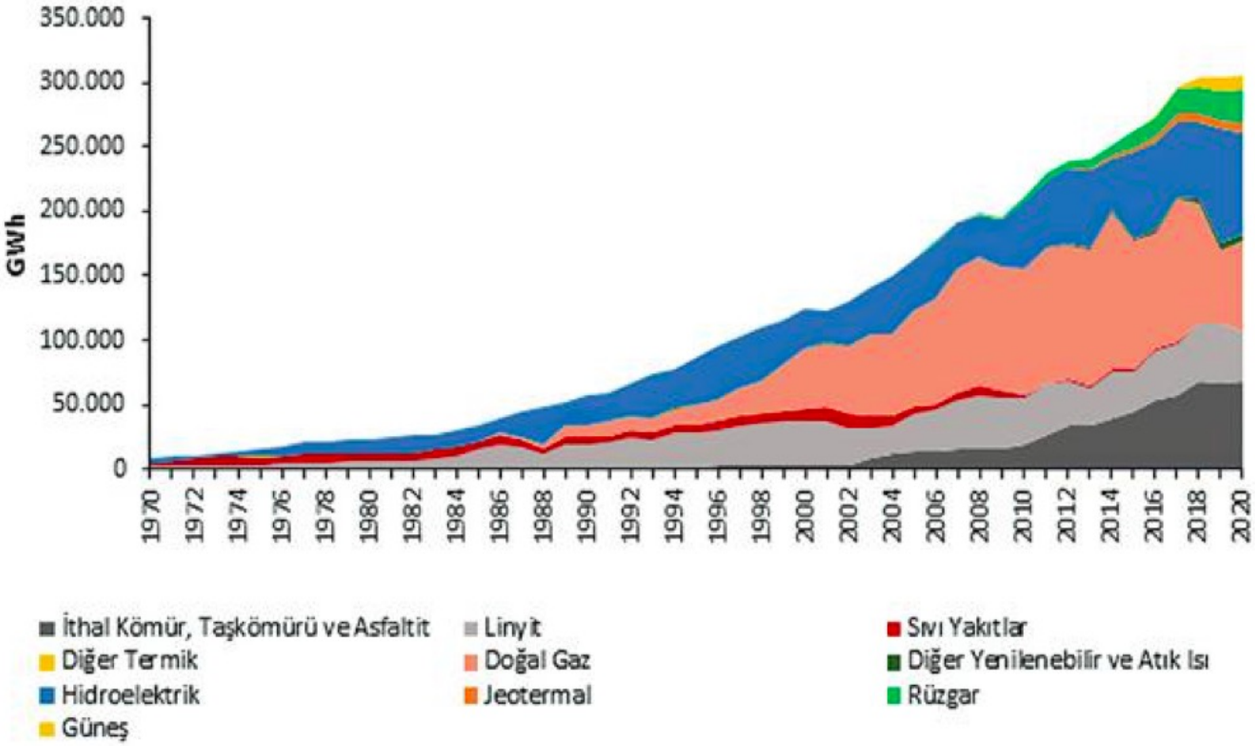
on yılda ise rüzgâr, güneş ve jeotermal gibi farklı yenilenebilir kaynakların sisteme girmesiyle birlikte elektrik üretiminde kaynak çeşitliliği daha da artmıştır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı Şubat 2022 tarihli raporlarında, Türkiye'de linyit + asfaltitin 51,3 milyon tonluk kısmı elektrik üretiminde, 6,66 milyon tonu sanayide, 3,8 milyon tonu ısınmada kullanılmıştır. Taş kömürünün ise 21,85 milyon tonu elektrik üretiminde 6,2 milyon tonu kok fabrikalarında, 5,5 milyon tonu sanayide, 6,24 milyon tonu ısınmada kullanıldığını, bu minvalde olası kömürden çıkış politikasının Türkiye için önemli ölçüde istihdam dönüşümü gerektirmekte olduğu belirtilmiştir.

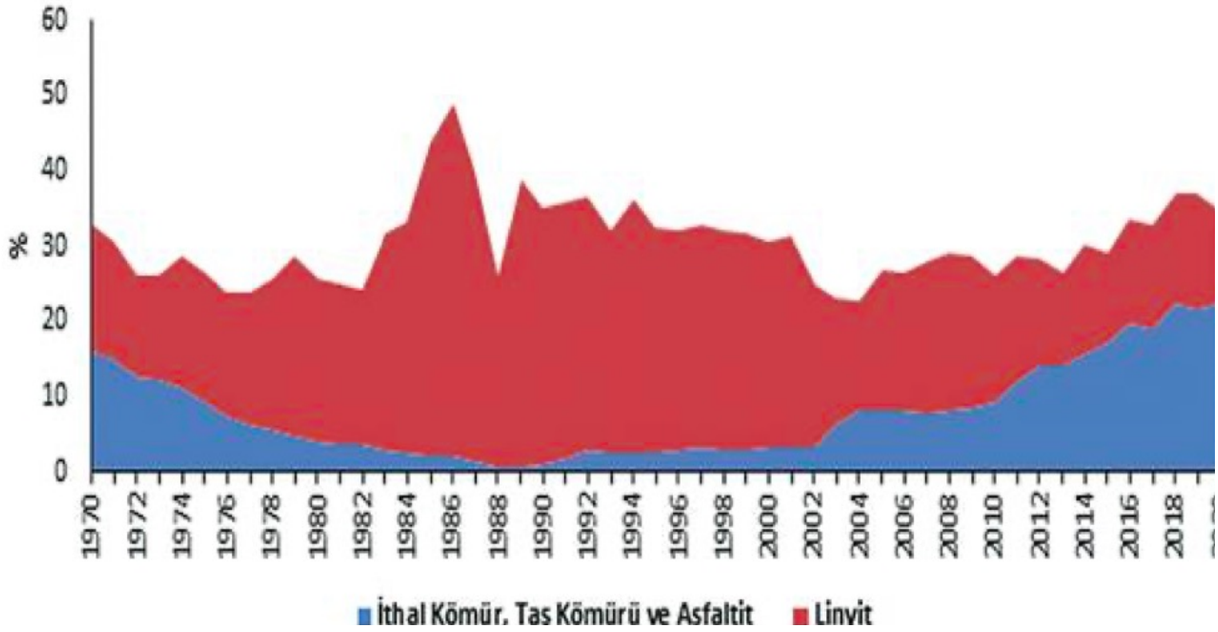


2021 Eylül Sonu itibariyle Yakıt türüne göre Kurulu Güç Dağılımı (TEİAŞ Yük Tevzi Bilgi Sistemi, 2021)

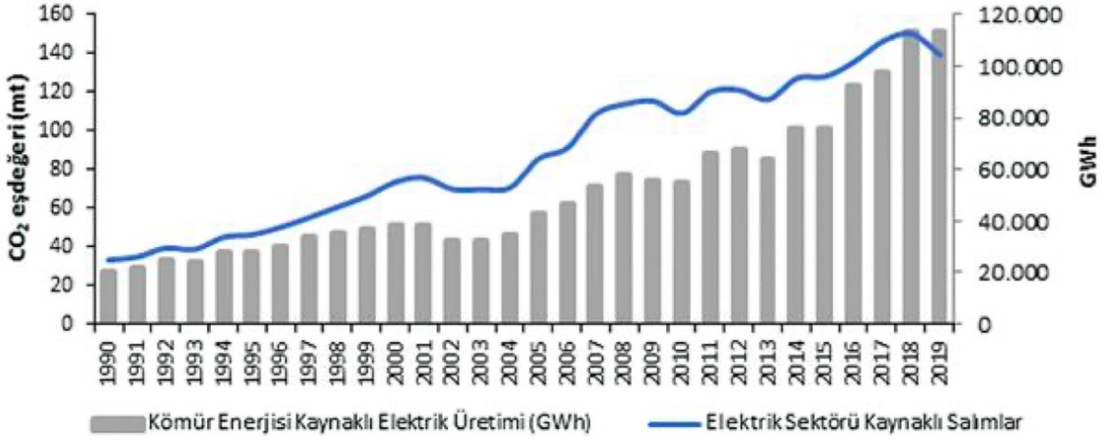
Şekil 64: *Yakıt türüne göre kurulu güç dağılımı (TEİAŞ Yük Tevzi Bilgi Sİstem,2021)*



Şekil 65: *Kurulu güç dağılımı (TEİAŞ,2021)*



Şekil 66: *Kurulu güç dağılımı (TEİAŞ,2021)*



1990 ve 2019 Yılları Arasında Türkiye Sera Gazı Emisyonları ve Kömür Kaynaklı Elektrik Üretimi (TUIK, 2021: TEİAŞ, 2021)

Şekil 67: *Kurulu güç dağılımı (TEİAŞ,2021)*

2.1.2.10 Nükleer

Türkiye 1960'lı yıllardan itibaren nükleer enerjiyi geliştirmeye yönelik çabalar göstermiştir. 1965 yılında nükleer santral inşasına yönelik çalışmalara başlanmıştır. Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma"nın 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanması ile yarım asırlık nükleer güç santrali kurma hedefi açısından son derece ciddi bir adım atılmıştır.

Anlaşmanın imzalanmasını takiben 13 Aralık 2010 tarihinde Proje Şirketi kurulmuş ve çalışmalara başlanmıştır. Geçtiğimiz süre zarfında, 1 Aralık 2014 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığından ÇED Olumlu kararı, 15 Haziran 2017 tarihinde de EPDK'dan elektrik üretim lisansı alınmıştır. 3 Mart 2017 tarihinde ilk ünite için inşaat lisansı başvurusunda bulunulmuş ve 19 Ekim 2017 tarihinde alınan sınırlı çalışma izni ile sahada nükleer güvenlikle ilgili olmayan yapıların inşaat faaliyetleri başlamıştır. 2 Nisan 2018 tarihinde ilk ünite için inşaat lisansının verilmesiyle birlikte ilk ünitenin reaktör binasının inşası da başlamıştır.

Akkuyu Projesi

Daha geniş enerji işbirliğinin bir parçası olarak Akkuyu projesine ilişkin hükümetten hükümete doğrudan görüşmeler, 2010 yılında Akkuyu NGS'nin inşası ve işletilmesi için Türkiye ile Rusya arasında bir IGA'nın imzalanmasıyla sonuçlanmıştır.

Proje, Akkuyu Proje Şirketi (APC) Anonim Şirketi, projeyi yap-sahiplen-işlet modeliyle uygulamakta olup, her biri 1.200 megavat elektrik (MWe) gücü kapasiteli Rus WWER tasarımının dört ünitesinin inşasından ve işletilmesinden sorumludur.

Toplamda 4800 MW kurulu güce sahip olacak AKkuyu Nükleer GÜç Santrali yıllık 35 TWh karbonsuz elektrik üreterek 35 milyon ton sera gazı emisyonunu engellemiş olacaktır.

2.2 Enerji Sektörü Sorun Alanları ve Çözüm Önerileri

21-25 Şubat tarihinde Konya'da İklim şurası kapsamında toplanan sektörel komisyonlardan, enerji sektörü komisyonu, konularının hem küresel hem de ulusal çapta gündeme yön veren ve belirleyici olma özelliğinden dolayı, **sorun alanlarının** belirlenmesi önem taşımaktadır.

Bu kapsamda sorun alanlarını birkaç genel başlıkta kategorize etmek gerekirse;

- Enerjinin sürekli, sürdürülebilir, katlanılabilir maliyetlerle sağlanmasının yanında 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda düşük emisyonlu sağlanması için uzun dönemli enerji planının eksikliği,
- Ülkemizin 2053 net sıfır hedefine ulaşabilmek için 2030 yılı itibari ile kömürlü termik santrallerin kapatılmasının planlanması gereği,
- Yenilenebilir enerjinin sistem entegrasyonun artırılması için sistem esnekliğinin artırılması gereği,
- Yenilenebilir enerji potansiyeli tam olarak kullanılamaması ve dolayısıyla, yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanım alanlarının çeşitlendirilmesi gereği,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve bölgesel ısıtma olanaklarının kamu binaları ve yerel idareler tarafından etkin bir şekilde kullanılmaması,
- Elektrik üretimi kaynaklı sera gazı emisyonlarının yönetiminde kömür bazlı üretimden kaynaklı zorluklar yaşanması,
- Isı arzına yönelik mevzuat eksikliği nedeniyle ısı sektörüne yönelik

emisyon azaltıcı uygulamaların potansiyeli yansıtmaması ve ısıtma ve soğutmada arz ve tedarik için mevzuat ve piyasa eksikliği,

- Kojenerasyon ve ısı pompası gibi emisyon azaltıcı elektrik ve ısı üretimi uygulamalarının eksikliği,
- Hidrojen ve karbon tutma ve depolamaya ilişkin analiz çalışması ve yol haritasının eksikliği,
- Enerji verimliliğinin arttırılarak talebin mümkün olan en alt seviyeye çekilmesi gereği,
- Enerji verimliliği net sıfır 2053 için yıllık %4 enerji yoğunluğu iyileşme hedefine ulaşılması gerekmekte iken mevcut iyileşmenin henüz %1.5'larda olması,
- Karbon tutma, depolama ve kullanımına ilişkin yol haritasının eksikliği,
- Kömürden çıkış için bir yol haritasının eksikliği,
- Yenilenebilir enerjiye ek olarak, enerji verimliliğinin artırılması ve diğer seçeneklerin kullanılarak çözüm üretilmesi, uyum eylemleri içinde enerjinin de göz önüne alınması gereği,
- Enerji sektöründeki değişimden kaynaklı istihdam değişimi ve kalifiye personel eksikliği ve akıllı şebeke ihtiyacının devam etmesi,
- Enerjide talep yönetimi kadar maliyetin de azaltım konusunda önemli bir parametre olduğunun önemi,
- Yenilenebilir enerjide bireysel üretimin arttırılmasında bürokratik engellerin mevcudiyeti,

gibi temel başlıklar altında değerlendirilmiştir.

Bu çerçevede üzerinde detaylı düşünülmesi gereken bu her bir maddeye ilişkin olası **çözüm önerileri** ise şu alt bileşenler halinde değerlendirilebilir;

- Yenilenebilir enerji potansiyelinin şebekeye tam olarak entegre olacak şekilde üretimde esnekliğin arttırılmasına yönelik imkanlar araştırılmalıdır (Batarya, PHES ve hidrojen esneklik kaynakları dahil olmak üzere).

- Depolama usullerinin sisteme entegrasyonu için yol haritası hazırlanmalıdır, uygulama takvimi belirlenmelidir ve takvim doğrultusunda uygulamaya geçilmelidir.
- İletim, dağıtım seviyelerinde gerekli altyapı çalışmalarının yapılmalıdır.
- Sistem esnekliğinin sağlanması için dağıtım, iletim seviyelerinde analizler yapılmalı, gerekli yatırımlar için yol haritası hazırlanmalı, uygulama takvimi belirlenmeli ve takvim doğrultusunda uygulamaya geçilmelidir.
- Talep tarafı yönetim uygulamalarına katılımı arttırılmalıdır.
- Uluslararası şebeke (enterkonnekte) bağlantıları güçlendirilmelidir.
- Kaynak odaklı yatırım yaklaşımından sistem odaklı yatırım yaklaşımına geçilmelidir (daha dağıtık ve talep merkezine yakın üretim).
- Pompaj depolamalı HES uygulamalarının yaygınlaştırılmasına yönelik imkanlar araştırılmalıdır.
- Sürdürülebilir biyokütleden ve biyogazdan üretilen enerjinin çeşitlendirilmesi ve arttırılmasına yönelik imkanlar araştırılmalıdır.
- Biyogazın doğal gaz şebekesine enjekte edilmesi için fizibilite çalışmaları yapılmalı ve Türkiye'nin doğalgaz şebekesinde biogaz enjeksiyonu ile ilgili hedefler belirlemelidir.
- Rüzgar ve güneş enerjisinde yeni sistemlerden (deniz üstü, konsantre güneş, hibrit yüzer güneş vb.) elektrik üretimini yaygınlaştırmak üzere politika ve teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi için fizibilite çalışmaları yapılmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının özellikle HES ve JES'in çevresel ve sosyal etkileri kümülatif olarak (nehir ekosistemlerinin bütüncüllüğünün korunması ilkesi dikkate alınarak, gazların ve akışkanların reenjeksiyonunun denetlenmesi, Türkiye'deki JES'lerin emisyon salımının incelenmesi vb.) değerlendirilmelidir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine yönelik AR-GE faaliyetleri imkan verecek olanaklar araştırılmalıdır, desteklenmelidir ve sistematik hale getirilmelidir.

- Mevcut ve yeni kurulması planlanan tüm yenilenebilir kaynakları kapasitesinin iklim değişikliği kaynaklı negatif etkileri değerlendirilmelidir.
- Arz tarafı regülasyonlarının düzenlenmesi (alım garantisinin göz önüne alınması, elektriğin emisyon yoğunluğunun göz önüne alındığı yapılandırmaların kurulması, özel sektörün eliyle yatırımların yapılmasının sağlanması vb.) değerlendirilmelidir.
- İhale sistemi yatırım gerçekleşmelerini artırıcı ve finansmanı kolaylaştırıcı şekilde düzenlenmelidir. Örneğin; yarışma takvimi açıklanmalı, yarışma fiyatındaki eskalasyon formulü revize edilmeli, başvuru sahipleri için teknik ve finansal yeterlilik şartları gözden geçirilmeli, denetim ve cezalar artırılmalı ve taban fiyat uygulaması getirilmelidir.
- Piyasa işlerliğinin daha öngörülür olması yoluyla serbest piyasada yatırımların arttırılması gerekmektedir.
- YEKA takviminin uzun vadeli olarak yayımlanmasının değerlendirilmesi, yerel yönetimlerin, gerek iklim eylem planlarında gerekse master planlarında yenilenebilir enerji yatırım alanlarını işlemesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye alabilme seviyesi belirlenmeli ve bu kapsamda 2030/2053 hedefleri belirlenmelidir.
- Elektrik üretimi kurulu güç kapasitesinde yenilenebilir enerji payına yönelik 2030 ve 2053 hedefleri netleştirilmedir.
- Enerji verimliliğine ilişkin sanayi, ulaştırma, binalar, tarım, hizmet sektörlerine yönelik 2030 ve 2053 hedefleri belirlenmelidir.
- Kayıp kaçak oranına ilişkin 2030 ve 2053 hedefleri konulmalıdır.
- Arz çalışmalarında maliyet ve yatırım ihtiyacı analizlerinin özellikle 2030 ve 2053 dikkate alınarak yapılmalıdır.
- Modelleme için talep tarafına dair sanayi, ulaştırma, binalar, tarım, hizmet sektörlerinin uzun vadeli projeksiyonları yapılmalıdır.
- ETKB tarafından İDKK üyelerinin desteği ile yeni enerji arz planı hazırlanmalı ve kamuoyuna duyurulmalıdır.

- Enerji Modellemesi Forumu, akademi ve sivil toplum kuruluşları (STK) (iklim STK'ları da dahil) içerecek şekilde kapsayıcı olarak kurulmalıdır, girdilerin koordine edebileceği ve sonuçların planlamada kullanılabileceği bağımsız bütçeli özerk bir yapı kurulmalıdır, bu kapsamda yapılacak çalışmalarda STK'larca yapılmış olan mevcut analizleri de dikkate alınmalıdır.

- Arz Planında dağıtık sistemler önceliklendirilmelidir.

- Planlama sürecinde emisyon azaltımı, finansman maliyeti, yatırımların ömrünün gelecek öngörüsü dahilinde dikkate alınması, teknolojik kısıtlar, arazi dönüşümleri ve ormansızlaşma riskleri, kamu bütçesi, arz güvenliği, istihdam etkileri, makro ekonomik etkiler gibi başlıkların dikkate alınması gerekmektedir.

- Enerji sistemi modelleme çalışmalarında enerji depolama seçeneklerini çoğaltabilecek esneklik (flexibility) odaklı çalışmaların dikkate alınması, planlama sürecinde güç sektöründe esneklik (flexibility) imkanlarını artıracak çözümlerin dikkate alınması hususları önem arz etmektedir.

- Elektrifikasyonla birlikte artacak olan elektrik tüketim talebinin planlanarak dağıtım şebekesinin yatırım ihtiyaçları belirlenmelidir.

- İleri seviyede modelleme araçlarının kullanımı (küresel kabul gören ihtiyaca hizmet edebilecek detayda hesap yapabilen bir modelleme yazılımının ve bunu kullanan personel ve ülke genelinde kapasite geliştirilmesi) gerekmektedir.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplu konut, şehir hastaneleri, kamu binaları vb. yapılarda kullanımını artıracak teşvik mekanizmaları geliştirilmeli ve mevzuat düzenlemeleri yapılmalıdır.

- Mevcut kömür santral sahalarında yenilenebilir enerji yatırımları yapılmalıdır.

- Güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji yatırımlarını kömür santrallerinde teşvik edilmesine yönelik mekanizmaların ve kolaylaştırıcı mevzuat hazırlanmalıdır.

- Atık ısı potansiyelinden etkin şekilde yararlanabilmek için ısı arzı mevzuatı geliştirilmelidir.

- Isıtma ve soğutmada emisyon azaltımı için ısı pompası uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır

- Elektrik üretiminde yerinden üretim, kojenerasyon ve mikrokojenerasyon sistemleri daha yüksek düzeyde yaygınlaştırılmalıdır ve yenilenebilir enerji kaynaklı kojenerasyon tesisleri teşvik edilmelidir.

- Elektrik ve ısı talebinin minimizasyonu için uygulama araçları geliştirilmelidir; kapasite mekanizmasına talep tarafı uygulamaları ve enerji verimliliği projelerinin dahil edilmelidir, elektrik ve ısı üreten tesislerin etütleri yapılmalı ve verimlilik uygulamaları hayata geçirilmelidir.

- Hidrojen strateji ve yol haritası hazırlanmalıdır; yeşil hidrojenin sanayide, ulaştırmada, enerji sektöründe ve elektrifikasyonun zor olduğu alanlarda kullanımı yaygınlaştırılmalı ve bu alanda kullanımı için teşvik mekanizmaları geliştirilmelidir. Hidrojenin elektrik ve ısı sektörlerindeki rolüne dair analiz çalışması yapılmalıdır.

- Karbon yakalama, kullanım ve depolamaya dair yol haritası hazırlanmalıdır; karbon tutma, depolama ve kullanmaya ilişkin ulusal yol haritasının belirlenmeli, karbon tutma, depolama ve kullanıma ilişkin uygulama takvimi belirlenmelidir. Takvimin uygulamaya geçecek ve desteklenecek teknolojilerin hedeflenen adedi, ölçeği, teknoloji olgunluk seviyesi ve yıllık kapasitesi gibi bilgileri içermesi değerlendirilmelidir. Türkiye'de karbon teknolojilerine yönelik değer zincirleri oluşturulmalı, küme (cluster) ve karbon merkezi toplama ve dağıtım noktaları (hub) oluşumlarının potansiyeli araştırılmalıdır. Keşif çalışmaları ile Türkiye karbon kullanım ve depolama kapasitelerinin ortaya konarak karbon teknolojileri ile emisyon azaltım potansiyeli belirlenmelidir.

- Enerji sektöründe değişimlere uyum sağlayacak şekilde mesleki eğitim programları ve yol haritası hazırlanmalıdır. Bu kapsamda, teknik liselerdeki öğrencilerin stajlarının enerji sektöründeki firmalarda yapılması için uygulama/planlama yapılmalıdır, enerji dönüşümü, döngüsel ekonomi, verimlilik başlıklar tüm mesleki eğitimlerde verilmelidir.

- Enerji sektöründe mevcut insan kaynağının öngörülen değişime uyumunun sağlanmasına yönelik yeniden eğitim ve uyum becerisi çalışmalarının planlanmalı

ve uygulamaya geçirilmeli, işgücü yetiştirme programlarının değişen sektör ihtiyaçlarına uygun mesleklerde ve niteliklerde işgücü yetiştirmesine yönelik programlar hazırlanması/ bu programların yaygınlaştırılması gerekmektedir.

- Akıllı şebeke sistemleri plan ve yol haritası hazırlanmalı; şehirlerin yenilenebilir enerji altyapıları ve şebekenin sistemi daha verimli hale getirilmeli, akıllı şebeke konusunda çalışmalara başlanmalıdır, kentlerde elektrikli araçların şarjı için kullanılacak enerjinin akıllı yönetimi için plan ve yönetim sistemi geliştirilmelidir, GES, RES için iletim kısıtlarına yönelik çözüm geliştirilmelidir.

- Yenilenebilir enerjide bireysel üretim desteklenmeli ve öz tüketim arttırılmalıdır.

2.3 İklim Şurası Kararları

1. 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi doğrultusunda Uzun Dönemli Enerji Planı BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 27. Taraflar Konferansı öncesine kadar hazırlanmalıdır.

2. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en üst düzeyde kullanımının sağlanmasına, kullanım alanlarının çeşitlendirilmesine ve daha fazla yenilenebilir enerji kapasitesinin enerji sistemine entegrasyonu için sistem esnekliğinin artırılmasına yönelik gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

3. Şebeke faaliyetlerinin daha güvenli ve verimli hale getirilmesine ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı dağıtık üretim ve öz tüketim desteklerinin artırılmasına yönelik gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

4. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırılmalı, yenilenebilir enerji teknolojileri daha ileri seviyelere taşınmalı ve bu teknolojilere dair AR-GE faaliyetleri ve üretim için destek mekanizmaları geliştirilmelidir.

5. 2053 Net Sıfır Emisyon Hedeflerine yönelik Türkiye'nin iktisadi ve sosyal kalkınma hakkına engel olmadan kömürden elektrik üretiminde karbon yakalama, kullanım ve depolama teknolojilerinin de değerlendirileceği şekilde elektrik üretimi kaynaklı emisyonun düşürülmesi doğrultusunda arz güvenliği, makro-ekonomik ve sosyal etkileri içeren çalışmalar yapılmalı ve bir yol haritası belirlenmelidir.

6. 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefleri doğrultusunda kaynak çeşitliliği ve enerji arz güvenliği perspektifinden emisyon azaltıcı alternatif yakıtlardan (doğalgaz, nükleer vb) elektrik üretiminin artırılması değerlendirilmelidir.

7. Tüm sektörlerde enerji verimliliği uygulamaları ve destekleri yaygınlaştırılmalı, termik santral ve endüstriyel işletme kaynaklı atık ısı potansiyelinden etkin şekilde yararlanabilmek için ilgili ısı mevzuatı geliştirilmeli ve teşvikler tanımlanmalıdır.

8. Emisyon azaltımına yönelik enerji sektörü dönüşümünün geçiş sürecinde doğal gaz arama ve üretim faaliyetleri artırılmalı, ulusal ve uluslararası iletim altyapısı geliştirilmelidir.

9. Verimlilik Artırıcı Projelerin tüm sektörlerde uygulanabilmesi için bütçesi artırılmalıdır.

10. 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi doğrultusunda Ulusal Enerji Verimliliği 2030 Vizyonu ve Stratejisi 2022 yılı sonuna kadar, Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2024-2030) 2023 yılı ortasına kadar hazırlanmalıdır.

11. Yeşil hidrojeni önceliklendiren Hidrojen Stratejisi ve Yol Haritası 2022 yılı sonuna kadar hazırlanmalıdır.

12. Isıtma ve soğutmada emisyon azaltımı için ısı pompası, bölgesel ısıtma (jeotermal, biyokütle vb) ve güneş kollektörlü ısıtma uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

13. Enerji sektöründe dönüşüme uyum sağlamak için dijital dönüşüm, depolama ve talep tarafı uygulamalarının hayata geçirilmesi sağlanmalıdır.

14. Enerji sektöründe değişimlere uyum sağlayacak şekilde mesleki eğitim programları ve yol haritası hazırlanmalı, yeşil istihdam artırılmalıdır.

KAYNAKÇA

Akyurek, B. O., & Kleissl, J. (2017, August 1). Closed-Form Analytic Solution of Cloud Dissipation for a Mixed-Layer Model,. Journal of the Atmospheric Sciences, 74(8), 2525-2556. https://doi.org/10.1175/JAS-D-16-0303.1

al Irsyad, M. I., & Halog, A. (n.d.). Selecting Tools for Renewable Energy Analysis in Developing Countries: An Expanded Review. Frontiers in Energy Research, 5(2017). 10.3389/fenrg.2017.00034

Anadolu Haber Ajansı. (2021, December 14). Türkiye'nin doğal gaz depolama ve LNG tesisleri kış için teyakkuzda. Retrieved March 22, 2022, from https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiyenin-dogal-gaz-depolama-ve-lng-tesisleri-kis-icin-teyakkuzda/2446847

Birpınar, M. E. (2022a, Ocak). Kömüre veda. Dünya Gazetesi. https://www.dunya.com/kose-yazisi/komure-veda/645291

Birpınar, M. E. (2022b, Ocak). Karbon yakalama ve depolama iklim krizini bitirebilir mi? NTV. https://www.ntv.com.tr/turkiye/karbon-yakalama-ve-depolama-iklim-krizini-bitirebilir-mi,g4AsCqtB102vCYKmh1IiuQ

CO2 emissions – Global Energy Review 2021 – Analysis - IEA. (n.d.). International Energy Agency. Retrieved March 16, 2022, from https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/co2-emissions

Dünya Bankası,Türkiye Notu. (2021, May 5). Turkey: Boosting Energy Service Companies to Increase Energy Efficiency in the Public Sector. World Bank Group. https://www.worldbank.org/en/country/turkey/brief/turkey-boosting-energy-service-companies-to-increase-energy-efficiency-in-the-public-sector

EMBER Türkiye Elektrik Görünümü. (2022, January 20). Turkey Electricity Review 2022 | Ember. Ember-climate.org. https://ember-climate.org/insights/research/turkey-electricity-review-2022/

Energy Efficiency 2021 – Analysis - IEA. (n.d.). International Energy Agency. Retrieved March 20, 2022, from https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2021

An energy sector roadmap to carbon neutrality in China – Analysis - IEA. (n.d.). International Energy Agency. Retrieved March 21, 2022, from https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-carbon-neutrality-in-china

Enerji - AB'nin Hedefleri | AB Türkiye. (n.d.). Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu. Retrieved March 28, 2022, from https://www.avrupa.info.tr/tr/enerji-abnin-hedefleri-58

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu. (n.d.). PETROL PİYASASI 2020 YILI SEKTÖR RAPORU.

Enerji Sektörünün Geleceği - KPMG Türkiye. (2021, November 2). KPMG International. https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2021/11/Enerji%20Sekt%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCn%20Gelece%C4%9Fi.html

EPİAŞ Elektrik Piyasaları Aylık Raporu. (2022, Şubat). Elektrik Piyasaları İşletme A.Ş. https://www.epias.com.tr/wp-content/uploads/2022/03/Subat-2022-Elektrik-Piyasalari-Raporu.pdf

ETKB. (2022). TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. https://enerji.gov.tr

ETKB-EVÇED UEVEP,2021. (n.d.). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı Gelişim Raporu. EVÇED-PDDB,2021, EVÇED-PDDB(Eylül 2021- Y.No:26/V02).

ETKB-YEGEM. (2022). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-yenilenebilir-enerji

G7 Ülkelerinin Elektrik Sektöründe Net Sıfır Hedefine Ulaşması Raporu Özeti – Dünya Enerji Konseyi | Türk Milli Komitesi. (2021, November 29). Dünya Enerji Konseyi. Retrieved March 24, 2022, from https://www.dunyaenerji.org.tr/g7-ulkelerinin-elektrik-sektorunde-net-sifir-hedefine-ulasmasi-raporu-ozeti/

Global Energy Review 2021- IEA. (n.d.). International Energy Agency. Retrieved March 17, 2022, from https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021/co2-emissions

How Is China's Energy Footprint Changing? | ChinaPower Project. (n.d.). China Power Project. Retrieved March 21, 2022, from https://chinapower.csis.org/energy-footprint/

IEA (2020a), IEA World Energy Statistics and Balances. (n.d.). www.iea.org/statistics

IEA,Covid-19 & Wetzel, D. (2022). COVID-19 – Topics - IEA, Exploring the impacts of the Covid-19 pandemic on global energy markets, energy resilience, and climate change. International Energy Agency. https://www.iea.org/topics/covid-19

IEA,Data&Statistics 2020. (n.d.). CO2 Emissions from Fuel Combustion 2020 Data overview - IEA. International Energy Agency. Retrieved March 19, 2022, from https://www.iea.org/data-and-statistics

IEA EPR. (2021, March). International Energy Agency, Turkey Analysis 2021, Energy Sector Review. Energy Policy Review. https://www.iea.org/reports/turkey-2021

IEA, Ülkeler ve Bölgeler- Türkiye. (2021, December 16). International Energy Agency. Retrieved March 31, 2022, from https://www.iea.org/countries/turkey

IEA, Weather for Energy Tracker Users Guide [IEA and CMCC (2022), Weather for Energy Tracker, IEA, License: Creative Commons CC BY-NC-ND 3.0 IGO https://www.iea.org/articles/weather-for-energy-tracker]. (2022, January).

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway (Preview). International Renewable Energy Agency (IRENA).

J. Herzog, H. (2020). Karbon Yakalama. Pan Yayincilik.

Karbon yakalama ve depolama iklim krizini bitirebilir mi? (2022, January 8). NTV. Retrieved March 25, 2022, from https://www.ntv.com.tr/turkiye/karbon-yakalama-ve-depolama-iklim-krizini-bitirebilir-mi,-g4AsCqtB102vCYKmh1IiuQ

Karbon Yoğunluğu. (2019, October 10). Sosyal Ekonomi. https://sosyalekonomi.org/karbon-yogunlugu/

Kömüre veda - Prof. Dr. Mehmet Emin BİRPINAR. (2022, January 8). Dünya Gazetesi. Retrieved March 24, 2022, from https://www.dunya.com/kose-yazisi/komure-veda/645291

McCulloch, S. (2022, January 11). Carbon capture, utilisation and storage - Fuels & Technologies - IEA. International Energy Agency. Retrieved March 26, 2022, from https://www.iea.org/fuels-and-technologies/carbon-capture-utilisation-and-storage

Mielnik, O., & Goldemberg, J. (1999). Communication The evolution of the "carbonization index" in developing countries. Energy Policy, 27(5), 307-308.

Pfenninger, S., Hirth, L., Schlecht, I., Schmid, E., Wiese, F., Brown, T., Davis, C., Gidden, M., Heinrichs, H., Heuberger, C., Hilpert, S., Krien, U., Matke, C., Nebel, A., Morrison, R., Müller, B., Pleßmann, G., Reeg, M., Richstein, J., ... Wingenbach, C. (2018). Opening the black box of energy modelling: Strategies and lessons learned. Energy Strategy Reviews, 19, 63-71. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X17300809)

Ritchie, H., & Roser, M. (n.d.). Emissions by sector. Our World in Data. Retrieved March 18, 2022, from https://ourworldindata.org/emissions-by-sector

Saroha, S., Aggarwal, S.K., & Rana, P. (2020). Wind Power Forecasting. Forecasting in Mathematics - Recent Advances, New Perspectives and Applications. https://doi.org/10.5772/intechopen.94550

Statistical Review of World Energy | Energy economics | Home. (n.d.). BP. Retrieved March 20, 2022, from https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html

T.C Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (n.d.). 4.2- Sektörlere Göre Toplam Seragazı Emisyonları. - Çevresel Göstergeler. Retrieved March 18, 2022, from https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-toplam-seragazi-emisyonlari-i-101864

TEİAŞ Aylık Üretim Tüketim Tabloları. (2022, Şubat). TEİAŞ -Türkiye Elektrik İletim A.Ş. https://www.teias.gov.tr/tr-TR/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari

TSKB-Enerji Görünümü. (2021, November 30). TSKB. https://www.tskb.com.tr/ekonomik-arastirmalar/enerji-calismalari/enerji-calisma-grubu-raporlari

TÜBA-Türkiye Bilimler Akademisi-Nükleer Enerji Raporu. (2019).

TÜİK - GSYH 4.Çeyrek. (2021, December 9). TÜİK Kurumsal. TÜİK Kurumsal. Retrieved March 31, 2022, from https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Donemsel-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-IV.-Ceyrek:-Ekim-Aralik-2021-45548

TÜİK-NIR,2021. (2021). TurkStat Turkish GreenHouse Gas Inventory, National Inventory Report for submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri. (2022, March 30). TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu Sera Gazı Emisyon İstatistikleri. TÜİK Kurumsal. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2019-37196

2021 Küresel Hidrojen Raporu Özeti – Dünya Enerji Konseyi | Türk Milli Komitesi. (2021, October 25). Dünya Enerji Konseyi. Retrieved March 26, 2022, from https://www.dunyaenerji.org.tr/2021-kuresel-hidrojen-raporu-ozeti/

2022 YILI CUMHURBAŞKANLIĞI YILLIK PROGRAMI ENERJİ SEKTÖRÜ ÖZET RAPORU. (n.d.). Elder. Retrieved March 21, 2022, from https://www.elder.org.tr/Content/edergi/2022%20YILI%20CUMHURBASKANLIGI%20YILLIK%20PROGRAMI_ENERJI%20SEKTORU%20OZETI.pdf

Ümit Şahin, Ü. (n.d.). Türkiye'nin Karbonsuzlaşma Yol Haritası: 2050'de Net Sıfır.

Working Paper: Hydrogen on the Horizon: National Hydrogen Strategies. (n.d.). World Energy Council. Retrieved March 26, 2022, from https://www.worldenergy.org/publications/entry/working-paper-hydrogen-on-the-horizon-national-hydrogen-strategies

Worldbank,2021. (n.d.). World Development Indicators | DataBank. World Bank DataBank. Retrieved March 19, 2022, from https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#

World – World Energy Balances: Overview – Analysis - IEA. (n.d.). International Energy Agency. Retrieved March 16, 2022, from https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview/world

Yeşil Mutabakat Eylem Planı. (2021, July 14). Ticaret Bakanlığı. Retrieved March 16, 2022, from https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf

3. ULAŞTIRMA

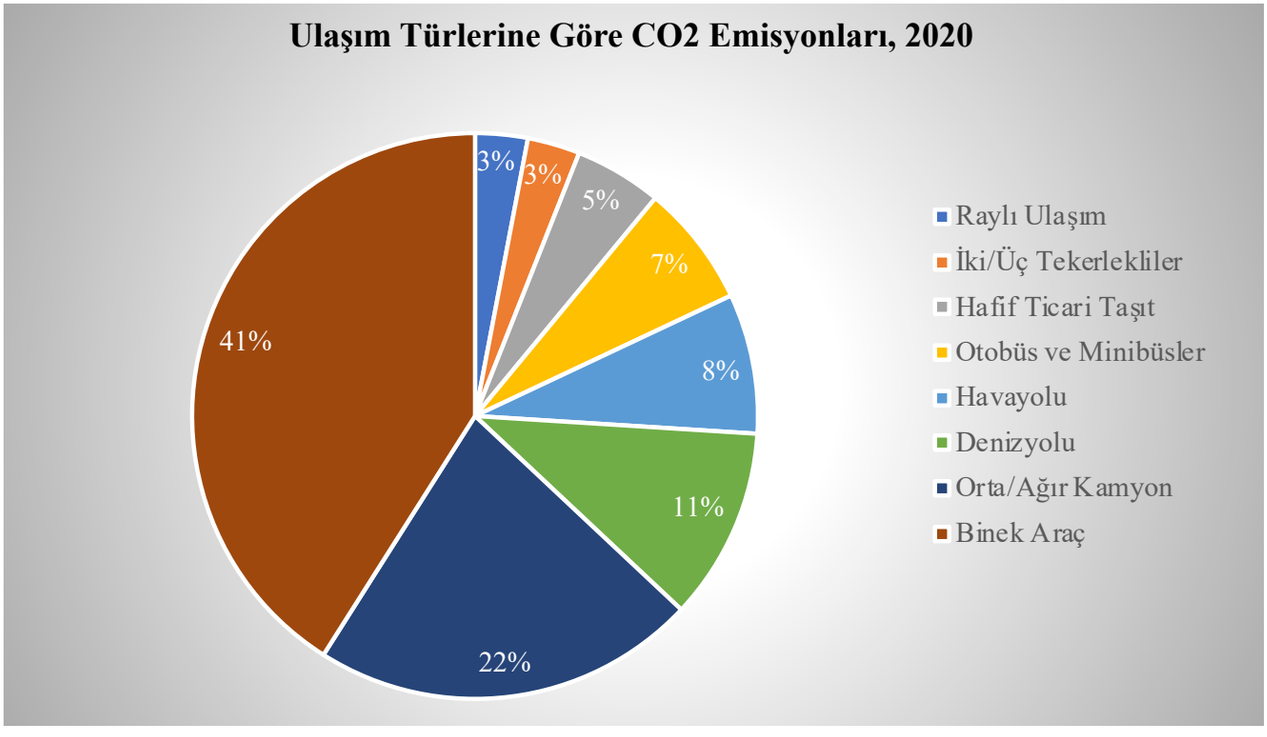
Ulaştırma sektörünün çevre ve iklim değişikliği üzerindeki negatif etkileri günden güne artmaktadır. Ulaştırma, başta karayolu olmak üzere fosil yakıt kullanımı ile doğaya salınan sera gazları neticesinde küresel ısınmanın önemli sebeplerinden biri konumuna gelmiştir. Ekonomik gelişmeyle artan ulaşım talebi, fosil yakıt kullanımını yükselterek bu olumsuz trendin devam etmesine neden olmaktadır.

Diğer taraftan, iklimde yaşanan değişimlerin ulaştırma sektörü üzerindeki olumsuz etkileri artmaya devam etmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak, aşırı hava olayları, deniz seviyesi yükselmesi, şiddetli fırtına ve yağışlar gibi olumsuz doğa olayları meydana gelmektedir. Bu etkiler göz önüne alınmadan planlanan ulaşım sistemlerinde gecikme, aksama, hasar ve arıza riski artabilmektedir. Ulaşım sistemlerinin, ortalama kullanım ömrünün 50 yıl olduğu düşünüldüğünde, ulaştırma karar mekanizmalarında iklim değişikliği bakış açısının planlama aşamasında değerlendirilmesi oldukça önemlidir (National Research Council, Committee on Climate Change, US Transportation, Transportation Research Board [NRC], 2008).

O2

3.1 Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

3.1.1 Dünyadaki Durum

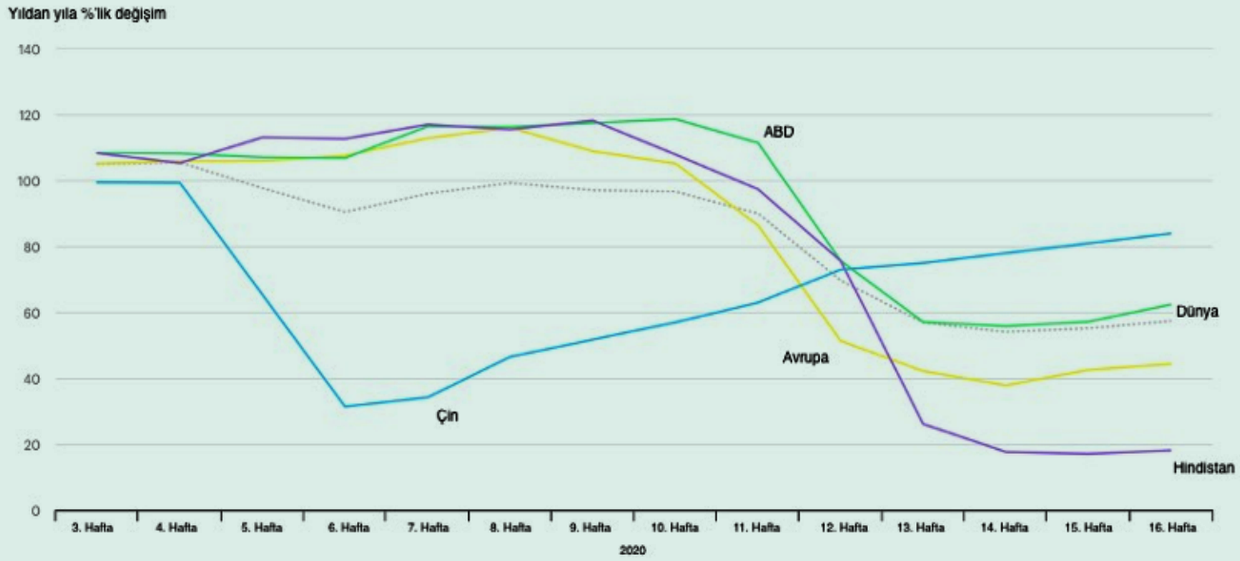


Şekil 68: *2020 yılında ulaştırma sektörünün ürettiği karbondioksit emisyonlarının alt sektörlere göre dağılımı (STATISTA, 2020)*

Sektörler arasında fosil yakıtlara bağımlılığı en yüksek olan ulaştırma, dünyada en hızlı büyüyen CO_2 emisyon kaynağıdır. Son kullanım sektörlerinden kaynaklanan CO_2 emisyonlarının %37'sini (yaklaşık olarak 8222 Mt CO_2), ulaştırma sektörü emisyonları oluşturmaktadır. Bu emisyonlardaki en önemli paya %41'le binek araçlar sahip olup, binek araçları, %22 oranla kamyon ve kamyonetler takip etmektedir. Ulaştırma emisyonları içerisindeki payı %11 olan denizcilik sektörü, ulaştırma sektörünün üçüncü önemli emisyon kaynağı olarak göze çarpmaktadır (Şekil 68).

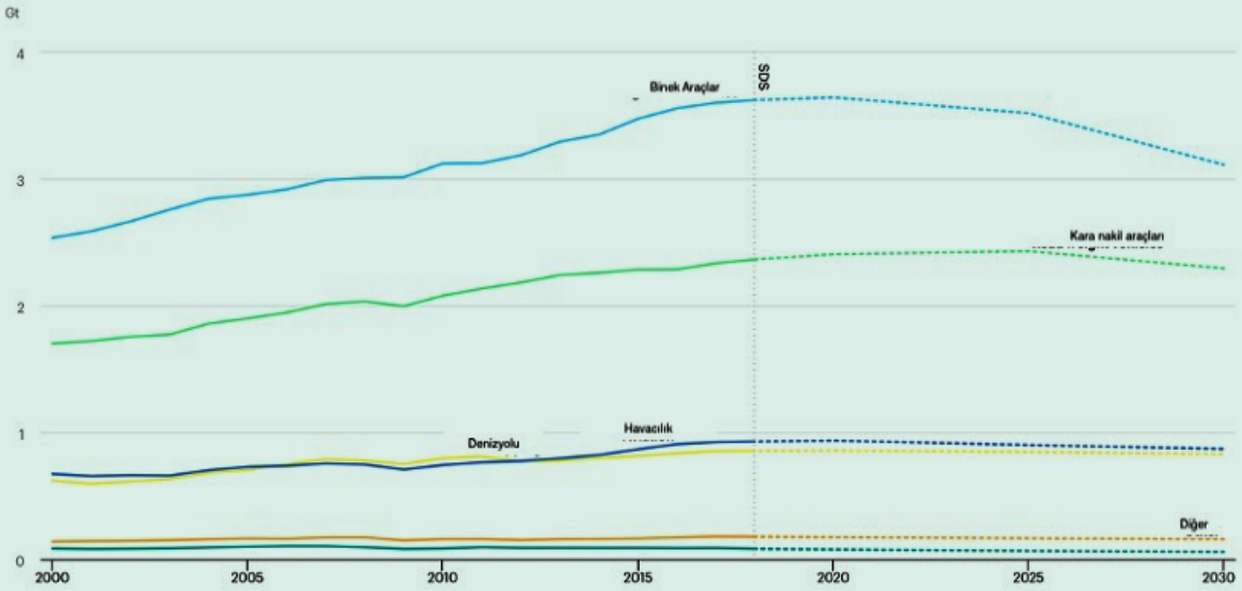
2020'nin başında, Covid-19 krizi sebebiyle dünya genelinde alınan karantina önlemleri, hareketliliği ciddi bir şekilde azaltmış ve bunun bir sonucu olarak küresel petrol talebi

bir önceki dönemim yaklaşık yarısı miktarında geçekleşmiştir. Bu dönemde karayolu taşımacılığı, karantina uygulanan bölgelerde %50 ile %75 arasında düşüş göstermiştir. 2021 yılında küresel petrol talebi, artışa rağmen, 2019 seviyesinin yaklaşık %3 altında kalmıştır (International Energy Agency [IEA], 2021b).

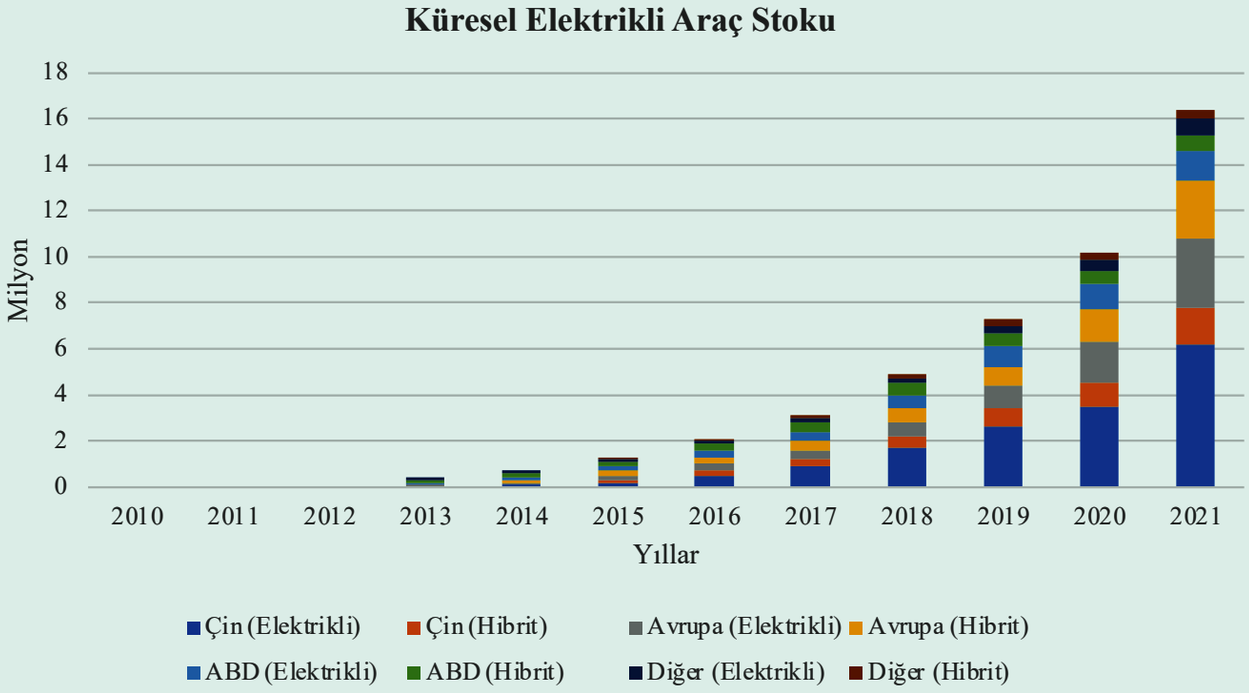


Şekil 69: *2020'nin başlarında seçili ülkelerde ve dünyada karayolu yolcu taşımacılığı faaliyetinin gelişimi (IEA, 2020)*

2019 yılında 8,5 Gt olarak gerçekleşen ulaştırma sektörünün küresel CO_2 emisyonları, 2020'de %10'un üzerinde düşüşle 7,2 $GtCO_2$ seviyelerine gerilemiştir. 2021 yılında, artan yolcu ve yük taşımacılığı ile toparlanan ulaşım talebinin artmaya devam etmesi beklenmektedir. Bu beklenen artışa rağmen, Net Sıfır Emisyon hedeflerinin gerçekleştirilmesi için sektörün emisyonlarının 2030 yılına kadar 5,7 Gt' ye (%20) düşürülmesi gerekmektedir (Şekil 70). Bunun gerçekleşmesi, ulaşım türleri arasında karbon yoğunluğu en düşük seçeneklere dönüşümün teşvik edilmesi ve tüm ulaşım türlerinde karbon yoğunluğunu azaltmak için operasyonel ve teknik bakımdan enerji verimliliği önlemlerinin hayata geçirilmesine bağlıdır. (IEA, 2021a).



Şekil 70: *Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu, 2000-2030'da modlara göre ulaştırma sektörü CO2 emisyonları (IEA, 2022a)*



Şekil 71: *Bölgelere göre küresel elektrikli araç stoku, 2010-2020 (IEA, 2022c)*

Elektrik araçlar, ulaştırma emisyonlarının azaltılması konusunda önemli bir potansiyele sahip olup yeni bir yaklaşım geliştirilmesine imkân tanımaktadır. Son yıllardaki hızlı artışıyla dünya genelindeki elektrikli otomobil sayısı, 2021'de 16 milyona ulaşmıştır (Şekil 71). Elektrikli otomobil satışları, 2021'de, bir önceki yıla göre, iki kattan fazla artarak 6,7 milyona ulaşmış ve küresel otomobil satışlarının yaklaşık %9'unu oluşturmuştur. Bunun sonucu olarak, araç satışlarındaki düşüşe rağmen dünya çapındaki elektrikli otomobil dağılımı artmaya devam etmiştir. Elektrikli araç satış ve stokundaki bu artış trendinin önümüzdeki yıllarda da devam edeceği öngörülmekte ve araç stokunun 2030 yılında 350 milyon ve 2050 yılında ise 2 milyar civarına ulaşacağı tahmin edilmektedir. (Bouckaert & ark, 2021). Çevreci bir ulaşım aracı olmasına rağmen elektrikli otomobil satışları; Çin, Avrupa ve Kuzey Amerika dışında hala istenilen seviyeye ulaşmamıştır.

Yüksek performanslı piller ve hidrojen gibi ihtiyaç duyulan teknolojilerin hazırlık aşamasında olmasından dolayı; havayolu, denizyolu ve uzun mesafeli kamyon taşımacılığında emisyon azaltımı zor gözükmektedir. Bu nedenle ulaşımın karbonsuzlaştırılması için yapılacak başlıca politika, alternatif modlara geçişin sağlanmasıdır. Bu bağlamda, küresel yolcu taşımacılığının %8'i ve yük taşımacılığının %9'u demiryolu ile sağlanırken, ulaşımdaki enerji tüketiminin yalnızca %3'ü demiryolu kaynaklıdır. Başta Çin'de olmak üzere, son on yılda kentsel ve yüksek hızlı demiryolu uzunluğunda büyük miktarda artış meydana gelmiştir. Çin'den sonra en uzun ikinci demiryolu altyapısına sahip olan Hindistan'da, hatların kapsamlı elektrifikasyonu gerçekleştirilmektedir. Bazı bölgelerde ise, son zamanlarda hidrojenle çalışan trenlerin işleme alınmasına yönelik çalışmalar yürütülmektedir (Urbantransportnews, 2022).

Son yirmi yılda hızla artan havacılık kaynaklı CO_2 emisyonları, pandeminin etkisi ile 2020 yılında bir önceki yıla göre 1/3 oranında düşerek, 1997 yılından beri en düşük seviye olan, 600 Mt seviyelerine gerilmiştir. Bu olağan dışı azalmaya rağmen, havayolunda yolcu sayısı ve kargo taşımacılığının önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Net Sıfır Emisyon hedefleri doğrultusunda, sektörün emisyonlarını 2025'ten itibaren azaltmaya başlatması, 2030 yılında 780 Mt civarına çekmesi ve 2040 yılına kadar yaklaşık 470 Mt' ye düşürmesi gerekmektedir. Bunun başarılması için bir dizi operasyonel, teknik ve davranışsal geliştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır. Havacılık sektörü için planlanan çözümlerin başında alternatif yakıtlar yer almaktadır. Bu kapsamda, hidrojen veya biyoyakıtlar ile emisyonun azaltılması hedeflenmektedir. Bu çözüme ek olarak, havacılık sektöründe enerji verimliliğini artırıcı politikalar izlemek gerekmektedir (IEA, 2021a).

Diğer taraftan, Paris Anlaşması'nda ortaya konulan sıcaklık hedefinin gerçekleştirilmesi için mevcut önlemlerin yeterli olamayacağını, havacılık ve denizcilik şirketleri kabul etmektedir. Bu itibarla, bu sektörlerde faaliyet gösteren firmalardan bazıları, yeni önlemleri hayata geçirmektedir. Bu önlemlere örnek olarak; bazı havaalanı işletmecileri, yer hizmetlerini dikkate alarak, sadece gürültü kirliliğini azaltmak ve sera gazı emisyonlarını düşürmek amacıyla değil iklim değişikliğinin etkilerini de azaltmak için faaliyetler yürütmektedir. Bu kapsamda, 20'si karbon-nötr olan 92 Avrupa havaalanı "Havaalanı Karbon Akreditasyon Programı'na katılım sağlamıştır (European Environment Agency [EEA], 2021).

Sektör ölçeğinde eylemlerin hayata geçirilmesinde Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'nün (International Civil Aviation Organization, ICAO) kritik rolü bulunmaktadır. ICAO üyesi olan devletler, karbon nötr büyüme hedefinde uzlaşmışlardır. ICAO, bu amaca yönelik, "Küresel Pazar Bazlı Mekanizma" (Global Market-Based Measure, GMBM) veya "Küresel Karbon Denkleştirme Planı" gibi uygulamaları hayata geçirmeye çalışmaktadır. Bu planların kapsamında motor verimliliğinin artırılması ve alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaştırılması da yer almaktadır. Ancak, bu tür planların havacılıktan kaynaklı emisyonun azaltılmasını hızlandırması beklenmemekte, daha çok uçuş operatörlerine emisyonlarını diğer ekonomik sektörlerdeki azaltma ile dengeleme imkânı sunmaktadır (EEA, 2021). Bu durum sektörün emisyonlarının gelecekte aratacağı ön görüsünü beraberinde getirmektedir.

3.1.1.1 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında ulaştırma sektörü.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında önce düşük emisyonlu, daha sonra da sıfır emisyonlu ulaşım türlerinin tercih edilmesi yolu ile kirletici ulaşım türlerinden aşama aşama uzaklaşılması önerilmektedir. Bu noktada, insanların yürüyüş veya bisiklet gibi daha çevreci ve sağlıklı ulaşım türlerine yönelmesini sağlamanın, ulaşım kaynaklı emisyonu azaltmak ve çevre kirliliğinin önüne geçmek adına önemli olduğu vurgulanmaktadır. Ulaşım türleri arasındaki bağlantıların daha verimli ve kullanıcı dostu olması, sektörün emisyonun azaltılması hususunda diğer bir husus olarak öne çıkmaktadır. BMİDÇS kapsamında ulaştırma sektörü için 2050'ye kadar yapılması planlanan faaliyetlerin aşamaları Tablo 3'de listelenmiştir.

Tablo 3. 2050 yılına kadar ulaştırma sektöründe yapılması planlanan faaliyetler (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC] , 2020)

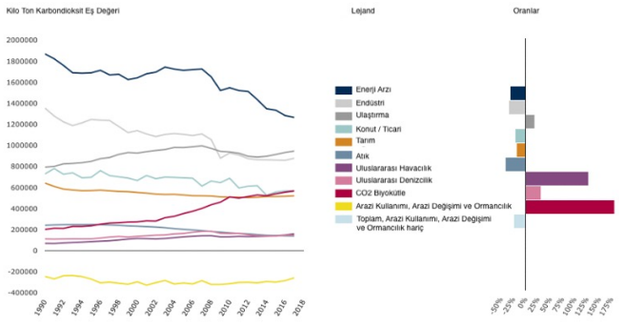
	2021'e kadar	2025'e kadar	2030'a kadar	2040'a kadar
KARA TAŞIMACILIĞI	Önde gelen pazarlarda, 2035 yılına kadar %100 sıfır emisyonlu araçlara geçilmesinin taahhüt edilmesi.	1 milyondan fazla nüfusa sahip şehirlerin, Paris Anlaşması uyarınca kentsel hareketlilik planlarını hazırlamış olmaları.	Önde gelen pazarlarda hafif hizmet araçları için %75 sıfır emisyonlu araç satışı.	2035 yılına kadar önde gelen pazarlarda hafif ticari araçlar ve ağır vasıtalar için %100 sıfır emisyonlu araç satışı.
	3 önemli orijinal parça üreticisi firmanı 2040 yılına kadar sıfır emisyonlu araçlara geçmeyi taahhüt etmesi.		Önde gelen pazarlarda ağır vasıtalar için %40 sıfır emisyonlu araç satışı.	Demiryolu trenlerinin %100 elektrifikasyonunun gerçekleştirilmesi.
	Ulusal demiryoluna sahip ülkelerin, demiryolunun 2050 yılına kadar sıfır karbona ulaşması için tam bir strateji geliştirmesi ve bu hedefe ulaşmak için yapacakları yatırımların ve/veya sübvansiyonların belirlenmesi.		Önde gelen pazarlarda otobüsler için %100 sıfır emisyonlu araç satışı.	
			500 binden fazla nüfusa sahip şehirlerin, Paris Anlaşması uyarınca kentsel hareketlilik planlarını hazırlamış olmaları.	
DENİZ TAŞIMACILIĞI	Gelecekteki sıfır karbon yakıt karışımı konusunda endüstri ile fikir birliğine varılması.	2023 yılına kadar Paris hedefleri doğrultusunda Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün yeniden düzenlenmesi.	Küresel karbon fiyatının 50-100 $ / ton CO_2 olması.	Uluslararası nakliyede %80 sıfır emisyonlu yakıtların kullanılması.
	COP25'e kıyasla armatör ve taşıyıcılardan alınan net sıfır taahhütlerinde on kat artışın gerçekleştirilmesi.		Elektroliz maliyetinin 1 $/kg Hidrojen olması.	Yurtiçi nakliyede %90 sıfır emisyonlu yakıtların kullanılması.
		10 endüstriyel ölçekli sıfır karbon gemi tanıtım projesinin yapılması .	Uluslararası nakliyede %5 sıfır emisyonlu yakıtların kullanılması.	
			Yurtiçi nakliyede %15 sıfır emisyonlu yakıtların kullanılması.	
HAVA TAŞIMACILIĞI	COP25'e kıyasla havayollarından sıfır taahhütte on kat artışın gerçekleştirilmesi.	Dünya çapında %2 sürdürülebilir havacılık yakıtının kullanılması.	Dünya çapında %10 sürdürülebilir havacılık yakıtının kullanılması.	Dünya çapında %90 sürdürülebilir havacılık yakıtının kullanılması.

3.1.1.2 Ülke Örnekleri

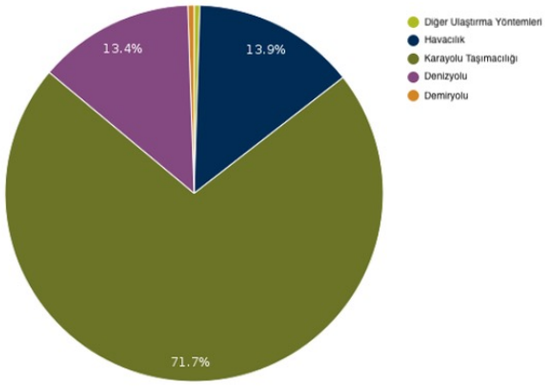
Avrupa Birliği

Ulaştırma sektörü, Avrupa'nın sera gazı emisyonlarının neredeyse dörtte birine sebep olmakta ve şehirlerdeki hava kirliliğinin ana nedeni olarak görülmektedir. Sektörün emisyonları, 2007'de düşüş gösterse de 1990'dakinden daha yüksek seviyelerde olup emisyonlarda, diğer sektörlerde görülen kademeli düşüş gözlemlenmemektedir (Şekil 72). 2019 yılı verilerine göre ulaşımdan kaynaklı tüm sera gazı emisyonları içinde, karayolu taşımacılığı, %70'den fazla payla en büyük emisyon kaynağı olarak görülmektedir. Karayolu taşımacılığını, %13,9 ve %13,4 ile sırasıyla havacılık ve denizyolu takip etmektedir. Demiryolu taşımacılığının emisyon oranı ise %1'i bile bulmamaktadır (Şekil 73).

Avrupa Birliği, ulaşım sektörü emisyonlarını azaltmak için düşük emisyonlu hareketliliğe geçişi önceliklendirmektedir. AB'de ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonlarının, 2050 yılında 1990'a göre en az %60 azaltılarak sıfıra doğru kararlı bir trend içinde olması hedef olarak belirlenmiştir. Enerji tüketimi düşük araçlar, daha iyi alternatif yakıt altyapıları, ulaşım türleri arasına güçlü bağlantılar ve gelişmiş teknolojik imkânlar emisyonların azaltılması noktasında önemli unsurlar olarak görülmektedir (European Commission, 2016).



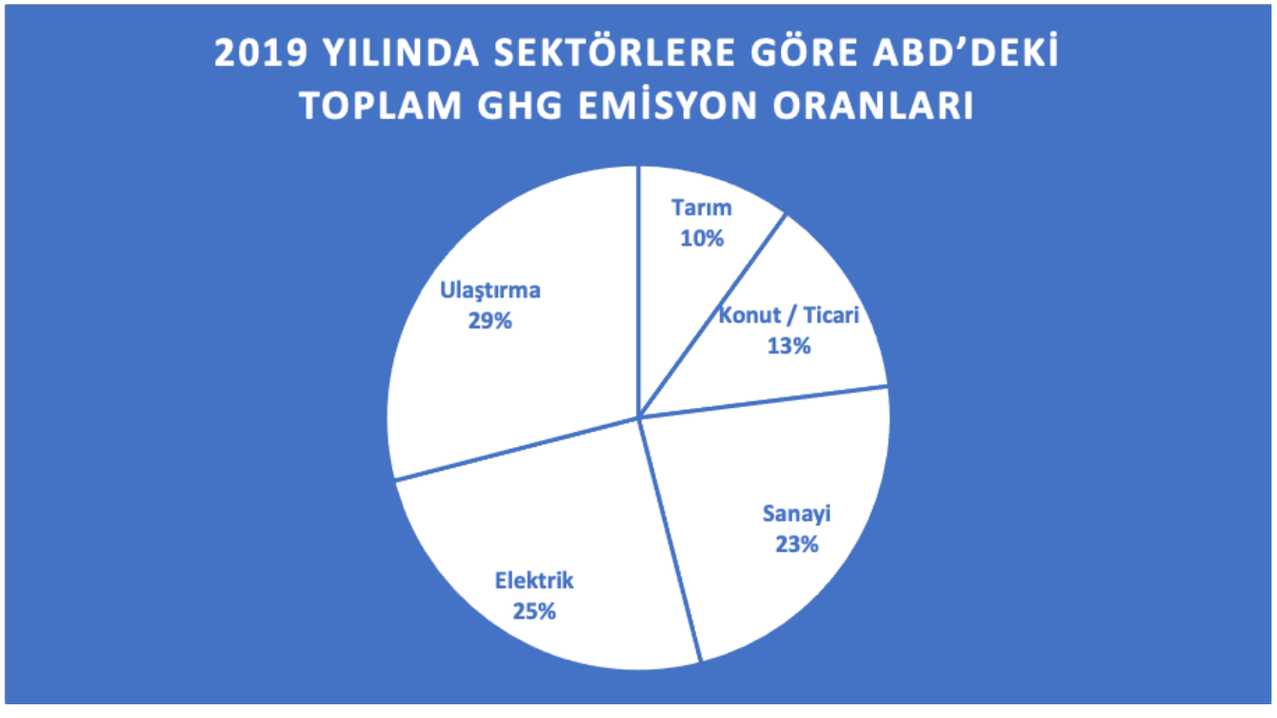
Şekil 72: *2019 yılında Avrupa Birliği'nde sektörlere göre emisyon miktarları ve trendleri (EEA, 2018a)*



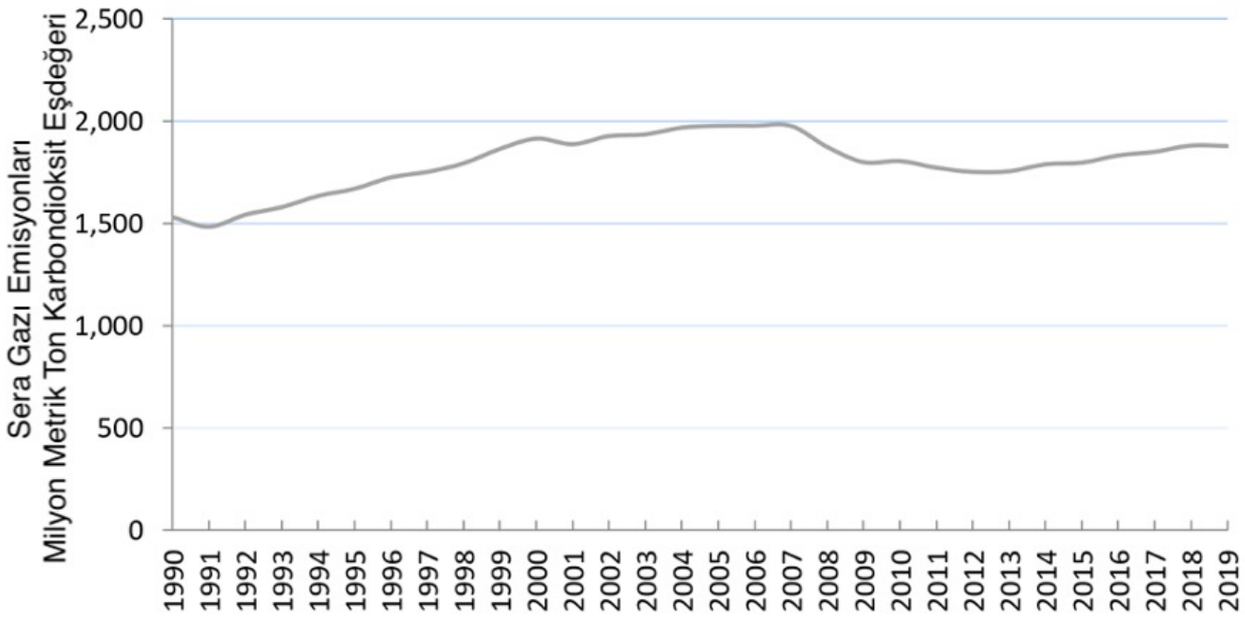
Şekil 73: *2017 yılında Avrupa Birliği'nde ulaştırma içindeki emisyon miktarları (EEA, 2018b)*

Amerika Birleşik Devletleri

2019 yılında ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları, toplam ABD sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 29'unu oluşturmuştur. Bu oran dikkate alındığında, ABD'deki emisyonların en önemli sebebinin ulaştırma kaynaklı olduğu söylenebilir (Şekil 74). Genel eğilim açısından, 1990'dan 2019'a kadar, ulaşım emisyonları, büyük ölçüde artan seyahat talebi nedeniyle artış göstermiştir. Nüfus artışı, ekonomik büyüme, kentsel yayılma gibi faktörlerin bir araya gelmesinin bir sonucu olarak, özellikle binek araçların ile kamyon ve kamyonetlerin kat ettiği taşıt-km değerleri, 1990-2019 döneminde %48 artış göstermiş ve bunun sonucu olarak da emisyon miktarı artmıştır. 2005 yılından itibaren, mevcut araç filosunda yapılan iyileştirmeler ve teknolojik gelişmeler sayesinde emisyon miktarında azalma görülse de uzun vadede sektörün emisyonları hala artış eğilimdedir (Şekil 75). Bu noktada, ABD ulaşım emisyonunu azaltmak için; yakıt dönüşümünü, tasarımı geliştirmeyi, malzemeler ve teknolojilerle yakıt verimliliğini artırmayı, işletim uygulamalarını iyileştirmeyi ve seyahat talebini azaltmayı ana stratejiler olarak belirlemiştir.



Şekil 74: *2019 yılında sektörlere göre ABD'deki toplam GHG emisyon oranları (EPA, 2022)*



Şekil 75: *1990-2019 yılları arası ulaştırma sektörü kaynaklı emisyon miktarı (Cozzi, L. & ark., 2020)*

3.1.2 Türkiye'deki Durum

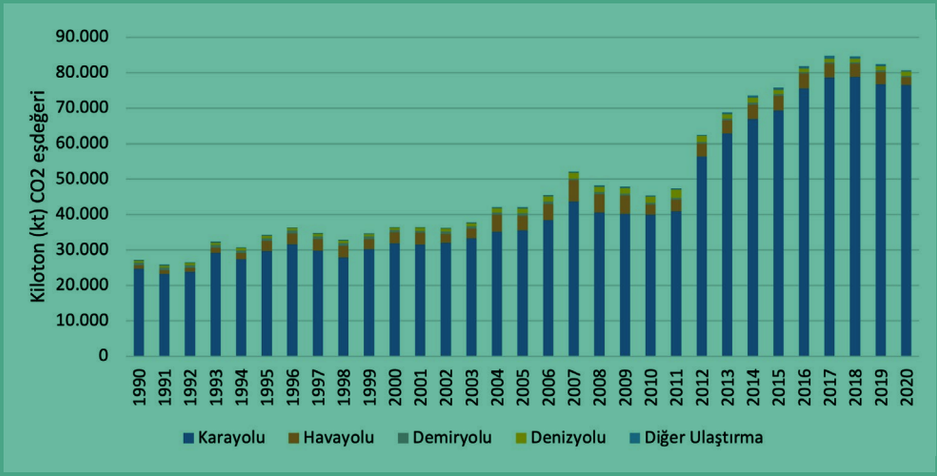
Türkiye'de, ulaşımdaki enerji talebi, 2011'den bu yana %88 oranında artmıştır. Bu artışla birlikte ulaştırma sektörünün enerji talebi, 2019'da toplam nihai tüketimin %27'sine denk gelerek, yaklaşık 28,0 Mtoe seviyelerine gelmiştir. Ulaşımda enerji tüketimindeki dikkat çekici bu artışın ana nedeni, otomobil kullanımındaki artıştır. 2006 ve 2016 yılları arasında otomobiller ve hafif kamyonlar için kişi başına kat edilen araç kilometresi neredeyse iki katına çıkmıştır. Karayolu taşımacılığı, 2018 yılında toplam ulaşım enerji talebinin %92'sini oluşturmuştur. Geriye kalan kısımda, ulusal havacılığın %5 ve boru hattı taşımacılığının, demiryolunun ve yerel denizciliğin küçük payları yer almaktadır (IEA, 2021d).

Fosil yakıtlar, Türkiye'nin ulaşımın enerji talebinde hakim olup 2021'de yurtiçi karayolu ulaşım enerjisi kullanımının %99'ini oluşturmuştur. Türkiye'nin enerji tüketiminin yaklaşık %25'inin ulaştırma sektörü kaynaklı olup, bu tüketimin de %91,6'sının karayolu oluşturmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB], 2020). Karayolu taşımacılığının neredeyse

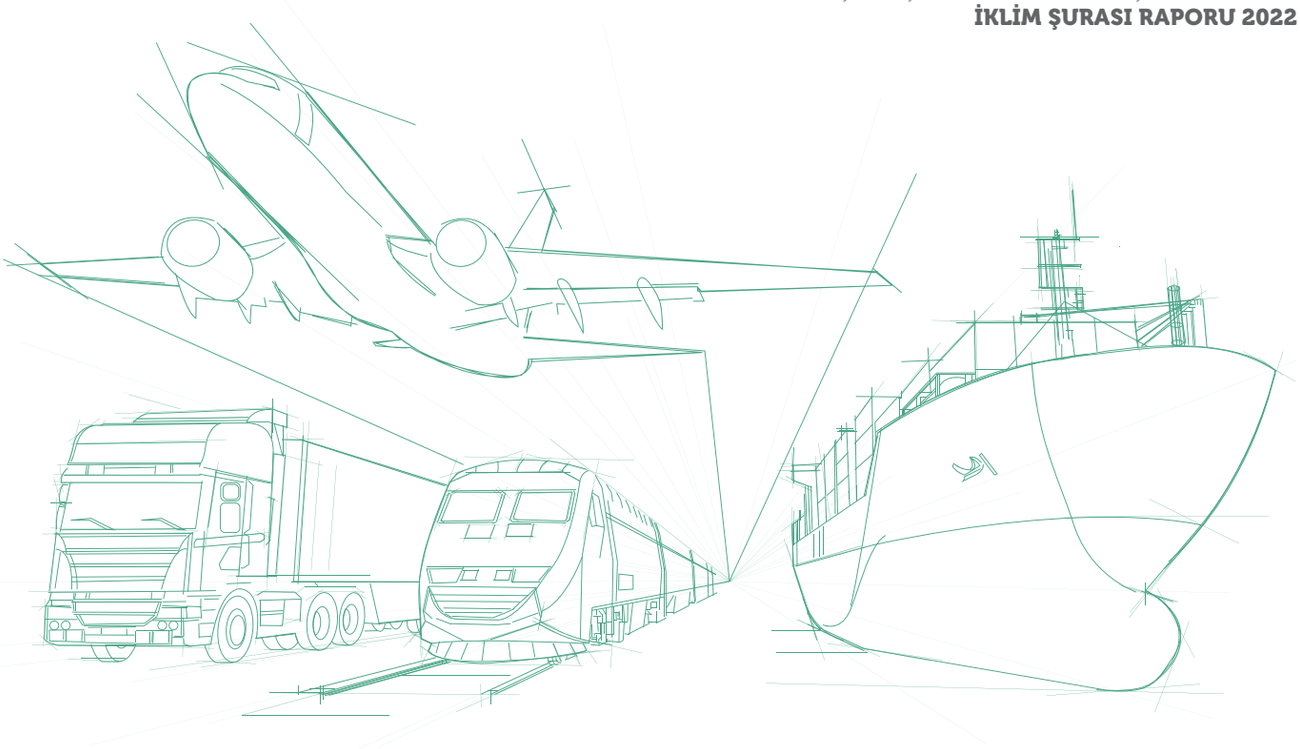
tamamının petrole bağımlı olması, Türkiye için petrol tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak da, enerjide dışa bağımlı olan Türkiye'nin petrol ithalatının artması kaçınılmaz bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin ulaşım sektörünün diğer bir büyük enerji kaynağı, toplam ulaşım enerji talebinin %13'ünü oluşturan ve IEA üyesi ülkeler arasında en yüksek paya sahip olan sıvılaştırılmış petrol gazlarıdır (LPG). Elektrikli araçlar (EV'ler) ise, Türkiye'deki otomobillerin çok küçük bir payını oluşturmaktadır (IEA, 2021d). TÜİK verilerine göre 2021 yılı Aralık ayı istatistiklerinde toplam araç filosunun yalnızca %0,7'si elektrikli ve hibrit araçlardan oluşmaktadır (TÜİK, 2021). Ulusal havacılıkta kullanılan gazyağı (%4) ve doğal gaz, biyoyakıt ve elektrik diğer enerji kaynaklarıdır (IEA, 2021d).

Ulaştırma sektöründe enerji verimliliğinin artması, petrole olan talebin düşmesine ve bu yolla da Türkiye'nin petrol kaynaklı dışa bağımlığının azalmasına yardımcı olacaktır (ETKB, 2017). Türkiye'nin karayolu taşımacılığına olan bağımlılığı dikkate alındığında, yönetimler yolcu ve yük taşımacılığında kombine/intermodal/multimodal uygulamaları teşvik etmeyi, demiryolu ve deniz taşımacılığının payını artırmayı ve ulaşım planlamasında koridor yaklaşımını benimsemeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte, karayolu taşımacılığının hem yük hem de yolcu taşımacılığında hâlâ ağır bir şekilde hâkim olması nedeniyle, bu hedeflere yönelik büyük ilerlemeler gözlenmemektedir.

TÜİK verilerine göre Türkiye'de ulaştırma kaynaklı emisyon miktarında zaman zaman küçük düşüşler de olsa 1990'dan itibaren artış halindedir. Dünyanın geri kalanında da olduğu gibi ulaştırma kaynaklı emisyonların en önemli sebebi Türkiye'de de karayolu taşımacılığı olarak göze çarpmaktadır (Şekil 76). 1990 yılında toplam emisyonun sadece %12,3'ünü oluşturan ulaştırma sektörü kaynaklı emisyonların oranı, 2020 yılına gelindiğinde %15,4'e çıkmıştır. (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2022).



Şekil 76: *1990-2020 yılları arasında Türkiye'de ulaştırma türüne göre sera gazı emisyonu*



3.1.3 Türkiye'deki Ulusal Politikalar

2019 yılında karayolu, taşınan yükün %91,9'unu (ton-km bazında) ve yolcu seyahatinin %90,1'ini (yolcu-kilometre bazında) oluşturmuştur (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [ÇŞİDB], 2021). Bu dağılımın dengelenmesi için, **Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi Hedef 2023** politika belgesinde Türkiye'nin demiryolu yük taşımacılığındaki payının %15'in ve yolcu taşımacılığındaki payının ise %10'un üzerine çıkarılması hedefine yer verilmiştir. Bu sayede 2023 yılı sonuna kadar karayolunun yük taşımacılığındaki payının %60, yolcu taşımacılığındaki payının da %72 seviyesine çekilmesi planlanmaktadır (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı [UAB], b.t.).

2011-2023 İklim Değişikliği Eylem Planı'nda ulaştırma sektörüyle ilgili enerji verimli araçlara teşvik, denizyolu ve demiryolunun güçlendirilmesi, bisiklet ve yaya ulaşımının iyileştirilip geliştirilmesi gibi eylemler tanımlanmıştır (ÇŞİDB, b.t.). Bu eylemler sayesinde sürdürülebilir ulaşım sağlanıp enerji verimliliğinin teşvik edilmesi amaçlanmıştır. **2017-2023 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı**'nı, toplu taşıma ve diğer yöntemlerle kentlerde araç kullanımını azaltmaya yönelik hedefler içermektedir. Yine bu eylem planında yeni vergi sistemleri ile emisyonu yüksek olan araçların kullanımını azaltmaya yönelik çalışmalar yapılması için de çağrıda bulunulmuştur (ETKB, 2017).

En üst düzey ulusal politika belgesi olan **11. Kalkınma Planı**'nda yer alan ulaştırma sektörü ile ilgili maddeler aşağıda listelenmiştir:

- Ulaştırma türleri arasındaki entegrasyon güçlendirilecek ve sektöre giriş engellerini ortadan kaldıracak tedbirler alınacaktır.

- Lojistik faaliyetlerinde esneklik, hız, öngörülebilirlik, güvenlik, kalite, ölçek ekonomisi ve yenilikçilik gibi hizmet düzeyi parametreleri iyileştirilecektir.

- Kaynakların daha etkin kullanılması, verimliliğin artırılması ve görev odaklı organizasyon yapısının sağlanmasını teminen demiryolu sektöründeki kuruluşların altyapı çalışmaları, işletmeciliği ve bakım onarımı ile tren işletmeciliği ve bakım-onarımı ayrımında görev dağılımları yeniden organize edilecektir.

- Ülkemizdeki kamu ve özel sektörün liman yatırımları bütüncül bir bakış açısıyla koordine edilecek ve çevreye duyarlı, sürdürülebilir liman uygulamaları yaygınlaştırılacaktır.

- Ulaştırma sektöründe bakım-onarım hizmetlerinin zamanında ve yeterli düzeyde karşılanmasını sağlayacak bir yapı tesis edilecek, ulaştırma altyapılarının yeterli hizmet seviyesinde tutulmasına yönelik gerekli yatırımlara ağırlık verilecektir.

- Karayolu trafik kazalarından kaynaklı ölüm, yaralanma ve hasarların en aza indirilmesi sağlanacaktır.

- Ulaştırma sisteminin sürdürülebilirliği ve mevcut altyapının verimliliğini teminen talep yönetimi benimsenecek, ulaştırma yatırımları verimlilik odağında rasyonelleştirilecektir.

- Ulusal ölçekteki mekânsal planlar ile ulaşım planlarının bütüncül bir şekilde ele alınması sağlanacak; kentsel lojistik planlar, makro ölçekteki mekânsal strateji planları, çevre düzeni planları ve lojistik master planları eşgüdüm içerisinde hazırlanacak ve uygulanacaktır.

- Demiryolu yolcu taşımacılığında tüketici odaklı talep yönetimi ile modern tren işletmeciliği yapılarak hizmet kalitesi artırılacak; hızlı, güvenli, emniyetli ve konforlu bir demiryolu ulaşımı tesis edilecektir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı [SBB], 2019).

2010-2020 yıllarını kapsayan **Türkiye İklim Değişikliği Stratejisine** göre, Ulaştırma sektörü için amaçlanan azaltım politikaları aşağıda listelenmiştir:

- Yük ve yolcu taşımacılığında demiryolu, denizyolu ve havayolunun payının ve kapasite kullanım oranının artırılması için planlar geliştirilecektir.
- Kombine taşımacılığın geliştirilmesi ile ilgili potansiyel analiz çalışması yapılacaktır.
- Kısa mesafeli deniz ve göl taşımacılığı desteklenecektir.
- Şehirlerde bisiklet gibi çevre dostu ulaşım araçlarının kullanımının yaygınlaştırılmasına ve yaya ulaşımına imkân veren düzenlemeler özendirilecektir.
- Özellikle büyük şehirlerde metro ve hafif raylı sistemler ile toplu taşıma sistemleri yaygınlaştırılacaktır.
- Kentlerde kullanılan toplu taşıma araçlarında alternatif yakıt ve temiz araç teknolojilerinin kullanılması yaygınlaştırılacaktır.
- Yol ağının geometrik ve fiziki standartlarının daha az yakıt sarfiyatı sağlamak amacıyla yükseltilmesine yönelik Ar-Ge çalışmaları yapılacaktır.
- Akıllı ulaşım sistemi uygulamaları geliştirilecektir.
- Ulaşımda enerji verimliliğini artıracak uygulamalar geliştirilecektir.
- Yük ve yolcu taşımacılığında %2 olan demiryolu ve deniz- yolunun payı arttırılacak ve havayolu taşımacılığı desteklenecektir.
- Alternatif yakıt, CO_2 ve NOX emisyonlarını en aza indirgeyen yeni teknoloji ürünü motorların ve hibrit gibi çevre dostu ulaşım araçların kullanımı yaygınlaştırılacaktır (ÇŞİDB, b.t.).

“Yeşil Mutabakat Eylem Planı” 16 Temmuz 2021 tarihinde açıklanmış olup Türkiye’nin kalkınma hedeflerine uygun olarak sürdürülebilir ve kaynak-etkin bir ekonomiye geçişini ve Avrupa Yeşil Mutabakatı ile öngörülen değişikliklere uyumunu desteklemeyi amaçlamaktadır. Eylem Planı 9 ana hedef altında 32 amaç ve 81 eylemden oluşmaktadır (Ticaret Bakanlığı [TB], 2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planında yer alan ulaştırma sektörü ile ilgili maddeler aşağıda listelenmiştir:

- Sürdürülebilir ve akıllı taşımacılığın geliştirilmesi hedefi kapsamında, Kombine Taşımacılık Yönetmeliği ve Lojistik Merkezler Yönetmeliği yürürlüğe konacaktır.
- Demiryolu taşımacılığının geliştirilmesi hedeflenmektedir.
- Yeşil liman sertifika programına yönelik ulusal mevzuatın yayımlanmalıdır.
- 2024 yılına kadar Akdeniz’in SECA (Kükürt Emisyon Kontrol Alanı) ilan edilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
- Denizcilik sektöründen kaynaklanan zararlı emisyonlar azaltılmalı ve yeşil denizcilik desteklenmelidir.
- Elektrikli araç ve şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik strateji geliştirme ve planlama faaliyetleri yürütülmelidir.
- Mikro hareketlilik araçların kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Ulaşım tür ve yöntemlerinin dengeli gelişmesini destekleyecek şekilde “Kombine Taşımacılık” Yönetmeliği ve “Lojistik Merkezler” Yönetmeliği yürürlüğe konacaktır.
- AB ile Türkiye arasındaki demiryolu altyapısının iyileştirilmesine ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürdürülecektir.
- Yeşil Liman Sertifika Programına ilişkin ulusal mevzuatın hazırlanması ve bu programdan azami fayda sağlanması ve farkındalık oluşturulması amacıyla bilgilendirme ve tanıtım toplantıları gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.
- Akdeniz’in SECA (Kükürt Emisyon Kontrol Alanı) ilan edilmesine yönelik çalışmalar kapsamında, ülkemizce uyuma yönelik hazırlık çalışmaları yürütülecektir.

- Denizcilik sektöründen kaynaklanan zararlı emisyonların azaltılması ve yeşil denizciliğin desteklenmesine yönelik çalışmalar yürütülmesi planlanmaktadır.

- Elektrikli araç ve şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik strateji geliştirme ve planlama faaliyetleri yürütülecektir.

- Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planında yer alan "Toplu Taşıma Filolarında ve Hizmet Araçlarında Elektrikli Araçların Kullanılması ve Toplu Taşımanın Teşvik Edilmesi" eyleminin etkin bir şekilde uygulanması takip edilecektir.

- Egzoz emisyonlarının azaltılması ve alternatif yakıtlı, düşük emisyonlu bireysel ulaşım imkanlarının sağlanması amacıyla, bisiklet ve paylaşımlı elektrikli skuter sistemleri gibi mikro hareketlilik araçlarının kullanımının artırılmasına yönelik gerekli mevzuat çalışmaları tamamlanacak, Bisikletli Ulaşım Master Planları hazırlanacak ve bisiklet/e-skuter yolları, park ve şarj istasyonları yapılacaktır.

- Sürdürülebilir kentsel hareketlilik bağlamında bisiklet yolları başta olmak üzere kentsel ulaşım projelerinde IPA fonları kullanılacaktır.

3.2 Tespit Edilen Sorun Alanları ve Çözüm Önerileri

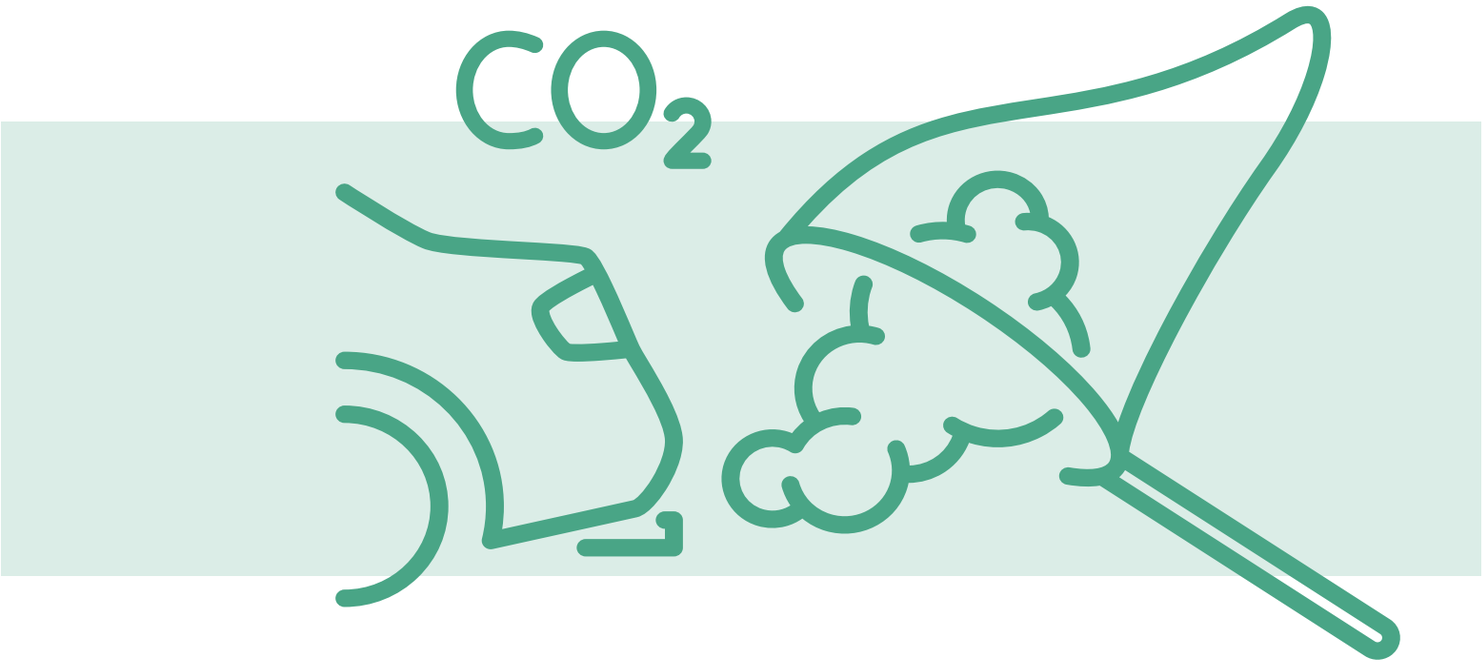
2022 İklim Şurası hazırlıkları kapsamında yapılan anketlerde, Net Sıfır Emisyon vizyonu için görülen en önemli sorun alanları; politika/mevzuat, finansman kaynağı ve paydaşlar arası iş birliği ve koordinasyon eksiklikleri olarak belirlenmiştir. Komisyon çalışmaları sırasında ulaştırma sektörü için detaylı olarak incelendiğinde bu başlıklarla paralel bir biçimde ortaya çıkan sorun alanları dile getirilmiş ve bu sorun alanları için belli başlı çözüm önerileri ortaya atılmıştır.

Öncelikle ulaştırma alanında ulaşım talep ve alt kırılımları (teknoloji, mesafe, taşıma türü ve amacı, araç teknolojileri, vb. tabanlı olarak) bilinmemektedir. Buna ek olarak, taşıma sistemindeki optimizasyon eksiklikleri ve verimlilik konusundaki sıkıntılar dile getirilmektedir. Ulaştırma sistemindeki mevcut uygulamalar ve yeni uygulamalar arasındaki uyumsuzluklar neticesinde, ortaya bazı sorunlar çıkmakta ve bu sorunlar ulaştırma kaynaklı sera gazı emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, kullanılmakta olan sistemlerin verimlilik analizleri yeteri kadar incelenememiş olup, büyük ölçekte verimi düşük taşıma sistemleri ile devam edilmektedir.

Bir diğer temel sorun alanı ise ulaşımda kullanılan araçların genel olarak yüksek emisyonlu olması ve düşük veya sıfır emisyonlu araçlara dönüşlerdeki zorluklar olarak belirlenmiştir. Özellikle elektrikli araçlar ve alternatif yakıtlı araçlar sayesinde ulaştırma kaynaklı emisyonun düşürülmesi düşünüldüğü için bu dönüşüm oldukça hayati bir öneme sahiptir. Bu sebeple de bu dönüşümün olabildiğince hızlı ve doğru biçimde ilerlemesi 2053 Sıfır Emisyon vizyonu noktasında önemli bir adım olarak gözükmektedir. Son olarak düşük emisyonlu mobilite için etkin ortamların oluşturulmasındaki eksiklikler bir diğer önemli sorun alanı olarak ortaya konulmuştur. Kentsel planlamalar ve alt yapı eksikliklerini kapsayan bu sorun alanı için oldukça önemli ve sürdürülebilir planlamalar yapılmalı ve bu doğrultuda adımlar atılmalıdır.

Yukarıda bahsedilen temel sorun alanları için 2022 İklim Şurası komisyon toplantıları neticesinde ortaya konulan çözüm odaklı politikalar aşağıda listelenmiştir.

- Ulaştırma türü ve teknolojileri kırılımında veri toplanmalı ve uzun vadeli ulaşım talep tahmini ve buna bağlı olarak emisyon tahmin modelleri geliştirilmelidir.



- Yük ve yolcu taşımacılığında demiryolu ve denizyolu paylarının arttırılması ile ilgili ulusal hedeflere ilişkin politikalar hedeflenmelidir.
- Kentlerde sürdürülebilir ulaşım planlaması amaçlanmalıdır.
- Düşük emisyonlu, alternatif yakıtlı ve sıfır emisyonlu kara taşıtlarına dönüşüm sağlanmalıdır.
- Yakıt kullanımında biyoyakıtların payı arttırılmalıdır.
- Demiryolu tren işletmecilerinin enerji tedarikinde, tekel konumunda olan demiryolu altyapı işletmecisine bağlı olmamalıdır.
- Denizcilik sektöründe yakıt dönüşümleri, batarya kullanımı ve enerji verimliliği konularında sıkıntılar ile uluslararası uygulamalara uyum sorunları çözülmelidir.
- Elektrikli araç şarj altyapısı olmalıdır.
- Ulaşımda enerji verimliliği hedeflenmelidir.
- Hidrojen yakıtlı araçların gereksinimleri belirlenmelidir.

3.3 İklim Şurası Kararları

1. Ulaştırma türü ve teknolojileri kırılımında, uzun vadeli (2053) projeksiyon için veri toplanmalı ve doğrulanmalı, ulaşım talep tahmini ve buna bağlı olarak emisyon azaltımına yönelik referans senaryo belirlenmeli ve eylem tahmini yapılmalıdır.

2. Emisyon azaltımına yönelik yapılmış ve yapılacak olan modelleme çalışmaları sonucunda ön plana çıkan ulaştırma modlarına (demiryolu, denizyolu vb.) ve alt yapı çalışmalarına (elektrifikasyon, yenilenebilir enerji ve limanlarda gemilere karadan elektrik verilmesi vb.) yönelik destek ve teşvikler planlanmalıdır.

3. Ulaşımla ilgili planlarda ve koordinasyon birimlerinde emisyon azaltımına katkı verecek Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) uygulamalarının hayata geçirilmesi sağlanmalıdır.

4. Ulaştırma sektöründe azaltım stratejisi ile iklim değişikliğine uyum stratejisi arasındaki sinerji sağlanmalı, sektörün etkilenebilirliği azaltılmalıdır.

5. Ulusal ve uluslararası yük taşımacılığında yeşil kombine yük taşımacılığı imkanlarının ve lojistik merkezlerinin geliştirilmesi için gerekli politikalar oluşturulmalıdır.

6. Uygun yer ve ölçekte demiryolu ve denizyolu altyapıları geliştirilmeli, yük ve yolcu taşımacılığında demiryolu ve denizyolunun payı artırılmalıdır.

7. Karayolu yük ve yolcu taşımacılığı motorlu taşıtlarında sıfır veya düşük emisyonlu ve alternatif yakıtlı araç kullanımının yaygınlaştırılması için gerekli politikalar geliştirilmelidir.

8. Kentlerde yük ve yolcu taşımacılığı için sıfır veya düşük emisyonlu ulaşım türlerinin (başta raylı sistemler olmak üzere toplu taşıma, bisiklet, yaya, mikro/elektro mobilite türleri, paylaşımlı sistemler) kullanımını arttıracak adımlar atılmalı, düşük emisyon bölgesi uygulaması hayata geçirilmelidir.

9. Kentlerde tüm ulaşım sistemleri entegre olarak geliştirilmeli ve tüm ulaşım biçimlerinde sıfır veya düşük emisyonlu enerji kaynakları ve akıllı ulaşım sistemlerini içeren sürdürülebilir ulaşım planlaması yaklaşımı benimsenmelidir.

10. Kentlerde ulaşım emisyon azaltım planlaması için Ulaşım Ana Planları (UAP), İklim Değişikliği Eylem Planları (İDEP), Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planları (SKHP), Bisikletli Ulaşım Ana Planları (BİSUAP) ve Mekânsal Planlar arasında bütünlük ve tutarlılık sağlanmalıdır.

11. Ulaşımda elektrifikasyon ekosistemi bir bütün olarak değerlendirilerek bütüncül politika ve teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır. Özel kullanım hareketliliği ve kentsel toplu taşıma, ara toplu taşıma ve banliyö taşımacılığı için gerekli elektrikli araç (raylı sistemler, elektrikli otobüs ve minibüs, hibrit otobüsler, elektrikli yolcu gemileri ve tekneleri, vb.), batarya sistemleri ve şarj altyapısı ile bunları destekleyecek enerji üretim ve dağıtım altyapısı elektrik sektörüyle eş zamanlı olarak geliştirilmelidir.

12. Sürdürülebilir alternatif yakıt kullanımını desteklemek üzere; gıda güvenliğini önceliklendirmek suretiyle ve atıkların öncelikli olarak değerlendirilmesi prensipleri çerçevesinde biyoyakıt kullanımı yaygınlaştırılmalı ve havayolu taşımacılığında yakıtların payları arttırılmalıdır.

13. Hidrojen yakıtlı araçlar için altyapı gereksinimleri belirlenmeli ve hidrojen yakıtlı araçların payları arttırılmalıdır.

14. Tüm araç gruplarında, mevcut araç parkının birim enerji tüketimi ve emisyonu düşük veya sıfır emisyonlu araçlara dönüşümü konusunda sektörel bazlı politika geliştirilmeli, araç yenileme programı planlanmalı ve devreye alınmalıdır.

15. Denizcilikte yeşil dönüşüm kapsamında limanlarda gemilere karadan elektrik verilmesi alt yapısının yaygınlaştırılması ve gemilerin hibrit/elektrikli olması ve enerji verimliliği/alternatif yakıt dönüşümleri ve sürdürülebilir kıyı yapıları desteklenmelidir.

KAYNAKÇA

Aviation and shipping in the spotlight. European Environment Agency. (2021, May 11). Retrieved March 16, 2022, from https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2016/articles/aviation-and-shipping-in-the-spotlight

Bouckaert, S., Pales, A. F., McGlade, C., Remme, U., Wanner, B., Varro, L., ... & Spencer, T. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2021. Çevresel Göstergeler, https://webdosya.csb.gov.tr/db/cevreselgostergeler/duyurular/2021-yili--8230-58680-20220314173814.pdf

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (bt). Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023. https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/file/eylem%20planlari/Iklim%20Degisikligi%20Eylem%20Plani_TR.pdf

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (bt). Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023. https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/Turkiye-Iklim-Degisikligi-Stratejisi.pdf

Cozzi, L., Gould, T., Bouckart, S., Crow, D., Kim, T. Y., Mcglade, C., ... & Wetzel, D. (2020). World Energy Outlook 2020. vol, 2050, 1-461.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Ulusal enerji verimliliği eylem planı 2017-2023.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2020). 2020 Yılı Ulusal Enerji Denge Tablosu.

European Commission. (2016). A European Strategy for Low-Emission Mobility. Brussels.

European Environment Agency. (2018). Total greenhouse gas emission trends and projections in Europe. Retrieved March 16, 2022. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/greenhouse-gas-emission-trends-6/assessment-3

European Environment Agency. (2018). Greenhouse gas emissions from transport in Europe. Retrieved March 16, 2022. https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12

European Environment Agency. (2021). Aviation and shipping in the spotlight. Retrieved March 16, 2022. https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2016/articles/aviation-and-shipping-in-the-spotlight

Environmental Protection Agency. (n.d.). Sources of Greenhouse Gas Emissions. EPA. Retrieved March 16, 2022, from https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions

Gugele, B., Strobel, B., Taylor, P., & Jol, A. (2022). Greenhouse gas emission trends and projections in Europe (No. 33). Copenhagen: European Environment Agency. Environmental issue report.

IEA. (2021). Tracking Transport 2021 – analysis. IEA. Retrieved March 16, 2022, from https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2021

IEA. (2021). Global Energy Review 2021 – analysis. IEA. Retrieved March 16, 2022, from https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021

IEA. (2020). Evolution of road passenger transport activity in selected countries in early 2020 – Charts – Data & Statistics. IEA. Retrieved March 16, 2022, from https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/evolution-of-road-passenger-transport-activity-in-selected-countries-in-early-2020

IEA. (2021). Global Electric Vehicle Stock by region, 2010-2020 – charts – Data & Statistics. IEA. Retrieved March 16, 2022, from https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-vehicle-stock-by-region-2010-2020

IEA. (2022). Transport sector CO2 emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030. Retrieved March 16, 2022, https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-co2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030

IEA EPR. (2021). International Energy Agency, Turkey 2021, Energy Policy Review. https://www.iea.org/reports/turkey-2021

National Research Council, Committee on Climate Change, US Transportation, Transportation Research Board, Division on Earth, & Life Studies. (2008). Potential impacts of climate change on US transportation: Special report 290 (Vol. 290). Transportation Research Board.

Statista . (2020). Distribution of carbon dioxide emissions produced by the transportation sector worldwide in 2020, by subsector. Retrieved March 16, 2022, from https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/

Strateji, T. C., & Başkanlığı, B. (2019). On birinci kalkınma planı (2019-2023). Erişim adresi: http://www. sbb. gov. tr/wpcontent/uploads/2019/11/ON_BIRINCI_KALKINMA-PLANI_2019-2023. pdf.

TÜİK-NIR,2022. (2022). TurkStat Turkish GreenHouse Gas Inventory, National Inventory Report for submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

TÜİK. 2021. Motorlu Kara Taşıtları Aralık 2021. https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=ulastirma-ve-haberlesme-112&dil=1

UNFCCC. (2020). Clımate Actıon Pathway, Transport, Executive Summary, Retrieved March 16, 2022, from https://unfccc.int/sites/default/files/resource/ExecSumm_Transport_1.pdf

Urbantransportnews. (2022). Retrieved March 16, 2022, from https://urbantransportnews.com/news/indian-railways-to-launch-hydrogen-fuel-powered-train-as-pilot-project)

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB). (bt). Türkiye Ulaşım ve İletişim Stratejisi Hedef 2023. http://www.sp.gov.tr/upload/xSPTemelBelge/files/93C5Y+Turkiye_Ulasim_velletisim_Stratejisi.pdf.

4. SANAYİ

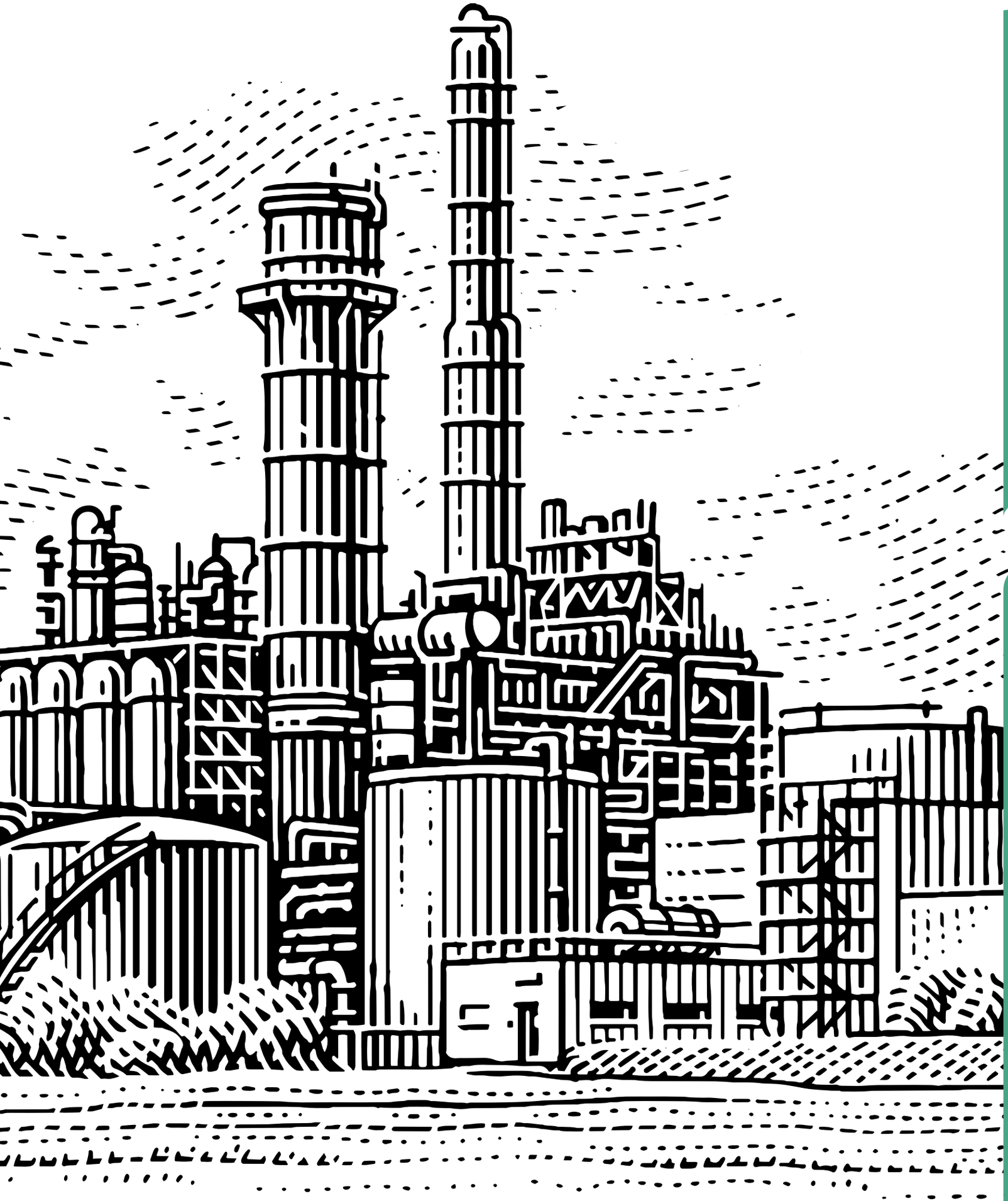
4.1 Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

4.1.1 Dünyadaki Durum

Başta üretim olmak üzere günümüz ekonomik faaliyetleri; iklim değişikliği doğal kaynakların tükenmesi ve enerji arz güvenliğinin zorlaşması gibi sorunlara sebep olmaktadır. Bu bağlamda sanayi sektörü toplumun refahının artmasına ve tüketim kalıplarının değişmesine bağlı olarak artan ürün talebini karşılamakta iken üretim sürecinin bir çıktısı olarak çevresel kirliliğe de sebep olmaktadır. Bu noktada sınırlı olan kaynakların doğanın kendini yenileme hızından hızlı tüketimi küresel çevre problemlerini meydana getirmesi nedeniyle sanayileşmenin ancak çevreye olumsuz etkilerini en aza indirerek devam edebileceğini ortaya koymuştur.

İklim değişikliği sürecinin sanayi sektörüne etkileri, getireceği yükümlülükler ve sunacağı fırsatlar sektördeki firmaların tüm iş ve yönetim süreçleriyle yakından ilgilidir. İklim değişikliği hâlihazırda sanayiyi birçok açıdan etkilemektedir.

Sanayi faaliyetleri kaynaklı sera gazı emisyonları doğrudan



(tesis alanında yayılan emisyonlar) ve dolaylı (örneğin, ayrı bir güç tesisinden işletmelerin tükettiği elektriğin üretilmesi sırasında oluşan emisyonlar) olarak ikiye ayrılır. Yaklaşık %70'e tekabül eden doğrudan emisyonlar yakıtların yanması ve kimyasal bir tepkimenin çıktısı (Kalsiyum Karbonatın ($CaCO_3$) Kalsiyum Oksite (CaO) dönüşmesi gibi) olan proses emisyonları olarak iki kalemde ele alınır.

Kovid-19 küresel salgınının ortaya çıkardığı üretimdeki yavaşlama sebebiyle, doğrudan endüstriyel CO_2 emisyonları 2020'de %1,6 düşüşle 8.7 $GtCO_2$'ye gerilemiştir. (International Energy Agency [IEA], 2022). 2021 yılında küresel toparlanma ile enerji ve endüstriyel kaynaklı emisyonlar 2020 yılına göre %6 artarak 36.3 Gton'a yükseldi. IPCC Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu'na uyum sağlamak için sanayi emisyonlarının, beklenen endüstriyel üretim büyümesine rağmen 2030 yılına kadar yıllık %1,2 düşüşle 7,4 $GtCO_2$'ye düşmesi gerekmektedir (IEA, 2021a).

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) yaptığı projeksiyonlara göre sanayi sektöründe azaltıma ilişkin herhangi bir önlem alınmazsa 2050 yılına kadar sanayi kaynaklı emisyonlar %74-91 arasında artacaktır (Napp ve diğ, 2014: 617).

Bu öngörüye göre sanayi kaynaklı emisyonlar diğer nihai sektörlere göre daha fazla artış göstermektedir. Son dönemde en yüksek emisyon artışının gerçekleştiği bölge olan Asya, küresel ölçekte sanayi kaynaklı emisyonların yarısından fazlasından sorumlu olarak bu alanda liderliğini sürdürmektedir.

Özellikle artan nüfus ve şehirleşme gibi etkilerle çelik, çimento, alüminyum ve kâğıt gibi enerji tüketimi yoğun olan sanayi üretiminde artış görülmektedir. Çelik ve çimento gibi üretimleri sırasında önemli emisyon ortaya çıkan ürünlere olan talebin birçok projeksiyon çalışmasında 2010 yılına kıyasla 2050 yılında en az ikiye katlanacağı öngörülmektedir. Bu üretim hacminin büyük bir kısmının ise gelişmekte olan dünya tarafından karşılanması beklenmektedir (Napp ve diğ., 2014: 617; Fischedick ve diğ, 2014: 784; IEA,2016). Bu durumun sanayiden kaynaklanan emisyonlarda dünya genelinde büyük bir artışa neden olacağı beklenmektedir. Bu bağlamda sanayiden kaynaklanan emisyonların takibi ve azaltılması büyük önem taşımaktadır.

Sanayi kaynaklı emisyonlarda ilk sıralarda yer alan çimento sektöründe, 2015-2020 yılları arasında üretimden kaynaklı CO_2 yoğunluğu %1,8 oranında artmıştır (IEA, 2021b). Buna

karşılık, 2050'ye kadar net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yola devam etmek için 2030'a kadar yıllık %3'lük bir düşüş gerekmektedir. Bu noktada katkılı çimento üretiminin artırılması da dahil olmak üzere klinker/çimento oranının düşürülmesi, alternatif yakıt olarak atıktan türetilmiş yakıtın (ATY) kullanım oranının artırılması ve üretim sürecinde yenilikçi teknolojilerin uygulanması gibi yöntemler ile çimento sektöründen kaynaklı emisyonların azaltılması hedeflenmektedir.

Teknolojik yatırımların bir kere yapıldıktan sonra uzun kullanım ömürleri olması ve yeni/yeşil teknolojiye çeşitli sebeplerle ulaşılamamasından dolayı, sanayi sektörlerinin bir kısmı karbonsuzlaşma konusunda oldukça zorlanmaktadır. Bu nedenle sektörde kaynak ve enerji verimliliğinin ve yenilenebilir enerjinin kullanımının artırılması ve düşük karbonlu üretim yollarının yaygınlaştırılması elzemdir.

4.1.1.1 AB'de Sanayi Sektörü ve Çevre

Avrupa Birliği (AB) içerisinde faaliyet gösteren sanayinin çevresel performansı son on yılda iyileşme göstermiştir. Bu olumlu değişimin ana nedenleri daha sıkı çevre düzenlemeleri, enerji verimliliğindeki gelişmeler, Avrupa sanayisinin daha kirletici üretim türlerinden uzaklaşmaya yönelik genel bir eğilim göstermesi ve işletmelerin çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayan gönüllü programların geliştirilmesi olarak özetlenebilmektedir. Ancak bu gelişmelere rağmen, sanayi sektörü hâlâ kirlilik ve atık üretimi açısından Avrupa'da, çevre üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Bu noktada Avrupa Birliği sanayiden kaynaklı emisyonları azaltmak ve sınırlandırmak için bazı politikalar belirlemiştir (European Environment Agency [EEA], 2022). Bu politikalardan bazıları ve amaçları aşağıda belirtilmiştir:

- **Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED):** Atmosfere, suya ve toprağa kirletici emisyonları önlemek veya en aza indirmek için yaklaşık 50.000 büyük endüstriyel tesisin yükümlülüklerini tanımlar. Endüstriyel Emisyonlar Direktifi; Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK), Büyük Yakma Tesisleri (BYT), atık yakma ve yardımcı yakma tesisleri, solvent kullanılan faaliyetler ve titanyum dioksit direktiflerinin de dahil olmak üzere 7 sektörel direktifi kapsamaktadır. Endüstriyel Emisyonlar

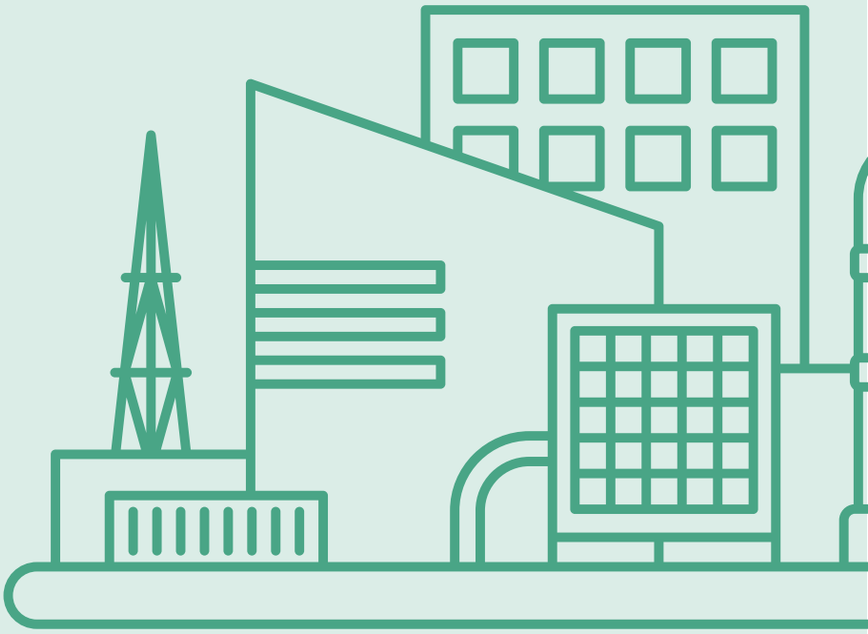
Direktifi, Direktifin Ek'1 inde yer alan faaliyetler için mevcut en iyi teknikler kullanılarak, entegre izin şartlarını, sınır değerlerini ve hüküm ve esaslarını işletme özelinde belirlemektedir.

- **Orta Yakma Tesisleri Direktifi:** Nominal termal girdisi 1-50 megawatt'a (MWth) arasında olan tesislerde yakıtların yanmasından kaynaklanan kükürt dioksit (SO2), azot oksitler (NOX) ve toz emisyonlarını düzenlemektedir.

- **Avrupa Birliği'nin Emisyon Ticareti Sistemi:** 31 ülkedeki 12.000'den fazla elektrik üretimi ve imalat tesisinin yanı sıra havacılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını kapsayan bir emisyon ticaret sistemi mevcuttur. ETS, AB'ye ait sera gazı emisyonlarının %45'ini kapsamaktadır.

- **Avrupa Kirletici Salınımı ve Aktarımı Kaydı (E-PRTR),** büyük sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan kirletici emisyonlarına ilişkin geniş kapsamlı bir envanter sunmaktadır. Bu direktif, kamunun bilgiye erişimi sağlamak amacıyla, havaya, suya ve toprağa salınan kirletici miktarının yanı sıra atıkların ve atık sudaki kirleticilerin tesis dışına aktarımıyla ilgili olarak 33 Avrupa ülkesinde 30.000'den fazla sanayi tesisine ilişkin yıllık emisyon verisi içermektedir.

Avrupa Komisyonu 11 Aralık 2019 tarihinde yayımladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) ile bir taraftan iklim değişikliği ile mücadeleyi ve çevre sorunlarının çözümünü hedeflemekte diğer taraftan yeni bir ekonomik düzene geçmenin yol haritasını oluşturmaktadır. AYM'nin amacı; yeni bir büyüme stratejisiyle 2050 yılında sıfır emisyonlu, kaynak verimli ve rekabetçi bir ekonomi ile AB'yi modern, adil ve müreffeh bir topluma dönüştürmek olarak tanımlanmaktadır. Açıklanan AYM bir yol haritası olarak iklim değişikliği, enerji, sanayi, binalar, inovasyon, gıda, ulaştırma, kirlilik, biyoçeşitlilik ve finans gibi alanlarda çok önemli kararları ve politikaları içermektedir. Ülkemizin en



önemli ticaret ortağı olan AB'nin AYM ile başta sınırda karbon düzenlemesi olmak üzere önemli değişiklikler getirmektedir. Bu kapsamda ülkemizce hazırlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı 16 Temmuz 2021 tarihinde açıklanmıştır. Planla sanayi üretiminin yeşil mutabakat gereklerine uyması amacıyla yol haritası belirlenmiştir (Ticaret Bakanlığı [TB], 2021).

Avrupa Birliği, "AB için Yeni Sanayi Stratejisi" belgesini 10 Mart 2020 tarihinde açıklamıştır. Artan küresel rekabetçilik ortamında Avrupa sanayiinin değişimin öncüsü pozisyonunu korumaya devam etmesinin ancak değişime uyum göstererek sağlanabileceğinden hareketle hazırlanan Strateji, AB sanayiinin iklim-nötr ve dijital liderlik hedeflerinin teşkil ettiği ikiz dönüşümün hayata geçirilmesi amacıyla yeniden şekillendirilmesini amaçlamaktadır. İkiz ekolojik ve dijital dönüşümün, ekonomi, toplum ve sanayiinin her bölümünü etkilemesi öngörülmekte olup, söz konusu ikiz dönüşüm yeni ürünler, hizmetler, piyasalar ve iş modelleri yaratılmasını gerektirecektir. Yeni meslek türleri de ortaya çıkaracak olan ikiz dönüşüm, henüz var olmayan meslekleri şekillendirecek, bahse konu mesleklerin icra edilmesi için gerekli yeni beceriler edindirilmesini gerektirecektir. Tüm bu değişim ve dönüşümün, doğrusal üretimden (linear production) döngüsel ekonomiye (circular economy) geçişi zaruri kılması kaçınılmaz olarak değerlendirilmektedir. Ekolojik ve dijital dönüşümden müteşekkil

ikiz dönüşümün ekolojik dönüşüm ayağının ana belgesi Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM), dijital dönüşüm ayağının ana belgesi ise Avrupa'nın Dijital Geleceğinin Şekillendirilmesi Stratejisi olup, anılan belgeler ile AB'nin hedeflediği dönüşümün hayata geçirilebilmesi için 2030 yılı ve sonrası itibarıyla atılacak adımlar belirlenmiştir. (TB, 2020).

Yeni Sanayi Stratejisi Avrupa sanayisinin lider pozisyonunu güçlendirmek için, üç temel önceliğe odaklanmaktadır:

1- Avrupa sanayisinin küresel rekabet gücünü muhafaza etmek ve hem Avrupa'da hem de küresel düzeyde eşit rekabet şartlarını tesis etmek,

2- 2050 yılına kadar Avrupa ekonomisini iklim-nötr hale getirmek,

3- Avrupa'nın dijital geleceğini şekillendirmek. (Avrupa Birliği Başkanlığı [ABB], 2021).

İklim-nötr hedefleri doğrultusunda sanayinin desteklenmesi AB'nin iklim-nötr hedefleri doğrultusunda belirli sektörlerin diğer sektörlere kıyasla daha büyük bir değişim/dönüşümden geçmeleri gerekeceği öngörülmekte olup bu kapsamda hayata geçirilmesi öngörülen faaliyetler: enerji-yoğun sektörlerin modernizasyonu ve karbonsuzlaştırılmasının en önemli öncelik haline getirilmesi; sürdürülebilirlik için kimya stratejisinin adapte edilmesi; inşaat malzemelerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve "Renovasyon Dalgası" inisiyatifinin hayata geçirilmesi; "Adil Geçiş Mekanizması" ile karbon-yoğun sektörlerin adil dönüşümüne 100 milyar Avro kaynak ayrılması; yenilenebilir enerji endüstrisine daha stratejik bir yaklaşım geliştirilmesi ve düşük karbonlu enerjinin rekabet edebilir fiyatlar karşılığı sağlanması; Komisyon'un temiz hidrojen vizyonunu ortaya koyan yeni bir "akıllı sektör entegrasyonu stratejisi" ile tüm enerji kaynaklarının farklı sektörler ile bağlantılı olarak etkin kullanımı; "Sürdürülebilir ve Akıllı Ulaşım için Kapsamlı Strateji" ile taşımacılık sektöründe uluslararası standartların yeniden şekillendirilmesi; karbon kaçağı ile mücadele amacıyla "Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması"nın DTÖ kurallarına uygun olarak tesis edilmesi; ortak bir Avrupa Enerji Verisi Alanı tesis edilerek enerji sektörünün yenilikçi kapasitesinin artırılması amacıyla veri teknolojilerinden faydalanılması; Trans-Avrupa Ağı Enerji Tüzüğü'nün revize edilmesidir (TB, 2021).

4.1.1.2 Sanayide Emisyon Azaltımı

Sanayi sektöründe nihai enerji tüketimi, küresel toplam tüketimin neredeyse %40'ını temsil etmektedir. Elektrik üretiminden sonra en büyük emisyon kaynağı olan ikinci sektördür. Özellikle artan nüfus ve büyüyen ekonomilere bağlı olarak talep artışı meydana gelmekte ve bu durum da sürdürülebilir üretim, kullanım ve tüketim için teknolojik ve stratejik gelişmelere ihtiyaç doğurmaktadır.

İklim değişikliği, sektörleri üretim süreçleri ve ürünleri bazında farklı açılardan farklı düzeylerde etkilemektedir. Bu bağlamda iklim değişikliği ile ilgili çalışmalarda imalat sanayinin "enerji yoğun" ve "düşük enerji yoğun sektörler" olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. Enerji yoğun sektörler; demir-çelik, demir dışı metal üretimi, rafineriler, kâğıt hamuru ve kâğıt üretimi, tekstil, temel kimyasallar üretimi (azotlu gübreler, petrokimya vb.) ve çimento, seramik, cam ve kireç gibi metal dışı mineraller olarak sayılabilir. Düşük enerji yoğun sektörler ise gıda, içecek ve tütün üretimi, odun üretimi, hassas kimyasallar, metal işleme sanayi (otomotiv, elektronik vb.) olarak sıralanır. Enerji yoğun sektörler diğerlerine göre daha yüksek emisyon oluşturmaktadır. Sanayide emisyon azaltımı yöntemleri şu şekilde özetlenmektedir:

- Enerji ve kaynak verimliliğinin artırılması,
- Yakıt dönüşümünün sağlanması,
- Yenilenebilir enerji kullanımı,
- Alternatif hammadde ve yakıt kullanımı,
- Üretim süreci için yeşil teknolojilerin ve tekniklerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması,
- Oluşan emisyonun kontrolüne yönelik karbon yakalama, kullanım ve depolama gibi teknolojilerin kullanımı,
- Endüstriyel simbiyoz, eko endüstriyel parklar, temiz üretim ile döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaştırılması.

Uygulama kolaylığı, geri dönüş süresinin kısa olması ve birim emisyon azaltımı noktasındaki düşük maliyetinden dolayı iklim değişikliği konusunda en etkili ve öncelikli emisyon azaltım yolu enerji verimliliği olarak görülmektedir. Enerji verimliliği sayesinde enerji kaynaklı emisyonların %50'sinin 2050 yılına kadar azaltılabileceği tahmin edilmektedir (World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency [WBCDS], 2009:6).

Ayrıca inovasyon yoluyla, bazı enerji yoğun sektörlerde teknolojik sınırlara yaklaşmadan önce enerji yoğunluğunda yaklaşık %20'ye varan ek azalmalar potansiyel olarak gerçekleştirilebilir (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014).

Yukarıda sayılan tüm araçların ve iklim nötr sanayi uygulamalarının başarılı olması; politikalarla desteklenen teknolojinin ve gerekli finansın mevcudiyetine bağlıdır.

4.1.1.3 Sanayi Sektöründe Emisyon Azaltımında Teknolojinin Rolü

Teknolojideki gelişmelerle sektör spesifik imalat yöntemleri ve ekipmanları ile daha büyük boyutta yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesinde de ilerlemeler yaşanmaktadır. Bu teknolojilerden biri de Karbon Yakalama Kullanım ve Depolama (CCUS) teknolojisidir. CCUS, CO_2'yi yakalamak için sanayi üretiminde kullanılabilecek çok çeşitli teknolojileri ifade eder. Birçok endüstriyel prosesin mevcut düşük emisyonlu alternatifi yoktur ve uzun vadede emisyonları azaltmak için karbon yakalama ve depolama da gerekli yöntemlerden biri olarak tanımlanmaktadır. Çelik, çimento ve bazı kimyasallar üretimi gibi endüstriyel süreçlere uygulanan CCUS, güçlü bir azaltım potansiyeline sahiptir. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) ve göre, endüstriyel süreçlerde 2050 yılına kadar CCUS kullanılarak toplanan CO_2 emisyonlarının yaklaşık %30'unun tutulması gerekmektedir (IEA, 2016). Henüz tam olarak ticarileşmemiş olsa da; Global CCS Institute'e ve Uluslararası Enerji Ajansı'na göre halihazırda işletmede olan ve içlerinde demir çelik ve gübre üretimi gibi sanayi tesislerinin de yer aldığı 30 tane ticari CCS tesisi bulunmaktadır (IEA, 2021c). Bu teknolojiler kanıtlandıktan, yeterince test edildikten, uygun maliyetli ve ulaşılabilir olduktan sonra gelecekte emisyonların azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir.

Sanayi sektöründe en fazla emisyona sebep olan sektörlerin başında çimento üretimi ile demir-çelik sektörü gelmektedir. Sanayi sektöründe son yıllarda ön plana çıkan çelik üretiminde hidrojen kullanımı, çelik üretiminde oyunun kurallarını değiştirecek bir aşama olarak görülmektedir. Hidrojen çeliği üretimi kavramı yeni değildir, ancak teknoloji hala gelişiminin ilk aşamalarındadır. Demir cevherinin hidrojen açısından zengin gazla doğrudan indirgenmesi sıfır emisyonlu çelik üretimi hedefine ulaşmak için kritiktir.

Sektöre özel teknolojilerin yanı sıra hem büyük enerji yoğun sanayide hem de Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde (KOBİ'ler) geçerli olan yatay kesen teknolojiler ve önlemler, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir. Örneğin, verimli motorlar, elektronik kontrol sistemleri gibi kesişen teknolojiler ve hava veya buhar sızıntılarını azaltmak gibi yatay kesen önlemler, endüstriyel süreçlerin performansını optimize etmeye ve hem enerji tasarrufu hem de emisyon avantajlarıyla maliyet etkin bir şekilde tesis verimliliğini artırmaya yardımcı olur.

Tablo 4: Sanayi sektörü için düşük karbonlu çözümler

	Azaltım seçeneği	Azaltım Potansiyeli (Düşük/Orta/Yüksek)
ÇİMENTO ÜRETİMİ	CCUS	Yüksek- emisyonların>%90'ı (mevcut emisyonların %7'si, 2050'de en az 2,25 Gt CO_2/yıl)
	Beton CO_2 Kürü (Concrete CO_2 curing)	Düşük- (Avrupa Birliği'nde 3,8 Mt/yıl)
	Yakıt olarak biyokütle kullanımı	Orta- emisyonların %40'ı (örn. yanma). Mevcut En İyi Teknikler (BAT) dokümanına göre, ortalama bir Portland çimento fabrikasında 1,5 Gt CO_2/yıl)
ÇELİK ÜRETİMİ	CCUS ile birlikte sünger demir (DRI)	Yüksek (2050'de 3 Gt CO_2/yıl)
	CCUS ile birlikte BF/BOF	Yüksek (2050'de 3 Gt CO_2/yıl)
	Hidrojen Yüksek Fırın	Yüksek (2050'de 3 Gt CO_2/yıl)
	Demir cevheri elektrolizi	Yüksek (2050'de 3 Gt CO_2/yıl)
KİMYA SEKTÖRÜ	CCUS	Yüksek (2050'de 5.5 Gt CO_2/yıl)
	Biyo-hammadde	Yüksek

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) tarafından 2018 yılında yapılan "Düşük Karbonlu Ekonomi İçin Önemli Teknolojik Yeniliklere İlişkin Anket" çalışması ile sanayi sektörü için düşük karbonlu çözüm seçenekleri aşağıdaki şekilde ortaya konulmuştur (Napp ve diğ., 2017).

4.1.1.4 İklim Değişikliği Kaynaklı Riskler

İklim değişikliği riskleri sanayi de dahil birçok sektörün üzerinde hissedilmektedir. Yaşama ve çalışma şeklini değiştirmeye devam eden iklim değişikliği, 2019'da Birleşmiş Milletler Uluslararası Çalışma Örgütü'nün tahminlerine göre 80 milyon iş kolunu tehdit etmektedir. Hemen hemen bütün sektörlerin etkileneceği bu durum karşısında, firmaların potansiyel riskleri; fiziksel riskler, geçiş riskleri ve yükümlülük riskleri olmak üzere üç ana başlık altında toplanmaktadır (International Labour Organization [ILO], 2019).

İklim değişikliğinin fiziksel riskleri, fiziksel çevreden gelen acil tehditlerdir. Sel, kasırgalar, kuraklık, orman yangınları gibi iklim krizinin doğrudan belirtileri olan bu durumlar insanlara, mülklere ve ulaşım bağlantılarına fiziksel zarar verebilir. Bu noktada, suyun yoğun kullanıldığı sanayi sektörleri olumsuz değişikliği en hızlı hissedecek kollardan biridir. Özellikle fosil kaynaklı konvansiyonel elektrik üretiminin kullanıldığı sanayi sektörleri ile kâğıt ve orman gibi bazı sanayi sektörleri suya oldukça ihtiyaç duymalarından dolayı yüksek riskli olarak değerlendirilmektedir.

Geçiş riski, iklim değişikliğini ele almak için tasarlanan politika, yasa ve diğer düzenlemelerin getirilmesiyle işletmelere olası maliyetlerden kaynaklanmaktadır. Geçiş riskleri aynı zamanda teknolojilerdeki ve tüketici trendlerindeki değişikliklerden de kaynaklanabilir. Demir-çelik, çimento, otomotiv, kimya-petrokimya ve ambalaj sektörleri yüksek geçiş riskli sektörler olarak değerlendirilmektedir.

Sorumluluk riskleri; sıkılaşan düzenlemeler, bunlara uyum sağlama zorunluluğu veya uyulmaması durumundaki yaptırımlardır.

Özetlemek gerekirse sanayinin önümüzdeki yıllarda karşı karşıya olduğu en kritik riskler arasında emisyon azaltımı hedefli sınırda vergiler, kotalar gibi çeşitli araçlarla özellikle emisyon yoğun ürünlerin ticaretinin kontrol edilmesi görülmektedir. Ayrıca doğal kaynaklara (enerji kaynakları dahil) ulaşım zorluğu, doğal kaynak maliyetlerinde artış, sıkılaşan ulusal düzenlemeler, risk yönetiminin zorlaşması, Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge), yenilikçilik ve teknoloji yönetimi konularında uzmanlaşma zorunluluğu gibi organizasyonel alanlarda işletmeleri zorlayacak hususlar da olacaktır. Bu olasılıklar sanayi açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır.

4.1.2 Türkiye'deki Durum

4.1.2.1 Ülke Sanayi Kaynakları Emisyonları

Türk Sanayisi için sürdürülebilir kalkınma ilkeleri çerçevesinde çevre politikalarının uygulanması sanayi stratejisinin önemli bir parçası olup, bu sürecin doğru geçiş stratejileri ile yönlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Türkiye'de üretilen ürünlerin rekabet gücünün çevreye duyarlı üretim süreçlerinin kullanılmasına bağlı hale gelmesi yakın bir gelecekte kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca Türk Sanayisi, hızlı büyüme süreci ile birlikte enerjinin verimli kullanılmasını da sağlamak durumundadır.

Türkiye'nin sanayi sektörü, toplu olarak ülkenin Gayri Safi Yurt İçi Hasılasının (GSYİH) önemli bir bölümünü oluşturan üreticiler ve küçük işletmeleri içermektedir. Türkiye'de GSYİH'nın sektörlere göre dağılımına bakıldığında, 1998-2020 yılları arasında dalgalanmalar olsa da sanayinin ortalama %22'lik paya sahip olduğu görülmektedir (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2020).

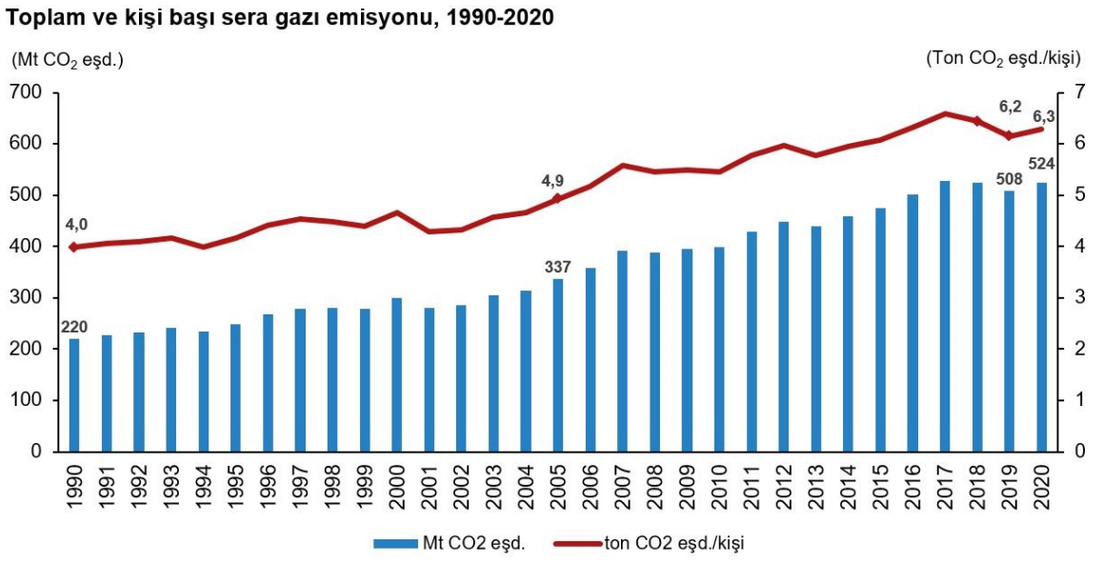
Sanayi sektörü nihai enerji tüketimi 2000-2020 döneminde %60'lık bir artış kaydederek 36,4 mtep değerine ulaşmıştır. 2020 yılında sanayide tüketilen enerjide en büyük paya %27,8 ile elektrik sahipken, bunu kömür (%26,6), doğal gaz (%25), yenilenebilir (%10,5) ve petrol ürünleri (%10,1) izlemiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı [ETKB], 2020; United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2021).

Türkiye'nin endüstriyel yakıt tüketimi, enerji yoğun birkaç sektöre yayılmıştır. 2020 yılında, başta çimento, cam ve seramik olmak üzere metalik olmayan mineraller sektörü, sanayide toplam nihai tüketimin %25'u ile en fazla enerji tüketen alt sektör olmuştur. Türkiye, dünya çapında çimentonun ana üreticilerinden ve tüketicilerinden biridir. Bu durum; metalik

olmayan mineral sanayinde enerji talebinin on yılda neredeyse üç katına çıkmasına neden olmuştur (ETKB, 2020; UNFCCC, 2021).

Demir ve çelik, 2018'deki toplam talebin %15'i ile sanayideki en büyük ikinci enerji tüketicisi olurken, onu %12 ile kimya ve petrokimya endüstrisi izlemiştir ve bunun yaklaşık üçte biri enerji dışı kullanım için kullanılan petrol ürünleri olmuştur. Bu sektörlerin her ikisi de son yıllarda hızlı bir büyüme yaşamıştır. 2008'den 2018'e kadar, demir ve çelikte enerji tüketimi %43, kimyasallar ve petrokimyada %140 artmıştır. Tekstil ve deri (+191%), gıda ve tütün (+134%) gibi diğer sanayi sektörleri de hızlı büyümüştür (ETKB, 2020; UNFCCC, 2021).

Ülkemiz 1990-2020 yılı Sera Gazı Envanteri sonuçlarına göre, 2020 yılı toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre %3,1 artarak 523,9 milyon ton (Mt) CO2 eşdeğeri (eşd.) olarak hesaplanmıştır. Kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 ton CO_2 eşd., 2019 yılında 6,2 ton CO_2 eşd. ve 2020 yılında 6,3 ton CO2 eşd. olarak hesaplanmıştır. Toplam sera gazı emisyonlarında 2020 yılında CO_2 eşd. olarak en büyük payı %70,2 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla %14 ile tarım, %12,7 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %3,1 ile atık sektörü takip etmiştir. Şekil 77 ve Tablo 5'te toplam ve kişi başı sera gazı emisyon miktarı ile sektörlere göre sera gazı emisyon miktarının yıllara göre değişimi görülmektedir (TÜİK, 2021).



Şekil 77: *2020'nin başlarında seçili ülkelerde ve dünyada karayolu yolcu taşımacılığı faaliyetinin gelişimi (IEA, 2020)*

Sanayi kaynaklı emisyonlar emisyon envanterinde; enerji sektörü altında yer alan yakıt yanması kaynaklı sanayi emisyonları ve endüstriyel işlemler (proses emisyonları) başlığı olmak üzere iki bölümde ele alınmaktadır. Endüstriyel işlemler kaynaklı emisyonlar 66,8 milyon ton CO_2e ile toplam ülke emisyonunun %12,7'sini oluşturmaktadır. Enerji sektörü altında yer alan yanma kaynaklı sanayi emisyonları 52,19 milyon ton CO_2e olarak gerçekleşmiştir. İkisinin toplamı 2020 yılı envanteri olarak açıklanan 523,9 milyon ton CO_2e olan ülke emisyonunun %22,7'sine tekabül etmektedir (TÜİK, 2021).

Tablo 4. Sektörlere göre sera gazı emisyon miktarı (TÜİK, 2021).

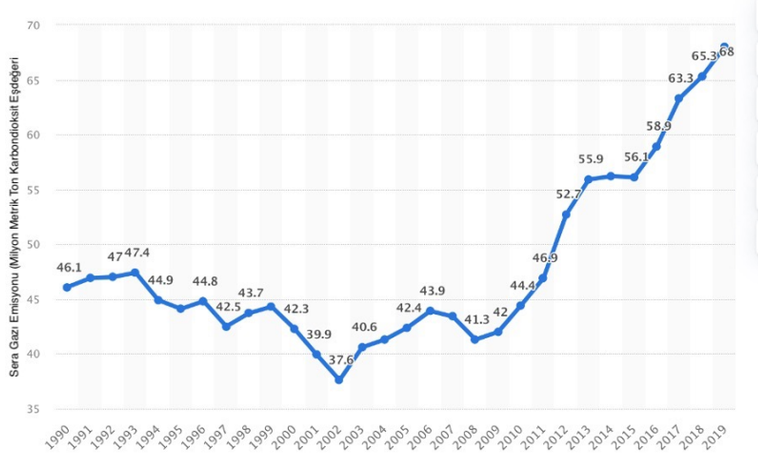
Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2020

(Milyon ton CO_2 eşd.)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	1990-2020 değişim (%)	2019-2020 değişim (%)
Toplam emisyon	**219,7**	**299,0**	**398,7**	**474,5**	**500,8**	**528,3**	**524,0**	**508,1**	**523,9**	**138,4**	**3,1**
Enerji	139,6	216,0	287,8	342,0	361,7	382,4	374,1	365,4	367,6	163,3	0,6
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	23,0	26,3	49,0	59,2	63,5	66,4	68,0	58,6	66,8	190,5	14,0
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68,0	73,2	58,8	7,5
Atık	11,1	14,3	17,4	17,1	16,7	16,3	16,6	16,1	16,4	48,0	2,1

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Türkiye'de sanayi sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyon miktarı (Şekil 79) 2008 yılında 41.3 Milyon ton iken %65'lik artışla 2019 yılında 68 Milyon ton olarak hesaplanmıştır (Hannah R. ve diğerleri, 2020).



Şekil 79: *1990-2019 yılları arası Türkiye'de sanayi sektöründeki sera gazı emisyon miktarı*

Enerji sektörünün altında hesaplanan ve yakıt kullanımı kaynaklı olan imalat sanayi emisyonlarının yaklaşık %46,7'si metalik olmayan mineral (çimento, cam, seramik, kireç) sektörü, yaklaşık %12'si kimyasal üretimi sektörlerinden oluşturmaktadır (UNFCCC, 2021)

Üretim sırasında ortaya çıkan emisyonların oluşturduğu ve proses emisyonları olarak da bilinen endüstriyel işlemler emisyonları 2019 yılında 56.4 Mt CO_2e olarak hesaplanmıştır. Bu miktar %65 oranında çimento seramik, cam ve kireç sektörlerinden oluşan mineral sanayinden, %19,3 oranında metal sanayinden kaynaklanmaktadır. Geri kalan miktar ise diğer sektörlerde oluşmaktadır (UNFCCC, 2021).

Türkiye'de sanayi kaynaklı emisyonların çok büyük bir miktarı mineral ürünleri sektörleri olan çimento, seramik, cam ve kireç sektörlerinden oluşmaktadır. Bu sektör içinde ise çimento sektörü açık ara öne çıkmaktadır. Sanayi emisyon değerleri incelendiğinde demir-çelik ve kimya sektörlerinin de önemli emisyon üretici sektörler olduğu görülmektedir (UNFCCC, 2021).

Sanayide emisyon azaltımı yöntemlerinden en önde gelenlerden biri atıkların yakıt veya hammadde olarak kullanılmasıdır. Sanayide atıkların hammadde ya da ek yakıt olarak üretim süreçlerine dahil edilmesi döngüsel ekonomi yaklaşımının temel prensiplerinden biridir. Ülkemizde, 2008 yılında ülkemizde 88 bin ton olan alternatif yakıt kullanımı; 2016 ile 2019 yılları arasında 1,2 milyon tondan 1,7 milyon tona çıkarak % 40 artırmıştır. Benzer şekilde, 2016 ile 2019 yılları arasında çimento fabrikaları alternatif yakıt kullanımını 656 bin tondan 919 bin tona çıkararak %40 artırmıştır. Bu rakam yaklaşık %7 termal ikame oranına karşılık gelmektedir (Türkçimento, b.t.). Bununla birlikte, 2019 yılında enerjiye dönüştürülen yaklaşık 919 bin ton atık ile yaklaşık 600 bin ton ithal yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Ülkemizde, çimento sektöründe, 2019 yılında 2016 yılına göre çimento üretimi %25 azalmıştır (Türkçimento, 2020).

2020 yılında, çimento sektörü toplam 1.3 milyon ton atığı kullanarak enerji ihtiyacının %7,7'sini atıktan sağlamıştır. AB'de atık biyokütle dahil alternatif yakıtlar, çimento endüstrisi yakıt bileşiminin %44'ünü oluşturmaktadır. Alternatif yakıtların oranı %44'ten %60'a çıkartıldığı takdirde yıllık 26,0 milyon ton CO_2 emisyonu önleneceği yapılan araştırmalarda ortaya çıkarılmıştır (Türkçimento, 2019).

20.06.2014 tarihli ve 29036 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği ile ülkemizde atıktan türetilmiş yakıt hazırlama tesisi sayısının arttırılması ve geliştirilmesi ile çimento, demir-çelik, termik santral ve kireç ocakları gibi tesislerde bu yakıtın kullanılmasının arttırılması hedeflenmiştir.

4.1.2.2 Ulusal Politikalar

Sanayide çevre korunmasına yönelik unsurların içerildiği ve teknolojik değişimin hedeflendiği birçok ulusal politika dokümanı mevcuttur. Bu hedeflere ulaşmak adına ülkede geliştirilen en güncel temel politika dokümanı **11. Kalkınma Planı**'dır. 2019-2023 yılları arasını kapsayan 11. Kalkınma Planı'nın vizyonu "daha fazla değer üreten, daha adil paylaşan, daha güçlü ve müreffeh Türkiye'ye ulaşmaktır. 11. Kalkınma Planı'nda sanayide verimlilik, stratejik çevresel değerlendirme, çevre etiket sistemi gibi çevresel bileşenleri de olan kavramların altyapılarına ilişkin maddeler yer almaktadır. Ayrıca kimya ve tekstil sektörleri başta olmak üzere çevreye duyarlı ürünlerin üretiminin artırılması ve sanayi gibi sera gazı emisyonuna neden olan sektörlerde iklim değişikliğiyle mücadele edilmesi hedeflenmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı [SBB], 2019). Planın güncelleme çalışmaları başlamıştır.

İklim değişikliği konusundaki en temel politika dokümanı 2010-2020 yıllarını kapsayan **Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi**'dir. Belgede, Türkiye'nin iklim değişikliği vizyonu "iklim değişikliği politikalarını kalkınma politikalarıyla entegre etmiş; enerji verimliliğini yaygınlaştırmış, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmış; iklim değişikliği ile mücadeleye özel şartları çerçevesinde aktif katılım sağlayan ve yüksek yaşam kalitesiyle refahı tüm vatandaşlarına düşük karbon yoğunluğuyla sunabilen bir ülke olmak" olarak tanımlanmıştır. Belgenin sanayi sektörüne yönelik orta vadeli hedefleri arasında ise Ar-Ge ve teknoloji transferi faaliyetlerinin, sanayide ısı geri kazanımının ve temiz üretim teknolojilerinin özendirilmesi ve teşvik edilmesi planlanmaktadır. Bu çerçevede, kısa, orta ve uzun vade hedefleri belirlenmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı [ÇŞİDB], 2010). Belgenin güncellenmesi beklenmektedir.

Enerji Verimliliği Strateji Belgesinde "sanayi ve hizmetler sektöründe enerji yoğunluğunu ve enerji kayıplarını azaltmak" hedeflenmektedir. Belgeye göre, enerji verimliliğine ilişkin ulusal hedefler kapsamında 2023 yılında Türkiye'nin GSYİH başına tüketilen enerji miktarının (enerji yoğunluğunun) 2011 yılı değerine göre en az yüzde 20 azaltılması, enerji verimliliği ile ilgili düzenleyici çerçevenin geliştirilmesi ve teşviklerin etkinliğinin arttırılması ve yılda 5000 TEP üzerinde enerji tüketen firmalarda enerji

etütlerinin periyodik olarak yapılması sonucu belirlenen gerekli önlemleri, enerji tasarruf potansiyelinin ve maliyetlerinin belirlenmesi ve uygulamalara ilişkin eylem planlarının hazırlanması yer almaktadır (ETKB, 2012). Belgenin güncellenmesine dair çalışmalar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca başlatılmıştır.

2017-2023 yılları arasında uygulanmakta olan **Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP 2017-2023)** kapsamında bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplam 6 kategoride tanımlanan 55 eylem ile 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda, 2023 yılına kadar kümülatif olarak 23,9 MTEP tasarruf sağlanması ve bu tasarruf için 10,9 milyar ABD Doları yatırım yapılması öngörülmektedir (ETKB, 2017).

UEVEP kapsamında 4 yılda kamu ve özel sektör tarafından 4,8 milyar Dolar yatırım yapılmıştır. Karşılığında 1,2 milyar Dolar yıllık tasarruf rakamına ulaşılmış olup yapılan yatırımlar ekonomide yıllık 3,6 milyar Dolar brüt katma değer oluşturmaktadır. 2017-2020 döneminde gerçekleştirilen enerji verimliliği yatırımları ile sağlanan tasarrufların enerji karşılığı 3,2 milyon ton eşdeğer petroldür. Bu tasarrufun karşılığında 10 milyon ton sera gazı emisyonundan kaçınılmıştır. Ortalama 4 yılda kendisini ödeyen çoğu projede geri ödeme süresi 2 yıl ve altı olan yatırımları içeren sektör eylem planı kapsamında 11.000 yeni istihdam yaratılmıştır (ETKB, 2017).

Türkiye Ulusal Olarak Niyet Edilmiş Katkısını (INDC), BMİDÇS'ye 2015 yılında sunmuştur. Türkiye'nin INDC hedefi sera gazı emisyonlarında referans senaryoya (BAU) göre 2030 yılına kadar %21'e varan bir azaltımdır. Sera gazı kaynaklarından biri olan sanayi sektörü için INDC'de yer alan plan ve politikalar şöyledir;

- Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ve Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nın uygulanması ile enerji yoğunluğunun azaltılması,
- Sanayi tesislerinde enerji verimliliği uygulamalarının hayata geçirilmesi ve verimlilik artırıcı projelere mali destek sağlanması,
- Uygun sektörlerde atıkların alternatif yakıt olarak kullanılmasının artırılmasına yönelik çalışmalar yapılması.

Yeşil Mutabakat Eylem Planı 16 Temmuz 2021 tarihinde açıklanmış olup Türkiye'nin kalkınma hedeflerine uygun olarak sürdürülebilir ve kaynak-etkin bir ekonomiye geçişini ve Avrupa Yeşil Mutabakatı ile öngörülen değişikliklere uyumunu desteklemeyi amaçlamaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı 9 ana hedef altında 32 amaç ve 81 eylemden oluşmaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı ile hedeflenen politikaların Avrupa sanayisi üzerinde yaratacağı maliyet karşısında, Avrupa'nın rekabetçiliğinin korunabilmesi ve üretim ile yatırımların, emisyon azaltım hedefi AB'den az olan ülkelere kaymasının önlenmesi için "Sınırda Karbon Düzenleme (SKD) Mekanizması"nın hayata geçirilmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda, 2021 yılında hazırlanan Türkiye Yeşil Mutabakat Eylem Planının "Sınırda Karbon Düzenlemesi" başlığı altında AB'nin sınırda karbon

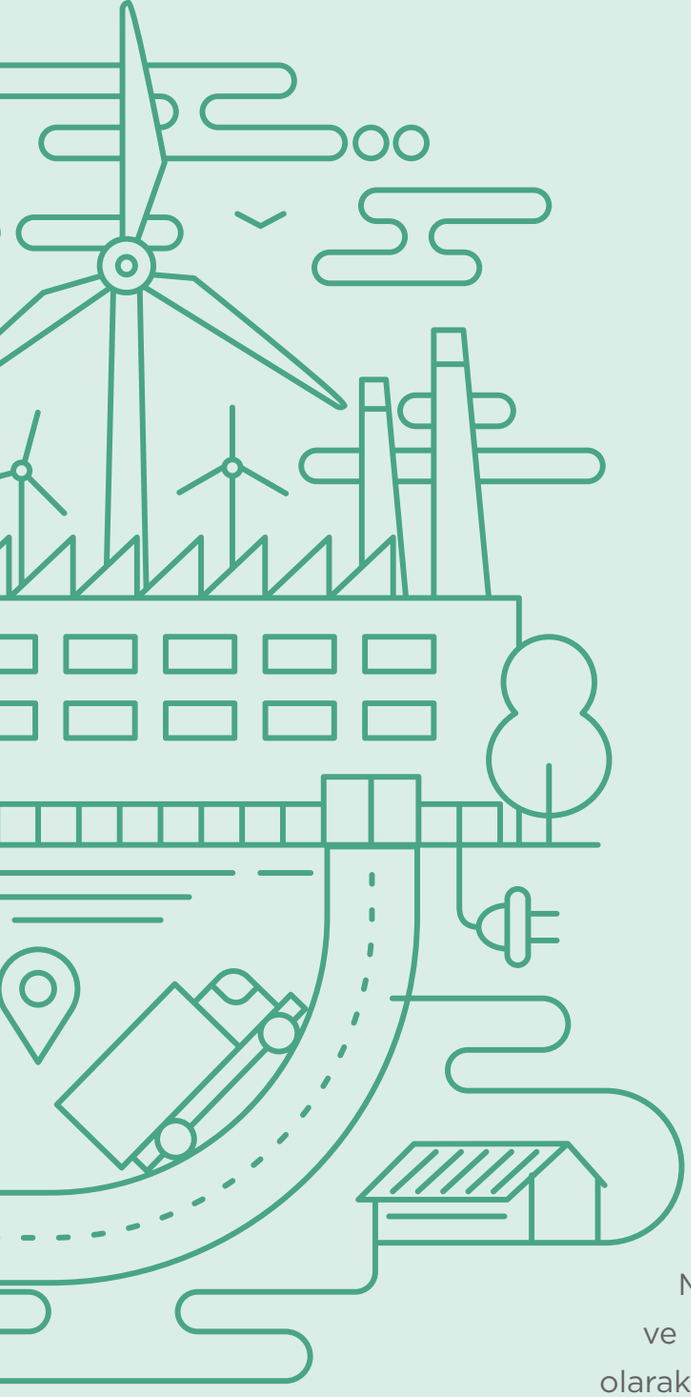
düzenlemesinin Türkiye-AB ticareti üzerindeki etkilerinin sınırlanmasına yönelik çalışmalar yürütülmesi hedeflenmektedir. Ayrıca sektörel hassasiyetler ve AB'nin sınırda karbon düzenleme mekanizması dikkate alınarak ulusal bir karbon fiyatlandırma mekanizmasının değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmesi hedeflenmektedir. Bu hedef altında yürütülmesi planlanan eylemler arasında, söz konusu mekanizmanın enerji yoğun ve kaynak yoğun sektörlerimize etkilerinin çalışılması yer almaktadır. Bununla birlikte, sınırda karbon düzenlemesine tabi olabilecek öncelikli imalat sanayi sektörlerinde sera gazı emisyonunun azaltılmasını desteklemek amacıyla ilgili kurum ve kuruluşlar ile STK'lar tarafından atılması gereken adımları içeren ülkemiz yol haritasının veya faaliyetlerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır (TB, 2021).

2023 yılı Sanayi ve Teknoloji Stratejisi, 18 Eylül 2019 tarihinde açıklanmış ve Türkiye'nin "Milli Teknoloji Güçlü Sanayi" vizyonunu gerçekleştirmede yol haritası olması beklenmektedir. "Yüksek Teknoloji ve İnovasyon", "Dijital Dönüşüm ve Sanayi Hamlesi", "Girişimcilik", "Beşerî Sermaye" ve "Altyapı" olmak üzere 5 ana bileşenden oluşan strateji doğrultusunda, ülkemizin sanayi ve teknoloji alanlarında 2023 hedeflerine ulaşması beklenmektedir. Sanayi ve Teknoloji Stratejisi ile yeşil üretim yaklaşımının sanayi politikaları ve uygulamalarımızda belirleyiciliği artırılması hedeflenmektedir Bu doğrultuda, sanayi üretiminin çevreye etkilerini azaltmak amacıyla, özellikle OSB'lerdeki altyapı ve işletmelerin teknoloji yoğunluklu modernizasyonu ve temiz üretime dayalı yeni yatırımların desteklenmeye devam edileceği belirtilmiştir. Döngüsel Ekonomi kapsamında "Ekonomik Değerli Atık İzleme Sistemi" kurulması için Sanayi Sicil Bilgi Sistemi geliştirileceği beklenmektedir. Söz konusu strateji ile çevre katkı payı gelirlerinin, sanayicilerin çevre koruma ve atık yönetimi sistem ve uygulamalarının geliştirilmesine yönelik yatırımların finansmanında kullanılması yönünde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile iş birliği yapılacağı belirtilmiştir. Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve belediyeler tarafından sanayi bölgesi ya da sanayi alanları belirlenirken Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile koordineli çalışılması sağlanacağına dair hedefler belirlenmiştir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı [STB], 2019).

4.1.2.3 Düzenlemeler

Sanayi sektörü kapsamında çevrenin korunması, enerji verimliliği ve kaynakların etkin kullanımı, kirliliğin azaltılması ve izlenmesi ve denetlenmesi, iklim değişikliğine neden olan etkilerin azaltılması ve döngüsel ekonominin uygulanması amacıyla yapılan mevzuat düzenlemeleri iklim değişikliğini doğrudan ilgilendiren veya sürece dolaylı etkide bulunanlar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Doğrudan ilgili olan düzenlemeler, Çevre Kanunu, Enerji Verimliliği Kanunu, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Yönetmelik, Florlu Sera Gazlarına İlişkin Yönetmelik, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği, Çevre Denetimi Yönetmeliği, Çevre Etiketi Yönetmeliği, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, enerji Etiketlemesi Çerçeve Yönetmeliği, , Stratejik Çevresel Değerlendirme Yönetmeliği, , Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ, Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliği, Florlu Sera Gazı İçeren veya Çalışması bu Gazlara Dayanan Ekipmana Müdahale Eden Gerçek ve Tüzel Kişilerin Belgelendirilmesine İlişkin Tebliğ, Gönüllü Karbon Piyasası Proje Kayıt Tebliği, Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri Tebliği, Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Tebliği ve Atıktan Türetilmiş



Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği olarak sıralanabilir.

Dolaylı olarak ilgili olanlar, Atık Yönetimi Yönetmeliği, Sıfır Atık Yönetmeliği, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanılması Tebliği, Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Bazı Tehlikeli Maddelerin, Müstahzarların ve Eşyaların Üretimine, Piyasaya Arzına ve Kullanımına İlişkin Kısıtlamalar Hakkında Yönetmelik olarak sıralanabilir.

Türkiye'de azaltım politikalarının bir uygulaması olarak İRD (İzleme, Raporlama, Doğrulama) sistemi geliştirilmeye başlamıştır. Türk İRD sistemi, 2005 yılından bu yana uygulanan en büyük uluslararası İRD sistemi olan AB-İRD'sistemine dayanmaktadır. 17.05.2014 tarih ve 29003 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkındaki Yönetmelik kapsamında, sera gazı emisyonlarının takibi için güvenilir ve sağlam bir veri tabanı içeren ve böylelikle gelecekteki azaltım tedbirlerine yönelik sağlam bir temel oluşturan tesis bazlı çevrimiçi bir veri yönetim sistemi kurulmuş ve 2015 yılından bu yana sera gazı emisyonları izlenmeye başlanmıştır. Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi Hakkında Yönetmelik, Türkiye'de İRD ile ilgili ilk mevzuattır.

Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %47'sini oluşturan 700'den fazla tesis elektrik üretimi, çimento, demir-çelik, rafineri, seramik, kireç, kâğıt, kimya ve cam sektörlerinde faaliyet gösteren tesislerden kaynaklanan sera gazı emisyonları tesis seviyesinde izlenmektedir.

Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmeliğin Ek 1'inde yer alan faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının ve ilgili faaliyet verilerinin izlenmesi ve raporlanmasına dair usul ve esasları kapsayan "Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ" (22 Temmuz 2014 tarih ve 29068 sayılı Resmi Gazete) hazırlanmıştır.

"Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik" kapsamında tesislerce oluşturulacak sera gazı emisyon raporlarının doğrulanması ve bu işlemleri yapacak doğrulayıcı kuruluşların özelliklerine ilişkin usul ve esasların belirlenmesi amacıyla, "Sera Gazı Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliği" (2 Aralık 2017 tarih ve 30258 sayılı Resmi Gazete) yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik kapsamında oluşturulan doğrulama sistemi ile, tesis bazında hazırlanmış olan emisyon raporlarının Bakanlığa gönderilmeden önce akredite olmuş bağımsız doğrulayıcı kuruluşlarca yerinde inceleme yapılarak doğruluğunun kontrolü sağlanması gerekmektedir.

Bu çerçevede, Yönetmelik Ek-1 kapsamına giren işletmelerin yıllık olarak işletmelerini izlemeleri ve izleme kurallarını belirleyen izleme planlarını hazırlamaları ve bunu takiben emisyon raporunu hazırlayarak bir doğrulayıcı kuruluş aracılığıyla doğrulattıkları doğrulanmış emisyon raporlarını her yıl 30 Nisan'a kadar sunmaları gerekmektedir. İRD sisteminde yer alan 6 yıllık doğrulanmış sera gazı emisyon verilerinin ülkemizde kurulması planlanan Emisyon Ticaret Sistemi için sağlam bir altlık oluşturması beklenmektedir.

Bu yönetmelik ve tebliğlerin uygulanması ile tesis bazında sera gazı emisyonlarına ilişkin şeffaf, doğru, karşılaştırılabilir, tam ve tutarlı veri ve bilgi üretimi sağlanmış olacaktır. Yönetmelik aracılığıyla ülkemize ait iklim değişikliği politikalarının oluşturulmasına ve iklim değişikliği ile mücadele konusunda atılacak adımların uygulanmasına yönelik temel altyapı oluşturulmuştur.

4.2 Sanayi Sektörü İçin Tespit Edilen Sorun Alanları ve Çözüm Önerileri

Azaltım 1 Komisyonu çalışmaları kapsamında sanayi sektöründe karşılaşılan sorun alanları belirlenirken ön plana çıkan başlıklar politika eksikliği ve teşvik mekanizmalarının oluşturulması ve etkin şekilde kullanımı olmuştur. 2053 yılı net sıfır hedefine ulaşmak için sanayi sektörünün karşılaştığı sorun alanları 8 başlık altında değerlendirilmiştir.

Bunlardan en öncelikli sorun alanı, sürdürülebilir üretime geçişe yönelik politika eksikliği olarak belirlenmiştir. Bu sorun alanının çözümüne yönelik olarak; sürdürülebilir üretime geçiş çerçevesinde 2053 sanayi sektör dağılımının oluşturulması, sanayi bölgelerinin eko-endüstriyel parklara (Yeşil OSB'lere) dönüştürülmesi, Türkiye Çevre Etiketi Sisteminin yeni ürün ve hizmet grupları için çevre kriterlerinin belirlenerek yaygınlaştırılması ve döngüsel ekonomi iş modelinin benimsenmesi, geri dönüştürülebilir atıkların toplanması ve geri kazanılmasına ilişkin teşvik mekanizmalarının iyileştirilmesi, karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin yeterli olgunluk düzeyine erişmesini takiben yakalanan CO_2'nin kullanım alanlarının araştırılması, farklı sektörel uygulamalarının değerlendirilmesi, temiz üretim faaliyetlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik yol haritası oluşturulması ve belirlenen hedefler doğrultusunda sürecin takip edilmesi gerekliliği dile getirilmiştir.

İkinci öncelikli sorun alanı olarak, 2053 net sıfır emisyon hedefi ile uyumlu sanayi emisyon yönetimi ve azaltımı planı eksikliği belirlenmiştir. Bu sorun alanının çözümüne yönelik olarak; enerji verimli ve düşük karbonlu ısıtma ve soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılması için yol haritası hazırlanması, enerji verimliliği uygulamalarının yaygınlaştırılıp, teşvik edilmesi, sanayide katma değeri yüksek sektörlerin ön plana çıkması için araştırmalar yapılması, sanayide karbon ve enerji yoğun sektörlerin net sıfır emisyona evrilmesi için yol haritaları hazırlanması ve uygulama takviminin belirlenmesi, dönüşüme yönelik hazırlanacak olan planlarda sanayi sektörü için gerekli yatırım miktarları belirlenmesi ve gerekli yatırımlar için teşvik edici mekanizmaların geliştirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Üçüncü sorun alanı olarak, sanayi sektöründe ek yakıt kullanımındaki sıkıntıların özellikle enerji yoğun sanayi sektörlerindeki karbonsuzlaşmaya engel olduğu belirtilmiştir. Bu sorunun çözümüne yönelik olarak, sanayi sektörünün ek yakıtlar veya kendi yenilenebilir enerjilerini üretmesi konusunda çalışması gerektiği; atıktan türetilmiş yakıt kullanımının artırılması amacıyla belediye ve sanayi tesislerinin ortak çalışmasına yönelik finansmanı da içeren bir iş modeli geliştirilmesi ve uygulanmaya başlanması; atık su arıtma tesislerinin arıtma çamurlarını yakıt olarak kullanılacak özelliğe getirmesi amacıyla Belediyelerce kurutma tesislerinin kurulmasının desteklenmesi; düşük karbonlu muadil ürünlere odaklanılması ve enerji tüketiminde elektrifikasyon yoluyla yenilenebilir enerji tüketimi olanaklarının kısıtlı olduğu demir-çelik, çimento, rafineriler, petrokimya, kimya gibi endüstri alanlarında yeşil hidrojen kullanımın yaygınlaştırılması gerektiği hususları belirtilmiştir.

Dördüncü sorun alanı olarak; alternatif hammadde ve girdiye erişimin kısıtlı olduğundan bahisle, sanayi ve politika strateji belgelerinde alternatif hammadde/yakıt kullanımının ele alınması ve alternatif hammadde/yakıt kullanımının kamu alımlarında özendirilmesi ve önceliklendirilmesi gerektiğinin altı çizilmiştir.

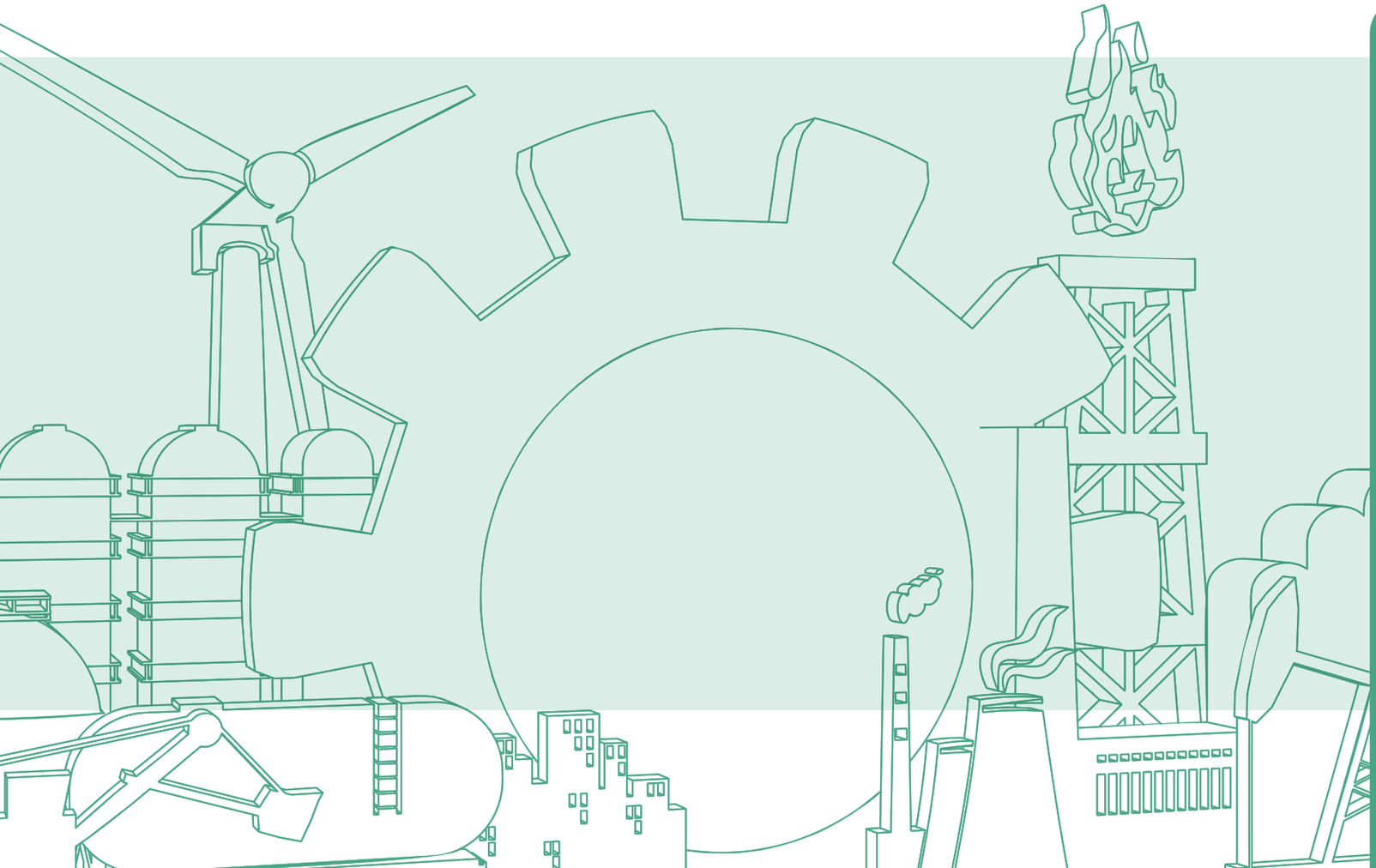
Beşinci sorun alanı olarak sanayi sektöründe iklim etkilerinin tümüyle ele alınmadığından bahsedilerek, çözümüne yönelik olarak sanayi alanlarına yönelik planlama ve stratejiler oluşturulurken iklim değişikliği riskleri dikkate alınması, iklim risklerinin kurumların karar mekanizmalarında, yatırım kararlarında ve yer seçiminde dikkate alınarak politikaların oluşturulması ve yatırım kararlarının buna göre şekillenmesi, Tüm İklim Değişikliği Eylem Planlarının Yerel Yönetimlerin İmar Planları ve Çevre Düzen Planlarına entegrasyonunun sağlanması ve Stratejik Çevre Etki Değerlendirmesinin etkin bir şekilde uygulanmasının sağlanması gerekliliği belirtilmiştir.

Bir diğer sorun alanı olarak, eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerinin yaygınlaştırılması gerektiğinden bahisle, sanayi sektöründeki dönüşümde ihtiyaç duyulan alanlarda eğitim planlamaları yapılması, AYM, dekarbonizasyon, düşük karbonlu kalkınma, kurumsallaşma, yenilik yönetimi, kurumsal kaynak planlaması, e-ticaret, dijital dönüşüm, yalın üretim, temiz üretim, enerji verimliliği ile endüstriyel simbiyoz gibi

konularda sanayicilere eğitim verilmesi gerektiği hususları üzerinde durulmuştur.

Bir diğer sorun alanı olarak, sanayi sektöründeki dönüşüm için gerekli finansman konusunun ele alınması gerektiği belirtilmiş ve çözüme yönelik olarak sanayinin yurtdışı kaynaklı sürdürülebilir yeşil finansman hibe ve desteklere erişimini sağlayacak veya kolaylaştıracak yapının oluşturulması ve ETS kapsamında sanayi sektöründen sağlanacak gelirlerin, sanayi dönüşümünde kullanılmasının sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Son sorun alanı olarak sanayide üretime yönelik yenilenebilir enerji teknolojilerinin desteklenmesinin gerekliliği belirtilerek, soruna yönelik olarak özellikle enerji yoğun olmayan sektörlerde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gerektiği, yerinde enerji üretiminin önceliklendirilmesi gerektiği ve sanayi tesislerine ve OSB'lere yönelik kojenerasyon, güneş, rüzgar gibi enerji üretim tesisleri ile kendi enerjilerini üretmeleri için teşvik mekanizmalarının oluşturulması gerektiği hususları üzerinde durulmuştur.



4.3 İklim Şurası Kararları

1. 2053 net sıfır emisyon hedefi çerçevesinde imalat sanayinin ve alt sektörlerinin uzun vadeli payları belirlenmeli ve projeksiyonları yapılmalı, ayrıca karbon yoğun sektörler başta olmak üzere imalat sanayi sektörlerinde sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik yol haritaları ve destek mekanizması oluşturulmalıdır.

2. Emisyon azaltımı amacıyla atıktan türetilmiş yakıt üretiminin artırılması için ilgili bakanlıklar, belediye ve sanayi tesislerinin ortak çalışması sağlanmalıdır.

3. Döngüsel ekonomi hedefleri çerçevesinde yeniden kullanım, atıkların yan ürün, alternatif hammadde olarak kullanılması ve geri dönüşüm/geri kazanım ile elde edilen ürünlerin zorunlu kullanım oranlarının belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması ve buna dair destek mekanizmalarının geliştirilmesi sağlanmalıdır.

4. Yeşil Organize Sanayi Bölgesi (OSB) ve Yeşil Endüstri Bölgesi Sertifikasyon sisteminin işletmeleri içerecek şekilde uygulanmasına yönelik altyapının oluşturulması sağlanmalıdır.

5. Karbon yoğun sektörler başta olmak üzere tüm sektörlerde yeşil hidrojen ve türevleri ve karbon yakalama, kullanım ve depolama gibi diğer alternatif emisyon azaltım yöntemlerinin yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalı, destek mekanizması geliştirilmelidir.

6. Sanayi alanlarına yönelik planlama ve stratejiler oluşturulurken iklim risklerinin karar mekanizmalarında, yatırım kararlarında ve yer seçiminde dikkate alınmasına yönelik politikalar oluşturulmalıdır.

7. Sürdürülebilir üretim ve tüketim prensipleri doğrultusunda endüstriyel emisyonların

kontrolü mevzuatı kapsamındaki sektörlerin mevcut en iyi teknikler çerçevesinde düşük karbonlu üretime geçiş için yol haritaları hazırlanmalı ve uygulamalar teşvik edilmelidir.

8. KOBİ'lerde sera gazı emisyon azaltımı için temiz üretim çalışmaları kapsamında enerji ve kaynak verimliliği faaliyetlerine yönelik destek mekanizması oluşturulmalıdır.

9. Sanayi sektörlerinde 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefine katkı sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmelidir.

10. Sanayide enerji kullanımında birleşik ısı güç sistemlerinin daha yüksek düzeyde yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

11. Sanayide katma değeri yüksek ve karbon yoğunluğu düşük sektörlerin üretiminin artırılması ve emisyon azaltımına katkı verecek dijital dönüşümün kolaylaştırılması için olanaklar geliştirilmelidir.

12. Sanayide Verimlilik Artırıcı Proje destek bütçesi artırılmalıdır.

13. Türkiye Çevre Etiketi Sistemi kapsamında yeni ürün ve hizmet grupları için çevre etiketi kriterleri belirlenerek yaygınlaştırılmalı ve döngüsel ekonomi iş modelinin tesislerce benimsenmesi sağlanmalıdır.

14. Sanayide yeşil dönüşüme geçişte ihtiyaç duyulacak insan kaynağı (eğitim, sertifika vb) nitelik ve nicelik olarak geliştirilmeli ve sanayide istihdamı sağlanmalıdır.

15. Sanayide Net Sıfır 2053 Emisyon Hedefi doğrultusunda ulaştırma, enerji, binalar gibi sektörlerdeki talep dönüşümüne dair üretim yapılandırması planlanmalıdır.

KAYNAKÇA

Avrupa Birliği Başkanlığı , (2021). Fasıl 20 İşletme ve Sanayi Politikası

The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Impacts, adaptation and vulnerability, IPCC WGII AR5 summary for policymakers.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2010). Turkiye İklim Değişikliği Strateji 2010-2023. Ankara, https://www. csb. gov. tr/db/iklim/banner/banner592. pdf (07.10. 2017).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2018). Türkiye'nin yedinci ulusal bildirimi. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

European Environment Agency [EEA]. 2022. https://www.eea.europa.eu/tr/themes/industry/ adresinden erişildi.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2012) Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012- 2023), (2012). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/02/20120225-7.htm

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP 2017-2023).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2020). 2020 Yılı Ulusal Enerji Denge Tablosu.

FISCHEDICK, M.J.. (2014), Chapter 10: Industry. (Ed. Edenhofer, O., Pichs-Madgura, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Minx, C.). Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the 5th Assessment Report of teh IPCC. Cambridge: Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter10.pdf,

International Energy Agency (IEA). (2016). Energy Technology Perspectives.(https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2016.

International Energy Agency (IEA). Tracking Industry (2021). Tracking Industry Report. https://www.iea.org/reports/tracking-industry-2021,

International Energy Agency (IEA). Cement (2021). Cement Report. https://www.iea.org/reports/cement

International Energy Agency (IEA). (2021). CCUS in Industry and Transformation Report. https://www.iea.org/reports/ccus-in-industry-and-transformation.

International Energy Agency (IEA). (2022). Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021 Report. https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2.

ILO, (2019). Skills For Greener Future: A Global View, (International Labor Organization).

World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency (WBCSD, I). (2009). Cement Technology Roadmap 2009: carbon emissions reductions up to 2050,

NAPP, T., GAMBHIR, A., HILLS, T., FLORIN, N., FENNELL, P. (2014), A Revie Wof the Technologies, Economics and Policy Instruments for Decarbonis in Genergy-Intensive Manufacturing in Dustries. Renewable and Sustainable energy Reviews, 30, 616-640.

Napp, T., & Mazur, C.Z. (2017). A survey of key technological innovations for the low-carbon economy.

Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado. (2020). CO_2 and Greenhouse Gas Emissions. https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions

Ticaret Bakanlığı. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı. https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2019). 2023 yılı Sanayi ve Teknoloji Stratejisi.

T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). On birinci kalkınma planı (2019-2023). http://www. sbb. gov. tr/wp-content/uploads/2019/11/ON_BIRINCI_KALKINMA-PLANI_2019-2023. pdf.

Türkçimento. (2019). Çimento Üretiminde Sıfır Karbonlu Yakıtlara Geçiş Raporu

Türkçimento. (b.t.). Altermatif Yakıt ve Hammadeler Raporu, https://www.turkcimento.org.tr/tr/alternatif_yakit_ve_hammaddeler

Türkçimento. 2020. https://www.turkcimento.org.tr/tr/haber_detay/turk-cimento-sanayisi-atiklari-hammadde-ve-enerji-kaynagi-olarak-degere-donusturuyor

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2021). 2021 Yılı Sera Gazı Envanter Raporu

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2020). Üretim Yöntemine göre GSYH hesabında sektörlerin payları (1998-2020), (Türkiye İstatistik Kurumu).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2021). Turkey GHG Inventory Report (1990-2019),

Ticaret Bakanlığı. (2020). AB için Yeni Sanayi Stratejisi, Ticaret Bakanlığı Uluslararası Anlaşmalar ve Avrupa Birliği Genel Müdürlüğü, http://www.gaib.org.tr

EK: KOMİSYON ÜYELERİ

Komisyon Adı: Sera Gazı Azaltım Politikaları / Enerji-Sanayi-Ulaştırma

No	İsim	Unvan	Kurum/Kuruluş/ Genel Müdürlük-Daire Başkanlığı
1	Dr. Abdullah Buğrahan KARAVELİ	Başkan	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı - Enerji Verimliliği ve Çevre Daire Bşk.
2	Prof. Dr.Gürkan KUMBAROĞLU	Prof. Dr.	Boğaziçi Üniversitesi
3	Prof. Dr.Cem AVCI	Prof.Dr.	Boğaziçi Üniversitesi
4	Cem TİRANLAR	Araştırma Görevlisi	Boğaziçi Üniversitesi
5	H.Bülent KADIOĞLU	Danışman/Teknik Uzman	Özel Sektör
6	Abdurrahim DURMUŞ	Uzman	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-Sanayi Genel Müdürlüğü
7	Ahmet Berkan KORKMAZ	Havacılık Uzmanı	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
8	Alkım BAĞ GÜLLÜ	Direktör	SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi
9	Alperen GÜLER	Genel Müdür	Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği (UTİKAD)
10	Altan KOLBAY	Kamu İlişkileri Grup Koordinatörü	Aydem Enerji
11	Aslıhan ARIKAN	Genel Sekreter	Ambalaj Sanayicileri Derneği
12	Ayla ÖNGÖREN	Çevre Başmühendisi	TÜPRAŞ
13	Batuhan ŞENVER	Uzman	Kamu Sermayeli Kuruluş ve İşletmeler Genel Müdürlüğü, Enerji ve Maden Sektörleri Dairesi
14	Berna BİLDİK	Kıdemli Mühendis	TSE
15	Betül AYDIN KÜÇÜKAY	Teknik Sorumlu	Geri Kazanım Sanayicileri Derneği (GEKSANDER)
16	Betül DEMİROK	Mühendis	TÜİK-Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma İstatistikleri Daire Başkanlığl

17	Bilal TEK	Kalite Güvence Başkanı	Türk Hava Yolları (THY)
18	Burak IŞIK	Kurumsal Yönetişim&Sürdürebilirlik Direktörü	IC Holding
19	Büşra Sıla AKSAKAL	Uzman Yardımcısı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Enerji Verimliliği ve Çevre Daire Bşk
20	Cansu ÜTTÜ	Enerji ve İklim Uzmanı	TÜSİAD
21	Cavit Burak BURAL	AB İşleri Uzmanı	Dışişleri Bakanlığı -AB Sektörel Politikalar Dairesi Başkanlığı
22	Ceren ANADOL	Yönetim Kurulu Üyesi	TÜRSAB
23	Cevat AYDIN	Şube Müdürü	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı-Strateji Geliştirme Başkanlığı-TCDD Taşımacılık AŞ.
24	Cihan USTA	Sanayi ve Teknoloji Uzmanı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
25	Prof. Dr. Hediye TÜYDEŞ YAMAN	Prof.Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
26	Doç Dr.Kemal SARICA	Doç.Dr.	Işık Üniversitesi
27	Dr. Abdüssamed KARADAVUT	Daire Başkanı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-Sanayi Genel Müdürlüğü
28	Dr. Demet CAVCAV	Daire Başkanı	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı-Planlama Daire Başkanlığı
29	Dr. M. Yavuz SUCU	Çevre ve Sürdürülebilirlik Müdürü	Elektrik Üreticileri Derneği (EÜD)
30	Dr. Volkan Recai ÇETİN	Danışman	Dünya Bankası
31	Dr.Betül ÖZTÜRK	Dr.	Votarantim Çimento
32	Dr.Kubilay KAVAK	Danışman	ESCARUS
33	Ebru SOĞANCI	Şube Müdürü V.	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Yapı İşleri Genel Müdürlüğü-Proje Dairesi Başkanlığı
34	Ece Gizem ÇAKMAK	Başuzman Araştırmacı	TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
35	Ecem GÖZDE KARABULUT	İdari Sorumlu	ASELSAN
36	Elif Ferdal KARAKAŞ	Genel Koordinatör	Jeotermal Enerji Derneği
37	Emine Zeynep BİLGİLİ	Mühendis	TCDD Genel Müdürlüğü

38	Emre OĞUZÖNCÜL	Yeşil Ekonomi ve İklim Eylemleri Yöneticisi	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası
39	Emre ZAİMOĞLU	Uzman	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
40	Engin İLSEVEN	Genel Müdür Yrd.	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
41	Esen ERKAN YILDIZ	GÜNDER Genel Sekreteri	Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu (GÜNDER)
42	Esin ÖZARSLAN	Uzman Yrd.	TOBB
43	Eyüp ŞİŞMAN	Öğretim Üyesi	İstanbul Medipol Üniversitesi
44	Faruk CİRİT	Daire Başkanı	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı-Sektörler ve Kamu Yatırımları GM.-Enerji ve Madencilik Dairesi
45	Hakan KAYSI	Enerji Uzmanı	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
46	Hakan Şener AKATA	Uzman	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
47	Halil İbrahim YILMAZ	Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı	Ankara Ticaret Odası
48	Halil KARA	Ulaştırma Mühendisi	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı-Hareketlilik Yönetimi ve Erişilebilir Ulaşım Daire Başkanlığı
49	Halime SEZER	Direktör	Türkiye Çevre Ajansı
50	Hande ALPASLAN	Daire Başkanı	TÜBİTAK-Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Dairesi
51	Hande HEKİM	Uzman	OYAK-Sürdürülebilirlik
52	Hasan AYAZ	Şube Müdürü V.	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-ÇED, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü
53	Hasan Umur ALSANCAK	Çevre Mühendisi	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı-Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü
54	Hüseyin Namık SANDIKÇI	Şube Müdürü	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü
55	İbrahim ŞEFLEK	UND Yönetim Kurulu Üyesi	Uluslararası Nakliyeciler Derneği (UND)
56	İhsan Sabri ÖKSÜZ	Genel Sekreter	Enerji Verimliliği Derneği (ENVER)

57	İrem BOY	Çevre Mühendisi	ERDEMİR
58	İsmail MURTAZAOĞLU	Genel Müdür Yrd.	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı-TCDD Genel Müdürlüğü
59	Levent ÖZSOY	Daire Başkanı	TCDD Genel Müdürlük-Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı
60	Mehtap ÖZDEMİR	GİSBİR Genel Sekreteri	GİSBİR
61	Meral TURAN AKIRMAK	Çevre Koordinatörü	OSD (Otomotiv Sanayiciler Derneği)
62	Merve VARANKAYA	Y.Şehir Plancısı	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı-Strateji Geliştirme Başkanlığı
63	Mine IŞIK	Uzman	GECA
64	Murat Altuğ KARATAŞ	Yönetim Kurulu Üyesi	MÜSİAD
65	Mustafa Nuri ERDEM	ETK Uzmanı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
66	Mustafa Özgür BERKE	Kıdemli Danışman	European Climate Foundation
67	Müge CEBECİ	Çevre Müdürü	KARDEMİR
68	Nesibe Feyza TAMER	Uzman Yardımcısı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Enerji Verimliliği ve Çevre Daire Başkanlığı
69	O. Fatih SOYSAL	Genel Sekreter	OSBÜK
70	Onur ÜNLÜ	Eyoder Başkanı	Eyoder
71	Ömer AKYÜREK	Elektrik Mühendisi	Demir Enerji
72	Özge KEPENEK BOZKIRLIOĞLU	Müdür	ESG Partner Danışmanlık AŞ.
73	Özgür SARHAN	Daire Başkanı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
74	Prof Dr.Günnur KOÇAR	Prof.Dr.	Ege Üniversitesi
75	Prof.Dr.Kevser CIRIK	Öğretim Üyesi	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
76	Prof.Dr.Levent AYDIN	Prof.Dr.	Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi
77	Sabri Gökhan GENÇ	Bölge Müdür Yardımcısı	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı-Karayolları Genel Müdürlüğü

78	Selin BABAOĞLU	Mühendis	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-EÜAŞ
79	Sezgin YAZICI	Genel Müdür Danışmanı	TCDD Teknik Mühendislik ve Müşavirlik AŞ
80	Tuba SEYYAH	Proje Yöneticisi	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)
81	Tuğçe ÜZÜMOĞLU	Direktör	WRI
82	Tülay EKİN	Yönetim Kurulu Üyesi	Değerlendirilebilir Atık Sanayicileri Derneği (TÜDAM)
83	Türkan MANASIR ÖZ	GİSAŞ Genel Müdürü/ GİSBİR Yönetim Kurulu Üyesi	GİSAŞ-GİSBİR
84	Ufuk IŞIK	Yönetim Kurulu Üyesi	Türkiye İklim Çevre ve Enerji Vakfı (TİÇEV)
85	Uğur GELİR	Daire Başkanı	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı-Sektörler ve Kamu Yatırımları GM-İmalat Sanayi Dairesi
86	Ümit ŞAHİN	LTS-Enerji Uzmanı	Sabancı Üniversitesi-İstanbul Politikalar Merkezi
87	Vasif VALİ	Mühendis	SOCAR
88	Yasin YİĞİT	Sürdürülebilirlik Yöneticisi	TÜRKÇİMENTO
89	Yaşar ROTA	Genel Müdür	Demiryolu Taşımacılığı Derneği
90	Zeynep ÇELİKER	Çevre Yüksek Mühendisi	Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD)

AZALTIM
2 KOMİSYONU

YÖNETİCİ ÖZETİ

Paris Anlaşması'nın uluslararası iklim işbirliği modelinde yaptığı değişiklik en açık ifadesini azaltım eyleminde bulmuştur. İklim değişikliğiyle küresel mücadelede ülkelerin kendi iklim politikalarını temel alan Anlaşma "ulusal olarak yönlendirilmiş iklim eylemi mantığı" üzerine kurulmuştur. Anlaşma taraf devletlere ulusal katkılarını hazırlama, bildirme ve sürdürme yükümlülüğü getirmiştir.

Ülkemizin açıkladığı 2053 yılı için Net Sıfır Emisyon hedefi doğrultusunda; tüm paydaşlarımızın görüşlerini alarak kapsayıcı bir bakış açısı ile sera gazı emisyonu azaltım politikalarını belirlemek, Türkiye'nin yeşil dönüşüm hamlesini başlatmak ve sürdürülebilir, çevreye duyarlı büyüme hedeflerini gerçekleştirmek temel amaçlarımız arasında yer almaktadır.

İklim değişikliğini önlemek amacıyla küresel ısınmanın 1,5 °C'lik artışla sınırlandırılması konusunda en kritik başlık "Sera Gazı Emisyon Azaltımı" olarak kabul edilmektedir. Gerekli emisyon azaltımının sağlanabilmesi adına birçok sektörde önemli dönüşüm faaliyetlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

İklim Şurası çalışmaları kapsamında oluşturulan Sera Gazı Azaltım-2 Komisyonunda Tarım, Atık, Binalar ve AKAKDO (Arazi Kullanımı Arazi Kullanım Değişimi ve Ormancılık) sektörleri ele alınmıştır.

Artan küresel sıcaklıklar sonucunda; yağış rejimlerinde değişiklikler, aşırı hava olaylarının sıklık ve şiddetinin artması, biyolojik çeşitlilik kaybı ve ekosistemlerin zarar görmesi, su ve gıda güvenliği sorunları, salgın hastalıklarda artış gibi etkiler yaşanmaktadır.

İklim değişikliği ile ilgili çalışmaların değişik disiplinleri ilgilendiren bir konu olması nedeniyle bu konudaki çalışmalar geniş bir yelpazede yer alan kurum ve kuruluşların çalışma alanına girmektedir. Türkiye'de iklim politikası; enerji üretimi, ulaştırma, tarım, atık, ormancılık ve arazi kullanımı ve diğer planlama konularındaki karar alma süreçleriyle giderek daha fazla bütünleşmektedir. 2021 yılı itibariyle küresel karbondioksit emisyonlarının yüzde 65'inden fazlasını ve dünya ekonomisinin yüzde 70'inden fazlasını temsil eden ülkeler net

sıfır emisyon hedefi taahhütlerinde bulunmuşlardır. Bu bağlamda ülkemiz 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefini 27 Eylül 2021 tarihinde açıklamıştır. Paris Anlaşmasına taraf olunması ve yeşil kalkınma devrimi olarak tanımlanan net sıfır emisyon hedefinin açıklanması ile Türkiye yeşil dönüşüm yolunda önemli bir adım atmıştır.

Bu kapsamda Şura komisyon çalışmaları ile azaltım sektörlerinin ulusal boyutlarının ele alınması, dünyada ve Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmaların değerlendirilmesi, bu çalışmalar doğrultusunda sorun alanları ve bunlara bağlı politikalar geliştirilmesi ile İklim Kanununa katkı olabilecek kararlara yön verilmesi amaçlanmıştır.

Azaltım (Atık, Tarım, Binalar) ve AKAKDO alt başlıkların yer aldığı Sera Gazı Azaltım -2 Komisyonu çalışmaları Aralık 2021 itibariyle başlamış olup komisyon çalışmalarında,

• AKAKDO (Arazi Kullanımı Arazi Kullanım Değişimi ve Ormancılık) sektöründe azaltım, yutak alan artırılması

• Doğa temelli çözümler, orman/ekosistem restorasyonu

• Orman yönetimi ve ormancılık faaliyetleri (yangın ve istilacı türler dahil)

• Sanayide emisyon dengeleme çalışmalarına yönelik AKAKDO temelli yutak mekanizmalar

• Mera ve terkedilmiş tarım arazisi ıslahı, erozyonla mücadele

• Tarımsal arazi kullanımı, hayvan varlığı ve gübre kullanımı

• Binalarda emisyon yönetimi ve enerji verimliliği

• Binalarda alternatif, çevre dostu malzemelerin kullanımı

• Sıfır atık uygulamaları

• Evsel atık geri kazanımı ve düzenli depolama süreci

• Uluslararası süreç – Paris Anlaşması ve AYM etkisi

başlıkları öncelikli olarak ele alınmıştır.

Şura hazırlık sürecinde kamu, özel sektör, üniversiteler ve STK'lardan ortalama 90 katılımcı ile üç ayrı çevrim içi toplantı gerçekleştirilmiştir. Komisyon çalışmalarına paralel olarak; "Mevcut Durum ve Sorun Alanlarının Tespiti", "Politika ve önerilerin geliştirilmesi", "İklim Değişikliğiyle Mücadele 2053 Vizyonu ve Toplumsal Beklentiler" ve "Politika ve önerilerin önceliklendirilmesi" başlıkları ile 4 ayrı anket de gerçekleştirilmiştir.

İklim Şurası sırasında komisyon çalışmalarına fiziksel toplantılar ile devam edilmiştir. Toplantılarda Komisyonca, bahse konu sektörlere ilişkin politika öncelikleri ve eylem önerileri belirlenmiştir. Bu doğrultuda hazırlanan kararlar seti divan kurulunda okunarak kabul edilmiştir.

YÜRÜTME KURULU ÜYELERİ

Komisyon Başkanı	Mehmet ÇELİK
Komisyon Başkan Yardımcısı	Prof. Dr. Özden GÖRÜCÜ
Sera Gazı Azaltım-2 Komisyonu Koordinatörü	Dr. Tuğba DİNÇBAŞ
Tarım Sektörü Sorumlusu	Teknur ATABEY
Binalar Sektörü Sorumlusu	Ülkü Füsun ERTÜRK
Atık Sektörü Sorumlusu	Arzu NURAY
Akakdo Sektörü Sorumlusu	Elif Pınar POLAT
Raportörler	Pelin POLAT ÇAVUŞOĞLU Demet ERDOĞAN Yeliz TANIŞ Gökhan KAYA

1. GİRİŞ

21. yüzyılın stratejik sektörleri arasında gösterilen atık, tarım ve gıda sektörü, 2050'de 10 milyara ulaşacağı hesaplanan dünya nüfusunun beslenmesi ve konut sağlanması noktasında yetersiz kalma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Araştırmalar, 2050 yılında dünya nüfusunu beslemek için, tarım ve gıda üretiminin, bugünkü düzeyinden en az %50 oranında fazla olması gerektiğini belirtmektedir. IPCC'nin Değerlendirme Raporları, iklim değişikliğinin etkisiyle dünyada su kıtlığının ve kuraklığın artacağını, tarımsal verimliliğin düşeceğini, gıda fiyatlarında dünya genelinde %85'e varan artışların gerçekleşebileceğini öngörmektedir. Yağış rejiminin değişmesi nedeniyle bazı tarım alanlarının kuraklaştığı, tarımsal ürünlerin olgunlaşma sürelerinin değiştiği, bazı tarım alanlarının sel suları altında kalarak kullanılamaz hale geldiği ya da deniz suyunun yükselmesi ile tuzlandığı ve verimin düştüğü bilinmektedir. Hem azaltım hem de uyum faaliyetleri açısından büyük önem taşıyan tarım sektörü Azaltım 2 komisyonu kapsamında azaltım faaliyetleri bakımından ele alınmaktadır.

Azaltım potansiyelinin yüksek olduğu bilinen bina sektörü kapsamında dünya genelinde sektörün taban alanının 2020 ile 2050 yılları arasında %75 artması beklenmektedir. Toplam emisyona bakıldığında enerji sektörü, %72.2 ile en büyük paya sahip olup sektördeki dağılıma göre bu emisyon miktarının %12'si bina sektöründe oluşmaktadır. Azaltımın hemen kaydedilebildiği ve geri dönüş sürelerinin göreceli olarak kısa olduğu bina sektöründe emisyon yönetimi büyük önem taşımaktadır.

Önemli başka bir emisyon oluşturan sektör ise atıktır. Nüfus artışı, sanayileşme ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi ile birlikte üretilen atık miktarı da her geçen gün artmaktadır. Doğal kaynaklar hızla tükenmekte, çevre sağlığı giderek bozulmaktadır. Dünya çapında malzeme tüketimi ve kişi başına düşen malzeme ayak izi de hızla artmıştır. Dolayısıyla atık sektörünün yönetimi hem emisyon azaltımı hem de döngüsel ekonomi prensipleri çerçevesinde diğer sektörlere katkı sağlaması açısından son derece önem arz etmektedir.

AKAKDO sektörünün yutak etkisi ülkelerin ulusal katkı belgelerinde de ele alınmakta olup belgelere göre AKAKDO'nun küresel sektör katkısının 2030 yılına kadar -2,9 Gt CO_2 eşdeğeri olması taahhüt edilmiştir.

AKAKDO sektörü net sıfır hedefine ulaşılması açısından da kritiktir. Ülkemiz 2053 yılında net sıfır karbon emisyonuna ulaşmayı hedefleyen ülkelerden biridir. Net sıfır karbon emisyonu atmosferden alınan CO_2 ile atmosfere salınan CO_2 miktarının eşit olmasına denmektedir. Dolayısıyla AKADO sektörü net sıfır yolunda daha da önem kazanmıştır.

Tarım, Binalar, Atık ve AKAKDO sektörlerin emisyon azaltımı bağlamında ele alındığında iklim değişikliğinin etkisiyle büyük değişimler yaşayacak bu sektörlerde sistemlerinin sürdürülebilir bir şekilde yeniden inşası, yeni fırsatlar oluşturulması, yeni teknolojilerin kullanılması, artan kamu bilinci ve sürdürülebilir taleplerle birlikte önemli katkılar sağlaması sağlanması hedeflenmektedir.

2. TARIM

2.1 Dünyadaki Durum

Tarım; açık alanlarda birçok yoğun faaliyetin iç içe sürekli olarak uygulandığı bir sektördür. Artan dünya nüfusunun giderek artan ve farklılaşan gıda taleplerini karşılaması, tarıma dayalı sanayiler aracılığı ile ihracat ve istihdamdaki payı, biyolojik çeşitlilik ve ekolojik dengeye olan etkileri açısından tüm ülkeler için stratejik bir sektör olma özelliğindedir. Doğaya bağlı gerçekleştirilmesi nedeniyle hem iklim değişikliği riski altında olan bir faaliyet hem de iklim değişikliğinin itici bir gücüdür. Tarım sektörü, bir yandan sera gazı salımına sebep olmakta diğer yandan karbon yutak alanı olarak emisyonların azaltımına katkıda bulunmaktadır.

Tarım; metan (CH_4), nitröz oksit (N_2O) ve tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için kullanılan enerji kaynaklarına bağlı olarak karbondioksit (CO_2) gibi sera gazlarının salımına neden olmaktadır. Metan, çoğunlukla hayvancılık ve çeltik üretimi; nitröz oksit ise azotlu gübre kullanımı ile hayvansal gübre yönetimi kaynaklıdır. Tarım alanları agro-ekolojik uygulamalar, sürdürülebilir toprak ve su yönetimi ile yutak alan görevi görüp emisyon azaltımı sağlayarak uyum ve azaltım arasında bir sinerji yaratabilmektedir (FAO, 2022).

Tarım, özellikle yoğun tarım ve bunun neden olduğu ormansızlaşma, dünyadaki 2000-2010 yılları arasındaki on yılda ortaya çıkan tüm CO_2 emisyonlarının yaklaşık beşte birinden sorumludur. Bunun nedeni, gelişmekte olan ülkelerde gıda talebinin çok hızlı artması, buna bağlı olarak tarım alanlarının genişlemesi ve bu alanlarda büyük miktarlarda kimyasal gübre kullanılmasıdır (FAO, 2014). 2050 yılına kadar yaklaşık on milyar insandan oluşacak olan nüfusun ihtiyaçlarını sürdürülebilir bir şekilde karşılamak için tarımın, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybına uyum sağlamasına, tarımsal uygulama yöntemlerinin geliştirilmesine bağlıdır.

İklim değişikliği; tarım sektörünün yaşadığı iklim risklerinin sıklığını ve şiddetini, yani sıcaklık ve yağış düzenlerindeki değişimleri ve aşırı hava olaylarının sıklığını artırmaktadır. İklim değişikliği, tarımsal üretim şeklini değiştirmekle birlikte ekimi ve hasadı geciktirmektedir.

Sık, uzun ve şiddetli kuraklık olaylarına karşı etkilenebilirliği yüksek olan alanlar, kurak dönemlerde su kıtlığı yaşamaktadır. Ayrıca sıcaklıklardaki değişimler; yabani ot gelişimi ile zararlı böceklerin ve hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmakta, bu da ürün verimini etkilemektedir (Uprety & ark., 2019).

Bilimsel raporlara göre, iklim değişikliğinin tarıma etkileri; tarımsal üretimde ve kalitede azalma, üretim sezonu süresi, su kaynaklarında azalma, kuraklık şiddetinde artış, su ve toprak kalitesinin bozulması, ekosistemin bozulması ve biyolojik çeşitlilik kaybı, ekolojik alanlarda kayma, zararlılarda ve hastalıklarda artış ve sürdürülebilir gıda güvenliği sorunları olarak özetlenebilir (EP, 2020).

IPCC Raporu 1. Çalışma Grubunun iklim değişikliğinin fizik bilimi temeline ilişkin 6. Değerlendirme Raporu'na (AR6) (IPCC, 2021) göre, sera gazı emisyonlarının insan

kaynaklı seviyeleri tarihte kaydedilen en yüksek düzeydedir. Rapora göre, 2050 yılına kadar dünya ortalama sıcaklığının 20C artması senaryosunun gerçekleşmesi durumunda 180 milyon kişinin daha açlık riskiyle karşı karşıya kalacağı, 450 milyon insanın su kıtlığı yaşayacağı; 30C artması durumunda ise yalnızca Avrupa Kıtası'nda şiddetli sıcaklık ve nem nedeniyle her yıl yaklaşık 96 bin kişinin yaşamını yitirebileceği ve küresel tarım alanlarının %5-20 arasında küçülebileceği öngörülmektedir. Ortalama sıcaklığın 40C artması senaryosuna göre ise dünya genelinde aşırı sıcaklık ve nem nedeniyle hayatını kaybeden insan sayısının 1,5 milyara ulaşabileceği, tarım alanlarının yaklaşık %10-30 oranında azalacağı öngörülmektedir (TOB, 2021b). Özellikle tropik ve yarı tropik bölgelerde, daha yüksek sıcaklıklar altında verim ve ürün uygunluğunda düşüşler olacağı tahmin edilmektedir. Milyonlarca insanın tarıma bağımlı olduğu ve gıda güvensizliğine karşı savunmasız olan düşük ve orta gelirli ülkelerde iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en yüksek olması beklenmektedir.

Genel olarak dünyada nüfus artış hızı yavaşlarken, bazı bölgelerde 2050'den sonra ve hatta gelecek yüzyıla kadar nüfusun artacağı öngörülmektedir. Birleşmiş Milletler (BM) projeksiyonlarına göre, dünya nüfusunun 2050'de 9,73 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Şehirlerde kırsal alanlara göre daha fazla insan yaşamakta ve bu dengesizliğin artan nüfus ile yükselerek devam etmesi beklenmektedir. Şehirleşme, beslenme düzeninde değişime neden olmakta ve gıda üretim sistemleri üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır (FAO, 2017). BM'ye göre, yaklaşık 690 milyon kişi – dünya nüfusunun %8,9'u – açlıkla mücadele etmekte ve beş yılda yaklaşık 60 milyon kişi artış göstermektedir. Aynı zamanda bugün aç olan 690 milyondan fazla kişiyi – 2050 yılında 2 milyar daha kişiyi daha – beslemek için dünyada gıda ve tarım sistemlerinde önemli bir değişim gerekmektedir (UN, 2022). Bu doğrultuda, mevcut gıda tüketim eğilimleri dikkate alındığında ve gıda atıklarında önemli miktarda azalma olmaması durumunda 2050 yılına kadar gıda üretiminin %50 oranında arttırılmasına ihtiyaç duyulması beklenmektedir (FAO, 2017).

Tarım sektörü, yılda 5 milyar ton CO_2eşd. ile küresel sera gazı emisyonlarına önemli katkıda bulunmaktadır (FAO, 2014). Tarım, küresel düzeyde CO_2 dışı emisyonlar açısından önemli bir emisyon kaynağıdır. Sektör, küresel metan ve nitröz oksit emisyonları içinde sırasıyla yaklaşık %50 ve %75 ile en büyük katkıyı yapmaktadır. Metan emisyonlarının çoğu, geviş getiren hayvanların sindirim işlemi olan enterik fermantasyon ve çeltik üretimi kaynaklıdır. Nitröz oksit emisyonları ise esas olarak azot bazlı gübrelerin uygulanmasından ve hayvan gübresi yönetiminden kaynaklanmaktadır (FAO, 2018).

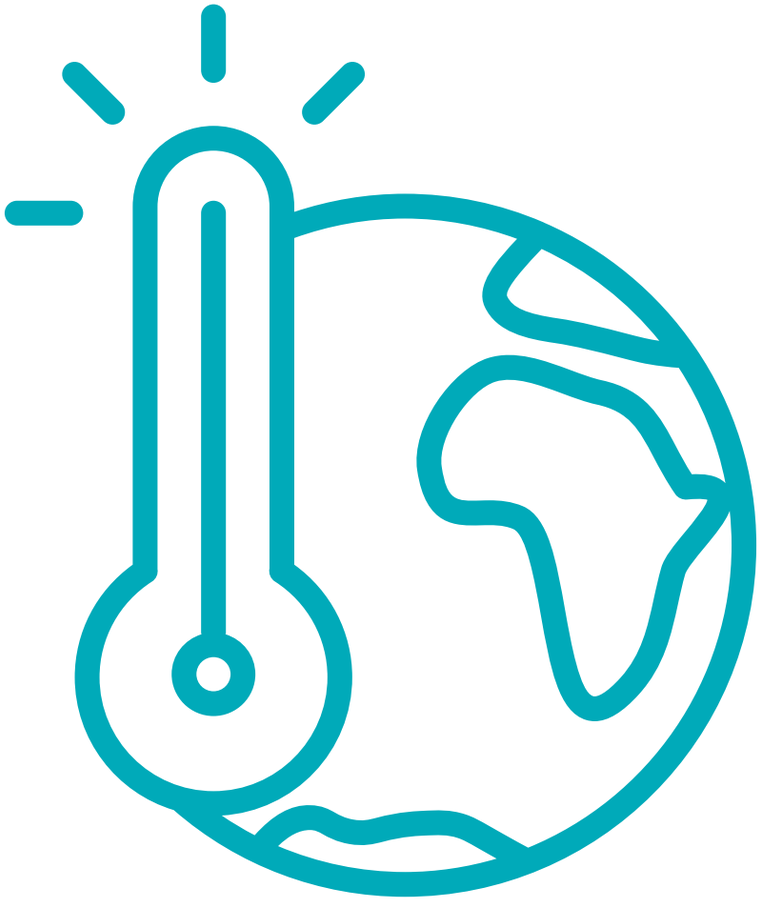
Dünya genelinde, tarımsal sera gazı emisyonlarından en büyük paya sahip olan metan emisyonlarıdır. Tarımsal faaliyetler, küresel insan kaynaklı metan emisyonlarının yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır Canlı hayvan yetiştiriciliğinin küresel insan kaynaklı sera gazı emisyonlarına toplam katkısı genel olarak yüksektir, ancak dünya genelinde değişkenlik göstermektedir. Artan küresel nüfus ve beslenme değişimlerine uygun azaltım stratejileri uygulanmadığı sürece hayvancılıktan kaynaklanan emisyonların gelecek yıllarda artması beklenmektedir. Tarımsal faaliyetler, küresel insan kaynaklı Nitröz oksit emisyonlarının yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır. FAO istatistiklerine göre, Nitröz oksit emisyonlarında en yüksek pay, mera arazilerinde kalan hayvan gübresi ve ardından kimyasal azot gübrelemesinden gelmektedir. Tarım sektöründe diğer N_2O kaynakları; topraklara uygulanan gübre, ürün artıkları ve organik toprakların ekimidir.

Uluslararası ve ulusal örgütler, hükümetler, devlet ve özel sektör, vb. gibi tarımla ilgili tüm taraflardan, politika müdahalesi veya teknoloji geliştirme gibi tarımda uyum ve azaltım konusundaki iklim değişikliği tehditleriyle başa çıkmak için çok çeşitli çabalar mevcuttur. AB'nin mevcut çabaları ve uygulamaları ile gelecek planları, bir politika müdahalesi olarak pek çok ülke için bir örnek oluşturmaktadır. İklim yasasıyla Avrupa Birliği (AB), Avrupa ekonomisi ve toplumu için 2050 yılına kadar iklim nötr hedefini yasalaştırmıştır. Ayrıca 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının 1990 yılına göre en az %55 azaltılması hedeflenmektedir. AB, İklim nötr hale gelmenin geri döndürülemez olmasını sağlamayı da amaçlamaktadır. Yasa, ekonominin farklı alanlarında iklim nötr hedefine giden yolu çizen sektörlere özel yol haritaları hazırlamak için sektörlerle etkileşim kurma taahhüdü sunmaktadır. Bu sektörlerin en önemlilerinden biri tarım sektörüdür ve yasa AB tarımının dönüşümünde olduğu kadar Paris Anlaşması'na taraf olan Türkiye'nin tarımsal üretim yapısının da dönüşümünde rol oynayacaktır.

İklim Yasası'nın temeli, Avrupa Yeşil Mutabakatıdır (AYM). Yeşil Mutabakat AB'yi 2050 yılında iklim nötr, ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrıştırıldığı, kaynakları verimli kullanan ve rekabetçi bir ekonomiye sahip adil bir topluma dönüştürmeyi amaçlayan yeni bir büyüme stratejisidir. Söz konusu hedeflere ulaşılmak üzere atılan adımların adil ve kapsayıcı olması gerektiği vurgulanmıştır (EC, 2019).

Tarım ve gıda sektörünü etkileyecek stratejiler ve mekanizmalar ise şu şekildedir:

- Tarladan Sofraya Stratejisi (20 Mayıs 2020)
- Biyoçeşitlilik Stratejisi (20 Mayıs 2020)
- İklim Kanunu (29 Temmuz 2021)
- Metan Stratejisi (14 Ekim 2020)
- Döngüsel Ekonomi Eylem Planı (11 Mart 2020)
- Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (14 Temmuz 2021)
- Çaba Paylaşım Tüzüğü (14 Temmuz 2021)
- Yenilenebilir Enerji Direktifi (14 Temmuz 2021)
- Organik Tarım Eylem Planı (25 Mart 2021)
- Fit for 55



Tarladan Sofraya Stratejisi

Tarladan Sofraya Stratejisi, Avrupa Yeşil Mutabakatının merkezindedir ve gıda sistemini adil, sağlıklı ve çevre dostu yapmayı amaçlamaktadır. Strateji, adil bir dönüşümü desteklemek için kilit araçlar olarak ortak tarım ve balıkçılık politikaları ile düzenleyici olan ve olmayan inisiyatifleri ortaya koymaktadır. Sürdürülebilir gıda sistemleri için yasal bir çerçeve önerisi, stratejinin uygulanması ve sürdürülebilir gıda politikasının geliştirilmesini desteklemek için ortaya konulacaktır. Tarladan Sofraya Stratejisi, AB'nin sürdürülebilir gıda sistemine geçişini aşağıdaki prensipler doğrultusunda hızlandırmayı hedeflemektedir (EC, 2020a):

- Nötr ve pozitif çevresel etkiye sahip olmak,
- İklim değişikliği etkisini azaltmaya ve etkilerine adapte olmaya yardımcı olmak
- Biyo-çeşitlilik kaybını tersine çevirmek,
- Herkesin yeterli, güvenli, besleyici ve sürdürülebilir gıdaya eriştiğinden emin olarak gıda güvenliği, beslenme ve halk sağlığını sağlamak,
- AB tedarik sektörünün rekabet edebilirliğini artırarak ve adil ticareti teşvik ederek ekonomik dönüşlerin daha adil olmasını sağlarken gıdanın satın alınabilirliğini korumak.

AYM altında Tarladan Sofraya Stratejisi ile ilişkili olarak, gübre kullanımının %20, pestisit kullanımının %50 azaltılması ve antimikrobiyal satışının %50 azaltılması; Organik Tarım Eylem Planı altında organik tarım alanlarının %25'e çıkarılması ve Biyoçeşitlilik Stratejisi altında tarım topraklarının %10 azaltılması bulunmaktadır.

AYM kapsamında tarım sektörü için planlanan eylemler ise şunlardır:

- Ortak Tarım Politikası (OTP) reformlarının Yeşil Mutabakat hedefleri ile uyumu,
- Organik eylem planı,
- Çiftlik hayvanlarının refahı konusundaki AB mevzuatının değerlendirilmesi,
- Besin etiketleme,

- OTP amaçlarının gerçekleştirilmesi,
- AB tarımsal teşvik politikasının geliştirilmesi,
- Pestisitlerin sürdürülebilir kullanımı.

AB Ortak Tarım Politikasını (OTP) iklim değişikliği alanı da dahil olmak üzere politika yapımını etkileyen bir araç olarak kullanmaktadır. Avrupa Komisyonu, tarımın AB sera gazı emisyonlarının %10'unu oluşturmasından hareketle, Yeni OTP (OTP 2023+) için çevre ve iklim değişikliği konularına önem vermektedir. Üye ülkeler Stratejik Planları ile önceliklerini ve eylemlerini belirleyeceklerdir. AB Yeni OTP hedeflerini ve çerçevesini aşağıdaki gibi belirlemiştir:

1. Çiftçilere adil bir gelir sağlamak
2. Rekabet gücünü artırmak
3. Gıda zincirindeki gücü yeniden dengelemek
4. İklim değişikliği eylemi
5. Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı
6. Peyzaj ve biyolojik çeşitliliği korumak
7. Genç neslin kırsal alanda kalmasını sağlamak
8. İstihdam ve ekonomik gelişmenin teşviki
9. Gıda ve sağlık kalitesini korumak

AB'nin İklim Değişikliği ile ilgili amaçları; iklim değişikliğine uyum sağlamak, azaltıma ve sürdürülebilir enerjiye katkıda bulunmak; su, toprak ve hava gibi doğal kaynakların etkin yönetimini ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek; biyoçeşitliliğin korunmasına katkıda bulunmak, ekosistem hizmetlerini geliştirmek, habitat ve peyzajı korumak; hayvan refahını iyileştirmek ve hastalıklara dayanıklılığı sağlamaktır.

OTP 2023+ ise; OTP'nin daha yeşil hale gelmesi (Stratejik planlarda çevre ve iklim değişikliği ile ilgili daha yüksek hedefler), OTP bütçesinin %40'nın iklimle ilgili olması, üye ülkelerin mevzuatlarında daha fazla çevre ve iklim eylemlerine daha fazla yer vermeleri gerekliliği, OTP reformlarının Yeşil Mutabakat ile uyumlu olması, sulak alan ve turbalıkların korunmasını kapsaması, eko-planların (karbon tarımı vb. içeren tarım-çevre-iklim önlemleri listesi) ödemelerinin doğrudan ödemelerin %25'ini oluşturması ve kırsal kalkınma ödemelerinin de %35'inin iklim, biyoçeşitlilik, çevre ve hayvan refahı ödemeleri olması, Arazilerin en az %3'nün biyoçeşitlilik gibi amaçlar için kullanılması gibi önemler içermesi açısından oldukça önemlidir.

AB'nin tarım sektörü için iki dizi politika müdahalesi vardır. Bunlar: (i) verimliliği artırmak, örn. daha az arazi, daha az hayvan ve daha az fosil bazlı girdiler – gübre ve yakıt gibi – kullanarak – aynı miktarda bitkisel ürün, süt ürünü ve et üretmek ve (ii) sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçlayan yenilikçi teknoloji ve uygulamaları benimsemek. İlki, emisyon azaltımını kapsayan iklim değişikliği nedenlerini ele alan eylemleri kapsar, örneğin daha az et ve süt ürünü tüketimini içeren bir beslenme değişikliği sonucunda gıda üretimi için talep değişikliği tarımsal üretimde emisyon azaltımına yardımcı olabilir. İkinci dizi politika müdahalesi ise, iklim değişikliğinin sonuçları veya etkilerine karşı kırılganlığı azaltma aracılığıyla iklim değişikliğine uyumu teşvik eden eylemleri içermektedir. Tarımda çok miktarda uyum eylemi mevcuttur; bunlar teknik çözümleri ve üretimin çeşitlendirilmesini kapsamaktadır. Örnekler, değişen iklime daha uyumlu ürünlerin ve çeşitlerin kullanılmasını, suyun daha etkin kullanımını, sıcağa daha dayanıklı hayvan çeşitlerinin yetiştirilmesi, toprak yönetiminin geliştirilmesi, daha çeşitli ürünlerin yetiştirilmesi ve karma arazi kullanımı – ağaç ve topraklarda karbon depolamasının artırılması için tarımsal ormancılık uygulamalarını – içermektedir (EP, 2020b)

AB Metan Stratejisi

AB Metan emisyonlarını %53'ünü tarım, %26'sını atık, %19'unu enerji sektörü oluşturmaktadır. Tarımdan kaynaklı metan emisyonlarının ise %80,7 si hayvancılık, %17,4'ü gübre yönetimi ve %1,2'si ise çeltik üretiminden kaynaklanmaktadır (EC, 2021b). Metan Stratejisinde (EC, 2020b), 2005 yılına kadar metan emisyonlarındaki %29 azaltımı hedefi, %35-37 azaltım olarak güncellenmiştir. Metan Stratejisi altında belirlenen sektörler arası faaliyetler emisyonların raporlanması ve ölçümlerin desteklenmesi, BM altında uluslararası bir bağımsız kuruluşun kurulması, Copernicus programı ile emisyonların uydu temelli tespiti ve izlenmesi, İklim ve Çevre mevzuatının gözden geçirilmesi, biyogaz piyasasının gelişimi için destek şeklindedir (EC, 2020c).

Tarım sektörüne ilişkin belirlenen faaliyetler ise, 2021 yılı ilk yarısında Çalışma Grubu kurulması (metan döngüsü), 2021 sonu hayvancılık odaklı en iyi uygulamalar ve teknolojiler konusunda envanter oluşturulması, 2022 yılında sera gazı emisyonlarının hesaplanması ve uzaklaştırılması amacıyla dijital karbon gezgini şablonu ve kılavuzunun oluşturulması, Ufuk Avrupa 2021-2024 Stratejik Plan kapsamında araştırma yapılmasıdır. Aynı zamanda biyogaz tüketim hedefi 17 milyon tondan (2017), 2050 için 54-72 milyon tona çıkarılmıştır (EC, 2021b).

Çaba Paylaşım Tüzüğü

AB, tarım sektörünün de içinde yer aldığı Emisyon Ticareti Sisteminin (ETS) dışında kalan sektörlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının Çaba Paylaşım Tüzüğü altında ele alacaktır. ETS kapsamında olmayan emisyonlar için tek tek her ülkenin kişi başına düşen Gayri Safi Yurt İçi Hasılaya (GSYİH) dayalı hedefleri Çaba Paylaşımı Kararı altında belirlenmiştir. 2030 yılına kadar, 2005 seviyelerine göre an az %40'lık bir emisyon azaltımı hedeflenmektedir (EC, 2021a).

Agro-ekolojik çiftçilik, tarımsal ormancılık, toprağı işlemesiz ekim, örtü bitkisi ve çok yıllık bitkilerin kullanılması, ürün münavebe döngülerinin iyileştirilmesi ve kalıcı tarım tasarım tekniklerinin kullanımı, toprak tarafından depolanan karbon miktarını artırma ve iklim değişikliğinin azaltılmasında önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Çiftçilerin, karbon depolanmasını artıran ve sera gazı emisyonlarını azaltan çiftçilik faaliyetleri (karbon çiftçiliği) Çaba Paylaşım Tüzüğü altındaki değerlendirilecektir. Etkin karbon tarımı aşağıdaki gibi örneklendirilmiştir (EC, 2021c):

- Biyoçeşitliliği koruyan ekolojik prensiplere dayanan uygulamalar ve iklim değişikliğine uyumlu sürdürülebilir orman yönetimini destekleyen ormanlaştırma;
- Tarımsal ormancılık ve diğer odunsu bitkiler ile vejetasyonu ve/veya hayvansal üretim sistemini içeren karma tarımın aynı alanda yapılması;
- Örtü bitkisi, az işlemenin uygulanması: toprağın korunması, toprak erozyonunun azaltılması ve bozulmuş ekilebilir alanda toprak organik karbonunun artırılması;
- Ekili alanların nadas alanlarına ya da kalıcı meralara dönüştürülmesi;
- Turbalık ya da sulak alanların mevcut karbon stokunun oksidasyonunu azaltacak ve karbon yakalama potansiyelini artıracak şekilde restore edilmesi.

Avrupa Birliği Komisyonu, üye ülkelerin OTP Stratejik Planlarında karbon tarımına yer vermelerini teşvik etmektedir ve 2022'de yeni OTP Planları kabul edilene kadar karbon tarımı olasılıklarını değerlendirmeye devam edecektir. Komisyon ayrıca, karbon azaltımının kalitesinin netleştirilmesi, mevcut çerçevenin standardizasyonundaki eksiklerin elealınması, karbon azaltımının sertifikalandırılması ve düzenleyici bir çerçeve geliştirilmesi için 2022 yılı içerisinde bir mevzuat önerisinde bulunacaktır (EC,

2021c). Önümüzdeki dönemde AB'deki olası gelişmeler; Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizmasının tarım sektörünü kapsayacak şekilde genişletilmesi, AYM'nin küresel çaptaki olası etkileri, karbon tarımı ve Kafeslerin Sonu İnisiyatifi, karbon ayak izi ve etiketleme ve sektörde yenilikçi teknolojilerin kullanılması ihtiyacı olarak sıralanabilir.

Döngüsel Ekonomi Eylem Planı

Döngüsel ekonomi diğer sektörlerde olduğu gibi tarım sektöründe de karbon-nötr bir ekonomiye geçişte kullanılması gerekecek olan yaklaşımlardan biridir. Döngüsel ekonomi, atık oluşumunu en aza indirirken malzemeleri ve kaynakları kullanımlarının sonunda ürün döngüsüne geri döndürerek değerlerini mümkün olduğunca uzun süre korumayı hedeflemektedir; bu mümkün değilse farklı ürünlerin üretimi için değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Al-Yap-Kullan-At olan lineer ekonomi yöntemi yerine Azalt-Yeniden Kullan-Geri Dönüştür prensibiyle döngüsellik sağlanmaya çalışılmaktadır.

Avrupa Birliği'nin Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planında (EC, 2020d), bazı öncelikli politika alanları belirlenmiştir: elektronik, tekstil, plastik ve inşaata odaklanılarak belirli atık türleri için azaltım ve uygulama hedefleri yer almıştır. Gıda atıkları için ise ayrı toplama sistemine vurgu yapılmaktadır. Tarım sektörü ile ilgili hususlar Suyun Yeniden Kullanımı Tüzüğü, atık suların tarımda yeniden kullanımı; gıda ile temas eden maddelerin geri dönüşümüne ilişkin kurallar, gıda atıklarının azaltılması için hedeflerin belirlenmesi; gıdanın dağıtımı ve tüketimi için ortak kanalların belirlenmesi; Entegre Besin Maddesi Yönetim Planı şeklindedir.

COP 26'da Öne Çıkan Küresel Metan Taahhüdü

BMİDÇS Taraflar Toplantısı COP26 boyunca taraflar çeşitli koalisyon, anlaşma ve taahhütlere imza atmışlardır. Bunlardan biri de ABD ve AB öncülüğünde metan emisyonlarını 2030 yılına kadar 2020'ye kıyasla %30 oranında azaltmayı ve bunun için metanı ölçebilmek üzere mevcut en iyi envanter yöntemini kullanmayı ve özellikle yüksek emisyon kaynaklarına odaklanmayı öngören Küresel Metan Taahhüdüdür (GMP, 2021). Taahhüdü imzalayan 100'den fazla ülke, dünya ekonomisinin %70'ini aynı zamanda insan kaynaklı toplam metan emisyonlarının yarısını oluşturmaktadır.

Metan Taahhüdü bağlamında belli ölçüm zorlukları, teknik kısıtlar ve olası finansal yükler nedeniyle tartışmaların sürmesi beklenmektedir. Örneğin, büyük petrol ve gaz

üreticisi olan ABD ve Kanada gibi ülkelerin etkili ve nispeten ucuz teknolojilerle endüstri kaynaklı metan sızıntılarını hesaplamaları mümkündür; ancak Fransa ve Brezilya gibi metan emisyonu büyük oranda hayvancılığa bağlı ve ayrıştırılması güç olan ülkelerde, azaltımın nasıl hesaplanacağı net değildir. Son yıllarda uydu görüntüleriyle boru hatlarında, atık sahalarında ve depolama ünitelerinde büyük metan emisyonlarını denetlemek mümkün hale gelmiştir; fakat büyük ölçekli salımlar, toplam metan salımlarının küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Uydular daha küçük ölçekli salımları izlemek için daha yüksek çözünürlüklü teknolojilere ihtiyaç duymaktadır. Metanın ölçülmesindeki bu tür faktörler nedeniyle bu konunun tartışılmaya devam edeceği beklenmektedir.

Taahhüt, resmi müzakereler dışında kurulduğundan verilen sözlerin izlenmesini sağlayan bir mekanizma yoktur. Ancak, bu platformlar içinde yer almak taraf olan devletlerin iklim eylemine dair niyetini göstermesi, başka devletlerle işbirliği ve ittifak olanakları sağlaması açısından önem taşımaktadır. İran ve Rusya gibi büyük metan emisyonuna sebep olan ülkeler Taahhüde imza atmamıştır. Diğer yandan, birçok Avrupa ülkesinin kendi Uzun Dönem Stratejilerinde (LTS) metan emisyonları için 2030 hedefi belirledikleri görülmektedir. Metan emisyonlarının çoğu hayvancılıktan kaynaklan Türkiye için çok dikkatle değerlendirilmesi gereken bir gelişmedir.

Birleşmiş Milletler'in (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

İklim değişikliğinin tarımsal üretimdeki olumsuz etkilerini önlemek ve tarımsal üretimin iklim değişikliğine uyumunu sağlamak için Birleşmiş Milletler'in (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden 13'üncüsü iklim eylemidir. Bu eylem ile iklim risklerine ve doğal afetlere karşı dayanıklılığın ve uyum kapasitesinin bütün ülkelerde güçlendirilmesi, iklim değişikliğiyle ilgili önlemlerin ulusal politikalara, stratejilere ve planlara entegre edilmesi, iklim değişikliği, azaltım, iklim değişikliği etkilerinin, azaltım ve uyum politikalarıyla azaltılması, erken uyarı sistemleri konusunda eğitimler düzenlenerek farkındalık oluşturulması, insani ve kurumsal kapasitenin geliştirilmesi temel hedefler olarak belirlenmiştir.

Tarım sektörü ile bağlantılı olarak; açlığın sona ermesi, gıda güvenliğinin sağlanması ve sürdürülebilir tarımın teşvik edilmesi, bitki desenlerinin dayanıklılığı ve üretim sistemlerinin iklim risklerine ve doğal afetlere uyumlu hale getirilmesi, sürdürülebilir gıda üretim sistemlerinin sağlanması, üretimin artırılması ve ekosistemlerin korunması eylemleri yukarıdaki hedefler altında yer almaktadır. 2021 yılı Eylül ayında düzenlenen

Zirve'nin amacı: i) güvenli ve besleyici gıdaya erişimin sağlanması, ii) sürdürülebilir tüketim ve üretimin arttırılması ve iii) gıda güvenliği açıklarına karşı dayanıklılığın oluşturulmasıdır.

Gelecekte, Dünya Bankası, diğer BM kurumları gibi uluslararası örgütlerin iklim dostu tarım (Climate- Smart Agriculture-CSA) (FAO, 2021) gibi uygulamaları daha fazla gündeme alması beklenmektedir. CSA, gıda güvenliği ve iklim değişikliğinin çakışan tehditlerini ele alan doğa – tarım alanı, hayvan, orman ve balıkçılık – yönetimine bütüncül bir yaklaşımdır. CSA, aynı anda üç çıktıyı elde etmeye çalışır:

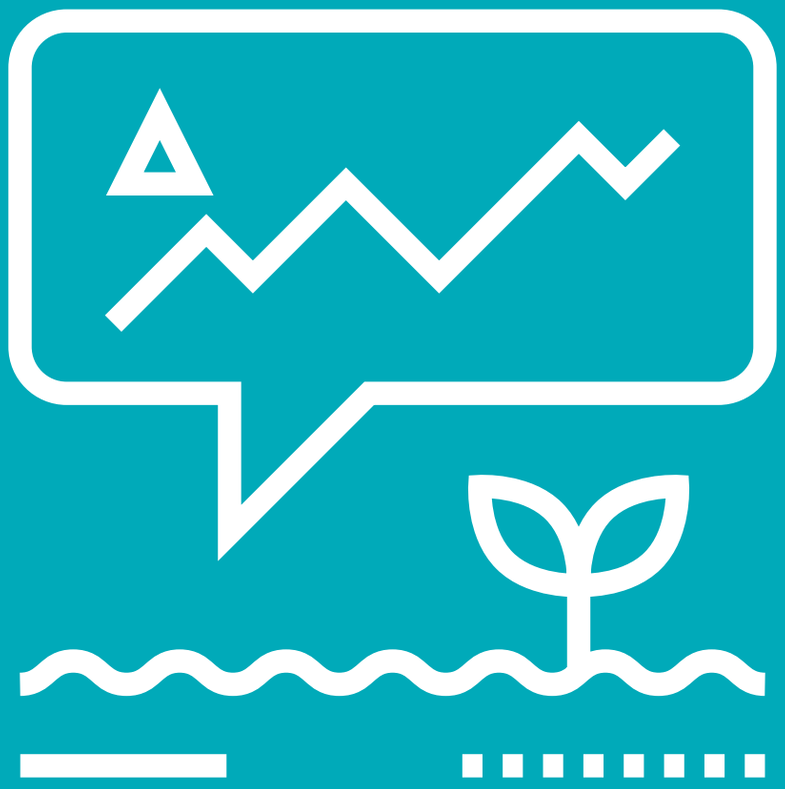
1. Verimliliği artırmak: gıda güvenliğini sağlamak için daha fazla ve daha iyi ürün üretmek ve özellikle kırsal alanda yaşayan, geçimleri büyük oranda tarıma bağlı olan, dünya nüfusunun %75'i oranındaki fakir kesimin gelirlerini artırmak.

2. Direnci artırmak: kuraklık, hastalık ve diğer iklimle ilgili risk ve şoklara karşı kırılganlığı azaltmak; adapte olma kapasitesini ve kısa sezon ve dengesiz hava şartları gibi uzun vadeli stresler ışığında üretimi geliştirmek.

3. Emisyonları azaltmak: üretilen her bir kalori veya kilo ürün için daha düşük emisyon amaçlamak, tarımda ormansızlaştırmadan kaçınmak ve atmosfer dışında karbon emiliminin yollarını bulmak.

CSA, mevcut bilgi, teknoloji ve sürdürülebilir tarım ilkelerine dayalı olduğu halde çeşitli şekillerde farklılık göstermektedir. Öncelikle, iklim değişikliğine belirgin şekilde odaklanmıştır. İkincisi, CSA sistematik olarak verimlilik, uyum ve azaltım arasında var olan sinerji ve geçişi ele almaktadır. Son olarak CSA, yatırımdaki açığı kapatmak için yeni finansman fırsatları elde etmeyi amaçlamaktadır.

Gelecekte daha fazla gündemde olacak konulardan biri de Doğa Temelli Çözümlerdir (NBS). NBS tanımı, Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından benimsenmiştir. Bu tanıma göre doğa temelli çözümler "bir yandan insan refahı ve biyo-çeşitlilik faydaları sağlarken, aynı zamanda sosyal tehlikeleri etkin ve uyarlanabilir şekilde ele alan doğal veya modifiye edilmiş ekosistemleri koruyacak, sürdürülebilir şekilde yönetecek ve iyileştirecek eylemlerdir" (UNEP, 2021). İklim etkilerini azaltmayı ele almada önemli rol oynama potansiyeline sahip doğa temelli çözümler, giderek artan şekilde araştırma, politika ve kamu dikkatini çekmektedir. Karbon depolanmasını geliştirecek veya artıracak veya atmosferden karbonu ayıracak yeni ihtimaller yaratan doğa-temelli çözümler, bir yandan biyo-çeşitliliği korurken, sürdürülebilir birçok kalkınma hedefine de katkıda bulunurak iklim etkilerini azaltabilir. NBS bağlamında tarımsal seçenekler, nitröz oksit emisyonlarını azaltıcı tarımsal ormancılık, toprak besin maddesi yönetimi gibi eylemler, topraktaki karbon stoklarını artıcı Koruyucu Tarım ve Biyolojik Kömür (biyoçar) gibi uygulamalardır.



2.2. Türkiye'de Yapılan Çalışmalar

Türkiye'nin farklı iklimi ve topoğrafyası, çeşitli ürünler üretebilmesine ve birçok ürün, meyve ve sebzenin üreticisi ile ihracatçısı olmasına imkân vermektedir (FAO, 2016). Bu çeşitlilik, tarımsal üretim açısından fırsatlar sunarken iklim değişikliği açısından etki, uyum ve azaltım tarafında birçok riski, seçeneği ve senaryoyu göz önünde bulundurmayı gerektirmektedir.

Avrupa Çevre Ajansı'na (AÇA) göre, Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz Havzası, iklim değişikliğine karşı en savunmasız bölgelerden biridir. İklim değişikliğinin bugüne kadar gözlenen başlıca etkileri şunlardır (EEA, 2019):

- Sıcaklık her mevsimde her yerde artmakla birlikte, bu artışlar yaz aylarında kış aylarına göre daha büyüktür;
- Türkiye'nin güney bölgelerinde yıllık yağış miktarında azalma ve kuzeydoğuda daha az artış olmaktadır;
- Heyelan ile birlikte nehir taşmaları ve sele neden olan daha yoğun yağış olayları görülmektedir;
- Kurak ve sıcak dönemlerin yoğunluğunun artması ve süresinin uzamasına bağlı olarak su sıkıntısı artmaktadır;
- Deniz suyu seviyesinin yükselmesi ile deniz seviyesinde olan nehir deltaları ve kıyı şehirlerde taşkın riski artmaktadır.

IPCC AR6'ya göre Akdeniz Kuşağı'nın iklim değişikliğinden fazla etkilenen ve giderek daha fazla etkileneceği düşünülen bölgeler arasında yer alması nedeniyle, raporun ortaya koyduğu sıcaklık artış senaryolarının gerçekleşmesi durumunda Türkiye'nin de bu değişimden özellikle güney bölgelerinde yağışların azalması ve kuraklığın artması yönünde etkilenebileceği öngörülebilir (TOB, 2021b). Ayrıca araştırma bulgularına göre Türk tarımı, iklim değişikliğine karşı hassastır. Hadley Center Coupled Model (HADCM) tarafından 2050'ler için öngörülen iklim değişikliği etkilerinin, verimi eksi %3,8 ila eksi %10,1 aralığında, olumsuz yönde etkileyeceği tahmin edilmektedir. Ayrıca toplam üretimin %2 ila %13 oranında azalması sonucunda önemli ürün deseni değişiklikleri olacağı belirtilmektedir (Dellal & ark., 2011).

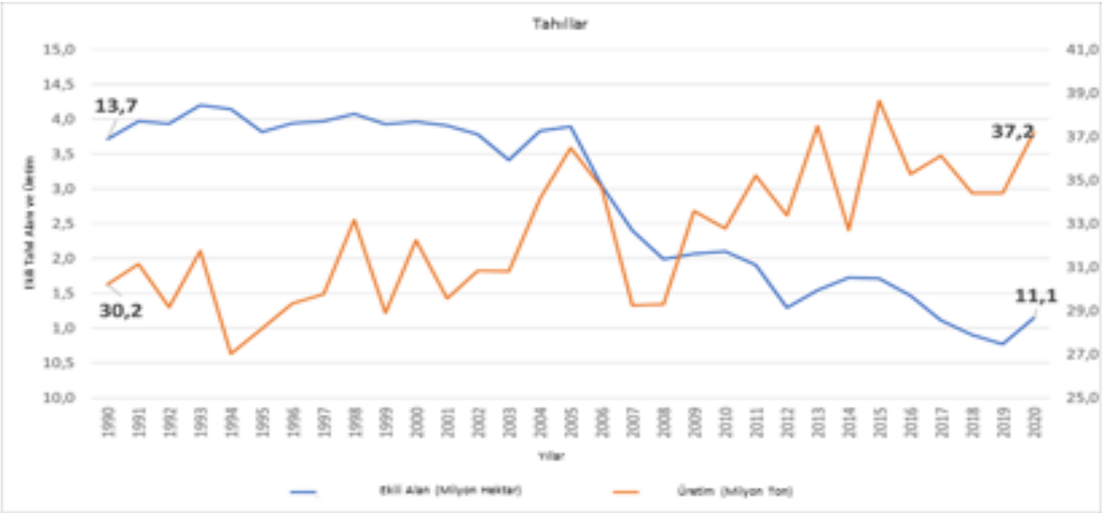
Türkiye'de nüfus 2020 yılında yaklaşık 84 milyon iken, 2050 yılında yaklaşık 105 milyon olacağı tahmin edilmektedir (TÜİK, 2018). Nüfusun artması; sağlık, eğitim, barınma, gıda ve enerji ihtiyacının artması nedeniyle hem ekonomi hem de çevre ile doğal kaynaklar üzerinde baskı yaratmaktadır. Diğer yandan, tarım arazilerinin parçalanması, köyden şehirlere göç, iş gücü yetersizliği, tarımsal nüfusun yaşlanması, atıl tarım arazileri varlığı, yüksek girdi maliyetleri, düşük satış fiyatları ve iş birliği yetersizliği gibi bazı yapısal sorunlar da Türkiye'nin gıda güvenliği riskini artırmaktadır.

Tarım sektörünün, Türkiye'de Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH), ihracat, tarımsal sanayi ve kırsal kalkınmaya önemli katkıda bulunmakla birlikte payı azalmaktadır; ancak 2020 yılı için 84 milyon nüfusun gıda ihtiyacını karşılaması, GSYİH'nin yaklaşık %7'sini (47 Milyar Dolar) oluşturması ve istihdamın yaklaşık %18'ini teşkil etmesi açısından hala önemli bir sektördür (TÜİK, 2021a). Türkiye dünya piyasalarında önemli bir tarım ürünü ihracatçısı ve ithalatçısı konumundadır ve dünyanın en büyük 7. tarım üreticisidir. Bununla birlikte, Türkiye, özellikle bahçe bitkileri ile önemli bir ürün üreticisi olmaya devam etmektedir; dünyanın en iyi fındık, kiraz, kayısı, incir ve ayva üreticisidir (OECD, 2016). Buna bağlı olarak tarım sektörü, tarım-gıda zincirinde çiftçiler, tedarikçiler, aracılar, işleme, depolama ve taşımacılar ile toptancı ve perakendecileri içeren, üreticiden tüketiciye kadar olan tüm aktörler için gelir sağlama açsından önemli bir role sahiptir.

Türkiye'de en son Tarım Sayımına göre, çoğu küçük aile işletmesi olmak üzere yaklaşık 3 milyon işletme vardır ve ortalama işletme büyüklüğü 6 hektardır. Türkiye'de 23 milyon hektar ekilebilir arazide 250'den fazla tarım ürünü üretilmektedir. Ekilebilir alanın %80'ini oluşturan 18 milyon hektar alanda tek yıllık bitkiler yetiştirilmekte ve geri kalan alanda ise meyve, sebze, zeytin yetiştiriciliği ile bağcılık yapılmaktadır. Türkiye'deki ana ürünler tahıllardır (buğday, arpa, mısır). Toplam tek yıllık ürün alanının %60'ında tahıllar yetiştirilmektedir. Geri kalan alanda ise şeker pancarı, pamuk, ayçiçeği, patates, soğan vb., sebzeler (domates, salatalık, kuru soğan ve karpuz) ve bazı meyveler gibi diğer tek yıllık bitkiler ile çok yıllık bitkiler yetiştirilmektedir (elma, narenciye, üzüm, incir, zeytin ve çay) (ÇŞİDB, Low Carbon Turkey, 2020a) (TÜİK, 2021b). Kuru tarıma dayalı bir üretim vardır; sulanan alan büyüklüğü 6,7 milyon hektara ulaşmıştır.

Türkiye'de ekili alan yıllar içerisinde azalmış; 1990 yılında 28 milyon hektar olan ekili alan 2020 yılında 23 milyon hektara düşmüştür. En geniş ekili alan olan tahıl alanında 13,7 milyon hektardan 11,7 milyon hektara bir düşüş olsa da 1990-2020 yılları arasında

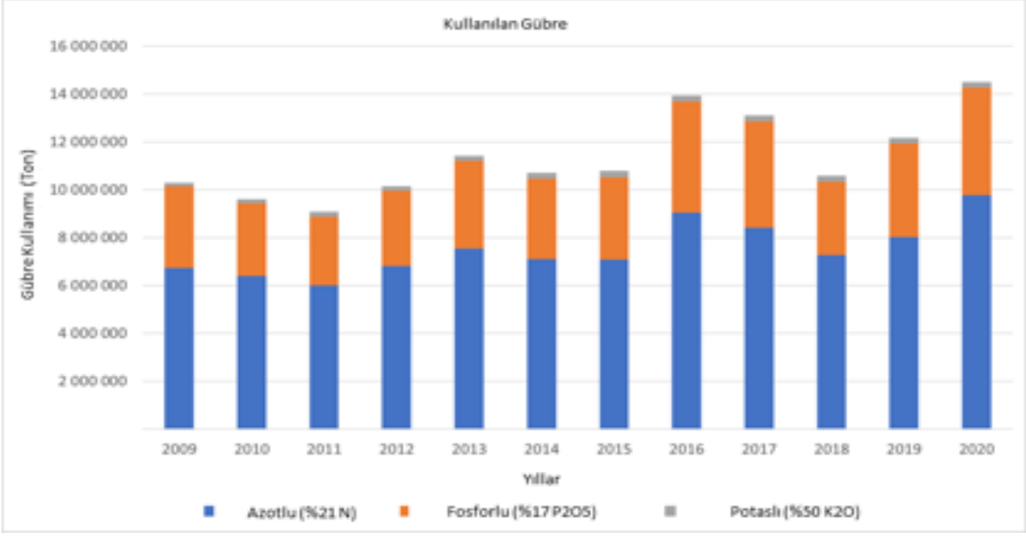
üretim yıllık 30,2 tondan 37,2 milyon tona (Mton) çıkmıştır. Bunun en önemli sebebi kültür işlemlerinin gelişmesi ve kimyasal gübre kullanımının artmasıdır (Şekil 1).



Şekil 1. *Tahılda ekili alan ve üretim (1990-2020) (TÜİK, 2021c)*

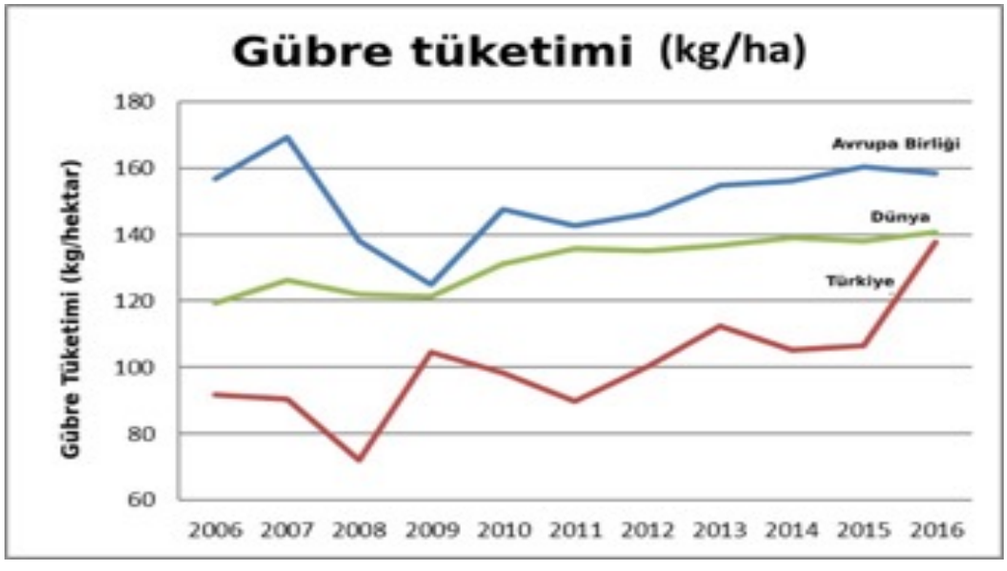
Bitkisel üretimde verim ve kalite sadece iklim faktörlerine ve toprak özelliklerine değil aynı zamanda sertifikalı tohumların kullanımı, haşere ve hastalıkların yönetimi, sulama, uygun mekanizasyon kullanımı ve dengeli gübreleme gibi kültürel işlemlere de bağlıdır. Ancak yapılan birçok araştırmaya göre, gübre ve dengeli gübrelemenin tek başına verim kalitesini değiştirdiği ve miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Bu nedenle gübre kullanımı, bitki üretimi için önemli ve gereklidir. Türkiye'de üretimi ve verimi artıran sebeplerden biri olan kimyasal gübre kullanımı yıllar içinde artış göstermiştir. Toplam gübre kullanımı 2009 yılı için 10 Mton iken 2020 yılında 15 Mtona çıkmıştır. Ayrıca azotlu gübre kullanımı son on yılda %50 artmıştır (Şekil 2).

Türkiye, Akdeniz bölgesinde yer almaktadır ve (Capone & ark., 2013) göre 2002- 2010 döneminde, Türkiye'deki mineral azot tüketimi ortalama 33,04 kg N/ha, diğer taraftan Akdeniz bölgesinde tüketim ortalama 52,9 kg N/ha'dır. Ayrıca, bazı ürünler için, üretilen alanları ve toprak özellikleri ile bunların potansiyel gübre ihtiyaçları dikkate alındığında gübre tüketimi yetersizdir (Gezgin, 2015).



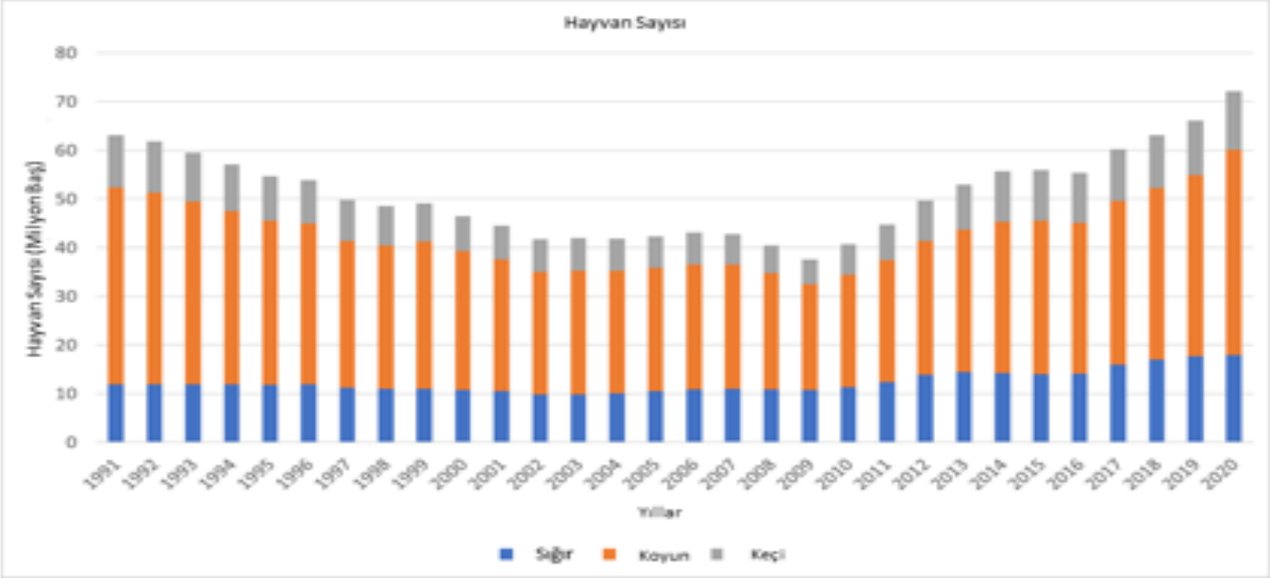
Şekil 2. *Gübre Kullanımı (2009-2020) (TÜİK, 2021d)*

Dünya Bankası (World Bank, 2019) verilerine göre, son 10 yıllık dönemde, Türkiye'de hektar başına ekilebilir arazilerde gübre tüketimi, Avrupa Birliği ve dünya ortalamasından daha düşüktür. Son yıllarda Türkiye'de gübre tüketimi yükseliş eğilimi gösterse de hala AB ve dünya ortalamasının altındadır (Şekil 3).



Şekil 3. *AB, Dünya ve Türkiye Karşılaştırmalı Gübre Tüketimi (ÇŞİDB, 2020b)*

Tarımsal sera gazı emisyon kaynakları arasında en büyük paya sahip olan hayvancılık, Türk tarım sektörünün önemli bir parçasıdır. Başlıca sığır, koyun, keçi ve kümes hayvanlarından oluşan hayvancılık alt sektörleri, geleneksel ve ticari faaliyetleri içermektedir. Türkiye'de 18 milyon sığır, 42 milyon koyun, 12 milyon keçi bulunmaktadır ve 1990 yılına göre sığır sayısı %50, koyun %4, keçi %11 artış göstermiştir (Şekil 4). Aynı dönemde kümes hayvancılığı da gelişmiştir ve sayısında %166 artış olmuştur (TÜİK, 2021e). Buna bağlı olarak, süt, et, yumurta gibi hayvansal ürünler de 1990 yılından itibaren hızlı bir artış göstermiştir. Türkiye 2020 yılında 23 Mton süt üreterek bölgesinde süt ve süt ürünleri üretiminde lider olmuştur. Ayrıca 37 Mton tahıl ürünü, 2 Mton kümes hayvanı eti ve 1.2 Mton kırmızı et üretilmiştir (TÜİK, 2021f).



Şekil 4. *Hayvan Sayısı (1991-2020) (TÜİK, 2021g)*

Sektörel gelişmeye paralel olarak artan hayvancılıkla beraber hayvan gübresi üretimi de büyümektedir. Gübre bertaraf edilmesi gereken bir atık olarak görülürken, işleme teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte bitki büyümesinde sık kullanılan bir madde haline gelmiştir. Organik besin olarak kullanımının yanı sıra, yüksek biyogaz verimi nedeni ile de tercih edilmektedir. Yüksek üretim potansiyeline rağmen, Türkiye'de gübreden hala istenilen oranlarda faydalanılamamaktadır. 2021 yılı YEKDEM verilerine göre 55 ilde bulunan 85 enerji üretim tesisinde (depo gazı + biyogaz) lisansa derç edilen yıllık üretim miktarı toplam 4.124. MWh'tir.

Ulusal düzeyde tarımsal sera gazı emisyonları kapsamlı bir şekilde TÜİK tarafından yıllık olarak tahmin edilmekte ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında Türkiye Ulusal Envanter Raporu (NIR) hazırlanarak BMİDÇS Sekretaryasına sunulmaktadır. Sera Gazı Envanteri sonuçlarına göre, 2020 yılı toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre %3,1 artarak 523,9 milyon ton (Mt) CO_2 eşdeğeri (eşd.) olarak, kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 ton CO_2 eşd., 2019 yılında 6,2 ton CO_2 eşd. ve 2020 yılında 6,3 ton CO_2 eşd. olarak hesaplanmıştır. Toplam sera gazı emisyonlarında 2020 yılında CO_2 eşd. olarak en büyük payı %70,2 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla %14 ile tarım, %12,7 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %3,1 ile atık sektörü takip etmiştir (Şekil 5).

Şekil 5. *Sektörlere göre sera gazı emisyon dağılımı ile oranları (TÜİK, 2022a)*

Toplam CO_2 emisyonlarının 2020 yılında %31,6'sı elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %85,4'ü enerji sektöründen, %14,2'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,4'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır (TÜİK, 2022a).

CH_4 emisyonları, Türkiye için CO_2 emisyonlarından sonra ikinci sırada yer alan emisyondur ve daha çok tarımsal faaliyet kaynaklıdır. 2020 yılında 2,6 Mt olan CH_4 emisyonlarının %61'i tarım, %22,1'i atık, %16,9'u enerji, ve %0,02'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmıştır (TÜİK, 2022a). Tarım sektöründeki CH_4 emisyonuna esas olan enterik fermantasyon ve hayvan gübresi yönetimidir.

N_2O emisyonunun temel kaynağı tarım sektörüdür. 2020 yılında N_2O emisyonlarının ise %80,3'ü tarım, %9,1'i enerji, %5,6'sı atık, ve %5'i de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmıştır (TÜİK, 2022a). Tarımsal N_2O emisyonları, temel olarak hayvansal gübre yönetimi ve tarımsal topraklarda kimyasal gübre kullanımı ile ilgilidir.

2020 yılında bir önceki yıla kıyasla sera gazı emisyonlarında, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ile tarım sektörlerinde belirgin bir artış yaşanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Sektörlere göre sera gazı emisyonları

Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2020

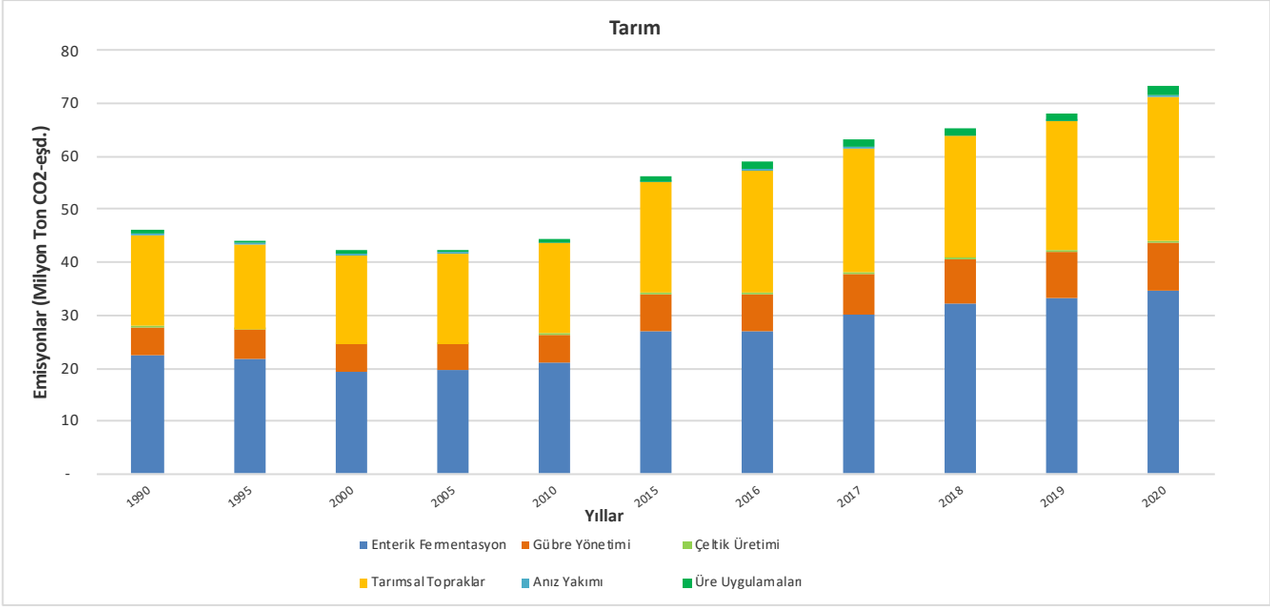
(Milyon ton CO_2 eşd.)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	1990-2020 değişim (%)	2019-2020 değişim (%)
Toplam emisyon	**219,7**	**299,0**	**398,7**	**474,5**	**500,8**	**528,3**	**524,0**	**508,1**	**523,9**	**138,4**	**3,1**
Enerji	139,6	216,0	287,8	342,0	361,7	382,4	374,1	365,4	367,6	163,3	0,6
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	23,0	26,3	49,0	59,2	63,5	66,4	68,0	58,6	66,8	190,5	14,0
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68,0	73,2	58,8	7,5
Atık	11,1	14,3	17,4	17,1	16,7	16,3	16,6	16,1	16,4	48,0	2,1

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

(TÜİK, 2022a)

Tarım sektörü emisyonları, bir önceki yıla kıyasla %7,5 artarak 73,2 Mt. CO_2-eşd. olarak gerçekleşmiş olup toplam sera gazı emisyonlarının %14'ünden sorumludur. Tarımsal emisyonlar 1990 seviyesine göre ise de %58,8 artış göstermiştir (Şekil 6). 1990-2020 yılları arasındaki bu artışın en önemli kaynağı hayvan sayısı ve sentetik gübre kullanımındaki artıştır.



Şekil 6. *Tarımsal sera gazı emisyonlarının eğilimi (CO_2 eşd.) (TÜİK, 2022b)*

Tarım sektörünün sera gazı emisyonlarının ana kaynağı enterik fermantasyon, tarımsal topraklar ve gübre yönetimidir. 2020 yılında, Tablo 2'de görüldüğü üzere tarım sektörü sera gazı emisyonlarının 34,6 Mt. CO_2-eşd ile %47,3'ü'i enterik fermantasyondan, 27,4 Mt. CO_2-eşd ile %37,4'ü tarımsal topraklardan, 9,1 Mt. CO_2-eşd ile %12,4'ü gübre yönetiminden, 1,7 Mt. CO_2-eşd ile %2,3'ü üre uygulamasından ve 0,43 Mt. CO_2-eşd ile %0,6'sı çeltik üretimi ve anız yakılmasından kaynaklanmaktadır (TÜİK, 2022b).

Tablo 1. Sektörlere göre sera gazı emisyonları

					(kt CO2 eşd.)
	CH4	N2O	CO2	TOPLAM	%
Toplam	39.007	32.491	1.657	73.155	100
Enterik Fermentasyon	34.615	-	-	34.615	47,3
Gübre Yönetimi	3.999	5.062		9.060	12,4
Çeltik Üretimi	262	-		262	0,4
Tarımsal Topraklar	-	27.389		27.389	37,4
Anız Yakımı	132	41		173	0,2
Üre Uygulamaları	-	-	1.657	1.657	2,3

(TÜİK, 2022b)

2.2.1. Tarım Sektörüne İlişkin İklim Değişikliği Bağlamında Üretilen Politika, Strateji Ve Eylemler

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın küresel iklim değişiklikleri, tarımsal çevre, kuraklık, çölleşme, diğer tarımsal afetler ve tarım sigortası ile ilgili hizmetleri yürütmek, tabi afetlerden zarar gören çiftçilere özel mevzuatında yer alan esaslar çerçevesinde yardım etmek gibi görevleri bulunmaktadır. Ayrıca, bu kapsamda iklim değişikliğinin tarım sistemleri üzerine olası etkilerini ölçmek ve tedbir almaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bakanlık, tarımsal ekosistemlerde biyolojik çeşitlilik, iklim değişikliği, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, çevre ve iklim dostu tarımsal uygulamalara yönelik plan, program, ulusal ve uluslararası projeler hazırlamak, hazırlatmak, uygulamak ve gerekli desteklemeleri yapmaktan sorumludur.

Tarım ve Orman Bakanlığınca, gıda güvenliği ve güvencesinin temini, doğal kaynakların korunması, tarımda sürdürülebilirliğin ve tarımsal işletmelerde ise devamlılığın sağlanması, küçük aile işletmeciliğinin güvence altına alınması ve biyolojik çeşitliliğin korunması hedefleri doğrultusunda çalışmalar yürütülmektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından iklim değişikliği konularıyla doğrudan ve dolaylı olarak yapılan başlıca yasal düzenlemeler Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Tarımla İlgili Başlıca Kanunlar

Mera Kanunu	(28/02/1998 tarih ve Kanun No. 4342)
Organik Tarım Kanunu	(03/12/2004 tarih ve Kanun No. 5262)
Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu	(03/07/2005 tarih ve Kanun No. 5403)
Tarım Sigortaları Kanunu	(21/06/2005 tarih ve Kanun No.2582)
Tarım Kanunu	(25/04/2006 tarih ve Kanun No. 5488)
Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hk. Kanun	(30/04/2014 tarih ve Kanun No. 6537)

Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı.

Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇ) 2004 yılında taraf olmuştur ve özellikle 2006 yılında yapılan ilk ulusal bildirimin ardından iklim değişikliği ile bağlantılı konular artarak tarımsal politika belgelerinde yer almaya başlamıştır. Bu konuda çok etkili olan başka bir gelişme de 2007 yılında çok ciddi boyutlarda yaşanan kuraklık ve sonraki yıllarda hissedilen iklim değişikliği etkileridir.

Ancak Türkiye'de tarım sektörü; iklim değişikliğine uyuma, azaltım çabalarından daha fazla odaklanmıştır. Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi'nde belirtilen iklim değişikliği ile ilgili tarım politikaları; su, gübre, zirai mücadele ilacı, tohumlar gibi tarımsal girdilerin verimli kullanımını sağlamak için kapasite geliştirme, doğal kaynakların korunması ve modern tekniklerin kullanılması için planlama sürecine ağırlık vermektedir.

Tarım sektöründe iklim değişikliği bağlantılı özel bir mevzuat olmamasına karşın, Türkiye'deki birçok mevzuat ve politika tarımsal sera gazı azaltımı ve uyum programı için oldukça önemlidir. Tarım sektörü ile ilgili konuları içeren başlıca politika belgeleri aşağıdaki gibidir:

- 11. Kalkınma Planı (2019-2023)
- Tarım ve Orman Bakanlığı Strateji Planı (2019-2023)
- Türkiye'nin Niyet Edilmiş Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkısı (INDC)
- Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023
- Ulusal İklim Değişikliği İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023
- Ulusal İklim Değişikliğine Uyum Strateji ve Eylem Planı 2011-2023
- Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)
- Çölleşme ile Mücadele için Ulusal Strateji ve Eylem Planı (2015-2023)
- Ticaret Bakanlığı Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021)

Kalkınma Planı

11.Kalkınma Planı (SBB, 2019), Türkiye'nin 2019-2023 periyodu için yaklaşımını ortaya koymaktadır. Plan'da "İklim Değişikliği, Gıda Güvenliği ve Suyun Etkin Kullanımı" başlığı altında 79-82. Paragraflar arasında iklim değişikliği ve tarım sektörü bağlantısının küresel ölçekte önemine değinilirken, paragraf 102 ve 157'de Türkiye'nin iklim değişikliğinden en çok etkilenecek ülkeler arasında olduğu ve halihazırda ani yağış, sel ve kuraklık görülme sıklığının artığı ifade edilmektedir. Paragraf 714.1 'de ise tarım sektörünün de dahil olduğu sera gazı emisyonuna sebep olan sektörlerde emisyon kontrolüne yönelik Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı (NDC) çerçevesinde çalışmalara devam edileceği dile getirilmektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) Stratejik Planı (2019-2023)

Türkiye'nin 2023 yılı tarımsal vizyonu "ekolojik kaynak yönetimi için küresel ölçekte bir model" ülke olmaktır. 2019-2023 Stratejik Planı'nda (TOB, 2022) yer alan yedi ana hedeften biri olan iklim değişikliği, çölleşme ve erozyon ile etkin mücadele başlığı altında iyi tarım uygulamaları, organik tarım, kuraklığa dayanıklı ırkların kullanımının desteklenmesi; iklim değişikliğinin sektöre etkilerinin minimize edilmesi ile su kaynaklarına etkisi, verime etkisi ya da kuraklık tahmini gibi uyum önlemleri öne çıksa da "tarımsal faaliyetlerden (bitkisel ve hayvancılıktan) kaynaklanan sera gazı emisyonları belirlenecek ve izlenecek; emisyonların azaltımının sağlamaya yönelik projeler yapılacak ve toprak organik karbonunun tutumu ve artırımına yönelik uygulamalar geliştirilecektir. " amacı yer almaktadır. Ayrıca, Stratejik Plan'da yer alan iç ve dış paydaş analiz sonuçlarına göre iklim değişikliği tarımı olumsuz yönde etkileyecek en önemli faktörler arasında görülmektedir.

İklim Değişikliği Politika Belgeleri ve INDC'de Tarım

Türkiye Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) 2004' de, Kyoto Protokolü'ne 2009'da, Paris Anlaşması'na ise 2021'de taraf olmuştur. Türkiye Kyoto Protokolü altında herhangi bir emisyon azaltım taahhüdü olmamasına rağmen, Sözleşmeye taraf olduğu için BMİDÇS Sekretaryasına ulusal bildirim raporlamalarını yapmıştır.

Türkiye Ulusal Olarak Niyet Edilmiş Katkısını (INDC) (ÇŞİDB, 2016) BMİDÇS'ye 2015 yılında göndermiştir. Türkiye'nin INDC hedefi sera gazı emisyonlarında referans senaryoya (BAU) göre 2030 yılına kadar %21'e varan bir azaltımdır.

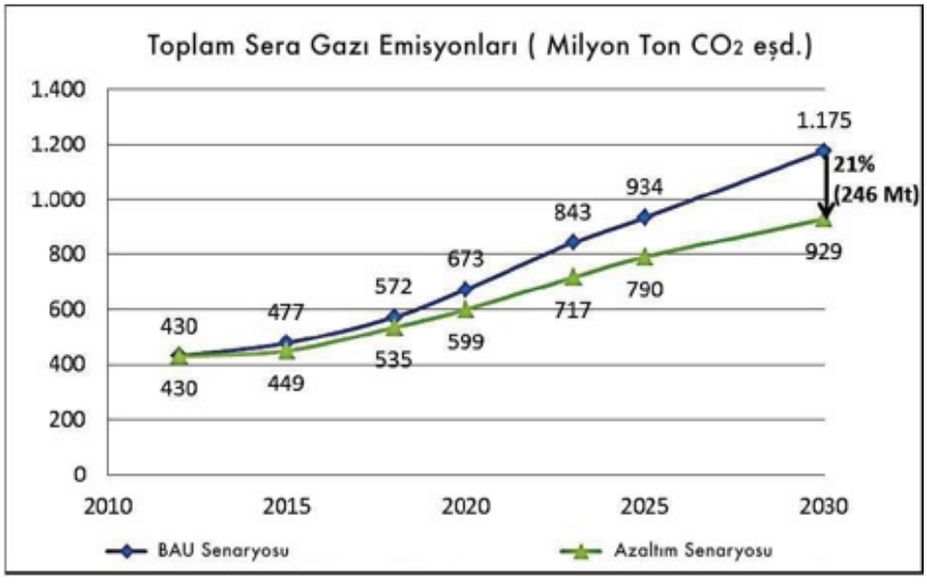
Sera gazı kaynaklarından biri olan tarım için INDC'de yer alan plan ve politikalar şöyledir;

i) Tarım alanlarında arazi toplulaştırılması yoluyla yakıt tasarrufu;

ii) Mera alanlarının ıslah edilmesi;

iii) Kimyasal gübre kullanımının kontrol edilmesi ve modern tarımsal uygulamalar;

iv) Minimum işleme metotlarının desteklenmesi.



Şekil 7. *2030 yılına kadar Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı (INDC) Sera Gazı azaltım hedefi. Ulusal Bildirim,*

Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (UİDS) (2010-2023)

2010-2023 yıllarını kapsayan Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (UİDS) (ÇŞİDB, 2010) kısa ve uzun vadede uygulanacak bir dizi hedef içermektedir. Aynı zamanda sektörler özelinde iklim değişikliği strateji ve eylemlerinin belirlenmesine kılavuzluk etmektedir.

İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planında (2011-2023) azaltım ve uyum bölümü altında Tarım Sektörü ve Gıda Güvencesi başlıkları bulunmaktadır. Bu başlıklar altında tarım sektöründen kaynaklı sera gazı emisyonlarının sınırlanması; iklim değişikliğinin etkilerine uyum yaklaşımının tarım sektörü ve gıda güvencesi politikalarına entegre

edilmesi; tarımda iklim değişikliği etkilerinin belirlenmesi ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için Ar-Ge ve bilimsel çalışmaların geliştirilmesi, yaygınlaştırılması, tarımsal su kullanımının sürdürülebilir bir şekilde planlanması; toprak ve tarımsal biyolojik çeşitliliğin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı korunması ve tarımda uyum seçenekleri konusunda kurumsal kapasite ve kurumlar arası işbirliğinin geliştirilmesi olarak yer almıştır.

UİDS'de (2010-2023) tarım sektörüne ilişkin kısa, orta ve uzun vadeli hedefler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları gübrenin bilinçli kullanımı ile sulama, toprak işleme, tarım ilaçlarının kullanımı yoluyla emisyonların sınırlandırılmasını sağlamak için modern tekniklerin teşvik edilmesi, çiftçilere mali destek, metan emisyonlarının azaltılması için uygun besleme metotlarının seçilmesi, toprakta karbon tutumunu artıran teknikler geliştirilmesi, Türkiye'deki tüm arazi kullanım sınıfları için merkezi bir coğrafi bilgi sistemi kurulması gibi hedeflerdir. Ayrıca tarımda uyum ve azaltım arasındaki sinerjiye de değinilmiştir. Hedefler aşağıdaki şekilde yer almaktadır:

- Bilinçli gübre kullanımı sağlanacak; sulama, toprak işleme, tarımsal ilaçlama gibi konularda modern teknikler kullanılarak emisyonların sınırlandırılması sağlanacak; organik tarım ve kuraklığa dayanıklı bitki türleri ile sertifikalı tohum üretimi desteklenecek ve yaygınlaştırılacaktır.

- Üreticilerin sulama suyu kullanımında tasarruf sağlayan, sulama yatırımlarında ise maliyeti azaltan önlemleri almaları mali ve teknik açıdan desteklenecek, tarla içi modern basınçlı sulama sistemlerinin (damlama/yağmurlama sulama sistemleri) kurulması teşvik edilecektir.

- Tarla içi tarımsal hizmetleri kolaylaştırmak maksadıyla arazi toplulaştırması konularında teknik ve mali çalışmalar yapılacaktır.

- Kırsal kalkınmayı desteklemek ve emisyonları azaltmaya yönelik olarak kömür yerine sıkıştırılmış odun (pelet veya briket şeklinde) kullanımı yaygınlaştırılacaktır.

- Toprakta karbon tutumunu artıracak teknikler geliştirilecek ve tarımsal üreticilere benimsetilmeye çalışılacaktır.

- Enerji kaynağı olarak tarımsal biyokütle ve tarımsal ormancılık faaliyetleri yaygınlaştırılacaktır.

- Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan metan emisyonlarını azaltmak amacıyla, hayvancılıkta uygun besleme metotlarının seçilmesi, gübre yönetimi ve çeltik tarımında iyi drenaj koşulları yaygınlaştırılacaktır.

- Tarımda azaltım ve uyum birbirini güçlendiren stratejilerdir. Azaltım teknolojileri çiftçilerin iklim değişikliğine karşı direncini güçlendirir. Bu nedenle tarımda etkili planlama ve uygulama ile azaltım ve uyum stratejilerinin yaratacağı sinerji üretiminin artırılmasında ve fakirliğin azaltılmasında da etkili sonuçlar doğuracağından tarımda azaltım ve uyum birlikte planlanacaktır.

- Sera Gazı Envanteri ile Ulusal Envanter Raporu'nun, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) rehberine uygun olarak hazırlanması amacıyla tüm arazi kullanımı sınıflarına ait merkezi bir coğrafi bilgi sistemi kurulacak ve arazi sınıfları arasındaki değişimlerin hesaplanması için meşcere haritaları ile uydu verilerine dayalı bir izleme modeli geliştirilecektir.

Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (UİDEP 2011-2023)

Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (UİDEP) (ÇŞİDB, 2011a) INDC hedeflerini gerçekleştirmeye yönelik Türkiye'de sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim direncinin artırılması için sektörel iklim eylemlerini belirleyen ana ulusal stratejidir. UİDEP, UİDS, Kalkınma Planı ve diğer ulusal strateji ve politika belgeleri çerçevesinde hazırlanmıştır. UİDEP (2011-2023), tarımda doğal kaynakların korunması ve enerji tüketiminin minimize edilmesi yoluyla bir sera gazı azaltımı öngörmektedir. Aşağıdaki eylemlerin gerçekleştirilmesi planlanmıştır (sadece bazıları için belirli bir zaman çizelgesi tanımlanmıştır):

Tablo 4. Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı altında tarım emisyonları azaltım hedefleri

Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023)	Toprakta tutulan karbon stok miktarının belirlenmesi ve artırılması	Etki azaltım ve adaptasyon dahil sürdürülebilir tarım tekniklerinin yaygınlaştırılması
		Toprak yönetiminin etkinliğinin artırılması
		Gübre yönetiminin etkinliğinin artırılması
	Toprak üstü ve toprak altı biyokütlenin tanımlanması ve arttırılması	Sulama altyapısının tamamlanması
		Tarımsal altyapının geliştirilmesi
		Bitkisel üretimin yönetiminin sağlanması
	Tarım sektöründe potansiyel sera gazı azaltım kısıtlarının tanımlanması	Tarım sektöründe sera gazı emisyon sınırlaması için seçeneklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi
	Bitkisel ve hayvansal üretimden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının artış hızının yavaşlatılması	Bitkisel üretimden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması
		Hayvansal üretimden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması
		Tarımda enerji tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması

Ulusal İklim Değişikliğine Uyum Strateji ve Eylem Planı (UİDUSEP 2011-2023)

Ulusal İklim Değişikliğine Uyum Strateji ve Eylem Planı (UİDUSEP 2011-2023) (ÇŞİDB, 2011b) kısa vadeden uzun vadeye sektörler arası azaltım önlemlerini tanımlar. Eylem Planı, veri toplama, raporlama ve doğrulama için yatay kesen konulara ilişkin hükümleri belirler. Türkiye için uluslararası yükümlülüklerden kaynaklı kurumsal raporlama gerekliliklerini oluşturmak için önemli olan beş öncelikli alana odaklanmıştır.

Bu beş alan teknik/bilimsel çalışmalar ve katılımcı bir süreç ile belirlenmiştir. Bu alanlar: i) su kaynakları yönetimi, ii) tarım ve gıda güvenliği, iii) doğal afetler risk yönetimi, iv) ekosistem hizmetleri, biyoçeşitlilik ve ormanlar ile v) halk sağlığı.

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'nda ise tarım sektörü aşağıdaki tabloda yer alan önlemler çerçevesinde ele alınmıştır.

Tablo 5. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı altında tarımda enerji verimliliği önlemleri

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)	Traktör ve biçerdöverlerin yeni, enerji verimli olanlarla değiştirilmesinin teşvik edilmesi
	Enerji-verimli sulama yöntemlerine geçilmesi
	Tarım sektöründe enerji verimliliği projelerinin desteklenmesi
	Tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi
	Biyokütle üretimi için tarımsal yan ürünleri ve atık potansiyelini belirlemek ve kullanımını teşvik etmek
	Balıkçılık sektöründe enerji verimliliğini desteklemek

Çölleşme ile Mücadele Ulusal Strateji ve Eylem Planı (2015-2023)

Çölleşme ile Mücadele Ulusal Strateji ve Eylem Planı'nda tarım sektörü aşağıdaki önlemler çerçevesinde ele alınmaktadır.

Tablo 6. Çölleşme ile Mücadele Ulusal Strateji ve Eylem Planı altında tarımsal emisyon azaltım eylemleri

Çölleşme ile Mücadele için Ulusal Strateji ve Eylem Planı (2015-2023)	Madde 7.5 altında belirtilen çıktılara göre iklim dostu tarımsal uygulamalar ve doğal ortamların karbon yutağı kapasitesini arttıran yaklaşımlarla emisyonların azaltımına katkıda bulunan, iklim değişikliğiyle doğrudan ilgili eylemler şunlardır:	Orman arazileri ve deniz, kıyı bölgeleri, nehirler, turbalar ve ulusal koruma alanları sisteminde yeterince temsil edilmeyen ancak karbon tutumu ve adaptasyon açısından önemli olan diğer habitatlar dahil olmak üzere yeni koruma alanlarının duyurulması
		Özellikle ormanlar ve üretim alanları olmak üzere doğal ekosistemlerde karbon tutumuna yönelik referans yöntemleri uygulamak ve yaygınlaştırmak için yol haritası hazırlanması
		Emisyon azaltım hedefleri doğrultusunda iklim dostu tarımsal uygulamaların modellenmesi (malçlama, toprak işlemenin azaltılması, bozulmuş alanların iyileştirilmesi, gelişmiş gübre yönetimi); ve bunların tarım arazilerinde ve meralarda yayılması

Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021)

Avrupa Yeşil Mutabakatı ile Türkiye, AB'ye aday olarak, AB iklim müktesebatına uyum sağlamayı hedeflemektedir. Buna bağlı olarak çevre, enerji, ulaştırma, binalar, tarım, atık ve diğer birçok politika alanında, iklimle ilgili konularda kayda değer önlemler alınmıştır. Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı oldukça hassas, hızlı büyüyen ve aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma politikalarını ekonomik büyüme ile çevre üzerindeki olumsuz etkileri ayrıştıracak şekilde uygulaması gereken bir ülke konumundadır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın ardından Ticaret Bakanlığı koordinasyonunda "Yeşil Mutabakat Eylem Planı" (Ticaret Bakanlığı, 2021) hazırlanmış olup 16 Temmuz 2021 tarihli

Resmi Gazete'de 2021/15 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi olarak yayımlanmıştır. Eylem planında iklim değişikliği ile mücadele, yeşil finansman, AB sınırda karbon düzenlemesi, yeşil ve döngüsel bir ekonomi, temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı, sürdürülebilir tarım, sürdürülebilir akıllı ulaşım ve diplomasi başlıklarında olmak üzere çok geniş bir alanda atılacak adımlar yer almaktadır.

Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamı 9 ana faaliyet, 32 hedef ve 81 eylemden oluşmaktadır. Yeşil Mutabakat Eylem Planı, yeşil yatırımları teşvik eden ve doğal kaynakların verimli kullanılmasına katkı sağlayacak bir yol haritası niteliğindedir. "Yeşil Mutabakat Eylem Planı", Türkiye'nin kalkınma hedeflerine uygun olarak sürdürülebilir ve kaynak-etkin bir ekonomiye geçişini ve Avrupa Yeşil Mutabakatı ile öngörülen değişikliklere uyumunu desteklemeyi amaçlamaktadır. Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamında yer alan 9 ana faaliyetten biri "Sürdürülebilir Tarım"dır. "Sürdürülebilir Tarım" faaliyetini gerçekleştirmek için sekiz hedef ve altında eylemler belirlenmiştir. Bunlar:

1. Pestisit ve anti-mikrobiyal kullanımının azaltılması

- AB'nin pestisit ve anti-mikrobiyallerin azaltılmasına yönelik olarak ortaya koyduğu hedefler ile uyumlu bir şekilde pestisit ve anti-mikrobiyallerin kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmalar yürütülmesi

- Pestisitlerin azaltılmasına yönelik çalışmalar çerçevesinde, biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması

2. Organik tarımın geliştirilmesi

- Organik tarım üretiminin geliştirilmesi

- AB'nin organik tarım mevzuatının uyumlaştırma çalışmalarının tamamlanması ve paralelinde AB ile organik tarım alanında karşılıklı tanıma için Komisyon nezdinde girişimler yürütülmesi

3. Kimyasal gübre kullanımının azaltılması

- AB'nin kimyasal gübre kullanımının azaltılmasına yönelik hedef ve politika değişiklikleri doğrultusunda çalışmaların yürütülmesi

4. Arazi toplulaştırma faaliyetleri

- Toplulaştırma tescil faaliyetleri yürütülmesi

5. Tarımda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması

- Aydın, Denizli, İzmir ve Ağrı İllerinde başlanılan mevcut jeotermal kaynakların Tarıma Dayalı (jeotermal sera) İhtisas Organize Sanayi Bölgelerinde kullanılması

- Yenilenebilir enerji kullanan seraların ve üretim tesislerinin desteklenmesi

6. Tarımsal üretimde atık ve artık yönetiminin geliştirilmesi

- Tarımsal üretimde atık ve artıkların tekrar değerlendirilmesi konusunda AR-GE çalışmalarının tamamlanması

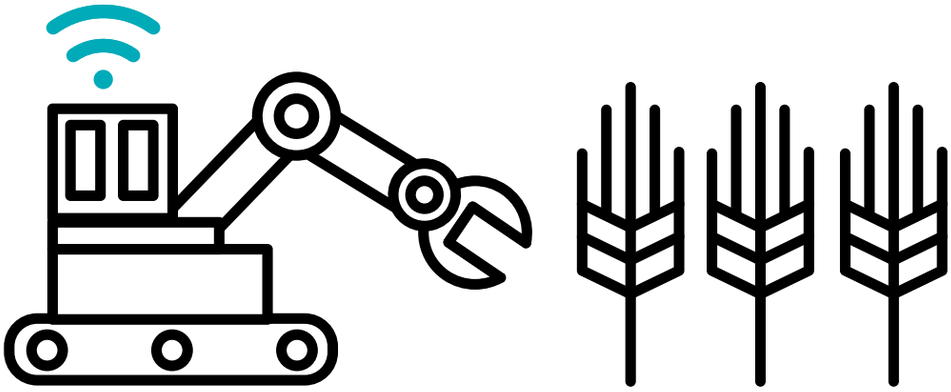
7. Gıda kayıp ve israfının azaltılması

- Gıda Artık ve Atıklarının Geri Dönüşümünün Sağlanmasına Yönelik farkındalık Yaratma ve Tüketicinin Bilinçlendirilmesi Çalışmaların Yapılması

8. AB Tarladan Sofraya Stratejisi ile Biyoçeşitlilik Stratejisi farkındalığının artırılması

- Avrupa Komisyonu tarafından açıklanan Tarladan Sofraya ve Biyoçeşitlilik Stratejileri hakkında bilgilendirme faaliyetleri düzenlenmesi

Ayrıca, 3. Tarım ve Orman Şurası (18-21 Kasım 2019) sonuçları, Erozyonla Mücadele Eylem Planı (2013-2019), Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Strateji ve Eylem Planı (2018-2022), gibi birçok belge dolaylı olarak sera gazı azaltımına hizmet etmektedir.



2.2.2. Tarım Sektörü Kapsamında Uygulamalar, Faaliyetler Ve Projeler

Mera Islahı

Mera sahalarının ıslahı kapsamında, erken ve aşırı otlatmanın önlenmesine yönelik planlamalar yapılmakta, verimsiz mera alanları iyileştirmek için ot ekimi, gübreleme, zararlı ot temizliği vb. faaliyetler yanı sıra teras yapılması, karık açılması, rüzgâr perdesi yapılması gibi erozyon tedbirleri alınmakta, hayvanların sevk ve idaresini kolaylaştıran sıvat, gölet-sarnıç tesisi, mera çitleri, mera yolları, gölgelikler, tuzluklar, kaşınma kazığı, koyun banyoluğu, taş toplama vb. faaliyetlere yer verilmektedir. Türkiye'deki toprak kayıplarının %53,66'sı mera alanlarından olmaktadır. Mera ıslahı çalışmaları toprak organik karbon stoklarının muhafazası açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir. 2022 ve sonraki yıllarda 10.000 ha. mera ıslah programı hedeflenmektedir. (TBMM, 2021)

Arazi Toplulaştırma

Arazi toplulaştırma çalışmalarıyla tarımsal verimin yükselmesi ve üretim girdilerinden özellikle yakıttan sağlanan tasarruf, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir yer tutmaktadır.

Arazi toplulaştırmasında küçük ve şekilsiz tarım arazilerinin birleştirilmesi ile küçük parseller bir araya getirildiğinden işletme merkezi ile parseller arasındaki mesafe kısalmaktadır. Buna bağlı olarak yakıttan tasarruf ve emisyon azaltımı sağlanmaktadır (Polat ve Manavbaşı, 2012) (Kuzu ve Değirmenci, 2020). Ayrıca parsel sayısı azaldığı, şekilleri düzelerek büyüklükleri arttığı için verimlilik artmakta ve tohum, gübre, ilaç gibi tarımsal girdilerde de kayıplar azalmaktadır (Bahar, 2019). Bu kayıpların azalması her bir tarımsal girdinin üretilmesi ile oluşan emisyonun da azalması anlamına gelmektedir.

Türkiye'de mevcut tarım alanları içerisinde toplulaştırmaya uygun 14,3 milyon hektar alandan, 2020 yılı sonu itibariyle 4,76 milyon hektarın toplulaştırma tescil çalışmaları tamamlanmıştır. Arazi toplulaştırma hizmetlerinde 2023 yılına kadar 8,5 milyon hektar olmak üzere, yıllık bir 1 milyon hektar alan hedef ile yaklaşık on yıl içerisinde birinci toplulaştırmanın bitirilmesi hedeflenmektedir (TBMM, 2021).

Azaltılmış Toprak İşleme

Azaltılmış toprak işleme, en eski toprak işleme yönetim sistemi olarak kabul edilmektedir.

Günümüzde toprak işlemesiz tarım veya azaltılmış toprak işleme olarak anılan bu yöntem, su sıkıntısının yoğun olarak yaşandığı bölgelerde erozyonunu önlenmesi, topraktaki nem içeriğini korunması ve toprağın organik madde içeriğini artırılması amacıyla uygulanmaktadır.

Azaltılmış toprak işleme yöntemlerinden biri olan anıza doğrudan ekim uygulaması ekim öncesinde toprağı işlemeden tek seferde ekim yapılabilen ve ekimin bir önceki ürüne ait anızın üzerine doğrudan özel mibzerler ile gerçekleştirildiği bir yöntemdir.

Bu uygulama koruyucu tarımın ilkelerinden biridir; bir diğeri ise toprağın her zaman kapalı tutulması ve ürün rotasyonudur. Bu yöntemlerle hem toprakta organik madde miktarı hem de toprak karbon stoku artmaktadır. Ayrıca erozyon önlenmekte ve yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Tüm bu faydaları göz önünde bulundurularak anıza doğrudan ekim makinalarının yaygınlaştırılması amacıyla tarımsal desteklemelerin bu doğrultuda planlanması önemlidir.

ÇATAK (Çevre Amaçlı Tarım Arazilerini Koruma Programı)

İklim değişikliğine uyum sağlamak ve sektörden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltımı amacıyla yürürlükte olan eylem ve stratejik planların yanı sıra, AB Çapraz Uyum altında olduğu gibi Türkiye'de de çevrenin korunmasını hedefleyen sübvansiyonlar bir süredir uygulanmaktadır. Çevre Amaçlı Tarım Arazilerini Koruma (ÇATAK) tarımsal uygulamaların sera gazı emisyonlarını azaltıcı eylemleri de içeren çevre üzerindeki olumsuz etkilerini hedef alan tamamlanmış bir programdır. Çevresel amaçlara yönelik tarım arazilerinin korunması için, çevre dostu tarım teknikleri ve kültürel uygulamaları tercih eden çiftçilere alan bazlı destek ödemeleri sağlanmaktadır. ÇATAK programının yanı sıra, çiftçilere yapılan diğer destek ödemeleri şu şeklidedir;

- Sıfır toprak işleme
- Organik tarım
- İyi tarım uygulamaları,
- Zararlıların biyolojik ve biyoteknolojik kontrolü,
- Nitrat kirliliğinin azaltımı programları.

ÇATAK Programı 2006 yılında Kırşehir, Isparta, Konya ve Kayseri İllerinde dış kaynaktan Pilot Proje olarak uygulanmaya başlanmış olup 2019 yılında 58 ile yayılmıştır. Ancak, bu proje 2009 yılından itibaren iç kaynaklar ile desteklenmiştir. Programın başladığı yıldan bugüne kadar toplam 721 bin ha alanda başarıyla uygulanmıştır. 2019 yılına kadar 189 bin üreticiye 734 milyon TL destek sağlanmıştır. (TBMM, 2021)

Kimyasal Gübre Yönetimi

Gübreleme toprakta eksik olan besin maddelerinin tamamlanması yoluyla üründe verim ve kalitenin en üst düzeye çıkarılması hedefi ile yapılmaktadır. Etkin gübre yönetimi azotun toprağa ve dolayısıyla bitkilere daha etkin ve kayıpsız ulaşmasını sağlayarak N_2O emisyonlarını azaltmaktadır. Tarımsal sistemler içerisinde N_2O emisyonlarının azaltılması için ürünün ihtiyacı kadar gübre kullanılması, yavaş salımlı gübre veya nitrifikasyon inhibitörleri kullanılması, kaybın en az yaşanacağı dönemde azot uygulanması, gübrelemenin ürün köklerinin daha iyi ulaşabileceği şekilde gerçekleştirilmesi gibi yöntemler sıralanabilir.

Kimyasal gübre yerine hayvansal gübre kullanılması, toprak işlemesiz ekim yöntemlerinin uygulanması, bitkilerin atıklarını da organik madde miktarını arttırmak için kullanılması, toprağın verimini arttırmak için en önemli tedbirlerdir. 81 il bazında "Gübreleme Rehberi" hazırlanmış ve Tarım ve Orman Bakanlığı İl Müdürlükleri web sayfalarında da yayımlanarak çiftçilerin kullanımına sunulmuştur (TOB, 2018a). Kimyasal gübre kullanımın azaltılması ve ülkenin organik kaynakları kullanılarak üretilen organik ve organomineral gübrelerin kullanımının artırılması maksadıyla; ilk defa 2019 üretim sezonundan itibaren gübre desteğine ilave olarak, organik ve organomineral gübre kullanan çiftçilere dekara 10 TL gübre desteği verilmeye başlanmıştır. Söz konusu destek miktarı 2021 yılında %100 oranında artırılarak dekara 20 TL olarak belirlenmiştir. 2020 yılında 18,7 milyon TL ve 2021 yılında 60,9 milyon TL organik ve organomineral gübre desteği ödemesi yapılmıştır. Bu kapsamda; 2019 yılında 232 bin ton olan organik-organomineral gübre kullanımı, 2020 yılında 391 bin tona çıkmıştır (TBMM, 2021).

Gübreleme konusunda toprak analizi yapılmasının gübreleme üzerine olan etkileri ve bunun da sera gazı emisyonuna olan etkileri göz önüne alındığında kimyasal gübre kullanımının azaltılmasına yönelik Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından geleceğe yönelik çalışmalar planlanmaktadır. Çiftçiye toprak analizine dayalı gübre kullanım bilinci kazandırmak ve toprakların verimliliğini sürdürülebilir kılmak maksadıyla 2005 yılında başlayan toprak analizi desteği uygulaması sürdürülmekte olup 2021 yılında da analiz başına 40 TL toprak analiz desteği verilmiştir. Bu kapsamda; 2005-2021 döneminde toplam 650 milyon TL toprak analizi desteği ödemesi yapılmıştır (TBMM, 2021).

Hayvansal Gübre Yönetimi

Uygun koşullarda depolanmayan ve bertaraf edilmeyen hayvansal gübreler, başta su kaynakları olmak üzere ciddi çevre sorunlarına sebep olmaktadır. Bu sebeple hayvansal gübre yönetimine ilişkin tedbirlerin uygulanabilmesi ve yaygınlaşması için destek ve teşviklerin verilmesi önem arz etmektedir.

Hayvansal gübrenin uygun şartlarda depolanması, işlenmesi ve araziye uygulanması ile toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini düzenlemenin yanında bitkinin azot ihtiyacı da belli oranda karşılanabilecek ve emisyon azaltımı sağlanacaktır.

Türkiye'deki hayvancılık işletmelerinin yapısı, işletmelerin kapasitelerinin düşük olması ve hayvansal gübreyi depolayacak tesislerin bulunmaması, hayvansal gübrenin yönetimini zorlaştırmaktadır. Etkin bir hayvansal gübre yönetimi için çiftçilerin hayvansal gübre depolama ve uygulama maliyetlerini azaltmak ve hayvansal gübre kullanımını yaygınlaştırmak için yeni destekleme modellerinin geliştirilerek uygulanması gerekmektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından çevre dostu zirai uygulamaların yaygınlaşması için hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı kirliliği önlemeye yönelik sızdırmaz hayvansal gübre deposu yapımı, hayvansal gübre uygulama ekipman alımları ve gübre işleme tesisi yapımına hibe destekleri verilmektedir (TBMM,2021).

Organik Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları

İnsan sağlığına ve çevreye zarar vermeyen ve üretimde kimyasal girdi kullanılmadan üretimden tüketime kadar her aşamasının kontrollü ve sertifikalı olduğu, bununla birlikte doğal dengeyi koruyarak hava ve su gibi kaynakların ve doğal hayatın korunmasını hedefleyen bir tarımsal üretim yöntemidir.

Organik tarımda ürün yetiştirilmesi, toplanması, hasat, kesim, işleme, tasnif, ambalajlama, etiketleme, muhafaza, depolama, taşıma ile ürünün tüketiciye ulaşmasına kadar olan diğer bütün işlemlerde, kimyasal madde veya tarım ilacı kullanılmamaktadır. Çiftçiler ve aileleri tarım ilaçlarına daha sık maruz kaldıkları için organik tarım, öncelikle çiftçi ve ailesi olmak üzere genel olarak toplumun sağlığını korumakta ve iyileştirmektedir. Organik tarım yaygınlaştıkça, tedavisi çok pahalı olan hastalıklara yakalanma oranları da azalacak ve ekonomi de dolaylı yoldan olumlu etkilenecektir (TOB, 2018b).

Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde hazırlanan organik tarım ile ilgili kanun, 2004 yılında çıkarılan 5262 Sayılı Organik Tarım Kanunu'dur. Organik tarımın en önemli özelliği toprak için gerekli olan besin maddelerini ve organik karbonu yeniden kazandırmaya eğilimli olmasıdır. Dolayısıyla yapılan uygulamalar verimli üst toprağın erozyonunu önlemek için hayvan gübresinin doğrudan geri kazanımını, ürün artıkları için etkili kompostlama tekniklerini ve ürün atığını yeşil gübre ile birbirine karıştırmayı içermektedir. Bu yöntemler toprak yapısının iyileştirilmesini ve sera gazı emisyonunu azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Bu kapsamda Türkiye'deki sanayi ve teknolojiyi Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyumlu

hale getirmek için iyi tarım ve organik tarımın yaygınlaştırılması için de çalışmalar yapılmaktadır. İyi tarım ve organik tarım konularında faaliyet gösteren üreticilere destekleme ödemeleri yapılmaktadır. Bu kapsamda, iyi tarım uygulamalarında 2007 yılından, organik tarımda ise 2005 yılından itibaren destekleme ödemeleri yapılmakta olup desteklemeler yıllar itibarıyla devam etmektedir. İyi tarım uygulamaları ve organik tarım kapsamında projeler, eğitimler, mevzuat, denetimler, demonstrasyon ve destekleme çalışmaları yürütülmektedir (TBMM, 2021).

Biyoenerji Kaynakları

Elektrik üretiminde, doğrudan ısı sağlanmasında ve ulaştırma sektöründe yakıt olarak kullanılan biyoenerji; katı biyokütle, biyogaz veya sıvı biyoyakıtlardan üretilen bir yenilenebilir enerji türü olup kaynağı ormancılık, tarım ve organik atık ve artıklardır. Mısır, şeker kamışı ya da şeker pancarı gibi enerji bitkileri, odun, odun atıkları, hayvansal ve tarımsal atıklar, kentsel katı atıklar ve diğer atık yığınlarındaki organik öğeler biyokütle olarak adlandırılmaktadır. Biyokütleden doğrudan elektrik, ısı üretimi ya da dolaylı olarak sıvı, katı veya gaz formunda yakıtların üretilmesi için de yararlanılmaktadır. Tarım ve ormancılık faaliyetlerinden elde edilen biyoenerjiden, iklim değişikliğiyle mücadelede ve enerji arz güvenliğinin sağlanmasında faydalanılmakta olup bu yol ile elde edilen biyogaz ve biyoyakıtlar depolanabilmektedir.

Ancak, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019 Yılı Enerji Denge Tablosu'na göre birincil enerji talebinin yalnızca %2'si biyoenerji ve atıklardan karşılanmıştır. Bu oranın artırılabilmesi için biyoenerji kaynak potansiyelinin ortaya konması ve bir plan dahilinde bu kaynaklardan faydalanılması gerekmektedir.

Türkiye'de çevresel etkileri ve yararları göz önünde bulunduran, biyo-tabanlı döngüsel bir sektörü desteklemek için bir Biyoekonomi Eylem Planı geliştirilecektir. Biyoekonomi planı, "gıda değer zincirini kapsamlı bir şekilde ele alacak" ve "AB Tarladan-Sofraya Stratejisi" kapsamında özetlenecek olan gıda atığı üretimiyle mücadele edecektir.

Gıda Atık ve Kaybının Önlenmesi

2050 yılına gelindiğinde dünya nüfusunun 10 milyar civarında olması beklendiğinden tarımsal üretim veriminin de artması gerekliliğinden bahsedilmektedir. Agro-ekolojik üretim biçimlerinde planlı biçimde bunu yapmak mümkündür ancak ilk yapılması gereken küresel olarak üretilip tüketilmeden israf veya kayıp edilen gıdaların önlenmesidir.

Bunun için daha kısa tedarik zincirlerine, tarlada veya yerinde çözümlere öncelik verilmesi, gıda sisteminin her paydaşında oluşabilecek atık ve kaybın tespit edilmesi gerekmektedir. Türkiye'nin Gıda Kayıpları ve İsrafının Önlenmesi, Azaltılması ve Yönetimine ilişkin Ulusal Strateji Belgesi ve Eylem Planı (TOB, 2020) mevcuttur. Ayrıca bu konuda "Gıdanı Koru, Sofrana Sahip Çık" Projesi başarıyla yürütülmektedir. Bunun yanı sıra gıda bağışı ve insani tüketim için gıdaların yeniden dağıtımını teşvik eden uygulamalar açısından Gıda Bankacılığı mevzuatı çalışmaları devam etmekte ve gıda israfının önüne geçmek amacıyla Gıda Bankacılığı Sistemi cazip hale getirilerek yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

2030 Gündemine Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini güçlendirmek amacıyla Eylül 2021'de düzenlenen Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Zirvesi kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından sürdürülebilir gıda sistemlerini oluşturan unsurlar ve konular açısından ulusal düzeyde mevcut durum ortaya koyan bir rapor ve çözüm önerileri hazırlanmış akabinde ise Sürdürülebilir Gıda Sistemlerine Doğru Türkiye'nin Ulusal Yol Haritası (TOB, 2021a) ortaya konmuştur.

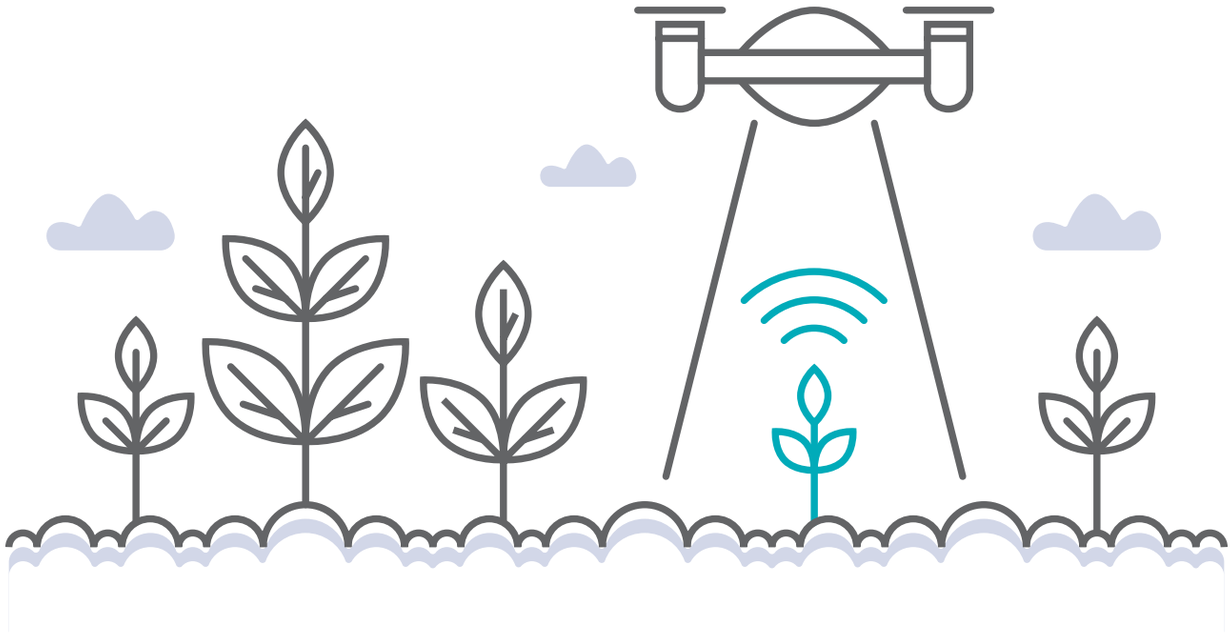
Diğer Uygulamalar ve Proje Örnekleri

Baklagil üretimi, sera gazlarının toprakta tutulumunu sağlaması, toprak organik madde miktarını ve toprak su tutma kapasitesini arttırması, toprak kalitesine olumlu etkileri, kimyasal azotlu gübre kullanımının olmaması, kendinden sonra gelen ürünler için toprakta azot rezervi ve su bırakması, ürünleri kuraklık, tuz ve su stresinden koruyarak verim artışı sağlamasından dolayı büyük önem taşımaktadır. Nohut, mercimek ve kuru fasulye üretiminin artırılmasına yönelik olarak Bitkisel Üretimin Geliştirilmesi Projesi çatısı altında uygulanmakta olan Nadas Alanlarının Değerlendirilmesi Projesi ve Tarım Arazilerinin Kullanımının Etkinleştirilmesi Projeleri uygulanmaktadır. Bahse konu projeler ile üreticilere %75 tohum desteği ve ideal yetiştiricilik konusunda (uygun sulama sistemlerinin oluşturulması, sulama sistemi kullanımı, mikrobiyal gübre kullanımı) teknik yardım sağlanmaktadır (TBMM,2021).

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından çeltikte gerek maliyetlerin düşürülmesi gerek su kaynaklarının etkin kullanımının sağlanması gerekse de metan gazı salınımının azaltılması maksadıyla damla sulama yöntemiyle çeltik yetiştiriciliği proje bazında desteklenmektedir. Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı kapsamında sübvansiyonlu kredilerde damla sulama ile yetiştiricilik ve yenilenebilir enerji tesisi projelerine öncelik verilmektedir. (TBMM, 2021)

Yukarıda bahsedilen iklim değişikliği ile mücadele ve uyum kapsamında yapılan uygulamalar için en iyi örneklerden biri, Tarım ve Orman Bakanlığı koordinasyonunda Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından desteklenen ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından Konya kapalı havzasında uygulanmakta olan Sürdürülebilir Arazi Yönetim ve İklim Dostu Tarım Projesi'dir. Sürdürülebilir arazi yönetimi, biyoçeşitliliğin korunması ve iklim değişikliği ile ilgili sorunları dikkate alarak düşük karbon teknolojilerinin benimsenmesi yoluyla tarım, mera ve orman arazi kullanım yönetimini geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu proje, ormancılık ve tarım sektörleri arasında iş birliği mekanizmaları geliştirmek, sürdürülebilir doğal kaynak yönetimi uygulamalarını teşvik etmek için ormanlar, sulak alanlar, meralar ve tarım alanlarına odaklanmıştır. Proje kapsamında; iklim dostu tarım tekniklerinin uygulanmasına, sürdürülebilir arazi yönetimi ve bozulmuş orman ve meraların rehabilitasyonuna yönelik faaliyetler yapılarak çiftçilere yönelik farkındalık çalışmaları yürütülmektedir.

İklim Dostu Tarım Uygulamaları Projesi kapsamında, özel çiftliklerde koruyucu tarım demonstrasyonları için modeller geliştirilmesi tarımsal atıklardan metan alınması ve elektrik üretimi için biyolojik çürütücülerle pilot ölçekte yatırım yapılması sağlanmıştır. Bu kapsamda 2 adet Konya 2 adet Karaman da olmak üzere 4 adet hayvancılık işletmesinde biyogaz tesisi kurulmuş olup 2019 yılsonu itibarı ile faaliyete geçirilmek üzere hazır hâle getirilmiştir. Bir İşletmede; Günlük 140 m3 biyogaz üretimi, Yıllık:140 X 360 = 50.400 m3 biyogaz üretimi yapılmaktadır. Günlük: 204 kw/saat elektrik üretimi, Yıllık: 204X360 = 73.400 kw/saat elektik üretilmektedir. Günlük: 702.800 k.cal'lik ısı enerjisi üretimi yapılmaktadır. 4 adet biyogaz tesisinden toplam; Günlük: 560 m3 biyogaz üretimi Yıllık: 201.600 m3 biyogaz üretimi Günlük: 816 kw/saat elektrik üretimi; Yıllık: 293.760 kw/saat elektik üretilmektedir.



Ayrıca, proje sahası Konya ve Karaman illerinde elma bahçesi, şekerpancarı ve mısır için toplam 39 parsel (14 parsel şekerpancarı, 14 parsel mısır ve 11 parsel elma bahçesi) 840 dekar alanda toprak altı damlama sulama sistemlerini içeren demonstrasyon uygulamaları yapılmıştır. Çiftçiler sulama suyu ve enerji tasarrufu sağlayan bu yaklaşımları tanımış ve bu konuda eğitim almışlardır. Demonstrasyon alanlarında programlı sulama ile elde edilen ortalama su ve elektrik tasarrufu sonuçları ile geleneksel sulama uygulamalarının sonuçları karşılaştırıldığında; şeker pancarı için %25.5 su ve %23.2 enerji, dane mısır için %23.5 su ve %23.9 enerji tasarrufu gerçekleşmiştir. Şeker pancarında %9 ve mısırda %29.2 rekolte artışı elde edilmiştir. Bu sonuçlar çiftçi açısından programlı sulama tekniklerinin geleneksel tekniklere kıyasla büyük kazanç getirdiği anlamına gelmektedir.

Sürdürülebilir arazi ve orman yönetimi kapsamında 31 adet Uygulamalı Çiftçi Okulu kurularak eğitimler demonstrasyon sahalarında eş zamanlı olarak verilmiştir. Aynı zamanda bozulmuş orman ve meraların rehabilitasyonu çalışması ile 400 dekar mera ve otlak alanı rehabilite edilmiştir. Yukarda yer alan faaliyetlerden Koruyucu tarım teknikleri ile 36,768 ton CO_2, biyogaz tesisleri ile 10,376 ton CH_4 emisyon azaltımı sağlanmıştır.

Ayrıca, Tarım ve Orman Bakanlığı koordinasyonunda yürütülen ve Avrupa Birliği (AB) tarafından finanse edilen ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından Konya Kapalı Havzası'nda uygulanmakta olan Bozkır Ekosistemlerinde İklim Değişikliğine Ekosistem Tabanlı Uyum (ETU) için Tarım Uygulamaları Projesi uygulanmıştır. Bu proje ile 32 milyon hektarlık bozkır alanda iklim değişikliğine dirençli, sürdürülebilir su-toprak ve arazi yönetimi için bozkır alanlarında uygulanabilecek ekosistem tabanlı tarımsal uygulamalarını teşvik ederek ekosistemlerin canlandırılması, ekosistem hizmetlerinin sağlanması ve kamu kurumlarının kapasitelerinin artırılması sağlanmıştır. Bu proje

kapsamında bozkır ekosistemlerinde iklim değişikliğine uyum stratejisi hazırlanmıştır. Türkiye Bozkır Ekosistem ve Hassasiyet Haritaları oluşturulmuştur. IPCC'nin senaryolarına uyumlu olacak şekilde 2020, 2050 ve 2080 yıllarına ait Kuraklık Projeksiyonu ile Tarımsal Ekolojik Zon Haritaları oluşturulmuştur. Proje ile koruyucu tarım uygulamalarında kullanılmak üzere çeşitli tarım alet ve makinaları hibe edilmiştir.

Bozkır ekosisteminde iklim değişikliğine uyum için koruyucu tarım uygulamaları yapılmış ve bu konuda yayım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, proje kapsamında bozkır ekosistemleri haritası ile hassasiyet haritası oluşturulmuştur. İleride yapılacak çalışmalara altlık oluşturmak üzere Tarım Bilgi Sistemine (TARBİL) entegre edilerek harita ve altlıkların yer aldığı İklim Değişikliği Bilgi Sistemi (İDEBİS) modülü oluşturulmuştur (TBMM, 2021).

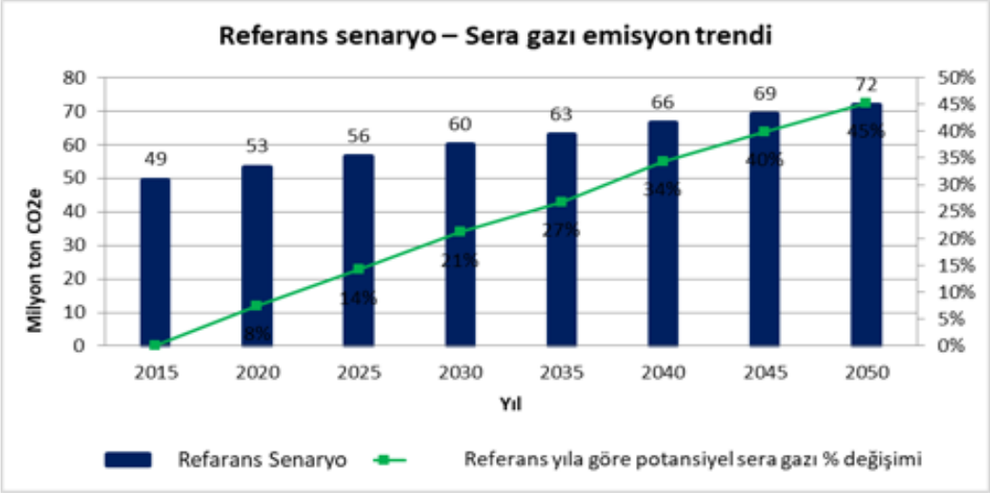
Tarımsal İzleme ve Bilgi (TARBİL) Sistemi Projesi uydu görüntülerinden ve yer ölçüm ağlarından elde edilen zirai meteorolojik-fenolojik yer gözlem istasyonları ve idari kayıt otomasyon sistemlerinden gelen verileri, parsel bazında ve eş zamanlı olarak kuraklık, verim, ekim alanı dağılımı, bitki su tüketimi, ekolojik uygunluk gibi bölgesel kaynakların en iyi şekilde yönetimi için gerekli teknik verilere ulaştırılmasını hedeflemektedir. Projenin pilot aşamasında, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde tarımsal gelişmeyi takip edebilecek bir izleme sistemi geliştirilmiştir. Doğrudan uydu yer istasyonuna indirilen görüntüler işlenmekte ve veri toplama merkezine iletilmektedir. Ayrıca kamera görüntülerinden bitki özelliklerini bulabilen ve uydudan veri gönderebilen akıllı ölçüm istasyonlarının kurulumuna başlanmıştır. Proje, sera gazı emisyonları ve iklim değişikliğine karşı alınacak önlemler için temel oluşturacak bilgilerin sistematik olarak toplanmasında ve paylaşılmasında kritik öneme sahiptir (TBMM, 2021).

Düşük Karbonlu Kalkınma için Çözümsel Tabanlı Strateji ve Eylem Geliştirilmesi Teknik Destek Projesi

Türkiye, Avrupa Birliği IPA fonu ile gerçekleştirdiği Düşük Karbonlu Kalkınma için Çözümsel Tabanlı Strateji ve Eylem Geliştirilmesi Teknik Destek Projesi'nde (Low Carbon Projesi), (ÇŞİDB, 2018) iklime dayanıklı düşük karbonlu kalkınmaya yönelik, orta ve uzun vadeli iklim eylemine hazırlık için ulusal ve yerel kapasitenin artırılması ve bu hedef doğrultusunda özellikle Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nda (UİDEP) yer alan binalar, atık, ulaştırma ve tarım sektörleriyle ilgili maliyet etkin sera gazı azaltım eylemlerine odaklanarak; AB iklim politikaları ve mevzuatı ile uyumlu düşük karbonlu kalkınmanın uzun vadede desteklenmesi için analitik temel sağlanması amaçlanmıştır.

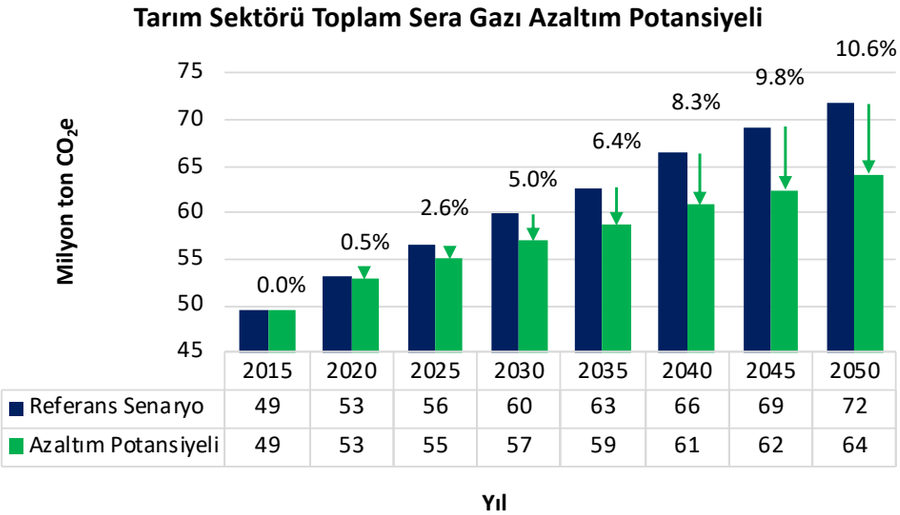
Seçilen bu sektörlerde belirlenen faaliyetler için 2050 projeksiyon ve modellemeler yapılarak azaltım potansiyelleri ve bu eylemlerin maliyet değerlendirmesi ortaya konmuştur. Tarım sektöründe sera gazı azaltımı için dört eylem seçilmiştir. Bunlar: i) rasyonda yağ katkıları kullanımı, ii) merkezi (büyük çiftlik) tip anaerobik çürütücüler (çiftlik gübresinden biyogaz üretilmesi), iii) gübre uygulama oranlarını gerçekçi verim hedeflerine göre ayarlanması ve iv) ürün rotasyonu uygulamalarıdır (ÇŞİDB,2020b).

Tarımsal sera gazı emisyon trendi, Şekil 8'deki gibi elde edilmiştir. Model sonuçları, hayvancılık sektörünün (enterik fermantasyon ve hayvansal gübre yönetimi) temel yılda (2015) yaklaşık %64 ve son yılda (2050) %67,4 ile emisyonların en büyük bölümünü oluşturduğunu ortaya çıkarmıştır. Enterik fermantasyon, hayvancılık sektöründen gelen toplam emisyonların %85'inden fazlasını oluşturmaktadır. Sektör, hayvansal ürünlere olan talebin artması ile birlikte, sera gazı emisyon potansiyeli açısından 2050 yılına kadar, önemini sürdürecektir. Benzer olarak, tarım topraklarından kaynaklanan emisyonlar projeksiyonun sonuna doğru bir artış eğilimi gösterecektir. Genel olarak, referans senaryoya göre, 2015'ten 2050'ye kadar, tarım sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının %45,07 oranında artması beklenmektedir. Ayrıca proje çıktıları, tarım sektörünün emisyon azaltım maliyetinin diğer sektörelere göre daha düşük olduğu ve faaliyetlerin uygulanabilirliğinin daha mümkün olduğunu ortaya koymuştur (ÇŞİDB, 2020b).



Şekil 8. *Tarımsal Sera Gazı Emisyon Trendi (2015-2050) (ÇŞİDB, 2020b)*

Sera gazı azaltım potansiyeli açısından, rasyonda yağ katkısı kullanımı azaltım senaryosu, 2050 yılında %6,7 sera gazı azaltım potansiyeli ile en yüksek etkiye sahiptir. İkinci en yüksek azaltım potansiyeli, 2050 yılında %2,7 azaltım oranı ile merkezi (büyük çiftlik) tip anaerobik çürütücülere (çiftlik gübresinden biyogaz üretilmesi) aittir. Gübre uygulama oranlarının gerçekçi verim hedeflerine ayarlanması 2050 yılında %0,7 azaltım potansiyeline sahiptir. Tüm azaltım eylemleri arasında, ürün rotasyonu uygulamaları, %0,4'lük en düşük sera gazı azaltım potansiyeline sahiptir. Toplamda, tarım sektörünün sera gazı azaltım potansiyeli yaklaşık %10'dur (Şekil 9). Bu senaryoların uygulama oranları artırılabilirse, azaltım potansiyeli modelleme sonuçlarından daha fazla olabilir (ÇŞİDB, 2020b).



Şekil 9. *Tarım Sektörü Toplam Sera Gazı Azaltım Potansiyeli (2015-2050)*

2.3. Tespit Edilen Sorun Alanları Ve Çözüm Önerileri

Bilimsel raporlardan gelen kanıtlar, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerinde, verim, üretim sezonunun süresi, su mevcudiyeti, biyo-çeşitlilik konularına dikkat çekmektedir. Araştırmalar, iklim değişikliğinin küresel gıda üretiminde de bir düşüşe yol açacağını ve gıdaya erişimin zorlaşacağını göstermektedir. Artan küresel nüfus ve değişen beslenme, gıda için talebi artırmaktadır. Tarımsal verimliliğin artması ve sürdürülebilir gıda üretimi, açlık riskini ortadan kaldırması ve 2050 yılı itibariyle tahmini 10 milyar kişiyi beslemeye yardımcı olması açısından önemlidir.

Diğer taraftan tarım, sera gazı emisyonu yaratması nedeniyle iklim sorununun önemli bir parçasıdır. Harekete geçilmezse, diğer sektörler kendi emisyonlarını azalttıkça tarımın emisyonlara katkısı önemli oranda artabilir. Tarım, iklim değişikliği uyum ve olanak sağlayan şartlar içinde azaltım arasındaki sinerjilerden yarar sağlama potansiyeline sahiptir.Türkiye'de tarım sektörü toplam sera gazı emisyonlarının %14'üne neden olsa da emisyon azaltım maliyeti nispeten düşüktür ve eylemlerin uygulanması enerji bazlı sektörlere göre daha kolaydır. Dolayısıyla, tarım sektörü emisyon azaltım stratejilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir sektör olarak değerlendirilmelidir. Büyük oranda emisyona neden olan enterik fermantasyon, tarımsal topraklar ve gübre yönetimi konularında önlemler alınması, sera gazı emisyonlarının azaltımını sağlayacaktır. Bu bağlamda özellikle tarım sektörü kaynaklı metan emisyonlarının yönetimi ve değerlendirilmesi kapsamında gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Hayvan gübresi bazlı biyogaz tesislerinin artırılması, sektörden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltımına hizmet edecektir. Yenilenebilir enerji elde etmenin yanı sıra, tesislerden yan ürün olarak üretilen organik gübre, kimyasal gübre ihtiyacının azaltılmasını sağlayacak ve bu uygulama ile sera gazı emisyonları önemli ölçüde azaltılabilecektir. Bununla birlikte hayvansal gübrenin uygun koşullarda depolanmasının yaygınlaştırılması önemlidir. Ayrıca, geri dönüşüm ile tekrar değerlendirilip hem biyokütle enerjisi olarak kullanılabilmesi hem de gübre amaçlı kullanılabilmesi sebebiyle tüm bitkisel ve hayvansal organik atıkların değerlendirilmesi ile döngüsellik sağlanmalıdır. Bunun yanı sıra, enterik fermantasyondan kaynaklanan emisyonların azaltımı için yem ham maddelerinin ve yem katkı maddelerinin metan salımını azaltıcı şekilde seçilmesinin sağlanması gerekmektedir.

2005-2020 yılları arasında başarı ile uygulanmış olan Çevre Amaçlı Tarım Arazilerini Koruma (ÇATAK) Programı ile toprak ve su kalitesinin korunması, tabii kaynakların sürdürülebilirliği, erozyonun önlenmesi ve ekosistemde tarımın olumsuz etkilerinin azaltılması hedeflenmiştir. Söz konusu program iklim değişikliğine göre revize edilerek yeniden uygulamaya geçirilmelidir. İklim dostu tarım uygulamalarının artırılmasına yönelik destek ve teşvik sistemlerinin yeniden değerlendirilerek oluşturulması sağlanmalıdır. Öncelikle iklim değişikliğine hassasiyeti yüksek

olan alanlarda yoğun tarım teknikleri yerine İklim Dostu (Akıllı) Tarım, Koruyucu Tarım ve Doğa Temelli Çözümler yaygınlaştırılmalıdır. Tarımsal üretimde kimyasal gübre ve bitki koruma ürünlerinin kaynak verimli tüketimi sağlanmalı ve takip edilmelidir. Bununla birlikte, karbon tarımı (carbon farming) gibi mekanizmalar oluşturulmalıdır.

Çayır ve mera alanlarının korunması ve geliştirilmesi için çıkarılan yasaların etkin uygulanmasının sağlanması, ıslah çalışmalarının yaygınlaştırılması, yutak alan olarak değerlendirilmesi, depolanan karbon miktarlarının belirlenmesi ve artırılması sağlanmalıdır. Sürdürülebilir arazi kullanımı ve zirai faaliyetler gelecek dönemlerde öncelikli konular arasında yer alacağından çevre ve gıda güvenliği konuları ile birlikte ele alınmalıdır. Tarımda verimlilik artışı ve emisyonların etkin yönetimi amacıyla arazi bankacılığı sistemine önem verilmeli, ulusal arazi kullanım planları yapılmalı ve arazi toplulaştırma çalışmaları tamamlanmalıdır. Ayrıca, dünyada ve Türkiye'de üretilen gıdanın önemli bir bölümü kaybedilmekte ya da israf olmaktadır. Gıda kaybı ve israfı sorunlarını ele almak, iklim hedeflerine ulaşılmasına ve çevre üzerindeki stresin azaltılmasına yardımcı olması açısından çok önemlidir. Bununla birlikte gıda kayıp ve israfının önlenmesi için uygulamada verimlilik artırılarak sürdürülebilir gıda sistemleri oluşturulmalıdır.

Tarımda sera gazı emisyonlarını azaltma veya işletmeyi daha etkin hale getirme konularındaki seçeneklerden birisi dijital tarımdır. Hassas Tarım gibi uygun teknoloji ve uygulamaları kullanan tarım uygulamalarının aktif yönetimi tarımsal verimlilik ve geliri artırırken sera gazı emisyonlarını da azaltabilecektir. Gelecekte dijital teknolojinin kullanımının tarım sektöründeki tüm alanlarda ve tarım gıda zincirinin tüm aşamalarında yaygın olması beklenmektedir. Akıllı tarım teknolojileri, dijital tarım ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda kullanımının sağlanması için bu yatırımların desteklenmesi gerekmektedir.

Daha önce belirtildiği gibi, tarım sektöründeki iklim değişikliği eylemleri ve stratejileri ile ilgili ulusal taahhütler dışında, sektörden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltımı için modelleme ve uygulanması planlanan uygulamalardan bahsedilen bir belge bulunmamaktadır. Tarım sektöründe iklim değişikliği ile mücadele ve sera gazı azaltımı için kısa, orta ve uzun vadeli ulusal strateji ve eylemler belirlenerek çiftçi odaklı uygulanmalı ve izlenmelidir. İklim değişikliği konusundaki ar-ge ve uygulama faaliyetleri artırılarak sera gazı azaltımı sağlayan tarımsal üretim yöntemleri ve teknolojileri yaygınlaştırılmalıdır. Düşük karbonlu ekonomiye geçişte karmaşık yapıdaki çok paydaşlı tarım sektörünün bir bütün olarak ele alınması; tarım-gıda değer zincirinin üreticiden tüketiciye kadar bütünleşik bir şekilde değerlendirilmesi; ekosistem odaklı gıda üretim modeli oluşturularak değer zincirini adil, kapsayıcı, sürdürülebilir ve döngüsel hale getirilmesi gerekmektedir. Tarım sektörünün tüm bu dönüşümü gerçekleştirebilmek için sürdürülebilir finansman kaynaklarından desteğe ihtiyacı vardır. Tarımda iklim dostu yatırımlara hem kamu hem de özel sektörden iklim finansmanının yönlendirilebilmesi için finansal kurumları, küçük işletme sahiplerini ve tarımsal KOBİ'leri birbirine bağlayan yenilikçi mekanizmalar tasarlanmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

2.4. İklim Şurası Kararları

1. Tarım sektöründe iklim değişikliği ile mücadele ve sera gazı azaltımı için kısa, orta ve uzun vadeli ulusal strateji ve eylemler belirlenerek çiftçi odaklı uygulanmalı ve izlenmelidir.

2. "İklim Dostu Tarımsal Destekleme Modeli" oluşturularak uygulanmalıdır.

3. Bütünleşik bir yaklaşımla ekosistem odaklı gıda üretim modeli oluşturularak tarım-gıda değer zinciri sürdürülebilir ve döngüsel hale getirilmelidir.

4. Gıda kayıp ve israfının önlenmesi için uygulamada verimlilik artırılarak sürdürülebilir gıda sistemleri oluşturulmalıdır.

5. Tarımda verimlilik artışı ve emisyonların etkin yönetimi amacıyla arazi bankacılığı sistemi kurulmalı, ulusal arazi kullanım planları yapılmalı ve arazi toplulaştırma çalışmaları tamamlanmalıdır.

6. Tarımsal üretimde kimyasal gübre ve bitki koruma ürünlerinin kaynak verimli tüketimi sağlanmalı ve takip edilmelidir.

7. Tarım sektöründe iklim değişikliği konusundaki AR-GE faaliyetleri artırılarak sera gazı azaltımını sağlayan tarımsal üretim yöntemleri ve teknolojileri yaygınlaştırılmalıdır.

8. Organik tarımın ülkemizde geliştirilmesi için üretim alanlarının ve miktarlarının artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

9. İklim ve doğa dostu tarımsal üretim ve tüketim için paydaşlara yönelik eğitim, farkındalık ve kültür oluşturma temelli programlar desteklenmelidir.

10. Tarım ve atık sektörleri kaynaklı metan emisyonlarının yönetimi ve değerlendirilmesi kapsamında gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

Bahar, S. K. (2019). Arazi toplulaştırması öncesi ve sonrası tarımsal işletmecilik maliyetlerinin değerlendirilmesi. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa

Capone, Roberto & El Bilali, Hamid & Debs, Philipp & Cardone, Gianluigi & Berjan, Sinisa. (2013). Nitrogen fertilizers in the Mediterranean region: use trends and environmental implications

ÇŞİDB. (2010). Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010 - 2023). Ankara.

ÇŞİDB. (2011a). Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı. Ankara. Erişim adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/file/eylem%20planlari/iklim_degisikligi_eylem_plani_EN_2014.pdf

ÇŞİDB. (2011b). Ulusal İklim Değişikliğine Uyum Strateji ve Eylem Planı. Erişim adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/file/eylem%20planlari/uyum_stratejisi_eylem_plani_EN_Final.pdf

ÇŞİDB. (2016). Ulusal Bildirim (INDC)

ÇŞİDB. (2018). Low Carbon Turkey. http://www.lowcarbonturkey.org

ÇŞİDB. (2019). Türkiye Ulusal Envanter Raporu (NIR)

ÇŞİDB. (2020a). Düşük Karbonlu Kalkınma için Çözümsel Strateji ve Eylem Geliştirilmesi Teknik Destek Projesi. Erişim adresi.

http://www.lowcarbonturkey.org/technical-reports-c1/

ÇŞİDB. (2020b). Low Carbon Projesi, Teknik Raporlar. Faaliyet 4.2.1

Dellal, İ., McCarl, B.A., Butt, T. The economic assessment of climate change on Turkish agriculture. Journal of Environmental Protection and Ecology, Vol:12, No:1, 376-385

European Commission. (2019). European Green Deal. Erişim adresi https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

European Commission. (2020a). Farm to Fork Strategy. Erişim adresi https://ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

European Commission. (2020b). Strategy to Reduce Methane Emission, Roadmap. Erişim adresi https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12504-EU-methane-strategy_en

European Commission. (2020c). Commission adopts EU Methane Strategy as a part of EGD. Erişim adresi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_20_1833

European Commission. (2020d). Circular Economy Action Plan. Erişim adresi https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en

European Commission. (2021a). Efforts Sharing Regulation. Erişim adresi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3543

European Commission. (2021b). Reducing methane emissions in the energy sector. Erişim adresi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_21_6684

European Commission. (2021c). Carbon Farming.

Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/sustainable-carbon-cycles/carbon-farming_en

European Environment Agency. (2019, Nisan). Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. EEA Report. Erişim adresi https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture

European Parliament.(2020a). EU agricultural policy and climate change.

European Parliament. (2020b). EU agricultural policy and climate change. Erişim adresi https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/651922/EPRS_BRI 651922_EN.pdf

FAO. (2014). News article, agriculture's greenhouse gas emissions on the rise. Erişim adresi http://www.fao.org/news/story/en/item/216137/icode/

FAO. (2016). FAO resmi websitesi: https://www.fao.org/faostat/en

FAO. (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome. Erişim adresi https://www.fao.org/3/I6583e/I6583e.pdf

FAO. (2018). Emissions due to agriculture. Erişim adresi https://www.fao.org/3/cb3808en/cb3808en.pdf

FAO. (2021). Strategic Framework 2022-2031. Erişim adresi https://www.fao.org/climate-smart-agriculture/en/

FAO. (2022). Mitigation of Climate Change in Agriculture (MICCA) Programme. Erişim adresi https://www.fao.org/in-action/micca/en/

Gezgin, S. 2015. Türkiye'de Gübre Üretim Ve Tüketimi, Dengeli Gübreleme. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Ankara

Global Methane Pledge. (2021). Web sitesi https://www.globalmethanepledge.org

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). 6. değerlendirme raporu. Erişim adresi https://www.ipcc.ch/srccl/ chapter/chapter-5/

Kuzu H, Değirmenci H 2020. Arazi Toplulaştırma Projelerinin Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliğine Etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi 23 (3): 655-662. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.623467

OECD. (2016). Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in Turkey, OECD Food and Agricultural Reviews. Erişim adresi

https://www.oecd.org/turkey/innovation-agricultural-productivity-and-sustainability-in-turkey-9789264261198-en.htm

Polat H. E, Manavbaşı İ. D (2012). Arazi toplulaştırmasının kırsal alanda yakıt tüketimi ve karbondioksit salınımına etkisinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 18(2), 157-165.

Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). 11. Kalkınma Planı (2019-2023). Ankara. Erişim adresi https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2018a). Gübreleme Rehberi. Erişim adresi https://ankara.tarimorman.gov.tr/Link/17/Ankara-Gubreleme-Rehberi.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2018b). Organik Tarım Genel Bilgiler. Erişim adresi https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Genel-Bilgiler

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2020). Ulusal Strateji Belgesi ve Eylem Planı. Erişim adresi

https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası Kuruluşlar/Gıdanı Koru Strateji Belgesi ve Eylem Planı.pdf

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021a). Sürdürülebilir Gıda Sistemlerine Doğru Türkiye'nin Yol Haritası. Erişim adresi https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası Kuruluşlar/SürdürülebilirGıda Sistemlerine Doğru Türkiye'nin Ulusal Yol Haritası (Türkçe).pdf

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021b). İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu. Erişim adresi https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/IKLIM DEGISIKLIGI VE TARIM DEGERLENDIRME RAPORU.pdf

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). Stratejik Plan 2019- 2023 (revize edilmiş versiyon). Erişim adresi https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/stratejikplan.pdf

Ticaret Bakanlığı. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021-2031) Erişim adresi https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf

TÜİK. (2018). Nüfus Projeksiyonları 2018-2080. Erişim adresi http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30567

TÜİK. (2021a). Erişim adresi https://data.tuik.gov.tr/

TÜİK. (2021b). Tarım.Erişim adresi https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Agriculture-111

TÜİK. (2021c). Tarım. Ekili Alan İstatistikleri, Erişim adresi https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Agriculture-111

TÜİK. (2021d). Tarım. Gübre İstatistikleri, Erişim adresi https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Agriculture-111

TÜİK. (2021e). Tarım Hayvancılık İstatistikleri. Erişim adresi https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Agriculture-111

TÜİK. (2021f). Tarım Hayvancılık İstatistikleri Üretim. Erişim adresi https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Agriculture-111

TÜİK. (2021g). Tarım Hayvancılık İstatistikleri Hayvan Sayısı. Erişim adresi https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Agriculture-111

TÜİK. (2022a). Sera Gazı Emisyon istatistikleri. Erişim adresi

https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2020-45862&dil=1

TÜİK. (2022b). Çevre ve Enerji. Erişim adresi

https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Environment-and-Energy-103

Türkiye Büyük Millet Meclisi. (2021). İklim Değişikliği Araştırma Komisyonu Raporu

United Nations Environment Programme. (2021). Nature-based solutions for climate change mitigation. Erişim adresi https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/37318/NBSCCM.pdf

United Nations. (2022). Goal 2: Zero Hunger. Erişim adresi https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/

Uprety, Dinesh & R. Reddy, V & Devi Mura, Jyostna. (2019). Climate change and agriculture: A historical analysis. 10.1007/978-981-13-2014-9.

World Bank. (2019). Agricultural data. AB, Dünya ve Türkiye Karşılaştırmalı Gübre Tüketimi.

3. ATIK SEKTÖRÜ

3.1. Dünya'daki Durum

Nüfus artışı, sanayileşme ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi ile birlikte üretilen atık miktarı da her geçen gün artmaktadır. Doğal kaynaklar hızla tükenmekte, çevre sağlığı giderek bozulmaktadır. Dünya çapında malzeme tüketimi ve kişi başına düşen malzeme ayak izi de hızla artmıştır. 1990'da bir kişinin ihtiyacını karşılamak için yaklaşık 8,1 ton doğal kaynak kullanılırken, 2017'de kişi başına yaklaşık 12,2 ton kaynak kullanılmıştır (UNEP, 2020).

Dünya Bankası verilerine göre dünyada yıllık olarak 2,01 milyar ton belediye atığı (MSW) üretilmektedir. Dünya çapında, kişi başına günde üretilen atık, 0.74 kilogram olup bu değer 0,11 ila 4,54 kilogram arasında değişmektedir. Belediye atığının 2030 yılına kadar 2,59 milyar tona, 2050 yılına kadar ise 3,40 milyar tona çıkması beklenmektedir (World Bank, 2018).

Geri dönüştürülebilen atıklar yeniden hammadde olarak kullanılmakta ve birincil hammadde israfı önlenebilmektedir. Birincil hammaddenin çıkarılması için birçok enerji yoğun aktiviteye ihtiyaç kalmayarak geri dönüştürülebilir atıkların yakılması veya düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmesi önlendiği için karbon emisyonlarını azaltmaktadır. Buna ek olarak geri dönüştürülmüş malzemelerin hammadde olarak kullanıldığı üretimde ve lojistikte enerji verimliliği üst noktalarda uygulanmaktadır. Depozito yönetim sistemi uygulaması ile içecek ambalajları özelinde kurulacak sistem BM'nin amaçlarına ülkemizde daha kalıcı ve görünür bir şekilde ulaşılabilmesini sağlayacaktır. Bu kapsamda, depozito yönetim sisteminin katkı sağlayabileceği 6 amaç; İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme (Amaç 8), Sanayi ve Yenilikçilik ve Altyapı (Amaç 9), Sorumlu Üretim ve Tüketim (Amaç 12), İklim Eylemi (Amaç 13), Sudaki Yaşam (Amaç 14) ve Karasal Yaşam (Amaç 15) olarak sıralanabilmektedir.

Dünyada, 2016 yılında atık işleme ve bertarafından, kaynaklanan 1,6 milyar ton CO_2e sera gazı emisyonunun üretildiği tahmin edilmekte ve esas olarak depo gazı yönetimi olmayan düzensiz döküm sahalarından veya düzenli depolama alanlarında atık bertarafından kaynaklanmaktadır. Bu, insan kaynaklı emisyonların yaklaşık %5'idir.

Atık kaynaklı emisyonların 2050 yılına kadar yılda 2,6 milyar ton CO_2e'ye çıkması beklenmektedir (World Bank, 2018). Bununla birlikte, atık sektörünün küçük bir küresel emisyon kaynağı yerine önemli bir emisyon azaltım sektörü haline gelmesi mümkündür. Atık işleme ve bertaraf yoluyla az miktarda emisyon salınmasına rağmen, atık oluşumunun önlenmesi ve geri kazanımı (ikincil malzemeler veya enerji olarak) ekonominin diğer tüm sektörlerinde emisyonları önlemektedir.

Biyobozunur atıklar (özellikle gıda atıkları) ve bu atıklara uygun olmayan yönetim çoğunlukla atık sektöründe sera gazı emisyonlarına neden olmaktadır. Ulusal envanterlerin BMİDÇS kapsamındaki atık bölümü bu sektörden kaynaklanan emisyonların çoğunu dikkate almamaktadır. Bu bölüm altında rapor edilen emisyonlar, temel olarak atık depolama alanlarındaki metan emisyonları ile ilgilidir. Atıkların taşınması ve enerji geri kazanımlı yakma emisyonları, sırasıyla ulaştırma ve enerji bölümleri altında rapor edilmiştir. 2006 IPCC Rehberine göre, atık sektörü emisyon tahminlerinin dört alt kategori için yapılması gerekmektedir: atık bertarafı; atıkların biyolojik yöntemlerle işlenmesi; yakma ve açıkta yakma; ve atık su arıtımı ve deşarjı (Düşük Karbonlu Kalkınma için Çözümsel Tabanlı Strateji ve Eylem Geliştirilmesi Teknik Yardım Projesi, 2020).

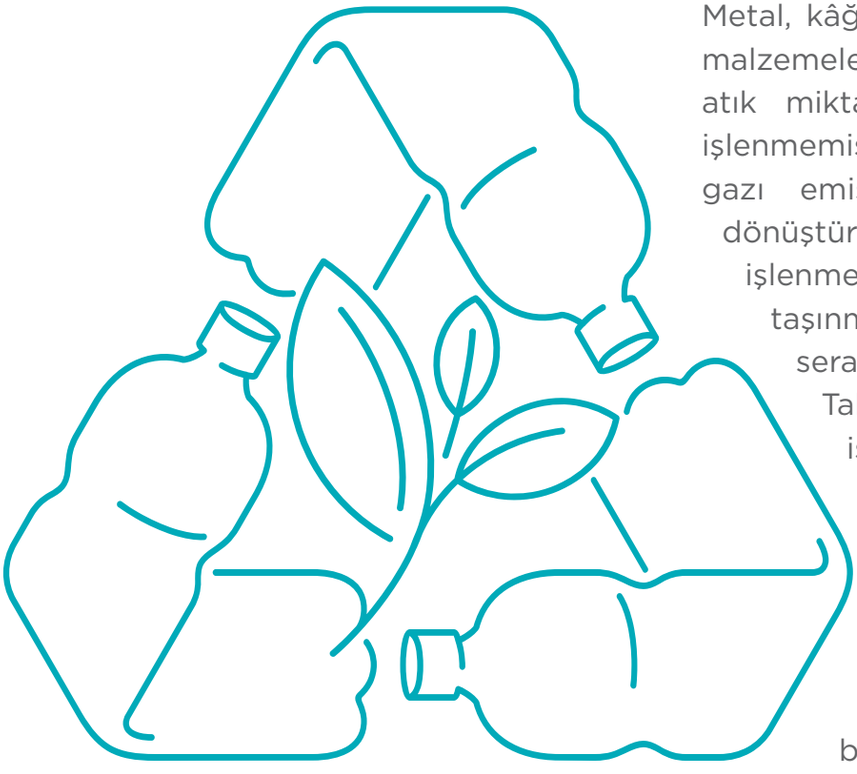
IPCC 2006 rehberine göre, atıktan enerji üretiminde tüm sera gazı emisyonları enerji sektörü altında tahmin edilmeli ve raporlanmalıdır. Bununla birlikte, Tablo 1'de sektör karşılaştırmalarında, enerji geri kazanımı için yakılan bir ton atığın emisyonu yaklaşık 0,327 ton CO_2'dir.

Atık sektöründe dolaylı etkisi olduğu bilinen diğer bir alan da atık toplama ve transfer işlemleridir. IPCC 2006 kılavuzunda ulaşımdan kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında kullanılan parametreler; araç kapasitesi, tüketilen yakıt miktarı, yakıtın enerji yoğunluğu ve yakıt emisyon faktörüdür. Atıkların taşınması genellikle toplam atıkla ilgili emisyonlardan daha düşük bir oranda olduğundan, sonuçlar üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye (toplam emisyonlara %10'dan daha az katkıda bulunduğu) sahip olduğu belirtilmiştir (Eugene A. & ark., 2011)

Tablo 1. Atık işleme yöntemlerinden kaynaklanan brüt ve net sera gazı emisyonları (Eugene A. & ark., 2011)

Yöntem	Brüt Sera Gazı Emisyonları (t CO_2e)	Bertaraf Edilen Atık ton Başına (t CO_2e)	Emisyon Dengesi (t CO_2e)	Net Emisyon (t CO_2e)
Düzenli Depolama*	348.300	0,302	57.000	291.000
Biyometanizasyon (anaerobik çürüme)	100	0,001	320	-220
Yakma	29.800	0,327	9.200	20.600
Kompost	75.100	0,398	-	75.100
Taşıma/Transfer	30.500	-	-	30.500

**%75 gaz tutma*



Metal, kâğıt, plastik ve cam gibi geri dönüşüm malzemeleri, bertaraf edilmesi gereken atık miktarını azaltarak ve ürün imalatında işlenmemiş hammaddelerin yerini alarak sera gazı emisyonlarından tasarruf sağlar. Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması, işlenmemiş hammaddelerin çıkarılması, taşınması ve işlenmesinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını da azaltmaktadır. Tablo 2, her malzeme için geri dönüşüm işleminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını, kaçınılan emisyonları ve net emisyonları göstermektedir. Geri dönüşümün önlediği emisyonlar atık sektörü kapsamında BMİDÇS'ye bildirilmemektedir. Ancak, sektöre özgü olması sebebiyle bu raporda ele alınmıştır.

Tablo 2. Atık geri dönüşümü ile kaçınılan sera gazı emisyonları (Menikpura & ark., 2021)

Atık Türü	**Geri dönüşümden kaynaklanan sera gazı emisyonu (A)** (kg CO_2e/ton geri dönüşebilir atık)	**Hammaddeden eşdeğer miktarda malzeme üretiminden kaçınılan sera gazı emisyonu (B)** (kg CO_2e/ton geri dönüşebilir atık)	**Düzenli depolanmasından kaçınılan sera gazı emisyonu (C)** (kg CO_2e/ton geri dönüşebilir atık)	**Net sera gazı emisyonu** (D)=(A)-(B)-(C) (kg CO_2e/ton geri dönüşebilir atık)
Kağıt	1.226	971	2.383	-2.088
Plastik	2.148	1.899	0	249
Alüminyum	393	12.486	0	-12.093
Çelik	1.102	2.949	0	-1.847
Cam	569	1.024	0	-454

Metan, depolama sahalarında biyobozunur atıkların anaerobik ortamda bozunması sonucunda ortaya çıkmaktadır. IPCC Kılavuzuna göre, atık bertarafından kaynaklanan biyojenik CO_2 emisyonu, ulusal sera gazı emisyonları toplamında hesaba katılmamaktadır. Bununla birlikte, biyobozunur atıkların ayrışmasından kaynaklanan metan, atık sektörünün sera gazı emisyonlarına en büyük katkıyı yapmaktadır. Metan, CO_2'den çok daha yüksek oranda kısa vadeli küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahiptir.

Metan kullanımı biyobozunur atık işlenmesinden üretilebildiği ve elektrik üretimi, ısı ve ulaşım gibi tüm enerji sektörlerinde kullanılabildiği için çok yönlü bir biyoenerji biçimi ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyogaz üretmenin bir yoludur. Biyogaz üretimi ve kullanımı yenilenebilir enerji ve enerji güvenliği hedeflerine katkıda bulunmaktadır. Biyogaz motorlarda, türbinlerde ve yakıt hücrelerinde kullanılmak üzere ısı ve elektrik üretiminde kullanılabilir. Biyogaz veya depo gazından enerji elde edilen tesislerin çoğunluğu birleşik ısı ve güç tesislerinden oluşmaktadır.

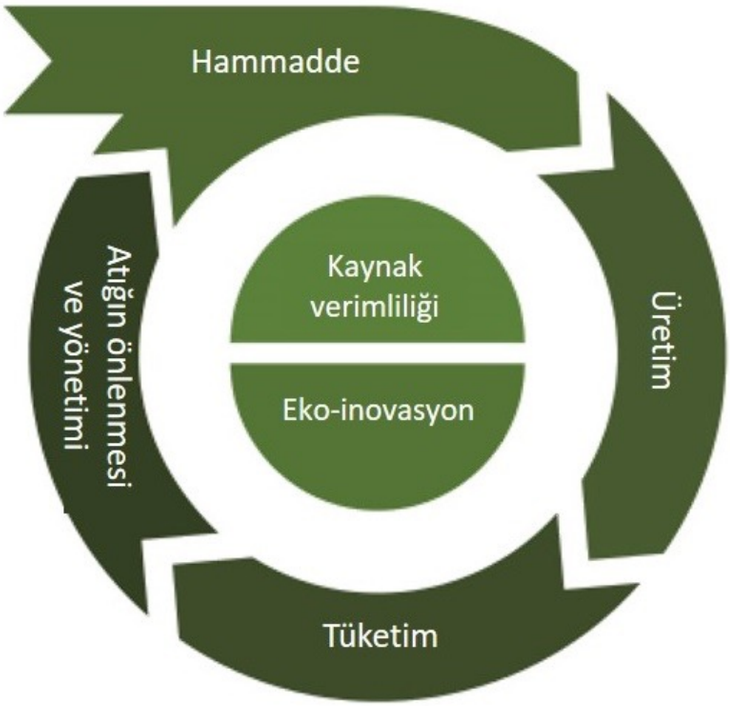
Uluslararası Bazda Hayata Geçirilen Politika, Strateji, Eylemler

Günümüzde kaynakların ve çevrenin korunması giderek daha önemli hale gelirken, ülkeler yeni atık yönetimi stratejileri belirlemektedir. Geçmişte atığın büyük bir kısmının bertaraf edilmesine yönelik olan atık hiyerarşisi tersine dönmüştür. Yeni anlayışa göre başta atığın oluşmadan önlenmesi, önlenemeyen kısmının azaltılması, yeniden kullanımı, geri dönüştürülmesi ve geri kazanılmasına odaklanılmıştır. Atığın hiçbir şekilde değerlendirilemeyecek kısmının bertaraf edilmesi nihai hedef haline gelmiştir. Doğada sınırlı olarak bulunan doğal kaynakların korunması için atık oluşumunun engellenmesi, engellenemeyen kısmının değerlendirilmesi ve mümkün olduğunca hammadde olarak yeniden üretime dâhil edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Atıkların atıl bir malzeme değil kaynak olarak görülmesini de kapsayan döngüsel ekonomi yaklaşımı ile ülkeler atık yönetimi faaliyetlerini bu yönde geliştirmeye yönelik çalışmalara başlamıştır. Bu sayede atıkların çevreye verdiği zarar minimum seviyeye indirilebilecek aynı zamanda işlenmemiş hammadde kullanımına olan ihtiyaç azalacaktır. Sonuç olarak hammaddenin elde edilmesinden işlenmesine, hammaddeden yeni ürün üretimine dair geçen tüm süreçlerin maliyeti azalarak ekonomi için katma değer oluşturulabilecektir.

Döngüsel ekonomi konsepti bir ürünün kullanım ömrü dolduğunda o ürünün atık olmasını engelleyip tekrar üretim sürecine dâhil edilmesini amaçlamaktadır. Burada ideal olan kapalı döngü sistemi ile tekrar aynı ürün ve/veya ürünün hammaddesi olarak kullanılması olmakla birlikte bu mümkün değilse farklı ürünlerin üretimi için değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Hammaddelerin yaklaşık %90,9'u ekonomiye geri kazandırılamamaktadır. 2000 yılından bu yana hammadde fiyatlarındaki artış %180'i bulmuştur (Building a more circular Australia, 2021). 2017 yılında AB'de 6.2 milyar ton hammadde üretime dahil edilmiş olup %12 oranında geri dönüştürülmüş malzeme kullanılmıştır (EU, 2020-2021). Döngüsel ekonomi konseptinde kapalı döngü sistemlere olanak verilmesi ve üretim sektöründe birincil hammaddeye olan ihtiyacın azaltılması için dünya genelinde uygulanmaya çalışan üretim tüketim döngüsüne dair Şekil 1 ile verilmektedir (EU, 2021).



Şekil-1: *Yeşil büyüme ve döngüsel ekonomi (EU, 2021)*

02.12.2015 tarihinde (2015/614) AB Komisyonu tarafından yayımlanan "Döngüsel Ekonomi Eylem Planı"nın ardından söz konusu eylem planına ait son güncelleme 11.03.2020 tarihinde yapılmıştır.

"Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı" aşağıdaki hususları amaçlamaktadır:

- Sürdürülebilir ürünleri AB'de kurallara, ilkelere veya yasalara uygun haline getirmek,
- Tüketicileri ve kamu alıcılarını güçlendirmek ve bilinçlendirmek; bunu yaparken de en çok kaynak kullanan sektörlere odaklanmak (elektronik ve bilişim teknolojileri; piller ve araçlar; ambalaj; plastik; tekstil; inşaat ve binalar; gıda) ve daha az su tüketip, daha az atık üretmek,
- Döngüsellik kavramını insanlar, bölgeler ve şehirler için kullanılabilir hale getirmek,
- Döngüsel ekonomi konusunda küresel çabalara öncülük etmek.

“Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planı” döngüselliğin ve kaynak verimliliğinin Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyumlu bir şekilde “net sıfır emisyon için bir ön koşul” olarak hareket etmesini sağlamaya yönelik kapsamlı bir taahhütler dizisidir.

2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşmak, doğal çevreyi korumak ve rekabet gücünü geliştirmek için tamamen döngüsel bir ekonominin oluşturulması gerekmektedir. Bugün AB ekonomisi hâlâ çoğunlukla doğrusal nitelikte olup ikincil malzeme ve kaynakların sadece % 12’si ekonomiye kazandırılmaktadır.

Avrupa Birliği’nin Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planında, bazı öncelikli politika alanları belirlenmiştir: elektronik, tekstil, plastik ve inşaata odaklanılarak belirli atık türleri için azaltım ve uygulama hedefleri yer almıştır. Gıda atıkları için ise ayrı toplama sistemine vurgu yapılmaktadır.

3.1.1 Elektronik Atık

Elektronik atık alanında döngüsel ekonomi yaklaşımı çerçevesinde net sıfır emisyon hedefine ulaşmak “eko-tasarım çerçevesinin genişletilmesi” ile mümkündür. Halihazırda, buzdolapları ve çamaşır makineleri gibi cihazlarda, enerji verimliliğini artırmak için enerji etiketleme zorunlulukları da eko-tasarım gereksinimleri kapsamında yer almaktadır. Yeni Eylem Planı, tüketicilerin daha bilinçli ürün tercihi yapmalarını ve üreticilerin düşük karbonlu ürünler üretmelerini teşvik etmek amacıyla 2024 yılına kadar “mümkün olan en geniş ürün yelpazesi” için eko tasarım ve enerji etiketleme planlarını “hızla benimsemeyi ve uygulamayı” amaçlamaktadır.

“Döngüsel Elektronik Girişimi”, akıllı telefon, bilgisayar ve tablet gibi elektronik ürünlerin, dayanıklı, tamir edilebilir, yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir, elektronik bileşenlerin ve yazılımların yükseltilebilir nitelikte olmasıyla daha uzun ömürlü ürünleri amaçlamaktadır. Yeni Döngüsel Ekonomi Eylem Planında eski telefon, şarj cihazı ve tabletler için AB çapında bir “geri alma” modeli ile elektronik eşyaların bertarafa gitmesi büyük ölçüde engellenmesi hedeflenmektedir. Ayrıca “onarım hakkının” uygulanması için elektronik sektörünün öncelikli bir alan olması planlanmaktadır. Eko-tasarım Direktifi kapsamında cep telefonları, tabletler ve dizüstü bilgisayarlar için yeni düzenleme önlemlerinin yanı sıra, cep telefonları ve benzeri cihazlar için şarj cihazları hakkında yeni düzenleme (şarj aletlerinin standart hale getirilmesi gibi) önlemler almayı hedeflemektedir. AB genelinde eski cep telefonlarını, tabletleri ve şarj cihazlarını iade etme veya geri alma uygulamaları da dikkate alınacaktır.

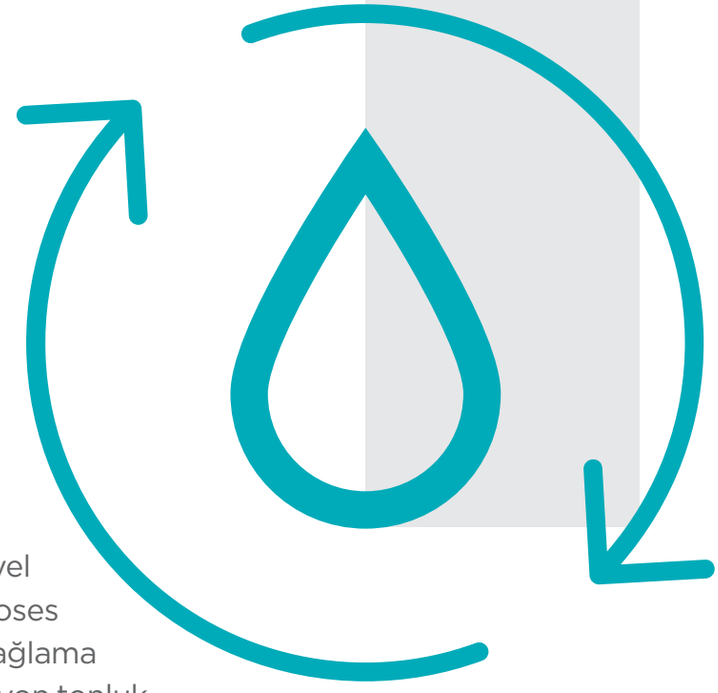
3.1.2 Piller ve Araçlar

Hem çevreyle uyumlu geri dönüşümün sağlanması hem de değerli metallerin ekonomiye kazandırılması için elektrikli araç bataryaları için toplama ve geri dönüşüm oranlarını geliştirmeye yönelik tedbirler uygulanmalıdır.

12/3/2021 tarihinde Avrupa Pil İttifakı bataryalarda kullanılan lityum-iyon pil hücrelerinde 2025'e kadar Çin'in ardından en büyük ikinci üretici olma hedefini açıklamıştır. Tüm pillerin toplanma ve geri dönüşüm oranlarının iyileştirilmesi ve değerli malzemelerin geri kazanılması, piller için sürdürülebilirlik gereksinimleri, yeni pillerdeki geri dönüştürülmüş içerik düzeyi ve tüketicilere bu anlamda bilgi sağlanmasına yönelik önlemler alınacaktır.

Ayrıca Avrupa Komisyonu, geri dönüşüm verimliliğini artırmak amacıyla ömrünü tamamlamış araçlara ilişkin mevzuatın revize edilmesine yönelik çalışmalarına devam etmektedir. Revizyonlara ilişkin görüşlerin alınması süreci tamamlanmış olup revizyonda yer verilmesi planlanan konular;

- Üye Devletler arasında araçların tescili ve tescilinin iptali konusunda ara bağlantı eksikliğinin giderilmesi,
- Ömrünü tamamlamış araç parçalarının geri dönüştürülmesi ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılmasına dair daha ayrıntılı hükümlerin belirlenmesi,
- Yeniden kullanım için ayrı hedeflerin oluşturulması,
- Mevzuat kapsamının genişletilerek daha fazla araç türünü kapsaması,
- Elektrik ve elektronik bileşenlerde bulunan altın, gümüş, paladyum, tantal ve diğer nadir toprak metalleri gibi giderek daha fazla kullanılan değerli malzemelerin yüksek düzeyde geri kazanılmasının ve geri dönüştürülmesinin sağlanmasına yönelik düzenlemeler yapılması,
- Tam anlamıyla genişletilmiş üretici sisteminin oluşturulması,
- Araçların eko tasarımı, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü için Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ile daha uyumlu ve spesifik hedeflerin teşvik edilmesidir (interregeurope.eu, 2021).



3.1.3 Atık Yağlar

Atık yağlar, dünya genelinde kontrollü ortamlarda hammadde veya enerji değerinden yararlanmak üzere geri kazanım ve bertaraf olarak değerlendirilir.

Uygulama alanlarına göre otomotiv (%57), endüstriyel (endüstriyel, metal işlem yağları ve gresler), proses ve deniz yağları olmak üzere 4 gruba ayrılan yağlama yağları, 2018 yılı itibariyle dünya genelinde 36,4 milyon tonluk satış rakamlarına ulaşmıştır. Bu miktarın %54'lük kısmını Asya-Pasifik (Afrika ve Ortadoğu dahil) bölgesi, %27'lik kısmını Amerika ve %19'luk kısmını da 6,8 milyon ton yağ ihtiyacı ile Avrupa kıtası oluşturmuştur (Fuchs Group, 2019). Gerçekleştirilen satışların %50'si 10 büyük üretici tarafından gerçekleştirirken, diğer yarısı ise 710 adet küçük üretici tarafından gerçekleştirmiştir. Ülkeler bazında değerlendirme yapıldığında ise Çin, ABD, Hindistan, Japonya, Rusya, Brezilya, Almanya, Güney Kore, Meksika ve Endonezya üst sıralarda yer almaktadır (Fuchs Group, 2019). Dünya genelinde her yıl yaklaşık olarak piyasaya sürülen yağların %50'si atık yağ olarak açığa çıkmaktadır (Monier ve Labouze, 2001).

Atık yağlar ağır metal, PCB ve PAH içerikleri nedeniyle Avrupa'daki en önemli sıvı tehlikeli atık sınıfını oluşturmaktadır. Eurostat verilerine göre 2018 yılında AB'de oluşan atık yağların %97'si geri kazanılmış, geriye kalan kısım ise düzenli depolama yoluyla ya da yakılarak bertaraf edilmiştir (EuroStat, 2020).

Atık yağlar birincil hammadde kullanılarak üretime kıyasla, yeniden rafine edilmeleri durumunda %30'a kadar enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca modern yeniden rafinasyon prosesleri sayesinde üretilen baz yağlar, düşük kükürt, aromatik kirleticiler veya fosfor içeriği konusunda yüksek standartları karşılamakta ve yüksek viskozite indeksi sunmaktadır. Bununla birlikte yeniden rafinasyon işleminin sağladığı çevresel faydalar nedeniyle Avrupa Komisyonu 2020 Çevresel Eylem Programında enerji geri kazanımının (yakmanın) sadece geri dönüştürülemeyen ürünlerle sınırlı olması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca modern yeniden rafinasyon teknolojileri ile, CO_2 emisyonları (ton baz yağ başına kg CO_2), geleneksel baz yağ üretimine kıyasla % 50'den fazla azaltılabilmektedir.

AB'de atık yağlar genel olarak 74/439/EEC Direktifini yürürlükten kaldıran 2008/98/EC sayılı Atık Çerçeve Direktifi ile yönetilmektedir. Özellikle 21. madde, Üye Devletlerin

aşağıdakileri sağlamak için önlem almasını gerektirmektedir:

- Teknik olarak mümkün (fizibil) olduğu durumlarda atık yağlar ayrı toplanır;
- Atık yağlar yeniden rafinasyon sürecine öncelik veren atık hiyerarşisine göre işlenir;
- Teknik ve ekonomik olarak uygun olsa bile farklı karakterdeki atık yağlar birbirleriyle ya da diğer tür atık veya maddelerle karıştırılmaz.

3.1.4 Tekstil

Avrupa Komisyonu eko-tasarım önlemlerinden oluşacak "kapsamlı" bir "AB Tekstil Stratejisi" ortaya koymaya yönelik çalışmalarını sürdürmektedir. Strateji kapsamında, işletmelerin tüketicilere yönelik sürdürülebilir tekstil ürünlerini teşvik etme ve ürünler için yeniden kullanım ve onarım hizmetleri sunma yükümlülüğü bulunacaktır.

Tekstil, birincil hammadde ve su kullanımı için en yüksek dördüncü, sera gazı emisyonları için ise beşinci basınç kategorisidir. Gelecekteki bu strateji, "tekstil yeniden kullanımı" pazarı da dahil olmak üzere sürdürülebilir ve döngüsel tekstil pazarını artıracaktır. Bu anlamda yeni tüketim modelleri ve kiralama gibi yeni iş modelleri desteklenecektir. Tekstil atıklarının kaynağında ayrı toplanmasına yönelik çalışmaların 2025 yılına tamamlanması hedeflenmektedir.

3.1.5 Plastikler

Eylem Planı, "2018 AB Plastik Strateji Belgesini temel almakta ve geri dönüştürülmüş plastik içeriğin artırılmasına odaklanmaktadır. Ambalaj, inşaat malzemeleri ve otomotiv gibi alanlarda "zorunlu geri dönüştürülmüş içerik" kullanımı belirlenecektir.

Eylem Planı ayrıca mikroplastikler ve biyo-bazlı plastiklerin biyo-bazlı ve biyolojik olarak parçalanabilir plastiklerin tedarik ve kullanımı ile ilgili zorlukları da ele almaktadır. Ürünlerin işlevselliğini artırmak için kasıtlı olarak eklenen mikroplastiklerin kullanımı kısıtlanacaktır. Ayrıca, kasıtsız mikroplastik salımları üzerinde, ölçüm yöntemlerini daha da geliştirerek ve uyumlu hale getirerek, etiketleme, sertifikasyon ve düzenleyici önlemleri takip ederek çalışacak ve atıksudaki mikroplastiklerin yakalanmasını artıracak önlemleri alacaktır.

Biyobozunur ya da kompostlanabilir plastiklerde, biyo bazlı hammadde kullanımının çevre ve karbon emisyonları üzerindeki olası sonuçlarının incelenmesi hedeflenmektedir.

Komisyon, AB'nin atıklarını, özellikle atık plastikleri "üçüncü ülkelere ihraç etmemesini" sağlamak için harekete geçecektir. Sonuç olarak "AB'de geri dönüştürülmüştür" terimi bir ölçüt olarak tanımlanacak ve önceliklendirilecektir.

Bu doğrultuda tehlikesiz atık olarak sınıflandırılan plastik atıklar, ön bildirim (notifikasyon) prosedürüne tabi değil iken, Tehlikeli Atıkların Sınırötesi Taşınımının ve Bertaraf Edilmesinin Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesi II, VIII ve IX no'lu eklerinde yapılan değişikliklerle 01/01/2021 tarihinden itibaren tehlikelilik özelliği olmasa bile farklı polimerlerin, resinlerin karışımı olan karışık plastik atıkların (polietilen, polipropilen ve polietilen terfitalat karışımı hariç) ithalatı ve ihracatı notifikasyon prosedürüne tabi olmuştur.

Ocak 2018'de Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan "Döngüsel Ekonomide Plastikler için Strateji Belgesi'nde yer alan "gereksiz plastik atık oluşumunu, özellikle de tek kullanımlık ürünlerden kaynaklanan atıkları" azaltmak için AB ve Üye Devlet düzeyinde önlemler alınmasına yönelik yaklaşımın bir sonucu olarak Tek Kullanımlık Plastik Direktifi (2019/904) 24 Haziran 2019 tarihli Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde yayınlanmıştır.

Direktifin kapsamında, gıda ile temas eden plastik malzemelerin ve belirli tek kullanımlık plastiklerin yasaklanması, plastik ambalajlar için artan toplama hedeflerinin oluşturulması, genişletilmiş üretici sorumluluk planları ve içecek kapları için tasarım gerekliliklerinin hazırlanması konuları yer almaktadır.

Tek Kullanımlık Plastik Direktifinin giriş kısmında "tek kullanımlık ürünler yerine sürdürülebilir ve toksik olmayan yeniden kullanılabilir ürünler ve yeniden kullanım sistemlere, öncelik veren döngüsel yaklaşımları teşvik ederek, her şeyden önce üretilen atık miktarını azaltmayı hedeflenmektedir" ifadesi yer almaktadır.

Direktifin amacı, Avrupa kıyılarında bulunan tüm deniz çöplerinin (sayısal olarak) yaklaşık yarısını oluşturan tek kullanımlık plastiklerin (SUP), çevreye zararını azaltmayı amaçlamaktadır. Direktif, tüm deniz çöplerinin yaklaşık %70'ini oluşturan SUP maddeleri ve balıkçılık gereçlerine odaklanmaktadır. "Tek Kullanımlık Plastik" ise Direktifte "Tamamen veya kısmen plastikten yapılma ve ürün ömrü içerisinde tekrar

doldurulmak ya da tasarlanmış olduğu amaçla tekrar kullanılmak üzere üreticiye iade edilerek birden fazla dönüşüm veya döngü turu yapacakları şekilde düşünülmemiş, tasarlanmamış veya piyasa sürülmemiş olan ya da tasarlandığı amaçla yeniden kullanılmayan bir ürün" olarak tanımlanmaktadır.

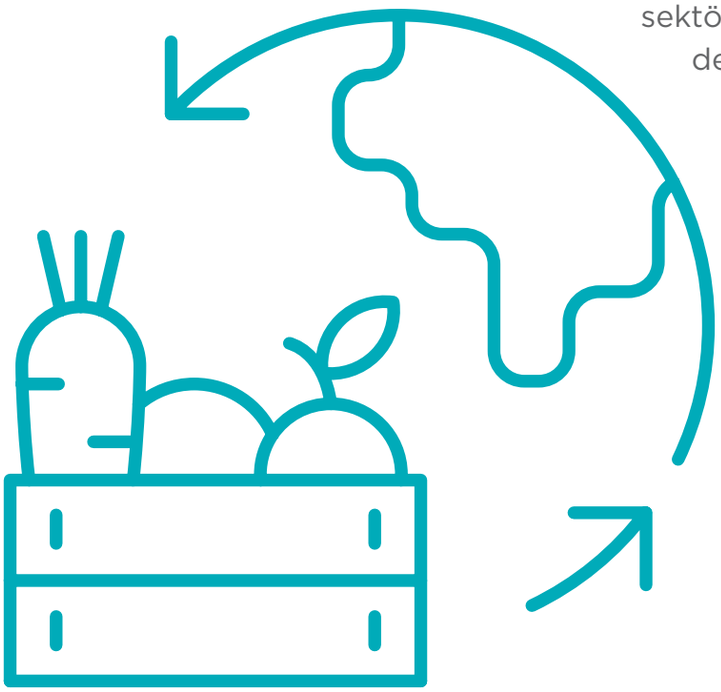
Direktif sadece tek kullanımlık plastiklerin yasaklanmasını değil aynı zamanda farklı kısıtlamaları da beraberinde getirmektedir. Bu kısıtlamalar tüketimin azaltılması, yasaklama, ürünler için ilave kriterler (geri dönüştürülmüş içerik de dahil olmak üzere), ayrı toplama zorunluluğu, güçlendirilmiş genişletilmiş üretici sorumluluğu, işaretlemeler ve farkındalık çalışmalarına ilişkin yükümlülüklerdir.

3.1.6 Gıda

Çevresel etkileri ve yararları göz önünde bulunduran, biyo-tabanlı döngüsel bir sektörü desteklemek için bir Biyoekonomi Eylem Planı geliştirilecektir.

Biyoekonomi planı, "gıda değer zincirini kapsamlı bir şekilde ele alacak" ve "AB Tarladan-Sofraya Stratejisi" kapsamında özetlenecek olan gıda atığı üretimiyle mücadele edecektir.

Üretilen toplam gıdanın yaklaşık % 20'si AB'de kaybolmakta veya israf edilmektedir. Komisyon, AB Tarladan Sofraya Stratejisinin bir parçası olarak gıda atıklarının azaltılmasına yönelik bir hedef önerecektir. Bu Strateji, sektörün sürdürülebilirliğini sağlamak için tüm gıda değer zincirini ele alacak - iklim değişikliği ile mücadele, çevreyi koruma ve biyolojik çeşitliliği koruma çabalarını güçlendirecektir.



Komisyon, tek kullanımlık gıda ambalajlarının, sofra takımlarının ve çatal-bıçak takımlarının gıda hizmetlerindeki yeniden kullanılabilir ürünlerle değiştirilmesinin yeniden kullanılmasına ilişkin yasal bir girişimin kapsamını belirlemek için analitik çalışmalar başlatacaktır.

3.1.7 İnşaat ve Binalar

İnşaat sektörü, malzeme ocaklarından çıkarılan tüm malzemelerin yaklaşık % 50'sini tüketmektedir. Avrupa Birliğinin toplam atık üretiminin % 35'inden fazlasından sorumludur.

Komisyon, binaların tüm yaşam döngüsü boyunca döngüsellik ilkelerini teşvik etmek için "Sürdürülebilir Yapı" için yeni ve kapsamlı bir Strateji kabul edecektir. Komisyon, belirli inşaat ürünleri için geri dönüştürülmüş içerik gerekliliklerini içermesi planlanan İnşaat Ürünü Yönetmeliğini revize etmeyi planlamaktadır.

3.1.8 Ambalajlar

Ambalajlama için kullanılan malzeme miktarı sürekli artmaktadır ve 2017'de Avrupa'daki ambalaj atıkları kişi başına 173 kg'a ulaşmıştır ve şimdiye kadarki en yüksek seviye olarak kaydedilmiştir.

Komisyon, hedefler ve diğer atık önleme tedbirleri dahil olmak üzere, ambalaj atığı üretimindeki artışın öncelikli olarak tersine çevrilmesini sağlayacak önlemler önerecektir.

Komisyonun amacı, AB pazarına yerleştirilen tüm ambalajları 2030 yılına kadar ekonomik olarak uygun bir şekilde yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir hale getirmektir. Komisyon, AB pazarına yerleştirilen tüm ambalajlar için zorunlu temel gereklilikleri güçlendirmeyi önerecektir.

3.1.9 İşletmeler İçin Raporlama Gereksinimleri

İşletmelerden ürün ve hizmetlerinin dayanıklılığı, geri dönüştürülebilirliği ve geri dönüştürülmüş içeriğe ilişkin bilgi ve veri alınması, ekotasarım kapsamında kaydedilen ilerlemenin izlenmesi, kapalı döngü uygulamalara yönelik yeni yaklaşımlar ile küçük işletmelere yönelik eğitim ve işbirliği olanaklarının geliştirilmesi hedeflemektedir.

Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, AB'nin 10 Mart 2020'de yayınlanan "Sanayi Stratejisi" ile iç içedir. Sanayi Stratejisi "sanayinin küresel alanda rekabet gücünü korurken daha yeşil, daha döngüsel ve daha dijital olması" ihtiyacına odaklanmıştır.

Yüksek karbonlu, enerji yoğun sektörleri yenileyip karbondan arındırmayı, akıllı ve sürdürülebilir bir ulaşım ağı geliştirmeyi planlamaktadır. Sıfır karbonlu çelik için çığır açan temiz teknolojilerin desteklenmesi planlanmaktadır.

Özetle, Yeni Eylem Planı; tasarım ve üretimden tüketim, onarım, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve kaynakları ekonomiye geri kazandırmaya kadar ürünlerin tüm yaşam döngüsü için girişimleri desteklemektedir.

Eylem Planı, AB'nin iklim tarafsızlığına yönelik yol haritası olan Avrupa Yeşil Mutabakatının merkezinde yer almaktadır. Toplam sera gazı emisyonlarının yarısı kaynakların çıkarılması ve işlenmesinden kaynaklanmaktadır. Tamamen döngüsel bir ekonomiye geçmeden 2050 yılına kadar iklim tarafsızlığı hedefine ulaşmak mümkün değildir.

Eylem Planının amacı, AB'nin tüketim ayak izini azaltmak ve önümüzdeki on yıl içinde AB'nin döngüsel malzeme kullanım oranını ikiye katlarken ekonomik büyümeyi arttırmaktır. Bu, paydaşlar ve iş dünyası ile tam işbirliği içinde yapılacaktır. Avrupa'da döngüsel ekonomi önlemlerinin uygulanmasıyla GSYİH'sinin 2030 yılına kadar % 0,5 oranında artırılması ve yaklaşık 700.000 yeni iş imkanı oluşturulması hedeflenmektedir.

3.1.10 Ürünler İçin Öngörülen Önlemler

Halihazırda, birçok ürün çok hızlı bir şekilde parçalanmakta, tekrar kullanılamamakta, tamir edilememekte veya geri dönüştürülememekte veya yalnızca bir kez kullanılabilmektedir. Bu doğrusal üretim ve tüketim modeli ("al-kullan-at") üreticilere daha sürdürülebilir ürünler üretmeye teşvik etmekte yetersiz kalmaktadır. Sürdürülebilir Ürün Politikası Çerçevesi, yeşil ürünleri norm (kural) haline getirecek eylemlerle bu durumu değiştirmeyi amaçlamaktadır. Kurallar ayrıca, ürün üreticilerini sürdürülebilirlik performanslarına göre ödüllendirmeyi ve yüksek performans seviyelerini "teşviklerle" ilişkilendirmeyi amaçlamaktadır.

Yeni bir Sürdürülebilir Ürün Politikası Çerçevesi üç ana yapı taşı içermektedir. Bunlar; ürün tasarımı, tüketicileri bilinçlendirme ve daha sürdürülebilir üretim süreçleri ile ilgili eylemlerdir.

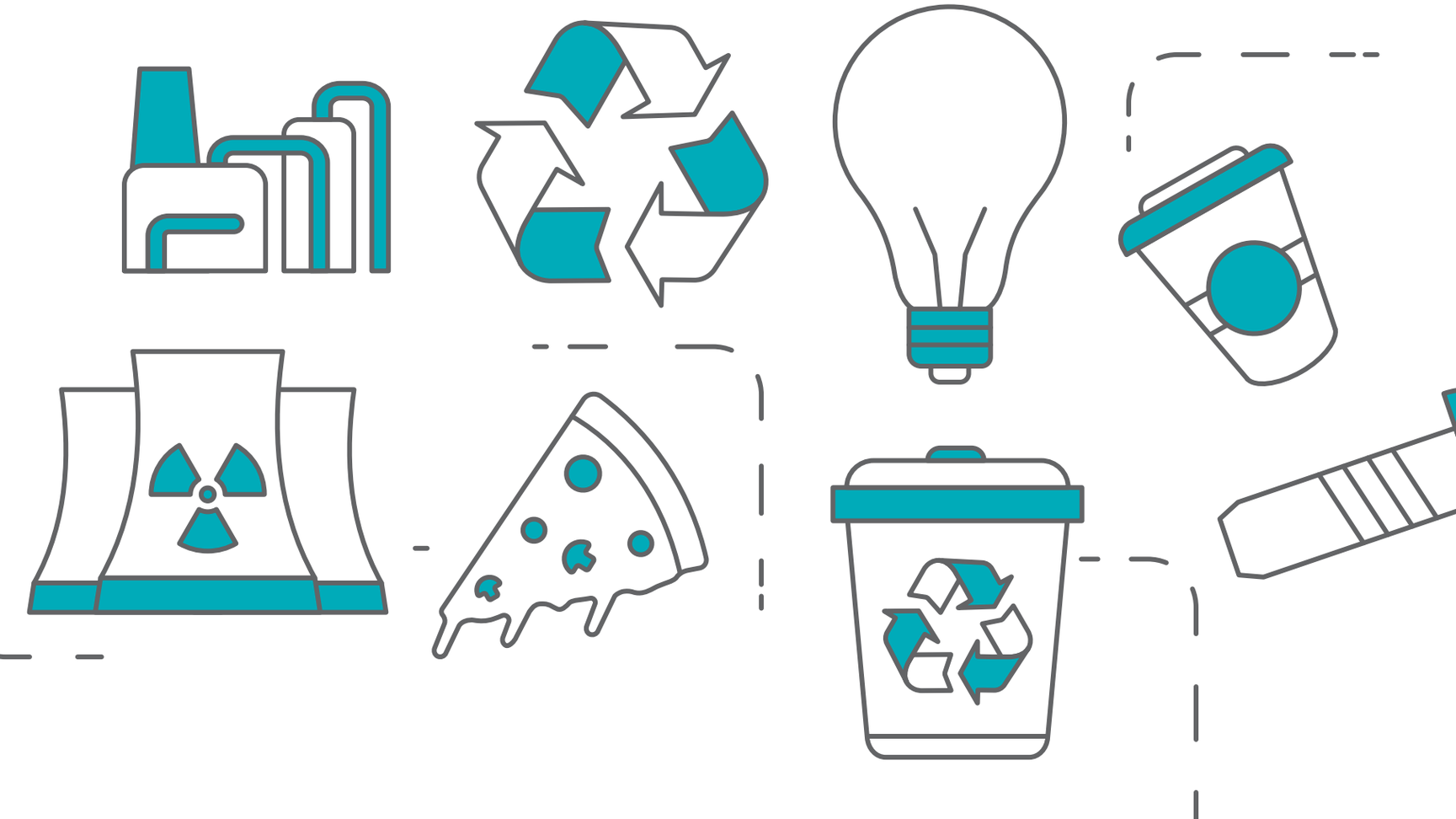
3.1.11 Atık Yönetimi Konusunda Öngörülen Önlemler

Atıkların ilk etapta üretilmesinin önlenmesi elzemdir. Atıkların meydana geldikten sonra, yüksek kaliteli hammaddelere/kaynaklara dönüştürülmesi gerekmektedir.

Komisyon, daha karmaşık atık türleri için atık azaltma hedefleri ortaya koyacak ve diğer eylemlerin yanı sıra "Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu" planları için yakın zamanda kabul edilen gereksinimlerin uygulanmasını geliştirecektir.

Komisyon, AB atık yönetmeliklerini revize etmeye devam edecektir. AB içinde geri dönüşümü veya yeniden kullanımı kolaylaştıran atıkların taşınımına ilişkin kurallar gözden geçirilecektir. Bu aynı zamanda varış ülkelerine, sorunlu atık türlerine ve işlemlerine odaklanarak üçüncü ülkelerde olumsuz çevresel ve sağlık etkilerine neden olan "atık ihracatını kısıtlamayı" amaçlayacaktır.

Komisyon ayrıca, atıkların ayrı toplanması ve etiketlenmesi için AB çapında uyumlu bir model olsa da vatandaşların atıklarını sınıflandırmalarına nasıl yol gösterileceğini değerlendirecektir.



3.1.12 Döngüsel Ekonomiye Geçişin Takibi ve İzlenmesi

2021'de Komisyon mevcut izleme çerçevesini eylem planıyla ilgili göstergeler doğrultusunda güncelleyecek ve döngüsellik, iklim tarafsızlığı ve sıfır kirlilik arasındaki bağlantıları bu izleme çerçevesine yansıtacaktır. Tüketim ve malzeme ayak izlerimiz de dahil olmak üzere kaynak kullanımına ilişkin göstergeler daha da geliştirilecektir.

AB Döngüsel Ekonomi Paketi 2035 yılı hedefler arasında;

- Belediye atıklarının % 65'inin geri dönüştürülmesi,
- Belediye atıklarının en fazla % 10'unun depolanması,
- 2030 yılı itibariyle Ambalaj atıklarının % 70'inin,
- Plastik ambalaj atıklarının % 55'inin
- Ahşap ambalaj atıklarının % 30'unun
- Demir esaslı metal ambalaj atıklarının % 80'inin
- Alüminyum ambalaj atıklarının % 60'ının
- Cam ambalaj atıklarının % 75'inin
- Kağıt / karton ambalaj atıklarının % 85'inin

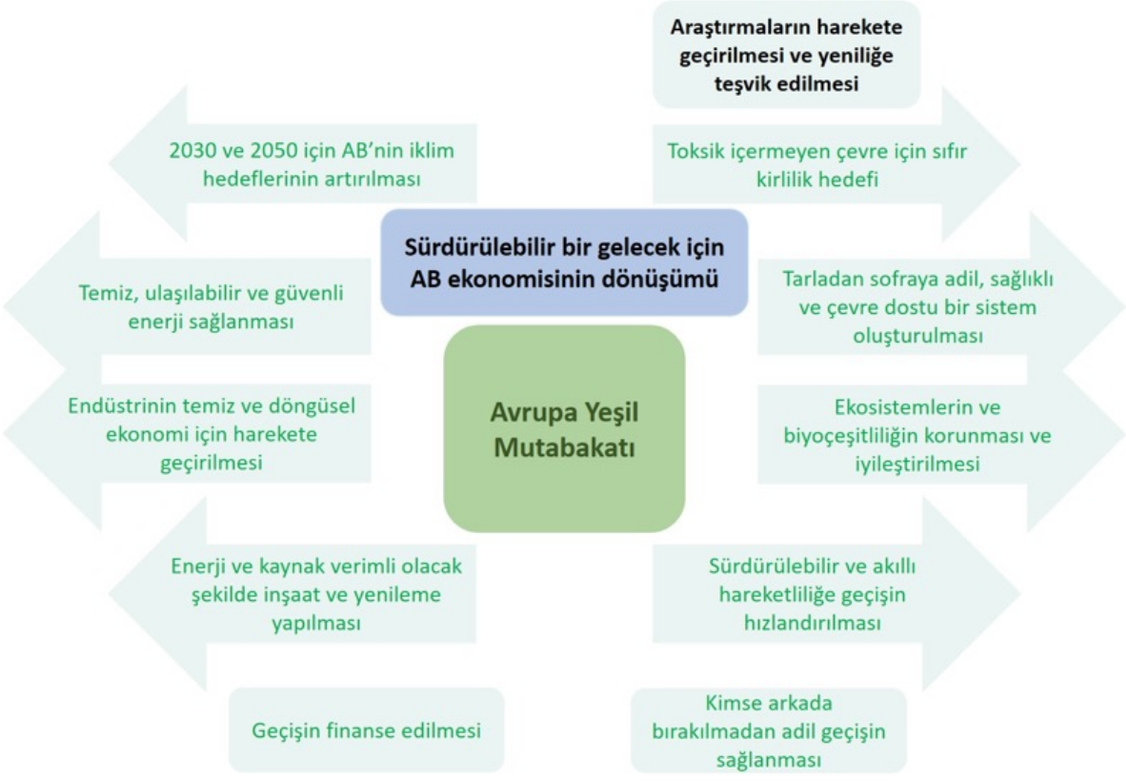
geri dönüştürülmesi yer almaktadır.

Avrupa Birliği, Döngüsel Ekonomi Paketi içerisinde;

- AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planı,
- Eylem Planına ek olarak, zaman çizelgesiyle birlikte 54 somut eylem ve bir izleme bölümü içeren geniş bir eylem planı;
- Atık yönetimi ve geri dönüşüme ilişkin temel atık sektörü Direktiflerini güncelleyen bir yasal teklif, yer almaktadır.

3.1.13 Yeşil Mutabakat

Avrupa Yeşil Mutabakatı AB'yi 2050 yılında net sera gazı emisyonlarının olmadığı, ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrıştırıldığı, kaynakları verimli kullanan ve rekabetçi bir ekonomiye sahip adil ve müreffeh bir topluma dönüştürmeyi amaçlayan yeni bir büyüme stratejisidir. Yeşil Mutabakat ile aynı zamanda AB'nin doğal sermayesinin korunması ve geliştirilmesi, vatandaşların sağlığının ve refahının çevre ile ilgili risk ve etkilerden korunması amaçlanmaktadır. Söz konusu hedeflere ulaşılmak üzere atılan adımların adil ve kapsayıcı olması gerektiği vurgulanmıştır. Politikaların uygulanması ve kabul edilmesi için vatandaşın katılımı ve güveni önem arz etmektedir. Bu sebeple insan odaklı bir yaklaşım geliştirilmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybı küresel bir sorun olduğundan, Avrupa Yeşil Mutabakatı hedeflerine ulaşılması Avrupa'nın tek başına harekete geçmesiyle mümkün görünmemektedir. Küresel ölçekte aksiyon alınması önem arz etmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakat'ın temel unsurları Şekil 2 ile verilmektedir (European Green Deal, 2019).



Şekil-2: *Avrupa yeşil mutabakatı (The European Green Deal, 2019).*

3.1.14 Sıfır Atık

Sıfır atığın temel amacı olan atık önleme, önlenemeyen kısmını azaltma prensibine dair AB mevzuatında düzenlemeler bulunmaktadır.

19/11/2008 tarihinde yayımlanan ve son revizyonu 05/07/2018 tarihinde yapılan AB Atık Çerçeve Direktifi de üye ülkelerin öncelikle atık üretimini ve atıkların tehlikelilik düzeyini azaltmayı teşvik edici önlemler almalarını zorunlu kılmaktadır. Bu kapsamda;

- 2030 yılına kadar perakende ve tüketici seviyelerinde kişi başına düşen küresel gıda israfının %50 azaltılması ve üretim ve tedarik zincirleri boyunca gıda kayıplarının azaltılması,
- Gıda bağışının teşvik edilmesi
- Sürdürülebilir üretim ve tüketim modellerinin teşvik edilmesi, ürünlerin yeniden kullanılabilir ve/veya onarılabilir şekilde tasarlanmasıyla kaynak tüketiminin önüne geçilmesi,
- Endüstriyel üretim ve kaynakların çıkarılması sürecinde en iyi tekniklerin kullanılması,
- İmalat, inşaat ve yıkım süreçlerinde atık oluşumunun azaltılması,
- Ürünlerdeki tehlikeli madde içeriğinin azaltılması

Atık oluşumunun önlenmesi ve atıkların çevreye atılmasının engellenmesi için farkındalık çalışmaları yapılması gerekmektedir.

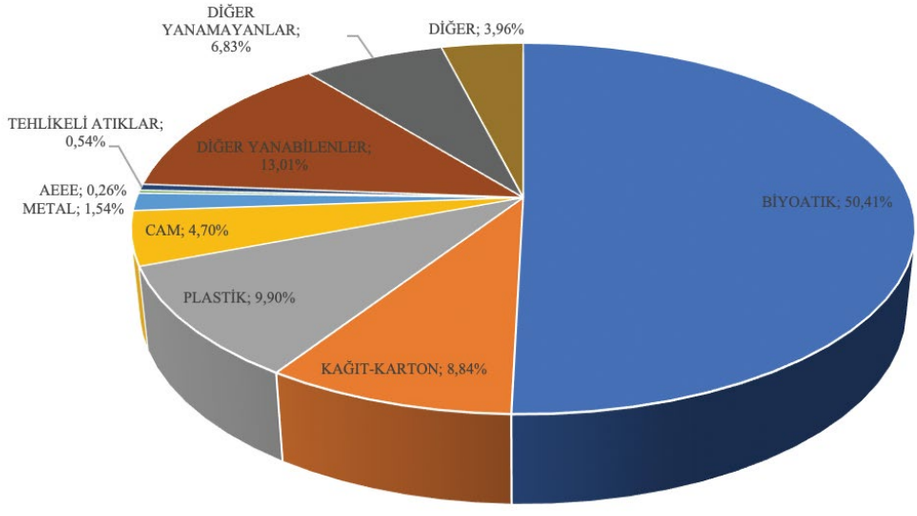
Ülkeler, kaynakların mümkün olduğunca uzun süre kullanımda tutulmasını, onlardan maksimum değer elde edilmesini, israfın en aza indirilmesini ve kaynak verimliliğinin artırılmasını sağlayacak daha döngüsel bir ekonomiye doğru ilerlemek durumundadırlar. Atık sahaları kaynaklı emisyonu yönetmenin de yenilikçi yolları aranmaktadır.

Üretilen atık miktarı, üretim süreçleri ve üretimde kullanılan teknolojinin kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Atık azaltımı çoğu kez üretim süreçlerinde küçük maliyetlerle gerçekleştirilen değişikliklerle sağlanabilmektedir. Bu yolla üretimde verimlilik artışı da sağlanmaktadır. Dolayısıyla üreticilerce imalat sürecinde ürün ve ambalajın yeniden projelendirilmesinden, sanayide daha az atık üreten teknolojilerin seçimine kadar çok sayıda yöntem ve teknikle atık önleme/azaltma hedefine ulaşılabilir.

3.2. Türkiye'de Yapılan Çalışmalar

2020 yılı TÜİK verilerine göre, Ülkemizde toplam 1389 belediyenin 1387'sinde atık hizmeti verildiği ve atık hizmeti verilen belediyelerde 32,3 milyon ton atığın toplandığı belirlenmiştir. Belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,13 kg olarak hesaplanmıştır. TÜİK 2020 yılı atık verilerine imalat sanayi işyerleri, maden işletmeleri, termik santraller, organize sanayi bölgeleri (OSB), sağlık kuruluşları ve hane halklarında oluşan atık miktarlarını dahil etmiş ve 2020 yılında 30,9 milyon tonu tehlikeli olmak üzere toplam 104,8 milyon ton atık oluştuğunu belirtmiştir.

Atık yönetim sisteminin planlanması ve uygulanması açısından atık kompozisyonunun bilinmesi önem arz etmektedir. Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı kapsamında çeşitli dönemlerde il bazlı yapılmış atık karakterizasyon çalışmaları bölgesel olarak değerlendirilmiş ve her bir bölge için belediye atığı karakterizasyon verileri oluşturulmuştur. Şekil 3'te verilen atık karakterizasyonu verilerine göre biyoatık (mutfak ve park bahçe atıkları) %50,41 oranındadır.



Şekil-3: *Atık karakterizasyonu (UAYP)*

Atık önleme ve atık azaltımı, başta Çevre Kanunu olmak üzere atık yönetimine ilişkin tüm düzenlemelerde birincil öncelik olarak belirlenmiştir. Ülkemizde sıfır atık yönetim sistemine geçilmesine dair usul ve esasların belirlenmesi amacıyla 12/07/2019 tarihinde Sıfır Atık Yönetmeliği yayımlanmıştır. Yönetmelikte sıfır atık yönetim sistemine dair belirlenen usul esasların yanı sıra sıfır atık yönetim sistemine geçişlerinin tamamlanması için tüm kurum ve kuruluşlara dair verilen süreler yer almaktadır. Yönetmelik kapsamındaki başlıca konular;

- Atığın oluşmadan kaynağında önlenmesi,
- Önlenemeyen kısmının geri kazanılması ve/veya geri dönüştürülmesi,
- En az ikili toplama olmak üzere ayrı toplama sisteminin kurulması,
- Nitelikli belge alınabilmesi için bertarafa giden atık miktarının en az %15 oranında azaltılması,
- Biyobozunur atıkların ayrı toplanması ve geri kazanılması,
- Verilerin kayıt altına alınması,
- Farkındalık çalışmalarının yapılması,
- Satış noktalarının depozito iade sistemine katılmasıdır.

Önleme ve azaltma faaliyetlerinde uygulanması gerekenler

- Tüketimin azaltılması
- Tekrar kullanılan, yenilenebilen veya geri dönüşebilen ürünlerin üretimini teşvik edilmesi,
- Sürdürülebilir ürünlerin teşvik edilmesi,
- Geri dönüşümün arttırılması,
- Üretim aşamasında daha az atık üretilen yöntemlerin kullanılması,
- Daha az atık oluşturacak ürünlerin tercih edilmesidir.

Sıfır Atık Projesi kapsamında “Sıfır Atık Yönetim Sisteminin” kurulmasına ilişkin genel ilkelerin ve uygulama esaslarının belirlenmesini sağlayarak sıfır atık yaklaşımının ülke genelinde benimsenmesi, uygulanması ve yaygınlaştırılması amacıyla hazırlanan Sıfır Atık Yönetmeliği çerçevesinde Sıfır Atık Yönetim Sistemini kuran mahalli idarelere 12 Ocak 2020 itibariyle “Sıfır Atık Belgesi” verilmeye başlanmıştır.

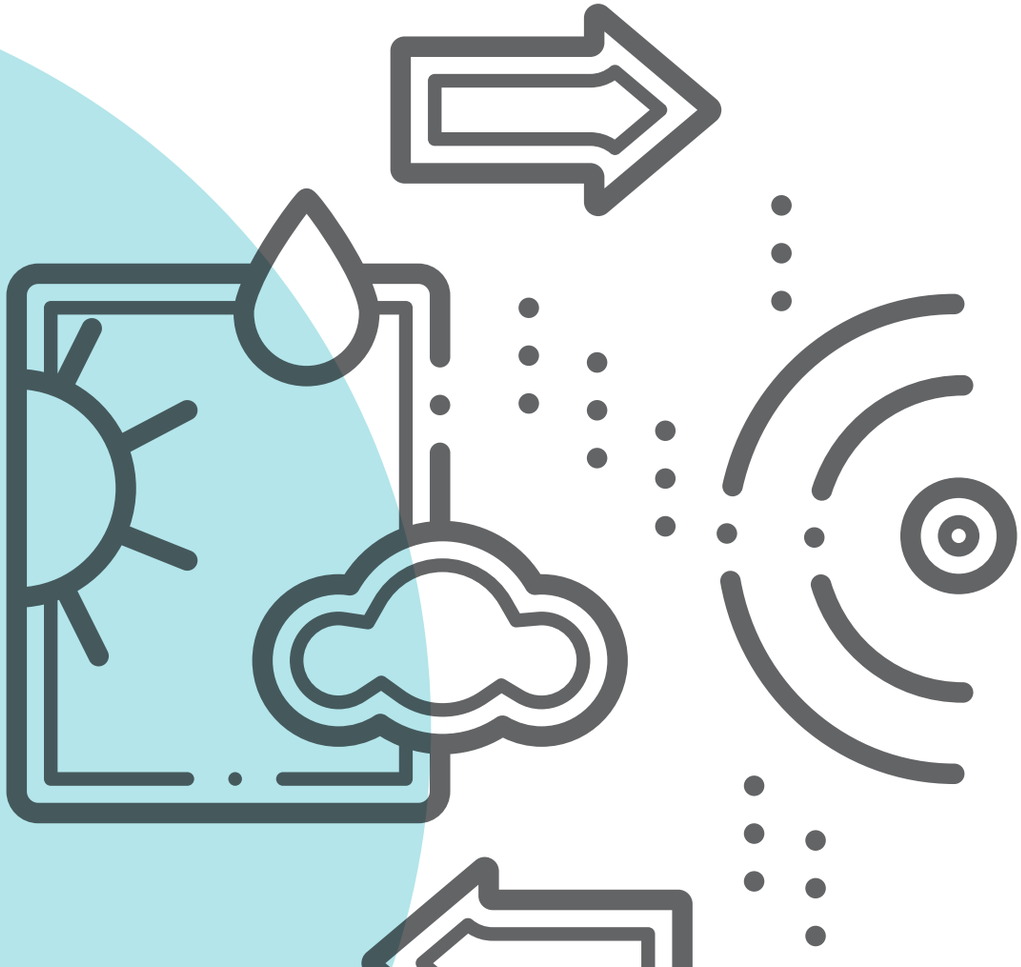
Sıfır atık projesi bütün kesimler tarafından benimsenmiş uygulamalar başlatılmıştır. Uygulamanın başladığı Haziran 2017 tarihinden 2021 e kadar geçen süreçte Cumhurbaşkanlığı Külliyesi, TBMM ve 81 İldeki Çevre ve Şehircilik İl Müdürlükleri başta olmak üzere Türkiye genelinde 130.000 kurum/kuruluş binasında sıfır atık yönetim sistemi uygulanmasına başlanmıştır. 2021 itibariyle belge düzenlenen bina ve yerleşke sayısı 75.000 e ulaşmıştır. Uygulamanın başladığı 2017 tarihinden itibaren ise 16,5 milyon ton kağıt-karton, 4,1 milyon ton plastik, 1,7 milyon ton cam, 0,4 milyon ton metal ve 1,5 milyon ton organik ve diğer geri dönüştürülebilir atıklar olmak üzere toplamda yaklaşık 24,2 milyon ton geri kazanılabilir atık Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığından lisans almış işletmelerce işlenerek ekonomiye kazandırılmıştır. Ülkemizde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerine göre atıkların %22,4’ü geri kazanılmakta olup 2023 yılında %35 geri kazanım hedeflenmektedir.

2018 yılında veri girişinde bulunmak, envanter oluşturmak, yürütülen çalışmaları izlemek, raporlama yapmak, sıfır atık belge sürecini yürütmek amacıyla Sıfır Atık Bilgi Sistemi oluşturulmuştur. Sıfır Atık Bilgi Sisteminin kullanıcıları mahalli idareler, kamu kurumları, eğitim kurumları, sağlık kuruluşları, turizm tesisleri, limanlar, terminaller, havaalanları, akaryakıt istasyonları, zincir marketler, iş merkezleri ve sanayicilerdir. Sıfır Atık Bilgi Sistemine kayıtlı kullanıcı sayısı 140.000 e ulaşmıştır (ÇŞİDB, 2022).

Çevre kirliliğini önlemek ve yeşil alanların korunmasını, iyileştirilmesini ve geliştirilmesini sağlamak ile ulusal ölçekte depozito yönetim sistemi kurulmasına, işletilmesine, izlenmesine ve denetimine yönelik faaliyetlerde bulunmak üzere 24/12/2020 tarihli ve 7261 sayılı Türkiye Çevre Ajansının Kurulması ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile Türkiye Çevre Ajansı kurulmuştur. Türkiye Çevre Ajansı, kuruluş amacı doğrultusunda; depozito yönetim sistemi altyapısının oluşturulmasına, uygulanmasına ve izlenmesine yönelik faaliyetler, geri kazanım ve üretici sorumluluğu ile genel depozito yönetim sistemi uygulamalarına dair yükümlülükleri, idari düzenlemeleri ve tedbirleri belirleyerek altyapının oluşturulmasına, uygulanmasına ve izlenmesine yönelik faaliyetler, sıfır atık yönetim sistemlerinin kurulmasına, yaygınlaştırılmasına,

geliştirilmesine, izlenmesine ve kayıt altına alınarak belgelendirilmesine ilişkin faaliyetler, genişletilmiş üretici sorumluluğu kapsamında yer alan ürünlere ve bu ürünleri üreten, ithal eden ve piyasaya sürenlerin yükümlülüklerine yönelik kayıt, envanter, izleme, kontrol, değerlendirme ve raporlama faaliyetler ile çevrenin iyileştirilmesine ilişkin faaliyetlerde bulunmakla görevlidir.

Depozito yönetim sistemi uygulamasının Birleşmiş Milletlerin (BM) belirlediği 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının 6 tanesine doğrudan katkı sağlayarak Türkiye'nin küresel sürdürülebilir kalkınma eylemine katılımını destekler nitelikte olacaktır. Depozito yönetim sistemi uygulaması ile içecek ambalajları özelinde kurulacak sistem BM'nin amaçlarına ülkemizde daha kalıcı ve görünür bir şekilde ulaşılabilmesini sağlayacaktır. Bu kapsamda, depozito yönetim sisteminin katkı sağlayabileceği 6 amaç; İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme (Amaç 8), Sanayi ve Yenilikçilik ve Altyapı (Amaç 9), Sorumlu Üretim ve Tüketim (Amaç 12), İklim Eylemi (Amaç 13), Sudaki Yaşam (Amaç 14) ve Karasal Yaşam (Amaç 15) olarak sıralanabilmektedir. Bu çevreci ve sürdürülebilir yaklaşım düşük işgücü maliyeti ve temiz hammadde temini imkânlarıyla da desteklendiğinde Türkiye'yi yerli ve yabancı yatırımcıların ilgi odağı haline getirecektir.



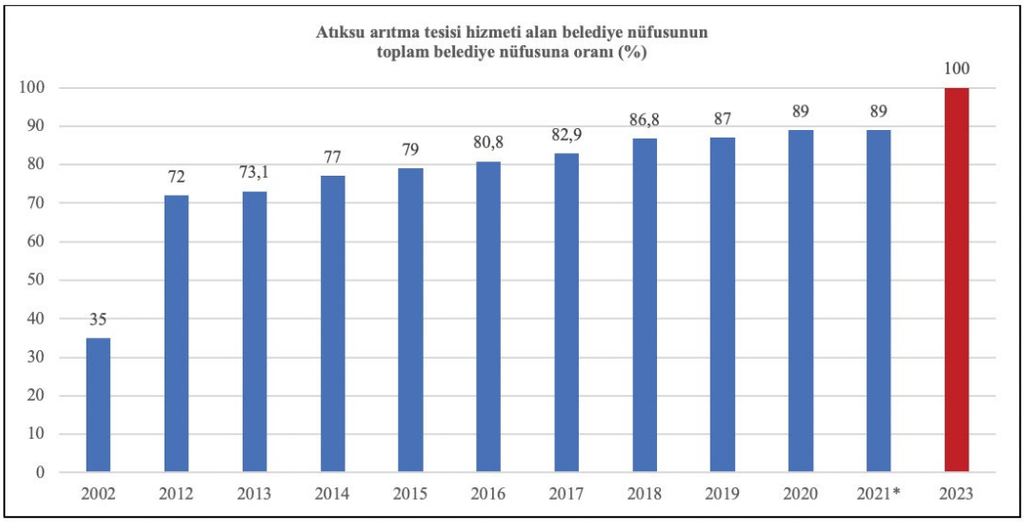
Depozito sistemi kapsamına dâhil edilip geri toplanacak ambalajlar, geri dönüşüm tesislerinde yeni plastik, cam ya da metal malzemelerin üretiminde hammadde yerine kullanılarak doğal kaynak tasarrufuna imkân sağlayacaktır. Plastik, cam ve metal malzeme üretiminde, sıfır hammadde kullanılarak yapılan üretimle, geri dönüştürülmüş malzeme kullanılarak yapılan üretim arasında sera gazı emisyonları açısından fark oluşmaktadır ve geri dönüştürülmüş malzeme ile yapılan üretimde sera gazı emisyonu daha düşüktür. Saf hammadde üretimi sırasında özellikle plastik malzemelerin üretiminde fosil bazlı maden ve malzemeler kullanılmakta ve bu malzemelerin çıkarımı ve işlenmesi sürecinde sera gazı emisyonları ortaya çıkmaktadır. Ancak kullanılmış geri dönüştürülebilir malzemelerin temiz bir şekilde toplanması ve temiz hammadde yerine kullanımı durumunda bu emisyonlar oldukça azalmaktadır. Bu azalan emisyonlar sonucunda kontrolü, giderimi ve dolaylı etkisinden dolayı ortaya çıkan maliyet de azalmaktadır. Diğer yandan, bu sistem düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilecek olan pek çok ambalajın ayrı toplanması ve yeni malzeme üretiminde kullanılmasına olanak tanımakta olup ambalaj malzemesinin düzenli depolamaya gitmemesinden kaynaklanacak ayrıca bir emisyon azaltımı da söz konusu olacaktır.

Depozito yönetim sistemine geçiş ile ilk etapta ülkemizde piyasaya sürülen yaklaşık 20 milyar adet içecek ambalajının temiz bir şekilde toplanıp, üst kalitede hammadde üretmek amacıyla geri dönüşüme gönderilmesi için gerekli altyapı kurulmuş olacaktır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yürütülen ve 2018 yılında tamamlanan TUDİS projesi ile Depozito İade Sistemi'nin kurgusu oluşturulmuş, bu kurguya dahil edilecek ambalajlar belirlenmiş, kurgunun idari, teknik ve mali ihtiyaçları belirlenerek bunlara dair fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Sadece içecek ambalajlarının bir kısmının dâhil edilmesiyle 20 yıllık uygulama sonucunda oluşacak çevresel ve ekonomik faydalar da hesaplanmıştır.

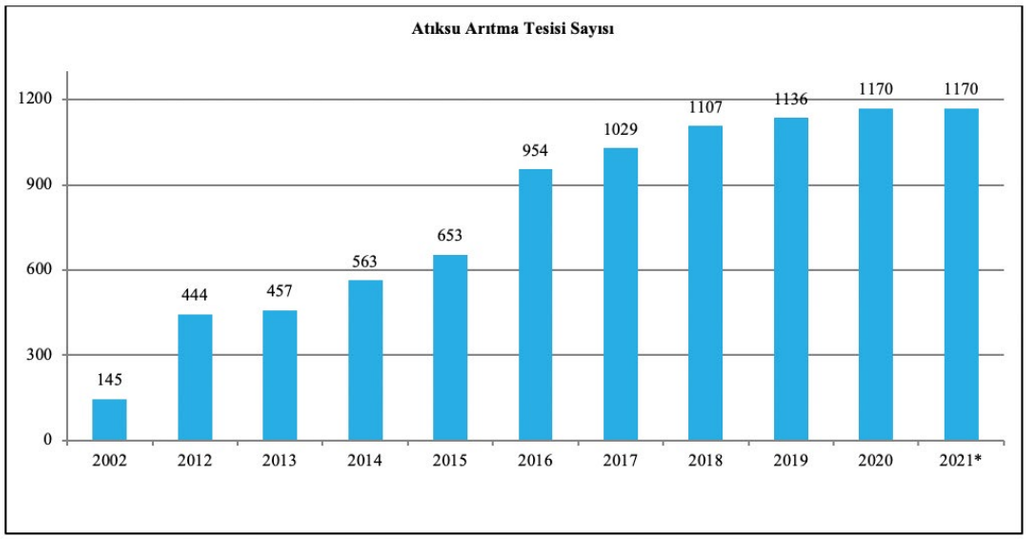
Ülkemizde hayata geçirilecek olan Depozito Yönetim Sistemi ile birlikte, plastik pet şişe üretiminde %80, alüminyum kutu üretiminde %70, cam şişe üretiminde de %30 enerji tasarrufu sağlanarak yaklaşık 1,25 Milyar varil petrol kullanımı ile 21.000 ton sera gazı salımı önlenmiş olacaktır (TÜÇA,2022).

Ülkemizde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından verilen maddi ve teknik destekler sonucunda, son yıllarda atıksu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye sayısında ve bu hizmetin verildiği nüfusta önemli artış olmuştur. 2002 yılında 145 atıksu arıtma tesisi ile belediye nüfusunun %35'ine atıksu arıtma hizmeti verilirken

yapılan çalışmalarla 2021 yılı Temmuz ayı itibarıyla 1.170 atıksu arıtma tesisi ile bu oran %89'a ulaşmıştır. 2023 yılına kadar %100'e ulaşması hedeflenmektedir.



Şekil-4: *Atıksu arıtma tesisi hizmeti alan belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı (ÇŞİDB,2021)*



Şekil-5: *Atıksu arıtma tesis sayısı (ÇŞİDB,2021)*

Sera gazı envanteri sonuçlarına göre, 2020 yılı toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre %3,1 artarak 523,9 milyon ton (Mt) CO_2 eşdeğeri (eşd.) olarak hesaplanmıştır. Kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 ton CO_2 eşd., 2019 yılında 6,2 ton CO_2 eşd. ve 2020 yılında 6,3 ton CO_2 eşd. olarak hesaplanmıştır.

Toplam sera gazı emisyonlarında 2019 yılında CO_2 eşd. olarak en büyük payı %72 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla %13,4 ile tarım, %11,2 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %3,4 ile atık sektörü takip etmiştir. Şekil 6 ve tablo 3'de toplam ve kişi başı sera gazı emisyon miktarı ile sektörlere göre sera gazı emisyon miktarının yıllara göre değişimi görülmektedir.

Toplam sera gazı emisyonlarında 2020 yılında CO_2 eşd. olarak en büyük payı %70,2 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla %14 ile tarım, %12,7 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı ve %3,1 ile atık sektörü takip etmiştir.

Şekil-6: *Toplam ve kişi başı sera gazı emisyon miktarı (TUİK, 2020)*

Toplam CO_2 emisyonlarının 2020 yılında %31,6'sı elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %85,4'ü enerji sektöründen, %14,2'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen, %0,4'ü ise tarım ve atık sektörlerinden kaynaklanmıştır.

Tablo 3. Sektörlere göre sera gazı emisyon miktarı (TUİK, 2020)

Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2020

(Milyon ton CO_2 eşd.)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	1990-2020 değişim (%)	2019-2020 değişim (%)
Toplam emisyon	**219,7**	**299,0**	**398,7**	**474,5**	**500,8**	**528,3**	**524,0**	**508,1**	**523,9**	**138,4**	**3,1**
Enerji	139,6	216,0	287,8	342,0	361,7	382,4	374,1	365,4	367,6	163,3	0,6
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	23,0	26,3	49,0	59,2	63,5	66,4	68,0	58,6	66,8	190,5	14,0
Tarım	46,1	42,3	44,4	56,1	58,9	63,3	65,3	68,0	73,2	58,8	7,5
Atık	11,1	14,3	17,4	17,1	16,7	16,3	16,6	16,1	16,4	48,0	2,1

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

CH_4 emisyonlarının %61'i tarım, %22,1'i atık, %16,9'u enerji ve %0,02'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen; N_2O emisyonlarının ise %80,3'ü tarım, %9,1'i enerji, %5,6'sı atık ve %5'i de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklanmıştır.

Metan kullanımı biyobozunur atık işlenmesinden üretilebildiği ve elektrik üretimi, ısı ve ulaşım gibi tüm enerji sektörlerinde kullanılabildiği için çok yönlü bir biyoenerji biçimi ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyogaz üretmenin bir yoludur.

Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi YEKDEM tarafından desteklenmektedir. Hem depo gazı üretilen depolama tesisleri hem de biyometanizasyon tesisleri, ilk 10 yıl için belirlenen tarife garantilerini almaya uygun tesislerdir. YEKDEM tarafından desteklenen, bu tesislerin sayısı hızla artmaktadır. Bu tesislerdeki metan kullanımı sera gazı azaltımına ve yenilenebilir enerji üretimine katkıda bulunmaktadır. Depo gazından enerji elde edilmesi daha az maliyetli ve işletmesi daha kolay bir sistem olup biyometanizasyon sistemini tasarlamak ve işletmek için daha kapsamlı ve teknik yeterliğe sahip insan kaynağı gerekmektedir. Ayrıca, biyometanizasyon tesislerinin yatırım ve işletme maliyeti daha yüksektir. Fakat nihayetinde biyobozunur atıklardan kaynaklanan metanın yönetimi sağlanmakta ve ürün üretiminin yanında enerji üretiminde de daha fazla potansiyele sahip olduğu için daha verimlidir. Ayrıca bu projeler teknoloji transferi ve işbirliği yoluyla sosyo-ekonomik kalkınma için fırsatlar da yaratmaktadırlar.

2021 yılı YEKDEM verilerine göre 55 ilde bulunan 85 enerji üretim tesisinde (depo gazı + biyogaz) lisansa derç edilen yıllık üretim miktarı toplam 4.124. MWh'tir. Ankara, Adana, Antalya ve Eskişehir illerinde biyometanizasyon tesisinden üretilen gaz, depo sahalarından çekilen depo gazı ile yakılarak elektrik üretilmektedir. Tesislere dair veriler tablo 4 ile verilmektedir.

Tablo 4. 2021 YEKDEM çöp gazı ve biyogaz enerji üretim tesisleri veri tablosu (YEKDEM, 2021)

Sıra No	İl	İşletmedeki ünite sayısı (Adet)	Kurulu Gücü (MWe)	Lisansa derç edilen yıllık üretim miktarı (MWh)
1	Adana	11	15,57	108.955
2	Afyonkarahisar	1	1,56	54.600
3	Ağrı	1	1,41	21.180
4	Aksaray	1	1,42	9.905
5	Amasya	2	1,84	12.859
6	Ankara(4)	36	58,96	501.837
7	Antalya(3)	25	34,70	296.655
8	Balıkesir	6	8,48	98.980
9	Batman	2	3,12	43.680
10	Bayburt	1	1,56	10.920
11	Bilecik	2	1,60	11.200
12	Bingöl	1	1,42	9.905
13	Bitlis	1	1,41	9.891
14	Bolu	1	1,13	8.143
15	Burdur	1	1,51	10.557
16	Bursa(2)	9	12,20	102.648
17	Çanakkale	1	1,20	25.200
18	Çankırı	1	1,56	10.920
19	Çorum	2	2,76	20.700
20	Denizli(3)	4	4,70	73.468
21	Düzce	2	2,82	41.118
22	Edirne(2)	2	2,80	19.920
23	Elazığ	2	2,21	15.456
24	Erzincan	1	1,56	10.920

25	Erzurum	2	2,40	16.800
26	Gaziantep	5	5,66	48.859
27	Hatay(2)	8	11,30	53.411
28	Iğdır	1	1,20	8.400
29	Isparta	2	2,83	19.740
30	İstanbul(3)	27	38,20	724.021
31	İzmir(2)	19	27,70	347.116
32	Kahramanmaraş	4	4,80	33.600
33	Kastamonu	1	1,56	10.920
34	Kayseri	4	5,78	35.000
35	Kırıkkale(2)	2	2,20	23.579
36	Kocaeli(3)	8	9,00	63.078
37	Konya(5)	12	17,50	191.829
38	Malatya(3)	4	10,40	72.800
39	Manisa	1	1,20	135.405
40	Mardin	1	1,56	65.684
41	Muğla(5)	8	10,65	84.420
42	Nevşehir	1	2,00	15.000
43	Niğde	2	2,40	16.765
44	Osmaniye	2	3,12	21.840
45	Sakarya(2)	6	9,40	102.960
46	Samsun(2)	8	9,80	66.724
47	Siirt	1	0,90	10.598
48	Sivas	2	2,83	19.782
49	Şanlıurfa	4	6,24	43.680
50	Tekirdağ(2)	4	5,09	165.494
51	Trabzon	3	4,24	29.673
52	Uşak	2	2,40	42.000
53	Van	3	4,24	89.082
54	Yozgat	1	1,42	9.905
55	Zonguldak	2	2,40	26.670
Toplam		266	378	4.124.452

( ) İçerisinde ildeki toplam tesis sayısı verilmiştir.

Ulusal Politika, Strateji, Eylemler

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yetki ve sorumlulukları; çevrenin korunması, iyileştirilmesi ile çevre kirliliğinin önlenmesine yönelik prensip ve politikalar tespit etmek, standart ve ölçütler geliştirmek, programlar hazırlamak; bu çerçevede eğitim, araştırma, projelendirme, eylem planları ve kirlilik haritalarını oluşturmak, bunların uygulama esaslarını tespit etmek ve izlemek, iklim değişikliği ile ilgili iş ve işlemleri yürütmektir.

Bu kapsamda atık yönetimi faaliyetlerine yönelik olarak atıkların kaynağında en aza indirilmesi, sınıflara ayrılması, toplanması, taşınması, geçici depolanması, geri kazanılması, bertaraf edilmesi, yeniden kullanılması, arıtılması, enerjiye dönüştürülmesi ve nihai depolanması konularında politika ve strateji belirleme ve mevzuat oluşturma, ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği içinde atıkların taşınması ile tehlikeli atıkların taşınma lisanslarına ilişkin esasları belirleme, uygulanmasını sağlama, izlemek, atık ve kimyasallarla kirlenmiş alanların mevcut kirlilik durumlarını tespit etme, çevre ve insan sağlığına yönelik risklere ve kirlenmiş alanların iyileştirilmesine ilişkin çalışmaları yapma görevleri gerçekleştirilmektedir.

Başta Çevre Kanunu olmak üzere tüm yasal düzenlemelerde atık yönetim hiyerarşisi esas alınmıştır. Mülga Kalkınma Bakanlığı tarafından yayınlanan ve 2019-2023 yıllarını kapsayan On Birinci Kalkınma Planında çevrenin korunmasına yönelik politikalar belirtilmiştir. Ayrıca, Orta Vadeli Program (2022-2024) çerçevesinde Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında reel ekonominin sıfır karbon ekonomisine dönüşüm sürecinde finans sektörünün ve bankacılığın önemli bir rolü olacağı öngörülmektedir (SBB, 2021).

Sürdürülebilir bir çevre yönetim sisteminin kurulması, kaynak tüketiminin azalması, çevrenin korunması ve atıkların yönetimi için gerekli yatırımların yapılması, atık oluşumunun önlenmesi, geri dönüşümün yaygınlaştırılması için birçok plan hazırlanmıştır. Bu planlar hazırlanırken küresel ölçekteki gelişmeler de takip edilmiştir. Bu kapsamda hazırlanmış olan planlar aşağıda listelenmektedir:

- Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlaması (EHCIP)(2005)
- Ulusal Çevre Entegre Uyum Stratejisi (2007)
- Katı Atık Ana Planı (KAAP)(2006)

- Atık Yönetimi Eylem Planı (2008)
- Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (2010 – 2023)
- Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (2011 – 2023)
- Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2013)
- Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı (2016-2023)
- Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)
- Atıksu Arıtımı Eylem Planı (2017-2023)
- On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023)
- Ekonomi Reformları (2021)
- Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021)
- Orta Vadeli Program (2022-2024).

"Sıfır Atık", israfın önlenmesini, kaynakların daha verimli kullanılmasını, oluşan atığın miktarının azaltılmasını, etkin toplama sisteminin kurulmasını, atıkların geri dönüştürülmesini kapsayan atık önleme yaklaşımı olarak tanımlanan bir hedeftir. Atıkların geri dönüşüm ve geri kazanım süreci içinde değerlendirilmeden bertarafı hem maddesel hem de enerji olarak ciddi kaynak kayıpları yaşanmasına neden olmaktadır. Atık önleme, atıkların miktarının ve tehlikelilik düzeyinin azaltılmasını içerir. Atıkların oluşumunun önlenmesi hem enerji kaynaklarının hem de hammadde kaynaklarının israfının önüne geçilmesinde en etkili yol olup, çevrenin korunmasında ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımında temel bir faktördür. Bu nedenle atık önleme ve atık azaltımı, başta Çevre Kanunu olmak üzere atık yönetimine ilişkin tüm düzenlemelerde birincil öncelik olarak belirlenmiştir.

Atık yönetimine dair öncelik sırasının belirlenmesinde, atıkların değerli bir hammadde/kaynak olarak görülmesinde, çevreyi en uygun olan yöntemden en az uygun olana doğru koruyan süreçlerin değerlendirilmesinde atık yönetimi hiyerarşisi araç olarak kullanılmaktadır.

İsrafı azaltmak, kaynakları korumak ve yönetmek için piramit şeklinde bir şematik oluşturarak seçilecek eylemlerde bir tercih sıralaması göstermektedir. İdeal atık yönetimi hiyerarşisine göre atıkların oluştuğu yerde önlenmesi ve azaltılması, oluşumunun önlenemediği durumda yeniden kullanımı atık yönetimi hiyerarşisinin öncelikli basamaklarıdır. Yeniden kullanım imkânı olmayan atıkların ise ekonomiye kazandırılması amacıyla geri dönüştürülmesi, maddesel geri kazanımının sağlanması veya enerji olarak geri kazanılması gereklidir. Ancak uygun bir geri kazanım yöntemi olmaması veya bulunmaması halinde atıkların nihai bertarafı tercih edilmelidir. Dolayısıyla, kaynağında önleme ve azaltma, yeniden kullanma, en yakın ve en uygun tesiste atığın işlenmesi yoluyla geri kazanımı ile atık yönetimi hiyerarşisinin etkin bir şekilde uygulanması çevre kirliliğinin minimize edilmesini sağlamaktadır. Atık yönetimi hiyerarşisine dair Şekil 7 ile verilmektedir.

Şekil 7 *Atık yönetimi hiyerarşisi*

Atık önleme; ürün tasarım aşamasında başlayan bir süreç olup; üretimden, işletmeye ve atık aşamasına kadar olan eko-tasarım, tamir edilebilirlik, bir üst seviyeye yükseltebilme, tekrar kullanabilme, kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilir olması kriterlerinin dikkate alınarak çevre ayak izinin en aza indirgenmesi faaliyetlerini kapsar.

Atıkların geri kazanım faaliyetleri; maddesel, enerji ve diğer farklı şekillerde atığın ekonomiye geri kazandırılması faaliyetlerini kapsarken, maddesel geri kazanım literatürde aynı zamanda geri dönüşüm olarak ifade edilmektedir. Bu bağlamda, cam, plastik, metal ve kâğıt/kartonun ikincil ham madde olarak maddesel geri kazanımı geri dönüşüm faaliyetleri içerisinde yer alırken; ikincil ham maddenin işlenmesi ile elyaf, keçe, yalıtım malzemesi vb. yarı mamul veya mamul üretimi ileri geri dönüşüm olarak tanımlanmaktadır. Biyobozunur atıklardan kompost, organomineral üretimi; yanabilir atıkların yakma, piroliz, gazlaştırma vb. termokimyasal işlemlerle enerjiye dönüştürülmesi de diğer geri kazanım faaliyetleri içerisinde yer almaktadır.

Atık geri kazanım faaliyetlerinin; ekolojik olarak ülkemizin toprak, su ve hava kalitesinin sürdürülebilirliğine, döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde cari açığın azaltılmasına, sosyal etki itibariyle istihdam oluşturmasına, maddesel ve enerji geri kazanımında ikincil ham madde, alternatif yakıt, ileri dönüşüm ve inovasyon ile uç ürünlerin eldesine doğrudan katkıları bulunmaktadır.

Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı (UAYP) (2016-2023) Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından hazırlanmış olup bu plan ile atık yönetimi alanında iyileştirilmesi veya geliştirilmesi gereken hususlar ortaya konulmuştur. Sıfır atık yönetim sisteminin kurulması, uygulanması ve yaygınlaştırılması ile planın revize edilmesi çalışmaları başlatılmış olup Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı'nın (2016-2023) revize edilmesi ve Ulusal Atık Yönetim Planı (2023-2035) Hazırlanması çalışması yürütülmektedir.

UAYP'de, mevcut durum verilerinin ele alınarak atık yönetimi alanında iyileştirilmesi veya geliştirilmesi gereken hususların belirlenmesi, 2035 yılı planı için gerekli olan nüfus ve atık projeksiyonlarının yapılarak dönemsel atık yönetim modellerinin ortaya konulması hedeflenmektedir. Plan kapsamında, 81 ilde atık yönetimi mevcut durumu analiz edilerek, atıkların türlerine göre incelenmesi, kaynağından ayrı toplanması, geri dönüştürülmesi, farklı yöntemlerle geri kazanılması ve bertaraf yöntemlerinin ortaya konulması aynı zamanda, doğal kaynakların hızlı tüketiminin önüne geçilmesi amacıyla geri dönüşüm ve geri kazanım ile atıkların ekonomiye yeniden kazandırılmasının sağlanması için ülke genelinde "sürdürülebilir atık yönetim stratejilerinin" belirlenmesi amaçlanmıştır. "Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı" ülkemizde atık yönetimine ilişkin mevcut durumu, yönetim sisteminde iyileştirilmesi veya geliştirilmesi gereken hususları, atık projeksiyonlarını, 2035 yılına kadar yapılması planlanan dönemsel atık yönetim faaliyetlerini ve atık yönetimine yönelik yatırımları içerecektir.

11.12.2019 tarihinde AB Avrupa Yeşil Mutabakatı ile ekonomisinin dönüşümünü sağlayacak yeni bir büyüme stratejisini benimseyeceğini açıklamış ve takip eden süreçte uluslararası ekonominin önde gelen diğer aktörlerinin de ekonomilerinin yeşil dönüşümüne yönelik hedeflerini belirlediği görülmüştür. Avrupa Yeşil Mutabakatı ile AB politikalarında öngörülen değişiklikler, uluslararası ticaret ve ekonomide meydana gelen dönüşüm ile 2023 ve kalkınma hedefleri doğrultusunda ülkemizin sürdürülebilir kaynak etkin ve yeşil bir ekonomiye geçişine katkı sağlamasını teminen Ticaret Bakanlığı tarafından, kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşların ile işbirliği içerisinde "Yeşil Mutabakat Eylem Planı" hazırlanmıştır. Ülkemizin, uluslararası ticaret düzeninde son yıllarda ivme kazanan iklim değişikliği ile mücadele politikalarına adaptasyonunu sağlamayı hedefleyen ve ihracatta rekabetçiliği güçlendirecek bir yol haritası niteliğinde olan "Yeşil Mutabakat Eylem Planı" Cumhurbaşkanlığı 2021/15 sayılı Genelgesi 16.07.2021 tarihli ve 31543 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Türkiye'nin sürdürülebilir ve kaynak etkin bir ekonomiye geçişine katkı sağlanmasını ve Türkiye'nin başta Avrupa Yeşil Mutabakatı ile öngörülen kapsamlı değişikliklere, Türkiye-AB Gümrük Birliği kapsamında sağlanan bütünleşmeyi koruyacak ve daha da ileriye taşıyacak şekilde uyum sağlamasını teminen, Eylem Planında, (1) sınırda karbon düzenlemeleri, (2) yeşil ve döngüsel bir ekonomi, (3) yeşil finansman, (4) temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı, (5) sürdürülebilir tarım, (6) sürdürülebilir akıllı ulaşım, (7) iklim değişikliği ile mücadele, (8) diplomasi ve (9) Avrupa Yeşil Mutabakatı bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri başlıkları altında belirlenen hedeflere ulaşılması amacıyla hayata geçirilecek eylemlere yer verilmiştir. Bu çerçevede, Eylem Planı 9 ana başlık altında toplam 32 hedef ve 81 eylemi içermektedir.

Söz konusu belge ile ülkemiz için bir "Ulusal Döngüsel Ekonomi Eylem Planı" hazırlanması kararı verilmiştir. Bu kapsamda eylem planı; AB Döngüsel Ekonomi Eylem Planına benzer olarak ulusal bir strateji niteliğinde olup ürünlerin tüm yaşam döngüsüne odaklanacak şekilde, ürün tasarımı, üretimi ve üretim süreçleri, tüketimi, atık yönetimi ve ikincil hammaddelerin kullanımını hedefleyen eylemleri içerecektir. Plan aynı zamanda inovasyon, yatırımlar ve izleme ile ilgili yatay faaliyetlerin yanı sıra plastikler, kritik hammaddeler, inşaat, biyokütle gibi malzemelerle ilgili sektörel eylemleri de içerecektir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından koordine edilecek söz konusu "Ulusal Döngüsel Ekonomi Eylem Planı"nın hazırlanması ve ulusal bir stratejinin belirlenmesi için öncelikle ülkemizin sektör bazında mevcut durum tespiti yapılacak ve "sektörel etki analizi" gerçekleştirilecektir. Sektörel etki analizi çalışmaları kapsamında belirlenecek öncelikli sektörlerle birebir görüşmeler yapılacak, sektörlerin öngörülen tedbirlere uyum kapasiteleri incelenecek ve eylemlerden sorumlu kurumlarla da koordineli şekilde çalışmalar yürütülerek eylemlerin ve alt eylemlerin tamamlanması için "ortak bir takvim" oluşturulacaktır. Muhtemel sorumlu kuruluşlar arasında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı yer almaktadır.

Ayrıca, Türkiye'nin döngüsel ekonomiye geçiş potansiyelinin değerlendirilmesi için AB Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı II (IPAII) dönemi fonlarından faydalanılması adına Türkiye'nin Döngüsel Ekonomiye Geçiş Potansiyelinin Değerlendirilmesi için Teknik Destek Projesi başlatılmıştır.

Döngüsel ekonomi yaklaşımının temel prensiplerinden biri, atıkların hammadde olarak üretim süreçlerine dahil edilmesidir. Hammadde kullanımını azaltmak ve atık oluşumunu önlemek ve ekonomiye katkı sağlamak amacıyla ülkemizde, 2021 yılında alternatif hammadde olarak kullanılan atık miktarı 3,1 milyon tona, ek yakıt olarak kullanılan atık miktarı 1,52 milyon tona ulaşmıştır. Çimento fabrikalarında ise ek yakıt olarak kullanan atık miktarı 2008 yılında 88 bin ton iken 2021 yılında bu miktar 1,48 milyon tona ulaşmıştır. Bu sayede yurtdışından gelen petrokoktan ise 650 bin ton tasarruf edilmiş ve fosil yakıt kaynaklı 0,8 milyon ton CO_2 salımı engellenmiştir. 2020 yılında Çevre Kanununda yapılan değişiklikle atıkların ve atıklardan elde edilen geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımını zorunlu hale getirilmiştir. Bu düzenleme, döngüsel ekonomi uygulamalarına katkı sağlayacaktır.

Diğer yandan, plastiklerin etkin yönetimi çerçevesinde ülkemizde tek kullanımlık plastiklerle ilgili atılan en önemli ve somut adım 2019 yılında başlatılan "Plastik Poşetlerin Ücretlendirilmesi" uygulamasıdır. Bu uygulamayla 2019 ve 2020 yıllarında plastik poşet kullanımında yaklaşık %75'lik azalma gerçekleşmiş ve bu azalma oranıyla plastik poşet kaynaklı 354.000 ton plastik atığın oluşumu engellenmiştir. Bu azalmayla ülkemizde plastik poşet üretimi için gerekli plastik hammadde ithali de önlenmiş ve yaklaşık 2.44 milyar Türk Lirası tasarruf edilmiş olmakla birlikte 14.640 ton sera gazı salımı da engellenmiştir.

Sıfır Atık yaklaşımı çerçevesinde ülkemizde gıda israfı ve gıda atıklarının yönetimine ilişkin politikalar öncelik sırasına göre aşağıdaki şekildedir:

- Gıda atığı oluşumunun önlenmesi
- Gıdanın atık haline gelmeden fazla gıdanın insan tüketimine sunulması
- Gıdanın atık haline gelmeden fazla gıdanın hayvan tüketimine sunulması
- Gıda atıklarından hayvan yemi yapılması
- Endüstriyel kullanımının sağlanması
- Gıda atıklarının maddesel geri kazanımı
- Gıda atıklarının enerji geri kazanımı

12/07/2019 tarihli ve 30829 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Sıfır Atık Yönetmeliğinde;

- Gıdaların üretimi, tedarik zinciri ve kullanımı boyunca ilgili taraflarca gerekli önlemlerin alınması ve gıda atığı önleme planlarının hazırlanması,
- Gıda bağışı ve insani tüketim için gıdaların yeniden dağıtımını teşvik eden uygulamaların tercih edilmesi, gıdaların hayvan yeminde kullanılması veya işlenerek gıda dışı ürünlere dönüştürülmesi yerine öncelikli olarak insani tüketim amacıyla kullanımını sağlayacak tedbirlerin alınmasının esas olduğu belirlenmiş ve bu kriterler, sıfır atık belgesi almak için puanlama kriteri olarak ortaya konmuştur.

Ayrıca Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca hazırlanan Sıfır Atık Uygulama Kılavuzlarında bilhassa HOREKA (otel, restoran ve kafeterya), kurum/kuruluş, işletme, öğrenci yurdu, eğitim kurumlarının yemekhaneleri gibi yerlerde gıda israfının önlenmesi ve gıda atığının azaltılmasına yönelik tedbirler yer almaktadır (ÇYGM, 2020)

Diğer yandan gıda atıklarının önlenmesi veya azaltılmasının mümkün olmaması durumunda bu atıklar, düzenli depolama sahalarına alınmamakta ve geri kazanım için ön işleme tabi tutulmaktadır. Bu atıkların yönetimine ilişkin 05/03/2015 tarihli ve 29286 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Kompost Tebliği ve 10/10/2015 tarihli ve 29498 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Mekanik Ayırma, Biyokurutma ve Biyometanizasyon Tesisleri ile Fermente Ürün Yönetimi Tebliğinde teknik esaslar belirlenmiştir.

Sıfır Atık Yönetmeliği tüketici ve ürün için gerekli güvenlik ve sağlık düzeyini sağlamaya yeterli olandan fazla hacim ve ağırlıkta ambalaj kullanılmamasını esas olarak belirlemiştir. Diğer yandan Çevre Kanunu ekli (1) sayılı listede yer alan ürünler için bu ürünlerin üreticileri ve ithalatçıları tarafından listede belirlenen tutardaki geri kazanım katılım payları, Hazine ve Maliye Bakanlığınca belirlenen usulde 1/1/2020 tarihinden bu yana ödenmektedir. Bu uygulama, dünya çapında benimsenmiş "kirleten öder" ve "genişletilmiş üretici sorumluluğu" uygulamalarını temel almakta ve ambalajlar için gereğinden fazla ambalaj kullanımını da caydırıcı nitelik taşımaktadır.

Son yıllarda kullanımı artan elektrikli araçların kullanım ömrünü tamamlayan bataryalarının geri kazanımı önem kazanmıştır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı öncülüğünde "Türkiye'de Elektrikli Araç Şarj Altyapısının Geliştirilmesi Projesi" yürütülmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının proje kapsamında sorumlu olduğu iş paketlerinden olan 10 numaralı iş paketi " Elektrikli Araç (EA) Bataryalarının Geri Dönüşüm Çerçevesinin Belirlenmesi" 31/03/2021 tarihinde tamamlanmıştır. Elektrikli araç bataryalarının geri dönüştürülmesine ilişkin mevcut durumu, yasal altyapısının oluşturulması ve geri dönüşüm tesislerinin teknik kriterlerinin belirlenmesi çalışmaları devam etmektedir.

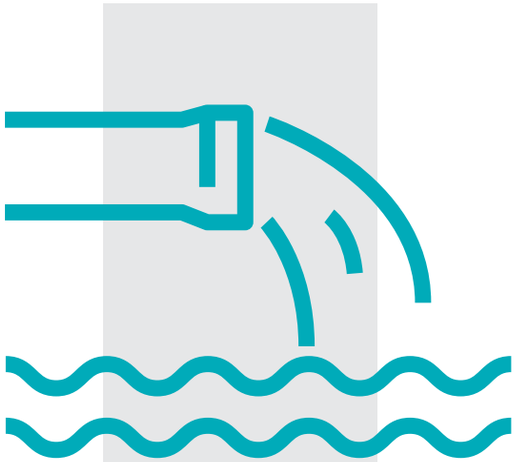
Ülkemizde Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği yürürlükten kaldırılarak Atık Yağların Yönetimi Yönetmeliği, 21.12.2019 tarihli ve 30985 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Yönetmelikle; ülkemizde atık yağlardan katma değeri yüksek baz yağ üretiminin sağlanacağı yüksek verimli atık yağ rafinasyon tesislerinin sağlaması gereken koşullar, toplanan atık yağ miktarının artırılmasına yönelik düzenlemeler yapılarak atık yağların yönetiminin daha etkin hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Atık yağlardan baz yağ üretiminde gerek Avrupa'da gerekse dünyada uygulanan yüksek verimli ve az atık üreten teknolojilerin ülkemizde de uygulanmasını ve mevcutta faaliyet gösteren atık yağ geri kazanım tesislerinin uluslararası standartlara ulaşmasını teminen "TS 13541-Atık Yağ Rafinasyon ve Rejenerasyon Tesisleri İçin İşyeri Standardı"na uygun rafinasyon tesislerince "TS 13369-Baz Yağ Standardı"nı sağlayan baz yağ üretiminin gerçekleştirilmesi için bu tesislerin proses yetkinliğinin ve teknik yeterliliğinin "deneme üretimi" marifetiyle belirlenmesi gerekliliği Yönetmelikle düzenlenmiştir.

Toplanan atık yağların tamamının katma değeri yüksek baz yağı üretilmesini teminen rafinasyon tesislerine iletilmesi, ancak rafinasyonun mümkün olmadığı atık yağların çimento ve yakma tesislerine gönderilmesine yönelik düzenleme yapılmıştır. Bu düzenlemeyle ileri dönüşüm ve materyal geri kazanımı, enerji geri kazanımının üzerinde tutulmuştur.

Diğer yandan madeni yağ üretiminde; atık yağdan üretilmiş baz yağın belirli oranlarda kullanılması zorunlu hale getirilerek döngüsel ekonomi yaklaşımıyla tam uyumlu bir uygulamanın önü açılmıştır. Atık yağlardan baz yağ üretimi ve üretilen baz yağın madeni yağ üretiminde belirli oranda kullanımıyla bu alanda ithalata olan bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir.

2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 11'inci maddesine göre belediye atıklarının yönetimi sorumluluğu belediyeler ve büyükşehir belediyelerine verilmiştir. Ülkemizde 30 Büyükşehir Belediyesi, 51 İl Belediyesi, 922 ilçe Belediyesi ve 387 Belde Belediyesi olmak üzere toplamda 1390 belediye bulunmaktadır. 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi ve 5393 sayılı Belediye Kanunlarına göre; yerel yönetimler, ilgili mevzuat doğrultusunda oluşan atığın planlaması, yönetimi ve izlemesinden sorumludur. Büyükşehir Belediyeleri, atıkların kaynakta toplanması ve aktarma istasyonuna kadar taşınması hariç atıkların ve hafriyatın yeniden değerlendirilmesi, depolanması ve bertaraf edilmesine ilişkin hizmetleri yerine



getirmek, bu amaçla tesisler kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmek; sanayi ve tıbbî atıklara ilişkin hizmetleri yürütmek, bunun için gerekli tesisleri kurmak, kurdurmak, işletmek veya işlettirmek; deniz araçlarının atıklarını toplamak, toplatmak, arıtmak ve bununla ilgili gerekli düzenlemeleri yapmak ile sorumludur. Büyükşehir Belediyeleri dışındaki belediyeler ise evsel nitelikli atıklarını kaynağında toplamak ve aktarma istasyonlarına ya da bertaraf sahalarına taşımakla yükümlüdür. Her belediye, bünyesinde farklı kurumsal yapılanma ile atık yönetim faaliyetlerini sürdürmektedir. Yerel otoritelerin gerek finansal açıdan gerekse de teknik ve kurumsal açıdan yeterli olmaması sağlıklı bir atık yönetim sistemi oluşturmalarının önüne geçmektedir. Bu amaçla, büyükşehir olmayan ve benzer çevre problemlerine sahip belediyeler, atık toplama ve bertaraf hizmetlerini daha etkin ve finansal açıdan daha rahat yürütmek amacıyla Katı Atık Ana Planı içerisinde her il için önerilen atık yönetim birlik modellerine uygun Atık Yönetimi Birlik yapılarını oluşturmuşlardır. Türkiye'de belediye hizmet birliklerinin sayısı 65'tir (İÇİŞLERİ, 2021).

Tehlikeli/tehlikesiz atıklar ve genişletilmiş üretici sorumluluğundaki atıkların yönetiminde sorumlular; üreticiler, piyasaya sürenler ve atık yönetimi ile yetkilendirilmiş kuruluşlardır. Atık yönetiminde temel olarak kirleten öder prensibi uygulanmaktadır. Bu kapsamda; atıkların bertarafına ilişkin tüm maliyetlerin üreticilerce karşılanması esastır. Ayrıca sorumluların yükümlülükleri ve aykırı davranışlara uygulanacak cezalar da kirleten öder prensibine göre belirlenmektedir.

Ayrıca pek çok kamu kurumu ve bakanlık da atık yönetimi ile ilgili sürece dâhil olmaktadır. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, değişen ekonomik ve sosyal koşullar çerçevesinde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına ve toplumsal refahın artırılmasına yönelik strateji, plan ve programları hazırlamakta, ülkemizin stratejik önceliklerini kamu kaynak tahsis süreçlerine yansıtmak ve kamu yatırımlarına ayrılan kaynakları yönetmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, atıkların güçlü yönetimini sağlamak üzere mevzuat hazırlamak, çevre kirliliğini önleme ve çevre kalitesini iyileştirmeye yönelik her türlü faaliyet ve tesisi izlemek, gerekli tedbirleri aldırmak, denetlemek ve gerekli izin/lisansları vermek sorumlulukları doğrultusunda çalışmalarını yürütmektedir. İçişleri Bakanlığı'nın, illerin yönetimi vasıtasıyla, yerel yönetimler üzerinde sorumlulukları bulunmaktadır. Sağlık Bakanlığı, çevre sağlığı ile ilgili her türlü tedbir ve önlemleri aldırarak gerekli denetimleri yapmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, enerjinin sürdürülebilir kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarını ve enerji verimliliğini içeren hedef ve politikaları belirlemektedir.

Hazine ve Maliye Bakanlığı, çevre temizlik vergisi düzenlemelerini yapmakta, geri kazanım katılım payına dair esasları belirlemekte, yeşil, sosyal ve sürdürülebilir finansman sağlanmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirmektedir. İller Bankası A.Ş. (İLBANK), belediyelerin finansman ihtiyacını karşılamak ve çeşitli çevre konularında belediyelerin talepleri doğrultusunda yatırım hizmetleri vermektedir. Ticaret Bakanlığı, çevrenin korunması yönünden kontrol altında tutulan atıkların, kimyasalların, metal hurdaların ithalat denetimine dair hükümler Ticaret Bakanlığı tarafından yürütülmektedir. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, çevre ve iklim değişikliği konularındaki gelişmeleri takip etmek, sanayi politikası oluşturulması amacıyla yapılan çalışmaları değerlendirmek ve gerekli tedbirlerin alınmasına yardımcı olmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı, tarımsal ekosistemlerde biyoçeşitlilik, iklim değişikliği, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, çevre ve iklim dostu tarımsal uygulamalara yönelik plan, program, ulusal ve uluslararası projeler hazırlamak, hazırlatmak, uygulamak ve gerekli desteklemeleri yapmaktan sorumludur. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), atık yönetimi dâhil çevre ile ilgili verileri toplamakta ve analiz etmektedir. Türk Standartları Enstitüsü, çevre sektörü ile ilgili teknik standartları oluşturmaktadır. Türkiye Çevre Ajansı depozito yönetim sistemini yönetmek, çevrenin iyileştirilmesine yönelik faaliyetlerde bulunmak, sıfır atık yönetim sisteminin kurdurulmasına katkı sağlamak, ambalaj atıklarının yönetimine dair paydaşların görev ve sorumluluklarını yerine getirmeleri için gerekli aksiyonları almak, çevrenin korunmasına dair eğitim ve sertifika programları düzenlemek, farkındalık çalışmaları yapmakla görevlendirilmiştir.

Atık Yönetimi Mevzuatı

- Çevre Kanunu – (18132, 1983)
- Büyükşehir Belediyesi Kanunu – (25531, 2004)
- Belediye Kanunu – (25874, 2005)
- Atık Yönetimi Yönetmeliği – (29314, 2015)
- Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik – (27533, 2010)
- Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği – (25569, 2004)
- Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği – (28300, 2012)
- Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği – (31523, 2021)

- Atık Yağların Yönetimi Yönetmeliği – (30985, 2019)
- Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik – (27721, 2010)
- Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği – (29378, 2015)
- Geri Kazanım Katılım Payına İlişkin Yönetmelik– (30995, 2019)
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği – (25406, 2004)
- Maden Atıkları Yönetmeliği – (29417, 2015)
- Ömrünü Tamamlamış Araçların Kontrolü Hakkında Yönetmelik – (27488, 2009)
- Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği – (26357, 2006)
- Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkındaki Yönetmelik – (26739, 2007)
- Sıfır Atık Yönetmeliği- (30829, 2019)
- Atık Ön İşlem ve Geri Kazanım Tesislerinin Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (31623, 2021)
- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği – (29959, 2017)
- Atık Ara Depolama Tesisleri Tebliği – (27916, 2011)
- Atıkların Karayolunda Taşınmasına İlişkin Tebliği – (29301, 2015)
- Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği – (29036, 2014)
- Kompost Tebliği – (29286, 2015)
- Mekanik Ayırma, Biyokurutma, Biyometanizasyon Tesisleri ile Fermente Ürün Yönetimi Tebliği – (29498, 2015)
- Ömrünü Tamamlamış Araçların Depolaması, Arındırılması, Sökümü ve İşlenmesine İlişkin Teknik Usuller Tebliği – (27986, 2011)
- Tanker Temizleme Tesisleri Tebliği – (27125, 2009)

3.3. Tespit Edilen Sorun Alanları

1. Bütün politikalara yön veren ve en üst seviyede tanımlanmış bütünleşik bir ulusal hedef eksikliği görülmektedir.

2. Yatırımları sürdürülebilir kılacak finansal mekanizmalar, ekonomik teşvikler ve destekler yeterli bulunmamaktadır.

3. Atıkların hammadde/kaynak olarak kullanıldığı, sadece atık değil ürünlere yönelik de hedeflerin yer aldığı döngüsel ekonomi yaklaşımı ile atık yönetimi faaliyetlerinin geliştirilmesine yönelik politika eksikliği görülmektedir.

4. Atık yönetiminin iyileştirilmesine yönelik teşvik mekanizmalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

5. Atık yönetiminde değer zinciri ve yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmalarının geliştirilmesi ihtiyacı bulunmaktadır.

6. Eğitim, farkındalık ve bilinçlendirme faaliyetlerine ihtiyaç bulunmaktadır.

7. Arıtılmış atıksu kullanım oranının arttırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

8. Su ayakizinin hesaplanmasına ilişkin politika geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Tespit edilen sorun alanlarına dair oluşturulan Politika Önerileri ek tabloda yer almaktadır.

3.4. İklim Şurası Kararları

1. Tüm sektörel politikalara yön veren, atık hiyerarşisine uygun sürdürülebilir bir atık yönetimini hedefleyen, iklim dostu bütünleşik bir "Ulusal Atık Önleme, Azaltma ve Geri Kazanım Strateji Belgesi", "Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı" ve atıkların hammadde olarak kullanılmasına yönelik ürün yaşam döngüsü kriterlerini içeren hedeflerin de yer aldığı "Döngüsel Ekonomi Eylem Planı" hazırlanmalıdır.

2. Atıkların kaynakta ayrı toplanmasına ilişkin çalışmalara hız verilecek, sıfır atık çalışmaları kapsamında 2035 yılında geri kazanım oranı %60'a çıkarılacak ve 2053 yılı itibariyle ön işleme tabi olmayan atıklar düzenli depolamaya kabul edilmeyecektir.

3. Sıfır atık uygulamaları ve sera gazı emisyon azaltımı kapsamında toplumsal farkındalığın artırılması amacıyla öncelikle eğitim kurumlarına ve tüm paydaşlara yönelik uygulamalı eğitim modülleri oluşturularak kapasite arttırılmalıdır.

4. Sanayi ve hizmet sektöründe sera gazı emisyon azaltımı için etkin atık yönetiminin iyileştirilmesine yönelik teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi sağlanmalıdır.

5. Değer zinciri ve yaşam döngüsü değerlendirmesini destekleyecek araçların oluşturulması ve sera gazı azaltım etkisinin belirlenmesi amacıyla gerekli çalışmaların yapılması sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

(2020). Düşük Karbonlu Kalkınma için Çözümsel Tabanlı Strateji ve Eylem Geliştirilmesi Teknik Yardım Projesi

Building a more circular Australia, (2021). https://www.pwc.com.au/assurance/esg/building-a-more-circular-australia.pdf

cygm.csb.gov.tr, (2020).

https://ec.europa.eu/eurostat, (2020).

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, (2019).

https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-72/elektrikyekdem, (2021).

Eugene A. Mohareb, Heather L. MacLean, Christopher A. Kennedy, (2011). Greenhouse Gas Emissions from Waste Management—Assessment of Quantification Methods

EU, (2020-2021). https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en, https://www.interregeurope.eu/

Fuchs Group, (2019). Annual report, https://fuchs.azureedge.net/fileadmin/Home/Geschaeftsberichte/2019/FUCHS_PETROLUB_SE_-_Annual_Report_2019.pdf)

icisleri.gov.tr, (2021)

Nirmala Menıkpura, Premakumara Jagath Dıckella Gamaralalage, Rajeev Kumar Sıngh, (2021). User Manual Estimation Tool for Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Municipal Solid Waste (MSW) Management in a Life Cycle Perspective

sbb.gov.tr, (2021).

Véronique Monıer, Eric Labouze, (2001). Critical Review Of Existing Studies and Life Cycle Analysis on The Regeneration and Incineration of Waste Oils

World Bank, (2018). What a Waste: An Updated Look into the Future of Solid Waste Management.

4. BİNA SEKTÖRÜ

4.1. Dünyadaki Durum

Dünya genelinde bina sektöründeki taban alanının 2020 ile 2050 yılları arasında %75 artması beklenmektedir ve bunun %80'i yükselen piyasalarda ve gelişmekte olan ekonomilerde olacaktır. Küresel olarak, 2050 yılına kadar her hafta Paris şehrinin yüzeyine eşdeğer taban alanı eklenmektedir. Pek çok gelişmiş ekonomide binaların kullanım ömrü uzundur ve mevcut bina stoğunun yaklaşık yarısının 2050'de hala ayakta olacağı öngörülmektedir. (Canadian Consulting Engineer, 2021)

Toplam emisyona bakıldığında enerji sektörü, %72.2 ile en büyük paya sahip olup sektördeki dağılıma göre bu emisyon miktarının %12'si bina sektöründe oluşmaktadır. Türkiye'de tüketilen doğal gazın %32'si, elektriğin %21'i konutlardan kaynaklanmaktadır. (TÜİK, 2021)

Bina sektörü bazında sera gazı emisyonlarının azaltımını sağlayacak teknikler aşağıda yer almaktadır (ÇŞİDB, Low Carbon Turkey, 2019a).

- Binalarda enerji verimli elektronik ev aletlerinin kullanımının arttırılması: elektrikli ev aletlerinin neden olduğu, binalarda elektrik tüketiminden kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması,
- Mevcut bina yalıtımının geliştirilmesi, arttırılması, yüksek performanslı pencere ve kapı sistemlerinin kullanılması,
- Binalarda kullanılan mekanik sistemlerin (ısıtma, soğutma, iklimlendirme, sıcak su) yüksek verimli hale getirilmesi ve karbonsuzlaştırılması,
- Pasif ev, Neredeyse Sıfır Enerjili Bina (NSEB) gibi binalarda enerji performansını arttıran, emisyonu azaltan uygulamaların arttırılması,
- Binalar için yenilenebilir enerji teknolojilerinin kapasitelerinin iyileştirilmesi,

- Bütünleşik bina tasarım sisteminin benimsenmesi, yapı malzemelerinin karbonsuzlaştırılması, karbon yutağı malzemelerin bina yapımındaki payının arttırılması, binaların yaşam döngüsü analizi ile çevresel etki hesaplamalarının geliştirilmesi,
- Akıllı bina otomasyon sistemlerinin kullanılması; akıllı sayaçlar, dijital göstergeler gibi sistemler, binanın enerji verimliliğinin arttırılması ve tüketicilerin enerji tüketimlerinin kontrol altında tutulması,
- Enerji verimli ve iklime duyarlı kentsel yerleşimlerin geliştirilmesi,
- Toplumsal farkındalık ve davranış değişikliği yaratılması.

Dünyadaki diğer ülkelerin durumlarına bakıldığında; ABD'nin net sıfır hedeflerinde binalar sektörü ile ilgili olarak; enerji sektöründe CO_2 emisyonun 3'te 1'i binalardan kaynaklanmaktadır. Binalardaki emisyonların 3'te 2'si elektrik kullanımından, kalan 3'te 1'i de doğrudan enerji kaynaklarının ortam ısıtma, su ısıtma, yemek pişirme amaçlı doğalgaz, petrol kullanımından kaynaklıdır. ABD'deki toplam elektrik tüketiminin 4'te 3'ünü binalar oluşturmaktadır. Hanelerde ve kamu binalarında enerji verimliliğinin ve elektrifikasyonun artırılması, temiz enerji kaynaklı verimli elektrikli alet satışının artırılması, ortam ısıtma, soğutma ve su ısıtma için ısı pompalarının elektrik ve endüksiyon ocaklarının kullanımı ve yalıtımın geliştirilmesi yapılacaklar arasındadır. 2030'da ısı pompaları ve diğer elektrikli ısıtıcılar ve elektrik ocaklarının satışlardaki oranının %60'ı geçmesi, 2050'de %100'ü bulması, binalarda enerji talebinin 2030'da %9, 2050'de %30 azalması gibi hedefleri bulunmaktadır. (USA, Long-Term Strategy,2021)

Birleşik Krallık Net Sıfır Stratejisinde; Birleşik Krallıkta ısı ve binalaın emisyonları toplam emisyonun %17'sini oluşturmaktadır. Aşağıda Birleşik Krallığın hedef ve yatırımlarına ilişkin hususlar yer almaktadır.

a. Hedef: 2035'e kadar konutlardaki ve işyerlerindeki bütün ısıtma gereçlerinin düşük karbonlu olması (elektrikli ısı pompası, hidrojenli ısıtıcılar), 2035 yılından itibaren doğalgazlı kombi satışının bitmesi, 2028 yılına kadar 60.000 ısı pompası kurulumu hedeflenmektedir.

b. Yatırım: 2037 yılına kadar kamu ve özel sektörde ilave 200 milyar pound yatırım hedeflenmektedir. (UK, Net Zero Strategy,2021)

AB İklim Değişikliği Politikası iki ana unsuru içeren uzun vadede kapsamlı politika çerçevesine ve stratejisine dayanmaktadır.

- **2030 iklim ve enerji çerçevesi,**

2030 iklim ve enerji çerçevesi 2014 yılında benimsenmiştir ve 2030 yılı için üç kilit hedef içermektedir; sera gazı emisyonlarında en az %40 azaltım (1990 seviyesinden), yenilenebilir enerjinin payını en az %27'ye çıkarmak, enerji verimliliğinde en az %27 iyileştirme sağlamak.

- **2050 düşük karbonlu yol haritası.**

2050 düşük karbonlu ekonomi yol haritası aşağıdakileri önermektedir: 2050 yılına

kadar, AB, sera gazı emisyonlarını 1990 yılına kıyasla %80 ila %90 arasında azaltmayı hedeflemektedir. (ABTD web sitesi, 2022) Bunu başarmak için kilometre taşları 2030 yılına kadar %40 emisyon azaltımı ve 2040 yılına kadar %60 emisyon azaltımıdır. Tüm sektörlerin katkıda bulunması gerekmektedir.

2018/844 sayılı Binalarda Enerji Performansı Direktifinde; Avrupa Birliği'nin 2050 yılına kadar sürdürülebilir, rekabetçi, güvenli ve karbondan arındırılmış bir enerji sistemi geliştirme taahhüdü ifade edilmiştir. Bu hedefe ulaşmak için; Üye Devletlerin ve yatırımcıların, uzun vadeli sera gazı emisyon hedefine ulaşmayı amaçlayan ve 2050 yılına kadar AB'deki tüm CO_2 emisyonlarının yaklaşık %36'sından sorumlu olan bina stoğunu karbondan arındıran önlemlere ihtiyacı vardır.

Direktif; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 21. Taraflar Konferansı'nı (COP 21) takiben iklim değişikliğine ilişkin 2015 Paris Anlaşması'na atıfta bulunarak, AB'nin bina stoğunu karbondan arındırma çabalarının altını çizmektedir.

Ayrıca; Direktif, AB'nin nihai enerji tüketiminin yaklaşık %50'si ısıtma ve soğutma için kullanılmakta olup bunun %80'inin binalarda kullanılmakta olduğunu, AB enerji ve iklim hedeflerine ulaşmak için, enerji verimliliğine öncelik vererek ve bu ilkeden yararlanarak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını göz önünde bulundurarak bina stoğunu yenilemeyi desteklemesi gerektiğini belirtir.

Enerji verimliliği yüksek ve karbondan arındırılmış bir bina stoğu elde etmek için, uzun vadeli yenileme stratejileri ile mevcut binaların neredeyse sıfır enerjili binalara (NSEB) dönüştürülmesi gerekir.

2019 yılında açıklanan Avrupa Yeşil Mutabakatı (The European Green Deal), Avrupa Birliği'nin ekonomisini sürdürülebilir kılmak için ortaya koyduğu bir plandır. AB, Sürdürülebilirliği sağlamak için iklimsel ve çevresel sorunları fırsatlara dönüştürmeyi ve bu dönüşümü adil ve herkesi kapsayacak şekilde gerçekleştirmeyi hedeflemektedir.

Avrupa Birliği Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamında Renovasyon Dalgası (Renovation Wave) Strateji Belgesi'nin amacı; 2030 yılına kadar konut ve konut dışı binaların yıllık enerji yenileme oranını en az iki katına çıkarmak ve esaslı tadilatları teşvik etmektir. Ayrıca, 2030 yılına kadar 35 milyon binanın yenilemesini gerçekleştirmek, 2050 yılına kadar AB çapında iklim nötrlüğe (binaların iklim değişikliğine katkısını minimuma indirme) ulaşmak ve artan yenileme hızını ve kapsamını 2030 sonrasında da sürdürmeyi hedeflemektedir.

Renovasyon Dalgası Strateji Belgesinde üç ana unsur üzerinde durulmaktadır:

1- Enerji performansı kötü olan binaların sayısının azaltılması,

2- Kötü durumda olan kamu binalarının enerji performanslarının yükseltilmesi (okullar, hastaneler ve idari binalar başta olmak üzere)

3- Isıtma ve soğutmada karbonsuzlaşmaya gidilmesi.

Avrupa Komisyonu, Avrupa Yeşil Mutabakatının bir parçası olan ve emisyonları 2030 yılına dek en az %55 azaltma hedefi taşıyan içeren "55'e uyum (fit for 55)" paketini 14 Temmuz 2021 tarihinde açıklanmıştır (European Comission, 2021a).

Sosyal İklim Fonu ve Adil Geçiş; Söz konusu iklim politikaları kısa vadede hassas haneler, mikro işletmeler ve ulaşım kullanıcıları üzerinde ekstra baskı oluşturma riski taşımaktadır. Sosyal İklim Fonu, iklim politikalarından en çok etkilenen veya enerji ve hareketlilik yoksulluğu riski altındaki Avrupa vatandaşlarını desteklemek için Üye Devletlere özel finansman sağlayacaktır. Fon, geçiş sırasında fosil yakıt fiyatlarındaki artışlara en çok maruz kalanların maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca, enerji ve hareketlilik yoksulluğu riskini azaltırken Üye Devletlerarasında ve içinde adalet ve dayanışmayı teşvik edecektir. Üye Devletlerin, emisyon ticaretinin bina ve ulaştırmaya yayılmasından etkilenen savunmasız düşük ve orta gelirli haneleri, ulaşım kullanıcılarını ve mikro işletmeleri desteklemesini sağlayacaktır. Savunmasız haneler ve mikro işletmeler için binaların enerji verimliliğini artırmaya, binaların yenilemesine, temiz ısıtma ve soğutmaya, yenilenebilir enerjiyi CO_2 emisyonlarını ve enerji faturalarını sürdürülebilir bir şekilde azaltabilecek şekilde entegre etmeye yönelik yatırımlara destek verilmesini gerektirecektir. Ayrıca, sıfır ve düşük emisyonlu hareketliliğe erişim finanse edilecektir.(European Comission, 2021b).

Avrupa Birliğinin Emisyon Ticaret Sisteminin (ETS) yeni sektörlere genişletilmesi de planlanlar arasında bulunmaktadır. Karayolu taşımacılığı ve binalarda emisyon azaltımını sağlamak amacıyla, bu iki sektördeki karayolu taşımacılığı ve binalarda enerji yakıt kullanımı için yakıt dağıtımı üzerinden için genişletilmiş ve güncellenmiş ayrı bir yeni emisyon ticaret sistemi 2025 yılından itibaren uygulanması planlamaktadır (European Comission, 2021c).

15 Aralık 2021 tarihinde "Binalarda Enerji Performansı Direktifi"'nde değişiklik yapılması için bir öneri yayımlanmıştır. Yayımlanan öneri direktifte;

- Binaların enerji performansına ilişkin kuralların Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyumlu hale getirilmesini ve AB'nin bina stoğunun 2050 yılına kadar karbondan arındırılması,
- Yaşam kalitesini iyileştirerek sera gazı emisyonlarını ve enerji faturası giderlerini düşürmek için Avrupa'daki evlerin, okulların, hastanelerin, ofislerin ve diğer binaların renovasyonunun kolaylaştırılması,
- Tüm yeni kamu binalarının 2027, tüm yeni binaların ise 2030 yılı itibariyle sıfır emisyonlu olması,
- Renovasyona yönelik olarak, her Üye Devletin bina stoğunun en kötü performans gösteren %15'inin konut dışı binalar için 2027 yılına, konutlar için ise 2030 yılına kadar Enerji Performansı Sertifikasının "G" derecesinden en az "F" derecesine yükseltilmesi önerilmektedir (European Comission, 2021d).

4.2. Türkıye'de Yapılan Çalışmalar

Türkiye'de 2019 TÜİK verilerine göre; 9.5 milyondan fazla bina (konut, ticari ve hizmet) bulunmaktadır. Toplam taban alanı ise 3.8 milyar m^2'dir. Gelişmekte olan bir ekonomi olarak, ülkedeki bina sayısı ve toplam taban alanı sürekli artmaktadır. Artan nüfusla birlikte, kentleşme oranındaki büyümede; bina sayısı ve beraberinde artan taban alanı için temel itici gücü oluşturmaktadır. Son envantere göre binalar sektöründe (konut ve ticari binalar) 2020 yılında 36.9 mtep enerji tüketilmiştir. 1990 yılı tüketimi ile kıyaslandığında toplamda %132'lik bir tüketim artışı görülmektedir. 1990 yılında konut sektörü için tüketilen ana enerji kaynağı %52.1 ile yenilenebilir enerji (1990 yılında konutlarda doğrudan 7591 ktoe yenilenebilir enerji; ağırlıklı olarak yakacak odun, bitki artıkları, hayvan artıkları, jeotermal ve güneş enerjisi) kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerjiyi, %21.4 ile petrol ve %20.9 ile kömür takip etmektedir; doğalgaz kullanımı %0.3'lük payla yaygın değildir. Ancak aradan geçen yaklaşık 30 yıl içinde konut sektöründe kullanılan enerji dağılımı değişmiştir. 2020 yılında en çok tüketilen enerji kaynağı doğal gaz (%44.4.8) olurken, yenilenebilir enerjinin payı %10'e düşmüştür. 2020 yılında binalar 36.9 mtep enerji tüketmiş ve 68.5 milyon ton CO_2 eşdeğeri sera gazı emisyonu yaymıştır. Elektrik üretiminden kaynaklanan dolaylı emisyonlar (79.9 milyon ton) eklendiğinde, 2020 yılında binalardan kaynaklanan toplam emisyon miktarı 148.4 milyon ton CO_2 eşdeğere ulaştığı bilinmektedir. Buna göre 2020 yılında Türkiye'de karbon emisyonunun %31'sinden binaların sorumlu olduğu anlaşılmaktadır. (ETKB, 2020a)

Genel durum baz alındığında; Türkiye'de karbon emisyonunun %31'sinden sorumlu olan binaların emisyon oranını düşürmek hatta sıfır emisyona indirmek için alınması gereken önlemler; mevcut binaların esaslı tadilatları, ısı yalıtım uygulamasının yaygınlaştırılması, mevcut binaların enerji sınıfının en az C sınıfına yükseltilmesi ve bunu gerçekleştirebilecek yasal durumun (mevcut binaların en az C sınıfı olmasını zorunlu tutma ve ilgili yasalara, yaptırımlarla ilgili koşulların entegre edilmesi), mevcut ve yeni binalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım miktarının arttırılması, yeni yapılan binalarda uygulanmak üzere NSEB (neredeyse sıfır enerjili binalar) kriterlerinin geliştirilip, yasal altyapının oluşturulması, bölgesel ve merkezi ısıtma sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması, mevcut bina tadilatlarının belirli bir plan kapsamında başlatılması ve halkın konu ile ilgili farkındalığının arttırılması, yerel ve bölgesel olarak halkı bu konuda bilgilendirmek için iletişim merkezlerinin kurulması olarak göz önünde bulundurulabilir.

4.2.1. Yasal Mevzuat ve Göstergeler

Bina sektöründe m^2 başına düşen tüketim incelendiğinde; 2008 yılında ortalama 141 kWh/m^2 olan tüketim ile 2019 yılında ortalama 106 kWh/m2 olarak hesaplanmaktadır. Bu düşüşün en büyük etkenlerinden biri 2008 yılında yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'dir. Enerji Verimliliği Kanunu, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Merkezi Isıtma Ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma Ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik, Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları ağırlıklı olarak binalarda enerji verimliliğini iyileştirmeye odaklanmış mevzuatlardır.

Enerji Verimliliği Kanunu; 18.04.2007 tarihinde enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacı ile yürürlüğe girmiştir. Enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usûl ve esasları kapsamaktadır (ETKB, 2007).

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği; 05.12.2008 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Söz konusu Yönetmeliğin amacı, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

01.01.2011 tarihinde BEP-TR'nin hayata geçirilmesi ile birlikte enerji kimlik belgesi (EKB) hazırlanmaya başlanmış ve geçen süre zarfında 1.300.000'in üzerinde EKB hazırlanmıştır. Enerji kimlik belgesi: bina ile ilgili genel bilgileri, düzenleyenin bilgilerini, binanın kullanım alanını (m2) ,binanın kullanım amacını, binanın ısıtılmasını, soğutulmasını, iklimlendirilmesini, havalandırılmasını, aydınlatma enerjisini ve sıhhi sıcak su temini için kullanılan enerjinin miktarını (kWh/yıl), tüketilen her bir enerji türüne göre yıllık birincil enerji miktarını (kWh/yıl), binaların kullanım alanı başına düşen yıllık birincil enerji tüketimini, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırır. Nihai enerji tüketiminin oluşturduğu sera gazı emisyonlarının, kullanım alanı başına yıllık miktarını (kg CO_2/m2-yıl), binaların kullanım alanı başına düşen yıllık sera gazı emisyon salımını, A ile G arasında değişen bir referans ölçeğine göre sınıflandırır. Ayrıca, binanın tüketim değeri, birincil enerji tüketimine göre enerji sınıfını, nihai enerji tüketimine göre CO_2 salım sınıfını ve binanın yenilenebilir enerji kullanım oranını gösterir. Yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden sonra yapı ruhsatı alan binalar yeni bina olup EKB hazırlanması zorunludur. Yeni binaların enerji sınıfı ve CO_2 salım sınıfı en az C olmalıdır. Enerji Kimlik Belgesi yapı kullanım izninin bir parçasıdır. Yönetmelik kapsamında Enerji Kimlik Belgesi düzenleyen kişi, kurum ve kuruluşların eğitim ve denetim faaliyetlerinin düzenlenmesi amacıyla; güncel Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarının Eğitim ve Denetimlerine Dair Tebliğ, 07.01.2021 tarihinde yayımlanmıştır. Ayrıca, Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ, 01.11.2017 tarihinde güncellenmiştir. Günümüze kadar gelen EKB sayısı incelendiğinde; EKB alan yeni bina sayısı 1.010.202, mevcut bina sayısı ise 330.734 adettir. 2022 Ocak ayına kadar; A sınıfı EKB alan bina sayısı 3.235, B sınıfı EKB alan bina sayısı 311.752 ve C sınıfı EKB alan bina sayısı 912.252'dir. Ocak 2022'ye kadar EKB alan binalar içerisinde yenilenebilir enerji kullanan bina oranı %4.8'dir (ÇŞİDB, 2008a).

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları; binalarda net ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarının ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesi için hazırlanmıştır (TSE, 2008).

Merkezi Isıtma Ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma Ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik; 14.04.2008 tarihinde yürürlüğe girmiş olup BEP

Yönetmeliğine göre 2000 m^2 üstü binalarda merkezi ısıtma sisteminin bulunması zorunludur. Yönetmeliğin amacı; mevcut ve yeni yapılacak birden fazla bağımsız bölüme sahip merkezî veya bölgesel ısıtma sistemli ve sıhhî sıcak su sistemli binalarda, ısıtma ve sıhhî sıcak su giderlerinin, bağımsız bölüm kullanıcılarına paylaştırılmasına ilişkin usûl ve esasları belirlemektir. Bu yönetmelik kapsamında, 164 adet Yetkilendirilmiş Ölçüm Şirketi bulunmaktadır. Yetkilendirilmiş Ölçüm Şirketi, bina sahibi, bina yöneticisi, bina yönetim kurulu veya enerji yöneticisinin ölçümleri yapabilecek yeterli personel ve donanıma sahip olmadığı durumlarda, ölçüm yapmak üzere ÇŞİDB tarafından yetki belgesi verilmiş tüzel kişileri tanımlar. Söz konusu Yönetmelik sayesinde her bağımsız bölüm daha kontrollü ısı ve sıcak su tüketecek, kullandığı kadar enerji ücreti ödeyecektir. Isı kontrol ve ölçüm cihazlarının kullanılmaya başlandığı 5 ildeki 361 adet binada bulunan toplam 11.000 konut dikkate alınarak yapılan kullanım öncesi ve kullanım sonrası enerji tasarruf oranlarının kıyaslamasında; ısı pay ölçüm sonrası ortalama %30 enerji tasarrufu sağlandığı anlaşılmıştır. (ÇŞİDB, 2008b)

Binalar ile Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği; 23.12.2017 tarihinde yayımlanan yönetmeliğin amacı; binalar ve yerleşmelerin doğal kaynakları ve enerjiyi verimli kullanarak çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmak için değerlendirme ve belgelendirme sistemlerinin oluşturulmasına, değerlendirme ve belgelendirme sürecinde rol alacakların görev, nitelik ve sorumluluklarının belirlenmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

Yeşil Sertifika Belgeleri, yeşil binalar ile yeşil yerleşmelerin belgelendirme sisteminin çevrimiçi olarak işletilmesi için ÇŞİDB tarafından oluşturulan yazılım programı olan, Ulusal Yeşil Bina Bilgi Sistemi (YeS-TR) vasıtasıyla hazırlanacaktır. Ayrıca; Binalar ve Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği kapsamında; yeşil sertifika uzmanı, yeşil sertifika değerlendirme uzmanı, yeşil sertifika komisyonu ve değerlendirme kuruluşunun niteliklerini, eğitim ile ilgili hususları, yeşil bina ile yeşil yerleşmelerin değerlendirmesine ilişkin şartları kapsayan değerlendirme kılavuzlarını ve denetlemelere ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla 09.06.2021 tarihinde Binalar İle Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Uygulama Tebliği yayımlamıştır. Uzmanların eğitimi ve kuruluşların yetkilendirilmesini müteakip, sertifikalar düzenlenmeye başlanacaktır. Yeşil Sertifika hazırlanması gönüllülük esasına dayanmakta olup 2022 yılı için 10 adet sertifika düzenlenmesi hedeflenmektedir (ÇŞİDB, 2017).

Enerji İle İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik; 07.10.2010 tarihinde yayımlanmıştır. Yönetmeliğin amacı; enerji ile ilgili ürünlerin piyasaya arz edilebilmesi veya hizmete sunulabilmesi için, bu ürünlerin tasarımında uyulması zorunlu olan şartların çerçevesini belirlemek suretiyle enerji verimliliğini, çevre koruma düzeyini ve enerji arz güvenliğini artırarak sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmaktır. (ÇŞİDB, 2022)

Enerji Etiketlemesi Çerçeve Yönetmeliği; 02.03.2021 tarihinde yayımlanmıştır. Yönetmeliğin amacı, piyasaya arz edilen ya da hizmete sunulan enerji ile ilgili ürünler için bir çerçeve oluşturarak, bu ürünlerin etiketlenmesi ve enerji verimliliğine, kullanım sırasında enerji ve diğer kaynakların tüketimine ilişkin standart ürün bilgilerinin ve bu ürünlere ilişkin tamamlayıcı bilgilerin sağlanması yoluyla, müşterilerin enerji tüketimini azaltması için daha verimli ürünler seçmelerini sağlamaktır. Piyasaya arz edilen ya da hizmete sunulan enerji ile ilgili ürünlere ilişkin tedarikçi, satıcı ve yetkili kuruluşların yükümlülüklerini, ürünlerin piyasa gözetimi, denetimi ve kontrolü, risk teşkil eden ürünlere ulusal düzeyde müdahale etme usulünü, koruma önlemleri usulünü, etiketlerin uygulamaya konulması ve yeniden sınıflandırılması ile uyumlaştırma standartlarına ilişkin diğer iş ve işlemleri kapsar (ÇŞİDB, 2021).

6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun 7 nci maddesi gereğince; 6306 Sayılı Kanun Kapsamında "Hak Sahiplerince Bankalardan Kullanılacak Kredilere Sağlanacak Faiz Desteğine İlişkin Kararda Değişiklik Yapılmasına Dair Karar"ın yürürlüğe konulmasına karar verilmiştir. Buna göre; sağlanacak faiz desteği belirli koşul ve limitlere göre uygulanır. Faiz desteği oranı ile kredi anapara tutarı üst limiti, kredinin sağlandığı tarihteki değerler esas alınarak kredinin ömrü boyunca uygulanır ve değiştirilmez. Bu Karar uyarınca, kullandırılacak faiz destekli kredilerde sağlanan faiz desteği oranı, 05/12/2008 tarihli ve 27075 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında B sınıfı Enerji Kimlik Belgesine sahip binalar için 50 baz puan, A sınıfı Enerji Kimlik Belgesine sahip binalar için ise 100 baz puan artırılarak uygulanır (ÇŞİDB, 2012).

4.2.2. Türkiye'de Yapılan Faaliyetler ve Projeler

Binalarda enerji verimliliğini sağlamak ve beraberinde sera gazı emisyonlarını da azalmak için hazırlanan temel kitapçık ve rehberler bulunmaktadır. Isı Yalıtım Kılavuzu ile binalarda yapılacak ısı yalıtım uygulamaları hakkında bina sakinlerine ve uygulayıcılara bilgi verilmektedir. Isı Paylaşım Sistemi Ve Kullanılan Ekipmanlar İçin Kılavuz ile kullanılan ekipmanlar ve ısı paylaşımı ile ilgili pratik bilgiler verilmektedir. Ayrıca; IPA II bünyesinde gerçekleştirilen "Binalarda Enerji Performansını Geliştirmek için Teknik Yardım Projesi" kapsamında; Binalarda Enerji Sistemleri ve Ölçüm Yöntemleri, Çevre Dostu Binalarda Enerji Verimliliği Örnek Uygulamaları, Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri kitapçıkları hazırlanmıştır. Enerji Verimliliği Proje Kontrol Formu Açıklama Kılavuzu, Termal Kamera İle Bina Isı Kayıplarının Görüntülenmesi Uygulama Esasları Kılavuzu, Mevcut Binalara Isı Yalıtım Uygulama Aşamaları Kılavuzu, binalarda enerji verimliliğinin sağlanmasına yönelik farkındalık arttırıcı, hem kamuyu, hem uygulayıcıları bilgilendirmeye yönelik pratik kitapçıklardır.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB), Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü ve Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (GIZ) tarafından yürütülmüş olan "Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Projesi" kapsamında gerçekleştirilen; ÇŞİDB ve Milli Eğitim Bakanlığı'nın işbirliği ile Kırıkkale Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi'nin "Kırıkkale İli Mehmet Akif Ersoy Anadolu Lisesi Eğitim Binası ve Eklentilerinin, Bakım-Onarım, Enerji Verimliliği ve Güçlendirme Yapımı" inşaat işi için projelerin tasarımı hazırlanmış, ulusal bütçe ile inşaat işi tamamlanmıştır. Projenin temel hedefi; deprem güçlendirme ve enerji verimliliğinin kamu okullarında uygulanabilirliğinin arttırılmasıdır.

Proje çıktılarından biri olarak hazırlanan Kamu Binalarının Enerji Verimli Yenilemesine Yönelik Rehber; Türkiye'nin mevcut bina stoğunun yenilenmesine ışık tutacak, kamu sektörü ve özel sektörde binalarda enerji verimliliği üzerine çalışan uzmanların teknik kapasitesinin geliştirilmesini destekleyecek niteliktedir.

Projenin diğer bir çıktısı olan Enerji Verimliliği Teknoloji Atlasında, Türkiye'nin bina sektörü açısından enerji verimliliği teknolojileri ile ilgili potansiyeli, yenilenebilir enerji teknolojileri de dahil olmak üzere incelenmiştir. Projenin yasal bağlamda bulunan boşlukları kapatmayı hedefleyen çıktısı; Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (NSEB) İçin Rehber'dir.

Hazırlanan bu rehber ile Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar ile ilgili Türkiye'nin yol haritasının belirlenmesi ve ileride hazırlanması planlanan NSEB ile ilgili yasal mevzuatın temelini oluşturması planlanmaktadır (ÇŞİDB, 2019).

16.08.2019 tarih ve 30860 sayılı Resmi Gazete'de 2019/18 Kamu Binalarında Enerji Tasarrufu konulu Cumhurbaşkanlığı Genelgesi yayımlanmıştır. Bu Genelge kapsamında yürütülecek iş ve işlemlerin tanımlanması amacıyla, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından "Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi" yayınlanmıştır. Bu Genelge kapsamına giren kamu kurum ve kuruluşlarının enerji tüketimleri ile yıllara sari sağlanan tasarruf miktarlarını her yıl Mart ayı sonuna kadar ETKB'ne sunulmaktadır (ETKB, 2020b).

Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Projesi (KABEV Projesi), Dünya Bankası tarafından fonlanacak Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın mali güvencesinde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü (YİGM) tarafından Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) desteği ile uygulanacaktır.

Projede öngörülen iyileştirme önlemleri bina dış cephe iyileştirmesi (dış cephe, çatı yalıtımları, pencere ve kapı değişimleri), ısıtma / soğutma sistemlerinin değiştirilmesi, güneş enerjisi ile sıcak su elde edilmesi, pompalar / fanlar ve aydınlatma elemanlarının enerji verimliliği yönünden iyileştirilmesi ve bazı yenilenebilir enerji uygulamalarını (PV panelleri, güneş enerjili su ısıtma, jeotermal ısı pompaları) içerecektir. Proje yatırımları öncelikle yüksek enerji tüketimi ve daha kısa geri ödeme süreleri olan kamu binalarına odaklanacaktır.

KABEV Projesi, yaklaşık 500-700 kamu binasının yenilenmesini sağlayacak ve yılda 1000 kamu çalışanına ve 5000 vatandaşa ulaşacaktır. Proje, sadece kamu binalarının enerji tüketimini azaltmakla kalmayacak, aynı zamanda bir dizi iletişim araçları ile toplumun bilinçlendirilmesini ve geliştirilmesini kolaylaştıracaktır. Enerji verimli olarak yenilenmiş kamu binaları, aynı zamanda sağlıklı ve verimli çalışma üzerinde olumlu etkisi olan daha yüksek konfor koşullarına da katkıda bulunacaktır (ÇŞİDB, 2018). Projeye ilişkin daha detaylı bilgilere https://kamuenerji.csb.gov.tr/proje-hakkinda-genel-bilgi-i-96445 adresi üzerinden erişim sağlanabilmektedir.

Belediyeler ve Üniversiteler için Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği alanında Teknik Yardım Desteği Projesi (YEVDES); Projesi kapsamında, Belediye ve Üniversitelerden 800 kişiye eğitim verilecek, 80 adet enerji verimliliği etüdü, 80 adet yenilenebilir

enerji fizibilitesi yapılarak, 20 adet projenin hayata geçmesi için detaylı teknik destek sağlanacak, 12 adet AR-GE projesine uzman ve saha ziyareti desteği verilecektir (ETKB, 2021a). Projeye ilişkin detaylı bilgilere ve duyurulara https://yevdes.org/ adresi üzerinden erişim sağlanabilmektedir.

4.2.3. Türkiye'de NSEB (Neredeyse Sıfır Enerjili Bina) Çalışmaları

Avrupa Birliği Binalarda Enerji Performansı Direktifi'nde (EPBD) Neredeyse Sıfır Enerjili Bina (NSEB) "çok yüksek enerji performansına sahip bir bina" olarak tanımlanmaktadır. 15.12.2021 tarihinde yayımlanan EPBD için hazırlanan revizyon önerisinde, Madde 2'de sıfır emisyonlu binanın yeni bir tanımı yapılmıştır. Yeni tanıma göre; "Enerji verimliliği çok yüksek olan ve halen gerekli olan çok küçük miktardaki enerjinin, teknik olarak mümkün olduğunda bina veya bölge düzeyinde tamamen yenilenebilir kaynaklardan karşılandığı bir bina" sıfır emisyonlu bina tanımıdır.

BEP Yönetmeliği'nde, 19.02.2022 tarihinde yapılan değişiklikle, Türkiye özelinde yapılan tanım; "Yüksek enerji performansına ve aynı zamanda belli oranda yenilenebilir enerji kullanımına sahip olan bina " olarak ifade edilmektedir. Buna göre;

- 2023 yılı itibariyle toplam yapı inşaat alanı 5000 m2 ve üzeri olan binaların enerji kimlik belgesinin B sınıfı veya daha iyi olması ve aynı zamanda en az %5 yenilenebilir enerji kullanımına sahip olması zorunludur. Aynı şekilde 2025 yılı itibariyle toplam yapı inşaat alanı 2000 m2 ve üzeri olan binaların enerji sınıfının B sınıfı veya daha iyi olması ve aynı zamanda en az %10 yenilenebilir enerji kullanımına sahip olması zorunludur.

- NSEB'i sağlayan binalara düzenlenen enerji kimlik belgesinde bu durum belirtilir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü ve Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu (GIZ) tarafından yürütülmüş olan "Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Projesi kapsamında gerçekleştirilen, "Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (NSEB) İçin Rehber" dokümanda ise; bina tipolojileri, mekanik sistemler, bina zarfı (yalıtım ve pencere), yenilenebilir enerji sistemleri göz önünde bulundurularak hazırlanan senaryolarda; %10-%17 aralığında enerji miktarlarında azalma olduğu görülmüştür.

4.2.4. Kentsel Karbon Ayak İzinin Bina Sektörü Bazında Değerlendirmesi

Karbon ayak izi birim karbondioksit cinsinden ölçülen, kurum veya bireylerin ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi vb. faaliyetlerinden kaynaklanan toplam sera gazı emisyon miktarıdır. Karbon ayak izi; doğrudan/birincil ayak izi ve dolaylı/ikincil ayak izi olmak üzere iki ana parçadan oluşur. Birincil ayak izi, evsel enerji tüketimi ve ulaşım (karayolu, havayolu vs.) dâhil olmak üzere fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO_2 emisyonlarının ölçüsüdür. İkincil ayak izi ise; kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsü itibariyle oluşan, bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO_2 emisyonlarının ölçüsüdür.

Türkiye'de oluşan karbon ayak izinin en büyük bileşeni konutlardır. Bu durumun nedeni, konutlarda ısıtma ve pişirme amaçlı kullanılan doğalgaz ve kömür ve ayrıca dolaylı emisyon kaynağı olarak dile getirebileceğimiz elektrik kullanımıdır.

Bu durumun önüne geçip, karbon ayak izini azaltmak için yapılabilecek çalışmalar ise; yenilenebilir enerji kaynaklarının miktarının arttırılması, elektrik enerjisinin gündelik hayatta kullanımını arttırma, bunun için altyapı çalışmalarının yapılması, bilgilendirme ve farkındalık çalışmaları ile kişilerin yaşam tarzlarını değiştirmelerini sağlama ve konutlarda kullanılan elektrikli ev aletlerinin kullanımına yönelik farkındalıkların oluşturulması olarak değerlendirilebilir (Haksevenler, 2020).

4.2.5. Üst Politika Dokümanları

Ulusal Katkı Beyanı

Türkiye Cumhuriyeti, 1/CP.19 ve 1.CP/20 sayılı kararlar uyarınca, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin (BMİDÇS) 2.maddesinde yer alan temel hedefini sağlamaya yönelik olarak niyet edilen ulusal katkısını (INDC) ve ilgili bilgilerini sunmaktadır.

Niyet Edilen Ulusal Katkı ile yürütülmesi öngörülen binalar ve kentsel dönüşüm alanlarına yönelik plan politikalar aşağıda sıralanmaktadır:

- Yeni yapılan konut ve hizmet binalarının Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği'ne uygun enerji etkin olarak inşa edilmesi,

- Yeni ve mevcut binaların Enerji Kimlik Belgesi oluşturularak, enerji tüketimlerinin ve sera gazı emisyonlarının kontrol altında tutulması ve metrekare tüketimlerinin yıllara bağlı olarak azaltılması,

- Yeni ve mevcut binalarda uygulanacak olan birincil enerji kaynaklarının tüketimini azaltan tasarım, teknolojik cihazlar, yapı malzemeleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik kanallarının geliştirilmesi (kredi, vergi azaltımı, vb.)

- Yeşil Bina, pasif enerji, sıfır enerjili ev tasarımlarının yaygınlaştırılarak enerji ihtiyacının minimuma indirilerek, enerjinin tüketildiği yerde üretilmesinin sağlanması (ÇŞİDB, 2015).

11. Kalkınma Planı (2019-2023)

On Birinci Kalkınma Planı "daha fazla değer üreten, daha adil paylaşan, daha güçlü ve müreffeh Türkiye" vizyonuyla uzun vadeli bir perspektif sunmaktadır. Bu vizyon kapsamında bina sektöründeki hedefleri aşağıdaki gibidir;

- Daha verimli ve kendi enerjisini üreten binalar yaygınlaştırılacaktır.

- Mevcut binalarda enerji verimliliğini teşvik edici desteklemeler yapılacaktır.

- Ulusal Yeşil Bina Sertifika Sistemi kurulacaktır.

- Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Projesi uygulanacaktır.

- Konut üretiminde kalite, sağlamlık, erişilebilirlik, enerji verimliliği, afetlere dayanıklılık standartları geliştirilecek ve her aşamada gözetilecektir.

- Dar gelirliler başta olmak üzere, herkesin yeterli, yaşanabilir, dayanıklı, güvenli, kapsayıcı, ekonomik olarak karşılanabilir, sürdürülebilir, iklim değişikliğine dirençli, temel altyapı hizmetlerine sahip konuta erişiminin sağlanması temel amaçtır.

- Sera gazı emisyonuna sebep olan binalar ile enerji, sanayi, ulaştırma, atık, tarım ve ormancılık sektörlerinde emisyon kontrolüne yönelik Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanı çerçevesinde çalışmalar yürütülecektir. (SBB, 2019)

İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010-2023)

Belgenin ulusal vizyonu, Türkiye'nin iklim değişikliği kapsamındaki ulusal vizyonu, iklim değişikliği politikalarını kalkınma politikalarıyla entegre etmiş, enerji verimliliğini yaygınlaştırmış, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmış, iklim değişikliğiyle mücadeleye özel şartları çerçevesinde aktif katılım sağlayan ve yüksek yaşam kalitesiyle refahı tüm vatandaşlarına düşük karbon yoğunluğu ile sunabilen bir ülke olmaktır. Bu kapsamda; enerji sektörünün bina konusunda kısa vadede gerçekleştirmeyi planladığı hedefler aşağıdaki gibidir;

- Binalarda enerji verimliliği potansiyeli tespit edilecek ve bu potansiyel maksimum ölçüde gerçekleştirilecek, sanayi ile işbirliği içerisinde enerji verimliliğini sağlayacak yapı malzemeleri ve teknolojilerine yönelik öncelikli projeler belirlenecektir.

- Mevcut binalarda "Enerji Kimlik Belgesi" uygulaması için altyapı hazırlanacak ve ısı yalıtımı ve diğer verimlilik artırıcı uygulamalar teşvik edilecektir.

- Yerleşmelerde ve binalarda yağmur suyunun biriktirilmesi ve değerlendirilmesi ile geri dönüşümüne yönelik stratejiler belirlenecek ve teknolojiler geliştirilecektir. (ÇŞİDB, 2010).

İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023)

Eylem planında bina sektörü ile ilgili amaçları; binalarda enerji verimliliğinin arttırılması binalarda yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ve yerleşmelerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasıdır. Amaçlar kapsamında oluşturulan hedefler ise;

- 2023 yılında en az 1 milyon konut ile toplam kullanım alanı 10 bin metrekarenin üzerindeki ticari ve kamu binalarında standartları sağlayan ısı yalıtımı ve enerji verimli sistemlerin oluşturulması,
- 2017 yılına kadar bütün binalarda, Binalarda Enerji Performansı (BEP) Yönetmeliği ve diğer enerji verimliliği yönetmeliklerinin etkin olarak uygulanması,
- Binalarda, 2013 yılı sonuna kadar enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve BEP ile ilgili olarak gerekli finansal desteği sağlayacak araçların geliştirilmesi,
- 2017 yılına kadar tüm binalara "Enerji Kimlik Belgesi" verilmesi,
- Kamu kuruluşlarının bina ve tesislerinde, yıllık enerji tüketiminin 2015 yılına kadar %10 ve 2023 yılına kadar %20 azaltılması,
- 2017 yılından itibaren yeni binaların yıllık enerji ihtiyacının en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi,
- 2023 yılına kadar yeni yerleşmelerde yerleşme ölçeğinde sera gazı emisyonlarının (pilot olarak seçilen ve sera gazı emisyon miktarı 2015 yılına kadar belirlenen) mevcut yerleşmelere göre en az % 10 azaltılması (ÇŞİDB, 2011).

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023)

Belge; enerji verimliliği, enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, iklim değişikliği ile mücadelenin etkinliğinin artırılması ve çevrenin korunması gibi ulusal stratejik hedefleri tamamlayan bir kavramdır. (ETKB, 2012)

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023)

Türkiye'nin hızla büyüyen ve dönüşen yapı stoğu bulunmaktadır. Bu kapsamda, hem yeni yapılacak binaların daha verimli olması hem de mevcut binaların iyileştirilmesi ile önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Ayrıca bina ve hizmetler sektörü, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ve yerinde üretim alanlarında da önemli bir potansiyel barındırmaktadır. Bu kapsamda, Eylem Planında bina ve hizmetler sektörüne ilişkin 12 adet eylem bulunmaktadır.

- İnşaat sektöründe kullanılan malzeme ve teknolojiye ilişkin en iyi uygulamaların tespiti ve paylaşılması,
- Binalar için enerji tüketim verilerini de içeren bir veri tabanı oluşturulması,
- Kamu binaları için enerji tasarrufu hedefi tanımlanması,
- Belediye hizmetlerinde enerji verimliliğinin artırılması,
- Mevcut binaların rehabilitasyonu ve enerji verimliliğinin geliştirilmesi,
- Merkezi ve bölgesel Isıtma/Soğutma Sistemlerinin kullanımının özendirilmesi,
- Mevcut binaların Enerji Kimlik Belgesi sahiplik oranının artırılması,
- Sürdürülebilir Yeşil Binalar ile Yerleşmelerin belgelendirilmesinin özendirilmesi,
- Yeni binalarda enerji verimliliğinin özendirilmesi,
- Mevcut kamu binalarında enerji performansının iyileştirilmesi,
- Binalarda yenilenebilir enerji ve kojenerasyon sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması,

- KOBİ niteliğindeki binalara yönelik enerji verimliliği etüt programları ve etütler için kaynak tahsisi (ETKB, 2017).

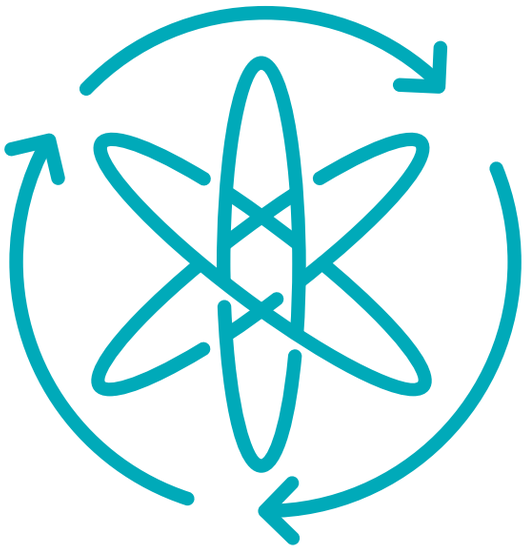
Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (2013-2023)

Yenilenebilir Enerji Ulusal Eylem Planının (YEEP) amacı; Türkiye'de yenilenebilir enerjinin geliştirilmesini teşvik etmeye yönelik stratejileri oluşturmaktır. Hedefleri;

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının, enerjinin verimli kullanımının ve temiz kömür teknolojilerinin teşvik edilmesi,
- Sera gazı emisyonlarının azaltılması,
- Biyokütle/biyogaz potansiyelinden yararlanılması (özellikle su, atık su ve katı atık altyapı tesislerinde),
- İklim değişikliği ve çevre dostu enerji teknolojileri konularında eğitim ve bilinçlendirme çalışmalarının yapılmasıdır (ETKB, 2013).

Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021-2031)

"Yeşil Mutabakat Eylem Planı", uluslararası ticaret ve ekonomide meydana gelen değişim ve dönüşüm karşısında ülkemizin kalkınma hedefleri doğrultusunda sürdürülebilir ve kaynak-etkin bir ekonomiye geçişini desteklemeyi amaçlamaktadır. Ulusal sürdürülebilir tüketim ve üretim eylem planının hazırlanması kapsamında; döngüsel ekonomi ile sürdürülebilir tüketim ve üretim kavramında yer verilen değer zincirlerinden "gıda, balıkçılık ve tarım", "konut ve inşaat", "tüketici ürünleri imalatı" ile "turizm" özelinde sektörlerin çalışılması hususunda çıktı elde etmek çeşitli ihtisas çalışma grupları kurulmuştur. İnşaat sektörü bazında oluşturulan ihtisas çalışma grubu ile, bina sektöründe emisyon azaltımı, atıkların geri kazanım, geri dönüşüm ve bertarafı, sürdürülebilir üretim ve tüketimin göz önünde bulundurulması hedeflenmektedir (Ticaret Bakanlığı, 2021).



4.3. Tespit Edilen Sorun Alanları

Azaltım 2 komisyonu faaliyetleri çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucu binalar sektörüne yönelik tespit edilen sorun alanları 3 başlıkta ele alınmıştır.

Mevcut binalara yönelik sera gazı emisyonu azaltımı bağlamında tespit edilen sorun alanları aşağıda listelenmektedir:

- Mevcut Binaların enerji kimlik belgesi almasını sağlayacak yaptırım/teşvik bulunmamaktadır.
- Mevcut bina stoğunun yenilenmesi için "sosyal iklim fonu" özelliklerini de barındıran finansman ve teşvik mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Mevcut binaların enerji verimli tadilatları için yol haritası bulunmamaktadır. Binaların işletiminde harcanan enerji miktarı azaltmak için halkın farkındalığın arttırılması, bilgilendirilmesi yönünde çalışmalar yapılmalıdır.
- Binalarda su kullanımında verimlilik sağlanmalıdır.
- Binaların yapımı, yıkımı sırasında oluşan inşaat atıklarının zararsız hale getirilmesi için çalışmalar yapılmalıdır.
- Bina işletmeye alınmadan önce evsel atıklar içinde ayrıştırmanın sağlanabilmesi için bir alt yapının oluşturulmalıdır.

- Binalar ile ilgili teknik bir veri tabanı oluşturulmalıdır.

Yeni binalara yönelik sera gazı emisyonu azaltımı bağlamında tespit edilen sorun alanları aşağıda listelenmektedir:

- Yeni yapılacak olan binalarda NSEB (neredeyse sıfır enerjili binalar)'in kullanımı için zemin hazırlanmalıdır.
- Ülkemiz için geliştirilen yeşil bina/yerleşme sertifikasının yaygınlaştırılmalıdır.
- Yeni binalarda NSEB, yeşil bina yapılması durumunda ulusal/uluslararası teşvik, kredi vb. finans desteği sağlanmalıdır.
- Ahşabın ve diğer ağaç türlerinin yapı malzemesi olarak bina yapımındaki kullanım payı yeterli değildir.
- Binalarda yağmursuyu toplama ve depolama sisteminin zorunluluğu geliştirilmelidir. (Gri su ve şebeke suyu ile ilgili konularla birlikte değerlendirilecektir.)
- Binalarda yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımı arttırılmalıdır.

Mevcut ve Yeni Binalar İçin Ortak Sorun Alanları aşağıda listelenmektedir:

- Binalardan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması gerekmektedir.
- Türkiye'de Emisyon Ticaret Sisteminin (ETS) oluşturulması için mevcut durumun net bir şekilde yansıtılması gereklidir.

4.4. İklim Şurası Kararları

1. Binalarda enerji verimliliğini ve yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak için karbon fiyatlandırma temelli, mevcut binalarda teşvik/destek mekanizmaları, yeni binalarda ise kredi/vergi desteği mekanizmaları ve gerekli finansal altyapı oluşturulmalıdır.

2. Binaların enerji ihtiyacının sınırlandırılmasına, sınırlandırılan bu ihtiyacın yenilenebilir enerjiden karşılanmasına yönelik olarak yeşil bina/yerleşme için yeşil sertifika ve NSEB (Neredeyse Sıfır Enerjili Bina) ile ilgili mevzuat altyapısı iyileştirilmelidir.

3. Binaların tüm planlama, inşaat ve yaşam döngüsü boyunca mevcut en iyi teknikleri kullanan, kaynak ve enerji verimliliğini arttıran çevresel etkilerini ve karbon emisyonunu azaltacak şekilde, bütünleşik bina tasarım ve yapı bilgi modellemesi (BIM) ve modüler inşaat teknolojilerinin kullanımı geliştirilmeli ve teşvik edilmelidir.

4. Binalarda su verimliliği ile ilgili mevzuat oluşturulması, gri su kullanımının teşvik edilmesi, yağmur suyu kullanımı ile sıfır atık sisteminin kurulması zorunluluğu getirilmelidir.

5. Ülkemizin bina stokunun netleşmesi ve bina stokuna ait iklim değişikliğine etkisi olabilecek verilerin toplanması için bir bina veri tabanı oluşturulmalıdır.

6. Çevre dostu yapı malzemelerinin, enerji tasarruflu ve çevreye duyarlı ürünlerin bina yapımındaki kullanım payının arttırılması için altyapı (teknik altyapı, farkındalık ve bilinç) geliştirilmelidir.

7. Binanın yapımı ve yıkımı sırasında ortaya çıkan inşaat atıkları kaynak verimliliği açısından döngüsel ekonomiye uygun bağlamda değerlendirilmelidir.

8. Binaların sürdürülebilir üretime ve tüketime, yeşil kalkınmaya, sosyal entegrasyona uyum ve çevresel bütünlüğe katkısını arttırmak için mevzuat geliştirilmeli ve tüm taraflarla ortak çalışma yürütülmelidir.

KAYNAKÇA

Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu (2022). Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu Web Sayfası. Erişim adresi https://www.avrupa.info.tr/tr/enerji-abnin-hedefleri-58

Government UK. (2021) Net Zero Strategy,

Erişimadresihttps://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1033990/net-zero-strategy-beis.pdf

Canadian Consulting Engineer. (2021, Mart 29). Canadian Consulting Engineer Web sitesi: https://www.canadianconsultingengineer.com/

Commission, E.(2021a) Fit for 55, Erişim adresi https://ses.jrc.ec.europa.eu/eirie/en/news-and-events/news/fit-55-major-step-towards-decarbonized-eu-2050

Commission, E. (2021b). European Union Resmi websitesi. European Union Resmi websitesi: Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en

Commission, E. (2021c). European Union Resmi websitesi: erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/social-climate-fund_en

Commission, E. (2021d). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the enegy performance of buildings. Brussel.

ÇŞİDB. (2008a). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. Ankara.

ÇŞİDB. (2008b). Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik. Ankara.

ÇŞİDB. (2010). Türkiye İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010-2023). Ankara.

ÇŞİDB. (2011). İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023). Ankara.

ÇŞİDB. (2012, Mayıs 31). Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun. Ankara

ÇŞİDB. (2015 , Eylül 30). ÇŞİDB Web sitesi.Erişim adresi https://iklim.csb.gov.tr/bmidcs-ve-turkiye-i-4376

ÇŞİDB. (2017, Aralık 23). Binalar ve Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika Yönetmeliği. Ankara.

ÇŞİDB. (2018). Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Uygulamaları Projesi Web sitesi, Erişim adresi https://kamuenerji.csb.gov.tr/

ÇŞİDB. (2019). Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü Web sitesi. Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü Web sitesi. Erişim adresi https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/

ÇŞİDB. (2020). Düşük Karbonlu Kalkınma İçin Çözümsel Tabanlı Strateji ve Eylem Geliştirilmesi Teknik Yardım Projesi.

ÇŞİDB. (2021, Mart 02). Enerji Etiketleme Çerçeve Yönetmeliği. Ankara.

ÇŞİDB. (2022, Şubat 05). Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarıma İlişkin Yönetmelik. Ankara.

ETKB. (2007, Mayıs 05). Enerji Verimliliği Kanunu, Erişim adresi https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5627&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5

ETKB. (2012). Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023). Ankara.

ETKB. (2013). Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (2013-2023). Ankara.

ETKB. (2017). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2017-2023). Ankara.

ETKB. (2020a). Denge Tabloları 2020, Erişim adresi https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tablolari

ETKB. (2020b, Şubat 04). Kamu Binalarında Tasarruf Hedefi ve Uygulama Rehberi, Erişim adresi https://enerji.gov.tr/duyuru-detay?id=39 a

ETKB. (2021a, Mayıs 24). Belediyeler ve Üniversiteler için Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Teknik Destek Projesi,Erişim adresi https://yevdes.org/

European Comission. (2021, Temmuz 14). Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. Brussel.

Haksevenler, G. N. (2020). Yerel Yönetimler İçin Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi: Ümraniye Belediyesi Örneği. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 319-333.

SBB. (2019). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023). Ankara . Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı Web Si. adresinden alındı

Ticaret Bakanlığı. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021-2031).

TSE. (2008). TS 825 Isı Yalıtım Kuralları. Ankara.

TÜİK. (2021). Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri.

Whitehouse. (November,2021). The Long-Term Strategy of the United States,

Erişim adresi https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf

5. AKAKDO RAPORU

Çeşitli insan aktivitelerine bağlı olarak atmosferdeki sera gazları (CO_2, CH_4, N_2O, PCF, HCF ve SF_6) konsantrasyonun artmasına bağlı olarak dünya giderek ısınmaktadır. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 6. Değerlendirme raporuna göre Sanayi Devrimine göre Dünyanın ortalama sıcaklığı 1,1 °C artmıştır. IPCC Raporları ve bu raporlara dayanarak hazırlanan Paris Anlaşması gibi çeşitli dokümanlarda yüzyıl sonunda sıcaklık artışının 2 °C'nin altında hatta mümkünse 1,5 °C civarında tutulması gerektiği ifade edilmektedir.

Karbondioksiti atmosferden yutarak depolayan doğal veya insan yapımı sistemlerin (karbon yutağı) karbonun belirli bir süre boyunca atmosfere salınmasını engelleyen bir şekilde yakalanması süreci ile karbonun atmosferden çıkarılması ve bir depoda saklanması süreci (karbon tutma) ile atmosferdeki CO_2, karasal ekosistemlerde fotosentezle karbon olarak bitki örtüsü ve toprak bünyesinde birikebilir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında atmosferdeki sera gazını tutan herhangi bir işlem, faaliyet veya mekanizma yutak olarak adlandırılır. İnsan faaliyetleri, arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (AKAKDO) faaliyetleri yoluyla, karasal yutak alanlar, dolayısıyla karasal biyosfer sistemi ve atmosfer arasındaki CO_2 değişimi (karbon döngüsü) değiştirilebilir.

Sürdürülebilir orman yönetimi, ağaçlandırma, orman alanının artırılması, bozuk ormanların verimli ormanlara dönüştürülmesi (rehabilitasyon), orman bakımı (silvikültür), etkin orman koruma ve orman yangını yönetimi ormanların yutak potansiyelini artıran, sera gazlarını azaltım etkisi oluşturan faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerin sonuçları Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekreteryası'na raporlanan Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporu'nun Arazi Kullanım, Arazi Kullanım Değişiklikleri ve Ormancılık (AKAKDO) bölümünün ormancılık sektörünün yıllık uzaklaştırdığı CO_2 miktarlarına yansımaktadır. Ayrıca Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporu'nun AKAKDO bölümünde işlenmiş orman ürünleri kategorisinde uzaklaştırılan CO_2 yine ormancılıkla ilgili bir yutak mekanizmasıdır.

AKAKDO Sektörü Ulusal Sera Gazı Envanteri ve Raporu'nun 5 sektöründen biridir. Ulusal sera gazı envanteri sektörleri: Enerji, endüstriyel prosesler ve ürün kullanımı, tarım, (Besi hayvanı yetiştiriciliği ve gübre kullanımı emisyonları), atık ve AKAKDO' dur.

AKAKDO sektörü 6 arazi kullanımından oluşmaktadır. Bunlar; Orman Alanları, Tarım Alanları, Meralar, Sulak Alanlar, Yerleşim Yerleri, Diğer Alanlar (Kayalık, kumlu araziler)

- Ormanlar
- Tarım Alanları
- İşlenmiş Odun Ürünleri
- Meralar
- Sulak Alanlar
- Yerleşim Yerleri
- Diğer Arazi Kullanımları

AKAKDO sektöründe arazi kullanımlarına ek olarak bir de rezervuar alt sektörü odun ürünleri (kereste, panel ürünleri, kâğıt-kâğıt hamuru) vardır. AKAKDO sektörü genel olarak karbon tuttuğundan atmosferdeki emisyonu azaltmaktadır. Bu bakımdan iklim değişikliği ile mücadelede ulusal sera gazı envanteri sektörleri içinde tek yutak olan sektördür.

AKAKDO sektörü küresel sera gazı emisyonlarının atmosferden uzaklaştırılmasına (karbon tutumu) en büyük katkıyı sağlayan sektörlerden biri olmasının yanında iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı oldukça hassastır.. Bu hassasiyet verim düşüşü, orman örtüsünde azalma ve nihayetinde arazi bozulmasına neden olabilmektedir.

2021 yılı itibariyle küresel karbondioksit emisyonlarının %65'inden fazlasını ve dünya ekonomisinin %70'inden fazlasını temsil eden ülkeler Net Sıfır Emisyon hedefi taahhütlerinde bulunmuşlardır. Net Sıfır Emisyon, atmosfere salınan emisyonların yutak alanlar vasıtası ile dengelenmesi neticesinde atmosfere ilave sera gazlarının eklenmemesidir. Bununla beraber, atmosferdeki CO_2'nin bitki örtüsünde ve karasal ekosistemlerde toprakta karbon olarak birikebileceği gerçeğinden yararlanılarak atmosferdeki CO_2 oluşum hızı azaltılabilir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne göre, atmosferden bir sera gazını uzaklaştıran herhangi bir süreç, faaliyet veya mekanizma "yutak" olarak adlandırılır. İnsan faaliyetleri, arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (AKAKDO) faaliyetleri yoluyla karasal yutakları etkiler, sonuç olarak, karasal biyosfer sistemi ile atmosfer arasındaki CO_2 alışverişi (karbon döngüsü) değişir.

5.1. Dünyadaki Durum

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) AR5 raporu, iklim sisteminde insan etkisinin net olduğunu ortaya koymuşturRaporda, insan faaliyetleri sonucu iklim sistemi ne kadar bozulursa, insanlar ve ekosistemler için ciddi, yaygın ve geri döndürülemez risklerin ve uzun süreli değişikliklerin o denli fazla olabileceği vurgulanmıştır (IPCC, 2014). Altıncı ve sonuncu değerlendirme raporunu 9 Ağustos 2021'de yayımlayan IPCC, raporla uluslararası kamuoyunu iklim değişikliğinin mevcut durumu hakkında bilgilendirirken hükümetleri de iklim değişikliği ile mücadele konusunda daha hızlı ve etkili adımlar atmaya davet etmektedir. AR6 Raporuna göre, sıcaklığın tahmin edilenden çok daha hızlı bir şekilde arttığıdır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklı ısınmanın 2010-2019 arasında 1850-1900 dönemine kıyasla 1oC'den fazla arttığı belirtilmektedir. Artışın temel kaynağı olarak ise sera gazı emisyonları işaret edilmektedir. Günümüzde 195 ülkenin üye olduğu IPCC düzenli aralıklarla alanında uzman bilim insanlarınca hazırlanan iklim değişikliği değerlendirme raporlarına göre önümüzdeki 20 yıl içinde, 1,5 derecenin aşılacağının altını çiziyor. Raporaa ayrıca "İklim Sistemlerinde İnsan Etkisi" bölümü de eklenmiştir. Buna göre iklim değişikliğinin, açıkça kesin olarak insan kaynaklı olduğu belirtilmektedir.

Rapor aynı zamanda dünyanın karbon emisyonlarını ne kadar azalttığına bağlı olarak beş farklı senaryo sunmaktadır: Hızlı şekilde işleme konacak devasa azaltımlar, yoğun ama çok fazla olmayan azaltımlar, ılımlı bir azaltım senaryosu, mevcut kesinti planlarının devam ettiği az azaltımın yapıldığı bir senaryo ve son olarak karbon emisyonlarında devam eden artışları içeren bir gelecek senaryosu. Dünyanın her senaryoda 2030'da 1,5 derece ısınacağı tahmin ediliyorken, ısınmanın hızlandığı belirtiliyor (IPCC, 2021).

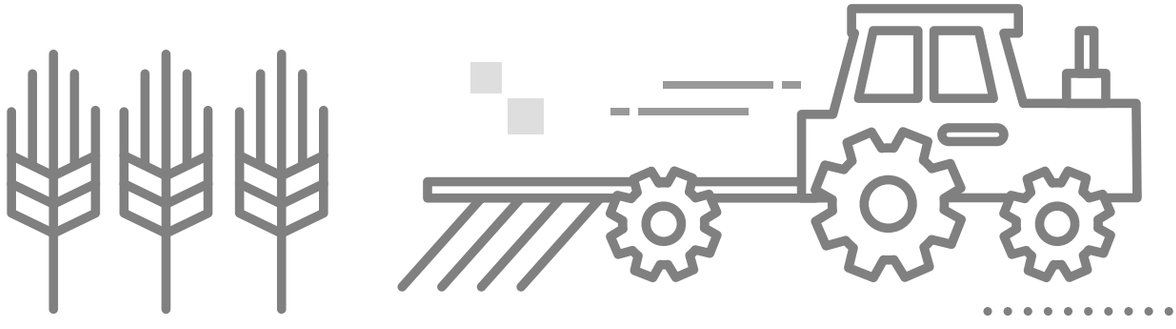
AKAKDO sektörüne bakıldığında ise 2016 yılı rakamlarına göre fosil yakıt kaynaklı emisyonlar 34.1 giga ton CO_2/yıl iken ormansızlaşma kaynaklı emisyonların 3.5 giga ton CO_2/yıl olduğu görülmektedir. Aynı yıl verilerine göre ormanların tuttuğu karbonun 11.6 giga ton CO_2/yıl olduğu görülmektedir. Bu küresel ölçekte emisyonların %31'i ormanlar tarafından tutularak atmosferden uzaklaştırıldığı anlamına gelmektedir (Grassi, 2017).

Avrupa Birliği AKAKDO sektörü sera gazı envanterine bakıldığında, 2019 yılında sektörün 243.1 milyon ton CO_2 eşdeğeri karbon tutumu yaptığı, AKAKDO sektörü alt kategorisi olan orman alanlarının ise 345.6 milyon ton CO_2 eşdeğeri karbon tutum yaptığı görülmekte olup aradaki fark (102.5 milyon ton CO_2 eşdeğeri) AKAKDO sektörü emisyonlarıdır.

BMİDÇS Ek 1 ülkeleri için ise 2019 yılı sera gazı envanteri verilerine göre AKAKDO sektörünün 1787.9 milyon ton CO_2 eşdeğeri karbon tutumu yaptığı, ormanların ise 2087.9 milyon ton CO_2 eşdeğeri karbon tutum yaptığı görülmektedir. (UNFCCC, 2022)

Paris İklim Anlaşması, New York Ormanlar Bildirgesi, Tropikal Orman İttifakı 2020 ve Bonn Mücadelesi gibi çeşitli taahhüt ve stratejiler, orman/arazi kullanımının ve doğal kaynakların azaltım ve adaptasyondaki rolünü desteklemektedir. Ayrıca BM 2017-2030 Orman Stratejik Planında, ormanların ve ilişkili ekosistemlerin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, ormansızlaşma ve orman bozulumunun durdurulması yönünde her düzeyde faaliyetler yürütülmesine yönelik küresel bir çerçeve ihtiyacının altı çizilmiştir (Gunfaus ve Waisman, 2021).

İklim değişikliği, günümüzün en geniş kapsamlı ve karmaşık çevre sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Tüm küresel değerlendirmeler National Oceanic and Atmospheric Administration (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi) , AR5 vb.) küresel ısınmanın yavaşlamadığını, aksine diğer insan kaynaklı stres kaynaklarıyla (kentleşme, hava kirliliği vb.) birleşerek etkilerini artırdığını ortaya koymaktadır. İklim değişikliği ile mücadele küresel bir çabayı gerektirmektedir. Fakat ülkelerin bu mücadeleye verdikleri katkı seviyesi çok değişkendir. BMİDÇS bunu "ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluk" adı verilen bir ilkeyle tanımlamaktadır (Wang ve ark., 2018). Dolayısıyla, Paris İklim Anlaşmasında ifade edilen düşük emisyon seviyesi hedefine doğru ilerlemenin anlaşılabilmesi için ülkelerin ve kentlerin kapasitelerine ilişkin eylemlerini karşılaştıran bir analizlere ihtiyaç vardır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamındaki potansiyel taahhüt ve yükümlülüklerini yerine getirmek için birçok ülke, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve değişen iklime uyum sağlamak için stratejilerini tanımlayan ulusal iklim değişikliği eylem planları hazırlamaktadır.



5.1.1. Politika Belgeleri

Arazi Kullanımı ve Ormancılık ile ilgili uluslararası politika belgeleri ve teknik belgeler aşağıda sıralanmaktadır:

- BM Politika Belgeleri
  - BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
  - Kyoto Protokolü
  - Paris Anlaşması
  - 2017'de BM bünyesindeki Birleşmiş Milletler Orman Forumu, BM 2030 Ormanlar için Strateji Planı (2017-2030) üzerinde anlaşmaya vardı. Plan, 6 Küresel Orman Hedefini kapsamaktadır.
  - Glasgow'da gerçekleştirilen COP26'da "Ormanlar ve Arazi Kullanımına İlişkin Glasgow Liderleri Bildirgesi" başlıklı bir başka stratejik belge üzerinde anlaşmaya varıldı. BM Stratejik planı ile aşağı yukarı aynı konulara işaret eden bildirgedir.

- IPCC
  - IPCC 5. Değerlendirme Raporu
  - IPCC 2006 Ulusal Sera Gazı Envanteri Kılavuzu
  - IPCC 6. Değerlendirme Raporu

- AB Ormanları ve Arazi Kullanım Stratejisi

AKAKDO ile ilgili konuların giderek öneminin artması , ormancılık ve tarım tecrübesi olan birçok kurum ve kuruluş arasındaki iş birliğini geliştirmiş olup, aşağıda konu ile ilgili çalışan uluslararası kuruluşlar sıralanmaktadır:.

- Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)
- Orman İş birliği Ortaklığı (CPF)
- Birleşmiş Milletler Orman Forumu (UNFF)
- Avrupa Ormanları Korunması Bakanlar Konferansı (Forest Europe)

5.1.2. Yutak Kapasitesinin Artırılmasında Tarım ve Mera Alanlarının Önemi

Toprak ile iklim değişikliği arasındaki karşılıklı ilişkiler hakkında mevcut bilgilerin incelenmesine göre yaklaşık 75 milyar tonluk organik karbon AB toprağında depolanmaktadır. Ülkemizde toplam toprak karbon stok miktarı 3,51 milyar ton olarak belirlenmiştir. Toprak C stok miktarının en fazla depolandığı alanlar orman alanları (%38,33) olup bunu %33,39 ile mera ve %26,94 ile tarım alanları izlemektedir. Sulak alanlar ve su yüzeyleri ile yapay ve çıplak alanlardaki Toprak Organik Karbonu (TOK) stokları ise Türkiye toplam TOK stokunun ancak %1.36'ün oluşturmaktadır (Toprak Organik Karbonu Projesi, 2018.).

6 arazi kullanım sınıfı için birim alandaki ortalama karbon miktarları;

- Orman Alanları için 55.68 ton C ha -1,
- Mera Alanları için 49.77 ton C ha -1,
- Sulak Alanlar ve Su Yüzeyleri için 49.71 ton C ha -1,
- Tarım Alanları için 35.96 ton C ha -1,
- Yapay Alanlar için 16.12 ton C ha -1
- Çıplak Alanlar için 12.78 ton C ha -1

olarak tahmin edilmiştir.Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneline (IPCC) göre küresel ısınmayı 2 santigrat derecenin altında tutma hedefine ulaşmak için tüm sektörlerden arazi ve gıda dâhil kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması gerektiği belirtiliyor.

Ekosistemlerin restorasyonu ve toprak kalitesinin geliştirilmesi üçlü etkili bir iklim hareketi anlamında uygun maliyetli bir tedbir olabilir. Öncelikle, büyüyen bitkiler atmosferdeki karbondioksiti ortadan kaldırır. FAO'ya[göre hâlihazırda bozulmuş toprağı kurtarmak 63 milyar tona varan miktarda karbonu ortadan kaldırabilir ve bu da küresel sera gazı emisyonlarının küçük fakat önemli bir kısmını telafi eder. İkinci olarak, sağlıklı topraklar karbonu yeraltında tutar. Üçüncü olarak da birçok doğal ve yarı doğal bölgeler iklim değişikliğinin etkilerine karşı güçlü bir savunma olarak görev yapar.

Topraklar en büyük karasal organik karbon havuzlarından biridir ve jeolojik yapıya, iklim koşullarına ve arazi kullanımı ve yönetimine (diğer çevresel faktörler arasında) bağlı olarak farklı miktarlarda TOK barındırmaktadır. TOK, arazi kullanımı ve yönetimindeki değişikliklerle toprak sıcaklığındaki ve nemdeki değişikliklere karşı oldukça hassastır. Yirminci yüzyılın son yıllarında, arazi kullanımı ve yönetimindeki değişiklikler, özellikle orman ve otlak alanlarının plansız biçimde tarıma dönüştürülmesi, küresel boyutta TOK seviyelerinde önemli bir düşüşe neden olmuştur.

Toprağa ilave olan organik karbon miktarı, topraktan ayrışma yoluyla kaybolan karbon miktarından fazlaysa toprağın organik karbon içeriği artar. TOK'unun korunması tarım alanlarında malçlama, toprak yüzeyini bitkilendirme, dengeli gübreleme ve uygun sulama gibi sürdürülebilir toprak yönetimiyle sağlanabilir.

Havadaki karbondioksiti yakalamak ve toprak karbonu olarak arazinin kapasitesini arttırmanın çeşitli yöntemleri de vardır. Bunlar aşağıda ele alınmaktadır.

Koruyucu tarım faaliyetleri (anıza doğrudan ekim, azaltılmış toprak işleme): Koruyucu Tarım; toprak tahribatının ve erozyonun önüne geçmeyi, arazilerin su, besin ve karbon döngülerini iyileştirerek agroekolojik üretkenliği onarmayı ve toprak kaynaklı ekosistem hizmetlerini ortaya çıkarmayı hedefler. Toprağın ve ona bağlı olarak tarımsal üretimin iklim değişikliğine ve hava olaylarına karşı dirençliliğini artırmak, koruyucu tarımın vurgulanan önemli noktaları arasındadır (FAO, 2018).Toprak işleme, agregatları parçaladığı için agregatlarda korunan toprak karbonunu mikrobiyal ayrışmaya açık hale getirir. Sıfır toprak işleme veya azaltılmış toprak işleme gibi toprakta karbon kaybını azaltan bazı yöntemler toprak organik karbonunu arttırır, toprak erozyonunu azaltır, toprak nemini korur ve sera gazı emisyonlarını azaltır.

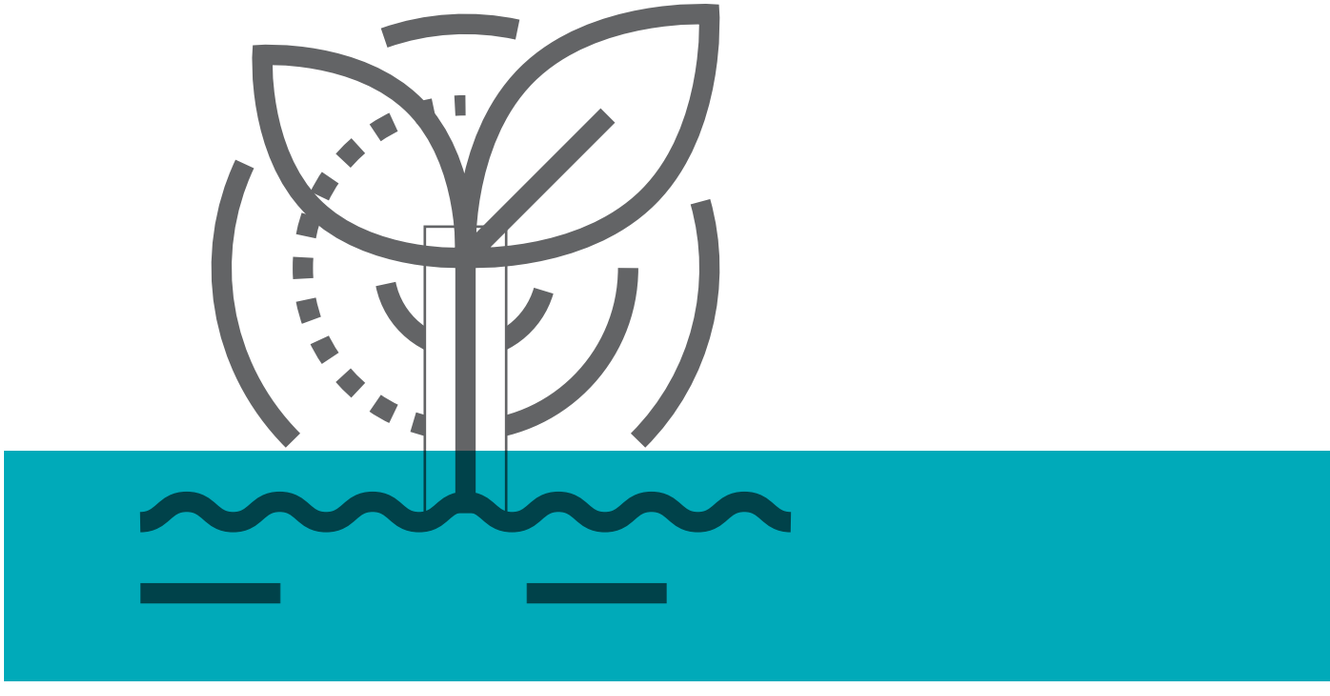
Ülkemizde özellikle tarım alanlarında toprak organik karbonu miktarı daha önce yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı diğer arazi kullanımlarına göre çok düşüktür. Bu durum tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Toprak organik karbon stok miktarı olarak tarım alanları orman ve mera alanlarından sonra alan miktarının fazla olmasına rağmen 3. sırada gelmektedir. Tarım alanlarında yapacağımız iyi uygulamalar ile tarım topraklarında organik karbon miktarını artırırken sera gazı emisyonlarının azaltılmasına da önemli katkılar sunulabilecektir. Örneğin 100 hektarlık bir tarım alanında anıza doğrudan ekim yönetimi kullanılarak 104 ton CO_2 eşd. sera gazı emisyon azaltılımı sağlanabilir.

Ekim Nöbeti: Ekim nöbeti; aynı araziye belli hedefleri gözeterek seçilmiş farklı bitkilerin, birbiri ardına ekilerek yetiştirilmesidir. Dünya Bankası'nın yaptığı çalışmalar, darıdan sonra börülce ya da soya fasulyesi ekildiğinde; aralıksız darı ekimine göre daha yüksek verim elde edildiğini göstermiştir (TWB, 2012).

Polikültür yaklaşım; Ekim nöbetinin sonuçlarından biridir ve endüstriyel tarımın getirdiği monokültür (tek tip ürün, yalın ürün) uygulamalarından farklı olarak toprak biyoçeşitliliğini, topraktaki karbon ve su döngüsünü, toprağın ve bitkilerin zararlılara ve hastalıklara karşı direncini geliştirir.

Tarımsal Ormancılık: Tarımsal ormancılık, ekinlerle (çoğunlukla tek yıllık tahıl ve bahçe bitkileri) çalıların, ağaçların ve hayvancılık sistemlerinin bir arada işletildiği bir arazi kullanım sistemidir. Toprak verimliliğini tarımsal faaliyetler için uygun bir seviyede tutabilen sistemlerin başında gelen tarımsal ormancılık; tek yıllık ve çok yıllık bitkiler ile hayvancılık için gerekli olan otlakların ilişkilerine göre orman altı otlak, koridor otlatma gibi birçok alt dala sahiptir. Yüksek toprak üstü ve toprak altı karbon depolama kapasitesine sahip olan tarımsal ormancılık, seçilecek olan bitki ve hayvan türleri doğrultusunda her iklim bölgesine uygun bir sistemdir.

Canlı Rüzgâr Perdeleri: Rüzgâr perdesi, diğer adıyla rüzgâr kıran, toprağın rüzgâr erozyonu ile kaybını engellemek için canlı bitkiler kullanılarak yapılır.



5.1.3. 2030 için Yeni AB Orman Stratejisi

2030 için Yeni AB Orman Stratejisi, Avrupa Yeşil Anlaşması'nın önde gelen girişimlerinden biridir ve 2030 için AB biyoçeşitlilik stratejisini temel alır. Strateji, AB'nin biyoçeşitlilik hedeflerinin yanı sıra 2030'a kadar en az %55 olan sera gazı emisyonu azaltma hedefine ulaşılmasına katkıda bulunacaktır. Ormanların merkezi ve çok işlevli rolünü ve ormancıların katkısını ve orman temelli değer zincirinin tamamının, 2050 yılına kadar sürdürülebilir ve iklim açısından nötr bir ekonomiye ulaşmak ve canlı ve müreffeh kırsal alanları korumak için katkısını kabul eder.

Avrupa Birliği Orman Stratejisi, sürdürülebilirlik sınırları içinde gelişen kırsal alanlar ve ormana dayalı biyo-ekonomiyi desteklemek için ormanların sosyo-ekonomik işlevlerini destekleyecektir. Ayrıca, iklim değişikliğiyle mücadele etmek, biyolojik çeşitlilik kaybını tersine çevirmek ve aşağıdaki yollarla esnek ve çok işlevli orman ekosistemlerini sağlamak için Avrupa Birliği ormanlarını koruyacak, eski haline getirecek ve genişletecektir. Strateji ile aşağıdaki hedefler hayata geçirilmektedir:

- Uzun ömürlü ahşap ürünler için sürdürülebilir orman biyoekonomisini teşvik etmek,
- Biyoenerji için odun bazlı kaynakların sürdürülebilir kullanımını sağlamak,
- Eko-turizm dâhil olmak üzere odun dışı orman temelli biyoekonomiyi teşvik etmek,
- Sürdürülebilir orman temelli biyoekonomi için becerileri geliştirmek ve insanları güçlendirmek,
- AB'nin kalan son birincil ve yaşlı ormanlarını korumak,
- İklim uyumu ve orman direnci için orman restorasyonu ve güçlendirilmiş sürdürülebilir orman yönetimi sağlamak,
- 2030 yılına kadar 3 milyar ek fidan dikmek de dahil olmak üzere biyolojik çeşitliliğe sahip ormanların yeniden ağaçlandırılmasını sağlamak,
- AB ormanlarının nicelik ve kalitesinin iyileştirilmesi için orman sahipleri ve yöneticilerine mali teşvikler sağlamak.

5.2. Türkiye'deki Durum

Yıllık sera gazı envanteri, 1990'dan beri ulusal sera gazı emisyonları ve tutumlarındaki eğilimler hakkında bilgi sağlar. Bu bilgi, iklim politikalarının planlanması ve izlenmesi için gereklidir. Ulusal Sera Gazı Envanterinin derlenmesinden Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) sorumludur. Türkiye'nin sera gazı emisyonları envanteri, İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK) kararı ile oluşturulan "Sera Gazı Emisyonları Envanteri Çalışma Grubu" tarafından hazırlanmaktadır.

Ulusal sera gazı emisyonları 2006 IPCC Kılavuzları kullanılarak hesaplanmaktadır. Emisyon Envanteri, karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), azot oksit (N_2O), florlu gazlar (F-gazları) gibi doğrudan SGE'leri içerir. Hidroflorokarbonlar (HFC'ler), Perflorokarbonlar (PFC'ler), Kükürt heksaflorür (SF6), NF3 ve dolaylı SGE'ler olarak nitrojen oksitler (NOx), metan olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC), karbon monoksit (CO) ve Sülfür dioksit (SO2) emisyonları enerji, endüstriyel süreçler ve ürün kullanımı (IPPU), tarım ve atık kaynaklıdır. Arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormancılıktan (AKAKDO) kaynaklanan emisyonlar ve tutumlar da envantere dahil edilmiştir.

Orman Genel Müdürlüğü ve Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, BMİDÇS (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) yükümlülükleri kapsamında 2006 yılından beri Ulusal Sera Gazı Envanterinin AKAKDO (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık) sektörünün yıllık sera gazı envanterini hazırlamakta ve raporlamaktadır.

Orman Genel Müdürlüğü (OGM) en son orman örtüsü verileri, ülkenin toplam 78.004.644 hektarlık alanının orman örtüsünün 22.933.000 hektar veya 2020 itibariyle yaklaşık %29,4 olduğunu göstermektedir. Bu miktarın 9.656.787 hektarlık alan boşluklu kapalı (bozuk) ormanı içermektedir. Bu durumda verimli ormanı 13.083.570 ha olarak hesaplanmaktadır.

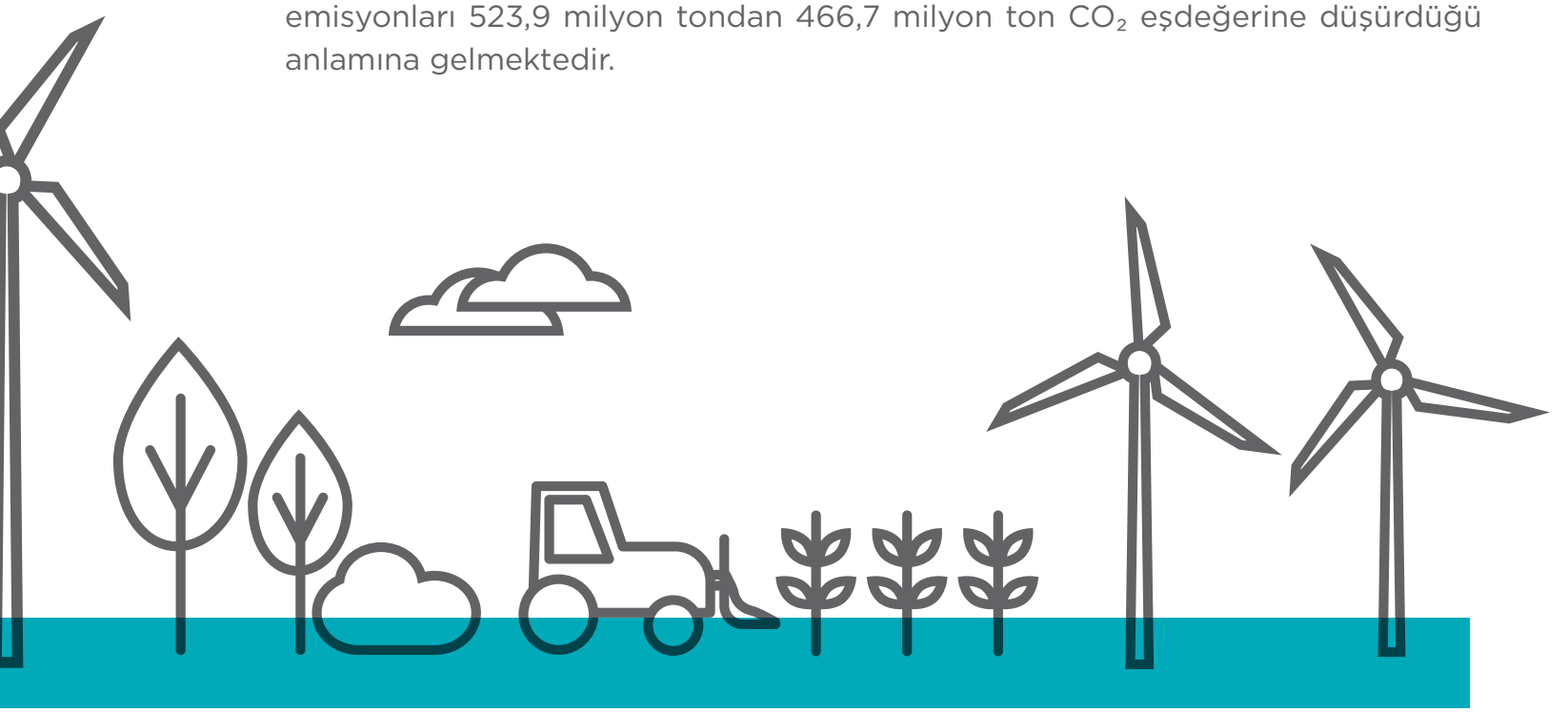
2020 yılı itibari ile Türkiye ormanlarında biriken karbon stoğu yaklaşık 2 milyar ton olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre Türkiye ormanları yıllık 43 milyon ton oksijen üretmektedir (OGM,2021).

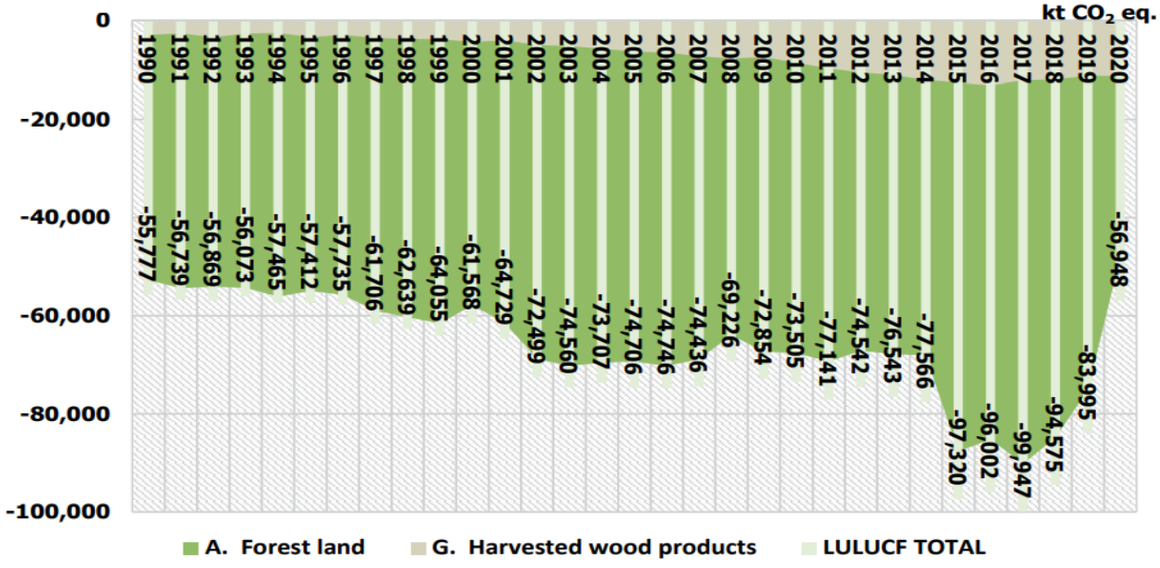
Tablo 1 Ülkemiz Ormanlarında Tutulan Karbon ve Üretilen Oksijen Miktarı

Toplam Biriken Karbon Stoğu (ton)	Oksijen Üretimi (ton/yıl)
1.990.610.714	43.365.774

AKAKDO, Türkiye'nin sera gazı envanterindeki yutak sektördür. Ulusal Sera Gazı Envanteri 2021 Raporu AKAKDO bölümünde verilmiştir. Bu verilerine göre:

- 2020 yılında 23 milyon hektar civarındaki ormanlık alanlarda yaklaşık 48,2 milyon ton CO_2 eşdeğeri tutum (+) yapılmıştır. Ormanlarımızın 2020 yılı değeri 523,9 milyon Ton CO_2 eşdeğeri olan ülke emisyonlarının %9,3 ünü tutarak azalttığı anlamına gelmektedir.
- Ayrıca İşlenmiş Odun Ürünlerimizde (kereste, yonga levha vb.) 2020 yılında 11,3 milyon ton CO_2 eşdeğeri tutum (+) sağlanmıştır.
- AKAKDO sektöründeki orman alanları harici diğer arazi kullanımlarından (ekili alanlar, meralar, sulak alanlar, yerleşim yerleri ve diğer arazi kullanımları) 2 milyon ton CO_2 eşdeğeri salım (-) olmuştur.
- Yukardaki rakamların muhasebesi yapıldığında AKAKDO sektörü toplam olarak 2020 yılında 57,2 milyon ton CO_2 eşdeğeri tutum yapmıştır. Bu AKAKDO sektörünün ülke emisyonlarının %10,9'unu tutarak azalttığı, toplam ulusal emisyonları 523,9 milyon tondan 466,7 milyon ton CO_2 eşdeğerine düşürdüğü anlamına gelmektedir.





Grafik 1 *2022 Seragazı Envanter Raporu AKAKDO Sektörü Emisyon/Tutum karbon eşdeğeri CO_2 (milyon ton/ yıl) (Türkiye Ulusal Sera Gazı Envanteri)*

Tablo 2 Türkiye'nin sera gazı emisyonlarının yıllara göre değişimi (milyon ton CO_2 eşd. /yıl) (2022 Türkiye Ulusal Sera Gazı Envanteri)

Yıl	Enerji	Endüstriyel süreçler ve ürün kullanımı	Tarım	AKAKDO (LULUCF)	Atık	Toplam (AKAKDO hariç)	Toplam (AKAKDO dahil)
1990	139,6	22,8	46,1	-55,8	11,1	219,6	163,8
1995	166,3	25,2	44,1	-57,4	12,3	248,0	190,6
2000	216,1	26,2	42,3	-61,6	14,3	299,0	237,4
2005	244,0	33,6	42,4	-74,7	17,3	337,3	262,7
2010	287,0	48,1	44,4	-73,4	19,5	399,1	325,7
2011	308,7	52,8	46,9	-77,1	19,8	428,1	351,0
2012	320,5	55,1	52,7	-74,5	19,4	447,6	373,1
2013	307,5	58,1	55,9	-76,5	18,2	439,7	363,2
2014	325,8	58,7	56,2	-77,5	18,3	459,0	381,4
2015	340,9	57,2	56,1	-97,3	19,0	473,3	376,1
2016	359,7	61,4	58,9	-95,9	19,0	498,9	402,9
2017	379,9	64,0	63,3	-99,9	17,8	525,0	425,1
2018	373,1	65,9	65,3	-94,6	18,1	522,5	427,9
2019	364,4	56,4	68,0	-84,0	17,2	506,1	422,1
2020	367,6	66,8	73,2	-83,995	16,4	523,9	439,90

Kaynak: TÜİK (2022)

Tablo 3 Yıllara göre AKAKDO Sektörü ve Alt Kategorilerinin Emisyon Azaltım Yüzdesi

Yıl	Toplam Sera Gazı Emisyonları (milyon ton eşdeğeri CO_2)	Toplam AKAKDO Sektörü (milyon ton eşdeğeri CO_2)	Toplam Orman Alanları Tutumları (milyon ton eşdeğeri CO_2)	İşlenmiş Odun Ürünleri (milyon ton eşdeğeri CO_2)	Toplam Sera Gazı Envanterinde AKAKDO Sektör Yüzdesi (%)	Toplam Sera Gazı Envanterinde Toplam Orman Yüzdesi (%)	Toplam Sera Gazı Envanterinde İşlenmiş Odun Ürünlerinin Yüzdesi (%)
1990	219.42	-55.77	-52.8	-2.95	25.41	24.07	1.34
1995	247.76	-57.38	-54.96	-3.33	23.16	22.18	1.35
2000	298.75	-61.55	-57.89	-4.3	20.6	19.4	1.44
2005	337.14	-74.65	-69.35	-6.37	22.14	20.57	1.89
2010	398.88	-73.41	-67.61	-8.33	18.4	16.95	2.08
2011	427.83	-77.08	-69.38	-9.3	18.01	16.21	2.17
2012	447.25	-74.47	-67.15	-10.08	16.65	15.01	2.25
2013	439.32	-76.49	-67.9	-10.58	17.41	15.45	2.4
2014	458.36	-77.5	-68.09	-11.6	16.9	14.85	2.53
2015	472.6	-97.26	-87.66	-12.2	20.58	18.5	2.58
2016	497.74	-95.93	-85.23	-13	19.27	17.12	2.61
2017	523.75	-99.88	-90.19	-12.11	19.07	17.2	2.31
2018	520.94	-94.56	-84.84	-12.13	18.15	16.2	2.32
2019	506.08	-83.99	-75.31	-11.18	16.59	14.98	2.20
2020	523,9	-56,843	-48,200	-11,28	10.1	14.29	1.92

Ülkemiz 2053 yılında net sıfır karbon emisyonuna ulaşmayı hedefleyen ülkelerden biridir. Net sıfır karbon emisyonu atmosferden alınan CO_2 ile atmosfere salınan CO_2 miktarının eşit olmasına denmektedir. Buna göre 2019 yılı değerleri üzerinden gidildiğinde ormanların atmosferden alarak fotosentez ile bağladığı 84 milyon ton CO_2 eşdeğeri kadar bir emisyon yapılması gerekmektedir. Bu hedefe ulaşılabilmesi için de başta enerji üretiminde kullanılan fosil yakıtlardan vazgeçilmesi gerekmektedir. Benzer şekilde sanayi, tarım ve atıklardan kaynaklanan emisyonlar da azaltılmadığı takdirde net sıfır emisyon hedefine ulaşılması oldukça güç görünmektedir. Bu nedenle enerjiden sanayiye, turizmden tarıma kadar birçok sektörde azaltım hedeflerinin ortaya konulması, ilgili kamu kurumlarının önderliğinde tüm paydaşların süreçte aktif olarak görev almasının önemi açıktır.

5.2.1. Türkiye İçin Öngörülen Senaryolar

Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz kuşağı iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ve giderek daha fazla etkileneceği düşünülen bölgeler arasında yer almaktadır. IPCC, başta Türkiye olmak üzere Balkanlar, İber Yarımadası ve Kuzey Afrika'nın ısınma oranlarının küresel yıllık ısınma oranlarına kıyasla % 40-50 daha yüksek değerlere ulaşacağını tahmin etmektedir (Francisco J. Doblas-Reyes ve ark., 2021).

Türkiye özelinde değerlendirildiğinde IPCC'nin belirlediği dört farklı senaryonun her birinde (dünya genelini olduğu gibi) Türkiye'yi de daha zorlu koşulların beklediği anlaşılmaktadır. Ortalama sıcaklık artışının 1,5oC olması halinde Türkiye'de özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesinde yıllık ortalama sıcaklık değişiminin küresel ortalama sıcaklık değişiminin üzerinde bir artış kaydedeceği öngörülmektedir. Söz konusu artış 4oC'ye yaklaştıkça yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin daha sert artış kaydedeceği düşünülmektedir (IPCC, 2021).

Küresel ısınmada meydana gelmesi muhtemel sıcaklık değişikliğinden yıllık ortalama yağış miktarlarının da etkilenmesi beklenmektedir. Dünya genelinde yağışların yüksek enlemler ve Muson bölgelerinin bazı kesimlerinde artarken Türkiye'nin yer aldığı Akdeniz kuşağında ise azalması beklenmektedir. Ortalama sıcaklığın 1,5oC artması halinde Türkiye genelinde yağışların % 1-10 azalacağı düşünülmektedir. Ortalama sıcaklığın 4 oC artması halindeyse yağışların Güney Ege ve Akdeniz'in batı ve orta kesimlerinde yüzde 20-30, Orta ve Kuzey Ege, Güney Marmara, İç Anadolu'nun güney kesimleri ve Güneydoğu Anadolu'nun büyük bir kısmında %10-20 azalacağı tahmin edilmektedir. Karadeniz ise yağış azalışından en az etkileneceği düşünülen bölgedir (IPCC, 2021).

Ortalama sıcaklık artışından toprağın da ciddi şekilde etkileneceği öngörülmektedir. Türkiye genelinde Güney Ege ve Batı Akdeniz'de daha sert olacak şekilde toprakların giderek daha fazla nem kaybetmesi ve kuraklığın artması beklenmektedir. Ortalama sıcaklığın 4oC arttığı senaryoda ise Türkiye'nin tamamında toprakların en yüksek düzeyde nem kaybına uğrayacağı düşünülmektedir.

2021 yılında yaşanan mega orman yangınlarıyla yaklaşık 10 milyon ton CO_2 eşdeğeri salımı gerçekleşmiş bu da AKAKDO sektöründe hedeflenen tutum miktarının oldukça uzağına düşülmesine neden olmuştur.

5.2.2. AKAKDO Sektörünün En Önemli Karbon Yutağı Olan Ormanların Değerlendirilmesi

Karbon yutağı ya da havuzu atmosferden karbonun alınarak depolandığı alanlardır. Bunlar başta ormanlar, denizler ve sulak alanlar olmak üzere diğer doğal ekosistemlerdir. Atmosferden CO_2'nin alınması fotosentez yapan bitkilerle olmaktadır. Bu nedenle klorofilli bitkilerin bulunduğu ormanlar ile denizler ön plana çıkmaktadır. Denizler aynı zamanda CO_2'nin karbonik asit olarak da atmosferden alınmasını sağlamaktadır. Dökülen bitki artıklarının çürüyerek humus halinde topraklar da depolanması sonucunda topraklar da önemli bir karbon yutağı haline gelmektedir. Ancak ormanlar ve diğer doğal ekosistemlerin zarar görmesi durumunda bu karbon yutakları emisyon kaynağı haline de gelebilmektedir.

Tablo 4 Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye orman alanları (OGM, 2021)

OGM	Verimli(ha)	Boşluklu kapalı (ha)	Toplam (ha)
1973	8.856.457	11.342.839	20.199.296
1999	10.027.568	10.735.680	20.763.248
2005	10.621.221	10.567.526	21.188.747
2010	11.202.837	10.334.254	21.537.091
2015	12.704.148	9.638.787	22.342.935
2020	13.264.429	9.668.571	22.933.000

Orman Genel Müdürlüğü tarafından yersel ölçmelerle belirlenen 22,9 milyon ha kadar olan orman alanlarının 13,2 milyon ha'ı kapalılığı (ağaçların tepe taçlarının toprağı örtme oranı) % 10'dan fazla olan verimli orman ve 9,6 milyon ha'ı ise kapalılığı % 10'dan aşağı olan verimsiz ormanlardan oluşmaktadır (OGM,2021).

Burada dikkat edilecek nokta ormanların ve AKAKDO sektöründe yutak potansiyeli olan ekosistemlerin canlı ve dinamik olmasıdır. Ani değişimlerin bu sektördeki karbon tutumlarını etkilemesi sıkça rastlanan bir olgudur. Örneğin 2021 yılı yaz aylarında yaşanan mega orman yangının 10 milyon ton CO_2 eşdeğeri emisyona sebep olacağı tahmin edilmektedir. Bunun anlamı 2023'te bildirimi yapılacak olan 2021 Ulusal Sera Gazı Envanterinde ormancılık kaynaklı karbon tutumlarında CO_2 eşdeğeri bazında yaklaşık 10 milyon tonluk bir düşüş olacağıdır. Bir başka örnek de kurak bir senede ormanlara karbon tutumu yapan biyokütlenin artım hızı yavaşlayacağından karbon tutumu düşecektir.

Ekosistemler dinamik ve canlı olduğu için azaltım politikaları öncelikle emisyon kaynaklarındaki emisyonları azaltma üzerinedir. Bunun en güzel kanıtı ülkelerin Paris Anlaşması kapsamında verdikleri ulusal katkı (INDC, NDC) belgeleridir.

Yapılan bir araştırmaya göre 194 ülkenin verdiği 167 ulusal katkı belgesinin (AB 28 ülke olarak hesaplanmıştır) sadece 62 tanesi (89 ülke) AKAKDO sektörünün yutak etkisini taahhüdüne eklemiştir. Bu ulusal katkı belgelerinde AKAKDO sektör katkısının 2030 yılına kadar -2,9 Gt CO_2 eşdeğeri olması taahhüt edilirken tahminlere göre bu katkının -2 Gt CO_2 eşdeğeri olması beklenmektedir (Fyson & Jeffery, 2019).

5.2.3. Türkiye'de Yürütülen Ormancılıkta Azaltım Faaliyetleri

Ormancılıkta azaltım faaliyetleri genelde ormanların karbon tutma özelliğinin artırılarak yutak kapasitesinin geliştirilmesine dayanır. Biyokütle verimini artırıcı tedbirlerin yanı sıra toprağın karbon tutma potansiyelini artırıcı tedbirler azaltım kapsamında değerlendirilebilir. Ormanlar atmosferden karbondioksiti alarak fotosentez aracılığı ile karbonu bünyesinde biyokütle bileşeni olarak depolar, oksijeni (O2) atmosfere geri verir. Bu yüzden ormanlar iklim değişikliği ile mücadele açısından çok önemlidir.

Ağaçlandırma, silvikültürel (rehabilitasyon, orman bakımı vb.), sel ve erozyon kontrol faaliyetleri.

Uygulanmakta olan silvikültürel faaliyetler, sera gazlarını azaltma başta olmak üzere iklim değişikliği çalışmalarında önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda her yıl ortalama olarak 680.000 hektar alanda gençleştirme (yenileme), rehabilitasyon (iyileştirme) ve ormanların bakımı çalışmaları yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalarla ormanlarımızın direnci, verimi artırılmasının yanı sıra karbon stokları artırılarak azaltıma katkı sağlanmaktadır (OGM Performans Programı, 2021).

"Ormanları Geliştirmek, Verimliliğini Artırmak ve Alanlarını Genişletmek" stratejik gayesi başlığı altındaki hedeflerinden "Verimli orman alanı 14.000.000 hektara (%60) çıkarılacaktır, bozuk ve yarı bozuk karakterdeki verimsiz orman alanlarının gerek rehabilitasyon gerekse ağaçlandırmalarla verimli hale getirilmesi ve böylece verimli orman alanının artırılması hedeflenmektedir" Bu kapsamda; 2020'de Normal kapalı (verimli) orman alanı 13,264 milyon hektar ile toplam ormanlık alanının %57,84'üne ulaşırken, boşluklu kapalı (bozuk) orman alanı ise 9,668 milyon hektar ile %42,16'ya gerilemiştir (OGM Performans Programı, 2021). Bu da yutak kapasitesini artırmıştır.

"Orman varlığımız, ülke toplam alanının %30'una çıkarılacaktır" hedefi doğrultusunda 1973 yılında 20,2 milyon hektar olan orman varlığı, 2020 yılında 22,9 milyon hektara ulaşmıştır. "Toprak kaybının azaltılmasına yönelik erozyonla mücadele edilecek, mera ıslah çalışmaları geliştirilecektir" hedefi doğrultusunda da 2020'ye kadar toplam 1.571 hektar alanda toprak kaybı kontrol altına alınmış, 260.000 hektar mera alanı ıslah edilmiştir.

Son 18 yılda 5,5 milyon hektar alanda ormanların geliştirilmesi ve genişletilmesi (ağaçlandırma, erozyonla mücadele, bozuk orman alanlarının iyileştirilmesi vb.) çalışmalarını yürütmüştür. Orman teşkilatı eliyle çeşitli ağaçlandırma kampanyaları, ulusal ağaçlandırma günlerindeki faaliyetleri ile 598 bin hektarı son 18 yılda olmak üzere bugüne kadar 2,415 milyon hektar alanda ağaçlandırma çalışması gerçekleştirilmiştir. Sadece 11 Kasım 2019 gününde13,8 milyon fidan toprakla buluşturulmuştur.

Bunlara ilaveten OGM'nin kurumsal kapasitesinin uluslararası sorunları çözmek yönünde geliştirilmesi hedefi doğrultusunda 2016-2020 yılları arasında ağaç ıslahı, plantasyon ormancılığı, tabii ormanların korunması ve geliştirilmesi, odun dışı orman ürünleri, erozyonla mücadele, mera ıslahı, biyolojik çeşitlilik, sosyal ormancılık vb. konularda 188 adet proje neticelendirilmiş ve sonuçları uygulama birimlerinin hizmetine sunulmuştur. Orman teşkilatının yürüttüğü erozyon kontrolü çalışmaları ile;

- Erozyonla kaybolan toprak miktarının asgari seviyeye indirilmesi,
- Nehir havzalarında yapılacak erozyon kontrolü çalışmaları ile sel riski azaltılması,
- Alınacak erozyon kontrolü tedbirleri ile baraj ve göletlerin ömrünün uzatılması,
- İçme suyu temin edilen havzalarda suyun kalite ve miktarını artırılması,
- Yapılacak erozyon kontrolü çalışmaları ile topraktaki organik madde miktarını korunarak toprak verimliliği ve gıda güvenliğinin artırılması,
- İklim değişikliği ve çölleşmenin ülkemiz üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması,
- Topraktaki organik madde miktarı (dolayısıyla karbon stokları) korunarak toprak verimliliğinin artırılması

sağlanacaktır.

Orman yangınları ile mücadele.

Orman Yangınlarıyla Mücadelede Önleyici Tedbirler Artırılması, Müdahale Kapasitesinin Güçlendirilmesi hedefi doğrultusunda yangın başına yanan alan miktarı 1991-2000 yılları arasında ortalama 6,2 hektarken bu rakam 2001-2010 yılları arasında ortalama 4,2 hektara; 2011-2020 yılları arasında 3,9 hektara düşürülmüştür. Bu da yangın kaynaklı

sera gazı emisyonların azaltılmasına katkı sağlamıştır. OGM Stratejik Planı'ndaki bir diğer amaç, orman yangınlarını bastırma kapasitesini güçlendirmektir. Bu alandaki sayısal amaç, ortalama yanmış alan miktarını 2,6'dan 2,2 hektara düşürmektir.

2021 yılındaki Mega orman yangınları ile yaklaşık olarak 10 milyon ton CO_2 eşdeğeri emisyon olacağı, bunun da AKAKDO sektörü tutumlarını aynı miktarda azaltması beklenmektedir. 2023 yılı Sera gazı envanter raporlarında yer alacak bu salım AKAKDO sektöründe hedeflenen tutum miktarının oldukça uzağına düşülmesine neden olmuştur.

Sürdürülebilir orman yönetimi faaliyetleri, Türkiye SOY K&G set.

Sürdürülebilir orman yönetimi; karar süreçlerine bütün paydaşların katıldığı, uzun vadede odun ve odun dışı ürünler dahil bütün ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliğinin garanti altına alındığı bir orman idaresi anlayışıdır. Bir başka deyişle sadece karbon veya odun üretimi amaçlı değil sosyal, ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirliği ve kalkınmayı sağlayıcı bir yönetim yaklaşımı gerçekleştirilmelidir.

SOY karbon yönetimi ve stratejilerinin gerçekleştirilmesi için uluslararası standartlara uygun Ulusal SOY Kriter ve Gösterge setini oluşturmuştur. Bu sette Türkiye ormanları için 6 adet SOY kriteri, 40 adet nicel 5 adet nitel gösterge tanımlanmıştır. Bu kriterler şunlardır;

1: Orman Kaynakları ve Küresel Karbon Döngüsüne Katkısı

2: Ormanların Sağlığı, Canlılığı ve Bütünlüğü

3: Ormanların Üretim Kapasitesi ve Fonksiyonları

4: Orman Biyolojik Çeşitliliği

5: Ormanların Koruyucu Fonksiyonları

6: Ormanların Sosyoekonomik Fonksiyonları

SOY faaliyetleri doğrultusunda "Ormanların ürettiği mal ve hizmetlerden toplumun optimum düzeyde faydalanmasını sağlamak" amacı altındaki hedeflerden "Ulusal koşullar ve uluslararası gelişmeler dikkate alınarak orman ürünlerinde standardizasyon

ve sertifikalandırma sistemi geliştirilecek, sertifikalı orman alanı artırılacaktır" kapsamında 2020 yılı sonu itibariyle 80 orman işletme müdürlüğünü kapsayan 6,577 milyon hektar orman alanında orman yönetim sertifikası (FSC) alınmıştır. Sertifikanın amacı bu alanların sürdürülebilir yönetildiğini belgelemektir.

Orman zararlılarıyla mücadele ve orman sağlığını izleme.

"Orman Ekosistemlerinin Sağlığı İzlenecek, Hastalık ve Zararlılarla Mücadelede Öncelikle Doğal Yada Doğaya Uygun Önleyici Tedbirler Uygulanarak, Orman Varlığı ve Sağlığı Korunacaktır" hedefi doğrultusunda 2020 yılında orman zararlılarıyla mücadelede; biyolojik, mekanik ve biyoteknik mücadele oranının %99'a yükseltildiği, "Orman Ekosistemlerinin İzlenmesi Programı" uygulama sürecinde değerlendirilen gözlem alanı sayısı 651, değerlendirilen ağaç sayısı ise 21.459 adet olduğu anlaşılmaktadır.

Orman köylülerini destekleme programı.

OGM'nin 2004-2020 yıllarında toplam 145 bin orman köylüsü aileye güneş enerjisi ile su ısıtma sistemi desteği verilmiştir. Sağlanan bu destek ile 722 bin ster yakacak odun tasarruf edilmiştir. Azaltım katkısı ise 660 bin 307 ton CO_2 eşdeğeridir (OGM, 2021).

5.2.4. İklim Değişikliği ve Ormancılık ile İlgili Politika Belgeleri

Türkiye'de iklim değişikliği ve ormancılık sektörüne yönelik hazırlana ve uygulanan politika belgeleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (2010-2023):
- Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023)
- Ulusal İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023)
- Türkiye INDC (2021-2030)

Türkiye 2015 yılında Paris İklim Değişikliği Anlaşması (PA) kapsamında Niyet Edilmiş Ulusal Katkı Beyanı(INDC) vermiş olmakla beraber Paris Anlaşması TBMM'den 10 Kasım 2021 yılında geçerek yürürlüğe girmiştir. Paris Anlaşmasıyla birlikte Ülkemiz; ekonomik, çevresel ve sosyal dönüşümün başladığı yepyeni bir sürece girmiştir ve Cumhurbaşkanımız Sayın Recep Tayyip ERDOĞAN Ülkemizin 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefini yeşil kalkınma devrimi olarak açıklamışlardır. Türkiye böylece yeşil dönüşüm hamlesini başlatmıştır.

INDC'de 2030 yılına kadar 246 milyon ton CO_2 eşdeğeri azaltım taahhüt edilmiştir. Bu azaltımın 29,5 milyon ton CO_2 eşdeğeri ormancılık ve işlenmiş odun ürünlerinden kaynaklanmaktadır. INDC belgesinde ormancılık sektöründe kullanılan varsayımlar şunlar olmuştur:

- Orman alanlarının 2023 yılına kadar ülke yüzölçümünün %30'una çıkması ve bunun 2030 yılına kadar korunması.
- Rehabilitasyon çalışmaları ile bozuk ormanların verimli ormana dönüştürülmesi.
- Çölleşme Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı (2015-2023)
- Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023)
- On Birinci Ulusal Kalkınma Planı (UKP) (2019-2023)

- Tarım ve Orman Bakanlığı Strateji Planı (2019-2023)
- OGM Stratejik Plan (2019-2023)
- 3. Tarım ve Orman Şurası (2019)

Ormancılıkta İklim Değişikliğine Uyum Strateji Belgesi: 2020 yılında ormancılığımızın ve ormanlarımızın iklim değişikliğine uyumunda bir rehber olması ve kurum kapasitesini bu yönde geliştirmek gayesiyle "Ormancılıkta İklim Değişikliğine Uyum Stratejik Planı" belgesini hazırlamıştır. Bu plan aynı zamanda 2023 yılında güncellenecek olan Ulusal İklim Değişikliğine Uyum Stratejik Planının ormancılık bölümleri için temel oluşturacaktır. Bu belgede ormancılık uygulamalarının iklim değişikliğine uyumu ve ormanların direncini artırma yönünde 9 strateji ve 51 eylem önerilmiştir.

Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi (2010-2023): 2010-2023 dönemini kapsayan Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi kısa, orta ve uzun vadeli stratejik hedefleri içermektedir.

Kısa vadede: "Akılcı gübre kullanımı teşvik edilecek; sulama, toprak işleme, pestisit kullanımı vb. için modern teknikler kullanılarak karbon emisyonları sınırlandırılacaktır ve organik tarım, kuraklığa dayanıklı bitkiler ve sertifikalı tohum üretimi desteklenecek ve yaygınlaştırılacaktır", "Kırsal kalkınmayı desteklemek ve emisyonları azaltmak amacıyla kömür yerine sıkıştırılmış odun (odun pelet veya briket şeklinde) kullanımı teşvik edilecektir.", "İklim değişikliğinin azaltılması açısından kritik öneme sahip ormansızlaşma ve orman tahribatına odaklanılarak Türkiye'de ormancılığın durumu değerlendirilecek ve sorunların çözümüne yönelik bir strateji geliştirilecektir."

Orta vadede: "Toprak ve arazinin korunması, iyileştirilmesi ve verimli kullanımına ilişkin sınıflandırma standartları geliştirilecek ve uygulamalar izlenecek ve araziler yetenek sınıflarına uygun olarak kullanılacak; Arazi yetenek sınıflarına bakılmaksızın halen kullanılan ve geri dönülemez şekilde zarar gören arazilerde ileride oluşabilecek toprak erozyonunun önlenmesi için gerekli tedbirler alınacaktır", " "Tarımsal biyokütle ve tarımsal ormancılık faaliyetleri enerji kaynağı olarak yaygınlaştırılacaktır."

Uzun vadede: "Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kılavuzları doğrultusunda Sera Gazı Envanteri ve Ulusal Envanter Raporunun hazırlanması amacıyla Türkiye'deki tüm arazi kullanım sınıfları için merkezi bir coğrafi bilgi sistemi oluşturulacak ve arazi kullanım sınıfları arasındaki değişimleri hesaplamak için meşcere

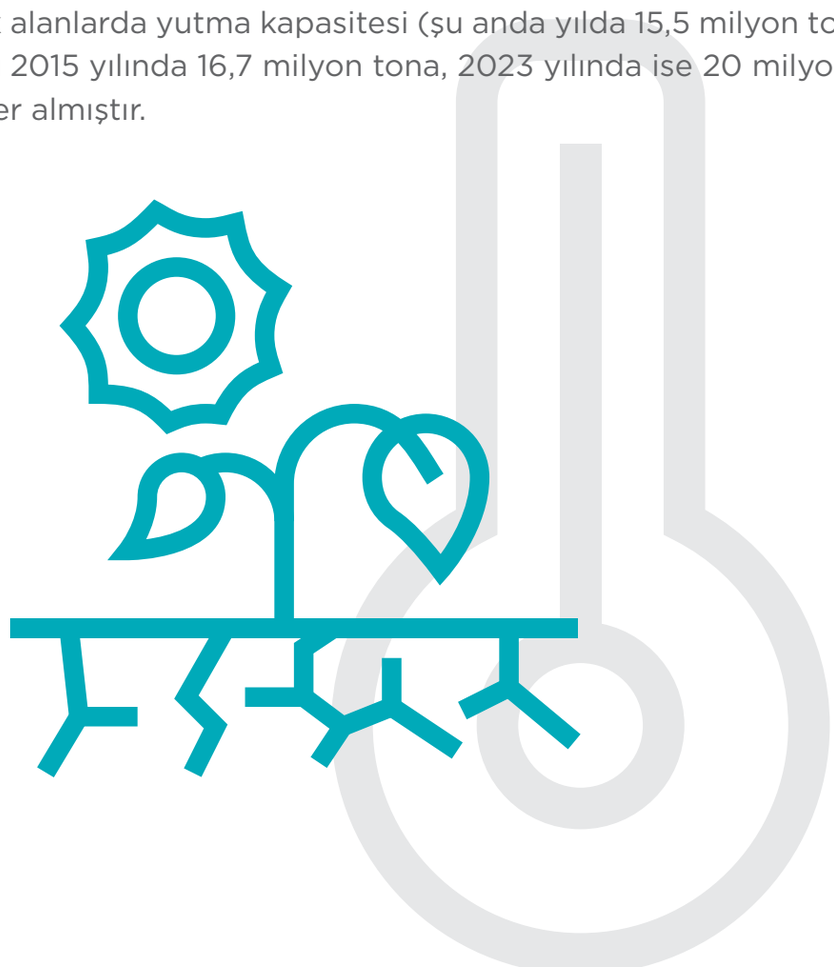
haritaları ve uydu verilerine dayalı izleme modeli geliştirilecektir.", havza üstü yönetim ilkeleri esas alınarak planlanır ve uygulanır.", "Kentsel ısı adalarının oluşumunu önlemek için kentsel arazinin verimli kullanılmasına yönelik stratejiler geliştirilecektir.", "Kentsel alanlarda açık yeşil alan sistemlerinin artırılması teşvik edilecek ve kentsel ormancılık geliştirilecektir."

Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023): İklim Değişikliği Eylem Planı, başlatıldığı 2011 yılından bu yana iklim değişikliğinin azaltılmasında en önemli politika belgesi olmuştur. "Ormanlarda tutulan karbon miktarının artırılması" hedefi kapsamındaki eylemler, "Odun üretimine yönelik endüstriyel ağaçlandırma alanlarının ve bu alanların üretim kapasitelerinin ve kullanılacak ağaç türlerinin belirlenmesi", "Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi" konularına yer vermiştir. 2008–2012 Ağaçlandırma Eylem Planı karbon tutumu açısından 2013 ve sonrası için yeni bir eylem planının hazırlanması ve uygulanması", "2015 yılına kadar iklim değişikliği faktörünün arazi kullanımı ve arazi kullanımı değişiklikleri yönetim stratejilerine entegre edilmesi" hedefi kapsamındaki eylemler arasında "Ekolojik veya ekonomik olarak tarımsal kullanıma uygun olmayan arazilerde enerji ormancılığının teşvik edilmesi", "Türkiye'deki turbalıkların koruma statülerinin güçlendirilmesi" yer almaktadır. yüksek karbon tutma özelliklerinin dikkate alınması", "Yerleşim alanlarında tutulan karbonun belirlenmesi", "Kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi" hedefi kapsamındaki eylemler arasında "OGM bünyesinde kurulan İklim Değişikliği ve Biyo-Enerji Çalışma Grubunun diğer ilgili gruplar (su, biyolojik çeşitlilik vb.)".

Türkiye'nin Hedeflenen Ulusal Katkıları (INDC 2021-2030): Bu politika belgesi, Türkiye'nin emisyon seviyesini 2030 yılına kadar normalden %21 oranında azaltma niyetini ifade eden 2015 yılında sunulmuştur. BAU senaryosuna kıyasla emisyon sınırlama hedefi şunları içermektedir: AKAKDO sektörüne yönelik olarak "Batık alanların artırılması ve arazi bozulmasının önlenmesi" ve "Orman Rehabilitasyonu ve Ulusal Ağaçlandırma Kampanyası Eylem Planının Uygulanması".

Çölleşmeye İlişkin Ulusal Strateji ve Eylem Planı (2015-2023): Planda "Orman örtüsünün artırılması için bozuk orman alanlarının uygun tür ve yöntemlerle iyileştirilmesi", "Türkiye'deki doğal kaynakların korunması ve geliştirilmesi bütüncül ve katılımcı bir yaklaşımla sürdürülebilir arazi yönetimi ilkeleri çerçevesinde uygulama çalışmaları, özellikle entegre havza rehabilitasyon ve yönetim planları uygulanmaktadır.", "Maden sahalarının rehabilitasyonu". Hedefleri yer almaktadır.

Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (2014-2023): Stratejide iklim değişikliği ile ilgili "2023 yılına kadar 1.620.000 hektar alanda erozyon kontrolü, ağaçlandırma ve orman içi mera iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bozulmuş orman alanlarında yapılacak rehabilitasyon ve ağaçlandırma çalışmaları ile havzalardaki ormanların halen %50'sini oluşturan normal/verimli orman alanları 2023 yılında %75'e çıkarılmaktadır." (havzalardaki ormanlık alanlarda yutma kapasitesi (şu anda yılda 15,5 milyon ton olan karbon yutak miktarını 2015 yılında 16,7 milyon tona, 2023 yılında ise 20 milyon tona çıkarmak)". hedefler yer almıştır.



Onbirinci Ulusal Kalkınma Planı (UKP) (2019-2023): Belge, Türkiye kalkınma planlarının 11.'sidir. "Sürdürülebilir orman yönetimi ile ormanların ekonomiye katkısı artırılacak", "Ulusal Orman Envanteri çalışması tamamlanacak", "Ormancılıkta hastalık, zararlı ve orman yangınlarıyla mücadele kapasitesi artırılacak" politika hedeflerinden bazılarıydı. güçlendirilecektir.", "Ormancılıkta kaliteli üretimin ve işgücü verimliliğinin artırılması için orman köylülerine verilen destekler belirli programlar dahilinde sürdürülecek, eğitim faaliyetleriyle profesyonelleşme artırılacaktır.", "Odun kullanımı yaygınlaştırılacak ve standartlar artırılacaktır. belirlenecektir.", "Enerji verimliliği kazanımları ve orman varlıklarının artırılması gibi ek önlemlerle karbon emisyonlarını azaltıcı önlemler geliştirilecektir".

OGM Stratejik Planı (2019-2023): OGM Stratejik Planı dört hedef hedef altında hedefler sunmaktadır:

1. Orman ve Orman Kaynaklarını Biyotik ve Abiyotik Zararlılara Karşı Korumak,
2. Ormanları Geliştirmek, Artırmak Verimlilik ve Geniş Alanlar,
3. Ormanların Ürettiği Mal ve Hizmetlerden Optimum Sosyal Fayda Sağlanması,
4. Kurumsal Kapasitenin Artırılması.

1 kapsamındaki ilgili hedefler, "Orman yangınlarıyla mücadelede önleyici tedbirler artırılacak ve müdahale kapasitesi güçlendirilecek.", "Orman ekosistemleri izlenecek önce orman varlığı ve sağlığı korunacaktır, doğal ve doğaya uygun önleyici tedbirler uygulanacaktır.

2 kapsamındaki ilgili hedefler: "Verimli Orman Alanı 14.000.000 hektara çıkarılacak", "Toplam 330.000 hektarlık endüstriyel ağaçlandırma için belirlenmiş potansiyel alanda uygulama oranı %9'dan %100'e çıkarılacaktır". , "Orman örtüsü ülke yüzölçümünün %30'una yükseltilecek", "Toprak kaybını azaltacak erozyonla mücadele edilecek ve mera ıslah çalışmaları geliştirilecektir".

OGM stratejik planında ayrıca 4 kapsamında "Bilgi sistemleri ve teknoloji altyapısı tamamlanacak, orman bilgi sistemi geliştirilecek ve yaygınlaştırılacaktır" da yer almaktadır.

5.3. Tespit Edilen Sorun Alanları Ve Çözüm Önerileri

Türkiye jeolojik konumu itibariyle sel, toprak kayması, kuraklık ve ormanları potansiyel olarak etkileyebilecek diğer atmosferik stres faktörlerine karşı savunmasızdır. Arazi Kullanım sektörünü etkileyebilecek kritik stres faktörlerinden bazıları aşağıda verilmiştir.

- Ülkenin sosyo-ekonomik etkenleri bazı metropollerde hızlı kentleşmeye neden oluyor ve bu kentsel yayılma çevredeki arazileri (özellikle tarım alanları, ormanlar, meralar) tüketiyor,

- II. Türkiye için iklim değişikliği senaryoları, önümüzdeki on yıllarda ülkenin büyük bir kısmı için yağışlarda bir azalma ve sıcaklıkta bir artış öngörüyor. Bu, su kaynaklarını ve orman ölümlerinin büyüme oranını ve orman yangını riskini artırabilir. Halihazırda sıcaklık ve yağışta belli bir miktar değişim vardır. Artan sıcaklık ve sıcak yaz dönemleri ile orman yangını riski artabilir. Yanmış orman alanlarında son yıllarda bir artış eğiliminde olduğu bilinmektedir.

- IPCC raporu, arazinin mevcut kullanımı da dahil olmak üzere yerel koşullar dikkate alınarak uygulanmadığı takdirde, arazi ve su için artan rekabet gibi bazı faaliyetlerin diğer ekosistem hizmetleri üzerinde olumsuz yan etkileri olabileceğini kabul etmektedir.

- Kuraklık

- Türkiye Ulusal Sera Gazı Envanteri 2021 yılı raporunun, son üç yılına bakıldığında ise (Grafik 1) 2017'den itibaren orman alanında artışa rağmen ormanların yıllık sera gazı tutumu azalmaktadır. Bunun en büyük nedeni iklim değişikliği kaynaklı kuraklık, yağışların azalması, orman zararlısı etmenlerin (orman yangını gibi) artmasından kaynaklı ormanların yıllık ortalama artım ve odun serveti ortalamalarının düşmesidir.

- 2021 yılındaki Mega orman yangınları ise 2023 sera gazı envanterine girecektir. Bu yangınlardan yaklaşık olarak 15 milyon ton CO_2 eşdeğeri emisyon salımı olmuştur, bu da AKAKDO sektörü tutumlarını aynı miktarda azaltması beklenmektedir.

- Tarım, Orman ve Mera alanlarında verilen izinlerde (Maden, Enerji vb.) iklim değişikliği ve yutak alanların karbon tutma fonksiyonunun değerlendirilmesinde eksiklikler mevcuttur. Orman, tarım, mera ve sulak alanlarda karbon yutağı

kayıpları ile erozyon, sel, heyelan ve çığ gibi afet risklerini arttırıcı izin ve tahsislerden kaçınılması sağlanarak, entegre sürdürülebilir arazi yönetimiyle yutak alanlar üzerindeki baskının azaltılması sağlanmalıdır. Ekosistem hizmetleri ile beraber üstün kamu yararı dikkate alınarak deniz ve akarsu/dere ekosistemleri korunmalıdır. Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) uyarınca açıklanan "AB'nin 2030 Orman Stratejisi" altındaki öncelik ve hedeflerinin AKAKDO çalışmalarında göz önünde bulundurulması sağlanmalıdır. Arazi bozulumunun ve tahribatının önüne geçilmesi maksadıyla , doğal karbon yutaklarının korunması ve arttırılması için var olan Arazi Tahribatını Dengelenmesi (ATD)politikaları güçlendirilmelidir.

- Orman Yangınları iklim değişikliğinde ve karbon yutaklarının azalmasında önemli bir etkendir. Yangın müdahalesinde kullanılan araç, gereç ve görevli personel sayısı artırılmalı ve orman yangınlarının değerlendirmesinde kullanılan başarı göstergeleri "Yangın Öncesi, Yangın Süresince ve Yangın Sonrası" için yeniden değerlendirilmelidir.

- AKAKDO sektöründe Sera gazı envanteri konusunda yeterli sayıda uzman bulunmamaktadır. AKAKDO sektörü özelinde hesaplama, raporlama gibi uzmanlık alanlarında ulusal kapasite geliştirilmelidir.

- İklim Değişikliği kaynaklı ormansızlaşma, ormanların bozulması ve arazi bozulumu sorunları bulunmaktadır. Yerleşim yerlerinde doğa temelli çözümlerle ilgili uygulamaların artırılması ve desteklenmesi gereklidir. Ekosistem restorasyonu ile ilgili oluşturulan küresel girişimlere ilişkin ulusal politikalar desteklenmeli ve güçlendirilmelidir.

- AKAKDO sektöründe arazi kullanım matrisinde güncel veri eksikliği mevcuttur. Ulusal Sera Gazı Envanterimizin önemli altlığı olan "Arazi Kullanım Matrisi" güncellenmelidir.

- AKAKDO sektöründe, finansman ve teşvik mekanizmaları yetersiz kalmaktadır. AKAKDO sektöründe karbon tutumunun artırılmasına yönelik iyi uygulamalar desteklenmeli ve AB Sürdürülebilir Karbon Döngüsü stratejisi ile uyumlu Karbon Sertifikasyon ve diğer teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır.

- İklim değişikliği etkisiyle, yutak alanlar ve karbon tutumu azalmaktadır. Karbon tutma potansiyeli bilinmeyen yutak alanların karbon tutma potansiyelleri belirlenerek AKAKDO sera gazı envanterine ilave edilmesi sağlanmalıdır.

5.4. İklim Şurası Kararları

1. Orman, tarım, mera ve sulak alanlarda karbon yutağı kayıplarına sebep olacak ve erozyon, sel, heyelan, çığ, kuraklık ve çölleşme gibi afet risklerini arttırıcı izin/tahsislerden kaçınılması sağlanarak, entegre sürdürülebilir arazi yönetimiyle yutak alanlar üzerindeki baskının azaltılması ve korunan alanların artırılması sağlanmalıdır.

2. AKAKDO (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık) sektöründe karbon tutumunun artırılmasına yönelik iyi uygulamalar desteklenmeli ve AB Sürdürülebilir Karbon Döngüsü stratejisi ile uyumlu karbon sertifikasyon ve diğer teşvik mekanizmaları oluşturulmalıdır.

3. Yerleşimlerde doğa temelli çözüm uygulamaları artırılarak "Yeşil Koridor ve Yeşil Mimariye" önem verilmelidir.

4. Deniz ve sulak alan ekosistemleri korunmalı, geliştirilmeli ve yutak kapasiteleri artırılmalıdır.

5. Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) uyarınca açıklanan "AB'nin 2030 Orman Stratejisi" altındaki öncelik ve hedeflerin AKAKDO (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği

ve Ormancılık) çalışmalarında göz önünde bulundurulmalı ve ekosistem tabanlı ormancılık uygulamaları güçlendirilmelidir.

6. Karbon tutma potansiyeli bilinmeyen yutak alanların karbon tutma potansiyelleri belirlenerek Ulusal Sera Gazı Envanteri AKAKDO (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık) sektörüne ilave edilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca Ulusal Sera Gazı Envanterinin önemli altlığı olan "Arazi Kullanım Matrisi" güncellenmelidir. Bu kapsamda Sera Gazı Envanteri hesaplama, doğrulama ve raporlama gibi uzmanlık alanlarında ulusal kapasite geliştirilmelidir.

7. Arazi bozulumunun ve tahribatının önüne geçilmesi maksadıyla, doğal karbon yutaklarının korunması ve artırılması için var olan Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) politikaları güçlendirilmelidir.

8. Yangın müdahalesinde kullanılan araç, gereç ve görevli personel sayısı artırılmalı ve orman yangınlarının değerlendirmesinde kullanılan başarı göstergeleri "Yangın Öncesi, Yangın Süresince ve Yangın Sonrası" için yeniden ele alınmalıdır.

9. Tarım, orman, mera ve sulak alan gibi tüm ekosistemlerinin restorasyonu ile ilgili oluşturulan küresel girişimlere ilişkin ulusal politikalar desteklenmeli ve güçlendirilmelidir.

KAYNAKÇA

Francisco J. Doblas-Reyes vd., 2021. "Chapter 10: Linking the Global to Regional Climate Change Supplementary Material", Climate Change 2021: Intergovernmental Panel on Climate Change, ed. Valerie Masson-Delmotte vd., (Cambridge University Press, 2021), s. 110.

Fyson, Claire L., and M. Louise Jeffery. "Ambiguity in the land use component of mitigation contributions toward the Paris Agreement goals." Earth's Future 7.8 (2019): 873-891.

Grassi. G., 2017. The Role of Forests in the Paris Agreement: expectations and scientific challenges, Joint Research Centre, Milano.

Gunfaus, M.T., Waisman, H., (2021). Assessing the adequacy of the global response to the Paris Agreement: Toward a full appraisal of climate ambition and action. Earth System Governance, 100102.

IPCC, "Summary for Policymakers", Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Valerie Masson-Delmotte vd., (Cambridge University Press, 2021), s. 21.

IPCC, 2014. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

NIR, 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ulusal Envanter Gönderimleri

OGM, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Performans Programı,

OGM, 2021. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Türkiye Orman Varlığı

Toprak Organik Karbonu Projesi, 2018. Teknik özet

Türkiye Orman Varligi

UNFCCC,2022. Greenhouse Gas Inventory Data - Comparison by Category (unfccc.int) Erişim tarihi: 28.03.2022) https://di.unfccc.int/comparison_by_category

Wang, J., Gao, Y., Wang, S., 2018. Assessing the response of runoff to climate change and human activities for a typical basin in the Northern Taihang Mountain, China. Journal of Earth System Science, 127(3): 1-15.

EK: Komisyon Üyeleri ve Kurumları

(İsimler alfabetik sıraya göre yazılmıştır.)

ADI	ÜNVANI	KURUMU
Mehmet ÇELİK	Genel Müdür Yardımcısı (Komisyon Başkanı)	Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü
Özden GÖRÜCÜ	Öğretim Üyesi Prof. Dr. (Komisyon Başkan Yardımcısı)	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Gökhan KAYA	Mühendis (AKAKDO Sektörü Raportörü)	Orman Genel Müdürlüğü
Pelin POLAT ÇAVUŞOĞLU	Mühendis (Tarım Sektörü Raportörü)	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
Demet ERDOĞAN	Şube Müdürü (Atık Sektörü Raportörü)	Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
Yeliz TANIŞ	Mühendis (Bina Sektörü Raportörü)	Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü
Abdüssamet AYDIN	Koordinatör	Tarım ve Orman Bakanlığı-Tarım Reformu Genel Müdürlüğü-Tarımsal Çevre ve Doğal Kaynakları Koruma Daire Başkanlığı
Akif Celal KOCAOĞLU	Yasama Uzmanı	TBMM Dilekçe Komisyonu
Dr.Aydın COMEZ	Araştırmacı	Batı Akdeniz Orman Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Ayhan ÇAĞATAY	Tarım ve Orman Uzmanı	Tarım ve Orman Bakanlığı - Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü-Biyolojik Çeşitlilik Daire Başkanlığı
Berat İNCİ	Yönetim Kurulu Başkanı	Gıda Kurtarma Derneği
Bülent CİNDİL	Proje Koordinatörü	GIZ – Alman Uluslararası İşbirliği Kurumu
Cuma UYKUN	Mühendis	Tarım ve Orman Bakanlığı-Orman Genel Müdürlüğü-Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı
Dağhan M.YAZICI	Çevre Projeleri Yöneticisi	TURMEPA
Derya KÖSE	Daire Başkanı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
Prof. Dr. Doğanay TOLUNAY	Öğretim Üyesi	İstanbul Üniversitesi
Engin IŞILTAN	Genel Sekreter	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği

Eray ÖZDEMİR	Mühendis	Tarım ve Orman Bakanlığı-Orman Genel Müdürlüğü-Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı
Erda ÇELER	Mühendis	Tarım ve Orman Bakanlığı -Orman Genel Müdürlüğü
Ertuğrul ŞEN	Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı	İZODER Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği
Fatma Can SAĞLIK	Çalışma Grubu Sorumlusu	TÜSİAD Çevre ve İklim Değişikliği Çalışma Grubu Üyesi
Ferdi ERDOĞAN	Başkan Vekili	Türkiye İMSAD - İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği
Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU	Öğretim Üyesi	İstanbul Teknik Üniversitesi
Gözde ÇOLAK	Sürdürülebilir Üretim Koordinatörü	Tüm Atık ve Çevre Yönetimi Derneği (TAYÇED)
Hakan GÖRAL	CEO	Toros Tarım
Harun ERSÖZ	İcra Kurulu Üyesi	TORKU
Hülya SİLKİN	Tarım ve Orman Uzmanı	Tarım ve Orman Bakanlığı - Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
Prof. Dr. İbrahim GÜRER	Öğretim Üyesi	Başkent Üniversitesi
İlknur MENLİK	Genel Sekreter	Türkiye Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu
İsmail Hakkı GÜNEY	Yönetim Kurulu Üyesi	Orman Mühendisleri Odası
Doç. Dr.İzzet ARI	Öğretim Üyesi	Sosyal Bilimler Üniversitesi
Mehmet TARAKÇIOĞLU	Kıdemli Program Uzmanı	BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)
Meral MUNGAN ARDA	Kimyasallar ve Atık Projeler Koordinatörü	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)
Mete İMER	Genel Müdür	Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı (ÇEVKO)
Dr. Murat ALİ HATİPOĞLU	Daire Başkanı Yardımcısı	Tarım ve Orman Bakanlığı-Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü -Etüt Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı
Murat BAYRAM	Daire Başkanı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü-Enerji Verimliliği ve Tesisat Dairesi Başkanlığı
Mustafa BULUT	Daire Başkanı	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı
Nevzat CEYLAN	Küresel İklim Değişikliği Araştırma Komisyonu Başkan Vekili	TBMM

Nur ÖZKAYA	Bakan Danışmanı	Milli Eğitim Bakanlığı
Nuray AKALIN	Uzman	Türkiye Su Enstitüsü
Orhan KILINÇ	Daire Başkanı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı-Sanayi Bölgeleri Genel Müdürlüğü-Stratejik Plan ve Program Daire Başkanlığı
Prof.Dr. Osman Atilla ARIKAN	Öğretim Üyesi	İstanbul Teknik Üniversitesi-Çevre Mühendisliği
Özgür ŞAKI	Atık Sektör Uzmanı	Freelance
Özkan AVCI	Şube Müdürü	Milli Eğitim Bakanlığı
Pınar AŞAN ÖZALP	AB İşleri Uzmanı	Dışişleri Bakanlığı - AB Sektörel Politikalar Daire Başkanlığı
Sadiye BİLGİÇ KARABULUT	Daire Başkanı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı - Sıfır Atık ve Atık İşleme Daire Başkanlığı
Selahattin ÖZSOY	Genel Müdür Yrd.	İller Bankası
Serkan Eyüp AK	Şube Müdürü V.	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
Dr.Suat AKGÜL	Ziraat Yüksek Mühendisi	Tarım ve Orman Bakanlığı-Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
Süheyla Çebi KARAHAN	Başkan Vekili	Türkiye Müteahhitler Birliği
Süleyman YILMAZ	Direktör	UNIDO
Türkay ÖZGÜR	Genel Müdür	Grup E Yayıncılık
Tuğba AĞAÇAYAK	İklim Bilimci	TÜSİAD
Ümit TURHAN	Daire Başkan Yardımcısı	Tarım ve Orman Bakanlığı-Orman Genel Müdürlüğü-Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı
Vasif VALİ	Uzman	SOCAR
Volkan YANMAZ	Koordinatör	Türkiye Çevre Ajansı
Yakup GÜZEL	Daire Başkanı	Ticaret Bakanlığı
Yaşar ORHAN	Koordinatör	Tarım ve Orman Bakanlığı
Yavuz EROĞLU	Başkan	PAGEV - Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı

BİLİM VE TEKNOLOJİ KOMİSYONU

YÖNETİCİ ÖZETİ

Dünya Ekonomik Forumu'nun 2021 yılı Küresel Risk Raporunda da yer verildiği üzere önümüzdeki 10 yılda en yüksek etkiye sahip ve en yüksek olasılıklı olduğu değerlendirilen risklerin çoğunluğu iklim değişikliği ile mücadele ve uyum, karbon nötr ekonomiye geçiş yatırımlarının yetersizliği, insan kaynaklı çevreye verilen zararlar, biyoçeşitliliğin kaybı, aşırı iklim olayları, doğal kaynak krizleri gibi çevresel risklerdir.

İklim değişikliği ve neden olduğu küresel ve bölgesel değişimlere, sorunlara çözümler geliştirmek; iklim etkisini en aza indirmek, sıfır karbon ve yeşil ekonomiye geçişi sağlamak adına ülkeler çeşitli politikalar üretmekte ve uluslararası taahhütlere girmektedir. Tüm bu gelişmeler ışığında, ülkemiz 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefini 27 Eylül 2021 tarihinde açıklamıştır. Paris Anlaşmasına taraf olunması ve yeşil kalkınma devrimi olarak tanımlanan net sıfır emisyon hedefinin açıklanması ile Türkiye yeşil dönüşüm ve büyüme yolunda önemli bir adım atmıştır. Bu kapsamda birçok bilimsel çalışma yapılması, teknoloji geliştirilmesi ve bu taahhütlerin yerine getirilmesine yönelik bilimsel altyapı ve politika geliştirilmesi önem kazanmaktadır.

İklim krizi ile mücadele ve sürdürülebilir kalkınma alanlarında en büyük zorluk; iklim etkilerinin ortaya konması, bu yönde uyum ve azaltım politikaları geliştirilmesi, kırılganlık analizleri yapılması ve çözüm önerileri geliştirilmesidir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için iklim değişikliğinden etkilenen sistemler için risklerin ortaya konması, uyum süreçlerinin araştırılması, uyum önerileri geliştirilmesinin yanı sıra ulusal ve bölgesel seviyede sürdürülebilir kalkınma stratejileri geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu uyum önerilerini ve stratejileri uygulamaya dönüştürmenin yolu ise yenilikçi yaklaşımlar ve çığır açıcı teknolojilerin hayata geçirilmesinden geçmektedir.

İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu; Paris Anlaşması, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, Avrupa Yeşil Mütabakatı, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) Küresel Hisse Senedi dahil olmak üzere tüm potansiyel girdileri dikkate alarak ülkemiz sürdürülebilirlik hedeflerine yönelik bilimsel ve teknolojik politikalarının belirlenmesini hedeflemiştir.

İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu bünyesinde yapılan çalışmalarla, ülkemizin 2053 net sıfır emisyonu hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda, iklim değişikliği ile mücadele ve uyuma yönelik olarak, "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik", "Temiz ve Döngüsel Ekonomi", "Temiz Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı", "Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım", "Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım" olmak üzere 5 ana temada çığır açıcı Ar-Ge ve yenilik temelli çözümler oluşturulmuştur. Net sıfır hedefi doğrultusunda geleceğin teknolojilerinin öngörülmesi, bu teknolojilerde ülkemizin Ar-Ge ve yenilik kapasitesini geliştirmesine imkan verecektir. Bu sayede ülkemizin iklim değişikliği krizini orta/uzun vadede fırsata çevirmesi hedeflenmektedir.

Şura kapsamında Bilim ve Teknoloji Komisyonu, disiplinlerüstü bütüncül bir yaklaşımla; üniversite, özel sektör, STK ve kamu'dan 97 uzmanın katılımı ile 40'dan fazla çevrimiçi toplantı gerçekleştirmiş ve toplantılarda 5 tema kapsamında, ülkemizin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum sürecinde fırsat yaratacak çığır açıcı teknolojilerde ivme kazanmasına yönelik teknoloji tabanlı 33 politika önerisi ve her politikaya özel hedeflenmesi önerilen Ar-Ge ve yenilik konu başlıklarını içeren eylemler geliştirilmiştir. Sözkonusu kilit ve çığır açıcı teknolojilerin hayata geçirilmesine yönelik kolaylaştırıcı ve destekleyici unsurları içeren yatay politika alanlarında 1 politika önerisi oluşturulmuştur. 5 tema ve yatay politika alanları kapsamında toplam 34 Politika ve 262 Eylem oluşturulmuştur.

YÜRÜTME KURULU ÜYELERİ

Komisyon Başkanı	Prof. Dr. Hasan MANDAL
Komisyon Başkan Yardımcısı	Prof. Dr. Barış SALİHOĞLU
Komisyonu Koordinatörü	Volkan POLAT
Komisyon Raportörü	Dr. Özlem DOĞAN
Komisyon Raportörü	Doç.Dr. Işıl IŞIK GÜLSAÇ
Bakanlık Raportörü	Canan Esin KÖKSAL
İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik Çalışma Grubu Sorumlusu	Dr. Samet HACILAR Erdoğan KARACA Murat TEKİN
Temiz ve Döngüsel Ekonomi Çalışma Grubu Sorumlusu	Dr. Özlem DOĞAN Serkan HOŞAFCIOĞLU
Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı Çalışma Grubu Sorumlusu	Hande ALPASLAN Onur ORHAN Veysel SELİMOĞLU
Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım Çalışma Grubu Sorumlusu	Melis Yurttagül KOCATÜRK Sezin Sönmez ERBAŞ
Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım Çalışma Grubu Sorumlusu	Mehmet İmran AKSU Elif ÖZCAN ÖZTURGUT Ahmet CODAL

1. AMAÇ

İklim değişikliği ve neden olduğu küresel ve bölgesel değişimlere, sorunlara çözümler geliştirmek; iklim etkisini en aza indirmek, sıfır karbon ve yeşil ekonomiye geçişi sağlamak adına ülkeler çeşitli politikalar üretmekte ve uluslararası taahhütlere girmektedir. Tüm bu gelişmeler ışığında, ülkemiz yakın geçmişte Paris Anlaşması'nı onaylamıştır. Bu kapsamda birçok bilimsel çalışma yapılması, teknoloji geliştirilmesi ve bu taahhütlerin yerine getirilmesine yönelik bilimsel altyapı ve politika geliştirilmesi planlanmaktadır. Bunun yanı sıra yüzyıl ortası hedeflerine göre Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkılara (NDCs) yönelik politikaların oluşturulması gerekmektedir.

İklim krizi ile mücadele ve uyumun, sürdürülebilir yeşil kalkınmanın sağlanması için iklim değişikliğinden etkilenen sistemler için risklerin ortaya konması, uyum süreçlerinin araştırılması, uyum önerileri geliştirilmesinin yanı sıra ulusal ve bölgesel seviyede sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu uyum önerilerini ve stratejileri uygulamaya dönüştürmenin yolu ise yenilikçi yaklaşımlar ve çığır açıcı teknolojilerin hayata geçirilmesinden geçmektedir. Teknolojik yenilik, iklim hedeflerine ulaşma çabalarının kritik bir hızlandırıcısı ve geliştiricisidir. Paris Anlaşması 10. Maddesi 5. paragrafında açıkça yeniliğe atıfta bulunmaktadır. İlgili maddeye göre, taraflar iklim değişikliğine uyumun sağlanması ve sera gazı salımlarının azlatılması

yönlerinden teknoloji geliştirme ve transferinin tam olarak hayata geçirilmesinin önemi konusunda uzun vadeli bir vizyonu paylaşmaktadırlar. Paris Analaşması 10. Maddenin 5. Paragrafında, teknolojik yeniliklerin teşvik edilmesinin iklim değişikliğine etkin, uzun vadeli bir küresel yanıt verilmesi ve ekonomik büyüme ile sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi için kritik öneme sahip olduğu vurgulanmaktadır.

İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu, Ülkemizin 2053 net sıfır emisyonu hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda, iklim değişikliği ile mücadele ve uyuma yönelik olarak, "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik", "Temiz ve Döngüsel Ekonomi", "Temiz Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı", "Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım", "Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım" olmak üzere 5 ana temada (Şekil 1) çığır açıcı Ar-Ge ve yenilik temelli çözümler üretmek amacıyla oluşturulmuştur. Net sıfır hedefi doğrultusunda geleceğin teknolojilerinin öngörülerek, bu teknolojilerde ülkemizin Ar-Ge ve yenilik kapasitesini geliştirmesine imkan verilmesi ve bu sayede ülkemizin iklim değişikliği krizini orta/uzun vadede fırsata çevirmesi hedeflenmiştir.

Şekil 1. *Bilim ve Teknoloji Komisyonu Tarafından İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyuma Yönelik Ele Alınan 5 Ana Tema*

2. KAPSAM

Bilim ve Teknoloji Komisyonu, Paris Anlaşması gibi son gelişmeler ve Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli- IPCC'den Küresel Hisse Senedi ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları dahil olmak üzere tüm potansiyel girdileri dikkate alarak ülke sürdürülebilirlik hedeflerine yönelik bilimsel ve teknolojik politikalarının belirlenmesini hedeflemektedir. Sürdürülebilir kalkınma perspektiflerinin ortaya konması, teknoloji ve diğer gelişmeler ışığında iklimin etkilerinin hafifletilmesine yönelik bilimsel ve teknolojik çözümlerin ve politikaların oluşturulması; buna yönelik bölgesel durum, yerel kurumlar, kültürler, koşullar, sektörler, hizmetler ve sistemler dikkate alınması yine komisyonun ana hedefleri arasındadır.

Bilim ve Teknoloji Komisyonu, İklim değişikliği ile mücadele ve uyuma yönelik olarak, "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik", "Temiz ve Döngüsel Ekonomi", "Temiz Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı", "Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım", "Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım"olmak üzere 5 ana tema altında teknoloji odaklı konuları ele almıştır. 5 ana temaya ek olarak, "Yatay Politika Alanları" ile iklim değişikliği ile mücadele ve uyuma hizmet eden kilit ve çığır açıcı teknolojilerin hayata geçirilmesine yönelik finans, Ar-Ge insan kaynağı, teknoloji girişimciliği, platforma dayalı işbirlikleri ve araştırma altyapı ihtiyaçları belirlenmiştir.

5 ana tema, özellikle Avrupa Yeşil Mutabakatı (2019), OECD Yeşil Büyüme Stratejisi (2011), Hükümetler arası İklim Değişikliği Panel Değerlendirme Raporları (2020), OECD ve Ulusal Enerji Ajansının ortak hazırladığı Yeşil Büyüme Çalışmaları Enerji Raporu (2020) ve Yeşil Büyüme Çalışmaları: Enerji Raporu (2011), Ulusal Enerji Ajansı Hazırladığı Sürdürülebilir İyileşme Özel Raporu (2020), Birleşmiş Milletlerin hazırladığı Sıfır Karbon Yarışı Kampanyası (2020) ve UFUK2020 Yeşil Büyüme Çağrı Başlıkları başta olmak üzere uluslararası belgeler dikkate alınarak belirlenmiştir.

Bilim ve Teknoloji Komisyonunun odaklandığı 5 ana tema ve alt konu başlıkları aşağıda verilmektedir:

İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik

- Bütünleşik İklim Değişikliği Modelleme ve yenilikçi yaklaşımlar ile uyum ve azaltım Senaryo Seçenekleri Çalışmaları
- Bütünsel Ekosistem Çözümleri
- Deniz ve İç Sucul Ekosistemler ve Mavi Ekonomi
- Aşırı iklim (aşırı sıcaklık, kuraklık, sel, heyelan, çığ vb.) olaylarına karşı ekosistem dirençliliğinin artırılmasına yönelik çözümler
- Sıfır Salım, Sıfır Atık ve Sıfır Kirletici Çözümler
- İklim değişikliği ile mücadelede Tek Sağlık faydalarının ve risklerinin araştırılarak gerekli azaltım ve uyum stratejilerine geri besleme sağlanması

Temiz ve Döngüsel Ekonomi

- Sanayide Sera Gazı Emisyon Azaltım Kapasitelerinin Yükseltilmesi ve Enerji Verimliliğinin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar

- Sanayi Sektörlerinde Karbon Tutma, Alternatif Enerji Kaynaklarının (Yenilenebilir, Biyokütle, Hidrojen) Kullanımına ve Enerji Verimliliği Uygulamalarına İlişkin Teknolojiler

- Üretim, Tarım Sektörü ve Tüketim Alışkanlıklarında Döngüsel Ekonomi Uygulamalarına İlişkin Teknolojiler

- Atıkların ve Biyokütle Kaynaklarının Değerlendirilmesi

- Elektronik atıklardan ve evsel atıklardan kritik hammaddelerin geri kazanımı

- Karbondioksitten Sentetik Yakıtların ve Kimyasalların Üretimini Kolaylaştırmak İçin Yenilikçi ve Geri Dönüştürülebilir Katalizör ve Katalitik Proseslerin Sistemleri

- Dijital Teknoloji Uygulamaları

- Sanayiden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesine Yönelik Sistemler

- Evsel Atıkların ve Atıksu Arıtma Tesislerinin Yönetimine Yönelik Uygulamalar
- Sanayi Sektörlerinde Enerji Verimliliğinin Arttırılmasına Yönelik Sistemler
- Binalarda Enerji Performansının Analizine Yönelik Uygulamalar

• Sektörel Enerji Verimliliği Malzemeleri

- Ulaştırma sektöründe ve sanayide enerji verimliliğe yönelik malzemelerin geliştirilmesi, üretilmesi ve uygulamaları
- Konut ve binalarda ısıtma ve soğutma, aydınlatma, sürdürülebilir, çevre dostu yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi, üretilmesi ve uygulamaları
- Mekanik Sistemlerde Enerji Kaybını Azaltacak Malzemelerin, Yüzeylerin ve Tasarım Yaklaşımlarının Geliştirilmesi ve Uygulamaları

Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı

• Güneş Enerjisi (Fotovoltaik) Teknolojileri

• Isıl Güneş Enerjisi ve Endüstriyel Isı

• Rüzgar Enerjisi Teknolojileri

• Jeotermal Enerji Teknolojileri

• Hidrojen Ekonomisi Teknolojileri

• Yeni Nesil Nükleer Reaktör Teknolojileri

• Biyo-yakıtlar, Biyoenerji Dönüşümü ve Biyorafineri Teknolojileri

• Enerji Sistemleri ve Elektrik Şebekesi

• Hidroelektrik Enerji Teknolojileri

• Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Teknolojileri

• Enerji Depolama Teknolojileri

Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım: Çiftlikten Sofraya Daha Adil, Sağlıklı ve Çevre Dostu Bir Gıda Sistemi

- Tarımsal Üretimde Sera Gazı Salımının Azaltılması Amacıyla Düşük Karbon İzine Sahip Robotik Teknolojileri
- Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İçin Tutulan Karbon Miktarının ve Karbon Stoklarındaki Değişimlerin İzlenmesine Yönelik Çözümler, Çölleşme ve Arazi Tahribatıyla Mücadele Çalışmalarında Karbon Depolama Uygulamaları
- İklim Değişikliğiyle Uyumlu Tarımsal Üretim Planlamalarının Yapılabilmesi Amacıyla Büyük Veriye Dayalı Bilgi-İletişim Teknolojileri
- Yenilikçi Sulama Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Su Yönetimi İçin Marjinal Suların Tarımsal Sulamada Kullanımına Yönelik Çözümler
- Tarımsal Üretimde Kimyasal Gübre Kullanımının Azaltılmasına Katkı Sağlayacak Çözümler
- Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Kuraklığa Dayanıklı Tohumların ve Alternatif Gıda Kaynaklarının Geliştirilmesine Yönelik Çözümler
- Tarımsal Üretimde Tehlikeli Pestisitlerin, Anti-Mikrobiyallerin Kullanımının Azaltılması Amacıyla Kültürel Önlemler ile Yenilikçi Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele Yöntemleri Geliştirilmesi
- Organik Tarım Üretiminin Yaygınlaştırılması Amacıyla Yenilikçi Biyolojik Mücadele Yöntemleri, Omiks Teknolojileri Yardımıyla Organik Gıdaların Otantik Kompozisyon Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik İleri Analiz Yöntemleri ve Bulut Tabanlı Organik Gıda Kontrol Sistemleri
- Tarımsal Üretimde ve Gıda Sektöründe Atık ve Artıklarının Geri Dönüştürülerek Yakıt, Isı, Elektrik, Organomineral Gübre, Biyoaktif Madde, Biyomalzeme Gibi Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Birlikte Elde Edildiği Biyorafineri Teknolojileri
- Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Parmak İzi Niteliğindeki Gıda Kalite Özelliklerinin İzlenebilmesine Yönelik Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri, Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Yenilikçi Üretim ve Ambalajlama Teknolojileri

Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım

- Sürdürülebilir Alternatif Tahrik/İtki ve Depolama Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Uygulamalar
  - Elektrikli Araç Teknolojileri, Şarj Ekosistemi ve Alt Yapısının Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar
  - Enerji Yoğunluğu Yüksek Çevreci Enerji Depolama Sistemi Uygulamaları
  - Alternatif Çevreci Tahrik ve İtki Sistemi Uygulamaları
- Entegre/Kombine Taşımacılığın Geliştirilerek, Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Modlarının Payının Arttırılmasına Yönelik Uygulamalar
  - Ulaşımda Demiryolu ve Denizyolu Taşıma Paylarının Artırılması, Demiryolu Altyapısının İyileştirilmesine ve Geliştirilmesine Yönelik Çözümler
  - Entegre Mikro ve Mini Hareketlilik Sistemleri Geliştirilmesi Uygulamaları
- Ulaşım Sektörünün Çevre Üzerindeki Etkilerini Dikkate Alan, Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar
  - Bağlantılı, Kooperatif, Otonom Elektrikli Araçlar ve Akıllı Altyapılar İçin Enerji Yönetim Sistemleri
  - Hizmet Olarak Hareketlilik ve Dağıtım (MaaS ve DaaS) Teknolojileri

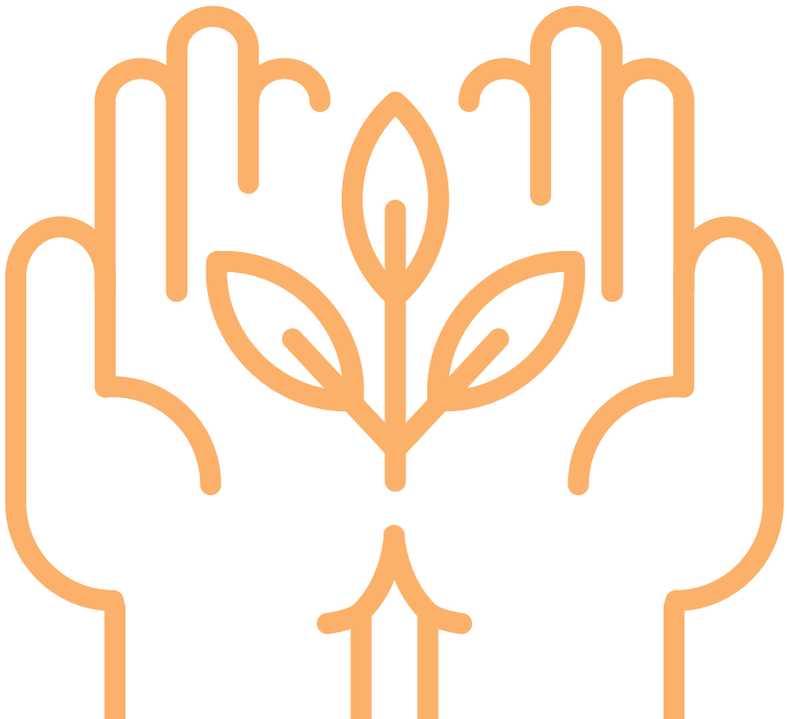
Yatay Politika Alanları

İklim değişikliği ile mücadele ve uyuma hizmet eden kilit ve çığır açıcı teknolojilerin hayata geçirilmesine yönelik ,

- Finans,
- Ar-Ge insan kaynağı,
- Teknoloji girişimciliği,
- Platforma dayalı işbirlikleri,
- Araştırma altyapılarının ortak kullanımı ile bu hususları kolaylaştırıcı ve destekleyici adımlar

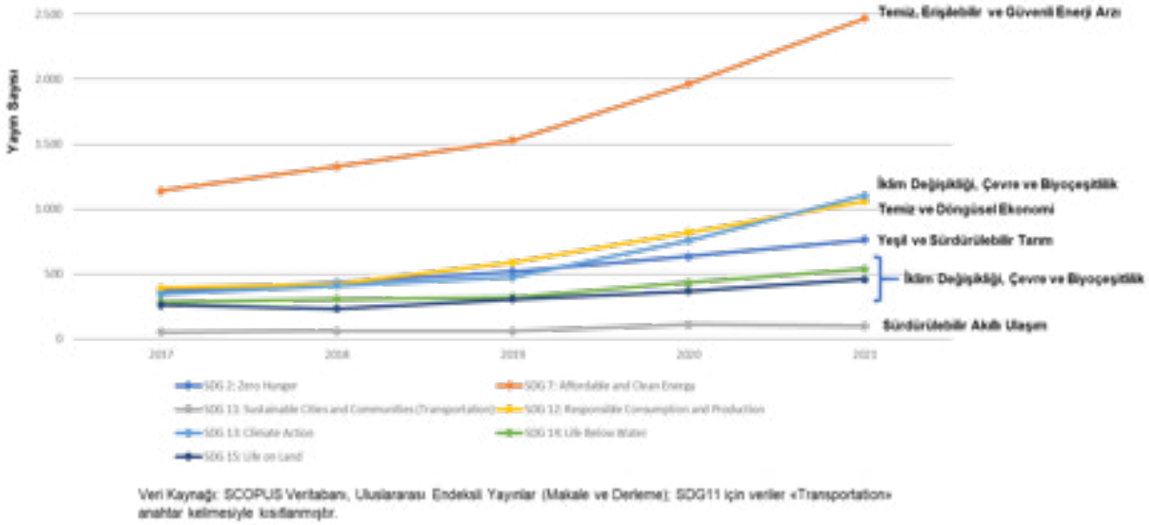
İklim değişikliği ile mücadele ve uyuma hizmet eden kilit bilimsel ve teknolojik alanlarda dünyadaki ve ülkemizdeki duruma ilişkin; uluslararası akademik yayın birikimi ve patent birikimi analizleri yapılmıştır. Konunun çok yönlü olması ve ilgili olduğu teknoloji alanlarının sayısının fazla olmasından dolayı, Scopus Veritabanı'nın (https://www.scopus.com/) Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'ne (SKH) ilişkin özel olarak geliştirdiği bölüm kullanılmıştır. İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu'nun 5 ana teması ve ilgili oldukları Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri aşağıdaki şekilde eşleştirilmiştir.

Ana Tema	İlişkili Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH)
İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik	SKH 13 İklim, SKH 14 Suyun Altında Yaşam, SKH 15 Yeryüzünde Yaşam
Temiz ve Döngüsel Ekonomi	SKH 12 Sorumlu Tüketim ve Üretim
Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı	SKH 7 Maliyet Etkin ve Temiz Enerji
Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım	SKH 2 Sıfır Açlık
Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım	SKH 11 sürdürülebilir Şehirler ve Toplumlar (Yayınlar, akıllı ulaşıma özel kısıtlayıcı anahtar kelimelerle kısıtlanmıştır)



3.1. İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyuma Hizmet Eden Araştırmalara İlişkin Türkiye'nin Yayın Hacmi

Bilim ve Teknoloji Komisyonunun ana temaları ve kapsamıyla örtüşen sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ilişkin Türkiye'den yapılan yayınlar, yıllara göre incelenmiştir, (Şekil 2).



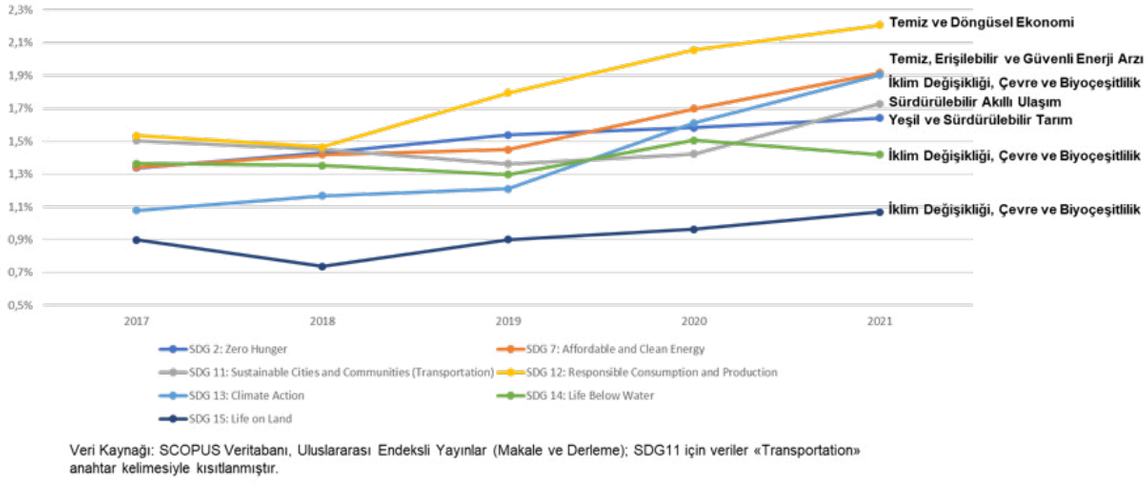
Şekil 2. *İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyuma Hizmet Eden Araştırmalara İlişkin Türkiye'nin Yıllara Göre Yayın Sayıları*

Yayın hacmi, Türkiye'den yapılan uluslararası akademik yayın sayıları olarak incelendiğinde, en çok makale ve derleme "Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı" temasında yer almaktadır. Bu tema, diğer temalardaki yayın hacminin çok üstünde değerlere sahiptir. "Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı"nı, "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik" ve "Temiz ve Döngüsel Ekonomi" temaları takip etmektedir.

İlişkili Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde ülkemizde yapılan yayınların, ülkemizin tüm yayınlarına oranına bakıldığında, yayın hacmi açısından ön plana çıkan "Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı" temasında yapılan yayın sayısının Türkiye'den tüm yayınlara oranı 2020 ve 2021 yılında %4,1 olduğu görülmektedir. Türkiye'nin hâlihazırda bu alana odaklandığı ve kapasite açısından iyi durumda olduğu değerlendirilmektedir. Diğer temaların ülkemizdeki toplam yayın sayılarına oranına bakıldığında ise, "Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım" dışındaki tüm temalardaki yayın sayılarının, Türkiye'nin yayın sayısının %1'i civarında olduğu görülmektedir.

Alanların yapıları ve araştırma süreçlerinin farklılığı itibarıyla yayın sayılarında farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin tüm dünyada enerji alanında fazla sayıda yayın üretilirken, ulaşım alanında aynı zaman diliminde daha az sayıda yayın üretilebilmektedir. Akademik potansiyelin değerlendirilmesinde alanların yapılarının da göz önünde bulundurulması amacıyla, küresel yayın birikimine katkı oranı kullanılmaktadır.

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri üzerinden iklim değişikliğiyle mücadele ve uyuma ilişkin Türkiye'den yayınların dünyadaki yayınlara oranı incelenerek, Türkiye'nin küresel yayın hacmine katkısı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, Türkiye'den yayınların sayısının dünya yayın sayılarına oranı ortaya konularak yapılmıştır, (Şekil 3).



Şekil 3. *İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyuma Hizmet Eden Araştırmalara İlişkin Yıllara Göre Türkiye'den Yayınların Dünya Yayın Sayılarına Oranı*

Küresel yayın hacmine katkı açısından "Temiz ve Döngüsel Ekonomi" teması ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde bu alanda 2021 yılında yapılan yayınlar, bu alanda dünyada yapılan yayınların % 2,2'sini oluşturmaktadır. Bu temayı "Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı" ve "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik" temaları takip etmektedir. Tüm temalarda 2018 yılından sonra ülkemizden yapılan yayınların, küresel yayın hacmine katkıları istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Bu durum, ülkemizdeki akademik birikimin ve potansiyelin artmakta olduğu şeklinde değerlendirilmektedir.

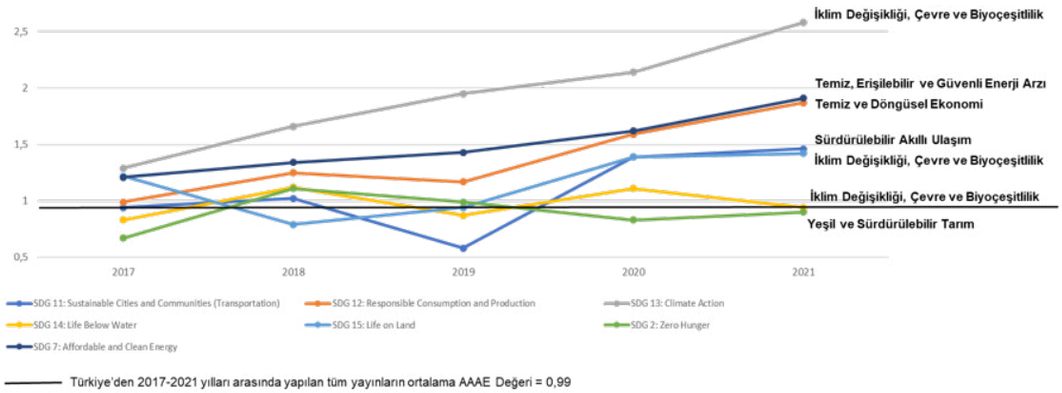
3.2. İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyuma Hizmet Eden Araştırmalara İlişkin Türkiye'nin Yayın Kalitesi

Ülkemizden yapılan yayınların kalitelerinin değerlendirilmesinde, "Alan Ağırlıklı Atıf Etkisii" değerleri kullanılmıştır. "Alan Ağırlıklı Atıf Etkisi", yayınların aldığı atıf değerlerini kullanmakta olan bir kalite göstergesidir. Yayınların almış olduğu atıf ile dünyada alanlar bazında beklenen atıf değerinin kıyaslanarak orantılandırılmasıyla hesaplanmaktadır. Bu bakış açısıyla "Alan Ağırlıklı Atıf Etkisi":

- Tam olarak 1 ise; bu durum yayının küresel ortalama ile aynı performansı gösterdiği anlamına gelmektedir.
- 1'den fazla ise, bu durum yayının küresel ortalamaya göre beklenenden daha fazla atıf aldığı anlamına gelmektedir. Örneğin, 1,48 değeri, beklenenden %48 daha fazla atıf aldığı anlamına gelmektedir.

1'den az ise, yayının küresel ortalamaya göre beklenenden daha az atıf aldığı anlamına gelmektedir.

Türkiye'nin tüm yayınları için 2017-2021 yılları arasında "Alan Ağırlıklı Atıf Etkisi" SciVal tarafından 0,99 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, ülkemizin bu yıllarda yapmış olduğu tüm yayınların; dünya ortalaması ile kıyaslandığında neredeyse aynı oranda atıf aldığı şeklinde yorumlanmaktadır.



Veri Kaynağı: SCOPUS Veritabanı, Uluslararası Endeksli Yayınlar (Makale ve Derleme); SDG11 için veriler «Transportation» anahtar kelimesiyle kısıtlanmıştır. Tanım itibarıyla Dünya yayınlarının ortalama AAAE değeri 1'dir.

Şekil 4. *İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyuma Hizmet Eden Araştırmalara İlişkin Yıllara Göre Türkiye'den Yayınların Alan Ağırlıklı Atıf Etkisi (AAAE) Değerleri*

Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri üzerinden, Türkiye'nin ilgili alanlarda yaptığı yayınların kalitesi AAAE değerleriyle incelendiğinde, dünya ortalamasına göre en kaliteli yayınların yapıldığı tema "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik" altındaki iklim araştırmalarıdır. Kalite açısından bu temayı "Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı", "Temiz ve Döngüsel Ekonomi" ve "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik" temasının altındaki yeryüzü çevre araştırmalarıdır. Yukarıda belirtilen temalarda Türkiye'den yapılan yayınlar, Türkiye ve dünya ortalamalarının üzerinde AAAE değerlerine sahiptir. Yıllar içerisindeki değişime bakıldığında bu temalarda yapılan yayınların kalitesi istikrarlı bir artış göstermektedir. "İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik" temasının altındaki deniz bilimleri çalışmaları ile "Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım" temasına ilişkin yayınların kalitesi ise Türkiye ortalamasındadır (Şekil 4).

Temalar bazında dünyadaki yayın kalitesiyle Türkiye'deki yayın kalitesinin karşılaştırılması, ilgili sürdürülebilir kalkınma hedeflerinde dünyanın ve Türkiye'nin AAAE değerleri üzerinden incelenmiştir. Bilim ve Teknoloji Komisyonu kapsamında çalışılan temalara hizmet eden BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine yönelik, 2017-2021 döneminde dünyada ve ülkemizde yapılan yayınların kalite açısından kıyaslanmasına ilişkin analiz grafikleri aşağıda Grafik 1'de verilmektedir.

2017-2021 döneminde:

- "Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım" teması ile ilişkilendirilen "SKH 2: Sıfır Açlık" alanında ülkemiz yayınlarının alan ağırlıklı atıf etki değerinin, dünyada bu alandaki yayınların AAAE değerine görece daha düşük bir değere sahip olduğu görülmüştür.

- "Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım" teması ile ilişkilendirilen "SKH 11 Sürdürülebilir Şehirler ve Toplumlar"da (ulaştırma kısıtı özelinde) ülkemizden yapılan yayınların kalitesinin son iki yılda arttığı ve bu alandaki dünya ortalama AAAE değerinin üzerine çıktığı görülmüştür.

- "Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı" teması ile ilişkilendirilen "SKH 7: Maliyet Etkin ve Temiz Enerji" alanında ülkemizden yapılan yayınların AAAE değerinin yıllar içinde arttığı ve son iki yılda dünyada yapılan yayınların ortalama AAAE değerinin üzerine çıktığı görülmüştür.

- "Temiz ve Döngüsel Ekonomi" teması ile ilişkilendirilen "SKH 12: Sorumlu Tüketim ve Üretim" alanında, yine benzer bir şekilde, yayın kalitesi açısından son iki yılda

dünya ortalamasının üzerinde bir performans gösterildiği görülmüştür.

"İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik" teması ile ilişkilendirilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden "SKH 13: İklim" alanında ülkemizden yapılan yayınların AAAE değerinin yıllar içinde artmakta olduğu ve özellikle son dört yılda ülkemizde yapılan yayınların kalitesinin dünya ortalamasının üzerinde olduğu ve kalitenin artış eğilimi sergilediği gözlemlenmiştir. "SKH 14: Suyun Altında Yaşam" alanı kapsamında ise ülkemizde yapılan yayınların kalitesi dünya ortalamasının altında kalmakla beraber, AAAE değeri genelde dünya ortalamasına yakın değerler almıştır. Yine aynı tema kapsamında incelenen "SKH 15: Yeryüzünde Yaşam" alanında ülkemiz yayınlarının AAAE değerinin özellikle son iki yılda dünya ortalamasının üzerine çıktığı görülmüştür.

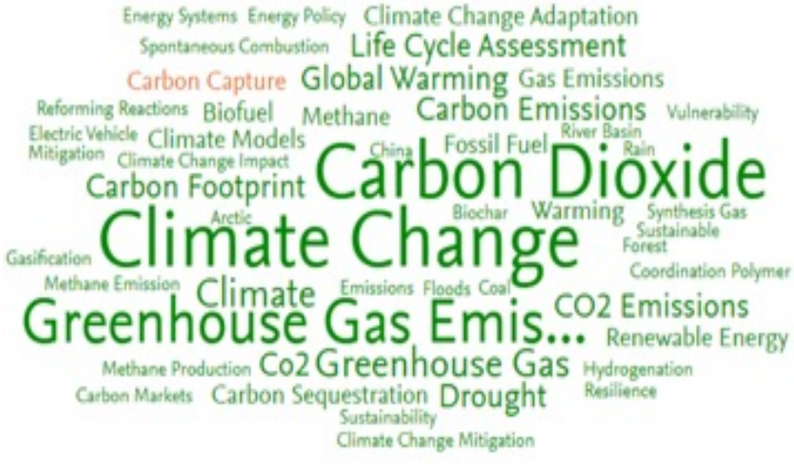
Grafik 1. *Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine Yönelik 2017-2021 Döneminde Dünyada ve Ülkemizde Yapılan Yayınların Kalite Açısından Kıyaslanması*

3.3. İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyuma Hizmet Eden Araştırmaların Dünyada ve Türkiye'de Odaklandıkları Alanlar

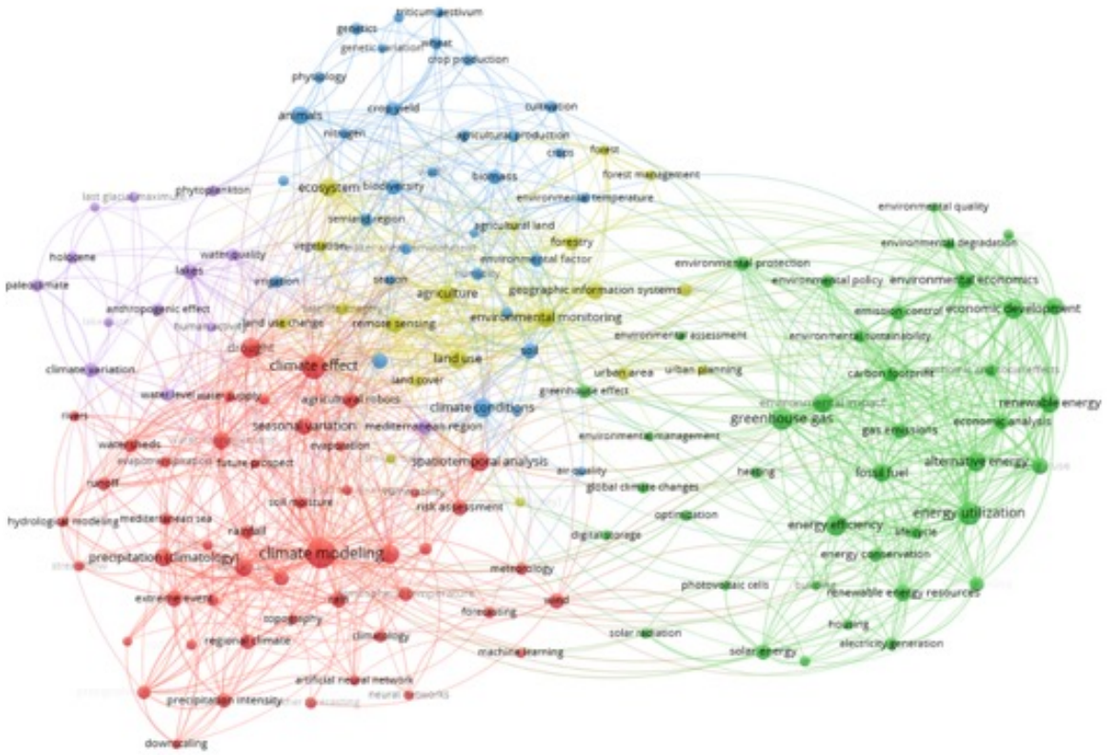
Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri temel alınarak, dünyadaki ve ülkemizdeki yayınların odaklandıkları alanlar incelenmiştir. Dünyadaki odak araştırma alanlarının tespitine yönelik "anahtar kelime bulutları" SCOPUS veri tabanı kullanılarak 2018-2021 yılları arasındaki yayınlar (makale ve derleme özelinde) dikkate alınarak hazırlanmıştır. Anahtar kelime bulutunda kelimelerin büyüklüğü anahtar kelimelerin sıklığını, yeşil olması bu sayının 2021 yılında 2018 yılına göre arttığını ve mavi olması ise bu sayının 2021 yılında 2018 yılına göre azaldığını göstermektedir.

3.3.1. İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik Temasında Yayınların Odaklandığı Alanlar

SKH 13: İklim Alanı dünya yayınlarının anahtar kelime bulutunda İklim Değişikliği, Karbon Diyoksit ve Sera Gazı Emisyonu anahtar kelimelerinin öne çıktığı görülmektedir. Bunları Kuraklık, Karbon Ayakizi ve Küresel Isınma anahtar kelimeleri takip etmektedir. SKH 13: İklim Alanı Türkiye yayınlarının anahtar kelime bulutunda ise İklim Etkisi, İklim Modelleme, Sera Gazları, Ekosistem ve Enerji Kullanımı anahtar kelimeleri öne çıkmaktadır. Yukarıdaki anahtar kelime grubu ile ilişkili olarak İklim Koşulları, Mevsimsel Farklılık, Enerji Verimliliği, Yenilebilir Enerji, Alternatif Enerji, Çevresel Etki, Çevresel Ekonomi anahtar kelimeleri de diğer önemli kelimeler olarak göze çarpmaktadır. Dünyada çapındaki anahtar kelimeler ile ülkemiz anahtar kelimelerinin büyük oranda örtüştüğü görülmektedir. Bu anlamda, iklim araştırmaları konusunda dünyanın ve ülkemizin odaklandığı araştırma alanlarının örtüştüğü değerlendirilmektedir (Şekil 5 ve Şekil 6).

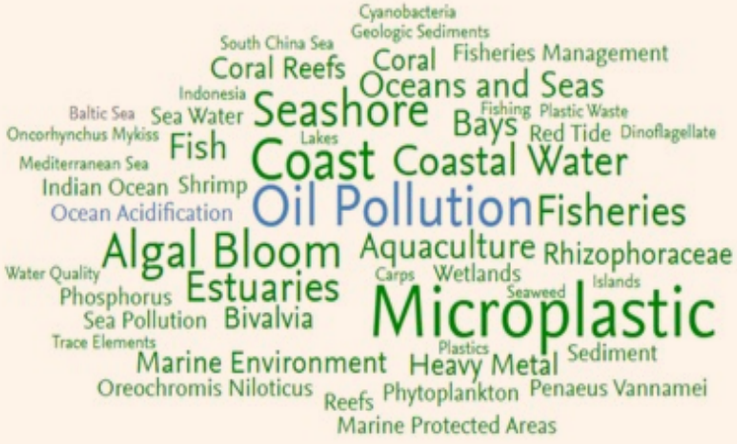


Şekil 5. *2018-2021 Dönemi SKH 13: İklim Alanı Dünya Yayınları Anahtar Kelime Bulutu*

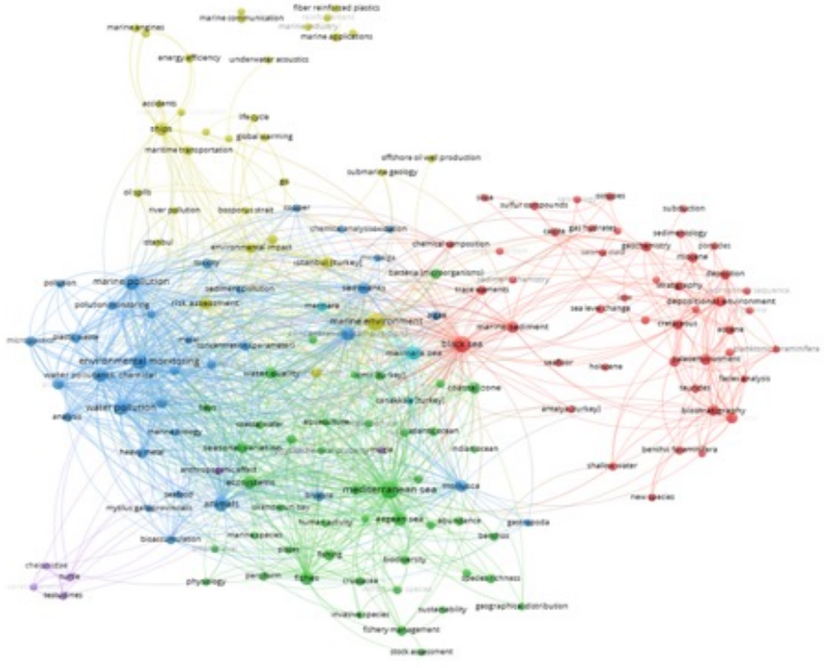


Şekil 6. *2018-2021 Dönemi SKH 13: İklim Alanında Türkiye'nin Yayınları Anahtar Kelime Bulutu*

SKH 14: Suyun Altında Yaşam dünya yayınlarının anahtar kelime bulutunda Mikroplastikler, Kıyı Suları, Petrol Kirliliği ve Hızlı Alg Çoğalması (müsilaja da neden olan) anahtar kelimelerinin öne çıktığı görülmektedir. Bunları Haliçler, Sucul Ortam, Ağır Metaller ve Kıyı Suları anahtar kelimeleri takip etmektedir. SKH 14: Suyun Altında Yaşam Türkiye yayınlarının anahtar kelime bulutunda Sucul Ortam, Karadeniz, Akdeniz, Deniz Kirliliği ve Çevre Gözlemleme anahtar kelimeleri öne çıkmaktadır. Yukarıdaki anahtar kelime grubu ile ilişkili olarak Gemiler, Su Kalitesi, Kıyı Suları, Kirlilik Takibi ve Plastik Atıklar anahtar kelimeleri de diğer önemli kelimeler olarak göze çarpmaktadır. Dünyada çapındaki anahtar kelimeler ile ülkemiz anahtar kelimelerinin belli bir oranda örtüştüğü görülmektedir (Şekil 7 ve Şekil 8).



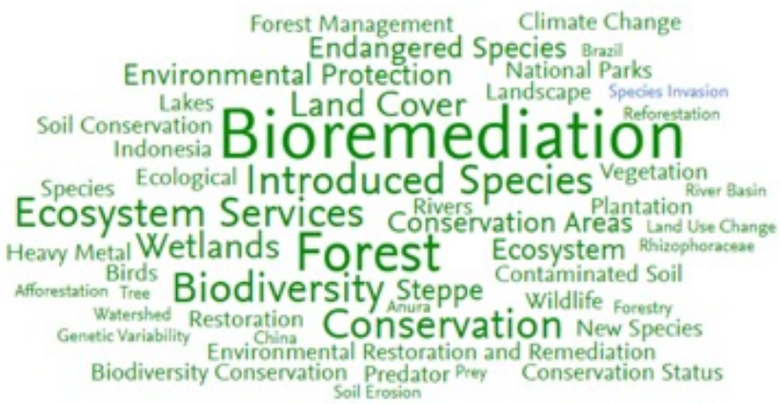
Şekil 7. *2018-2021 Dönemi SKH 14: Suyun Altında Yaşam Dünya Yayınları Anahtar Kelime Bulutu*



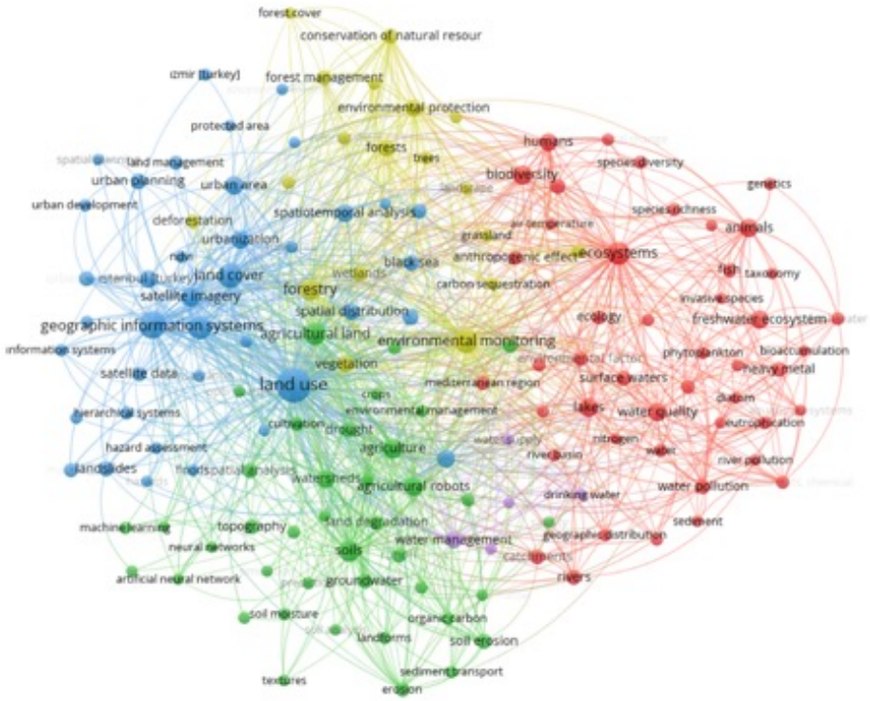
Şekil 8. *2018-2021 Dönemi SKH 14: Suyun Altında Yaşam Alanı Türkiye'nin Yayınları: Anahtar Kelime Bulutu*

SKH 15: Yeryüzünde Yaşam dünya yayınlarının anahtar kelime bulutunda Biyolojik İyileştirme, Orman, Biyoçeşitlilik ve Ekosistem Hizmetleri anahtar kelimelerinin öne çıktığı görülmektedir. Bunları Çevresel Koruma, Yerli Olmayan Türler, Sulak Alanlar ve Stepler anahtar kelimeleri takip etmektedir. SKH 15: Yeryüzünde Yaşam Türkiye yayınlarının

anahtar kelime bulutunda Toprak Kullanımı, Ormancılık, Biyoçeşitlilik ve Çevre Gözlemleme anahtar kelimeleri öne çıkmaktadır (Şekil 9). Yukarıdaki anahtar kelime grubu ile ilişkili olarak Şehir Planlama, Toprak, Tatlısu Ekosistemleri ve Çevre Koruma anahtar kelimeleri de diğer önemli kelimeler olarak göze çarpmaktadır. Dünyada çapındaki anahtar kelimeler ile ülkemiz anahtar kelimelerinin büyük oranda örtüştüğü görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 9. *2018-2021 Dönemi SKH 15: Yeryüzünde Yaşam Alanı Dünya Yayınları: Anahtar Kelime Bulutu*



Şekil 10. *2018-2021 Dönemi SKH 15: Yeryüzünde Yaşam Türkiye'nin Yayınları: Anahtar Kelime Bulutu*

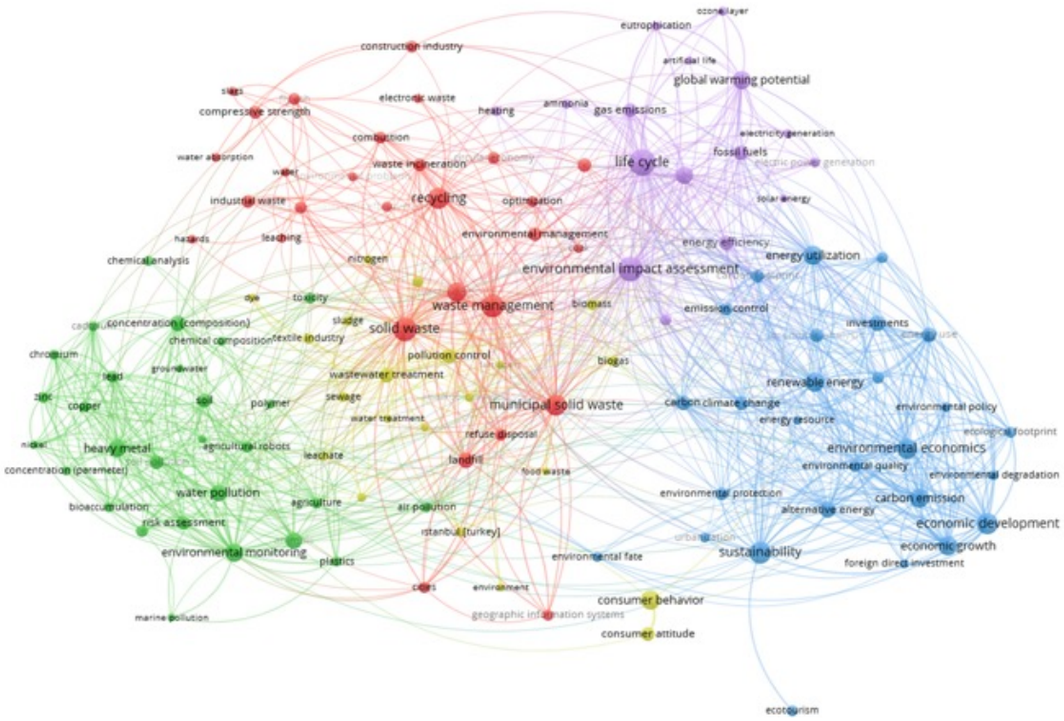
3.3.2. Temiz ve Döngüsel Ekonomi Temasında Yayınların Odaklandığı Alanlar

Dünya'da temiz ve döngüsel ekonomi alanında son 4 yılda yapılan makale ve derleme türündeki yayın incelendiğinde çalışmaların özetinde en çok tekrar eden anahtar kelimeler bazında ön plana çıkan başlıklar yaşam döngüsü analizi, döngüsel ekonomi, geri dönüşüm, atık yönetimi, sürdürülebilirlik, Turizm, sera gazı emisyonu, atık bertaraf tesisleri ve katı atıktır (Şekil 11).

SKH 12: Sorumlu Üretim ve Tüketimi ile ilişkilendirilen Temiz ve Döngüsel Ekonomi teması kapsamında Türkiye'de son 4 yılda yapılan makale ve derleme türündeki 1.501 yayın incelendiğinde, anahtar kelimeler bazında ön plana çıkan başlıklar aşağıdaki şekildedir (Şekil 12):

- Atık yönetimi
- Geri dönüşüm
- Katı atıklar
- Karbon emisyonu
- Yenilenebilir enerji
- Çevresel etki analizi
- Yaşam döngüsü analizi

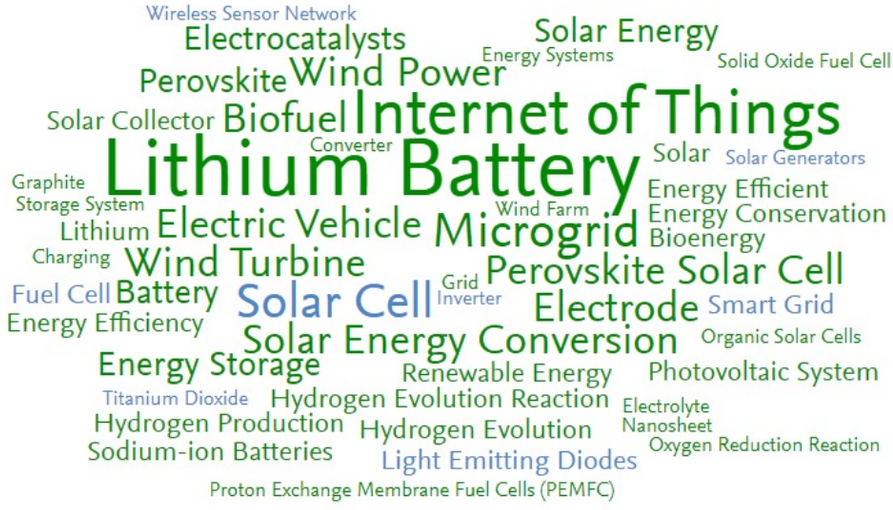
Şekil 11. *2018-2021 Dönemi SKH 12: Sorumlu Tüketim ve Üretim Alanı Dünya Yayınları Anahtar Kelime Bulutu*



Şekil 12. *2018-2021 Dönemi SKH 12: Sorumlu Tüketim ve Üretim Alanı Türkiye'nin Yayınları*

3.3.3. Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı Temasında Yayınların Odaklandığı Alanlar

Dünya'da erişilebilir temiz enerji alanında son 4 yılda yapılan makale ve derleme türündeki yayın incelendiğinde çalışmaların özetinde en çok tekrar eden anahtar kelimeler bazında ön plana çıkan başlıklar Lityum Batarya, Biyoenerji, Biyoyakıt, Rüzgar Enerjisi, Güneş Enerjisi, Perovskit Güneş Hücreleri, Güneş Enerjisi Dönüşümü, Mikroşebeke, Enerji depolama, Elektrikli araç, Hidrojen üretimi, Nesnelerin İnterneti'dir (Şekil 13).



Şekil 13. *2018-2021 Dönemi SKH 7: Maliyet Etkin ve Temiz Enerji Alanı Dünya Yayınları Anahtar Kelime Bulutu*

Türkiye'de erişilebilir temiz enerji alanında son 4 yılda yapılan makale ve derleme türündeki 5285 yayın incelendiğinde çalışmaların özetinde en çok tekrar eden anahtar kelimeler bazında ön plana çıkan başlıklar aşağıdaki şekildedir (Şekil 14):

- Yenilenebilir enerji kaynakları (enerji politikası, yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi, rüzgar enerjisi, fotovoltaik hücreler, hidroelektrik güç, jeotermal enerji), bu alt başlıktaki çalışmaların yakın ilişkili olduğu diğer ön plana çıkan konular: enerji optimizasyonu, akıllı şebeke, mikro şebeke, enerji hasatlama, elektrik güç iletimi, bataryalar)

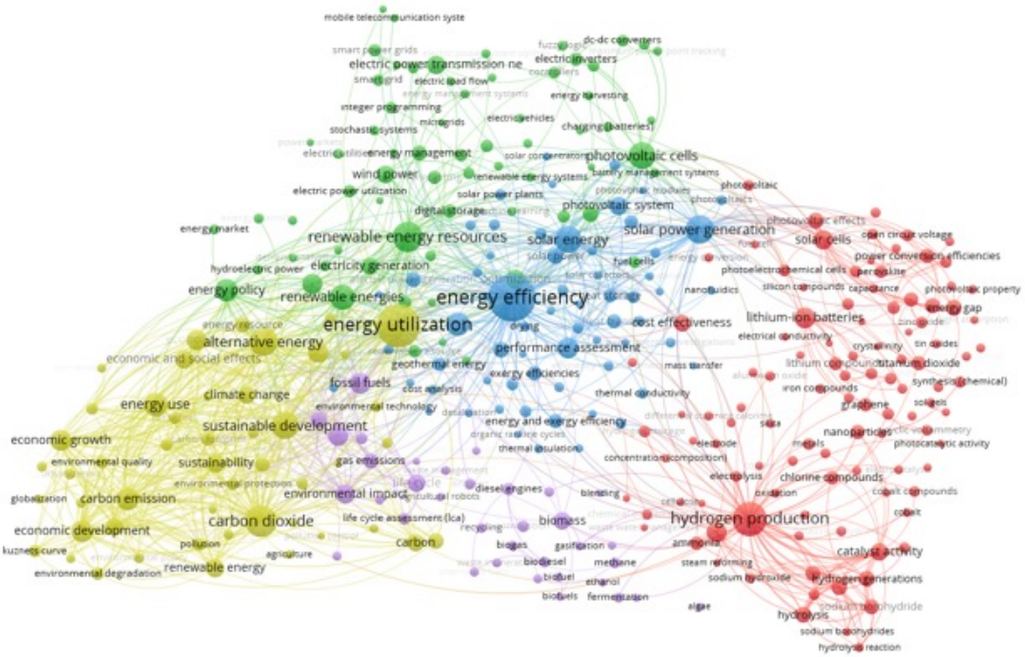
- Enerji verimliliği (performans değerlendirme, elektrik güç üretimi optimizasyonu, ısı depolama, enerji dönüşümü, fotovoltaik hücre verimi)

- Enerji kullanımı (ekonomik ve sosyal etkileri, sürdürülebilirlik, ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler özelinde),

- Hidrojen üretimi (yayınlar ağırlıklı burda) ve depolama,

- Lityum iyon bataryalar

- Biyokütle, biyogaz, biyoyakıtlar

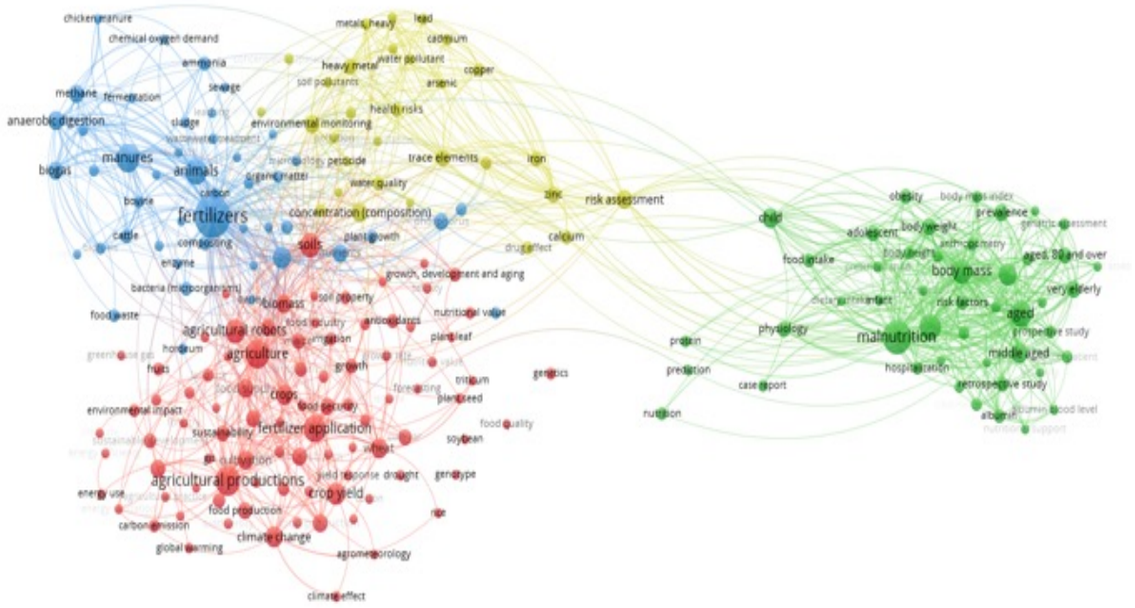


Şekil 14. *2018-2021 Dönemi SKH 7: Maliyet Etkin ve Temiz Enerji Alanı Türkiye'deki Yayınları: Anahtar Kelime Bulutu*

3.3.4. Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım Temasında Yayınların Odaklandığı Alanlar

SKH 2: Sıfır Açlık alanındaki yayınların anahtar kelime bulutları incelendiğinde, dünyadaki yayınların yetersiz beslenme, tarım, gıda arz güvenliği, tarımsal ürünler, çiftçiler gibi konuların yanı sıra biyolojik pestisit kontrolü, hassas tarım, tarım robotları, genetik çeşitlilik gibi konulara da odaklandığı görülmektedir. Türkiye'den yayınlarda ise gübreler ve gübreleme, tarımsal üretim, tarım robotları, verimlilik, pestisitler, toprak kalitesi, yetersiz beslenme gibi konulara odaklı yayınlar yapıldığı görülmektedir. Dünyadaki ve Türkiye'deki odaklanma açısından benzerlik bulunmaktadır (Şekil 15 ve Şekil 16).

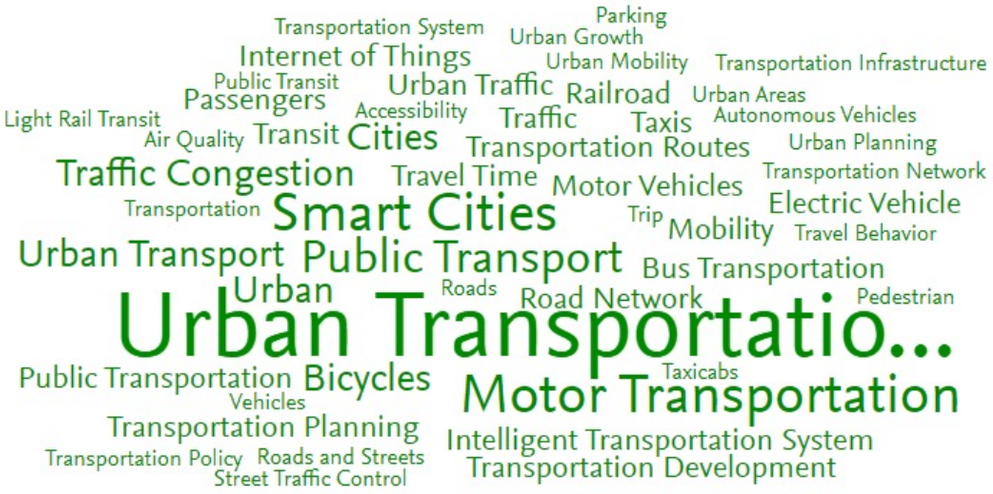
Şekil 15. *2018-2021 Dönemi SKH 2: Sıfır Açlık Alanı Dünya Yayınları Anahtar Kelime Bulutu*



Şekil 16. *2018-2021 Dönemi SKH 2: Sıfır Açlık Alanı Türkiye'nin Yayınları Anahtar Kelime Bulutu*

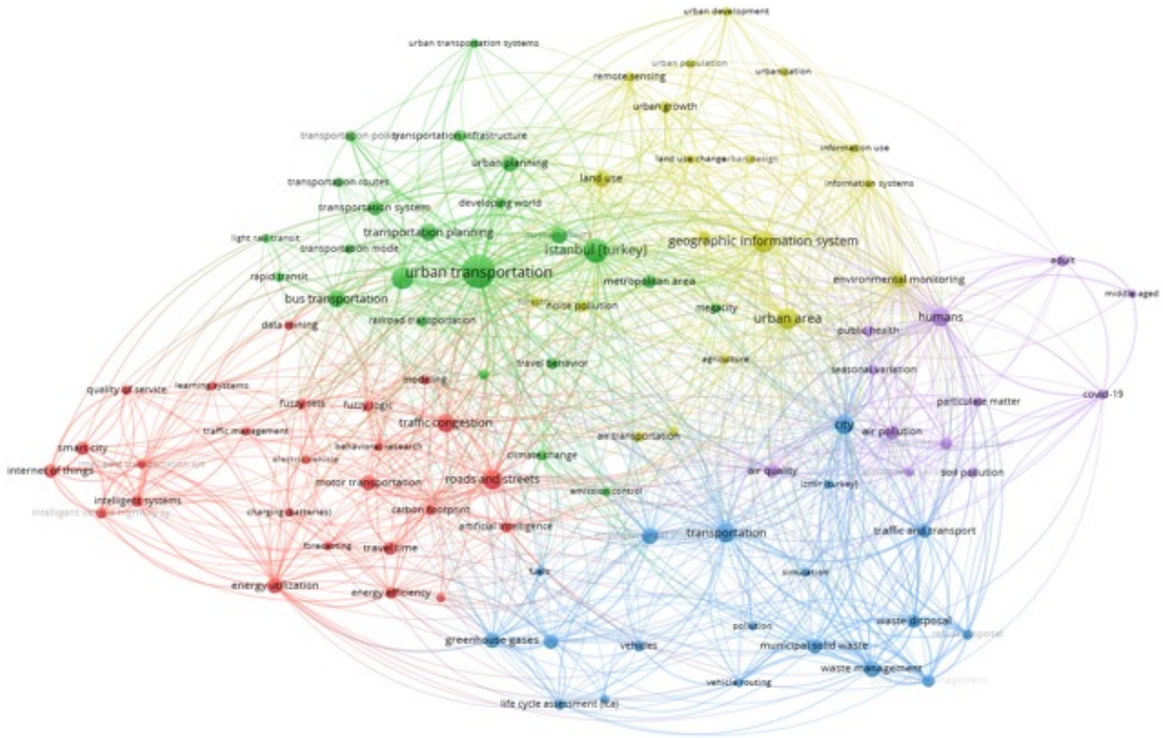
3.3.5. Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım Temasında Yayınların Odaklandığı Alanlar

Sürdürülebilir akıllı ulaşım dünya yayınlarının anahtar kelime bulutunda kentsel ulaşım, motorlu ulaşım ve akıllı şehirler anahtar kelimelerinin öne çıktığı görülmektedir. Bunları toplu taşıma, bisikletler ve trafik sıkışıklığı takip etmektedir. Sürdürülebilir akıllı ulaşım Türkiye yayınlarının anahtar kelime bulutunda ise kentsel ulaşım, coğrafi bilgi sistemleri, ulaşım, trafik sıkışıklığı ve İstanbul anahtar kelimeleri öne çıkmaktadır.



Şekil 17. *2018-2021 Dönemi SKH 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Toplumlar (ulaştırma kısıtı özelinde) Alanı Dünya Yayınları Anahtar Kelime Bulutu*

Yukarıdaki anahtar kelime grubu ile ilişkili olarak ulaşım planlama, otobüs ulaşımı, şehir planlama; kentsel bölgeler, arazi kullanımı; akıllı sistemler, cadde ve sokaklar, enerji kullanımı, motorlu ulaşım; sera gazı, atık yönetimi takip etmektedir. Dünyada odalanılan konular ile Türkiye'de odaklanılan konuların örtüştüğü görülmektedir (Şekil 17 ve Şekil 18).



Şekil 18. *2018-2021 Dönemi SKH 11: Sürdürülebilir Şehirler ve Toplumlar (ulaştırma kısıtı özelinde) Alanı Türkiye'den Yayınlar Anahtar Kelime Bulutu*

3.4. İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyuma Hizmet Eden Alanlarda Türkiye'nin Patent/Faydalı Model Birikimi

Yeşil teknolojiler kategorisinde yer alan ve Türkiye'den patent/faydalı model başvurusu yapılan yayımlanmış dokümanlar özelinde gerçekleştirilen analize göre; yaklaşık 7800 patent/faydalı model başvurusu bulunmaktadır. Bu analiz, çeşitli ücretli patent veri analizi araçları kullanarak IPC patent koduna gerçekleştirilmiştir. 7800 patent içerisinde IPC koduna göre yıllık patent/faydalı model başvuruları çıkarılmıştır ve son 5 yılda %200'den fazla artış gösteren ve 2021 yılı değeri 10'un üzerinde olan IPC kodları seçilmiştir.

Yeşil enerji teknoloji kategorisinde Türkiye'den patent/faydalı model başvurusu yapılan yayımlanmış dokümanlarda son 5 yılda en çok artış gerçekleştiren alanlar; %489 artışla gazlardan veya buharlardan dağılmış partikülleri ayırmak için özel olarak modifiye edilmiş filtreler veya filtreleme işlemleri, %400 artışla elektrikli araçların tahrik sistemleri ve %300 artışla sterilizasyon yöntemleri veya cihazları alanları olmuştur.

Enerji depolama kategorisinde yer alan ve Türkiye'den patent/faydalı model başvurusu yapılan yayımlanmış dokümanlar özelinde gerçekleştirilen analize göre; yaklaşık 1100 patent/faydalı model başvurusu bulunmaktadır. Bu analiz, çeşitli ücretli patent veri analizi araçları kullanarak IPC patent koduna gerçekleştirilmiştir. 1100 patent içerisinde IPC koduna göre yıllık patent/faydalı model başvuruları çıkarılmıştır ve son 5 yılda %20 0'den fazla artış gösteren ve 2021 yılı değeri 10'un üzerinde olan IPC kodları seçilmiştir.

Enerji depolama kategorisinde Türkiye'den patent/faydalı model başvurusu yapılan yayımlanmış dokümanlarda son 5 yılda en çok artış gerçekleştiren alanlar; %500 artışla pilleri AC şebekesinden dönüştürücülerle şarj etmek için devre düzenlemeleri;%280 artışla elektrik gücünün kablosuz tedariki veya dağıtımı için devre düzenlemeleri veya sistemleri ve %267 artışla hibrit kapasitörler, Örn: pozitif ve negatif elektrotlara sahip kapasitörler; elektrikli çift katmanlı [EDL] kapasitörler [EDLC'ler]; bunların veya bunların parçalarının imalatı için özel olarak uyarlanmış işlemler olmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. İklim Değişikliğine Mücadele ve Uyum Konusunda Türkiye'den Yapılan Patent/Faydalı Model Başvurularının Alanlara ve Yıllara Göre Sayıları

		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Eğilim	Son 5 Yıl Artış
B01D	Fiziksel veya kimyasal yöntemler ile ayrıştırma işlemleri	2	7	5	11	12	14	14	17	14	19	25	7	11	42	63	45	47	54	90	140		211%
H02S	Kızılötesi radyason veya ultraviyole ışığın dönüşümü ile elektrik üretimi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	8	7	20	28	26	37	67		235%
H01M10	Piller - İkincil Hücreler	1	1	1	1	2	2	1	2	7	4	9	2	0	16	17	22	23	21	31	64		191%
B01D46	Gazlardan veya buharlardan dağılmış partikülleri ayırmak için özel olarak modifiye edilmiş filtreler veya filtreleme işlemleri	0	2	0	0	3	1	0	3	3	0	5	0	2	7	14	9	13	17	36	53		489%
A61L	Sterilizasyon yöntemleri veya cihazları	1	3	2	3	2	4	3	4	4	5	4	3	2	8	19	12	22	18	35	48		300%
F24S	Güneş ısı kolektörleri, güneş ısı sistemleri	1	1	3	4	5	10	5	6	9	13	13	6	5	5	6	14	20	29	50	43		207%
G01F	Kitle akışı veya sıvı seviyesi ölçümü	0	0	0	0	0	3	6	0	0	3	7	0	0	5	7	9	21	16	36	32		256%
E03B	Su elde etmek, toplamak veya dağıtmak için tesisler veya yöntemler	1	5	4	3	3	9	10	0	6	4	13	0	0	14	10	9	20	12	24	31		244%
B60L	Elektrikli araçların tahrik sistemleri	1	0	0	0	0	0	0	5	2	3	0	2	0	6	7	6	9	16	22	30		400%
F03D9	Rüzgar motorları	2	0	0	0	3	4	0	1	10	5	5	0	0	7	7	7	0	8	24	25		257%
A47K	Sıhhi ekipmanlar	1	0	0	2	3	3	7	5	3	4	3	2	0	4	10	7	7	10	18	23		229%
H02J50	Elektrik gücünün kablosuz tedariki veya dağıtımı için devre düzenlemeleri veya sistemleri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	13	10	19		280%
C01B	Metalik olmayan elementler, bileşikler	2	2	1	1	1	2	3	5	4	3	8	5	3	6	13	6	11	12	13	18		200%
H02J7/02	Pilleri AC şebekesinden dönüştürücülerle şarj etmek için devre düzenlemeleri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	4	6	9	12		500%
H01G11	Hibrit kapasitörler, Örn: pozitif ve negatif elektrotlara sahip kapasitörler; Elektrikli çift katmanlı [EDL] kapasitörler [EDLC'ler]; Bunların veya bunların parçalarının imalatı için özel olarak uyarlanmış işlemler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	1	3	5	11		267%

Analiz Patent Effect tarafından gerçekleştirilmiştir. (www.patentraporu.com)

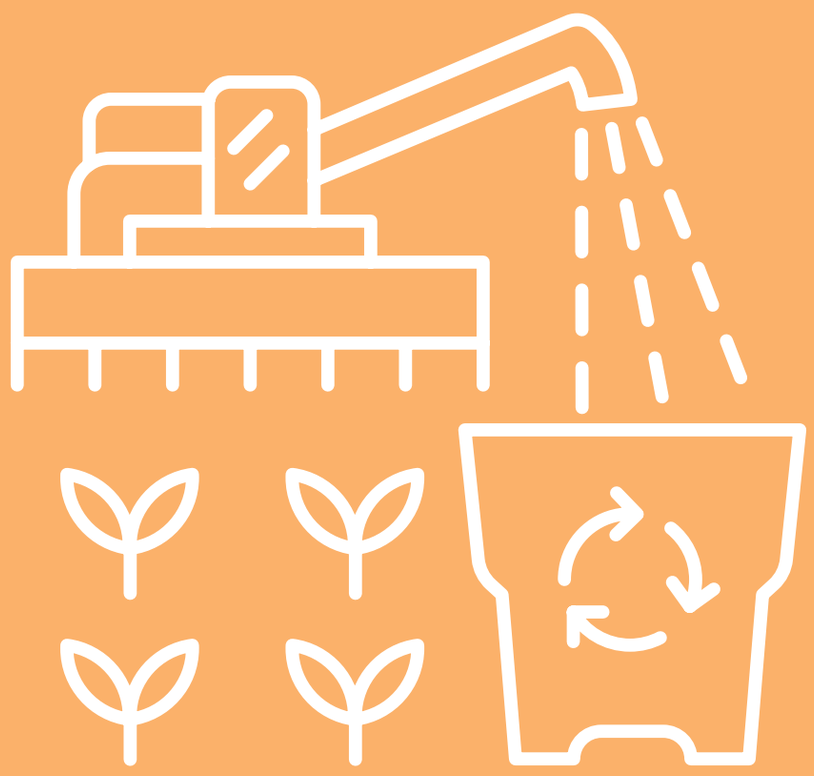
4. TESPİT EDİLEN TEKNOLOJİK SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Bilim ve Teknoloji Komisyonu, disiplinlerüstü bütüncül bir yaklaşımla; akademisyenler, kamu, sivil toplum örgütleri, ve özel sektörün katılımıyla iklim değişikliğine uyum ve mücadeleye yönelik olarak her bir 5 ana tema kapsamında teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri belirlenmiştir.

Tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri 5 tema kapsamında aşağıda verilmektedir:

Tema 1: İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik

İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik teması kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir:



1. Bütünleşik İklim Değişikliği Modelleme ve Yenilikçi Yaklaşımlar ile Uyum ve Azaltım Senaryo Seçenekleri Çalışmaları

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Küresel İklim Modeli geliştirilecek ve dönüşümsel uyum ve net sıfır sera gazı salım düzeyine erişmek için çok disiplinli yaklaşımla çözünürlük ve karmaşıklık düzeyleri açısından ileri özelliklere sahip bölgesel ve küresel modellerle birlikte çalıştırılan senaryolar	1. Coğrafyamız özelinde iklim biliminin desteklenmesi için gerekli olan yüksek çözünürlüklü ve/veya ileri düzey modelleme karmaşıklığı olan (örn. neksus yaklaşımları) modelleme ve senaryo geliştirme kapasitesinin artırılmasının gereklilik olması 2. İklim değişikliğinin doğal kaynaklar üzerindeki etkileri ve uyum odaklı planlama ihtiyacının giderilmemiş olması (tarım ve su odaklı uyum ihtiyacı dahil) 3. Ülkemizin 2053 yılı net-sıfır salım ve iklim nötr hedefine yönelik azaltım yollarının (pathway) SSP-RCP senaryo çerçevesi tabanında karşılaştırılması ihtiyacının mevcudiyeti 4. İklim bilimi tabanlı azaltım ve uyum imkanlarının bütünleşik (entegre) olarak ele alınmaması sonucu kaynakların verimsiz kullanımına neden olunması, bütünleşik uyum ve azaltım imkanlarının planlanması ve uygulamasına yeterince yön verilmemesi	1. İklim bilimi tabanlı modelleme ve senaryo çözümleri için çözünürlük ve/veya karmaşıklık düzeyi açısından ileri özelliklere sahip çığır açıcı modelleme ve senaryo çözümleri (yüksek başarımlı hesaplama içerir) 2. Dönüşümsel uyum odaklı çözümlerin planlanması ve sektörlerarası uyum stratejilerinin yaygınlaştırılmasına yön verecek modelleme ve senaryo çözümleri 3. Enerji sistemlerinde yenilenebilir enerji oranı hedefleri (örn. %100) ve yenilenebilir enerjinin sistem genelinde yaygınlaştırılması için gerekli olan esnek enerji depolama çözümlerine dayalı azaltım yollarının modellenmesi 4. Modelleme ve senaryo çözümlerine dayalı olarak iklim etkilerinin çok yönlü olarak değerlendirmesi (su-enerji, gıda-su, çevre-iklim ve iklim-sağlık etkileşimleri ve karbon yutakları dahil), talep taraflı azaltım imkanları dahil (örn. davranış değişiklikleri) iklim dirençli ve iklim nötr sistemlerin geliştirilmesi Örn: Yüksek başarımlı hesaplama, uyum ve azaltım yollarına yön verilmesi

2. Bütünsel Ekosistem Çözümleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Aşırı iklim olayları (orman yangınları, sel, sıcak hava dalgaları, fırtınalar, soğuk hava kütlesi, kuraklık gibi) ve ilişkili bütünleşik afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için birbirine bağlı sistemlerin dirençliliğinin artırılmasında ve sektörler arası etkileşimlerinin öngörülmesinde i) dirençlilik analitiği, ii) risk haritaları ve iii) karar destek sistemlerinin geliştirilmesi	1. Karasal ve sucul ekosistemlerin iklim değişiklilerine karşı mevcut dirençleri ve verilebilecek kirlilik miktarları belirlenmemiştir. Hergün tonlarca organik ve inorganik içerikli kirlikikler yüzsel sulara verilmektedir. Deniz kıyısında bulunan şehirlerin hiç birinde denize girilememekte, ayrıca deniz ürünleri içerdikleri toksik maddeler nedeniyle tüketilemez durumdadırlar. Sucul ortama verilen aşırı kirlilikler sucul ortam yaşamını da olumsuz etkilenmektedir. 2. Ülkemizde Havza Bazında su yönetimi uygulanmamaktadır. Bu nedenle su yönetimi istenen seviyelerde değildir. (K2) 3. Ekosistem gözlem ve öngörü sistemlerinin eksik olması, bu eksiklik nedeniyle ekosistem yapısı ve fonksiyonlarının takip edilememesi ve katılımcı yaklaşımlarla desteklenmemesi 4. Karbon yutma kapasiteleri dahil sağlanan ekosistem hizmetlerinin nicelik ve nitelik olarak tespit edilmemesi 5. Ekosistemlerin karbon yutma kapasitesinin artırılmasına yönelik yaklaşımların yeterince bilim ve teknoloji tabanında desteklenmemesi	1. Öncelikle alıcı ortam karekteristikleri ve alıcı ortama deşarj kriterleri yasal olarak yeniden AB muktesebatina bağlı olarak belirlenmelidir. 2. Yüzeysel sulara kirlilik desarj eden noktasal kaynakların deşarj kriterleri de AB 'ne göre yeniden belirlenmeli 3. AT'lerin arırma verimlerini arttırmak ve işletme maliyetlerini düşürmek için YSA içerikli akıllı sistemleri arıtma ünitelerine uygulanmalıdır. 4. AB çevre müktesebatine uygun Havza Bazlı su yönetim sistemleri yasal olarak uygulanabilir hale getirilmelidir. 5. Deniz ortamlarını, denizleri besleyen yüzeysel suları ve noktasal deşarj noktaları da içine alan Havza Bazli entegre izleme ağları kurulmalı ve online izlenebilir hale getirilmelidir. 6. Bütünleşik Ekosistem Gözlem ve Öngörü Sistemlerinin geliştirilmesi, vatandaş bilimi de dahil edilerek yaygınlaştırılması, bütünleşik modelleme imkanlarının artırılması 7. Ekosistem hizmetlerinin tespit edilmesi, çoklu SDG bağlantıları ve biyoçeşitlilik odaklı Aichi hedeflerinin desteklenmesi 8. Azaltım odaklı çözümlere ek olarak karbon yutma kapasitesinin belirlenmesi, uzaktan algılama ile takip edilmesi ve bu kapasitenin artırılmasına yönelik yaklaşımların belirlenmesi
Bütünsel Ekosistem Çözümleri (Arazi, su kullanımı ve iklim değişikliğinin ekosistemler ve biyoçeşitlilik üzerine etkileri odağında)	1. Biyoçeşitlilik üzerinde iklim değişikliği artı diğer insan kaynaklı olumsuz birleşik baskılarının yeterince belirlenmemesi 2. Karasal ve sucul ekosistem restorasyonu dahil doğa temelli çözümlerin planlanması ve gerçekleştirilmesinin yetersizliği. Ayrıca karasal ekosistemlerde doğru yöntemlerle ekolojik restorasyon gerçekleştirme konusunda büyük veri eksikliği vardır ve bu konuda uygulama çeşitliliği çok düşüktür (yalnızca ağaçlandırma ön plandadır) 3. SDG'ler kapsamında takip edilen arazi kullanım veriminin (land use efficiency) artırılması için dijital çözümler ihtiyacı	1. Arazi, su kullanımı ve iklim değişikliğinin ekosistemler ve biyoçeşitlilik üzerine etkilerinin belirlenmesinde sürdürülebilir arazi kullanımı için uzaktan algılama 2. Karasal ve sucul ekosistem restorasyonu için doğa temelli çözümler, kentsel doğa tabanlı çözümler (örn. büyük veri ve yapay zeka tabanlı kentsel planlamada yeşil-mavi altyapılar) 3. Sürdürülebilir mekânsal planlama ve sürdürülebilir arazi kullanımı için coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama Örn: Uzaktan algılama, doğa temelli çözümler

3. Deniz ve İç Sucul Ekosistemler ve Mavi Ekonomi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi ekonomi platformları geliştirilmesi ve aynı zamanda deniz ekosistemlerinin karbon yutağı kapasitesinin artırılması. Bu yönde i) yenilenebilir enerji ve denizel hidrojen kaynakları ile çalışan su altı ve üstü biyokütle çiftliklerinin kurulması ve potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin yetiştiriciliği, ii) derin denizlerden değerli metal hammaddelerinin sürdürülebilir şekilde elde edilmesi ve iii) yenilikçi gözlem platformları açısından öncül imkanlara sahip olunması	1. Deniz ekosistemlerini etkileyen baskı unsurlarına ait mekanizmalarının ve birbirleri ile etkileşimlerinin yeterince anlaşılmaması bir bilimsel boşluktur. 2. Deniz ekosistemlerinin sağladığı biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin açığa çıkarılması bir gerekliliktir. 3. Mavi ekonomi açısından önemli imkanlar bulunmakta olup yenilikçi uyum ve azaltım yollarına ihtiyaç duyulması 4. Ekosisteme ve denizlere zarar vermeden, enerji etkin ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak deniz suyundan içme suyunun elde edilmesi için tuzlu suyu arıtma (desalinasyon) tesislerine yönelik imkanların olması 5. Deniz ekosistemlerindeki mikroplastik kirliliğinin önemli sorun teşkil etmesi 6. Mavi ekonomi odaklı sosyal ve beşerî bilimler artırılarak sektörlerarası sinerji ve olası çatışmalarının belirlenmesi	1. Denizel entegre sensör ağlarının geliştirilmesi, insan kaynaklı kirleticilerin (azot-fosfordan antropojenik nanomalzemelere ve antibiyotiklere kadar) denize etkilerinin araştırılması 2. Karbon yutma kapasiteleri dahil deniz ekosistemlerinin sağladığı ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi ve dijital çözümlere dayalı olarak izlenmesi Örn. Dijital çözümler (örn. deniz ekosistemlerinin dijital ikizi), mekânsal planlama 3. Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi büyüme platformları geliştirilerek enerji, gıda, sağlık ve iklim açısından bütünleşik imkanların sağlanması, denizel yenilenebilir enerji ve hidrojen kaynaklarının denizdeki mavi büyüme faaliyetlerine enerji sağlaması 4. Deniz suyu desalinasyon için membran araştırmaları (ters osmoz tesislerinin enerji etkin ve yüksek üretim kapasitesine sahip hale getirilmesi) 5. Mikroplastik tutumu için yenilikçi su membranlarına yönelik çözümler Mavi ekonomi özelinde sektörlerarası sinerjilerin artırılmasına yönelik teknolojik çözümlerin artırılması Örn: Sıfır kirletici odaklı çözümler, kıyı ötesi yenilenebilir enerji

4. Aşırı İklim (Aşırı Sıcaklık, Kuraklık, Sel, Heyelan, Çığ vb.) Olaylarına Karşı Ekosistem Dirençliliğinin Artırılmasına Yönelik Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Orman ve Bozkır Ekosistemlerinde Aşırı İklim Olayları Özelinde Aşırı İklim Olaylarına Karşı Dirençlilik	1. Aşırı sıcaklık ve kuraklıktan beslenen orman yangıları artmakta olup etkin koruma yaklaşımlarının yenilikçi yaklaşımlarla desteklenmesi ve optimizasyonu önemli bir gerekliliktir. 2. Orman yangınları sırasında etkin mücadele yaklaşımlarının yenilikçi yaklaşımlarla desteklenmesi ve optimizasyonu önemli bir gerekliliktir. 3. Orman yangınları sonrasında temizleme çalışmalarının önlenerek ekosistemlerin besin döngüsünün dikkate alınması önemlidir. Yangın sonrası rehabilitasyon çalışmalarının sonraki yangınları nasıl etkileyeceğine kadar uzanan birbirinden farklı etkileşimleri bulunuyor.	1. Öncesi: Toprak neminin sürekli, mekâna dağınık ölçümü, yangın risk tahminleri 2. Sırası: Kara ve hava müdahalelerinin çoklu optimizasyonunu sağlayan sistem ve yazılımlar, yangın alanını çevreleyen alanların koruma altına alınmasına yönelik karar destek sistemleri 3. Ekosistemlerin besin döngüsü dikkate alınarak yangından etkilenen alanların restorasyonunu destekleyen çözümler ve gelecek yangınlara dirençliliğini destekleyen çözümler, orman yangınlarının ekosisteme etkisinin uzun dönemli modellenmesi Örn: Toprak nemi izleme sistemleri, kara-hava müdahalelerinin çoklu optimizasyonu
Aşırı İklim Olaylarına Karşı Dirençlilik (Su kıtlığı özelinde)	1. Su kaynaklarından dağıtımına, kullanımına ve geri kazanımına kadar olan süreçleri içeren sürdürülebilir su yönetimine kapsamlı geçiş sağlayacak teknoloji ve süreçlerin yetersiz olması . 2. Ülkemizde su yönetimi Havza bazında yapılmadığından, havza bazında mevcut ve gelecek yıllan için gerekli olabilecek içme suyu, sanayi suyu ve sulama suyu miktarları belirlenmemiştir. Örneğin herbir Havza için 2053 vizyonu için ne kadar içme suyu, ne kadar sanayide kullanılacak proses suyu ve nekadar tarımsal sulama su ihtiyacı olacak ve nerelerden sağlanacağı belirlenmemiştir. 3. Kentlerdeki nüfus artışına paralel içme suyu miktarlarını arttırmak için ilave barajlar kurulmaktadır.	1. Su taleplerini azaltan çözümlerin geliştirlmesi (örn. tarımsal, kentsel ve sınai su tüketiminin izlenmesi ve optimizasyonu) ve su kaynaklarının döngüsel kullanımını destekleyen yenilikçi ve daha az enerji kullanan su membranları geliştirlmesine yönelik Ar-Ge çalışmaları desteklenmelidir. 2. Ülke düzeyinde Havza Bazlı su Yönetim sistemleri kurulmalıdır. 3. Havza gelinde nüfus gelişimi, sanayi gelişimi ve arazi kullanımları belirlenmeli, iklim değişikliği etkilerini de içerecek şekilde gerekli olabilecek su miktarlari belirlenmelidir.

	İlave barajların kurulması nehirlerin yasamasını sağlayan en az %40 taşkın sular nehirlere verilememekrtedir. Bu nedenle kentlerden geçen atıksular %90 seviyelerinde sırf arıtma tesislerinden çıkan atıksular oluşturmaktadır. Bu uygulamalar hem nehir yasamını hem de denizleri olumsuz etkilemektedir. AB havza Yönetim sistemleri ile örtüşmemektedir. AB Havza bazinda 1.Sınıf su içermeyen Havzalardan yakın gelecekte (en geç 2033) mal ithalatını durduracaktır.	4. Kullanılmış suların geri kazanılması dahil su teyminmi kaynakları belirlenmeli ve gerekli yatırımlar yapılmalıdır.
Aşırı iklim Olayları Özelinde Aşırı İklim Olaylarına Karşı Dirençlilik	1. Aşırı iklim (aşırı sıcaklık, kuraklık, sel, heyelan, çığ vb.) tehlikelerine neden olan faktörlerin yeterli kapsamda analiz edilememesi ve bunun sonucunda risklerin yeterince öngörülememesi 2. Bütünleşik afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyum sağlanması için aşırı iklim olaylarına karşı maruziyet ve kırılganlığı artıran risk faktörlerinin birlikte analiz edilmesi ihtiyacı 3. İklim değişikliğinin etkilerine duyarlı, dirençlilik ve sürdürülebilirlik açısından çevresel ve toplumsal fayda sağlayan yeni nesil mekânsal planlama ihtiyacı 4. Aşırı iklim olaylarına maruz kalan afetzedelerin güvenlik, sağlık, enerji, su ve gıda ihtiyaçlarına göre farklılaşan teknolojik ihtiyaçların bulunması	1. Yapılı çevrede ve kritik altyapılarda aşırı yağış ve fırtınalar sonucunda oluşabilecek aşırı yüklerin hesaplanmasına yönelik bilgi destek sistemleri ve simülasyon (örn. çok katmanlı coğrafi bilgi sistemler, yerel ölçekte etki değerlendirmesi için senaryo tanımlı simülasyon) 2. Geçirgen yüzeylerin planlanması ve yağmur suyu drenajı dahil doğa-temelli çözümlerin artırılması için yerleşim alanları ölçeğinde ileri düzey analiz özelliklerine sahip coğrafi bilgi sistemleri 3. Kentlerde aşırı sıcaklıklara karşı dirençliliğin artırılması için toplam ısınmaya eklenen kentsel ısı adacıkları dahil hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) destekli bütünleşik teknolojik çözümler 4. Bütünleşik afet riskinin azaltılması sürecinde planlama odaklı çözümlere ek olarak maruziyet odaklı risklerin azaltılması için yapay zekâ destekli erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi 5. Aşırı iklim olaylarına maruz kalan afetzedelerin sağlık, enerji, su ve gıda ihtiyaçlarının etkin ve hızlı temin edilmesi için insansız hava araçları, modüler yenilenebilir enerji sistemleri

5. Sıfır Salım, Sıfır Atık ve Sıfır Kirletici Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Dirençliliği ve sürdürülebilirliği yüksek net sıfır sera gazı salımı olan yenilikçi entegre kentsel planlamaya yönelik CBS ve uzaktan algılama destekli eniyileme teknolojileri ve platformları geliştirilmesi	1. Atıksudan değer üretecek ve arıtma çamurlarının yakılarak bertaraf edilmesinin önüne geçecek iklim duyarlı ve maliyet etkin çözüm ihtiyaçları 2. En yüksek su kullanıcısı olan tarım sektörü için kullanılmış suların ileri arıtılması ve bu kullanımına dair engeller (mikrokirleticiler, mikroplastikler, patojen organizmalar vb., sosyolojik engeller) 3. Çevre kirliliğine, fosil yakıt kullanımına ve atık sorununa neden olan geleneksel malzemelerin dışında biyomalzemeler ve biyoekonomi tabanlı çözüm ihtiyacı 4. Endüstriyel ve kentsel alanlarda ortaya çıkan atıkların başka bir sürecin girdisi olabilmesine imkân tanıyan çözümlere olan ihtiyaç, bu imkanlara dayalı olarak önlenebilecek kaynak israfı ve sistem boyutunda çözümlerin yetersiz olması 5. İnsan ve doğal ekosistemlere zararlı kirleticilerin kaynağından önlenmesi için yeni nesil takip ve izleme sistemlerine yönelim olması ve fırsat oluşturması 6. Kaynak verimliliğinin artırılması ihtiyacı dikkate alındığında toplum genelinde enerji, su ve malzeme taleplerinin azaltılmasında davranış değişikliklerine yönelik sosyal ve beşerî bilim tabanlı araştırmaların yetersiz olması 7. Sıfır atık odaklı teknolojilerin geliştirilmesinde öncelikle “SIFIR ATIK” bilincini gelişmemiş, uygulama gerekçeleri ve uygulama teknolojileri yeterli düzeye ulaşamamış olması. Özellikle OSB bölgelerinden kaynaklanan atıkların endüstriyel simbiyoz için uygun olup oladığı ortaya konmaması. Kentsel simbiyoz uygulamaları için belediyelerce alt yapı hazırlanmamış ve hane halkı bilinçlendirilmemiş olması	1. Temiz su kullanımını azaltan çözümler ve atık sudan çoklu üretim imkanları (enerji, kimyasallar ve biyochar üretimi) ile enerji pozitif membran teknolojilerinin geliştirilmesi ve membran konsantrelerinin bertaraf edilmesini içeren sıfır sıvı deşarj sistemleri 2. İleri arıtma teknikleri (membranlar, ileri oksidasyon vb.) kullanımı, yüksek enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklardan (güneş, rüzgar) temini 3. Bitkisel veya hayvansal hammaddeler ile mikroorganizmalar ve doğal kaynaklı kimyasal sentez kaynaklı biyobozunur polimerlerin geliştirilmesi (örn. PHA, PHB, PLA) ve biyobozulma (mikrobiyal, hidroliz, fotodegradasyon, mekanik, termal) süreçlerinin gerçek ortam koşulları için optimize edilmesi 4. Endüstriyel ve kentsel simbiyoz yaklaşımını destekleyen teknolojik çözümler (örn. sıfır atık lojistiği için büyük veri analitiği), tedarik zincirlerinde dönüşüm sağlanması için yenilikçi iş modellerini destekleyen çözümler 5. Uzaktan algılama ve yenilikçi bilişim uygulamaları aracılığıyla çevresel parametrelerin takip edilmesi ve izlenmesi, dijital ikiz imkanları kapsamında değerlendirilmesi 6. Büyük veri analitiği başta olmak üzere enerji, su ve malzeme taleplerinin azaltılmasına yönelik davranış değişikliği tabanlı çözümlerin araştırılmasına yönelik teknolojiler 7. Ülke düzeyinde anaokullardan başlamak üzere sıfıratık bilincinin geliştirlmesi için gerekli planlamaların yapılması. 8. Kentsel yöneticilerin hane halkı için atık azaltımına yönelijk gerekli yasal ve uygulamaya dönük alt yapıların hazırlanması 9. Ülke düzeyinde tüm OSB ‘lerde simbiyoz niteliğini taşıyan endüsrtriyel atıkların belirlenmesi 10. Hem sıvı hem de katı “SIFIR ATIK” atık oluşturulması için ileri teknolojileerin geliştirlmesine yönelik Ar-Ge çalışmalarının teşvik edilmesi . 11. “SıfırAtık” oluşturulmasına yönelik teşvik yasaların çıkarılması

6. İklim değişikliği ile mücadelede Tek Sağlık faydalarının ve risklerinin araştırılarak gerekli azaltım ve uyum stratejilerine geri besleme sağlanması

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
İklim değişikliği ile mücadelede gerekli uyum ve azaltım stratejilerine katkı sağlayacak şekilde insan, gıda ve çevre neksusunu kapsayan "Tek Sağlık" çerçevesinde ulusal/uluslararası düzeyde verileri değerlendiren akıllı ve yapay zekâ tabanlı teknolojik çözümler	1. İklim değişikliği, çevre ve sağlık neksusu bağlamında vektörlerle bulaşan zoonotik hastalıkların arasındaki nedensellik bulunmasına rağmen bütünsel analiz ve yaklaşımlarının yetersiz olması 2. İklim değişikliğinin zincirleme etkileri olmasına rağmen bu etkilerin çok disiplinli çalışmasının yetersiz olması	1. Büyük veri, bağlantılı veri (cross-sectional data), zaman serisi (time series) analizlerin yapılması ve verilerin değerlendirilmesi için teknolojik çözümler ile her disipline ait uygulamaların farklı disiplinler ile karşılaştırılmasına imkan tanıyan akıllı/teknolojik yapay zekâ uygulamaları 2. Bir sonraki salgına sebep olabilecek, zoonozlar ile ve/veya olası salgınların önlenmesi, tespit edebilmesi ve yanıtlanabilmesi için epidemiyolojik veri ve laboratuvar bilgilerinin paylaşımı ve disiplinlerarası çalışmalarda teknoloji 3. İklim değişikliğinin zincirleme etkilerinin ortaya çıkarılmasında sosyal ve beşerî bilimler dahil transdisipliner araştırmalar ve bu etkilerde toplumsal farkındalığın artırılması için teknolojik çözümler

Tema 2: Temiz ve Döngüsel Ekonomi

Temiz ve Döngüsel Ekonomi teması kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir:

1. Sanayide Sera Gazı Emisyon Azaltım Kapasitelerinin Yükseltilmesi ve Enerji Verimliliğinin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
1.1. Sanayi Sektörlerinde Karbon Tutma (Carbon Capture) Teknolojileri	1. Türkiye'de mevcut durumda endüstriyel baca gazlarından karbondioksit tutulması/ayrılması yapılmamaktadır. 2. Baca gazlarındaki CO_2'nin tutma ve ayırma maliyetleri küresel olarak yüksektir (endüstriyel kaynağa bağlı olarak 50-75 USD/ton)	1. Türkiye'nin mevcut sanayisini göz önünde bulundurularak milli ve yerli CO_2 tutma teknolojilerinin geliştirilmesi gereklidir. Mevcut durumda (mevcut prosesler ağırlıklı yanma sonrası "post-combustion" CO_2 giderimine uygundur) Enerji, Çimento, Demir-Çelik sektörü ve

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
1.1. Sanayi Sektörlerinde Karbon Tutma (Carbon Capture) Teknolojileri	3. Türkiye'deki mevcut durumdaki "yanma sonrası" prosesleri yerine yanma-öncesi (pre-combustion), oksi yanmalı (oxy-combustion), kimyasal döngülü (chemical looping) sistemler için vizyon çalışmaları vb. endüstriyel dönüşüm için değerlendirme çalışmaları endüstriyel sektörlerde yavaş ilerlemektedir.	Kimya-Petrokimya sektörlerinde CO_2 tutma/yakalama'ya yönelik teknoloji geliştirilmesi için Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları yapılmalıdır. 1. Türkiye'nin mevcut sanayisini göz önünde bulundurularak milli ve yerli CO_2 tutma teknolojilerinin geliştirilmesi gereklidir. Mevcut durumda (mevcut prosesler ağırlıklı yanma sonrası "post-combustion" CO_2 giderimine uygundur) Enerji, Çimento, Demir-Çelik sektörü ve Kimya-Petrokimya sektörlerinde CO_2 tutma/yakalama'ya yönelik teknoloji geliştirilmesi için Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları yapılmalıdır. 2. CO_2 kaynağına uygun proses geliştirilmelidir. Yanma sonrası (post combustion) sistemlerde baca gazındaki CO_2 derişimine göre kimyasal/fiziksel absorpsiyon sistemleri geliştirilmelidir. Baca gazının basıncına göre membranlı sistemlerin fizible olduğu durumlar için CO_2 seçici membranlar ve bunların uygulanacağı tutma/ayırma prosesleri geliştirilmelidir. Ar-Ge, innovasyon ve teknoloji geliştirme çalışma alanları/çözüm önerileri: 1. Kimyasal Absorpsiyon: • Amin çözeltisinin performansını arttırmak ve ısıl ihtiyacı düşürmek amacıyla "aktifleştirici (promoter)" geliştirilmesi • Çözelti performansını arttırmak ve ısıl ihtiyacı düşürmek amacıyla "Yeni Çözelti/Çözücü " geliştirilmesi • Termal rejenerasyon işlemi yerine elektrokimyasal rejenerasyon işleminin geliştirilmesi • "Döner Dolgulu Kolon" tipinde absorpsiyon kolonu ve Sıyırıcı (Stripper) kolonu kullanılarak CO_2 giderimi • Yanma Öncesi/Yanma Sonrası ve Endüstriyel CO_2 tutulumu ticari tesis kurulumuna yönelik proses mühendislik tasarımlarının yapılması (front-end engineering) • Absorban çözeltinin viskozitesini azaltmaya yönelik katkı maddelerinin geliştirilmesi • Düşük uçuculuk ve düşük viskoziteye sahip yeni absorban çözeltilerin geliştirilmesi • Soğutulmuş amonyak ile ayırma • İyonik sıvılar ile ayırma • Enzimatik absorpsiyon sistemleri 2. Fiziksel Absorpsiyon: • Viskozite, yoğunluk, buhar basıncı, CO_2 kapasitesi, CO_2 seçiciliği ve maliyeti gibi gerekli olan fiziksel özelliklerin iyileştirilmesi • Uygulamaya göre sıcaklık, basınç ve gaz karışım oranları için çözücülerin optimize edilmesi, • Proses optimizasyonu

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		3. Fiziksel Adsorpsiyon Teknolojileri: • Zeolit temelli CO_2 ayırma teknolojisi geliştirilmesi • Metal organik yapı (MOF) temelli adsorbanların geliştirilmesi • Karbon temelli adsorbanların geliştirilmesi 4. Kimyasal Adsorpsiyon Teknolojileri • Katı amin temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi • Alkali metal karbonat temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi • Kalsiyum temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi • Alkali seramik temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi • MgO temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi 5. Membran Teknolojileri • Membran maliyetlerinin düşürülmesi, • CO_2 geçirgenliği ve seçiciliğini yüksek malzemelerin geliştirilmesi, • Yüksek sıcaklık veya basınç gibi çalışma koşullarına dayanıklı ve aynı zamanda ayırma verimi yüksek membran malzemelerinin geliştirilmesi, • Nem, kükürtlü bileşikler ve istenmeyen parçacıklar gibi kirleticilere karşı dayanıklılığın arttırılması, • kompozit membran malzemeleri arasındaki uyumluluğun arttırılması 6. Doğrudan atmosferden CO_2 yakalama teknolojilerinin geliştirilmesi 7. Oksiyanma teknolojisi ve proseslerinin geliştirilmesi 8. Kimyasal-döngü teknolojisi ve proseslerinin geliştirilmesi 9. Kriyojenik distilasyon prosesinin geliştirilmesi 10. Mikroalgler ile karbondioksit giderimi teknolojisinin geliştirilmesi
1.2. Çimento Sektöründe Karbon Azaltımı	Çimento sektöründe karbon azaltımı için çalışılabilecek teknolojik gerektiren konusunda yapılabilecek çalışmalar 5 başlık altında toplanmaktadır. 1. Çimentomsu Malzemeler (Döngüsel ekonomi) 2. Biyokütle Kullanımı (Döngüsel ekonomi-Teknolojik) 3. Elektrifikasyon (Teknolojik) 4. Karbon Yakalama, Kullanımı ve Depolanması (Teknolojik) 5. Yenilenebilir Enerjiler (Teknolojik)	1. Çimento standartları içerisinde tanımlanan çimentomsu malzemelerin daha fazla miktarda kullanılması sera gazı emisyon azaltımı açısından önem arz etmektedir. Kullanım miktarı arttıkça, çimento içerisinde kullanılan klinker miktarında azalma olacaktır. Bunun dışında bazı sektörlerin atık malzemeleri çimento sektöründe direk veya işleme tabi tutulduktan sonra çimentomsu malzeme olarak kullanılabilirler. Örnek: Demir çelik sektöründe elektronik ark veya pota cürufları içerisinde yer alan manyetik özellikli demirin uzaklaştırılması ve öğütülmesi ile bu cüruflar çimento sektöründe girdi olarak kullanılabilirler.

1.2. Çimento Sektöründe Karbon Azaltımı	Çimento sektöründe karbon azaltımı için çalışılabilecek teknolojik gerektiren konusunda yapılabilecek çalışmalar 5 başlık altında toplanmaktadır. 1. Çimentomsu Malzemeler (Döngüsel ekonomi) 2. Biyokütle Kullanımı (Döngüsel ekonomi-Teknolojik) 3. Elektrifikasyon (Teknolojik) 4. Karbon Yakalama, Kullanımı ve Depolanması (Teknolojik) 5. Yenilenebilir Enerjiler (Teknolojik)	2. Sektörde konvansiyonel yakıtlar yerine alternatif yakıtların kullanımı konusunda yıllar içerisinde artışlar meydana gelmektedir. Kalorifik değeri olan ve Bakanlık tarafından izni alınmış alternatif yakıtlar yakıt ikamesi olarak kullanılmaktadır. Alternatif yakıt olarak kullanılan malzemelerden biyokütle sınıfına giren malzemelerin kullanılması sera gazı emisyonu azaltımında önemli bir girdi olarak yer almaktadır. Örnek: Belediyeler tarafından çöplerin ayrıştırılması, işlenmesi gibi aşamalarda teknolojik gelişimin sağlanması. 3. Çimento fabrikalarında kalsiyum karbonat ısıtılması sonucunda atmosfere proses kaynaklı CO_2 salınımı gerçekleşmektedir. Bu reaksiyon ön-kalsinatör ünitesinde olmaktadır. Buradaki ısıtma işlemi yakıt ile gerçekleştirilmektedir. Ön-kalsinasyon ünitesi yakıt yerine yenilenebilir elektrik enerjisi ile ısıtılabilirse buradan yakıt kaynaklı CO_2 salınımı azaltılmış olur. Bununla birlikte çimento fabrikalarında yenilenebilir enerjiler kullanılarak elektrik üretimi döner fırın, değirmen, bantlar ve taşıyıcı motorlarda kullanımı ile elektrik kaynaklı CO_2 salınımı azaltımına yardımcı olabilecektir. Bunların yanı sıra klinker üretimi sırasında ihtiyaç duyulan ısının elde edilmesi için yakıt yerine yeni teknolojilerin kullanılması CO_2'in azaltılmasında etkin olabilecektir. • Plazma, • Elektrik akımlı ısıtıcılar, • Mikrodalgayla ısıtma, • Rezistif elektrikli ısıtma, • Endüksiyonlu ısıtma. 4. Çimento sektöründe bir ton klinker üretimi yakıt tipine bağlı olarak yaklaşık 0,83 ton; bir ton PC üretimi için ise yaklaşık 0,54 ton CO_2 salınmaktadır. CO_2'in bacadan atmosfere atılarak sisteme atılmadan önce karbon yakalama teknolojisi kullanılarak yakalanması ve yakalanan CO_2'in başka kimyasal üretimi için kullanılması veya uygun depolama alanlarında depolanması. Antropojenik CO_2 emisyonlarının azaltılması için çeşitli karbon yakalama teknolojileri bulunmaktadır. a) yanma öncesi CO_2 yakalama b) oksi-yakıt yanma teknolojisi c) yanma sonrası CO_2 yakalama Yakalama teknolojilerinde kullanılan membran sistemlerinin geliştirilmesi (yakalama ve rejenerasyon kapasitesi, kullanım ömrü vb.)

		5. Çimento ve diğer sektörlerde kullanılmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması. şuan üzerinde araştırmalar yapılan yenilenebilir enerji kaynakları • Güneş, • Rüzgâr, • Jeotermal, • Hidrolik, • Biyokütle, • Dalga, • Hidrojen. Bütün bunlara ek olarak: Yapay zeka kullanımı geliştirilerek enerji ve proses optimizasyonlarının iyileştirilmesi ve karbon ayak izinin azaltılması.
1.3. Seramik Sektöründe Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması	1. Seramik sektörü doğal hammadde kullanımından ve yüksek sıcaklıkta pişirim gereksiniminden dolayı sera gazı emisyon oranı yüksek olan sektörlerden biridir. Seramik sektörü tek başına izole bir sektör olmayıp hammadde tedarikçileri, enerji sağlayıcılar, makine üreticileri gibi sektörlerle de bağlantılı bir ekosistem içerisindedir. Dolayısıyla emisyon azaltmak için teknolojinin yetersiz olması büyük problemdir. 2. Türkiye ortalamaları Avrupa değerlerine yakın olduğu için global Avrupa değerleri verilerek bakıldığında, Avrupa' da seramik sektöründen kaynaklı emisyon miktarı 19 milyon ton olup toplam diğer endüstrilerin %1'ine denk gelmektedir. Bu emisyonların kaynakları da ana proseslere ayrıldığında; kurutma ve pişirim için gerekli yakıttan (%64) kilin mineralojik dönüşümü sırasında çıkan emisyon (%17) dolaylı yani elektrik üretiminden kaynaklanan emisyon (%19) Avrupa ortalamasına bakıldığında, seramik sektöründe%85' i doğal gaz, %15 elektrik olmak üzere %30-35 oranlarında enerji maliyetleri tutmaktadır (Türkiye'deki son fiyat artışları sonrasında seramik karo için bu değer %50'ye ulaşmıştır). Sektörün en önemli sorunları hammadde, emisyon değerlerinin yüksek olması, enerji maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Temel sorunlar: 1.Emisyonların yüksek olması 2.Enerji maliyetlerinin yüksek olması 3.Doğal hammaddelerin kullanılması (Karbonat gibi..) 3. Seramik karo ve bazı ileri teknoloji seramiklerinin üretim süreçlerinde püskürtmeli kurutucu (spray drier) kullanılmaktadır. Üretim bazında en fazla enerjinin ve tüketildiği ve en fazla emisyonun açığa çıktığı bir proseslerden biridir.	• Sera gazı emisyonların azaltılması için sektör bazında birçok çalışma yapılmaktadır ve yapılmaya devam etmektedir. Diğer yandan, nötr karbon için daha radikal çözüm önerileri de bulunmalıdır. Bu öneriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir: hidrojen, biyoyakıt ve karbondan arındırılmış elektrik gibi yenilenebilir enerjiye geçiş ileproses emisyonlarının azaltılması (aşağıda örnekleri verilmiştir) üretim proseslerinde inovatif çalışmalar ve süreçlerin daha verimli hale getirilmesi ile CO_2 yakalanması CCS/CCU diğer dekarbonizasyon yöntemleri ile • İklim nötr hedeflere ulaşmak mevcut durumda kullanılan teknolojilerle kolay değildir. bu nedenle daha ileri teknolojilerin kullanılması şarttır. Bunun için kullanılabilecek teknolojiler: mikrodalga ile kurutma ısı pompaları biyokütle Biyogaz sentez gazı yeşil hidrojen elektrifikasyon CCS (karbon yakalama ve depolama)-CCU (karbon yakalama ve kullanma) • Bunların dışında sunulabilecek çözüm önerileri: karbon içeren hammaddelerin kullanımının azaltılması farklı killerin karışımı ile karbon miktarının optimizasyonu daha az hammadde kullanımı ile aynı amacın yakalanması yeni teknolojilere geçiş (kuru öğütme ve granülasyon, vb.) karbon giderme teknolojileri ile proseste azaltım işlemleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		Bunların yanı sıra sunulabilecek çözüm önerileri: 1. Mevcut ısıtıcı sistemlerin (kurutma, sinterleme) verimliliği, genel bakım, iyileştirilmiş yalıtım, yanma kontrolleri ve sızıntı onarımı, geliştirilmiş buhar kapanları ve kondens geri kazanımı yoluyla %85'e kadar çıkabilir. 2. Yeni, daha verimli ısı eşanjörleri veya daha sağlam (örneğin; düşük korozyonlu) ısı eşanjörleri, sürekli olarak geliştirilmekte ve gelişmiş ısı geri kazanımının karlılığını artırmaktadır. Isı transformatörleri veya termo-elektrik dönüştürme yoluyla atık ısının dönüştürülmesi ile atık ısı kazanımının verimliliği artırılma potansiyeline sahiptir. 3. Kuru öğütme sisteminin kullanımının yaygınlaştırılması 4. Sinterleme sıcaklıklarının ve/veya sürelerinin düşürülmesine yönelik çalışmaların devam etmesi 5. Kil esaslı seramik tuğlaların üretimde yeniden kullanılması: Binalarda döşeme amaçlı kullanılan tuğlalarda , panellere yapıştırılan tuğlaların veya tuğla astarların kolayca yeniden kullanılmak üzere alttaki bir çerçeveye sökülebilir şekilde bağlandığı asma sistemleri geliştirilmesi tuğlaların tekrar kullanımına olanak sağlayabilmektedir. 6. Seramik karoların %70-%80 geri dönüştürülebilir malzemelerden elde edilmesi , kentsel ve endüstriyel atıkların kullanılması (cam , atık seramik ürünler, vb. 7. Doğalgaz kaynaklı enerji kullanımını azaltan çözümler önerilmektedir. Bu öneriler seramik üretiminde, püskürtmeli kurutucularda %50 oranında hidrojen yakıtla yer değiştirmesi , yine %50 oranında hidrojen yakıtlı fırınların kullanılması, elektrikli fırınların kullanılması sera gazı emisyonların azaltılmasına yönelik önlemler olarak sıralanabilir. 8. Hammadde ikamaleri, yüksek kalsiyum karbonat içeren hammaddelerin sistemden çıkartılması, karbonat içermeyen killerin kullanımı a sera gazı emisyonlarının azaltımına fayda sağlayacaktır. 9. Seramik kurutucuların kullandığı ısının tamamını üretime geri dönüştürebilen sistemlerin kullanılmasının sağlanması ile önemli ölçüde enerji ve emisyonların azaltılması 10. Su tüketimine karşı kuru sistem üretimin gerçekleştirilmesi veya farklı sektörlerin atık sularının kullanılması (endüstriyel simbiyoz (Silvestri, L., Forcina, A., Di Bona, G., Silvestri C., 2021))

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		• Emisyonların azaltılması anlamında püskürtmeli kurutucuların devreden çıkarılması için kuru öğütme çalışmaları yapılabilir. Fakat bu teknolojilerde dışa bağımlılıktan dolayı çok pahalı sistemler olması kullanımını kısıtlamaktadır. Bu teknolojilerin yerli imkanlarla yapılması zorunludur. • Seramik ürün kütlelerinin emisyon ve enerji maliyetlerinin azaltılması için ince ve hafif üretim teknolojilerinin geliştirilmesi gerekir. Bunun için ürün mukavemetlerini yükselterek kesit kalınlıkları düşürülmesi çalışmaları yapılabilir. • Hammadde kaynaklı emisyonların azaltılması için mümkün olduğu kadar seramik üretiminde çıkan yada farklı seramik tür üretimlerinden çıkan atıkların hammadde olarak kullanılması çlışmalarının yaygınlaştırılması gerekir. Fakat pişmiş seramik atıkların öğütülmesi teknolojilerinin geliştirilmesi ve bu atıkların hammadde olarak kullanılmasının sağlanması gerekir. • Basınçlı sinterleme, mikrodalga sinterleme, alan destekli sinterleme, flash sinterleme, spark plazma sinterleme gibi teknolojiler mevcuttur. Fakat bu teknolojilerin seramik endüstrisine adapte edilmesi ve uygunluğunun çalışılması gerekir. • Ürünlerin izelenebilirliği ve üretimin dijitalleştirilmesi ile ürün emisyon kartlarının çıkarılması ile iyileştirilecek alanlar belirlenebilir. Bu kapsamda dijital ürün pasaportunun yaygın hale getirilmesi gerekir. • Sektörün 2030 yılına geldiğinde hidrojen, biyogaz ve karbondan arındırılmış elektrik kullanımından en az birine geçeceği öngörülmektedir. 2050 yılında ise artık tazminatlarla tüm üretici firmaların geçmesinin zorunlu hale getirilmesi beklenmektedir. • Hem ülkemizde hem de Avrupa' da yeni teknolojilerin çalışılması ve kullanımının cazip hale getirilmesi bu çalışmalar için çok önemlidir. • Özet olarak: - Endüstri için yeterli Karbon Sızıntısı korumasına geçilmeli - Yüksek CO_2 fiyatları, endüstrinin teknolojik geçişe yatırım yapma yeteneklerini sınırlamamalı - İstikrarlı, güvenilir bir yasal çerçeve sağlanmalı - Yatırımlar (CAPEX) ve (daha yüksek) işletme maliyetleri (OPEX) için olduğu kadar Ar-Ge için de yeterli finansal destek sağlanmalı - Yeşil enerji (elektrik, H2, Bio- veya Syngas) ile makul ve rekabetçi maliyetle güvenli ve istikrarlı tedarik sağlamaya özen gösterilmeli

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		- Yeşil enerji (elektrik, H2, Bio- veya Syngas) ile makul ve rekabetçi maliyetle güvenli ve istikrarlı tedarik sağlamaya özen gösterilmeli - Yeşil yatırımlar için (endüstride olduğu kadar enerji sektöründe de) hızlı ve kolay izin süreçlerini korunmalı ve bürokrasi azaltılmalı - Malzeme ve teknolojiden bağımsız finansman politikası sağlanmalı - Ürünlerin tüm yaşam döngüsünü içeren bütünsel bir yaklaşım sağlanmalı
1.4. Demir-Çelik Sektöründe Net Sıfır Karbonlu Üretime Yönelik Çözümler	1. Yüksek fırın teknolojisinde kömüre dayalı üretim yapıldığından, entegre tesislerde yapılacak iyileştirmelerin kayda değer emisyon azaltım sağlamaması. 2. Yenilenebilir Enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç toplam enerjide, % 51 paya sahip olmakla birlikte, Yenilenebilir Enerji kaynaklarından üretimin, toplam üretimdeki payı, % 42,4 oranı ile düşük sevide kaldığından, elektrik üretimindeki emisyon profilinin ve bu profilin kaynağında neden olduğu emisyon seviyesinin, en az proses emisyonları kadar yüksek olması.	1.1 Oksijen yüksek fırın: Bu teknoloji, fırına saf oksijen enjekte ederek mevcut yüksek fırınlar için olumlu bir adım değişikliği getirme potansiyeline sahiptir. Bir devridaim gaz sistemi ile birleştirilmiş daha yüksek oksijen konsantrasyonu, yüksek fırının verimliliğini artırma ve toplam emisyon yoğunluğunu yaklaşık %15-20 oranında düşürme potansiyeline sahiptir. Bu teknoloji, Avrupa ULCOS (Ultra-Düşük CO_2 Çelik Üretimi) projesinin yanı sıra dünyanın en büyük çelik üreticisi China Baowu tarafından geliştirilmiştir. 1.2 Hidrojen kullanımı: Bu teknoloji, hidrojenin tüyerlerden, ya saf hidrojen şeklinde ya da kok fırını gazı (yaklaşık %55 hidrojen) enjeksiyonuna dayanmaktadır. Tüyerlerden enjekte edilen hidrojen, bir ısı kaynağı sağlar ve yüksek fırına enjekte edilen toz haline getirilmiş kömürü indirgeyici görevi görür. Bu teknoloji şu anda ArcelorMittal, China BaoWu ve ThyssenKrupp Steel gibi önde gelen çelik üreticileri tarafından denenmektedir. Avrupa'da, İsveç Enerji Ajansı ile SSAB, LKAB ve Vattenfall tarafından yürütülen HYBRIT projesinde olduğu gibi, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yeşil hidrojenin indirgeyici gaz olarak kullanıldığı Doğrudan İndirgenmiş Demir (DRI) üretimine doğru bir değişim ve dönüşüm yaşanmaktadır. 1.3 Biyokütle kullanımı: Biyokütle, entegre çelik üretiminde bir yakıt veya indirgeyici kaynağı olarak, sinterleme işleminde kömür veya diğer yakıtların yerine geçerek, kok yerine ikame olarak kullanılabilmektedir. Yüksek fırında enjekte edilen toz haline getirilmiş kömürü ve çelik üretim sürecinde bir karbon kaynağı olarak değiştirilmesi temeline dayanır. Biyokütlenin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi durumunda, entegre çelik üretim sürecinde emisyon yoğunluğunu %50'ye kadar azaltma potansiyeline sahiptir. 1.4 Önümüzdeki dönemde, Türkiye'nin ithal hurdaya bağımlılığının azalmasının söz konusu

		olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, bu riske karşı bilinen ve teknik olarak, kendini kanıtlamış tek çözüm EAO'lu tesislerde, DRI kullanımıdır. Doğal gazın ithalata dayalı ve pahalı olması nedeniyle, bugüne kadar, ülkemiz için ekonomik bir tercih olmadığı değerlendirilmiştir. Hurda fiyatlarının da artış trendinde olması, hammadde tedariğinin sıkıntıya yol açmaması için, DRI'ın doğalgaz ile üretimini, Hidrojen maliyetleri düştükten sonra da, Hidrojenin kullanımına da imkan veren sistemlerin kullanımı gündeme gelmektedir. Dünyada, bilinen, kanıtlanmış, şaft tipi doğal gaz esaslı DRI üretim tesislerinde, doğal gaz yerine hidrojen kullanımı ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Almanya'da, Federal Çevre Bakanlığının desteği ile, Salzgitter firması tarafından, yürütülen SALCOS Projesinde, DRI üretiminde, doğal gaz ile birlikte, hidrojen de kullanılmaktadır. Dünyada en fazla sünger demir üretimini gerçekleştiren iki önemli proses, Midrex ve HYL III prosesleri, doğalgazın dönüşümüyle redüksiyon yapmaktadırlar. Bu iki ticari proses dışında; FINMET, Circored, Circofer teknolojileri de kullanılabilmektedir. 1.5-Karbon yakalama kullanımı ve depolanması (CCUS): CCUS'un çelik endüstrisinin karbondan arındırılmasında kritik bir rol oynamakta, ancak, Yapılandırmaya bağlı olarak CCUS, entegre çelik üretim sürecinin emisyon yoğunluğunu %60'a kadar azaltma potansiyeline sahiptir. CCS'in, çeşitli teknik ve ekonomik zorluklar nedeniyle entegre çelik üretim sürecine henüz dahil edilmemiştir. 2050 yılından önce yaygınlaşması beklenmemektedir. Yakalanan karbonun, depolanmasından ziyade, başka sektörlerde kullanımına ilişkin olarak; atık gazların sıvılaştırılması ile elde edilen metanol, bioethanol gibi ürünlerin ulaştırma, kimya gibi sektörlerde kullanılmasını araştıran Steelanol, Carbon2Chem, Stepwise ve Freshme gibi projeler Avrupa'da ön plana çıkmaktadır. 2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından üretimde, GES ve RES'lerden elde edilen üretimlerin şebekeye kullandırılmasını mümkün kılan, lisans vermeyi kolaylaştırıcı, bürokrasiyi azaltıcı önlemler alınması gerekli görülmektedir.
1.5. Sera Gazı Emisyon Azaltım Kapasitesinin Yükseltmek için Teşvik Mekanizmaları Geliştirilmesi	1. Sanayide sera gazı emisyon envanterinin (oluşum ve azaltım oranlaması) sağlıklı verilerle oluşturulması, azaltım için kullanılan teknolojilerin yenilikçi yönleri ve adaptasyon	1. Bir tesisin sera gazı emisyon miktarının belirlenmesi, mevcut azaltım sisteminin kapsaitesinin belirlenmesi, mevcut sistemin adaptasyon ile kapasitesinin arttırılma imkanlarının

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
.6. Sanayide Enerji Verimliliği için Toplam Faktör Verimlilik Kimlik Belgesi Uygulamaları 1.7.Türkiye için Isıtma/Soğutma Çözüm Mekanizmalarının Haritalandırılması	teknolojilerin yenilikçi yönleri ve adaptasyon imkanları, enerji verimliliği teşvik mekanizmalarının olmayışı 2. Endüstriyel tesislerin kullandığı enerji başına oluşturduğu sera gazı miktarlarının belirlenmemiş olması 3. Mevcut birincil enerji kullanım faktörlerlerinin bölgesel/yöresel dağılımlarının belirsiz oluşu 4. Alternatif enerji kaynakları teknolojilerinin bölgesel ısıtma/soğutma çözümlerinde kullanılabilirliğindeki belirsizlikler	belirlenmesi ile sera gazı azaltım sistemlerinin yaygınlaştırılması 2. Bir endüstriyel tesisin Enerji Verimlilik Kimlik Belgesinin tanımlanması 3. Endüstriyel tesislerin iş koluna bakılmaksızın sera gazı Indeksinin belirlenmesi 4. Alternatif enerji kaynakları da dikkate alınarak her bölge için ısıtma/soğutma çözüm odaklı enerji kaynağının kullanımı veya hibrid çözümler için teknolojik yaklaşımların belirlenmemiş olması 5. Bireysel ısıtma/soğutma çözümlerin yerini alacak merkezi/bölgesel çözümler için örnek uygulamalar

2. Sanayiden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesine Yönelik Sistemler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
2.1. Sanayiden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesine Yönelik Sistemler	1. Halihazırda ithalat yolu ile karşılanan Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri (SEÖS) ihtiyacının önümüzdeki dönemde artması muhtemeldir. 2. Hesaplama temelli sera gazı emisyon izleme sistemlerinin dayandığı ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi ve sürekli ölçüm altyapısına entegre edilmesi ihtiyacı öngörülmektedir. 3. Uydu temelli ölçüm sistemlerinden elde edilen sera gazı emisyon verilerinin ulusal ölçekte değerlendirilmesine ilişkin altyapılar mevcut değildir. 4. Akıllı sera gazı ölçüm ve izleme teknolojisinin geliştirilmesi	1. Ülkemiz sanayi sektörleri gelişimi dikkate alınarak artış göstermesi beklenen SEÖS ihtiyacının yerli teknolojiler ile karşılanması önem arz etmektedir. Sera gazı emisyonlarının ölçümüne yönelik sensör teknolojilerinin geliştirilmesi amacıyla özel sektör-kamu işbirliğinde Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları yapılmalıdır. 2. Emisyon envanterlerinin geliştirilmesinde kullanılan altyapıların yapay zeka ve makine öğrenmesi temelli yaklaşımlar ve gelişmiş sensör teknolojileri kullanılarak iyileştirilmesi ve emisyon ölçümünde hassasiyetin arttırılması amacıyla Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları yapılmalıdır. 3. Uydu temelli ölçüm sistemlerinden elde edilen veriler, sera gazı emisyon kaynaklarının bölgesel veya noktasal olarak değerlendirilmesine imkan vermektedir. Uluslararası mecrada gelişmekte olan bir teknoloji alanı olarak karşımıza çıkan bu çalışmaların ülkemizde gerçekleştirilmesi amacıyla araştırma altyapılarının oluşturulmalıdır. 4. Akıllı yazımlarla uzaktan ölçme ve izleme mekanizmasının sanayi tesislerinde zorunlu kılınması ve uzaktan takibinin sağlanması, böylelikle sağlıklı verinin dinamik olarak elde edilmesi Bulut teknolojisi ile büyük verilerin depolanması ve saklanması Anlık dinamik serga gazı miktarı/tüketilen enerji Mevcut sera gazı izleme mekanizmalarının akıllı sistemlere dönüşüm teknolojileri için geliştirilecek yazılımlar Seragazı izleme ve Önleme Merkezinin Kurulması

3. Tekstil ve Deri Sektörlerinde Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Uygulamaları

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
3.1.Tekstil Sektörlerinde Sürdürülebilir Üretim ve Karbon Salımı İle Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar	1. Yatırım teşviklerinde devamlılık sağlanamaması, teşvik kapsamının sektörel ihtiyaca göre belirlenememesi, devlet teşviklerinin Teknoloji, otomasyon, sanayi 4.0 ve dijitalleşme alanında yoğunlaştırılması, 2. Mevcut yatırımlarda modernizasyonun önceliklendirilmemesi, 3. Sektörün rekabetçiliğinin Ar-Ge odaklı geliştirme ihtiyacı, Ar-Ge destekleri ve Ar-Ge merkezleri ile ilgili sorunlar, Ar-Ge altyapısı zayıf firmaların yetersiz girişimleri, bilgi ve teknolojinin yeterince ve hızlı transfer edilememesi, 4. Yüksek oranda organik/inorganik madde içeren tekstil atıksularının arıtma tesislerinde fazla enerji ve kimyasal madde kullanımına yol açması, 5. Alternatif hammadde kaynaklarının kullanılmaması, 6. Tekstil ve deri atıklarının dönüşüm ve yeniden kullanım oranının yetersiz olması, tüketici alışkanlıklarının değişimi, 7. Buhar ve kızgın yağ üretiminin kömüre bağlı teknolojiler ile gerçekleştirilmesi. 8. Kümelenmenin olduğu veya yakın lokasyonlarda yer alan tekstil işletmelerinin ortak buhar kazanı kullanımı ile sera gazı azaltımı sağlayarak enerji pozitif simbiyotik süreçler geliştirilebilir.	1. Sektöre yönelik istikrarlı bir yaklaşım benimsenerek uzun dönemli sanayi planlamaları ile teşvik sistemleri oluşturulması, dijital dönüşüm konularında gelişimi teşvik edecek yatırımların, teşvik verilebilecek alanların tespitinde katma değerli ürün üretiminin göz önünde bulundurulması, destek mekanizmalarının sanayi 4.0, otomasyon ve dijitalleşme sürecinin hızlandırılmasına katkı sağlayacak şekilde hazırlanması, 2. Türkiye'de üretimin birincil bileşeni olan makine altyapısının teknolojik gelişmeler paralelinde modernize edilmesi, 3. Ar-Ge teşviklerinin yanı sıra Ür-Ge teşviklerinin de sektörlerin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak istenilen seviyeye getirilmesi, Ür-Ge desteklerinde tasarım destekleri modelinin kullanılması, 4. Boyama atıksularının membran sistemi ile geri kazanımı ve proseslerde kullanılması, i. Eco-Smart Durulama (developed by Rudolf & Duraner Company) adı verilen ve özel kimyasallar içeren filtre uygulamaları gibi teknolojiler kullanılması, ii. Susuz boyama tekniklerinin (süper kritik karbondioksit - $ScCO_2$) yaygın olarak kullanılması için uygun teknolojinin mevcut proseslere entegre edilmesi sağlanabilir. iii. Zero Discharge of Hazardous Chemical programı benimsenerek ürün yaşam döngüsünde yer alan zararlı kimyasalların etkisi azaltılabilir. iv. Tekstil boyama ve apreleme proseslerinde kullanılan makinelerin soğutma suyunun tekrarlı kullanımı (kurutma makinesi soğutma sularının toplanıp tekrar yumuşak su havuzuna gönderilmesi) enerji ve su tasarrufu sağlamasının yanı sıra, yumuşak suyun hazırlanması için kullanılan NaCl miktarından da tasarruf sağlar. 5. Moda endüstrisinde sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen bileşenlerin (mantarın vejetatif kısmı olan miselyum mikro liflerinden yapılmış kumaş) modern 'hızlı moda' konseptine dahil edilmelidir. i. Sektörde hidrojen ve sentez gazı kullanımı ile plastik ve sentetik iplik yapımına yönelik teknolojilerin geliştirilmelidir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		6. Dünyada her yıl 150 milyon ton yeni giysi ve ayakkabı satışa sunulmakta. Yetkililere göre de, bir kenara atılan giysilerin ise yüzde 95'i halen kullanılabilir durumda. Geri dönüşüm tesislerinin kurulabilmesi için buna talebin ve katılımın artmasının yanı sıra teknolojik yeterlilik de çok önemlidir. Örneğin denim ürünleri mevcut koşullarda % 20 geri dönüşüm pamuk elyafı içerebilmektedir fakat kaliteyi düşürmeden bu oranı arttırmak daha fazla teknolojik inovasyon gerektirmektedir.7. Kalorifik değeri yüksek ve geri dönüştürülemeyen kentsel, endüstriyel ve organik atıklardan türetilmiş yakıtların alternatif enerji kaynağı olarak tercih edilmesi ile karbon nötr hedefi (Avrupa Yeşil Mutabakatı) için kömür gibi fosil yakıtlara bağlılığın azaltılması sağlanabilir (Çelik, 2018). 8. Tekstil söktöründe özellikle boyama süreçlerinde yoğun bir sıcak su kullanımı mevcuttur. Her işletmenin kendine ait buhar kazanı bulunmakta ve buhar kazanlarında fosil yakıtlar tüketilmektedir. Bu durum önemli miktarda sera gazı oluşumuna sebep olmaktadır.
3.2. Deri Sektörlerinde Sürdürülebilir Üretim ve Karbon Salımı İle Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar	1. Deri sektöründe üretim yerlerinin yetersizliği, yatırım teşvik düzenlemelerinin sektörel ihtiyaçları karşılamamaktadır. 2. Mevcut En İyi Teknik (BAT) uygulamalarını destekleyecek belirli bir standardizasyon ve yapılandırma sağlayacak yasal bir mevzuat bulunmamaktadır. 3. Türk deri sektöründe daha önce hiç yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışması yürütülmemiştir (Kılıç vd., 2018). 4. Ticaret Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü, Deri ve Deri Mamulleri Sektör Raporu'na (2020) göre: ham derinin ülke içi üretimin yeterli değildir, bu sebeple deri talebi ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Ayrıca deri ve deri mamulleri sektörü ithalata bağlı konumda olması sebebiyle ham deri fiyatlarından oldukça etkilenmektedir.	1. Deri sektörünün yoğun olarak dağınık KOBİ'lerden oluşan yapısı sektörün en büyük sorunlarından biridir. Atık ve arıtma sistemleri gibi bir fiziki altyapı ihtiyacı olmasına rağmen halen daha yerleşim yerlerinin içinde faaliyet göstermektedirler. i. Deri işleme (tabakhane) sektörünün yer değiştirmesi söz konusu değildir. Münferit yer değiştirmek isteyen ve OSB bünyesinde olmak istemeyen işletme kendi arıtma tesisini kurmak zorundadır ya da taşınmak istediği OSB'de arıtma tesisi bulunmalıdır. OSB bünyesine taşınmış, arıtma tesisi kurmuş ve aktif olarak çalıştırmakta olan bir deri işleme tesisi yerinde desteklemelidir. Çünkü arıtma tesisleri hem yatırım hem de işletme maliyeti açısından çok yüksektir. ii. Sektörel büyüme "Kümelenme" politikaları çerçevesinde olmalıdır. Ancak bu politika endüstriyel yığılma politikası ile karıştırılmamalıdır. Yani kümelenme sadece işletmeleri organize bir alana toplamak olarak değerlendirilmemelidir. Kümelenmenin kendine has rekabet artırıcı araç ve unsurları etkin bir şekilde irdelenip uygulanmalıdır.

		2. Mevcut En İyi Teknik standardizasyonu sağlayacak ve sektör genelinde belirli emisyon sınırlamaları belirleyecek (AB – Commission Implementing Decision 2013/84/EU gibi) bir yasal mevzuat oluşturulmalıdır. 3. Temiz Üretim seçeneklerinin çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerinin değerlendirilmesi için başvurulacak olan tekniklerden biri YDD metodolojisidir. Bu bağlamda, Türk deri sektörünün çevresel, sosyal ve ekonomik açılardan verimliliğini artırmak için YDD uygulamaları gerçekleştirilmeli ve gerekli/gerekecek kapsamlı envanter veri tabanları oluşturulmalıdır. 4. Deri sektöründe daha yüksek miktarlarda ihracat gerçekleştirebilmek ve ihracat yapılan kuzey ülkelerinin taleplerini karşılayabilmek için, deri sektörünün, yeşil tedarik zinciri, kaynak tüketiminde ve sera gazı emisyonlarında azaltım gibi hususlara odaklanarak çevresel etki analizlerine önem vermesi ve bu analizler doğrultusunda Mevcut En İyi Teknik, Temiz Üretim uygulamalarına ağırlık vermesi gerekmektedir. Bu da yasal düzenlemeler, üniversite-sanayi vb. iş birlikleri ile gerçekleştirilmelidir.

4. Endüstriyel Baca Gaz Emisyonundan Sentetik Yakıtların ve Kimyasalların Üretimini Kolaylaştırmak İçin Yenilikçi ve Geri Dönüştürülebilir Katalitik Malzeme Sistemleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
4.1.Endüstriyel Baca Gaz Emisyonundan Sentetik Yakıtların ve Kimyasalların Üretimini Kolaylaştırmak İçin Yenilikçi ve Geri Dönüştürülebilir Katalitik Prosesler	Baca gazlarındaki CO_2'nin tutma ve ayırma maliyetleri oldukça yüksektir (endüstriyel kaynağa bağlı olarak 50-75 USD/ton), bu nedenle elde edilen CO_2'nin yararlı ürünlere geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanımı sürdürülebilir ve temiz ekonomi için son derece önemlidir. CO_2'nin yararlı ürünlere dönüştürülmesi katalitik proseslerinde gözlenen sorunlar aşağıda verilmiştir. Ayrıca CO_2'nin yararlı ürünlere dönüştürülmesi için katalitik proseslerde aşağıda özetlenmiştir. Kimyasal katalitik prosesler: - Düşük seçicilik - Katalizör inhibisyonu ve kararlılık problemleri - Reaksiyon ürünlerinin ortamından ayrılması reaktiflerin reaktöre geri döndürülmesi - Reaktörlerde tek geçiş başına düşük dönüşüm - Reaksiyon yan ürünlerinin (örneğin su) reaksiyonu yavaşlatması	CO_2'nin yakıtlara dönüştürülmesi konusu; teknoloji geliştirme, düşük maliyetli yenilenebilir hidrojen üretimi için altyapı oluşturulması vb. konularının entegre bir yaklaşımını gerektirmektedir. Teknolojik açıdan, CO_2'den yakıt, kimyasal, vb. yararlı ürünlerin üretim yöntemlerinin ticari uygulamalara dönüşümün hızının artırılabilmesi için, yüksek seçicilik ve aktiviteye sahip katalizörlerin ve bu doğrultuda maliyet-etkin proseslerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan yanda belirtilen sorunların çözümü için genel öneriler aşağıda verilmektedir. Kısa vadede öneriler: • CO_2 Dönüştürme Teknolojileri kapsamında katalizör/elektrokatalizör geliştirilmesi konusunda kamu ve özel sektör birlikte Ar-ge çalışmaları gerçekleştirmelidir. • CO_2 Dönüştürme Teknolojileri konusunda katalitik, elektrokatalitik özgün proses

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
4.1.Endüstriyel Baca Gaz Emisyonundan Sentetik Yakıtların ve Kimyasalların Üretimini Kolaylaştırmak İçin Yenilikçi ve Geri Dönüştürülebilir Katalitik Prosesler	- Ekzotermik reaksiyon ve yüksek sıcaklığın kontrol edilmesindeki zorluklar Elektrokimyasal katalitik prosesler: - Uygun maliyetli, etkin ve seçici elektrokatalizör geliştirilmesindeki zorluklar - Elektrotlarda yüksek "overpotansiyel" sorunları nedeniyle istenmeyen yan reaksiyonlar - Gerilim kayıpları - Büyük elektrot alanı ihtiyacı - Genel olarak elektrokimyasal reaksiyon hızının yavaş olması nedeniyle katalizör yüzey alanının artırılması - Difüzyon kısıtlamaları - Membran ömrünün düşük, maliyetlerinin yüksek olması - Elektrokatalizör deaktivasyonu Biyokimyasal prosesler: - Biyolojik sistemlerin (alg, mikroalg, vb.) safsızlıklara ve pH değerine olan duyarlılığı gibi kısıtlamalar - Biyokimyasal dönüşüm hızının yavaş olması - Biyokimyasal reaktörlerin (alg havuzlarının, vb) büyük hacim ihtiyaçları - Canlı organizmalarla çalışma zorlukları - Ürün ayırma ve saflaştırma zorlukları - Kurutma proseslerinin yüksek olması	geliştirme, optimizasyon ve uygulama projeleri gerçekleştirilmelidir. özgün proses geliştirme, optimizasyon ve uygulama projeleri gerçekleştirilmelidir. • CO_2 dönüştürme teknolojileri ile elde edilen ürünlerin maliyetleri çok büyük oranda CO_2 tutma ve yeşil H2 üretimi maliyetlerine bağlı olduğu için bu teknolojiler de geliştirilmeli ve olgunlaştırılmalıdır. CO_2'den yakıt üretimi konusunda orta ve uzun vadede öneriler: • Pilot ölçek CO_2 Dönüştürme teknolojilerini kurulması ve faaliyete geçirilmelidir • Kurulan bu tesisler gerçek ortamda üretimlerin yapılarak proses optimizasyonu gerçekleştirilmelidir. • Elde edilen bu pilot ölçek veriler ışığında öncü tesis/endüstriyel tesis tasarımlarının yapılarak kurulmalı ve çalıştırılmalıdır. • CO_2 kaynaklı ürünleri üretim maliyetlerini düşürülmesi için yeşil H2 üretimi ile proses entegrasyonu sağlanmalıdır. Diğer kullanım alanları, • Desalinasyon, • Beton, agrega, çimento ve katkılar ve belli oranda su karıştırılarak hazırlanır. Su, çimentonun ve dolayısı ile betonun sertleşmesi için kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda betonun kürlenmesi için su yerine CO_2 kullanımı denenmektedir. 28 gün sonundaki dayanıma yaklaşık olarak 1,5 gün içerisinde ulaşılmaktadır. Amerika'da bir şirket CO_2 kürleme ile prekast üretimi gerçekleştirmektedir. Kürleme için 300 kg'a kadar CO_2 beton içerisinde tutulabilmektedir.

5. Yapay Zeka Tabanlı Tedarik, Lojistik ve Dağıtım Ağları Optimizasyonu ve Otomasyonu Çözümleri (Atık, Emisyon ve Maliyet Azaltımı)

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
5.1. Yapay zeka tabanlı tedarik, lojistik ve dağıtım ağları optimizasyonu ve otomasyonu çözümleri (atık, emisyon ve maliyet azaltımı)	1. Akıllı Evsel Katı Atık Yönetim Sisteminin olmaması 2. Stok ve tedarik zincirinin tam olarak neresinde olduğunun belirsizliği 3. Sipariş yönetimi ve fiyatlandırmadaki problemler 4. Gelecek talepleri ve satışları tahmin etmedeki yetersizlikler	1. Evsel katı atıkların ikili toplama sistemi ile toplanabilmesi için akıllı konteynerlerin tasarlanması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu konteynerler doluluk oranına göre Doluluk algılama sensörleri ile izlemesi, buna göre günlük dinamik atık toplama rotalarının oluşturulması, Coğrafi Bilgi Sistemitabanlı navigasyon sistemleri ile entegre edilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	5. En güncel stok takibi ve stok verilerilerine erişime ilşikin problemler 6. Tedarik, lojistik ve dağıtım zincirinin uçtan uca görünürlüğe sahip olmaması maliyetleri ve müşteri memnuniyetini etkilemektedir. 7. Tedarik zincirleri artan müşteri beklentileri için yetersiz kalmaktadır.	sayesinde evsel katı atıkların büyük bir oranını oluşturan (yaklaşık %60) mutfak atıklarının ayrı olarak toplanması ve muhafaza edilmesi sağlanacak olup, bu atıkların öncelikle besin değerinden faydalanılması için hayvan yemi veya maması yapılması, kalan kısmından ise enerji geri kazanımı (biyogaz, piroliz vb.) ve hammdde geri kazanımı (kompost, gübre, kimyasal vb.) sağlanacak şekilde Akıllı Katı Atık Yönetim Sistemi oluşturulmalıdır. 2. Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi çeşitli sensörlerden alınan veriler, stok konumu ve durumuna ilişkin ön görüler sağlar, 3. Yapay zeka teknolojileri ile stok izleme daha doğru hale getirerek ve malzeme israfını azaltır, 4. Akıllı imalat 5. Akıllı sipariş yönetimi: Tedarik zincirleri, gelişmiş talep tahmini ve otomasyonla stok görünürlüğü artacaktır. 6. Dijital tedarik zinciri ve akıllı teslimat teknolojileri 7. Dijital ürünler, hizmetler ve iş modelleri • Sanallaştırılmış süreçler • Sanallaştırılmış müşteri arayüzleri • Dijital ikizler: sanal temsilleri olan dijital ikizler, nesneleri tüm yaşam döngüleri boyunca izlenebilirliği sağlar, 8. Esnek ve birbirine entegre değer zinciri ağları 9. Görünürlük ve Dijital Filo Yönetimi 10. Depo Otomasyonları 11. Veri Analitiği 12. Robotik, İnsansız araçlar, drone 13. Blockchain teknolijisi ile izlenebilirlik ve görünürlük iyileştirecek ve işlem güvenilirliğini artıracak.

6. Sektörel Enerji Verimliliği Malzemeleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.1. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliğe Yönelik Malzemelerin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Ulaşımdan kaynaklı yüksek sera gazı salınımının önlenmesi 2. Araç ve yollardaki atık titreşimin enerji kaynağı olarak kullanılmaması 3. Otomotiv endüstrisinde ağır malzeme kullanımı sonucunda enerji tüketiminin ve CO_2 gazı emisyonunun fazla olması 4. Motor veriminin düşük olması	1. Araç menzilinin arttırılması, sera gazı salınımının önlenmesi için aşağıda verilen ulaşım araçları için yüksek güç yoğunluğuna (Wp/m2) ve düşük kütleye sahip fotovoltaik güneş panellerinin geliştirilmesi • Kara taşıtları: Otomobiller, Pikap, Karavan, Kamyonet, Kamyon vb. • Deniz taşıtları: Yelkenli, Motoryat, Gemi vb. • Hava taşıtları: Planör, Drone vb.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.1. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliğe Yönelik Malzemelerin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Ulaşımdan kaynaklı yüksek sera gazı salınımının önlenmesi 2. Araç ve yollardaki atık titreşimin enerji kaynağı olarak kullanılmaması 3. Otomotiv endüstrisinde ağır malzeme kullanımı sonucunda enerji tüketiminin ve CO_2 gazı emisyonunun fazla olması 4. Motor veriminin düşük olması	2. Enerji hasadı; ortamda doğal yollardan var olan enerjinin yakalanması, elektronik cihazlar için kullanılabilir bir enerjiye dönüştürülmesi ve daha sonra kullanılmak üzere depolanması işlemidir. Dünya genelinde petrol, kömür, doğal gaz ve diğer yenilenemeyen enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, arz talep aralığının giderek artması, küresel ısınma, enerji krizi ve çevresel etkiler gibi nedenler, enerji hasadı teknolojilerine duyulan ilgiyi artırmaktadır. Ulaşım sektörü özelinde değerlendirildiğinde; yol profili ve motor kaynaklı olarak araçlarda meydana gelen titreşimler ile araç geçişiyle birlikte yollarda meydana gelen titreşimler önemli birer atık enerji olarak değerlendirilmektedir. Bu enerjilerin hasatlanarak enerji ekosistemdeme dâhil edilmesi önemlidir. Titreşen veya hareket eden bileşenlerin sahip olduğu mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde piezoelektrik malzemeler önemli rol oynamaktadır. Piezoelektrik etki, uygulanan mekanik strese yanıt olarak elektrik yükü üretebilme ve tersi durumunda elektrik yükü altında mekanik şekil değişikliği gösterebilme yeteneği olup, simetri merkezi olmayan kristallerde gözlenebilmektedir. Mekanik enerji ile elektrik enerjisi arasındaki dönüştürücü özelliği, atık titreşimlerin hasatlanmasında inovatif çözümlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ulaşım sektörü özelinde atık enerjinin hasatlanmasına yönelik çözüm önerileri aşağıda sunulmuştur; i) Otobanlar, raylı sistemler ve havalimanlarında araç geçişiyle birlikte oluşan titreşimin, yolların/rayların altına yerleştirilecek piezoelektrik tabanlı transdüserlerle enerjiye çevrilmesi ve depolanarak elektrikli araç şarj istasyonlarının/şehir şebekesinin beslenmesi (elektrikli araç sayısının artması ile birlikte, 2050 hedefleri kapsamında yollardaki titreşimin hastlanmasıyla elde edilen enerjinin, hareket halindeyken araçların şarj edilmesinde kullanılmasına yönelik uygulanabilir inovatif çözümler oluşturulabilir) ii) Araç titreşimlerindeki (süspansiyon, motor) ve araç hareketli bileşenlerindeki (otomobil lastiği) enerjiyi hasatlayabilecek sistemlerin geliştirilmesi ve hasatlanan enerjinin süperkapasitörlerde depolanması 3. Ulaşım araçlarında, güvenlik ve performansı koruyarak, yüksek mukavemete sahip hafif malzemelerin kullanımı,

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltırken araç verimliliğini de arttıracaktır. Enerji tüketiminin azaltılması, ortaya çıkan CO_2 gazı emisyonlarının azalmasını da sağlayacaktır. Otomotiv endüstrisinde halihazırda kullanılan geleneksel çelik ve dökme demir yerine kullanılacak alternatif malzemeler; alüminyum alaşımları, magnezyum alaşımları, yüksek mukavemetli düşük alaşımlı çelikler, karbon fiber ve polimer kompozitlerdir. Hafif malzemelerin kullanılmasının kullanılan parça ağırlığını düşürme oranları Tablo 1'de sunulmuştur. Özellikle Al, Mg alaşımları ve karbon fiber katkılı kompozit malzemelerin kullanımı, otomotiv parçalarının ağırlığını önemli ölçüde azaltacaktır. Hafif malzeme kullanımı ile araçlardaki yakıt/güç tüketimi de doğrudan ilişki halindedir. A.B.D. Enerji Bakanlığı Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Ofisi (Joost, W.J., 2012), araç ağırlığındaki %10'luk bir azalma ile %6-8 oranında yakıt tasarrufu sağlandığını bildirmiştir. Bu aşamada diğer kritik nokta olan maliyet analizi de göz önünde bulundurularak, tek bir hafif malzeme kullanmak yerine optimum özellikleri sağlayacak çoklu malzeme kullanımı ile hem daha fonksiyonel hem de daha etkin enerji verimliliği sağlanabilecektir. Bu nedenle, alüminyum ve magnezyum bazlı yeni ileri metal alaşım sistemlerinin, karbon fiber katkılı kompozitlerin araştırlması, geliştirilmesi ve uygulanabilir hale getirilmesi ulaşım sektöründe enerji verimliliği açısından oldukça önemli ve gereklidir. Tablo 1. Alternatif hafif malzeme kullanımının parça ağırlığını azaltma oranları (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy) Hafif Malzeme — Ağırlık Kaybı Magnezyum — %30-70 Karbon fiber katkılı kompozit — %50-70 Alüminyum, Al-bazlı kompozitler — %30-60 Titanyum — %40-55 Cam elyaf kompozit — %25-35 Geliştirilmiş yüksek mukavemetli çelik — %15-25 Yüksek mukavemetli çelik — %10-28 4. Motor teknolojisinin, verimliliğini artacak şekilde geliştirilmesi. Yüksek verimli, düşük ağırlıklı motor kullanılması enerji verimliliğini arttırmak ve sera gazı salınımının azalması için önemli bir potansiyel sağlamaktadır.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.2. Konut ve Binalarda Isıtma ve Soğutma, Aydınlatma İhtiyacını Optimize Edecek İleri Malzemelerin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Sektörel Ar-Ge çalışmaları 2. Nem oranı yüksek yerleşim yerlerinde iklimlendirme ve ısıtma ve soğutmadan dolayı enerji maliyetlerinin yüksek olması 3. Bölgesel ısıtma/soğutma sistemlerinde alternatif çözümlerin kullanımının sağlanmasında mevcut kaynak belirsizliği, hibrit çözümler, termoekonomik yararlar, bölgesel uygunluk 4. Dekostrüksiyona (yapı söküme) uygun tasarım (DUT) 5. Kentsel donuşum ve bina yıkım/yapım süreçlerinde kaynak etkin yönetimi 6. Maden, sanayi ve tarımsal atıkların yapı sektöründe etkin kullanımı 7. Konut ve binalarda enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik malzeme çözümleri	1. Gömülü karbon, bir binanın malzemelerinin yapımında ve taşınmasında ve yapının kendisinin inşasında yayılan karbondur; küresel GHG emisyonlarının %11'inden ve küresel inşaat sektörü emisyonlarının %28'inden sorumludur (Alter, Lloyd, TreeHugger, 2018). Gömülü karbon miktarının azltılmasına yönelik ar-ge çalışmaları sektörler bazında yapılabilir. Ayrıca, seramik sektörüne göre daha yoğun emisyona sahip malzemeler, seramik malzemelerle ikame edilebilir. 2. Nem kontrollü karoların binalarda klima yerine kullanılarak enerji tasarrufu sağlanması çalışmaları yapılmaktadır. Bu kapsamda da çalışmalar yapılarak (Seramik Araştırma Merkezi) seramik sektörünün kullanımına sunulmuştur. 3. Her bir il için bölgesel ısıtma/soğutma sistemleri uygulamaları için yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı çözümlerin araştırılması Trombe duvar teknolojilerinin uygulanabilirliği Güneş duvarı teknolojilerinin uygulanabilirliği Çözüm odaklı yenilenebilir enerji kaynaklı Isı pompası uygulamalarının bireysel ısıtma/soğutma teknolojisi olarak kullanım imkanları Yenilenebilir hibrid teknolojilerin gelişimi PV/T uygulamaları, bileşik enerji ve ısıl sistem uygulamaları Sürdürülebilir ısıtma/soğutma için faz değiştiren malzeme kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi 4. Dekostrüksiyona (yapı söküme) uygun tasarım (DUT) Dekonstrüksiyona uygun tasarım (DUT), bir binanın ömrünün sonunu daha verimli bir şekilde yönetme niyetiyle tasarımını ifade eder. DUT, atık oluşumunu azaltmak ve yeniden kullanım ve geri dönüşüm için yüksek değerli ikincil yapı bileşenlerinin ve malzemelerinin geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak için binaların kolayca sökülmesini sağlamayı amaçlar. Bu yenilikçi yaklaşım, tadilat, onarım ve bina yıkım gibi aşamalarının verimli bir şekilde yürütülmesini sağlamak için tasarımcıları inşaat projelerinin tasarım aşamasına DUT ilkelerini dahil etmeye teşvik eder. DUT kapsamında hem varlık yönetimi hem de bina yıkım/söküm süreçlerini içeren bütünsel bir şekilde bina sistemleri, ürünler ve hizmetler için kullanım ömrü sonu senaryolarını dikkate alınır. Bu yaklaşım, sürdürülebilir yapılı çevre için bir binanın yaşam döngüsünün dikkate alınması gerekliliğine vurgu yapar.

		5. Kentsel donuşum ve bina yıkım/yapım süreçlerinde kaynak etkin yönetimi • Kentsel yapı stoklarında gömülü karbon ve malzemelerin tahmin edilmesi ve haritalanması • Kentsel yapı stoklarını korumak için mevcut ve gelecekteki yapısal olmayan malzeme ihtiyaç akışlarının tahmin edilmesi ve görselleştirilmesi • Kentsel donuşum ve bina yıkım süreçlerinde açığa çıkan atıkların etkin bir şekilde değerlendirilmesi için sistematik dijital çözümlerin oluşturulması Tekrar kullanılabilir malzemelerin/sistemlerin ayrıştırılması (Kapılar, pencere sistemleri,...) ve kullanılacağı/saklanacağı yerlere iletilmesi İleri dönüştürülebilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerin uygun şekilde toplanması ve kullanılacağı/saklanacağı yerlere iletilmesi Etkin ileri dönüştürme ve geri dönüştürme teknojilerinin geliştirilmesi (agrega geri dönüştürülmüş beton,...) 6. Maden, sanayi ve tarımsal atıkların yapı sektöründe etkin kullanımı Yapı malzemeleri üretiminde maden, sanayii ve tarımsal atıklar hammadde ya da yakıt olarak etkin bir şekilde değerlendirilenbilir. Bu süreçlerin etkin yönetimi için sadece malzeme/proses teknolojisinde gelişmeler olması yeterli değildir. Dijital çözümlerin artması ve atıklara ilişkin bilgilerin sistematik olarak toplanması ve erişilebilir olması da aynı derece de önemlidir. 7.Konut ve binalarda enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik malzeme çözümleri •Bina kabuğunu iyileştirerek enerji kaybını ve emisyonları azaltmak için uygun malzeme çözümleri Yüksek performanslı ve düşük çevre ayak izli yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi Yüksek performanslı camların ve pencere sistemlerinin geliştirilmesi • Yerinde yenilenebilir kaynaklarla birleştirilmiş enerji depolama sistemlerine uygun malzeme çözümleri Kimyasal enerji depolama Termal enerji depolama Elektrik enerjisi depolama Elektro-kimyasal enerji depolama Mekanik enerji depolama • Kentsel ısı adası etkisini azaltacak malzeme çözümlerinin geliştirilmesi
6.3. Sürdürülebilir, Çevre Dostu Yalıtım Malzemelerinin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Doğal kaynakların tüketilmesine sebebiyet veren geleneksel yalıtım malzemeleri 2. Konut ve binalarda yalıtım için kullanılan yöntem ve malzemelerin dezavantajları	1.Geleneksel yalıtım malzemelerinin yerine doğal veya geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.3. Sürdürülebilir, Çevre Dostu Yalıtım Malzemelerinin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Doğal kaynakların tüketilmesine sebebiyet veren geleneksel yalıtım malzemeleri 2. Konut ve binalarda yalıtım için kullanılan yöntem ve malzemelerin dezavantajları 3. Konut ve binaların küresel ısınmaya olumsuz katkısı 4. Isı yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesi	Türkiye'de 20,5 Milyon konutun %80'inini hala yalıtımsız olduğu dikkate alındığında kentsel dönüşüm projeleri ve yasal düzenlemelerin de etkisi ile önümüzdeki yıllarda yalıtım sektörünün hızlı büyümesini sürdüreceği öngörülmektedir. 2000 yılında yayımlanarak ısı yalıtımını yeni binalar için zorunlu kılan "TS 825 Isı Yalıtımı Yönetmeliği", sektörün gelişimi açısından çok önemli bir basamak olmuştur. Ardından, 1 Ocak 2001'de yürürlüğe giren "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği" gereğince de yeni inşa edilen binalara Enerji Kimlik Belgesi alınması zorunlu olmuştur. 10 yıl önce 350 Milyon USD büyüklüğünde olan pazar son yıllarda 5 Milyar USD hacmini aşmıştır. Bu büyüklüğün içinde malzeme üreticileri ve uygulamacılar bulunmaktadır. 2019 yılından itibaren mevcut binalarında Enerji Kimliği Belgesi alma zorunluluğundan dolayı, ısı yalıtım malzemeleri tüketiminin daha da artması beklenmektedir. Ülkemiz ısı yalıtım malzemeleri konusunda dışa bağımlılığını hala sürdürmektedir. Böyle bir durumda, yerel hammaddeler kullanılarak geliştirilecek olan ısı yalıtım malzemeleri ülkemiz açısından ekonomik anlamda ciddi yarar sağlayacaktır. Bina yalıtımı yaygın olarak petrokimyasallardan (çoğunlukla polistiren) veya yüksek enerji tüketimi ile işlenen doğal kaynaklardan (cam ve taş yünü) elde edilen malzemeler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu malzemeler, esas olarak üretim aşamasından (yenilenemeyen malzemelerin kullanımı ve fosil enerji tüketimi) bertaraf aşamasına (ürünlerin kullanım ömrü sonunda yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesindeki sorunlar) çevre üzerinde önemli zararlı etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle, atık bir malzemenin ikincil bir ürün olarak kullanımı hammadde tüketimi ve çevre kirliliği açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu noktada bina tasarım sürecinde "sürdürülebilirlik" kavramı, doğal veya geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması ile termal ve akustik yalıtım malzemelerin geliştirmesini amaçlayan araştırmalar önem arz etmektedir. Bazı yeşil malzemelerin ve bazı tarımsal ve endüstriyel yan ürünlerin ısıl ve akustik yalıtım özellikleri, inşaat sektöründe yeniden kullanım veya geri dönüştürme fırsatlarını değerlendirmek için literatürde bazı çalışmalar mevcuttur fakat bu ürünlerin kullanımı yaygın değildir, genelde deneysel çalışmalarla ve laboratuvar aşamasıyla sınırlıdır.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		Örneğin çeltik samanı, hindistancevizi zifti, mısır kabuğu ve yerfıstığı kabuğu, çoğu doğal yalıtım malzemesi arasında en düşük ısı iletkenliğine sahiptir ve köpüklü poliüretandan (0.024 W/(m·K)) daha düşüktür. Ananas ve ananas yapraklarının lifleri, köpüklü cam yalıtım levhasından (0.045 W/(m·K)) daha düşük bir ısı iletkenliğine sahiptir. Doğal malzemelerin ciddi bir bölümü, faz değiştiren malzemeden (PCM) (0.080 W/(m·K)) daha düşük termal iletkenliğe sahiptir. Hindistan cevizi kabuğu ve küspe kimyasal yapıştırıcılar kullanılmadan düşük yoğunluklu ısı yalıtım levhaları haline getirilebilir. Pamuk sapı lif levha, çok az bağlayıcı ve enerji kullanımı ile duvar ve tavan malzemesi olarak kullanılabilir. Doğal liflere dayalı yalıtım malzemeleri, özellikle kenevir, keten ve jüt, dış bitki duvarlarının ve çatılarının yapımında uygulanabilir. TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardına göre; ısı yalıtım malzemelerinin yalıtım özelliği taşıyabilmeleri için ısı iletim katsayısı değerinin 0,065 W/mK değerinin altında olması gerekmektedir. Ticari olarak piyasada satılan cam köpük malzemelerinin ısı iletim katsayısı değeri 0,045-0,060 W/mK aralığında değişmektedir. Sonuç olarak, geleneksel olmayan malzemelerin yaygın bir şekilde kullanılmasından önce hala çözülmesi gereken sorunlar var. Özellikle en iyi performans gösteren malzemeler için dayanıklılık yangına dayanıklılık, su buharı difüzyonu gibi bazı özellikler daha fazla araştırılmalıdır. Doğal malzemelerden yapılmış yalıtım malzemelerinin üretimi, gıda bitkilerinin ekimi ve hasadı ile çelişmemeli, tarım sektörünün kalıntı ve yan ürünlerinin kullanımına odaklanılmalıdır. Bu geleneksel olmayan malzemelerin kullanılması, petrol bazlı ve yenilenebilir olmayan kaynakların kullanımını azaltabilir. 2. Konut ve binaların termal performans değerlendirmesine dayalı olarak dizayn edilmesi/iyileştirilmesi Konut ve binalarda yalıtım noktasında ortaya çıkan problemler genel anlamda uygulanan yalıtım malzemesi ya da sistemin optimum koşullar gözetilerek uygulanmaması/seçilmemesinden ya da uygulanan tekniğin sebep olabileceği muhtemel problemlerden kaynaklanmaktadır. Örneğin konvansiyonel çatı sistemlerinde yalıtım çatı membranının altına kurulur ve yalıtımın konvansiyonel bir çatı sisteminde yeri birkaç dezavantajı (güneş ışısının çatı yüzeyi altına aktarılamaması,

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		yüksek seviyede genleşme ve büzülmeden kaynaklı hasar, nem sıkışmasından kaynaklı hasarlar vb.) beraberinde getirir. Bu gibi malzeme ve uygulama kaynaklı sorunların yanı sıra uygulama yapılacak binanın mevcut durumu da önem arz etmekte, dış cephesine müdahale edilmeyecek binalarda içten yalıtım çözümleri gerçekleştirilmekte ve bu da maliyeti ekstra arttırabilmektedir. Bu noktada yalıtım ve termal tasarımın dinamik metodolojilere dayandırılarak gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Örneğin yapıda daha fazla yansıtıcı yüzeyler kullanılarak Albedo (bir nesneden uzaya geri yansıyan güneş radyasyonunun bileşen) parametresinin arttırılması gereken alanları bulmak için uzay kaynaklı verileri kullanma potansiyeli önemli bir yaklaşımdır. Bunun yanı sıra, akıllı camların (alt tabaka ve karartma malzemesi olarak cam veya diğer şeffaf malzemelerden oluşan ışık ayarlı akıllı bir pencere sistemi) kullanımı son yıllarda dikkat çeken bir yaklaşımdır. Belirli fiziksel koşullar altında (ışık, elektrik alanı, sıcaklık gibi) cihaz renklendirme veya solma reaksiyonu ile renk durumunu değiştirir. Bu nedenle, ışık yoğunluğunu ve iç sıcaklığı ayarlayarak enerji tasarrufu amacına ulaşmak için dış ortamın ısı radyasyonunu seçici olarak emebilir veya yansıtabilir ve iç ısı difüzyonunu önleyebilir. Farklı uyarma yöntemlerine göre elektrokromizm, termokromizm, fotokromizm ve gaz kromizmi olarak ayrılabilir. Genel anlamda termal yalıtım operasyonları standart bir prosedürle tüm yapılara benzer bir biçimde uygulanmakta ve mevcut hali ile optimizasyondan uzak bir işlem özelliği sergilemektedir. Fakat gerek mevcut gerekse inşa edilecek olan binalarda termal yalıtım operasyonundan önce binanın enerji simulasyonunun gerçekleştirilmesi ve enerji performansının tespit edilmesi neticesinde izolasyon operasyonunun optimize edilmesi sürdürülebilirlik açısından en etkili yol olarak görülebilir. Üç boyutlu bina modeline uygulanacak dinamik enerji simülasyonu neticesinde elde edilen enerji dağılımına göre gerçekleştirilecek yalıtım optimizasyonu daha uygun ve daha az miktarda malzeme kullanımına imkan sağlayacak ve en sürdürülebilir çözümlerin üretilmesini mümkün kılacaktır. 3. Pozitif enerji komşuluğu, Kentlerde yenilenebilir enerji uygulamaları ile ısıtma, soğutma ve elektrik vb. ihtiyacının temini

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		Küreselleşen dünyada kentler iletişim, ticaret ve kültürün merkezleri olarak toplam enerjinin üçte ikisinden fazlasını tüketirlerken küresel CO_2 emisyonlarının %70'inden fazlasını atmosfere yayaylar. Pozitif Enerji Bölgeleri/ Mahalleleri (PED/PEN) enerji verimliliğini ve enerji fazlasının üretilmesini hedefleyen şehirlerdeki bir alt sistemlerdir. Kapsamlı sürdürülebilir kentleşme stratejilerinin ayrılmaz bir parçasıPozitif Enerji Bölgeleri ve Mahalleleri, odağı bireyden uzaklaştırarak mahallelere yönelik pozitif enerji inşası ve dolayısıyla yeni bir etki düzeyi sürdürülebilir kentsel kalkınma ve enerji geçiş sürecini enerji verimli binalar, yenilenebilir enerji teknolojisi ve depolama ve enerji yönetim sistemleri ve teknoloji ile mimariyi birleştirmek ve sosyal inovasyon faaliyetlerini içeriyor. PED geliştirmeyi yaygınlaştırmak için uygulanabilir çözümler gerekli altyapı ile ilgili olarak, aralarında yeni işbirliği biçimleri paydaşlar, halkın katılımı, yasal çerçeve ve iş modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu uygunlamaların yapılabilmesi için siyasi taahhüt gereklidir. Yerel çerçevede enerji üretmek, kullanılan teknolojiler ve muvzuatlar pek çok güçlükler yaratmaktadır. Şehirler, ana enerji tüketicileri olarak enerjiyi ancak kısmen üretebilirler. Organizasyonel değişiklikler tarafından yönlendirilen üretim ve dağıtım ile yapıcı çözümlerin geliştirilmesi gereklidir. Bu kapsamda aşağıdaki başlıklarda proje çalışmalarına ihtiyaç duyulacaktır; i) Mevcut binalar ve araçların pozitif enerji komşuluğuna dönüştürülmesi Birkaç bina ve elektrikli araçlardan oluşan yaşam alanının pozitif enerji komşuluğuna dönüştürülmesini içerir. ii) Mevcut mahallerin pozitif enerji komşuluklarına dönüştürülmesi Mevcut kentsel yapıların bu yaklaşımla Pozitif Enerjiye yönelik yenilikçi güçlendirme ve yeniden tasarım stratejileri geliştirilmesi ve iklim açısından nötr mahalleler oluşturulması hedeflenir. iii) Süreç ve iş modeli geliştirmesi Paydaşlar ile işbirliği için stratejiler geliştirmek, iş modelleri, kamu-özel ortaklığı ve düzenleyici çerçeve çevresel, sosyal ve ekonomik modellerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. 4. Binalarda kullanılan geleneksel yapı malzemelerinden biri olan tuğlanın ısı yalıtım özelliklerini optimize etmek için bazı gözenek oluşturucu maddeler, (talaş, pirinç kabuğu veya

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		ayçiçeği çekirdeği kabuğu) gibi harici organik kaynaklardan elde edilen ikincil ham maddelerin yanı sıra atık cam ve inorganik esaslı malzemelerin kullanımı ile termal iletkenlik katsayısı < 0.065 W/mK, kapalı gözenekli, yoğunluğu düşük, yangına ve ısıya dayanıklı, çevre dostu yapı malzemelerin üretimi mümkün olmaktadır. Tuğla malzemesine alternatfi olarak, binalarda dayanım gerektirmeyen ara bölmelerde hem tuğla yerine hem de ısı yalıtım malzemesine yerine kullanım imkanına sahip gözenekli panel malzemelerin üretimi ve kullanımı da son yıllarda yaygınlaşmaktadır. Bu malzemelerin kullanımı ile hem ısı yalıtım hem de ses yalıtımının sağlanmasına katkı sağlamaktadır.
6.4. Sanayide Enerji Verimliliğine Yönelik Malzemelerin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Enerji verimsiz üretim teknikleri ve ısıl güç yönetimi hususunda zafiyetler 2. Enerji tüketiminin azaltılması 3. Sanayide sıcak su ve buhar hatlarında meydana gelen termal kayıplar 4. Enerji tüketimi yüksek geleneksel aydınlatma armatürlerinin kullanılması	1. Proses ve malzeme odaklı verimli enerji yöntemlerinin üretim sistemlerine entegrasyonu Dünya üzerindeki büyük olumsuz etkisi göz önünde bulundurulduğunda endüstrinin büyük enerji kullanımı ve enerji verimliliğinin arttırılması yoluyla sağlanabilecek büyük enerji tasarrufu potansiyeli günümüzün ana odaklarından biri haline gelmiştir. Fakat enerji verimliliği hususunda yapılabilecekler endüstrinin muazzam seviyede çeşitliliğinin doğasında var olan politik zorluklar tarafından bastırılmaktadır. Sektörün enerji kullanımı, enerji kaynakları ve fiyatları; politik, ekonomik ve ticari durumlar ve yönetsel öncelikler ve karar verme paradigmaları gibi birçok farklı teknoloji, süreç ve ürününden etkilenmektedir. Bu noktada bazı eylemler enerji verimliliğinin sağlanması hususunda ön plana çıkmaktadır: • Doğal verimlilik bozulmasına karşı koymak ve süreç parametrelerindeki değişiklikleri yansıtmak için ekipmanın bakımı, yenilenmesi ve tekrar ayarlanması • Eski ekipmanın, proses hatlarının ve tesislerin yeni ve en son teknolojilere göre güçlendirilmesi, değiştirilmesi • Isı kaybını ve atık enerjiyi azaltmak için ısı yönetiminin kullanılması, yani, yalıtımın uygun kullanımı veya bir prosesten diğerine atılan ısı ve malzemelerin kullanımı • Daha iyi enerji ve malzeme verimliliği ve genel süreç üretkenliği için süreç kontrolünün iyileştirilmesi • Süreçleri düzene sokmak—işleme adımlarını ortadan kaldırmak ve yeni üretim konseptlerini kullanmak; • Ürün ve malzemelerin yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi

		• Artan süreç üretkenliği—ürün reddedilme oranlarını azaltmak ve malzeme verimini artırmak. • Sürdürülebilir teknolojilerin yenilikçi gelişimi ve üretim ve süreçlerdeki yenilikler; yenilenebilir hammadde ve ürün ve hizmetlerin kullanımı • Daha düşük enerji yoğunluğuna sahip önlemlerin uygulanması, teknolojik süreçlerden kaynaklanan enerji kayıplarının verimli kullanılması ve enerji tasarrufu önlemleri için modern teknolojilerin ve malzemelerin uygulanması. Söz konusu eylemlerin mümkün kılınmasında malzeme odaklı çözümler olarak ise: • İhtiyaç duyulan gücün optimize edilmiş yüksek verimli sistemlerle üretilmesi, • Basınçlı sistemlerin minimum kaçakla, minimum basınçla, dış ortamdan alınana hava ile çalışacak şekilde optimize edilmesi, • Kullanılan standart malzemelerden kaynaklı atık ısının malzemenin optimizasyonu yolu ile indirgenmesi veya atık ısının ısı gerektiren işlemlerde tekrar kullanılması, • Yakıt tiplerinin hedef enerji doğrultusunda optimize edilmesi, • Isı çıkışından faydalanılan ekipmanların veriminin arttırılması adına malzeme odaklı optimizasyonun sağlanması, • Termal izolasyon sağlayan malzemelerin ısıl etkinin değerlendirildiği ekipmanlarda kullanılmasıdır. 2. (yapılan ve) yapılabilecek çalışmalar; • fırınların ve kurutucuların tasarımlarının geliştirilmesi • fırınlardan atık ısının geri kazanılması • kojenerasyon/kombine ısı ve enerji santralleri • ağır akaryakıt ve katı yakıtların düşük emisyonlu yakıtlarla ikamesi • reçetelerin modifikasyonu. • radyant tüplü brülörler • mikrodalga destekli sinterleme ve mikrodalga kurutucular • refrakter ürünler için yeni tip bir kurutma sistemi (Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry, August 2007) 3. Sıcak su ve buharın taşınımında kullanılan boru,kondenstop vb. hatların izolasyonunda kullanılmak üzere yüzey uygulaması kolay, ısı iletim katsayısı düşük termal boya-polimerik kaplama mazlemelerinin geliştirilmesi 4. Mümkün olan yerlerde çatı ve tavan bölümlerinden doğal aydınlatmanın bina içlerine taşıyan yansıtıcı-tübüler sistemlerin geliştirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.5. Mekanik Sistemlerde Enerji Kaybını Azaltacak Malzemelerin, Yüzeylerin ve Tasarım Yaklaşımlarının Geliştirilmesi ve Uygulamaları	1. Mekanik sistemlerde sürtünme kayıplarının enerji verimliliğini düşürmesi 2. Mevcut malzemelerin ve geleneksel imalat yöntemlerinin mekanik sistemlerin tasarımında sınırlayıcı olması	1. Mekanik sistemlerdeki sürtünmeye bağlı enerji kaybı dünyada üretilen tüm enerjinin beşte birini oluşturmaktadır. Doğru tribolojik yaklaşımlarla sürtünmenin düşürülmesi ulaştırma sektörü başta olmak üzere mühendislik faaliyeti içeren her sektörde enerji kayıplarının azaltılmasına yönelik büyük potansiyel taşımaktadır. Fiziksel buhar bırakımı ve kimyasal buhar bırakımı ile üretilen ince film kaplamalar her tür yüzeye uygulanabilir nitelikleri nedeniyle bu kapsamda öne çıkmaktadır. Son yıllarda araştırmaları hız kazanan elmas-benzeri karbon (diamond-like carbon) kaplamalar sürtünmeyi %0.1 seviyesine indirebilmektedir. Düşük sürtünme uygulamalarında kullanılan bilindik bir malzeme olan teflonun sürtünme katsayısının %8 olduğu düşünüldüğünde, bu yeni nesil kaplamaların taşıdığı potansiyel daha net bir şekilde anlaşılmaktadır. Bu bağlamda yapılabilecek bilimsel ve teknolojik çalışmalar şu şekilde sıralanabilir: • Elmas-benzeri karbon kaplamaların hidrojenize içyapı ve organik katkılar aracılığıyla daha yüksek performansa ulaştırılması. • Metal-nitrür kaplamalara yapılacak vanadyum ve molibden gibi eklemelerle kendinden yağlayıcı özelliğe sahip yapılar elde edilmesi. • Kaplamaların yüzey tutunması, sıcaklık dayanımı ve korozyon direnci gibi özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik yeni kaplama kompozisyonlarının ve içyapılarının araştırılması. Yukarıda bahsedilen ve sert kaplamalar olarak tanımlanabilecek yapılar yalnızca birkaç mikron kalınlığında olduğundan mevcut parça geometrisini değiştirmeden uygulama imkanı sunmaktadır. Öte yandan ilgili kaplamaların ülkemizdeki makina tasarım ve imalat süreçlerinde kullanımı kritik motor parçaları ve metal işleme sektöründeki kesici takım uygulamaları ile sınırlı kalmaktadır. Söz konusu kullanımın yaygınlaştırılması için önemli noktalar şunlardır: Magnetron saçtırma ve katodik ark biriktirme tekniklerinin kaplama hızı ve kalitesini artırılması ve işlem maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmalar. Kaplamaların verim artışına sağlayacağı katkıların öngörülmesini sağlayacak araçların ve metodolojilerin geliştirilmesi ve bu konuda ilgili sektörlerde farkındalık yaratılması. • Konvansiyonel yağlayıcıların kullanıldığı CNC tipi metal işlem süreçlerinin, kriyojenik soğutma sistemlerini içeren yeni nesil metal işleme makinalarına dönüştürülmesi

		2. Mekanik sistemlerde sürtünme kayıplarına ilave olarak hareket eden parçaların ağırlığı ve kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri de verimi etkilemektedir. Özellikle taşımacılık sektöründe araç ağırlığının azaltılması hem malzeme sarfiyatını hem de yakıt tüketimini doğrudan azaltacak bir etkiye sahiptir. Eklemeli imalat teknolojileri, bu kapsamda tasarım ve üretim süreçlerine büyük avantajlar sağlamaktadır. Eklemeli imalat, polimerik, metalik ve seramik malzemelerin, herhangi bir kesme, delme veya işleme prosesine ihtiyaç duymadan üretimini sağlayan yenilikçi bir teknolojidir. Bu yaklaşım sayesinde, geleneksel üretim yöntemlerindeki sınırlamalardan etkilenmeden kompleks geometrilerin üretimi mümkün olmaktadır. Eklemeli imalat teknolojilerinin verim artışı sağlamasına yönelik çözümler şu şekilde öngörülmektedir: Ağırlık azaltımı için yapısal malzemelerde kafes yapıların kullanımı. Bu yeni yaklaşımı destekleyecek tasarım, analiz ve üretim metodolojilerinin geliştirilmesi. Yüksek dayanım-ağırlık oranı elde etmek için topoloji optimizasyonu. Topoloji optimizasyonu süreçlerine destek verecek yazılım ve analiz araçlarının geliştirilmesi ve ilgili kabiliyetlerin imalat yöntemlerine uyumlu hale getirilmesi. Eklemeli imalat yaklaşımlarının ortaya koyduğu yeni malzeme ve proses süreçlerinden faydalanan yeni nesil metal alaşım, polimer ve kompozit yapıların geliştirilmesi Eklemeli imalat teknolojisini kullanan cihazlar konusunda dışa bağımlılığın azaltılmasına yönelik yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesi Malzeme teknolojileri de özellikle yüksek sıcaklığa dayanım ve yüksek mekanik dayanım ihtiyacı duyulan mekanik bileşenler için sınırlayıcı olmakta ve mekanik sistemlerde buna bağlı verim kayıpları önemli bir oran teşkil etmektedir. Bu kapsamdaki çözüm önerileri şu şekilde sıralabilir: • Yüksek entropi alaşımları ve metalik cam gibi yeni nesil alaşımların geliştirilmesi ve üretimi konusundaki kabiliyetlerin artırılması • Karbon fiber katkılı polimer kompozitler başta olmak üzere yüksek dayanım-ağırlık oranı sağlayan yeni nesil yapısal malzemelerin ve nanokompozitlerin geliştirilmesi • Geliştirilen alaşım ve yapıların büyük ölçekte ve ticari üretimine yönelik Ar-Ge faaliyetlerinin yapılması •Yüksek sıcaklığa dayanıklı refrakter alaşımların ve ileri seramik malzeme ve kompozitlerin geliştirilmesi

Tema 3: Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı

Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı teması kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir:

1. Fotovoltaik Güneş Enerjisi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
1.1 Yüksek verimli güneş enerjisi teknolojileri	Tek malzemeden oluşan güneş hücresi veriminin teorik sınıra yaklaşmış olması	En az iki malzemeden oluşan maliyet-etkin tandem güneş hücresi geliştirilmesi (Dünya THS 5, Türkiye THS 3)
	Güneş panellerinin ağır ve esnemeyen yapıda olması nedeniyle uygulama alanlarının dar ve kurulum maliyetlerinin yüksek olması	Güneş panellerinin kurulum maliyetlerini azaltılmasına ve kullanım alanlarının artmasına izin verecek şekilde esnek ve hafif olmasının sağlanması amacıyla 100 mikron altındaki silisyum veya ince film (örn., perovskit, CdTe, organik, kuantum nokta, CIGS) güneş hücre teknolojilerinin geliştirilmesi
	Fotovoltaik panellerin veriminin teorik limite göre düşük olması	Amorf silisyum veya kuvantum tünelleme elektron ve delik iletimi sağlayan pasive edilmiş kontaklı hücrelerin geliştirilmesi ile teorik limite daha da yaklaşılabilir ve de tek soğurucunun getirdiği temel limiti aşmak için CdZnTe, GaAs ve perovskit ile tandem güneş hücrelerin geliştirilmesi ile birim alanda verim artırılması
	Fotovoltaik panellerin yaygın kullanım için maliyetinin yüksek olması	serigrafi ile kaplanan gümüş miktarının azaltılmasına veya elektroplating gibi yöntemlerle bakır kaplanmasına yönelik araştırmalar yapılması
	Güneş panellerinden elde edilen elektriğin fiyatı hızla düşmüş olmasına rağmen bina, tarım, fabrikalar ve araçlar gibi yaygın alanlara entegre edilememiş olması	Hafif, dayanıklı, yüksek verimli, esnek, maliyet-etkin, ergonomik güneş hücre ve panellerinin geliştirilmesi ve uygulama alanları ile sinerjistik entegrasyonu (Dünya THS 7, Türkiye THS 5)
	Güneş panellerinin yaşam süresinin ekonomik olarak avantajlı (>30 yıl) olmasına rağmen CO_2 hedeflerine göre artırılması gerekliliği	CO_2 emisyonunu hedefleri doğrultusunda güneş panellerin 50 yıl mertebesinde sahada kalması optimum olacaktır. Bu bağlamda, geri dönüşüme izin veren ve aynı zamanda hücreleri 50 yıl mertebesinde koruyabilecek su geçirmeyen, yalıtkan ve güneş altında bozulmayan enkapsülant malzemelerinin geliştirilmesi (Dünya THS 6, Türkiye THS 1)
	Güneş santrallerinde ani arızaların oluşması	Panellerin termal, optik veya güç sistem algoritmaları yöntemleriyle izlenmesi ile ani arızanın tahmin edilmesine yönelik araştırmalar yapılması
	Mevcut silisyum tabanlı güneş hücrelerinin üretiminde yüksek sıcaklık proseslerinin kaçınılmaz olması, mevcutta bu sıcaklıkların fosil yakıtlardan elde edilmesi	Katkılama istemeyen yük taşıyıcı tabakaların silisyum teknoloji ile birleştirilmesi veya alternatif güneş hücre teknolojileri geçilmesi (Dünya THS 5, Türkiye THS 4)

	İnce filmlerden üretilen fotovoltaik hücrelerin verimlerinin teorik limitten uzak olması	Soğurucu malzeme ile elektron veya delik geçirgen malzemenin enerji bant uyumumun anlaşılması için temassız ve hızlı sonuçlar veren yöntemlerin geliştirilmesi
	Henüz hiçbir malzemenin tandem güneş hücresinde kullanımı için yeterince iyi özelliklere (yüksek verimli, ağır metal içermeyen, kararlı, maliyet-etkin gibi) sahip olmaması	Silisyum teknoloji ile tandem kullanıma uygun yeni malzemelerin araştırılması

2. Isıl Güneş Enerjisi ve Endüstriyel Isı

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
2.1 Isıl güneş enerjisi ve endüstriyel ısı	Isıl güneş sistemleri, Türkiye'de su ısıtmada yaygın kullanılmasına rağmen ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve sanayi alanlarında yaygın olarak kullanılmamaktadır.	En az iki malzemeden oluşan maliyet-etkin tandem güneş hücresi geliştirilmesi (Dünya THS 5, Türkiye THS 3)
2.2 Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden üretilen ısıl enerjinin fiyatının düşmesi ve veriminin artırılması gerekmektedir (Diğer yenilenebilir enerji sistemlerine göre daha yüksek kapasitelerde kurulması ve yer ihtiyacı olmasından dolayı).	Verimliliğin artması için yansıtıcı yüzey kaplamalarının yansıtma oranları yaklaşık %92'dir. Metal oranı düşük özel kaplamaların geliştirilmesi, yansıtma oranlarının artırılması gerekmektedir (Dünya: THS 7-8, Türkiye: THS 5). Üretilen ısıl enerji hidrojen üretiminde de kullanılabilir. Jeotermal, kojenerasyon gibi sistemlerle hibrit hale getirilebilir. Üretim maliyetleri için üretim hacmine bağlı olarak ekonomik analizler yapılması ve ortaya farklı senaryoların çıkarılması gerekmektedir. Ayrıca farklı yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin (parabolik oluklu, lineer Fresnel, kule tipi, vb.) ülkenin farklı bölgelerindeki güneş enerjisi potansiyeline bağlı olarak hedeflenmesi ve elektrik üretimi fizibilite çalışmalarının yapılması gerekmektedir.
	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin yüksek sıcaklık gerektiren (çimento, cam, vb.) endüstri sektörlerine uygun olarak adapte edilememesi	Daha verimli ve yüksek sıcaklıklara (600 °C ve üzeri) dayanıklı akışkanlar geliştirilmesi gerekmektedir (hem ısı transfer ortamı hem de depolama malzemesi olarak). (Örneğin, mikro veya nano-partikül içerikli akışkanların geliştirilmesi) (Dünya: THS 6, Türkiye: THS 3).
	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin yüksek sıcaklık gerektiren (çimento, cam, vb.) endüstri sektörlerine uygun olarak adapte edilememesi	Farklı sanayi kolları veya OSB'ler ele alınarak ısıl enerji üretilmesi veya doğrudan güneş enerjisinin malzeme dönüşümü için kullanılmasına imkân kılacak yüksek sıcaklıklara (600 °C ve üzeri) dayanıklı alıcıların geliştirilmesi gerekmektedir. İkincil yansıtıcılı sistemlerin (örneğin, aşağı yansıtmalı kule tipi yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemi) optik odaklama özelliklerinin geliştirilmesi de bu konu altında incelenmelidir (Dünya: THS 5, Türkiye: THS 2)..

	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisinin diğer (kesikli) yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrikten daha pahalı olması	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin, kesikli yenilenebilir enerji sistemlerinden farklı olarak şebekeye etkileri farklıdır. Bu etkilerin depolama sistemleriyle birlikte ele alınması gerekmektedir (Dünya'da ticari uygulamaları var, Türkiye'de ısıl üretim için iki tane sistem kurulumu denendi ama ticarileşme yok THS:7). Hibrit sistemler açısından PV, jeotermal gibi diğer sistemlerle entegre edilebilir.
	Az yoğun güneş enerjisi veya atık ısı sistemleriyle birlikte çalışabilecek, düşük sıcaklıklarda çalışacak termodinamik çevrimlerin geliştirilmesi gerekmektedir.	Organik Rankine çevrimleri (Dünya THS: 8-9) ve süperkritik CO_2 (Dünya THS: 6-7) sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Atık ısı, endüstriyel ısı, jeotermal ile bu çevrimler çalışabilir. sCO_2 çevrimleri için turbomakine, eşanjör geliştirilmesi gerekmektedir.
	ORC (Organik Rankine Çevrimi) sistemleri, büyük kapasiteli ve nispeten yüksek basınç ve sıcaklık gerektiren klasik Rankine Buhar çevrimlerine kıyasla, orta-düşük sıcaklıklardaki ısıdan enerji üretmek için kullanılır. Çevrim akışkanı olarak hidrokarbonlar, HCFCS, polisiloksanlar gibi yüksek moleküler ağırlıklı ve düşük sıcaklıkta faz değiştirebilen organik sıvıları kullanır. Termodinamik çevrim performansını optimize etmek için ısı kaynağının sıcaklığına göre akışkan seçimi yapılmaktadır. Bu tür sistemler güneş ve jeotermal enerjiye dayalı ısı kaynakları, biyokütle ve endüstriyel proseslerden ısı geri kazanımı yaparak elektrik üretimi amaçlı olarak kullanılır. Ayrıca, genellikle termal enerjinin 60-90 °C sıcaklıkta sıcak su şeklinde kullanımının uygun olduğu kojenerasyon uygulamaları için kullanılır. Buna göre ORC'ler 100-400 °C arasında değişen çok çeşitli ısı kaynağı sıcaklıklarına uygulanabilmektedir. Sistem verimleri, ısı kaynağı ve proses parametrelerine bağlı olarak yaklaşık olarak %18-24 aralığında değişir. Mevcut durumda, bu tür sistemler dünyada halen endüstriyel atık ısı geri kazanımı, jeotermal, güneş enerjisi ve biyokütle enerji santralleri dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda dünya çapında kurulu gücü 1.5 GWe mertebelerinde olsa da yüksek verimlilik elde etmek ve maliyetleri düşürebilmek için çeşitli ısı kaynaklarına uygun organik çevrim akışkanları, uygun proses konfigürasyonları ve bunlara uygun sistem ekipmanlarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.	Uygun bir ORC çevrim akışkanı; düşük özgül hacim, viskozite, toksisite, yanıcılık, ozon tüketme potansiyeli, küresel ısınma potansiyeli ve maliyet gibi olumlu fiziksel, kimyasal, çevresel, güvenlik ve ekonomik özelliklerin yanı sıra uygun yüksek termal ve ekserjetik verimlilik göstermelidir. Hidrokarbonlar, hidroflorokarbonlar veya siloksanlar içeren farklı çok bileşenli karışım türleri, karışım performansı ve kısıtlamaları esas alınarak ısı kaynaklarına uygun organik çevrim akışkanları, uygun ORC proses konfigürasyonları ve bunlara uygun sistem ekipmanlarının geliştirilmesi. Dünya THS: 7-9; Türkiye THS: <4-5
	Fotovoltaik görünür ve yakın kızıl ötesi bölgelerindeki ışığı verimli bir şekilde elektriğe çevirebilmektedir ancak morötesi ve kızılötesi bölgelerdeki performansı zayıftır. Fotovoltaiğin elektrik yoğunlaştırılmış ısıl enerjinin sıcak su/tuz, vb. ürettiği sistemler güneş enerjisinin daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır.	Fotovoltaik ve yoğunlaştırılmış ısıl enerjinin ortak çalışabildiği sistemlerin geliştirilmesi (Dünya 4, Türkiye 2)

	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin sürekli ve yüksek verimle üretilebilmesi için ısıl olarak depolanması	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrallerinde ticari olarak eriyik tuzlar halen kullanılmaktadır (THS 7-9), ancak bu tuzlar akış hatlarında donabilmekte ve tank, boru vb malzemelerde korozyon sorunlarına sebep olabilmektedir. endüstriyel yan ürünler, endüstriyel fırın cürufları, inşaat ve yıkıntı atıkları ve diğer kentsel atıklar, duyulur ısı depolama malzemesi
	Elektriğimizin önemli bir kısmını (%37) ürettiğimiz kömür termik santallerinin daha verimli çalıştırılarak CO_2 emisyonlarıın azaltılması	Kömür santrallerinde üretim sırasında çeşitli sıcaklıklarda ısı atılmaktadır. Bunların yanı sıra santralin tam yükle çalışamadığı gece saatlerindeki atık ısı da depolanarak, talebin yüksek olduğu zamanlarda kullanılarak yakıt tüketimi ve CO_2 azaltılabilir. Düşük sıcaklıklarda (<140 °C) depolanan atık ısılar "Organik Rankine Cyle" da değerlendirilirken (THS Dünya: 7-9, Türkiye: 6-7) , yüksek sıcaklıklardaki (>550 °C) ön-ısıtmada (THS Dünya: 6-7, Türkiye: 2) değerlendirilebilir.
2.3 Endüstriyel ısı - termik santraller	Demir-Çelik, Çimento, Tekstil, Aluminyum ve nükleer reaktörlerden çıkan ısıların kullanılması	Döngüsel ekonomiye uygun olarak endüstriyel yan ürünler, endüstriyel fırın cürufları, inşaat ve yıkıntı atıkları ve diğer kentsel atıklar, duyulur ısı depolama malzemesi olarak kullanılması araştırılmaktadır (THS Dünya: 4, Türkiye:4). Geliştirilen bu malzemeler yüksek sıcaklıklarda prosesleri olan endüstri ve kömür termik santrallerde atık ısıların geri kazanılmasında da kullanılabilir (THS Dünya: 4, Türkiye:2).

3. Rüzgar Enerjisi Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
3.1 Rüzgar enerjisi teknolojileri	Rüzgar santrallerindeki türbülanslı akış simülasyonları	Kanat geometrisinin aerodinamik ve aeroelastik bir şekilde çözümlenebildiği, karmaşık topoğrafya üzerindeki rüzgar santralinin santralin Large Eddy Simulation yöntemleri ile çözümleri. İleri seviyede (exascale) yüksek başarımlı hesaplama altyapısı ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yazılımları geliştirilmesi gerekmektedir. (Dünya THS: 3 Türkiye THS: 2)
	Birbirlerine yakın olarak kurulan rüzgar santraller arası iz bölgesi etkileşimlerinin doğru modellenmesi	Birbirlerine yakın olarak kurulan santraller, birbirlerinin elektrik üretim performansını etkilemektedir. Bu etkilerin doğru olarak modellenebilmesi için uygun yaklaşımlar ve modellerin geliştirilmesi ve validasyon çalışmalarının yapılması (Dünya THS: 6 Türkiye THS: 4)

	Rüzgar türbinlerinin sağanaklı akışlar (ing. gust conditions) altında tepkileri	Kontrollü laboratuvar koşulları altında (rüzgar tünelleri gibi) atmosferdeki sağanak koşullarına benzeyen sağanaklı akışların yaratılması ve türbinler üzerindeki çeşitli etkilerin incelenmesi (Dünya THS: 4 Türkiye THS 3)
	Kanat yüzeylerinin kirlenmesi veya erozyonundan dolayı meydana gelen kanat profil değişikliklerinden dolayı olan performans kayıplarının modellenmesi	Kanat yüzey kirliliği veya kanat hücum kenarı erozyonu ile ilgili modeller geliştirilmesi. Aerodinamik performans üzerine etkisinin numerik ve deneysel olarak araştırılarak performans kayıplarının doğru tahmin edilmesi. Bu etkilerden daha az etkilenecek kanat profil geometrilerinin tasarlanması (Dünya THS: 3 Türkiye THS: 2)
	Kanatlar üzerinde akış kopmalı bölgelerin bulunması	Yenilikçi akış kontrol teknikleri ile akış kopmalı bölgelerin engellenmesi (Dünya THS :3 Türkiye THS 2)
	Çok daha verimli ve ucuz yüksek kapasiteli rüzgar enerji sistemlerinin eksikliği	Yenilikçi yeni rüzgar enerji sistemleri geliştirilmesi. Uçan rüzgar enerji sistemleri tasarımı, optimizasyonu ve testleri (airborne wind energy) (Dünya THS: 5 Türkiye THS 2)
	Rüzgar santrallerinde yenilikçi kontrol sistemleri uygulamalarının eksikliği	Yenilikçi kontrol sistem algortimaları geliştirilerek santrallerdeki türbin yüklerinin azaltılması ve üretimin artırılması (wake steering, thrust clipping gibi ve daha yenilikçi yöntemler) (Dünya: THS 5 Türkiye THS: 2)
	Rüzgar türbinlerinde kullanılan sensör ve algoritmaların yetersizliği. Bu yüzden türbinlerin yüksek yüklere maruz kalması ve düşük performanslı çalışması	Yenilikçi ve daha yüksek teknolojili sensör sistemlerinin ve kontrol algortimalarının geliştirilmesi (kule titreşim sönümlenmesi, bireysel hatve kontrolü, lidar tabanlı kontrolcüler, vs). Akıllı rotorlar geliştirilmesi. Yapay zeka uygulamaları (Dünya THS:5 Türkiye THS: 2)
	10 MW - 15 MW türbinlerin açık deniz kurulumlarındaki problemler. Ağırlık merkezi yukarıda kalıyor, kule yüksekliğinden kaynaklanan taşıma problemleri oluşuyor.	Tasarım değişikliği yapılabilir. Yada sistemi asansör vb. uygulamalar ile kurulum sahasına taşınabilir. https://sensewind.com/offshore-floating-deep-water-video/ (Dünya: THS 5 Türkiye THS: 2)
	Açık deniz yüzer sistemlerde kullanılan çapa sistemlerinin maliyetinin yüksek olması ve sistemlerin açık denizde kurulumlarında gereğinden fazla zaman alması.	Açık deniz yüzer sistemlerin çapalarında (anchoring) kullanılan malzemelerde değişiklik yapılabilir. Farklı malzemeler kullanılabilir. Ayrıca TLP gibi sistemlerde sistemin kendisinin taşıyabileceği şekilde çözümler geliştirilebilir. (Dünya THS: 4-5 Türkiye THS: 2)
	Açık deniz yüzer sistemlerin ağırlıklarının çok olması ve azaltılması gerekmektedir.	Tasarım değişikliği yapılabilir. (Dünya THS: 4-5 Türkiye THS: 3)
	Açık deniz yüzer türbin sistemlerinin üretim problemi. Gemi yapımında tersanede bir yada tersane kapasitesine bağlı olarak birden fazla üretim aynı anda yapılabilmektedir. Ancak; açık deniz rüzgar türbin sistemleri denizde kurulacak santralde çok sayıda olacağından sistemlerin bir tersanede seri bir şekilde üretilmesi ve kurulum alanına taşınması pek mümkün değildir. Ayrıca oil and gas sanayindeki üretim teknikleri de aynı değildir. O tekniklerin gelişmesi ve standartlaşması için uzun yıllar geçmiştir. Benzer şekilde açık deniz rüzgar sistemlerinin de seri bir şekilde üretimi ve sahada kurulumu için tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir.	Sistemlerin seri bir şekilde üretilmesi ve kurulum alanına kolay taşınabilmesi için modüler tasarım gerekmektedir. Platformlar belirli limitler içinde tasarlanmalı ve üretilmelidir. Taşıma problemini elimine edecek modüler sistem tasarımları ile tersanede üretime ihtiyaç duyulmadan üretim gerçekleştirilebilmelidir. Dünya'daki uygulamalardan GICON modüler tasarıma örnek verilebilir: Modüler daire elemanlar üretilerek rahatça taşınabilmektedir. (Dünya THS: 4-5 Türkiye THS: 2-3)

	Açık deniz rüzgar türbinlerinde dünyada şu anda sabitlenmiş bir sistem bulunmamaktadır. Geliştirilen/ kurulumu olan tüm sistemler hala geliştirilmekte ve performansı arttırılmaya çalışılmaktadır. Platform geometrilerinin sabitlenmesi gerekmektedir. Oil and Gas sanayisi için kullanılan platform geometrilerinin sabitlenmesi yaklaşık 50 seneyi bulmuştur.	Açık deniz yüzer türbin sistem tasarımlarının geliştirilmesine ve performans analiz çalışmalarına devam edilerek platform geometrisinin sabitlenmesi mümkün olacaktır. (Dünya THS 4-6 Türkiye THS:2-3)
	Açık deniz rüzgar türbinlerinin bakım onarım sıkıntıları hala mevcuttur. Hangi hava koşullarında, hangi gün, hangi araçla (tekne, helikopter, insanlı-insansız hava aracı) kimin gideceği ve nasıl müdahale edeceği belirlenmesi zor ve maliyeti yüksektir.	Açık deniz rüzgar türbinlerine bakım onarım için giden teknelerin türbine yaklaştıklarında çalışacak kişinin sorunsuz bir şekilde platforma geçebilmesi için teknenin iyi tasarlanması ve seakeeping (deniz araçlarında zor hava şartlarına ve uzun fırtınalara dayanıklılık) analizlerinin yapılması gerekmektedir. (Dünya THS: 4-5 Türkiye THS:2-3)
	Açık deniz rüzgar sistemleri doğaya ne tür zararlar veriyor çok net belli değil. Bu zararların belirlenmesi ve azaltılması gerekmektedir.	Örneğin: Üç kanadın birisi siyaha boyanarak kuş ölümleri azaltılabiliyor. Verilen zararlar tespit edildikten sonra bu zararları azaltacak yada ortadan kaldıracak çözümler geliştirilebilir. (Dünya THS:4-5 Türkiye THS: 2-3)
	Rüzgar türbin sistemlerinde aktif ve pasif yük azaltma teknolojilerinin geliştirilmesi.	Rüzgar türbinlerinin boyutları giderek artmaktadır. Aeroelastik etkiler nedeni ile kanatlarda meydana gelen yüklerin azaltılması büyük türbin tasarımının vazgeçilmez bir parçası olacaktır. Pasif ve aktif yöntemler ile yük azaltılmasına yönelik araştırma çalışmaları yapılmaktadır; ancak uygulamada eksiklikler bulunmaktadır. Yenilikçi yaklaşımlar ile yük azaltma yöntemlerinin sadece araştırma çalışmalarında değil uygulamada da etkin bir şekilde kullanılmasına yönelik çalışmalar gelecekte önem arz edecektir.
	Kompozit rüzgar türbin kanatlarının değişken yükler altında dayanımının farklı ölçeklerdeki modelleme yaklaşımları belirlenmesi	Kompozit yapıların değişken yükler altında dayanımı konusu üzerinde çalışan bir konudur; ancak bu konu hala daha çok çalışma gerektiren bir konudur. Düşük ölçekli modelleme çalışmaları vasıtası ile rüzgar türbin kanadı gibi büyük ölçekli yapıların dayanımının belirlenmesi henüz etkin bir şekilde yapılamamaktadır.
	Turbin kanatlarında yorulma ve statik yüklerin altında kırılma ve bozulma gelişimini ve tahmin etme yöntemlerinin geliştirilmesi.	Kompozit kanatlarda bozulma ve kırılma uzun suredir çalışılmasına rağmen, yöntemler sahadaki kırılmaları öngörecek derecede gelişmemiştir. Özellikle yorulma konusunda yetersiz kalmaktadır. Türbin kanatlarında yorulma ve statik yüklerin altında kırılma ve bozulma metodolojilerin geliştirilmesi ve bu yöntemle bilgisayar ortamında dijital ikiz modelleri geliştirilmesine katkıda bulunmak.
	Hybrid kompozit (karbon fiber ve cam fiber) kullanımın türbin kanatlarındaki yapısal performansın belirlenmesi.	Hybrid kompozit (karbon fiber ve cam fiber) kullanımın türbin kanatlarındaki yapısal performansa etkisini modellemek.
	Türbin kanadın yapısal bütünlüğünü bilgisayar aracıyla real-time takip edebilmek ve böylece katastrofik arıza olmadan önce tahmin edebilmek.	Yapısal bütünlük için structural health monitoring ile kanatların performansını takip etmek ve bilgisayar ortamında dijital ikiz modelleri ile türbin kanadının yapısal sağlığını ve bütünlüğünü takip edebilmek.

	Yapısal testler ile rüzgâr türbin kanatların dayanımı ve karakterizasyonu belirlemek.	Rüzgar türbin kanatları ve komponentleri için deneysel yöntemlerin geliştirilmesi ve yapılması. Bunun için daha detaylı full-field ölçümlerin uygulanması ve sonuçların simülasyonları doğrulaması için gereklidir.
	Big Data ve AI kullanarak rüzgâr türbinlerin yapısal performansını tahmin ve takip edebilmek.	
	Kanat yüzeylerin yağmur ve öteki etkenlerden dolayı erozyon oluşması ve yapısal performansa ve bozulmaya etkisi.	Kanat yüzeylerin yağmur ve öteki çarpmalardan dolayı pürüzlülüğünün gelişimi ve yüzey/kompozit kırılmalara maruz kalmasının modellenmesi ve deneysel olarak incelenmesi
	Deniz üstü rüzgar türbin destek yapıları için hem yerleştirme (installation) aşamasında, hem de deprem etkileri, düzensiz deniz/fırtına koşulları ve tekrarlı (cyclic) yükler altında, deniz tabanı zeminleri ile dinamik zemin-yapı etkileşimi davranışının doğru tahmini ve risk değerlendirmesi için kabul görmüş bir yöntem bulunmamaktadır.	Tasarım yöntemi geliştirilmesine/verifikasyona, ve risk değerlendirmesine yönelik araştırmalar yapılmalıdır. Araştırmalarda sayısal modelleme yöntemleri, fiziksel modelleme (lab ölçeği ve model ölçek/santrifüj) ve bir test sahasında pilot imalat ve testleri ile enstrümantasyon, sensörlerle ölçümler kullanılabilir. (Dünya THS: 3-4, TR THS: 1-2)
	Rüzgar türbinleri türbülanslı havalarda büyük yüklere maruz kalmaktadır. Bunun azaltılması içi bağımsız pala hatve kontrolü önerilmiştir. Palalar çok büyük olduğu için bu yaklaşımın etkinliği tartışmalıdır.	Türbin palalarının çok parçalı firar kenarı kanatçıkları ile kontrolü önerilmektedir. Böylece her bir palaya gelen yükler kanadın kaldırma kuvvetini bölgesel olarak değiştirerek yük pala yükünün azaltılmasının sağlanması önerilmektedir.
	Arazi koşulları nedeni ile yere yakın bölgelerde rüzgar hızı oldukça düşüktür. 300 m ye kadar varan yüksek irtifalardaki rüzgar hızından yaralanmak amacıyla uçak, uçurma, zeplin gibi sistemlerle rüzgar enerjisi üretimi önerilmektedir. Bu tip enerji üretiminin yerleşim yerlerinden uzakta ve bağımsız enerji üretimine ihtiyaç duyulan bölgelerde (askeri tesisler, araştırma tesisleri gibi) gerekli olduğu değerlendirilmektedir.	Uçan yapılarla rüzgâr üretimi konusunda dünyada pek çok çakılma mevcuttur. Muhtelif firmalar prototiplerini geliştirmiş ve başarımlarını göstermiştir. Dünyadaki THS seviyesi bu nedenle 8-9 civarındadır. Ülkemizde ise bu konuda tek bir çalışma yürütülmektedir.

4. Jeotermal Enerji Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
4.1 Jeotermal kaynakların doğrudan enerji eldesi amaçlı kullanımı	Kentsel ısıtmada enerji verimliliğinin artırılması konusunda teknik sorunlar (akışkanın taşınımında borular, kabuklaşma ve korozyon gibi)	Kentsel ısıtmada enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin, ısı kayıplarının azaltılması için yeni ve yenilikçi malzemelerin geliştirilmesi, korozyon ve kabuklaşma problemlerine ilişkin detay araştırmaların yapılması, özellikle yüksek sıcaklığa ve basınca dayalı komposit malzemelerin kullanılması (Dünya THS: 4-5, TR THS: 2-3)
4.2 Jeotermal ile soğutma teknolojilerinin gelişmesi	Jeotermal ile soğutma teknolojileri bilimsel olarak yeterince gelişmemiştir. Bu nedenle, şu an kurulum maliyetleri yüksektir.	Atık ısı, güneş enerjisi, jeotermal enerji ve kojenerasyon sistemleri ile desteklenen absorbsiyonlu çevrimlerin, düşük sıcaklıklara

		soğutmada kullanılması enerji tüketimini azaltmakta, önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri ozon tabakasına zarar veren soğutucu akışkan kullanımının azaltılması, atık ısı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilebilmesinden dolayı cazip bir seçenek haline gelmiştir. Özellikle, harici ve ucuz uygun bir ısı kaynağının bulunması durumunda absorbsiyonlu sistemler konvansiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında akışkanın sıkıştırılması için daha düşük güçlere gereksinim duyduklarından daha avantajlı duruma geçmektedirler. Ülkemizde İzmir Jeotermal A.Ş. Binası jeotermal akışkanın ısı kullanılarak soğutulmaktadır. Buna ilişkin teknolojilerin ve araştırmaların geliştirilmesi gerekmektedir (Dünya THS: 6-7, TR THS: 5-6)
4.3 Düşük sıcaklıklarda enerji üretilmesi	Düşük sıcaklıklarda enerji üretilmesi günümüzde teknolojik olarak yetersiz ve maliyeti yüksektir. Ancak buna yönelik bilimsel çalışmalar son yıllarda artmıştır	150 oC daha düşük sıcaklıklarda enerji üretimine ilişkin teknolojiler pahalıdır ve şu an verimlilikleri düşüktür. Ancak, buna ilişkin araştırmalara ile bu geliştirilebilir. Ülkemizde şu an 100 oC enerji üretimi gerçekleştirilmeye (Denizli Kızıldere jeotermal sahası, Afyon jeotermal sahası) başlanmıştır. Dünya'daki İlk uygulamalar İzlanda'da başlamıştır. (Dünya THS 7-8; Türkiye THS 6-7)
4.4 Jeotermalde akışkan yerine gazların kullanılması	Jeotermalde akışkan yerine gazların kullanılması konusunda çalışmalar ve teknolojiler yeterince gelişmemiştir.	Su kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda gazlar kullanılabilir, buna ilişkin araştırmaların artırılması gerekmektedir. Bu konuda ABD, Avrupa ve Avusturalya'da çalışmalar artmıştır. (Dünya THS: 3-4, TR THS: 1-2)
4.5 Sıcak kuru kayadan enerji eldesi	Sıcak kuru kayadan elde edilecek enerjilere ilişkin araştırmalar ve buna ilişkin teknolojilerin yetersizliği	Dünya da kuru kaya ile ilgili çalışalar artmıştır, ülkemizde 341 derece ulaşmış sıcaklıklar bulunmaktadır. Ancak buna ilişkin ülkemizde çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu konudaki hem yer bilimsel hem de teknolojik çalışmalar artırılırsa bu sorun çözülebilir (Dünya THS: 6-7, TR THS : 2-3)
4.6 Jeotermal akışkana ilişkin çatlatma teknolojilerin geliştirilmesi	Jeotermal akışkanın geliştirilmesine ilişkin çatlatma teknolojilerin yetersizliği, bu durum akışkanın sürdürebilirliği için problem yaratmaktadır	Akışkanın artırılmasına ilişkin yerbilimsel çalışmalar dünyada son dönemlerde artmıştır. Çatlatma teknolojileri için, gazlar, kimyasallar, su kullanılmaktadır. Dünya'da buna ilişkin çalışmalar gün geçtikte artmaktadır. Ancak ülkemizde bu konularda çalışmalar sınırlıdır. (Dünya THS: 7-8, TR THS: 3-4)
4.7 Kapalı sistemlerin geliştirilmesinin	Kapalı sistemlerin geliştirilmesinin yetersizliği	Kuru kayadan daha fazla ısı alınmasına ilişkin Avrupa ve Amerka'da yeni çalışmalar artmıştır. Bu konudaki çalışmaların geliştirilmesi gerekmektedir. (Dünya THS: 4-5, TR THS: 1-2)
4.8 Sondaj teknolojilerinin geliştirilmesi	Sondaj teknolojilerin yetersizliği	Günümüzde sondajlarda plazma teknolojileri, eğimli sondajlar gibi ileri teknolojiler gün geçtikte artmaktadır. ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde bu teknolojilerin gelişimi hızlanmış durumdadır. Buna ilişkin çalışmaların artırılması gerekmektedir. (Dünya THS: 7-8, TR THS: 3-4)

4.9 Jeotermal sera teknolojilerin geliştirilmesi, verimliklerin artırılması	Jeotermal sera teknolojilerin geliştirilmesi, verimliklerin artırılması konusundaki teknik sorunlar	Sıcak bölgelerde jeotermal seraların verimliliğinin artırılması için soğutma ve verimliklerinin artırılması ile ilgili çalışmalar, hem enerji verimliği hem de daha fazla ürün elde edilmesi açısından önemlidir. (Dünya THS: 6-7, TR THS: 3-4)
4.10 Jeotermal akışkandan değerli minerallerin (Li, Sr gibi) ayrıştırılması.	Jeotermal akışkan bir çok değerli mineraller (Li, Sr gibi) içermektedir. Bu minerallerin kazanımına ilişkin araştırmaların ve teknolojilerin yetersizliği	Jeotermal akışkandan Lityum kazanımına ilişkin çalışmalar, ABD, Almanya ve Fransa'da başlamıştır. Ülkemizdeki bazı sahalardaki akışkanda Lityum konsantrasyonu yüksektir. Ancak bu minerallerin kazanımına ilişkin çalışmalar son derece azdır.(Dünya THS: 3-4, TR THS: 1-2)
4.11 CO_2'nin Jeotermal kullanımı	CO_2 yakalamadan elde edilen CO_2'nin Jeotermal kullanımı	Hem çevredeki CO_2 yakalanması, hemde jeotermal kaynaklı CO_2 rezervuarlara rejenere edilmesi çevresel açısındaki problemleri minimize edebildiği gibi, akışkanın basıncının artmasına da katkı sağlamaktadır. Buna ilişkin çalışmalar İzlanda'da pilot düzeyde yapılmaktadır. Ülkemiz içinde son derece önemli olan bu konulara ilişkin çalışmalar gündemdedir (Dünya THS: 5-6, TR THS: 2-3)

5. Hidrojen Enerjisi Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
5.1 Hidrojen Üretim/ Elektrolizör Teknolojleri	Mevcut durumda hidrojen, yaklaşık olarak %74 oranında doğal gazdan, %24 oranında kömürden ve %2 oranında ise elektrolizör yolu ile elektrik enerjisinden üretilmektedir. Elektroliz yoluyla üretilmiş hidrojenin üretim ve sistem maliyetleri fosil kaynaklı hidrojene oranla yüksek (üretim maliyeti yaklaşık 6-10 USD/kg H2, sistem maliyeti 1000-2000 USD/kg)tir. Günümüzde, elektrolizör kapasitesi (PEM kapasitesi <20 MW, AEL kapasitesi <100 MW), verimi (<%70) ve basıncı (<40 bar) nispeten düşüktür. Bu değerlerin iyileştirilmesi gerekmektedir.	• Yenilenebilir elektrikten elektroliz yolu ile yeşil hidrojen üretimi teknolojilerinin geliştirilmesi (Solar [fotovoltik]---> H2, Rüzgar---> H2 , Dalga---> H2, Jeotermal---> H2 vb.) • Elektrolizör yolu ile hidrojen üretimi için üretim ve ilk yatırım maliyetlerinin düşürülebilmesi için elektrolizör sistemlerinde verimin yükseltilmesi (>%80), kapasitenin arttırılması (>100 MW), basıncın yükseltilmesi (>100 bar) kapsamında yenilikçi elektrolizör bileşenlerinin (elektrokatalizör, membran, plaka, conta vb.), modülün ve sistemlerin geliştirilmesi. • Yenilenebilir enerji kullanılıp yeşil hidrojen üretilen hidrojen çiftliklerinin kurulması çalışmaları (Dünya THS: AEL:9, PEMEL:6-7, SOEL: 4-5, AEMEL:3, PCCEL:3; TR THS: Tüm elektrolizör türlerinde <3-4)
5.2 Hidrojen Üretim/Kömür, doğalgaz, biyokütle	Doğal gaz, kömür ve biyokütleden termokimyasal yöntemler ile hidrojen üretim maliyetleri CCUS hariç yaklaşık olarak 1.6-2.5 USD/kg H2 seviyesindedir. Net-sıfır hedefi doğrultusunda karbon tutma ve değerlendirme dahil edildiğinde maliyet etkin ve rekabetçi hidrojen üretimi proseslerinin ve sistem bileşenlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yerli fosil kaynaklarımızdan linyitin hidrojen üretimi için özgün, çevreci ve yerlileştirilmiş teknolojiler ile değerlendirilmesi önemlidir.	• Linyit, biyokütle ve organik atıkların gazlaştırılması ve karbondioksitin tutulması ile hidrojen üretilmesi konusunda teknolojilerin geliştirilmesi • Termokimyasal yolla yeşil ve mavi hidrojen üretimi için verimi (>%65) ve sistem basıncı yüksek (>40 bar) eleman, ekipman, unite ve alt sistemler dahil entegre sistemlerin geliştirilmesi. • Düşük kalorili, yüksek kül ve kükürt içeren Türk linyit kömürleri için uygun gazlaştırıcılar, gaz temizleme sistemleri ve katalizörleri geliştirilmeli, CCUS sistemleri ile entegre edilmelidir. Oxy-gazlaştırma teknolojileri geliştirilmelidir. Dünya'da çoğunlukla Çin'de kömürden hidrojen eldesi için ticari tesisler bulunmaktadır. (Dünya THS: 9, TR THS: 5)

5.3 Hidrojen Üretim/ Doğalgaz/Biyogaz pirolizi	Doğalgazdan piroliz yoluyla hidrojen üretiminde, proses esnasında oluşan karbon birikintileri ve sürekli yüksek sıcaklık girdisi	• Doğalgaz/metan/biyometan pirolizi yoluyla hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi, proses yan ürünü karbondan, aktif karbon, grafit/grafen, karbon fiber, karbon nanotüp vb. katma değerli ürünler geliştirilmesi, kok ikamesi olarak kullanılabilme potansiyelinin değerlendirilmesi, • İlk yatırım maliyetini azaltmak ve teknolojik sorunları çözmek amacıyla, katalizör geliştirme konusunda çalışmalar gerçekleştirilmesi (Dünya THS: 3-6, TR THS: 1-3)
5.4 Hidrojen Üretim/ Modüler	H2 depolama zorluklarını ve risklerini en aza indirmek için kullanım yerinde istenildiği zaman istenildiği kadar H2 üretim teknolojilerinin geliştirilmesi.	• Hidrojenin talep edildiği yerde üretilmesini sağlayan küçük ölçek (100-300 Nm3/hr) CCUS ile entegre buhar metan reformlama (SMR) teknolojilerinde maliyeti azaltıcı uygulamalar (Türkiye'de uygulaması yoktur) • Hafif metallerin (alüminyum vb.) hidrolizi ile kullanma yerinde, istenildiği zaman ve miktarda hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi
5.5 Hidrojen Üretim/ Yenilenebilir enerji	Elektroliz gerektirmeyen hidrojen üretim yöntemlerinin geliştirilmesi	• Termoliz, fotoelektrokimyasal, fotoelektroliz, fotoelektrokatalitik, fotobiyoliz, sonik/ultrasonik yöntemler ile hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi • Mikrodalga ile hidrojen üretimi (Dünya THS: 7, TR THS: 5)
5.6 Hidrojen Depolama	Maliyet etkin ve güvenli olarak hidrojenin depolanması ve taşınması halen geliştirilmeye açık birçok alan içermektedir. Fiziksel, kimyasal ve kiriyojenik yollar ile hidrojen depolamada günümüzde ağırlık olarak %2.8-5.8, hacimsel olarak %16-28 aralığında kapasiteler söz konusudur. Hafif araçlar için depolama sistem maliyetleri ise 350 USD/kg H2 mertebesindedir.	• Hidrojen depolama teknolojilerinin geliştirilmesi (yüksek basınçlı hidrojen depolama sistemleri, LOHC, bor hidrür bileşikleri, metal hidrürler, zeolit, karbon temelli adsorbanlar, vb. (Dünya THS: 5-6; TR THS: 3-4) • Araç uygulamaları için maliyet etkin ve güvenli olarak hidrojenin depolanması kapsamında yukarıda bahsi geçen depolama teknolojilerinde, ağırlıkça hidrojen depolama kapasitesi %7, sistem maliyetleri ise <250 USD/kg H2 değerlerini elde etmek amaçlı depolama sistemlerinin geliştirilmesi.
5.7 Hidrojen Taşıma	Hidrojen/doğalgaz karışımının mevcut altyapıya uyumluluk sorunlarının olması.	• Mevcut altyapı değişiklikleri ve dönüşümüne yönelik (taşıma, depolama, dolum istasyonları vb.) gerekli teknolojilerin geliştirilmesi (Dünya THS: 5-7, TR THS: 1-3) • Doğalgaz hatlarına hidrojen enjeksiyonu konusunun çok paydaşlı pilot uygulamalar ile desteklenmesi.(Dünya THS: 8, TR THS: 6) • Mevcut boru hatlarının hidrojenin etkilerine karşı dayanımının geliştirilmesi için malzeme ve teknikleri ortaya konması, hidrojen karıştırılmış doğal gaz kullanımı için alt yapının uygunluğunun incelenmesi ve uygulanması, doğalgaz ve hidrojen karışımları kullanan evsel ekipmanların dönüştürülmesi veya geliştirilmesi, testleri, doğalgaz ve hidrojen karışımları kullanan sanayi ekipmanların (kazan, türbin) dönüştürülmesi veya geliştirilmesi, testleri gerçekleştirilmesi

Elektrolizör teknolojisi seçilirken, Türkiye'de geliştirilecek sistemlerin yerli olarak bulunmayan nadir elementlere bağımlılığı en az olan teknolojileri olması önemlidir. Aynı zamanda, doğru destekler ve uzmanlıkların bir araya getirildiği bir model ile tek bir özel sektör kuruluşunun üzerine bu sorumluluğu vermeden, güçlü devlet iştiraki ile yerli elektrolizör ihtiyacı sorunu bir kaç yıl içerisinde çözülebilir.

Kömür, biyokütle ve doğalgazdan hidrojen üretiminin ülkemizdeki teknoloji hazırlık seviyesi gereken kararlar alınıp destekler sağlanırsa üç sene içinde 7-8 seviyesine ulaşabilir. Burada enerji sektörü şirketleri, EUAŞ, TKİ, TÜBİTAK MAM ve akademi ortaklıkları gerekmektedir. Burada unutulmaması gereken maliyeti ne olursa olsun önemli olanın kritik teknolojilere sahip olmak olduğudur. Ayrıca, hidrojen üretiminde koşullandırma ve temizleme konularındaki Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi gerekmektedir. Ek olarak, bu konularda ülkemizde çalışan KOBİ ölçeğindeki şirketlerin büyük ölçekli şirketlerle ortaklıkları sağlanabilirse ilgili teknolojilerde daha hızlı ilerlenebilir.

5.8 Hidrojen Kullanımı	H2 karışımlarının yanma teknolojilerinin geliştirilmesi	• Doğal gaza hidrojen ilave edilmesi durumu için gaz türbini, kazan ve brülör geliştirilmesi (Dünya THS: 6-7, TR THS: 4-5) • %100 oranında hidrojen kullanılması durumu için gaz türbini, kazan ve brülör geliştirilmesi (Dünya THS: 6-7, TR THS:-) • %100 oranında yeşil amonyak kullanılması durumu için içten yanmalı motor, gaz türbini ve kazan geliştirilmesi (Dünya THS: 6-7, Türkiye uygulaması yok) • Gaz türbini yanma odası başta olmak üzere, tüm rotor şaft ve kontrol sistemi gibi birçok sistemde hidrojen için değişiklik yapılmasını sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi
5.9 Hidrojen Kullanımı/ Ulaşım Uygulamaları	Dünyada, hidrojenin ulaşım uygulamalarında kullanımı giderek yaygınlaşmakla birlikte, yakıt pilli araçların maliyetleri önemli ölçüde yakıt hücresi maliyetlerinden kaynaklı olarak halen yüksek ve altyapılar yeterli değildir.	• Hidrojenin araç uygulamaları için maliyet etkin yakıt hücresi sistemlerinin (<50 USD/kW) ve bu kapsamda uygun bileşenlerin geliştirilmesi. (Dünya THS: 8-9; TR THS: 5) Hidrojenin kullanımı esnasında güvenlik oldukça önemli. Güvenliği artırıcı çalışmalar gerçekleştirilmeli.
5.10 Hidrojen Kullanımı/ Hammadde	Kimya sektörünün fosil yakıtlara bağımlılığının temiz hidrojen yardımıyla azaltılması, bu konuda maliyet-etkin teknolojilerin geliştirilmesi zorunluluğu.	• Hidrojenin hammadde olarak kullanımıyla, alternatif yakıtlar ve kimyasalların üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (yenilenebilir metan, metanol, etanol, DME vb.) (Dünya THS: 3-6, TR THS: 3) • Hidrojenin hammadde olarak kullanılması ve havadaki azotun ayrıştırılması ile amonyak üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (katalizör geliştirilmesi dahil) (Dünya THS: 3-6, TR THS: 3) •Enerji yoğun sektörlerde CO_2 azaltma ve/veya değerlendirme amacıyla hidrojen kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi (Dünya THS: 4-5, TR THS: 2-3)
5.11 Hidrojen Kullanımı/ Yerleşik uygulamalar	Telekom ve acil durum güç sistemleri gibi güç ihtiyacı olan yerlerde kullanılmak üzere yakıt pilli mikrokojenerasyon sistemleri ile yerleşik elektrik ve ısı ihtiyacının karşılanması için yakıt pilli yüksek kapasiteli (>100kW) kojenerasyon sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.	• Hidrojenli yakıt pili teknolojilerinin evsel ve taşınabilir uygulamalarda kullanıma imkân verecek teknolojilerin geliştirilmesi • Bu sistemler için teknik hedefler: Ömür: > 40.000 saat PEMYP sistem CAPEX: < 5.000€/kW PEMYP elektriksel verim: > %50 PEMYP modül üretim fiyatı : < 200€/kW PEMYP degredasyon (1000 saatte): < %0.6 KOYP sistem CAPEX: < 3.500€/kW KOYP elektrksel verim : > %45 (toplam verim : >%85) KOYP modül üretim fiyatı: < 1000€/kWel KOYP degredasyon (1000 saatte): < %0.6 Yerleşik uygulamalarda CAPEX azaltılması, Seri üretime uygun proses geliştirilmesi, artırılmış ömür, esnek işletim Sistem CAPEX:<10.000€/kW Elektriksel verim: >%50 (Dünya THS: 6-9, TR THS: 5)
5.12 Güvenlik	Üretim sonrası hidrojenin kullanıma hazır hale getirilmesinde ihtiyaç duyulan teknolojilerdeki yetersizlikler.	• Çeşitli proseslerden üretilmiş hidrojenin temizlenmesi, ayrıştırılması, koşullandırılması için teknolojilerin geliştirilmesi (Dünya THS: 7-8, TR THS: 3-5) • Hidrojen enerji sistemleri için yardımcı ekipmanlar ve elemanların (kompresör, sensör, valf, sızdırmazlık ekipmanları, akış ölçme ve kontrol bileşenleri vb.) geliştirilmesi (Dünya THS: 6-8, TR THS: 3) • Hidrojen saflaştırma sistemleri ve sıvı-gaz ayrım sistemleri geliştirilmesi, hidrojen-oksijen karışımı güvenliğine odaklanan çözümler üretilmesi ve sensör teknolojileri geliştirilmesi. (Dünya THS: 7, TR THS: 4)

Hidrojenin ulaşım uygulamaları, depolama sorunu çözülür ise ağır taşıma, deniz ve tren taşımacılığı için önemlidir.

6. Nükleer Enerji Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.1 Yeni nesil ileri nükleer reaktörler	I. Genel İhtiyaçlar 1. Nükleer teknolojiler alanında çok disiplinli insan kaynakları eksikliği 2. Ulusal ve uluslararası işbirliklerin sorumlu kurum çatısı altında toplanması için paydaşlar kurulu kurulması ve bütün bileşenler için tedarik zincirinin oluşturulması 3. "İdari yapılanma ve dördüncü nesil nükleer reaktör teknolojilerinin edinilmesi ve yerlileştirilmesi için uluslararası işbirliklerinin yapılması (GIF, EURATOM, IAEA vb. anlaşmaları) 4. Özel sektöre ve KOBİ'lere yönelik özendirici teşvik programlarının yürürlüğe konulması II. Altyapı İhtiyaçları 5. ETR'de kullanılacak yapısal ve ergimiş tuz malzemelerinin radyasyon ile etkileşiminin incelenmesi için; 5.1.TR-2 Araştırma Reaktörünün aktif hale getirilmesi 5.2. Destekleyici faaliyet olarak TENMAK-NÜKEN bünyesinde çok amaçlı kullanıma uygun yüksek nötron akılı (en az 1014 n/cm2/sec) yerli bir araştırma reaktörü tasarlanması ve kurulması 6. Nükleer Teknoloji Ar-Ge Merkezi veya tasarım, mühendislik ve bileşen üretimi için bir Nükleer Teknolojiler Araştırma Enstitüsü kurulması 7. Nükleer yakıt ve malzeme teknolojileri altyapısının geliştirilmesi ve kapasitesinin artırılması III. Teknik İhtiyaçlar 8. Yakıt tuzları, süper alaşımlı malzeme teknolojisi altyapısının geliştirilmesi ve kapasitesinin artırılması 9. Reaktör güvenliğinin geliştirilmesi 10. Millî yakıt olarak toryumu kullanacak teknolojiye ve tasarıma sahip yeni nesil nükleer reaktörün alt özelliklerinin belirlenmesi (örnek: Molten Salt Fast Breeding Reactor using Thorium - MSFBR-Th) 11. ETR'lerin ısı ve elektrik enerjisi çıktılarından yararlanacak hidrojen üretimi, yerleşim yerleri ve tarım için ısıtma, metanol ve amonyak üretimi gibi başka yenilikçi teknolojilerin desteklenmesi	Nükleer enerji OECD/NEA ve IAEA tarafından önde gelen temiz enerji kaynakları arasında belirtilmektedir. Ülkemiz tarafından 22 Nisan 2016'da imzalanan Paris anlaşması ve Avrupa Birliği İklim Aksiyonu ve Yeşil Mutabakat (EU Climate Action and Green Deal), temiz enerji üretimi, düşük karbondioksit ve diğer sera gazları salınımı konusunda üye ülkeler ile üye olma aşamasındaki ülkeler için önemli yükümlülükleri beraberinde getirmektedir. Bunlar arasında özellikle, 2030 yılına kadar sera gazı salınımının %55 oranında azaltılması ve 2050 yılına kadar salınımın iklim değişikliğine neden olamayacak seviyelere indirilmesi en dikkat çekici yükümlülüklerdendir. Rüzgâr, güneş enerjisi, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinin beraberinde getirmiş olduğu dezavantajlar düşünüldüğünde; bu yükümlülüklerin tek başına bu kaynaklar ile karşılanması mümkün gözükmemektedir. 2000 yılında uluslararası işbirliği ile oluşturulan IV. Nesil Uluslararası Forum (Generation IV International Forum-GIF), ülkeleri daha çevreci, güvenli ve düşük maliyetli nükleer teknolojierin geliştirilmesine yönlendirmek amacıyla başlatılmış bir programdır. Programın ana hedefi, günümüzde kullanılmakta olan III. ve III+ nesil reaktörlere kıyasla, yüksek güvenlik (safety), düşük maliyet (low cost), sürdürülebilirlik (sustainability), güvenilirlik (reliability and safeguards) ve ihtiyaca göre ölçeklenebilir olma gibi üstün özelliklere sahip reaktörleri 2030 yılına kadar ticari hale getirmektir. Bu hedef sayesinde geçmişte meydana gelen nükleer kazaların (Three Mile Island, Chernobyl, Fukushima) önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Ergimiş Tuz Reaktörleri (ETR), GIF programında kabul görmüş olan altı çeşit dördüncü nesil tasarım arasında teknolojik olarak gelişmiş, kavramsal ispatı yapılmış olarak değerlendirilen reaktör teknolojisidir. Bunun en önemli sebebi ise, 1955-1974 yılları arasında bu teknolojinin ABD Enerji Bakanlığı'na bağlı araştırma enstitülerinden Oak Ridge National Lab (ORNL)'da denenmiş ve altı yıl boyunca küçük ölçekte de olsa enerji üretiminde kullanılmış olmasıdır Ayrıca son yıllarda bu teknolojiye dayalı nükleer güç santrali geliştirme çalışmaları başta ABD, Kanada, Rusya, Çin ve Hindistan'da olmak üzere pek çok ülkede başlatılmış ve bu alanda özel teşebbüsler kurulmuştur. ETR'lerin en önemli özelliklerinden birisi de; bu reaktörlerde yakıt olarak toryumun, uranyum veya kullanılmış yakıtlardan elde edilen aktinitlerle birlikte kullanılabilmesidir. 1. Nitelikli insan kaynağı ihtiyacına yönelik olarak nükleer enerji konusuna odaklanacak ve yüksek kalitede eğitim verecek akademi ve araştırma enstitüsü kurulmalıdır. Ayrıca mevcut enstitülerin eşgüdümlü çalışmaları sağlanmalıdır. Bu kapsamda yurt dışı beyin göçünün önüne geçilecek ve tersine beyin göçünü sağlayacak destek programlarının oluşturulması ve nükleer teknolojilere yönelik olarak temel bilimlerin ve mühendislik bilimlerinin yer alacağı bir akademinin kurulması ve bu akademide yer alacak yurt içindeki ve yurt dışındaki bilim insanlarının desteklenmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir. Nükleer (reaktör) fiziği ve matematik konuları ağırlıklı olmak üzere, yeni nesil nükleer reaktörler kapsamında eğitim vermek üzere tasarlanmış, hedefleri kesin ve kolay erişilebilen bir şekilde belirlenmiş, yönetimi sade (büroksiye fazla boğulmayan) bir enstitünün kurulumu, gerekli insan kaynağının hızla yetiştirilmesini sağlayacaktır. Bu enstitüde teorik çalışmaların yanında deneysel çalışmaların da yapılacağı laboratuvarlar yer almalıdır. Temel mühendislik dallarında eğitim gören/görmüş olan kişilere nükleer mühendisliğin temellerinin öğretileceği hızlandırılmış eğitim programlarının hem üniversiteler, hem de TÜBİTAK ve TENMAK gibi kurluşların ortak işbirliğiyle hazırlanması ve yürürlüğe konulması nükleer teknolojiler alanındaki insan kaynağı açığının kapatılmasına yardımcı olacaktır.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.1 Yeni nesil ileri nükleer reaktörler	12. Reaktör/yakıt geliştirme kritiklik tesisi (criticality facility) kurulması 13. Nükleer güvence (safeguards) özelliklerine uygun tasarım geliştirilmesi 14. İleri Teknoloji Küçük Modüler Reaktörlerin (KMR) araştırılması	2. IV. Nesil Uluslararası Forum (GIF) ve Avrupa Atom Enerjisi Topluluğuna üyelik süreçleri tamamlanmalıdır. GIF başvurusu için gerekli milli Ergimiş Tuz Reaktörü (ETR) yol haritası resmi devlet politikası olacak şekilde onaylanmalıdır. Bu üyelikler ileri reaktörler alanında araştırma ve geliştirme yapan diğer uluslararası çalışma gurupları ile işbirliği ve bilgi paylaşımı imkânı sağlayacaktır. 3. ETR üretimini ve paydaşlar arasında eşgüdümü sağlayacak ilgili özel ve kamu kuruluş ve kurumlarının katılımıyla bir millî nükleer reaktör şirketi kurulmalıdır. Kamu ve özel kuruluşların konsorsiyumu hâlinde, özel bir yasal düzenleme ile kurulacak bu şirketin hedefi, millî ETR üretimini gerçekleştirmek ve ileri teknoloji küçük modüler reaktörlerin yapım imkânlarını araştırmak olmalıdır. Şirket, hedeflenen ETR'nin kurulumuna yönelik plan, program, uygulama, gözetim ve değerlendirmelerin etkin olarak yapılmasını sağlayacak ve bütün paydaşların eşgüdüm içinde çalışmalarını yönetecek şekilde yapılanmalıdır. Şirketin bünyesinde (a) Proje Eşgüdüm Kurulu ve (b) Proje Yönetim Ofisi ve (c) Halkla İlişkiler Ajansı olmalıdır. 4. Nükleer enerjinin kullanımının toplumda kabul görmesine yönelik tanıtım ve halkla ilişkiler faaliyetleri yapılmalıdır. Dördüncü nesil nükleer santrallerin üretim ekonomisi, enerji güvenliği, çevresel faydaları ve olası riskleri konularında bilinçli bir kamuoyu oluşturulması, Türkiye'nin nükleer enerji teknolojileri alanında gelişebilmesi için önemlidir. Bu politika önerisi ile toplumun nükleer enerjiye güvensizliği azalacak, nükleer risk algısı düzeltilecek ve nükleer enerji santrallerinin toplumsal kabulü sağlanacaktır. 5. Ulusal sürdürülebilir iklim politikaları uygulanmalı ve nükleer enerji alternatif olarak belirtilmelidir. Düşük karbondioksit salınımının sağlanması, ülkemizin dâhil olduğu Paris Anlaşmasının gereklerindendir. Ayrıca, AB yeşil enerji hedefleri de (European Commission 2030 Green Deal) karbondioksit salınımında kısa vadede çok önemli kısıtlamalar getirmektedir. Bu konudaki taahhütlerimizin sadece güneş ve rüzgâr enerjisiyle karşılanması mümkün değildir. Nükleer enerji üretimi gerekli olmaktadır. 6. Kamu destek programları nükleer alana odaklanmalı ve eşgüdüm içinde planlanmalıdır. Nükleer enerji programı oluşturulmalı ve mevcut diğer ulusal kalkınma programları arasında uyum sağlanmalıdır. Orta ve büyük ölçekli firmaların nükleer enerji üretimi ekosistemine dâhil edilmeleri ve teşvik edilmeleri sektörün gelişmesi için önemlidir. Bu maksatla, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, KOSGEB, TUBITAK, TENMAK, Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı gibi destek ve teşvik sağlayan devlet kurumlarımızın eşgüdüm içinde programlarını yürütmeleri gereklidir. 7. Mevcut nükleer teknoloji araştırma altyapılarının kapasitelerinin güçlendirilmesi ve yenilerinin kurulması gereklidir. Bu kapsamda; malzeme ve yakıt bileşenlerinin testleri için, TR-2 Araştırma Reaktörünün tekrar hayata geçirilmesine ve/veya uygun nötron akısına sahip araştırma/test reaktörüne ihtiyaç vardır. Yakıt davranışlarını simüle etmek ve ETR simülatörünü yapmak için gerekli yazılım ve donanım kurulmalıdır. ETR'de yakıt (fuel) ve soğutucu (coolant) olarak kullanılacak tuzların geliştirilmesi için altyapı kurulmalıdır. ETR'de kullanılacak nikel bazlı alaşımların üretiminde kullanılacak altyapı kurulmalıdır. Radyoaktif malzeme ve tuzların geliştirileceği, sıcak hücrelerin (hot cell) bulunduğu laboratuarlar kurulmalıdır. 8. ETR'ye özel nükleer güvenlik kriterleri belirlenmeli; reaktör kurulum aşamalarına uygun lisanslama/sertifikasyon mevzuatı oluşturulmalı ve standartları belirlenmelidir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		ETR'lerin aşırı güvenlik önlemleri alınmasını gerektirmeyen, yenilikçi teknolojisi, ETR'lerin düşük maliyetle üretimini sağlamaktadır. Bununla birlikte, ETR teknolojisi, geleneksel nükleer reaktör teknolojisinden farklıdır. Özellikle kaza senaryoları ve alınması gereken güvenlik önlemleri, bilinen nükleer güvenlik kriterlerinden farklıdır. ETR'ye özel nükleer güvenlik kriterleri, Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK) ile koordinasyon içinde tanımlanmalı ve gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır.
	Yeni nesil nükleer reaktör teknolojisi aynı zamada 4. nesil reaktör teknolojisi kavramıyla birlikte anılmaktadır. 4. Nesil Milletlerarası Forum'unun belirlediği 6 "yeni nesil nükleer reaktör" teknolojisinde Türkiye'nin şartlarına en uygun olarak Ergimiş Tuz Reaktörü (ETR) seçilmiştir. Karşılaşılan en büyük teknolojik zorluklar üç ana başlık altında toplanabilir: I) Reaktör fiziği; II) Tuz kimyası ve malzeme bilimi; III) Mühendislik tasarım ayrıntıları. Reaktör fiziği alanında, 1) mültifizik simülasyon yazılımların ve deneysel doğrulama konusu; 2) Modelleme ve ışınlama deneyleri; 3) Yüksek duyarlıklı simülasyon; 4) Yakıt tuzları ve soğutcu malzeme doğrulanmış veritabanı özellikleri hakkında eksiklikler; 5) Çalışma şartlarına uygun dinamik simülasyon geliştirilmesi sayılabilir. Tuz kimyası ve malzeme bilimi alanında, 1) 650-700 oC flüorür (veya klorür) tuz karışımı bileşiminin çalışma koşullarında belirlenen sınırlar dâhilinde sabit tutulması; 2) Ergimiş tuz ortamında tuzun anyonlarının oksitleme derecesinin kontrolü ve düzeltilmesi için redoks potansiyelinin kontrolü; 3) Yüksek sıcaklık elektrokimyasal kontrol ve düzeltme yöntemlerinin deneysel olarak gerçekleştirilmesi. Mühendislik tasarımında, 1) yapısal malzeme (kor, borular, vanalar, pompa) etkileşim dayanıklılık, korozyon deney çevrimlerinin gerçekleştirilmesi; 2) Toryum ve uranyum flüorürleri ile tuz karşışımında kullanılan Li-7'ce zneginleşitirilmiş Lityum flüorür üretimi; 3) Sistem ölçüm ve izleme sistemlerinin tasarımı ve güvenirliği (vanalarda, pompalarda korozyun), ergimiş tuzla temas etmeyen ölçüm sistemlerinin (sıcaklık, basınç, akışkalık, vb.) geliştirilmesi; 4) Reaktör çalışırken yapılması zorunlu olan gaz temizleme işlemi: gaz ile sürürklenen katı parçacıkların filtreleri tıkama problemi gibi...	ETR'lerde korozyona dayanıklı nikel esaslı Hastelloy-N türü alaşımlar geniş ölçüde kullanılmış ve tuz ektisiyle ile ışınlamaya karşı dayanıklıkları test edilmiştir. Bu testlerle ilgili çok sayıda araştırma sonuçları yayınlanmıştır. Bu çalışmaların sonuçlarna göre uygun alaaşım bileşimleri de ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla malzeme seçiminde seçenekler oldukça azaltılmıştır. Türkiye'de de nikel esaslı alaşımlar üzerinde yeterli olmamakla beraber önemli çalışmalar mevcuttur. Mültüfizik simülasyon ve modelleme yazılımları üzerinde çalışacak özel şirketlerde ve kamusal (akademik) kurumlarda uzman ekipler mevcuttur. Tuz kimyası ve elektrokimyasal çalışmalar henüz yeterli değilir. Üniversitilerin uzman laboratuvarlarında tuz kimyası ve ergimiş tuz ortamında elektrokimyasal çalışmalar, redoks ölçümleri ve kontrolü alanında teşvikler verilmelidir. Yurt dışında da (Danimarka, ABD- Idaho National Laboratory-Oak Ridge National Laboratory...; Çin-SİNAP; Fransa-CNRS laboratuvarları-Karlsruhe JRC; İsviçre-Paul Scherrer Instiute; Çekya- Rez Araştırma Merkezi; Rusya-Kurçatov Enstitüsü...) tuz karışımları, malzeme etkileşimi, alaşım geliştirme konularında oldukça önemli bilgi birikimi oluşmuştur. Türkiye'de THS 2-3 düzeyinde; yurt dışında ise ortalama THS:4-5 seviyesinde olduğu söylenebilir. Ancak bazı ülkeler de daha yüksek THS seviyelerine erişilmiştir (Çin için THS:6-7; Danimarka Seaborg Technologies ve Copenhagen Atomics için THS: 5-6; gibi örnekler verilebilir).
	1. Kurulmakta olan ve kurulacak olan NPP'lar yerlilestirme oranlarının artırılması (Akkuyu icin bu bize 65%'e kadar imkân vermesine ragmen, bizim katkilar cok dusuk.). 2. SMR teknoloji ve kabiliyetlerinin geliştirilmesi 3. Nukleer kojenerasyon ve multijenerasyon seceneklerin gelistirilmesi (boylece elektrigin yanisira, fayadlı ısıyı da cekip ısıtma, sıcak su, temiz su, hidrojen ve alternatif yakit üretme amaçlı kullanma). 4. Nukleer enerji sistemlerinin yenilenebilir enerji sistemleriyle entegrasyonu (ozelikle bolgesel uygulamalar için)	Bu kapsamda politika önerileri: • İnsan kaynagi yetistirme, • ihtiyac duyulan yerli teknolojilerin gelistirilmesi • Ekosistemin geliştirilmesi ve işletilmesi • Sürdürülebilir fonlama mekanizmalarının ve teşviklerin kurulması • Teknolojik ürün önceliklerinin belirlenmesi • paydasların biraraya getirilmesi • Teknoloji geliştirme onceliklerini kurma • Sektör imalat kabiliyetlerini artırma

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	5. Advanced NPPs ve arastırma reaktörü kurma ve kabiliyet geliştirme 6. Medical izotop amacli nükleer teknolojilerin ihtiyaclarımızı karsılayacak şekilde kurulması 7. Gıda ışınlama teknolojilerinin iyileştirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması 8. Tarihi eserlere yönelik görüntüleme teknolojilerinin iyileştirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması 9. Nükleer atık yonetim teknolojilerinin geliştirilmesi	
7.1 Biyo-yakıtlar (biyo-dizel, biyo-etanol, biyo-jet yakıtı, biyo-metan, vb.)	Biyokütle temininde yaşanan zorluklar: 2. nesil enerji bitki ekimi olmaması	Hali hazırda tarım arazisi niteliğini yitirmiş alanlarda o bölgenin coğrafi koşullarına uygun enerji bitkisi ekimi yapılması ve işleyebilecek tesislerin kurulması. Benzer şekilde kullanılmayan alanların mikroalg üretim sahası olarak devreye alınması
7.2 Biyoyakıtlar (Mikroalg temelli):	Mikroalg temelli biyoyakıt üretiminde, yukarı akış proseslerinde birim hacim başına elde edilen biyokütle ve yağ miktarlarındaki düşük rekolte değerleri nedeniyle yüksek verimli reaktör sistemlerine gereklilik duyulmaktadır. Aşağı akış proseslerinde ise ağırlıklı olarak hasatlama ve yağ işleme sistemlerinde maliyet azaltımı gerekmektedir.	• Biyorafinerilerde kullanılacak (foto)biyoreaktör verimlerinin artırılması (çok fazlı akışkanlar mekaniği, ışığın kaynaktan temini ve soğurulması teknolojileri, vd.); ile enerji verimli, ölçeklendirilebilir biyokütle ayırma, parçalama, kurutma, vd. biyoproses teknolojilerinin geliştirilmesi (Dünya THS:3-5, TR THS: 1-3) • Mikroyosun türlerinin moleküler iyileştirme teknikleri (CRISPR, RNAi, vd.) kullanılarak 4. nesil biyoyakıtlar ve yüksek katma değerli biyoteknolojik ürünlerin üretimi için geliştirilmesi (Dünya THS 3-5, TR THS 1-3) •Foto(biyo)katalitik yöntemlerle yapay fotosentez proseslerinin geliştirilerek biyoyakıt ve biyohidrojen üretiminde kullanılması (Dünya THS 3, TR THS 1)

Özellikle ağır vasıta/ağır iş (kamyon, otobüs, gemi, uçak) motorları için mevcut yakıt dolum tesislerindeki altyapıya uygun (drop-in olarak tabir edilen) sıvı biyoyakıt üretimi önümüzdeki 15-20 yıllık dönemde ham petrol ithalatı yüksek olan Türkiye için önem taşımaktadır.

• Mikroyosunların bazı önemli özellikleri

•Çok çabuk büyüyen, gıda için gerekli tarım alanlarıyla çakışmayan, ihtiva ettikleri yağ ve protein gibi bileşenlerinin birçok değer zincirine dâhil olma imkânına ve karbondiyoksit tutma kabiliyetine sahip olan ve alternatif sıvı yakıt (özellikle sustainable aviation fuels, SAF) üretimi için kullanılabilen hammaddelerdir.

•Türkiye'de bilgi birikimi ve iklim koşulları açısından ölçeklendirme potansiyelleri bulunmaktadır; üretim teknolojilerinin ülkemizde iyileştirilmesi mümkündür (özellikle reaktör teknolojilerinin verimliliklerinin iyileştirilmesi, çok fazlı akışkanlar mekaniği, ışığın kaynaktan temini ve soğurulması teknolojilerinin geliştirilmesi, vb.)

•Çeşitli organik atıkların bertarafına imkan vermektedirler, örneğin atıksu arıtma tesislerinden çıkan çamurun hidrotermal karbonizasyon yoluyla katı yakıta (linyit vari) dönüştürülmesi sırasında ortaya çıkan proses suyu kullanarak mikroyosun yetiştirilebilir. Böylelikle proses suyunda bulunan azot, fosfor vb. miktarları düşer ve su deşarj edilebilir. Benzer teknoloji, aynı şekilde başka çok ıslak organik atıklara da uygulanabilir.

•Süperkritik su gazlaştırılması ile hidrojen üretimi potansiyelleri bulunmaktadır.

Dünya'da (bilhassa Çin'de) üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır ve halen küresel pazardan pay alma imkânı olan bir teknolojidir.

•Mikroyosun üretiminde azot, fosfor gibi nutrient kullanımı gerektiğinden atıksu arıtma tesisi, gıda üretim fabrikaları vb. yerlerde oluşan atıkların döngüsel ekonomi kapsamında değerlendirilmesi mümkündür. Aynı şekilde, mikroyosun üretiminde gerekli olan CO_2, tüm yüksek emisyon salımı olan endüstrilere (çimento, petrokimya, vb) entegre edilerek biyokütle hammadde temini sırasında karbon yakalama ve değerlendirme sistemine (CCUS) dahil olabilir.

7.3 Biyokütle kaynaklarından (tarım, orman, evsel, endüstriyel organik atıklar) gazlaştırma, piroliz gibi termokimyasal yöntemlerle biyorafineri teknolojileri ve uygulamalarının geliştirilmesi	Entegre sistem verimi yüksek teknolojilerin %45 üzerine çıkacak şekilde geliştirilmesi.	• Atıksu arıtma tesislerinde ortaya çıkan çamur, tarım, orman, hayvancılık ve sanayi kaynaklı diğer atıkların biyokimyasal (enzimatik, mikrobiyal çevrimler dahil), termokimyasal (piroliz, gazlaştırma (plazma destekli teknolojiler dahil)) ve hidrotermal (hidrotermal sıvılaştırma, karbonizasyon, kritik üstü gazlaştırma vb.) teknolojilerle yenilenebilir katı, sıvı, gaz yakıtlara ve hidrojene dönüştürecek (katalitik iyileştirme dahil) teknolojilerin geliştirilmesi (Dünya THS 6-7, TR THS 5-6) • Hidrotermal proses suları dahil atık suların ihtiva ettiği azot ve fosfor besi maddeleri ile karbon yoğun proseslerden ve/veya doğrudan havadan yakalanan CO_2'i kullanarak mikroyosun üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (Dünya THS 5-6, TR THS 5-6)
7.4 Biyoyakıtların petrol tabanlı fosil yakıtlar ile ekonomik açıdan rekabet edebilmesi için aynı biyokütle kaynağından biyoyakıt eldesi dışında ek katma değerli ürünlerin çıkartılmasının entegre biyorafineri sistemleri içinde değerlendirilmesi	Mikroalg'ler özelinde biyoyakıt üretimi için kullanılacak yağ çıkartılması sonucunda oluşan posanın tehlikeli solventlerden ayrıştırılarak biyogübre, hayvan yemi gibi uygulamalarda kullanılmasının sağlanması	Mikroyosun ve/veya yenilenebilir biyo kaynaklardan çeşitli sektörlerin kullanımı için sıvı yakıt (sivil havacılık ve denizcilik yakıtları dahil) ve değer zinciri yaratacak ürünleri (protein, biyoplastik, biyogübre, vb.) üretme amaçlı, sıfır atık, döngüsel ekonomi ve çoklu ürün eldesine yönelik, yenilenebilir enerji destekli entegre biyorafineri teknolojilerinin geliştirilmesi (Dünya THS 5-6, TR THS: 3)
	"Üçüncü nesil biyorafineri" konseptinde, ligninin değerlendirilmesi (Biyorafinerilerde biyokütlenin selüloz ve hemiselüloz fraksiyonları değerlendirilmekte, ligninin ise atık olarak kabul edilmektedir)	Ligninin hidroliz, sıvılaştırma, karbonizasyon, piroliz, gazlaştırma gibi farklı termokimyasal dönüşüm yöntemleri ile biyoyakıt, kok benzeri ürün, hidrokarbon, fenol ve kresol gibi değerli ürünlere dönüştürülmesi, bu amaçla seçici heterojen katalizörlerin geliştirilmesi
7.5 Organik atıklardan elde edilen biyogazın biyometan veya biyobütanol olarak yükseltilmesini (upgrading) sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi	Dünyada biyometanizasyon sistemlerinde elde edilen biyogazın ve fermente ürünler iyileştirilerek katma değeri yüksek ürünlerin eldesi giderek yaygınlaşmaktadır. Döngüsel ekonomi, yeşil mutabakat, katma değer vb. açılardan önemli bir potansiyel içeren bu alanda, ülkemizdeki teknolojik yeterlik ve uygulamalar yeterli değildir.	Biyogaz sistemi belirli nem, sıcaklık ve anaerobik koşullar altında biyobozunur organik maddelerin bakteriler yardımı ile biogaza dönüştürülme prosesleridir. Reaktörler kuru, yaş ve yarı yaş gibi farklı koşullarda işletilmekte ve sindirme sürecinde ortam koşullarına bağlı olarak farklı bakteri türleri kullanılabilmektedir. Reaktörden alınan gazın enerji içeriğinin yüksek (metan ve hidrojen oranı), gübre olarak kullanılması öngörülen katı ve sıvı ürünlerin patojen içeriğinin de mümkün mertebe düşük olması istenmektedir. Bu kapsamda, fermenterin çalışma koşulları önem arz etmektedir. Örneğin kuru proses ve daha yüksek sıcaklığa dayanıklı termofilik özellik gösteren bakterilerin kullanılması durumunda, çıkan sıvı ürünün ısıl işlemi için daha az enerji gereksinimi olacaktır. Bu kapsamda, biyogaz sistemlerinde gaz dönüşüm verimleri yüksek ve patojen içeriğinin düşük olduğu reaktörlerin, elde edilen biyogazın biyometan veya biyobütanol olarak yükseltilmesini (upgrading) sağlayan teknolojilerin, biyogaz saflaştırma, temizleme ve reformlama sistemlerinin (CO_2, sülfür bileşikleri ayırma, siloksanların giderimi vb.) geliştirilmesi ve uygulamaya alınması.

Atık potansiyeli dikkate alındığında, CO_2 salımına katkısının ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir. Kuruluğu %20 den düşük olan atıklar peletlenerek linyitler ile birlikte gazlaştırılabilir, daha nemli veya ıslak atıklar ise hidrotermal sıvılaştırma yolu ile değerlendirilebilir. Islak organik atıklar için yani nem oranı yüksek (gıda atıkları, atıksu arıtma tesisleri çamurları, mezbaha atıkları, deri sanayi atıkları, kâğıt sanayi atıkları, kümes altlıkları, zeytinyağı sanayi atıkları gibi atıklar için en uygun teknoloji hidrotermal karbonizasyondur. Bu sayede linyitler ile beraber gazlaştırılacak katı yakıt da elde edilebilecektir. Gazlaştırm a prosesinin Türkiye'de THS seviyesi 5 olup; kısa vadede 7-8 e çıkılabilir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
7.6 Entegre biyoenerji sistemleri (örn. güneş enerjisi ile entegre olabilecek biyoenerji sistemleri)	Biyogaz + mikroalg (CO_2 yakalama) - biyometan üretimi için (upgrading): Biyogaz'ın içeriğinde problem yaratan hidrojen sülfür biyolojik veya kimyasal desülfürüzasyon yöntemleri ile ayrıştırılmakta, CO_2 ise yosun biyokütle üretiminde kullanılmaktadır. Bu sistemdeki desülfürüzasyon sonucu oluşan sülfürük asit kaynaklı pH problemleri üzerinde çalışmalar devam etmektedir.	Asidofilik mikroorganizmalar ile hidrojen sülfürün ayrıştırılması, ekstromofilik yosun türleri ile CO_2 yakanabilmesi amaçlı teknolojilerin geliştirilmesi.
	Jeotermal + mikroalg (CO_2 yakalama için): Jeotermal sistemlerde ortaya çıkan CO_2 bertarafı.	Jeotermal kaynaklarda ortaya çıkan CO_2 emisyonlarının santral bölgesinde kurulacak yosun reaktörleri ile yakalanarak yosun biyokütle üretiminde kullanılabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesini ve ısı sistemleri yardımıyla reaktörlerin verimli çalışmasını sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi. İtalya'da çalışan örnek sistemler bulunmakta ancak Türkiye'de örneği henüz yoktur.

8. Enerji Sistemleri ve Elektrik Şebekesi (Akıllı Enerji Yönetimi Teknolojileri)

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
8.1 Enerji sistemleri ve elektrik şebekesi	Mevcut dağıtım şebekelerinin pasif (üretim olmayan ya da çok az olan) şekilde tasarlamış olması, dolayısıyla dağıtık üretimin artmasıyla birçok işletmesel problemin (gerilim regülasyonu ve hat kapasite aşımı başta olmak üzere) ortaya çıktığı gözlemlenmektedir.	Dünyada bu problem için otonom ve yerel çözümler kullanılmaktadır, fakat bu durum üretim kapasitesinin kısıtlanmasına sebep olmaktadır. Bunun yerine çok katmanlı bölgesel ya da doğrudan merkezi çözümler/karar destek algoritmaları geliştirilmelidir.
	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili ve belirsiz üretim karakteristiği.	- Depolama sistemleri ve V2G ile beraber ele alınmalıdır. - Düşük maliyetli izleme birimleri
	Elektrikli araçlar gibi teknolojiler ve talep tarafı yönetimi gibi yeni anlayışlarla talep tarafının bilinen profillerden farklılaşması (dağıtım siteminin büyüklüğü ve gerçek zamanlı izleme altyapısının eksikliği ile ilintili)	- Düşük malyetli izleme birimleri - Büyük veri işleyecek karar destek sistemleri - Müşteri ve üretici arasında köprü sistemeler (iletişim, alışveriş, vb.)
	Enerji depolama birimlerinin optimum/efektif kullanımı	- Yenilenebilir kaynaklarla birlikte ele alınmalı - Ekonomik işletimi sağlayacak gerektiğinde teknik problemleri çözecek kontrol algoritmaları geliştirmek. - Çok amaçlı/kabiliyetli güç elektroniği devreleri
	Araçtan şebekeye (Vehicle-to-Grid - V2G) teknolojlerinin geliştirilmesi	
	Elektrik şebekesinin kendi başına değerlendirilmesi, çevresel sistemler ile ilişkisinin göz ardı edilmesi	- Sistemler arası iletişim, etkileşimlerin modellenmesi, karar destek sistemlerinin geliştirilmesi.
		Talebi ve arzı aynı anda izleyip değerlendirebilecek, alt sistemlerin davranışlarını göz önüne alacak akıllı karar destek sistemleri geliştirilmelidir. Bu doğrultuda donanım ve yazılım çalışmaları yapılmalıdır. Literatürde alt sistemler için ayrı ayrı çözüm önerileri sunulmuş olsa da bütüncül yaklaşımlar eksiktir.

Biyometanizasyon konusunda Türkiye'de belli sayıda uygulama olmakla birlikte, sistemlerin emre amadeliği, verimi, katı ve sıvı atıkların gübre vb olarak kullanımı konusunda geliştirilmeye açık alanlar vardır. Bu kapsamda, entegre biyometanizasyon, biyometan ayrıştırma / karbon tutma ve kalan katı malzemeyi hidrotermal karbonizasyon ile katı yakıta dönüştürme ve de patojen yükünü azaltma sistemleri geliştirilmelidir

9. Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Teknolojilerinin Geliştirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
9.1 Yaklaşık sıfır enerjili bina teknolojileri	Binaların hala konvansiyonel, düşük teknolojili manuel/ dijital yöntemler ve araçlar ile tasarlanması, inşa edilmesi, işletilmesi, yenilenmesi	Yapılı çevrede gelişmiş modelleme, izleme (monitoring), simülasyon, yapay zeka, büyük veri analizi, temelli ve akıllı kontrol, otomasyon ve karar verme araç ve yöntemlerinin geliştirilmesi Dijital ikiz uygulamaları (her alan için geçerli)
	Farklı iklim koşullarında bulunan binaların iklim değişikliğinden nasıl etkileneceklerinin sayısal olarak ifade edilmemiş olması	Veri-temelli yöntemler ile Türkiye çapında binalarda iklim değişikliği etki analizi: enerji tüketimi, karbon ayak izi, risk analizi (aşırı-ısınma, çevresel etki vb.) hesaplanması ve haritalanması, gelecek projeksiyonlarının oluşturulması
	Binaların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipman kaynaklı enerji tüketimlerinin ve CO_2 emisyonlarının yüksek olması Küresel ısınma sebebi ile binalarda soğutma enerjisinin yükselmesi, klimasız evlerde ise kullanıcıların aşırı-ısınma riskin tehlikeli seviyelere varması ve ciddi bir sağlık tehdidi olması	Enerjiye gerek duymayan pasif bina sistemlerinin (yüksek verimli yalıtım ve pasif ısı depolama malzemeleri, cam sistemleri vb.) ve aktif bina sistemlerinin (buharlaşmalı soğutma, aktif ısı depolama, ısı geri kazanımı, ısı pompası, radyan ısıtma/soğutma, Güneş enerjili su ısıtıcısı vb) geliştirilmesi Kullanılmış malzemelerin geri dönüşümü, yeniden kullanımı için teknolojiler geliştirilmesi (circular economy / döngüsel ekonomi)
	Binalarda enerji üretimi için yenilenebilir enerji sistemlerinin verimli kullanılmasında istenilen seviyeye ulaşılamamış olması. Örneğin Güneş panellerinden elde edilen elektriğin fiyatının düşmüş olmasına rağmen güneş panellerinin bina elemanı olarak kullanılması konusunda çalışmalar eksiktir.	Başta güneş panelleri olmak üzere yenilenebilir enerji sistemlerinin (YES) binalarda yenilikçi, efektif uygulamalarının geliştirilmesi (ör. yalıtım performansı, estetik, gölgeleme, yeşil çatı entegrasyonu, ağırlık vb. kriterler ile); YES sistemlerinin konvansiyonel bina sistemleri ve şebeke ile entegrasyonu
	Enerji Depolama Sistemleri'nin (EDS) omurgası olan depolama birimlerinin binalarda bulunmaması. Binalarda genellikle fosil yakıtlı mekanik jeneratörler bulunmaktadır, bu jeneratörler bakım ihtiyacı duyan, kesintilere belli bir gecikme ile karşılık verebilen ve kesintiden oluşan gecikmeden binayı korumak için kesintisiz güç kaynağına ihtiyaç duyan sistemlerdir. Bu hantal yapılar sadece kesinti anlarında kullanılan atıl maliyetlerdir.	EDS ve DC-AC dönüştürücüden oluşan sistemler geliştirilerek yasal zorunluluk gereği binalarda/fabrikalarda bulunan mekanik jeneratörler ile değiştirilmesi gerekir.
	Binalarda artan elektrik enerjisi tüketimi; elektrikli araçlar ile ortaya çıkan elektrik ihtiyacı (bina-entegre elektik şarj istasyonları) ve bina-entegre yenilenebilir enerji sistemlerinin yaygınlaşması. Bu sistem içinde şebekelerin verimlilik, sürdürülebilirlik, esneklik, güvenilirlik ve güvenliğinin artırılması	Akıllı şebeke, bina / şebeke modellemesi, bina-şebeke entegrasyonunu sağlayacak akıllı sayaçlar; birbirleri ile konuşan bina sistemleri, şebeke otomasyonu
	Mevcut yenilenebilir enerji, yüksek verimli iklimlendirme / aydınlatma ve enerji etkin ısı geri kazanım sistemlerinin binalara efektif entegrasyonunda problemler	Binalarda iklim değ. azaltım ve uyumuna dair aksiyon senaryolarında hesaplamalı, dijital karar destek sistemlerinin geliştirilmesi Yapılı çevrede gelişmiş modelleme, izleme (monitoring), simülasyon yöntemlerine entegre, yapay zeka temelli kontrol ve karar verme araç ve yöntemlerinin geliştirilmesi Akıllı ve veri-temelli bina izleme sistemleri, kullanıcı dostu otonom bina kontrol sistemleri, karar destek sistemleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	İklim değişikliğine bağlı anlık risk durumlarına (ör. ısı veya soğuk dalgası, sel) karşı binaların ve kentlerin dirençliliğinin arttırılması	Anlık riskleri önceden tahmin etmek, bunlara hazırlanmak ve bunlardan korunmak için uyarı sistemlerinin geliştirilmesi
	Bina içinde aydınlatma için kullanılan LED'lerin telekominikazyosyon için kullanılması ile Li-Fi teknolojisi gelişmektedir. Bu teknolojinin bina içeresinde çalışabilen güneş hücreleri ile kullanılması ile hem iletişim hem de enerji üretimi aynı anda yapılabilir.	Karanlık akımı ve şant direnci rekor düşük sevilerde olan güneş hücrelerinin geliştirilmesi karanlık sayılabilecek odalarda iletişimi mümkün kılacaktır. (Dünya THS 4, Türkiye THS3)

10. Hidroelektrik Enerji Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
10.1 Hidroelektrik Teknolojileri	Yağış rejimindeki değişiklikler neticesinde göl seviyelerinin tasarım seviyelerinin (nom*0.9) altına düşmesi nedeniyle su türbinleri işletilememekte veya verimsiz işletilebilmektedir.	Değişken devirli türbin işletmesi ile su seviyesine göre en iyi çalışma noktasında çalışma: Su türbini çark kanadı tasarım (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5), değişken devre uygun güç elektroniği DC back-to-back sistemler (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5), koruma ve kontrol sisteminin uyumlandırılması (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5)
	İçme suyu, arıtma suyu, su kanalları gibi hidrolik yapılardaki saklı hidroelektrik potansiyeli kullanılamamaktadır.	Düşük ve çok düşük düşüler için su türbini tasarımı (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5), şebeke ile hidroelektrik arasına güç elektroniği temelli komponentler konması (Dünya THS: 7-9, TR THS: 7-9), insansız işletim ve anormallik algılama ile CAPEX ve OPEX maliyetlerinin aşağı çekilmesi (Dünya THS: 7-9, TR THS: 5-7)
	Rezerv ihtiyacı nedeniyle şebekeye daha fazla güneş ve rüzgar bağlantısı ve şebeke esnekliği konusunda sıkıntı yaşanmaktadır.	Hidro ünitelerin şebekeye daha sık gir-çık yapması durumuna hazırlık yapılması (Dünya THS: 7-9, TR THS: 3-5), ünite yatak ve diğer sistemlerinin sık dur-kalklara uygun tasarlanması, dijitalleşmenin artırılması (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5), şebeke sekonder frekans kontrolüne dahil edilmeleri için gerekli altyapının ve algoritmaların oluşturulması (Dünya THS: 7-9, TR THS: 7-9), pompa-depolamalı HES'lere şebekede yer verilmesi (Dünya THS: 7-9, TR THS: 3-5)
	İklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan yağış rejimi üretim planlaması yapılmasını mümkün kılmamaktadır.	Öğrenen tahmin algoritmaları ile akış tahmini yapılması

Tema 4: Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım: Çiftlikten Sofraya Daha Adil, Sağlıklı ve Çevre Dostu Bir Gıda Sistemi

Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım teması kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir:

1. Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Üretim, Ambalajlama ve Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Üretim, Ambalajlama ve Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri	Tarım sektörü bir taraftan iklim değişikliğinden etkilenirken, diğer taraftan iklim değişikliğinin önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilen sera gazı emisyonuna yol açmaktadır. Tarımsal üretimde en yaygın karbon salınımı, hayvancılık faaliyetlerinde ve açık tarla tarımında yaşanmaktadır. Bilinçsiz ve teknolojik uygulamalardan yoksun yapılan tarımsal faaliyetler; toprak işleme, gübreleme, ilaçlama ve gıda zincirindeki işlemler, tarım arazilerinin kullanım değişikliği, enerji tüketimi, yetiştirilen hayvanların gübreleri gibi faaliyetler karbon emisyonuna katkıda bulunmaktadır. Tarımsal üretimde tohumdan başlayan ve sofraya kadar olan süreçlerde yoğun olarak fosil yakıtlı araçlar kullanılmaktadır. Bununla beraber gıda üretim tesislerinde kullanılan makinaların enerji tüketimini azaltmaya yönelik etkin düzenlemeler yapılmamaktadır. Kısa vadeli kazanç sağlayan ekonomik çözümler çiftçiler ve gıda üreticileri tarafından daha çok benimsenmekte ve bu çözümler çoğu zaman karbon emisyonunu azaltıcı sonuçlar oluşturmamaktadır. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Robotik teknolojilerin tarımsal üretimimizde etkin bir şekilde kullanılamıyor olması, 2. Toprak işleme ekipmanlarının uygun olmaması, 3. Değişken oranlı gübreleme ve ilaçlamanın yapılamaması, 4. Hasat zamanı için koordinat temelli teknik verilerin kullanılamıyor olması, 5. Karbon salınımını artıran hasat sonrası kültürel işlemlerin kontrol edilememesi, 6. Hayvansal ve bitkisel atıkların etkin bir şekilde bertarafının ve değerlendirilmesinin yapılamaması, 7. Tüm süreçlerde yoğunluklu olarak fosil yakıt tüketen araçların kullanılması, 8. Gıda üretiminde kullanılan makinaların enerji tüketimlerinin yüksek olması ve fabrika içi üretimin enerji maliyeti düşünülmeden rastgele yerleştirilmesi.	Tarımsal üretimde fosil yakıt kaynaklı sera gazı salımının azaltılması amacıyla yaygın olarak kullanılan tarım makinalarının enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayacak teknolojiler geliştirilmelidir. Tarımda düşük enerji gereksinimi olan robotik teknolojilerin geliştirilmesi hedeflenmelidir. Robotik teknolojilerin geliştirilmesi kadar bu teknolojilerin çiftçilere ulaştırılmasının da desteklenmesi gerekmektedir. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Günümüzde otonom-elektrikli araç teknolojisini destekleyen yapay zeka ve görüntü işleme teknolojileri ile tarımsal üretim ve sonraki süreçlerde kullanılabilecek düşük karbon izine sahip robotlar geliştirilmektedir. Tarlalarda yabancı bitkileri kimyasal kullanmadan yok eden teknolojilerden, ekim alanını en doğru şekilde hazırlamaya yarayan dümenleme teknolojilerine, optimum girdi ile verimli ilaçlama yapan ZIHA'lara kadar çok farklı alanlarda düşük karbon izine sahip teknolojiler geliştirilmelidir. (Kısa vadede robotik teknolojilerin çiftçilere ulaştırılabilmesi için destekleme politikaları oluşturulmalıdır.) 2. Sera gazı salımı azaltılmış toprak işleme ekipmanları Türkiye'de geliştirilmeli ve üretilmelidir. 3. Değişken oranlı gübreleme makineleri geliştirilmeli ve üretilmelidir. 4. Koordinat bazlı hasat verimlerinin ölçümü ve verime dayalı gübreleme programlarının uygulanmasına yönelik çözümler geliştirilmelidir. 5. Özellikle hububat üretimi sonrasında anız yakma olaylarının önüne geçmek amacıyla uydu destekli takip mekanizmaları geliştirilmelidir. 6. Yaygın olarak kullanılan tarım makinalarının enerji ihtiyaçlarının en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilmesi için gerekli teknolojiler araştırılmalıdır. 7. Gıda üretimi yapan işletmelerde enerji tasarrufuna yönelik düşük enerji kullanan sistemler geliştirilmelidir. Gıda işletmelerinde enerji kayıplarını önlemek amacıyla üretim hatlarının optimal reorganizasyonuna yönelik çözümler geliştirilmelidir. 8. Hayvansal ve bitkisel atıkların değerlendirilmesi

2. Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İçin Tutulan Karbon Miktarının ve Karbon Stoklarındaki Değişimlerin İzlenmesine Yönelik Çözümler, Çölleşme ve Arazi Tahribatıyla Mücadele Çalışmalarında Karbon Depolama Uygulamaları

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İçin Tutulan Karbon Miktarının ve Karbon Stoklarındaki Değişimlerin İzlenmesine Yönelik Çözümler, Çölleşme ve Arazi Tahribatıyla Mücadele Çalışmalarında Karbon Depolama Uygulamaları	Karasal ekosistemlerde en büyük karbon havuzuna sahip olan toprak, mutlaka korunması gereken en duyarlı kaynaklardan birisidir. Toprağın büyük miktarlarda karbon bağlama potansiyeli bulunmaktadır. Buna karşın hayvancılık, bitkisel üretim ve örtü altı üretime dayalı havza bazlı karbon tutma kapasitelerinin tespit edilemiyor olması önemli bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Akıllı toprak yönetimi uygulamaları ile iklim değişikliğinin arzu edilmeyen etkilerinin azaltılması mümkündür. Çölleşme ve arazi tahribatıyla mücadele amacıyla karbon depolama çalışmaları yürütülmelidir. Sürdürülebilir arazi yönetimi için tutulan karbon stoklarının ve karbon emisyonlarının ölçülmesi ve değişimlerin izlenmesi için verilerin gelişmiş teknolojiler kullanılarak toplanması ve işlenmesi gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Tarım alanlarında tutulan karbon miktarlarının, değişimlerinin ve karbon stok durumlarının bilinmemesi, 2. Çölleşmeyi ve arazi tahribatını önlemeye yönelik olarak karbon depolama uygulamalarının yapılmayışı, 3. Karbon emisyon sertifikasyonunun yaygınlaştırılamaması ve karbon borsasının ülkemizde olmaması.	Sürdürülebilir arazi yönetimi tarımsal mekanizasyon, karbon yönetimi, karbon ayak izi, iklim değişikliğine uyum ve etkilerinin azaltılması, kısıtlı sulama uygulamaları, su tasarrufu sağlayan yüzey ve yüzey altı sulama sistemlerinin kullanımı, kurağa dayanıklı çeşitlerin kullanımı, su ayak izi, ekim nöbeti ve djital teknolojileri içeren alt bileşenlerin uygulamaya aktarımını gerektiren çok boyutlu bir konudur. Uygun tarımsal mekanizasyon araçlarının kullanımı toprağın korunması ve CO_2 emisyonunun azaltılmasına önemli bir role sahip olmasının yanı sıra, azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemesiz tarım tekniklerine geçilmesinde de avantaj sağlayacaktır. Tarım arazilerinin verimli ve etkin kullanımı amacıyla değişkenlikleri dikkate alan hassas tarım teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Toprağın karbon depolama kapasitesini, su tutma kapasitesini, organik madde miktarını artırmaya yönelik ürünlerin geliştirilmesi de önemli görülmektedir. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Farklı ürün tipleri için uygun tarımsal mekanizasyon uygulamaları geliştirilmelidir. 2. Farklı arazi ve iklim şartlarına bağlı olarak kısıtlı sulama şartları belirlenmelidir. 3. Su tasarrufu sağlayan yüzey ve yüzey altı sulama sistemleri geliştirilmelidir. 4. Çölleşme ve arazi tahribatıyla mücadele amacıyla toprakta karbon depolama uygulamaları geliştirilmelidir. 5. Tarım alanlarının karbon kapsamlarının, değişimlerinin ve stok durumlarının takip edilmesine yönelik dijital teknolojiler geliştirilmelidir. 6. Tarım arazilerindeki değişkenlikleri dikkate alan hassas tarım teknolojileri geliştirilmeli ve pratiğe aktarılmalıdır. 7. Toprağın karbon depolama kapasitesini, su tutma kapasitesini, organik madde miktarını artırmaya yönelik ürünlerin geliştirilmelidir.

3. İklim Değişikliğiyle Uyumlu Tarımsal Üretim Planlamalarının Yapılabilmesi Amacıyla Büyük Veriye Dayalı Bilgi-İletişim Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
İklim Değişikliğiyle Uyumlu Tarımsal Üretim Planlamalarının Yapılabilmesi Amacıyla Büyük Veriye Dayalı Bilgi-İletişim Teknolojileri	İklim değişikliği nedeniyle meteorolojik faktörlerin zamansal ve mekânsal olarak büyük değişiklikler göstermesi tarımsal üretimde ciddi dalgalanmalara neden olmaktadır. İklim değişikliği ile uyumlu bir tarımsal üretim planlaması için doğru veriye doğru zamanda uygun teknoloji kullanılarak ulaşılması gerekmektedir. Ülkemizde ve dünyada tarımsal üretimin takibine yönelik coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri geliştirilmelidir. Bu tür teknolojiler yardımıyla özellikle ithal ve ihraç ettiğimiz ürünlerdeki durumu önceden bilebilmenin ülkemiz açısından stratejik bir kazanım olacağı değerlendirilmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. İklim değişikliği nedeniyle meteorolojik faktörlerin zamansal ve mekânsal olarak büyük değişiklikler göstermesi, 2. İklim değişikliği ile uyumlu bir tarımsal üretim planlaması için doğru veriye doğru zamanda ulaşabilecek teknolojilerin bulunmaması, 3. Tarım arazilerini farklı tarımsal parametreler açısından detaylı bir şekilde kapsayan ve sıklıkla güncellenen coğrafi bilgi sistemlerinin olmaması, 4. Ülkemizde ve dünyada tarımsal üretimin takibine yönelik uzaktan algılama teknolojilerinin olmaması.	İklim değişikliğine uyumda tarım sektörünün veriye dayalı ihtiyaçlarını karşılayacak güçlü bir bilgi altyapısının oluşturulması önemlidir. Dijital teknoloji uygulamaları ile iklimsel bilgi, veri ve parametrelerin üretilmesi, kontrol edilerek kayıt altına alınması ve güvenilir iklim projeksiyonları ve modeller ile analizleri yapılıp iklim koşullarına göre stratejilerin geliştirilmesi, tarım sektöründe iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuzlukların izlenmesinde ve azaltılmasında oldukça etkili olacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda; meteoroloji istasyonları, eddy covariance sistemi (atmosfer ve yeryüzü üzerindeki su akı, karbondioksit, ve enerji akılarını ölçmek üzere), iklim değişikliğinin önemli sonuçlarından olan tarımsal kuraklığı belirlemek ve izlemek üzere toprak nem sensörleri, iklim simülasyonlarını oluşturmak ve sonuçlarını izlemek için iklim odaları, bitkilerin bölgesel ve detaylı sınıflandırmalarını yapmak, bitki hastalık ve zararlılarını belirlemek, ürün rekolte tahminleri için akıllı tarım teknolojilerinden yararlanmak üzere insansız hava araçları (drone), iklim değişikliği araştırmalarında kullanılacak olan modellerin parametrelerini belirlemek üzere Yaprak Alan İndeksi, yaprak sıcaklığı ölçüm alet ve cihazları ile tarımsal kuraklık çalışmalarında kullanılan uydu görüntülerinin doğrulamasını yapmak için multi-spektral termal kameraların kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Dijital teknolojiler yardımıyla farklı iklim projeksiyonlarının yapılmasına olanak veren güvenilir modeller geliştirilmelidir. Böylece değişen iklim koşullarına göre stratejilerin oluşturularak tarım sektöründe iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuzluklar izlenmeli ve azaltılmalıdır. 2. Ülkemizde ve dünyada tarımsal üretimin takibine yönelik coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri geliştirilmelidir. 3. Tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için bölge ve ürün bazında değişen iklim koşullarında ekonomik ve ekolojik açıdan sorunsuz yetiştirilebilmesine yönelik coğrafi bilgi sistemleri oluşturulmalıdır. 4. İklim değişikliğinin önemli sonuçlarından olan tarımsal kuraklığı belirlemek ve izlemek üzere toprak nem sensörleri geliştirilmelidir. 5. Tarım arazilerindeki bitkilerin bölgesel ve detaylı sınıflandırmalarını yapmak, bitki hastalık ve zararlılarını belirlemek ve ürün rekolte tahminleri için zirai insansız hava araçları ve akıllı tarım teknolojileri geliştirilmelidir. 6. Tarımsal kuraklık çalışmalarında kullanılan uydu görüntülerinin doğrulamasını yapmak için multi-spektral termal kamera teknolojilerinin kullanımına dayalı uygulamalar geliştirilmelidir.

4. Yenilikçi Sulama Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Su Yönetimi İçin Marjinal Suların Tarımsal Sulamada Kullanımına Yönelik Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Yenilikçi Sulama Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Su Yönetimi İçin Marjinal Suların Tarımsal Sulamada Kullanımına Yönelik Çözümler	Değişen iklim koşulları ve nüfus artışına bağlı olarak dünya genelinde tatlı su kaynaklarına olan baskı giderek artmaktadır. Sulama suyu kaynakları zaman içerisinde kalite ve miktar olarak olumsuz etkilenmiştir. Kullanılmış ve arıtılmış suların tarımda kullanımı artmaktadır. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, sulama suyunun sınırlı kaynak koşullarında etkin biçimde yönetimini gerekli kılmaktadır. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Su kaynaklarının yetersiz olması, 2. Su kaynaklarına erişimin zor olması, 3. Sulama suyunun etkin ve sürdürülebilir kullanımına yönelik yeni sulama teknolojilerin ülke koşullarında geliştirilmesi, uygulanması ve yönetimi konularında çalışmaların yetersiz olması, 4. Tarımsal üretimde kullanılan sulama suyunun havza bazından başlayarak tarla bazına kadar takip sistemlerinin sağlıklı oluşturulamaması, 5. Değişen iklim koşulları ve nüfus artışına bağlı olarak tatlı su kaynaklarına olan baskının artması neticesinde sulama suyu kaynaklarının kalite ve miktarının olumsuz etkilenmesi	Su kaynaklarının etkin kullanımı sürdürülebilir tarım için en önemli konular arasında yer almaktadır. Tarımda su kullanımının azaltılabilmesi için toprakta nemin korunmasını sağlayan arazi ıslah ve drenaj çalışmalarının yapılması gerektirmektedir. Suyun etkin yönetiminde sulamadan dönen ya da arıtılmış atık suların tekrar kullanımına yönelik kalite parametrelerinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Sürdürülebilir su yönetimi amacıyla, tarımda tasarrufu sağlayan sulama teknik ve teknolojilerin kullanımına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. 2. Toprakta nemin korunmasını sağlayan arazi ıslah ve drenaj çalışmalarının etkinliğini artıracak malzemeler ve yöntemler geliştirilmelidir. 3. Sulamadan dönen ya da arıtılmış atık suların tarımda tekrar kullanımına yönelik teknolojiler geliştirilmelidir. 4. Tarımda kullanılan farklı sulama suyu kaynaklarının kalite parametreleri çevresel etkilerinin yanı sıra toprak, bitki, nihai ürün ve insan sağlığı üzerine etkileri dikkate alınarak belirlenmelidir. 5. Belirli kalite parametreleri izlenerek marjinal suların sulamada kullanımına yönelik uygulamalar geliştirilmelidir.

5. Tarımsal Üretimde Kimyasal Gübre Kullanımının Azaltılmasına Katkı Sağlayacak Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Tarımsal Üretimde Kimyasal Gübre Kullanımının Azaltılmasına Katkı Sağlayacak Çözümler	Kimyasal gübre kullanımının azaltılması sürdürülebilir tarımın önemli sorunları arasında yer almaktadır. Tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımın azaltılması toprakta bulunan organik madde miktarının arttırılmasına, değişken oranlı gübreleme tekniklerinin uygulanmasına, azaltılmış toprak işleme tekniklerinin uygulanması ve havza bazında toprak haritalamalarının yapılarak NDVI destekli gübreleme programlarının çıkartılmasına bağlıdır. Ülkemiz gübre açısından dışa bağımlı durumdadır. Bu durum yüksek girdi maliyeti nedeniyle gübre kullanımını ve tarımsal üretimi etkilemektedir. Toprağın korunması ve verimlilik açısından tarımda organik ve organomineral gübrelerin kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Toprak yapısı ile uyumlu bitki çeşitlerinin kullanılmaması, 2. Kimyasal gübreye alternatif olabilecek ürünlerin çeşit ve miktar olarak sınırlı olması, 3. Genel olarak tarım yapılan alanlardaki toprak karakteri belirlenmeden gereğinden fazla ya da uygun olmayan tipte kimyasal gübre uygulanması.	Tarımda kimyasal gübre kullanımının azaltılmasına yönelik çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Geleneksel ve/veya biyoteknolojik yöntemler kullanarak azot kullanım etkinliği yüksek çeşitlerin geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmaları yapılmalıdır. 2. Kimyasal gübre kullanımını azaltmaya yönelik sensörler, yarı ve tam otomatik dümenleme cihazları ve değişken oranlı gübrelemeye olanak veren tarım araçları geliştirilmelidir. 3. Toprakta azot fikse eden ve fosfor çözen mikrobiyal gübrelerin üretimine yönelik biyoteknolojik uygulamalar geliştirilmelidir. 4. Organik madde bakımından zengin tarım ve gıda sektörü atık ve artıklarından kompost ve organomineral gübre elde edilmesine yönelik üretim teknolojileri geliştirilmelidir. 5. Toprağın hangi tür gübreye ihtiyacı olduğu konusunda hızlı çözüm ve öneri oluşturacak toprak analiz-öneri sistemleri geliştirilmelidir.

6. Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Kuraklığa Dayanıklı Tohumların ve Alternatif Gıda Kaynaklarının Geliştirilmesine Yönelik Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Kuraklığa Dayanıklı Tohumların ve Alternatif Gıda Kaynaklarının Geliştirilmesine Yönelik Çözümler	Sürdürülebilir tarımsal üretim için yüksek verimli, kaliteli, hastalıklara dayanıklı, değişen iklim koşullarına uygun, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. İklim değişikliği sonucunda bazı hastalıkların / zararlıların etkisinin artmasına, soğuk ve aşırı yağışlara bağlı olarak verim düşüşleri yaşanmaktadır. Çeşit geliştirmede ıslah sürelerinin uzun olması sürecin uzamasına sebep olmaktadır. Artan nüfusun taleplerini karşılamak üzere alternatif gıda ve yem kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinde yurt dışına bağımlı olunması, yerli ve tescilli bitki çeşidi bulunmaması, 2. Klasik ıslah yöntemleri ile çeşit geliştirme çalışmalarının uzun yıllar alması, 3. Alternatif gıda ve protein kaynaklarının tüketiciye yeteri kadar sunulamaması.	Kuraklığa dayanıklı tohumların ve alternatif gıda kaynaklarının geliştirilmesine yönelik çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Geleneksel ve biyoteknolojik yöntemler kullanarak su kullanım etkinliği yüksek, kuraklığa dayanıklı, değişen iklim koşullarına uyumlu, yüksek kaliteli ve verimli çeşitler ıslah edilmelidir. 2. Islah sürecini kısaltan, ıslaha yardımcı olan biyoteknolojik yöntemler geliştirilmelidir. 3. Alternatif gıda, yem ve protein kaynakları geliştirilmelidir. 4. Hastalıklara, soğuğa ve su basmasına dayanıklı tahıl çeşitleri geliştirilmelidir.

7. Tarımsal Üretimde Tehlikeli Pestisitlerin, Antimikrobiyallerin Kullanımının Azaltılması Amacıyla Kültürel Önlemler ile Yenilikçi Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele Yöntemleri Geliştirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Tarımsal Üretimde Tehlikeli Pestisitlerin, Antimikrobiyallerin Kullanımının Azaltılması Amacıyla Kültürel Önlemler ile Yenilikçi Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele Yöntemleri Geliştirilmesi	Zararlı organizmalar ile mücadelede kullanılan pestisitler insan ve çevre sağlığının yanı sıra biyolojik çeşitliliğe de zarar vermektedir. Yoğun kimyasal kullanımı sonucu faunadaki biyolojik çeşitliliğimiz azalırken, toprakta, suda, üründe kalıntı meydana gelmektedir. Kalıntı problemi nedeniyle ihracatta yaşanan sorunlar ülke ekonomisini de olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle zararlı pestisitlerin ve antibiyotiklerin kullanımının azaltılması amacıyla çevre dostu biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.	Zararlı pestisitlerin ve antibiyotiklerin oluşturduğu riskleri azaltmak için hastalık, zararlı ve yabancı otlar ile mücadelede biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemleri (biyolojik ajan, biyopestisit, tuzak gibi) geliştirilmelidir.

8. Organik Tarım Üretiminin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Organik Tarım Üretiminin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Uygulamalar	Organik ürünlerde otantisite kontrollerinin etkin şekilde yapılamaması ve tüketici güveninin tam olarak tesis edilememesine bağlı olarak organik ürünler ulusal ve uluslararası pazarda değerinin karşılığını bulamamaktadır. Ülkemizde gelişmekte olan organik tarım uygulamalarının artırılmasına yönelik olarak sektörün ihtiyaçlarını çözmek ve uluslararası alanda rekabet gücümüzü artırmak amacıyla Ar-Ge faaliyetlerinin artarak devam etmesi gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Mevzuat ve kontrol mekanizmasının yetersiz olması, 2. Organik ürünlerde otantisite kontrollerinin etkin şekilde yapılamaması, 3. Organik ürün çeşitlerinin sınırlı olması, 4. Organik ürünlere olan talebin düşük olması, organik ürünlerin pazarda değerinin karşılığını görmemesi, 5. Organik tarıma yönelik bitki koruma ve bitki besleme girdilerinde eksiklikler olması.	Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Organik üretimin genişletilmesine yönelik organik yetiştirme teknikleri geliştirilmelidir. 2. Köy popülasyonlarının ıslahta çoğaltma materyali olarak kullanılmalı ve organik ürünler çeşitlendirilmelidir. 3. Organik tarımda kullanılmak üzere gelişen teknolojiden yararlanılarak yeni biyolojik mücadele yöntemleri geliştirilmelidir. 4. Organik ürünlerin yüksek katma değerli ve coğrafi işaretli olarak tescil edilmesi amacıyla parmak izi niteliğindeki kimyasal kompozisyon verileri omiks teknolojileri kullanılarak oluşturulmalıdır. 5. Organik ürünlerin parmak izi niteliğindeki kompozisyon verileri büyük veri olarak bulut sistemlerinde veri tabanı olarak yapılandırılmalıdır. Organik gıdaların otantisite kontrolleri, bulut veri tabanında tutulan büyük veri yardımıyla yapay zeka algoritmaları ve makine öğrenmesi yaklaşımlarıyla gerçekleştirilmelidir.

9. Tarımsal Üretimde ve Gıda Sektöründe Atık ve Artıklarının Geri Dönüştürülerek Yakıt, Isı, Elektrik, Organomineral Gübre, Biyoaktif Madde, Biyomalzeme Gibi Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Birlikte Elde Edildiği Biyorafineri Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Tarımsal Üretimde ve Gıda Sektöründe Atık ve Artıklarının Geri Dönüştürülerek Yakıt, Isı, Elektrik, Organomineral Gübre, Biyoaktif Madde, Biyomalzeme Gibi Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Birlikte Elde Edildiği Biyorafineri Teknolojileri	Bitkisel ve hayvansal atıklar çevre kirletici ve sorun olarak görülmektedir. Hasat sonu bitkisel atıklar anız yakma ile kayba uğramaktadır. Tarım topraklarının organik madde içeriği %70 eksik durumdadır, Hayvansal atıklar çevreye kontrolsüzce atılmakta ve çevre için hastalık kaynağı sular için kirletici ve insan sağlığı için zararlı olmaktadır, Hayvan yemi ve organik gübre açığımız bulunmaktadır. Tarımsal kullanımı açısından risk taşıyan atıkların (biyogaz tesisi sıvı fermente atığı, zeytin karasuyu gibi) karakterizasyonu ve kirletici içerik analizleri yaygın olarak yapılamamaktadır, toprakta uzun dönemli etkileri bilinmemektedir. Hal ve pazar atıkları 2021 yılı Ekim ayında sıfır atık kapsamına alınmış olmasına karşın ülkemizde henüz büyük ölçekte hal ve pazar atıklarının biyometanizasyon ve kompostlanmasına yönelik teknolojiler bulunmamaktadır. Hal ve pazar atıkları 2021 yılı Ekim ayında sıfır atık kapsamına alınmış olmasına karşın ülkemizde henüz büyük ölçekte hal ve pazar atıklarının biyometanizasyon ve kompostlanmasına yönelik teknolojiler bulunmamaktadır.	Biyorafineriler çeşitli kimyasal ve fiziksel dönüşüm süreçleri ile biyokimyasallar, biyomalzemeler ve biyoyakıtlar gibi farklı endüstriyel ürünlerin eldesini mümkün kılmaktadır. Üretilecek biyoyakıtların kaynaktan tüketime dek temiz yaşam döngüsü ile kullanımda olmasının nasıl sağlanacağı önemli bir faktördür. Biyorafinerilerin sürdürülebilir olması için kurulacak bölgelerin tespiti en önemli faktör olarak düşünülmektedir. Biyorafineriler tarım işletmeleriyle tümleşik yapıda olmalı ve lojistik masraflar azaltılarak enerji üretim maliyetleri düşürülmelidir. Küçük aile işletmelerinin enerji ihtiyaçları içinde özellikle hayvansal üretim yapan işletmeler için portatif biyogaz tesisleri ile ilgili çalışmalar arttırılmalıdır. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Hal ve pazar atıklarının biyometanizasyon ve kompostlanmasına yönelik teknolojiler geliştirilmelidir. 2. Düşük maliyetli biyogaz üretim teknolojileri geliştirilmelidir. 3. Gıda kompozisyonu veri tabanının, farklı gıdaların üretimi ile ilgili süreçleri dikkate alarak ortaya çıkan atık ve artıkların miktarı ve kompozisyonu açısından güncellenmelidir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	Hayvansal atıkların kompost ya da biyametanizasyona yönlendirilebilir miktarı 100 milyon ton civarındadır. Bu konularda tek başına yerel sistemlerin çalıştırılabilmesi amacıyla teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Enerjide arz güvenliği, gübre kullanım oranlarının azaltılması, toprak-yer altı sularının korunması, arazi bozulmasının önüne geçmek, karbon depolamak için bu teknolojilerin geliştirilmesinde yarar bulunmaktadır. Amaç sadece elektrik üretmek yerine termal enerji kaynağı olarak biyobozunurların kullanılması önemli görülmektedir. Biyogaz tesisleri pahalı yatırımlar olmakla beraber gerek en pahalı kısımlarının gaz motoru olması (aynı zamanda dışa bağımlı), gerekse enerji altyapımızın bunların yaygınlaşmasına engel olması bakımından değerlendirildiğinde, üretilen gazın enerjiye dönüştürülmesinin dışında alternatifler üretilmesi daha doğru olacaktır. Mevcut maliyetler göz önüne alındığında, devletin teşvik sisteminin olmadığı durumlarda bu tarz tesislerin fizibıl olmadığı görülmektedir. Fakat elektriğe dönüştürülmesi dışında alternatifler oluşturulduğunda yatırım maliyetleri ve işletme giderleri ciddi oranda düşecek ve aynı zamanda enerji altyapımıza da ekstra bir yük oluşturmayacaktır. Örneğin, üretilen gazın, örtü altı tarımında kullanılmasının desteklenmesi, her biyogaz tesisinin etrafında organize sera bölgelerinin kurulmasına ve böylece açık tarla tarımında oluşan karbon emisyonunun da azalmasına sebep olacaktır. Ya da biyogaz tesislerinin daha çok kırsal alanlarda olduğunu düşünürsek, üretilen gazın kırsal bölgede yaşayan insanların ısınmasında kullanılması, fosil yakıtlara olan ihtiyacın azalmasına sebep olacaktır. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Büyük miktarda gıda atığı oluşan noktalarda (haller, yemek firmaları, zincir marketler gibi) artıkların değerlendirilememesi, 2. Hal ve pazar atıklarının biyometanizasyon ve kompostlanmasına yönelik teknolojilerin bulunmaması, 3. Tarımsal üretim ve gıda sanayinden açığa çıkan yenilebilir atıkların ileri ürünler işlemeye uygun kalitede , 4. Biyogaz tesislerinin yatırım maliyetlerinin yüksek olması, 5. Tarımsal üretimde ve gıda sektöründe atık ve artıkların miktar ve kompozisyon bilgilerinin eksik olması, 6. Atık ve artıkların alternatif değerlendirme yöntemlerinin fizibilitelerinin eksik olması.	4. Miktar ve kompozisyonlarına göre farklı atık ve artık kategorilerinin oluşturulması, farklı kategoriler için potansiyel biyoyakıt, biyogübre, biyokimyasal ve biyomalzeme üretimine yönelik biyorafineri tasarımları geliştirilmelidir.

10. Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Üretim, Ambalajlama ve Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Üretim, Ambalajlama ve Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri	Dünyada üretilen gıda kaynaklarının yaklaşık olarak üçte birlik kısmı gıda zincirindeki kayıplar ve israf nedeniyle değerlendirilemeden kaybolmaktadır. Buna karşın artan nüfusun gıda ihtiyaçlarının gelecekte daha büyük açlık sorunlarına neden olacağı öngörülmektedir. Gıda kaynaklarının artan nüfus ve değişen iklim koşullarında daha etkin biçimde değerlendirilebilmesi amacıyla gıda zincirinin her aşamasında kayıpların ve israfların azaltılması gerekmektedir. Bunun için dijital teknolojilerin daha etkin şekilde kullanılması gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Çiftlikten sofraya gıda zincirinin her aşamada gıda kayıplarının izlenememesi, gıda kaybı verilerinin doğru olarak tespit edilememesi, 2. Bazı gıdalara ait evsel israf oranlarının çok yüksek olması, 3. Gıda zincirinde kullanılan izlenebilirlik teknolojilerinin yetersiz olması, 4. Gıda depolama tesislerinde, lojistik dağıtım merkezlerinde, dağıtım araçlarında, market depolarında ve evsel ortamlarda gıda bozulmalarını erken evrede tespit edecek teknolojilerin bulunmaması.	Gıda zincirinin izlenebilirliği, bozulmaların tespiti ve önlenmesine yönelik çözümler kritik öneme sahiptir. Blok zincir günümüz koşullarında gıda zincirinde izlenebilirliğin sağlanması amacıyla kullanılabilecek etkili bir yöntemdir. Blok zincir tarımsal üretimde şeffaflığı ve izlenebilirliği sağlayarak değer zincirindeki aracıları ortadan kaldırarak risklerin azalmasına ve verimliliğin artmasına olanak sağlamaktadır. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Blok zincir teknolojisinden yararlanılarak gıda zincirinde yeni nesil ve daha etkili izlenebilirlik yaklaşımları geliştirilmelidir. (Döngüsel Ekonomi) 2. Hububat ve bakliyat hasat makinalarında hasat miktarını doğru ölçümleyebilen sensör sistemleri geliştirilmelidir. 3. Taze meyve-sebze ürünlerinin taşınmasında lojistik kayıplarının ve taşıma maliyetlerinin azaltılması için soğuk zincir donanımlı demiryolu taşımacılığı geliştirilmelidir. (Akıllı Ulaşım) 4. Gıda israfının azaltılmasına yönelik yenilikçi raf-ömrü belirleme ve ambalajlama teknolojileri geliştirilmelidir. 5. Son kullanıcı düzeyinde buzdolabı gibi ev ekipmanlarının gıda kayıplarını sınırlandırmaya olanak veren teknik donanıma sahip olarak imalatı, görüntü işleme teknolojileri yardımıyla bozulmaya duyarlı gıdalarda kayıplara neden olan değişimlerin erken evrede tespit edilerek takılı cihazlar üzerinden kullanıcı/tüketici uyarı sistemleri geliştirilmelidir. 6. Gıda zincirinde ürün kalite ve güvenliği temelli izlenebilirlik sistemlerinin geliştirilmesine yönelik zaman-sıcaklık indikatörler (tti) geliştirilmelidir. 7. Gıda zincirinde bozulmaya neden olan koşulların oluşması halinde devreye giren erken ve hızlı uyarı sistemleri geliştirilmelidir. 8. Son kullanım tarihi yaklaşmış ürünlerin ihtiyaç sahipleri ile buluşturulduğu gıda bankalarının oluşturularak dijital teknolojiler yardımıyla etkin yönetimine yönelik uygulamalar geliştirilmelidir.

Tema 5: Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım

Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım teması kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir:

1. Sürdürülebilir Alternatif Tahrik/İtki ve Depolama Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Elektrikli Araç Teknolojileri, Şarj Ekosistemi ve Alt Yapısının Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar	1. Elektrikli araç teknolojilerinde şarj istasyonları ağının yeterli olmaması ve verimli kullanılmaması 2. Şarj altyapısın ve batarya kaynaklı uzun şarj olma süreleri	1. Şarj istasyonu ağlarının bir biriyle ve araçlarla entegrasyonunun sağlanması, servis sağlayıcıların daha verimli kullanılmasının sağlanması 2. Daha kısa sürede şarj imkanı sağlayan şarj/batarya sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların desteklenmesi, Verimli dinamik şarj sistemlerinin geliştirilmesi için yol haritası hazırlanması
Enerji Yoğunluğu Yüksek Çevreci Enerji Depolama Sistemi Uygulamaları	Bataryaların enerji yoğunluğunun fosil yakıtlara(dizel, benzin vb.) göre düşük olması	Enerji yoğunluğu yüksek emniyetli uzun ömürlü batarya geliştirilmesine yönelik çalışmaların desteklenmesi
Alternatif Çevreci Tahrik ve İtki Sistemi Uygulamaları	1. Mevcut teknoloji ile elektrifikasyonu gerçekleşemeyen ulaşım araçları için, fosil yakıtlı tahrik/itki sistemlerinin kullanımı 2. Hibrit sistemlerde (Dizel Elektrik Lokomotif vb.) fosil yakıtların kullanımı 3. Uçaklara alternatif olabilecek hızlı ulaşım modu olmaması 4. Hafriyat taşınması vb. uygulamaların emisyona sebep olması	1. Yüksek güç/enerji ihtiyacı bulunan deniz araçları vb. için küçük modüler reaktörler vb. sistemlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi 2. Orta vadede daha düşük emisyona sebep olan gaz motorlarının geliştirilmesi ve dizel motorların gaz motorlarına dönüşümü konusunda çalışmaların gerçekleştirilmesi 3. Hızlı tren/Maglev/Hyperloop teknolojileri geliştirilmesi konusunda fizibilite/yol haritası hazırlama çalışmalarının yapılması 4. Elektrikli/Alternatif yakıtlı hafriyat uygulamarına yönelik fizibilite çalışması yapılması

2. Entegre/Kombine Taşımacılığın Geliştirilerek, Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Modlarının Payının Arttırılmasına Yönelik Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Entegre/Kombine Taşımacılığın Geliştirilerek, Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Modlarının Payının Arttırılmasına Yönelik Uygulamalar	Ulaşım ağının entegre olmaması	Kullanıcıların akıllı şehir sistemlerindeki farklı altyapılar arasında geçişine imkân veren Ulaşım Yönetim Sistemlerinin geliştirilmesi, Verinin anonimleştirilmesi yoluyla açık kaynak kullanımının artırılması
Ulaşımda Demiryolu ve Denizyolu Taşıma Paylarının Artırılması, Demiryolu Altyapısının İyileştirilmesine ve Geliştirilmesine Yönelik Çözümler	1. Demiryolu ve denizyolu istasyonlarına ulaşımı sağlayan kısa mesafe ulaşım alt yapılarının yetersizliği 2. Demiyolu kapasite kullanım oranının artırılması 3. Yük taşımaclığında yoğun basılı evrak kullanılması	1. İlk mil ve son mil uygulamalara uygun servis ve paylaşımlı araç teknolojilerinin, mikro/mini mobilite ve entegre sistemlerin geliştirilmesi, Yolcu ve yük taşımacılığında farklı modların entegrasyonunu sağlayacak gerekli teknolojik altyapının kurulmasına ve güvenli, etkin, esnek biçimde çalışmasını sağlayacak dijital platformların geliştirilmesine yönelik araştırma çalışmaları yürütülmesi 2. Demiryolu kapasitesinin daha verimli kullanılmasına yönelik akıllı sistemlerin geliştirilmesi 3. Yük taşımacılığında kağıtsız yük taşımacılığının(Paperless Freight Transport) yapılabilmesi için uygun teknoloji ve altyapıların geliştirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Entegre/Kombine Taşımacılığın Geliştirilerek, Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Modlarının Payının Arttırılmasına Yönelik Uygulamalar	Ulaşım ağının entegre olmaması	Kullanıcıların akıllı şehir sistemlerindeki farklı altyapılar arasında geçişine imkân veren Ulaşım Yönetim Sistemlerinin geliştirilmesi, Verinin anonimleştirilmesi yoluyla açık kaynak kullanımının artırılması

3. Ulaşım Sektörünün Çevre Üzerindeki Etkilerini Dikkate Alan, Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Ulaşım Sektörünün Çevre Üzerindeki Etkilerini Dikkate Alan, Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar	Akıllı sistemlerde mevcut verilerin yetersizliği, verilerin etkin ve verimli kullanılamaması	Ulaşımda verimi artırmaya yönelik dijitalleşme; • Mevcut verilerin verimli ve etkin kullanımı • Araç/Altyapıya gerekli veri kaynakları eklenmesi • Akıllı Verimli ulaşım uygulama/yazılımları geliştirilmesi
Bağlantılı, Kooperatif, Otonom Elektrikli Araçlar ve Akıllı Altyapılar İçin Enerji Yönetim Sistemleri	Trafik ve altyapı kaynaklı emisyonların olması	Akıllı şehir altyapısını geliştirmek üzere X2X sistemlerin çalışabileceği ve birbirine entegre olabilir ileri teknoloji sistemlerin tasarlanması, makine öğrenmesi destekli veri temelli ve kullanıcı odaklı karar alma sistemlerinin desteklenmesi, Dijital altyapı ve veri analitiği gerektiren akıllı intermodal sistemlerin geliştirilmesi
Hizmet Olarak Hareketlilik ve Dağıtım (MaaS ve DaaS) Teknolojileri	Servis ve dağıtım ağlarının verimli ve etkin kullanılamaması	Ulaşım ve lojistik ağlarında optimizasyon tabanlı, IoT donanımlı, yapay zeka destekli, dijital platformlarının ve uygulamalarının (MaaS/DaaS) geliştirilmesine yönelik araştırma çalışmalarını desteklenmesi

5. POLİTİKA VE EYLEMLER

Bilim ve Teknoloji Komisyonu, disiplinlerüstü bütüncül bir yaklaşımla, üniversite, özel sektör, STK ve kamu'dan 97 uzmanın katılımı ile 40'dan fazla çevrimiçi toplantı gerçekleştirmiş ve toplantılarda 5 tema kapsamında, ülkemizin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum sürecinde fırsat yaratacak çığır açıcı teknolojilerde ivme kazanmasına yönelik teknoloji tabanlı 33 politika ifadesi ve her politikaya özel hedeflenmesi önerilen Ar-Ge ve yenilik konu başlıklarını içeren eylemler geliştirilmiştir. Sözkonusu kilit ve çığır açıcı teknolojilerin hayata geçirilmesine yönelik kolaylaştırıcı ve destekleyici unsurları içeren yatay politika alanlarında 1 politika ifadesi belirlenmiştir.

5 tema ve yatay politika alanları kapsamında toplam 34 Politika ve 262 Eylem belirlenmiş olup belirlenen Politikalar ve Eylemler 5 tema ve yatay politika alanları bazında aşağıda verilmektedir:

Tema 1: İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 1.

Aşırı iklim olayları (orman yangınları, sel, sıcak/soğuk hava dalgaları, fırtınalar, kuraklık gibi), deniz seviyelerindeki artış ve ilişkili bütünleşik afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için birbirine bağlı sistemlerin dirençliliğinin artırılmasında ve sektörler arası etkileşimlerinin öngörülmesinde i) dirençlilik analitiği, ii) risk haritaları ve iii) karar destek sistemlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Eylemler

1. Belirsizliğin azaltılması ve dönüşümsel uyum eylemlerinin ayrıntılı olarak planlanması amacıyla bütün iklim risklerini bir araya getiren risk haritalarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Maruziyet ve kırılganlık açısından risk faktörlerinin azaltılması için risk haritalarının hazırlanması ve ulusal coğrafi bilgi sistemleri de dahil ilgili altyapılardan sunulmak üzere sürekli olarak güncel tutulması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Oluşturulan risk haritalarına dayalı olarak bütünleşik afet riskinin azaltılması için dirençlilik analitiği ve etkileşimli karar destek sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Azaltım tabanlı çözümlere ek olarak aşırı iklim olaylarına dayalı çoklu tehlikelere karşı insan hayatı ve ekosistemler, doğal kaynaklar ve kritik altyapıların dirençliliğinin artırılmasına destek olacak dijital teknolojilerin geliştirilmesi.

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 2.

Küresel İklim Modeli geliştirilecek ve dönüşümsel uyum ve net sıfır sera gazı salım düzeyine erişmek için çok disiplinli yaklaşımla çözünürlük ve karmaşıklık düzeyleri açısından ileri özelliklere sahip bölgesel ve küresel modellerle birlikte çalıştırılan senaryolara sahip olunacaktır.

Eylemler

1. Net-sıfır salım hedeflerinin gerçekleşme düzeylerinin takip edilmesinde ve senaryo karşılaştırmalarının yapılmasında sera gazı salımları ve karbon yutakları arasındaki dengenin gerçek zamanlı/gerçek zamana yakın izlenmesini sağlayan çözümlerin artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

Uzun (2053)

2. En önemli karbon yutağı olan deniz ekosistemlerini, iklim modelleri ile bütünleşik çalıştıracak, gerçekçi sonuçlar elde edecek yenilikçi (uyum kapasitesi olan,

birleştirilmiş model ve makine öğrenmesi) ekosistem yaklaşımlarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Uzun (2053)

3. İleri özelliklere sahip modelleme ve senaryo yaklaşımları altında iklim, arazi, enerji ve su etkileşimlerinin entegrasyonunun artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Küresel ölçekli yer sistem modellerinin yerel ölçeklerde bölgeye özgü veriler ile çalışmasının iyileştirilmesi sağlanarak bütünleşik (hidrolojik, ekosistem, aerosol, kimyasal çevrimleri içeren) modellere yönelik iklim değişikliği projeksiyonlarındaki ölçek kaynaklı belirsizliklerin azaltılması ve mikrometeorolojik yöntem ile iklim ve ekosistem arasındaki etkileşimin (sera gazı değişimi) belirlenmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Mevsimlik hava tahmin modellerinin belirsizliklerinin azaltılmasına yönelik yapay zeka yöntemlerini de kullanan yeni algoritmaların geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Farklı model bileşenlerinin (atmosfer, hidrolojik, ekolojik vb) birlikte çalışabilirliğinin sağlanmasına yönelik platform yaklaşımlarının artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

Diğer önemli konular:

- Küresel İklim Modelinin geliştirilmesi sürecinde Küresel İklim Merkezleri ve uluslararası teşkilatlarla iş birliklerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 3.

Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi ekonomi platformları geliştirilmesi ve aynı zamanda deniz ekosistemlerinin karbon yutağı kapasitesinin artırılması.

Bu yönde i) yenilenebilir enerji ve denizel hidrojen kaynakları ile çalışan su altı ve üstü biyokütle çiftliklerinin kurulması ve potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin yetiştiriciliği, ii) derin denizlerden değerli metal hammaddelerinin sürdürülebilir şekilde elde edilmesi ve iii) yenilikçi gözlem platformları açısından öncül imkanlara sahip olunması sağlanacaktır.

Eylemler

1. Hem rüzgâr, akıntı, dalga ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını hem de sudaki çeşitli hidrojen kaynaklarını (H2O, H2S, NH3) kullanarak ekosistem duyarlı net sıfır salımı olan enerji üretimi ile güçlendirilecek denizaltı ve denizüstü biyokütle çiftlikleri geliştirilecektir (balıkçılığı, mikro ve makro alg hasatlaması vb.).

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Özellikle körfezler ve dar su yollarındaki akıntılardan ve kayda değer yoğunluk farkı bulunan kıyı-geçiş sularından enerji elde edilmesinde kullanılacak teknolojilerin geliştirilmesi ve bu teknolojilerin çevresel etkileri ile beraber sürdürülebilirlik potansiyelinin araştırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Biyoçeşitlilik ve ekosistem direncini artırarak denizin karbon yutağı kapasitesinin geliştirilmesi yönünde uygulamaları birleştirecek; biyoteknolojik açıdan potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin de yetiştiriciliğini destekleyecek; kara ve denizlerdeki büyük ölçekli biyoyakıt/gıda sistemi uygulamaları için gereken baz protein eldesini sağlayacak mavi ekonomi platformlarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

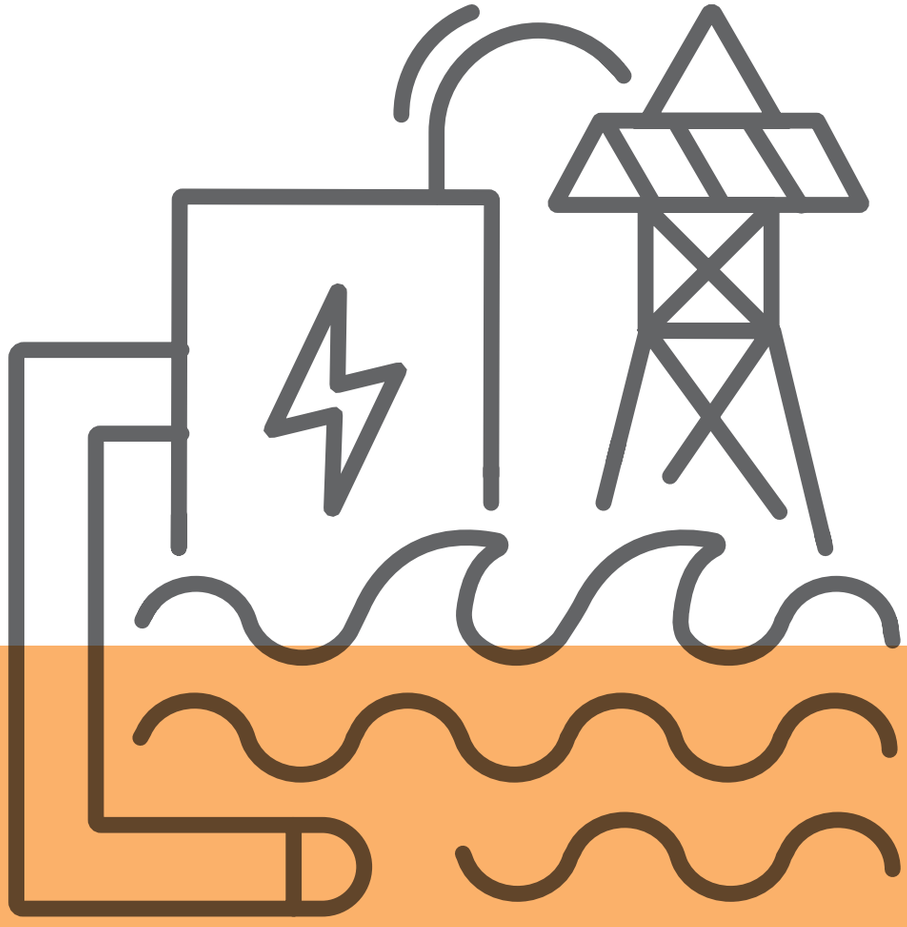
4. Entegre mavi ekonomi platformu kapsamında sistemleri entegre edecek makine öğrenimi/büyük veri uygulamalarının gelişmesi, denizel sensör ve diğer

teknolojilerin testleri, denizel ve karasal jeotermal veya çeşitli kaynaklardan ve deniz tabanından nadir metal türlerini ve fosfor geri kazanımını da içeren hammadde elde edilmesi gibi öncü araştırmaların yürütülmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. İleride belirlenecek koruma alanları içerisinde yer alacak bu platformların aynı zamanda ekosistemin dirençliliğini ve iklime karşı doğal salınımlarının da mekanizmasını ortaya çıkaran yenilikçi gözlem ve model platformları işlevine sahip olması

Vade: Uzun (2053)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 4.

İklim değişikliğinin ekosistemlere ve biyoçeşitliliğe etkileri, etki azaltımı ve sürdürülebilir ekosistem yönetimi için yüksek çözünürlüklü akıllı ve bütünleşik ekosistem ve biyoçeşitlilik gözlem ağlarının ülke çapında kritik iç su, denizel ve karasal ekosistemleri kapsaması sağlanacaktır.

Eylemler

İklim değişikliğinin ekosistemler ve canlılar üzerine etkilerinin uzun dönemli araştırılması ve yenilikçi doğa temelli çözümler üretilmesi amacıyla "Ulusal Uzun Dönemli Ekolojik Araştırmalar Ağı"nın kurulması ve bu araştırma ağının ileri AB araştırma altyapıları ile entegrasyonunun sağlanması ve Orta Doğu, Orta Asya ve Afrika'ya bilgi transfer edebilecek kapasiteye erişilmesi amacıyla:

1. İklim değişikliği ve arazi kullanımının ekosistemlere ve biyoçeşitliliğe olan etki mekanizmalarının sebep-sonuç ilişkilerini araştırmak için mezokozm, ekotron vb. otonom veri toplama, türler üzerinde ekosistem ölçeğinde izleme ve simülasyon yapma kapasitesine sahip deneysel sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yüksek çözünürlüklü, sürekli, düzenli, akıllı ve bütünleşik yerinde (in situ) gözlem ve ölçüm sistemleri ve ekosistem bileşenlerine yönelik öncü teknolojilerin (güvenilirliği yüksek veri üretimi ve analizi yapabilecek cihazlar, anlık veri toplama özelliği olan sabit sensörler, entegre şamandıra sistemleri ile sualtı ve havadan gözlem ve inceleme sistemleri, örüntü tanıma ve büyük veri analizi yapabilen yapay zekâ teknolojileri vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. İklim değişikliğinin ve karasal baskıların etkilerine (habitat parçalanması, ötrofikasyon, tuzlanma, müsilaj oluşumu, tarım ve ormanlarda parazitoid ve avcı tür kayıpları vb.) karşı ekosistem direncinin artırılmasına yönelik doğa temelli çözümlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Diğer konular:

- İklim değişikliğinin ekosistemlere etkileri konusunda yaygın ve güvenilir veri sağlanması için vatandaş bilimi inisiyatiflerinin güçlendirilmesi
- Halkın iklim değişikliği, ekoloji ve biyoçeşitlilik okuryazarlığının artırılması için her aşamadaki eğitim programlarında iklim değişikliğinin ekoloji ve biyoçeşitlilik ile ilişkisi konularına ağırlık verilmesi

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 5.

İklim değişikliği ile mücadelede gerekli uyum ve azaltım stratejilerine katkı sağlayacak şekilde insan, gıda ve çevre neksusunu kapsayan "Tek Sağlık" çerçevesinde ulusal/uluslararası düzeyde verileri değerlendiren akıllı ve yapay zekâ tabanlı teknolojik çözümler geliştirilecektir.

Eylemler

1. İklim değişikliği ile artış göstermesi beklenen mikroorganizma kökenli hastalıkların; dağılımı, bulaşma aralığı, taşıyan vektör veya ortamın patojene tanıdığı yaşam süresi ile ilgili elde edilen ulusal ve uluslararası düzeyde verileri kullanarak hastalıklara karşı etkili kontrol stratejilerinin geliştirilmesine yönelik analizlerinin yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Patojen (vektörler tarafından, hava yoluyla, yiyecekler ile veya suda taşınan) kaynaklı salgın hastalıkların artışı dikkate alınarak, bu salgınların oluşum mekanizmalarına ve engellenmesine yönelik uzaktan algılama tabanlı mekânsal planlama çözümlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Artan yağış miktarlarının neden olduğu su kaynaklarının kirlenmesi ve dolaylı hastalıkları önleyici yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Sucul ve karasal ekosistemlerde tahribat ve biyoçeşitliliğin azalmasında baskın rol üstlenen mikro/nano kirleticilerden kaynaklanan olumsuz etkilerin giderilmesine yönelik teknolojik çözümlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Suni tohumlama ve dölerme yöntemlerinin Tek Sağlık bakış açısına dayalı olarak insan, hayvan-bitki ve çevre sağlığı ve özellikle biyoçeşitlilik üzerine etkilerinin gözetilmesi ve gen havuzları içerisinde olası olumsuz etkilerinin araştırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 6.

Dirençliliği ve sürdürülebilirliği yüksek net sıfır sera gazı salımı olan yenilikçi entegre kentsel planlamaya yönelik CBS ve uzaktan algılama destekli eniyileme teknolojileri ve platformları geliştirilecektir.

Eylemler

1. Kentsel büyüme eğilimlerinin uzaktan algılama ve yapay zekâ tabanında tahmin edilmesini sağlayacak ve enerji taleplerini azaltacak şekilde entegre kentsel tasarımların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yeşil-mavi altyapıların uyum ve kentsel biyoçeşitlilik koridorları ve kent ormanlarını geliştirme amaçlı planlamada uzaktan algılama seçenekleri artırılarak aşırı iklim olaylarına karşı gerekli tedbirlere katkı sağlanması

Vade: Kısa/Orta (2035)

Enerji taleplerinin ve karbon yutaklara karşı şehirlerin baskısının azaltılmasını sağlayacak, kentsel büyümeyi limitli tutan ve iklime duyarlı kentsel büyümeyi sağlayacak, kentsel biyoçeşitliliği artıracak, kent klimatolojisinin tespiti, takibi ve kentlerin barındırabileceği taşıma kapasitesinin öngörülmesine katkı sağlayacak şekilde

3. Çok disiplinli yaklaşımlar (ekoloji, şehir ve bölge planlama, ulaşım, bina ve enerji) ile kentsel biyoçeşitlilik için yeşil-mavi altyapıların artırılacağı yüzeylerin tespit edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Entegre kentsel planlama teknolojilerinin insan sağlığına olumlu faydalarının çok disiplinli olarak analiz edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Yerel ölçekte yerel kaynakların gerçek zamanlı optimizasyonunu sağlayan, enerji depolama seçeneklerini çoğaltan ve dengeleyen, iklim nötr elektrik, ısı ve gaz şebekelerinin talep yönlü esnek yönetim sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Kentsel atıkların değer zincirleri içerisinde kalma sürelerinin arttırılması ve hammadde taleplerinin büyük oranda azaltılması için büyük veri destekli kentsel madencilik lojistiğinin artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Entegre mekânsal planlama dikkate alınarak çeşitli kaynaklardan elde edilen atık ısıların (bölge ısıtması, veri merkezleri ve metro istasyonları gibi) yerleşim yerlerinin enerji ihtiyaçlarına entegre edilmesini sağlayacak çözümlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Yenilenebilir enerji ve kaynak verimliliği yüksek kentlerin gerçekleştirmesine hizmet edecek iklim nötr hedefini destekleyen davranış değişiklikleri için sosyal ve beşerî bilim tabanlı çözümlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Tema 2: Temiz ve Döngüsel Ekonomi

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 7.

Sanayi sektörlerinde düşük karbonlu üretime ulaşmak için karbon tutma teknolojileri kapsamında membran, oksiyanma, kimyasal döngü, doğrudan atmosferden yakalama teknolojileri ile birlikte yüksek ısıl işlemlerde yenilenebilir enerji ve yeşil hidrojene dayalı yakma teknolojileri, mikrodalga, infrared, plazma vb. teknolojiler geliştirilecektir.

Eylemler

1. CO_2 emisyonu yoğun sektörlerde (çimento, seramik, demir-çelik, vb.) karbondioksit tutma maliyetinin düşürülmesi amacıyla bu sektörlerin proseslerine uygun yenilikçi karbon tutma teknolojilerinin (membranlar, enzimleri kullanan prosesler, iyonik sıvılar, vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yenilenebilir enerji kaynaklarının hem elektrik üretiminde hem de ısı kaynağı olarak proseslerde kullanımının yaygınlaştırılması (sanayide sıcak su ihtiyacının jeotermal ve güneş enerjisi teknolojileri kullanılarak sağlanması, yüksek ısıl işlemlerde konsantre solar termal enerji kullanımının adaptasyonu/entegrasyonuna yönelik teknolojiler, hibrit yenilenebilir enerji tesisleri kullanılarak hidrojen üretilmesi ve sanayide kullanımı için kısa ve orta vadede çalışmalarının yapılması vb.).

3. Sanayi tesislerinde yenilenebilir enerji için "üreten tüketicilere (prosumer) dönüşüm" teknolojileri ile blokzincir, işlemsel enerji, benzer kollar ticareti teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Yeşil hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesi, hidrojen enerjisinin sanayi sektörlerinde kullanımına imkan veren proseslerin geliştirilmesi (doğrudan indirgenmiş demir (DRI) üretimi, fırınlara entegre edilebilecek uygun regülatör, difüzer, kovan ve brülör sistemlerinin geliştirilmesi); sanayi sektörlerinde düşük/orta ısıl işlemlerde hidrojen kullanımına yönelik kojenerasyon/yüksek sıcaklık yakıt hücrelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

5. Fosil yakıtlara bağlı ısıl işlemlerle ikame edilmek üzere mikrodalga, plazma, infrared gibi alternatif sinterleme/kurutma teknolojilerinin ve genel olarak enerji verimli öğütme/granülleştirme teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. ORC (Organik Rankine Döngüsü) teknolojisi ile özellikle düşük sıcaklıklarda (minimum 50°C) atık ısı kazanımı teknolojileri, ısı pompalarının (>250°C) ve etkin ısı değiştirici teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Sanayi sektörlerinde alternatif hammaddelerin kullanımı ve kaynak verimli alternatif ürünlerin üretimi amacıyla sürdürülebilir ürün ve döngüsel ekonomi uygulamalarının (yeşil OSB, endüstriyel simbiyoz vb.) ve teknolojilerinin geliştirilmesi ve oluşturulacak "Temiz ve Döngüsel Ekonomi Teknolojileri Geliştirmesi ve Adaptasyonu Platformu" kapsamında değerlendirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 8.

Sanayi sektörlerinde tutulan karbondioksiti yararlı ürünlere dönüştürmek için yenilikçi ve maliyet etkin kimyasal, elektrokimyasal ve biyokimyasal katalizör ve reaktör teknolojileri geliştirilecektir.

Eylemler

1. CO_2'den

- yakıtlar (sentetik metan vb.),
- kimyasallar (metanol, DME, vb),
- polimerler (polikarbonat, vb)
- diğerleri (elementel karbon vb) ve
- değerli ürünlerin üretilmesi kapsamında, yenilikçi kimyasal, elektrokimyasal ve biyokimyasal katalizörlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

2. Katalizörlerde platin vb. değerli metaller yerine daha düşük maliyetli yenilikçi (MOF vb.) yapıların kullanılması

Vade: Uzun (2053)

3. Geliştirilen katalizörlerin verim, seçicilik, ömür kriterleri açısından optimize edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Pilot ölçek CO_2 dönüştürme proseslerinin kurulması, faaliyete geçirilmesi ve proses optimizasyonunun gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. CO_2 dönüştürme tesislerinin pilot ölçek verileri ışığında öncü tesis/endüstriyel tesislerde üretimin doğrulanması

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 9.

Atıkların ve biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesi amacıyla, yeni nesil gazlaştırma ve piroliz teknolojileri kullanılarak sürdürülebilir hidrojen, sentetik yakıtlar ve katma değeri yüksek ve geniş pazara sahip kimyasalların üretimi sağlanacak ve biyokimyasal teknolojiler kullanılarak üretilen biyogazdan yeşil metan üretim teknolojileri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Orman kökenli biyokütleler, tarım kökenli biyokütleler (domates, ayçiçeği, pamuk, çeltik sapları gibi), enerji bitkileri, fındık, ceviz, kayısı çekirdeği kabukları, gıda tesisleri atıkları ve hayvansal biyokütlelerin değerlendirilmesi amacıyla, biyoprosesler (biyogaz, biyoetanol, biyodizel üretimi), termokimyasal prosesler (piroliz, gazlaştırma teknolojileri ile aktif karbon, karbonca zengin malzeme, pirolitik yağ, sıvı yakıt, platform kimyasalları, hidrojence zengin sentez gazı, yeşil hidrojen, yeşil metanol, amonyak, etilen/propilen monomerleri üretimleri) ve hidrojen ve karbon dioksit teknolojilerinin (katalitik ve elektrokimyasal indirgeme yöntemleriyle sentetik yakıtlar ve kimyasal üretim teknolojileri) geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Biyokütle, biyoatık vb. atık çeşitlerinin yenilenebilir enerjiye dönüştürülmesi, biyoyakıt eldesi, organik atıktan elde edilebilecek biyogazın biyometan (yeşil metan) veya biyobütanol olarak yükseltilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi, biyogaz üretim kapasitesini arttırmaya yönelik ileri oksidasyon prosesi entegreli yerli anaerobik çürütücülerin ve kojenarasyon ünitelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Organik içeriği yüksek arıtma çamurlarının kurutularak, gazlaştırılarak veya hidrotermal karbonizasyon ile katı yakıta dönüştürülmesi; gazlaştırılması ile sentetik gaz ve hidrojen üretimine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 10.

Atık oluşumunun önlenmesi amacıyla öncelikli olarak ürünlerin tasarımı (eko tasarım, eko etiket vb.), üretim ve bakım teknolojilerinin bütünsel yaklaşımla ele alınması; atıkların değerlendirilmesi kapsamında evsel ve endüstriyel atıksulardan değerli kimyasalların geri kazanımı amacıyla ileri hibrit atıksu arıtma teknolojileri, membran teknolojileri ve kristalizasyon teknolojileri; elektronik atıklardan ve evsel atıklardan kritik hammaddelerin geri kazanımı amacıyla hibrit, kimyasal ve membran teknolojileri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Enerji verimliliği yüksek, daha az yer kaplayan ve organik maddeyi ayırabilen, kaynak geri kazanımını hedefleyen hibrit atıksu arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Kristalizasyon prosesi ile anaerobik çürütme sonrası sıvı akımlarında açığa çıkan azot, fosfor ve magnezyumun, amonyum fosfat gibi yüksek kaliteli gübreye dönüştürülmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Organik içeriği yüksek olan kentsel ve endüstriyel atıksulardan ayrışabilen biyoplastik elde edilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Endüstriyel atıksulardaki toksik bileşiklerin işletme yeterliliğine uygun olarak fiziksel (adsorpsiyon, membran filtrasyon, hibrid membran), kimyasal (fotokatalistler, peroksi-elektrokimyasal işlemler), biyolojik (anaerobik biyoremediasyon, MBR işlemleri), veya hibrid prosesler (membran filtrasyon+ozonlama, hibrid membran+entegre ozon biyolojik havalandırılmış filtre) ile ayrıştırılması sonucu temiz suyun efektif şekilde geri kazanımı, sıfır kimyasal atık deşarjı prensibi benimsenerek atıksularda Eco-Smart adı verilen akıllı filtre uygulamaları.

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Plastik gibi evsel atıkların, özellikle de poliolefin, polistiren ve PET ürünlerden geri kazanım ile değerli kimyasal eldesi; plastik atıkların pirolizi veya gazlaştırılması ile sentetik gaz ve hidrojen üretilmesi; eko-tasarım ve yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışmaları ile döngüsel ekonomi yaklaşımına uygun malzeme tasarlanması ve depolama alanlarına gidecek atık miktarının minimize edilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. İnşaat ve yıkıntı atığı bazlı betonların hali hazırda geri dönüşümünü hedefleyen malzeme teknolojilerinin yerine bu atıkların performans kriterlerinin geliştirileceği ileri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesi ve endüstriyel ölçekte inşaat sektörüne entegre edilmesi; biyojenik malzemelerin (örneğin: saman ve kenevir atıklarının) geliştirilen beton sistemlerinde lif donatı olarak değerlendirilmesi; biyojenik karbon gömülü biyo-bazlı yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Elektronik atıklardan nadir toprak elementleri (NTE) dahil olmak üzere AB komisyonu tarafından belirlenen kritik elementlerin geri kazanımı amacıyla sürdürülebilir hidrometalurjik ve pirometalurjik yöntemlerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Batarya geri dönüşümü için sürdürülebilir, uygun maliyetli ve düşük çevresel etkiye sahip hidrometalurjik ve solvometalurjik süreçlerin geliştirilmesi, yüksek saflıkta öncü malzemelerin geri kazanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi (örneğin: Li-CoO2'den yüksek saflıkta CoSO4, Co(OH)2 üretimi).

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Atıksu arıtma tesisi çıkış sularının tekrar kullanılmasına yönelik olarak doğrudan güneş enerjisi ile hidrojen eldesi (water splitting) sayesinde enerji ihtiyacını ve "sıfır deşarji" sağlayabilen arıtma tesislerinin geliştirilmesi.

Vade: Uzun (2053)

10. Endüstriyel ve tarımsal ürünlerin tasarımında yaşam döngüsü değerlendirmesi ve eko tasarım yaklaşımlarının uygulanması, ekolojik sağlık ve kaynak korunumunun değerlendirmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. Döngüsel ekonomi prensipleri ile endüstriyel atık ve evsel atıkların yönetimi için yerel ve bölgesel boyutta kaynak korunumuna ve ekolojik ayak izinin azaltılmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 11.

Tüm sektörlerde ve binalarda, sera gazı salımının izlenmesi, atık minimizasyonu, proses optimizasyonu ve enerji verimliliğinin arttırılması amaçlarıyla kullanılmak üzere ileri sensör teknolojileri, yapay zeka, makine öğrenmesi ve uzaktan algılama gibi dijital teknoloji uygulamalarını ve yaşam döngüsü değerlendirmesi yaklaşımlarını entegre eden teknolojiler geliştirilecektir.

Eylemler

1. CO_2, CH4 ve N2O başta olmak üzere sera gazı salımının izlenmesinde uygulanabilecek, seçiciliği ve hassasiyeti yüksek ileri baca gazı sensör teknolojileri ve kaçak emisyonların izlenmesinde uygulanabilecek düşük maliyetli ortam havası sensör teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yapay zeka gibi dijital teknoloji uygulamalarının mevcut otomasyon sistemlerine entegre edilerek sanayi tesislerinin anlık sera gazı salım izleme teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Uzaktan algılama ve yer tabanlı ölçüm sistemlerinin entegrasyonu ile bütünleşik sera gazı salım izleme teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

4. Sera gazı salımının izlenmesi amacıyla merkezi izleme ağının oluşturulması ve verilerin anlık ve dinamik olarak izlenmesi, bulut teknolojisi kullanılarak endüstriyel tesislerin sera gazı salım verilerini merkeze aktaracak akıllı izleme teknolojisinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Evsel katı atık toplama sistemlerinde kullanılmak üzere, akıllı konteyner ve doluluk algılama sensörlerinin geliştirilmesi; atık toplama rotalarının oluşturulması ve Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı navigasyon sistemleri ile entegre edilmesi; atık

ayrıştırması işleminde insan gücü yerine yakın kızılötesi optik ayrıştırıcılar, güncel görüntüleme sistemlerinin (LİDAR vb.) uygulanması; görüntü işleme ve delta tipi robotlar ile atık ayrıştırmaya yönelik teknolojilerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Sanayi sektörlerinde, üretim sisteminde oluşabilecek ve yönlendirilebilecek tüm atık ısının sensörlerle tespit edilmesi, ileri kontrol sistemleri ile yönetilen üretim süreçlerinde ısıya ihtiyaç duyulan proseslere en verimli üretimi gerçekleştirecek şekilde aktarılması için mevcut sistemlerin optimizasyonu ve yeni sistemlerin üretilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

1. Binalarda enerji performansı ve karbon emisyonu analizinin etkin bir biçimde gerçekleştirilmesi, yapay zeka tabanlı karar verme mekanizmalarının bu analizlere entegre edilmesi amacıyla akıllı termostat ve akıllı aydınlatma teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Atıksu arıtma tesislerinde gerçek-zamanlı veri ile beslenen akıllı izleme ve farklı sistemlerin birlikte çalışması için yapay zekâ tabanlı kontrol ve otomasyon içeren sistemlerin geliştirilmesi ve tesislerin dijital ikizlerinin oluşturulması.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 12.

Ulaştırma ve yapı sektöründe, mekanik sistemlerde ve sanayide büyük oranda enerji verimliliği sağlayan yüksek performanslı yenilikçi malzemeler (oda sıcaklığında kullanılabilen süperiletkenler, yüksek performans ve mukavemete sahip hafif malzemeler, zorlu koşullara dayanıklı yapısal malzemeler, ultra-düşük sürtünme sağlayan kaplama malzemeleri, çevre dostu yalıtım malzemeleri) ve malzeme tasarımları (yapay zeka, eklemeli imalat ve biyotaklit yaklaşımları) geliştirilecektir.

Eylemler

1. Oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda kullanılabilecek süper iletken malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

2. Ulaşım araçlarında kullanılmak üzere yüksek performans ve mukavemete sahip hafif malzemelerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

3. Ultra-düşük sürtünme sağlayan yeni kaplama malzemelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

4. Gelecek vaat eden yeni eklemeli imalat yöntemlerinin ve malzeme kabiliyetlerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

5. Topoloji optimizasyonu ve kafes yapı tasarımında araç olarak kullanılabilecek tasarım metodolojileri ve ilgili yazılımların geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

6. Yüksek entropili alaşımlar, refrakter alaşımlar ve yüksek performanslı polimer nanokompozitler başta olmak üzere yeni yapısal malzeme teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

7. Yerel hammaddeler kullanılarak ısı iletim katsayısı düşük (<0.065 W/mK) olan çevre dostu yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Tema 3: Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 13.

Yüksek verime ve yaşam ömrüne sahip, hafif, esnek ve maliyet-etkin; bina, araç, tarım ve su yüzeyi gibi uygulamalara sinerjik ve ergonomik olarak entegre edilebilecek fotovoltaik hücre, panel ve sistemleri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Fotovoltaik panellerin ömrünü 50 yılın üzerine çıkarmak için güneş altında dayanıklı enkapsülasyon polimer malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Güneş panellerinin kurulum maliyetlerini azaltılmasına ve kullanım alanlarının artmasına izin verecek şekilde esnek ve hafif olmasının sağlanması amacıyla 100 mikron altındaki silisyum veya ince film (örn., perovskit, CdTe, organik, kuantum nokta, CIGS) güneş hücre teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Amorf silisyum veya kuvantum tünelleme elektron ve delik iletimi sağlayan pasive edilmiş kontaklı hücrelerin ve tek soğurucunun getirdiği temel limiti aşmak için CdZnTe, GaAs ve perovskit ile tandem güneş hücrelerin geliştirilmesi ile birim alanda verim artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Güneş panellerinin maliyetini ve CO_2 salımını artıran iki temel unsurdan biri olan gümüş kullanımını azaltmak amacıyla; serigrafi ile kaplanan gümüş miktarının azaltılmasına veya elektroplating ile bakır kaplanmasına yönelik araştırmalar yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Güneş panellerinin binalar ile sinerjik ve ergonomik olarak entegre edilebilmesi için panellerin renklendirilmesi ve yalıtım gibi bina malzemelerinin standartlarına ulaştırılmasına yönelik araştırmalar yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Güneş panellerinin araçlar ile sinerjik ve ergonomik olarak entegre edilebilmesi için panellerin renklendirilmesi, aerodinamik ve yalıtım gibi araçlara has standartlara ulaştırılmasına yönelik araştırmalar yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Fotovoltaik panellerin tarım ile entegrasyonunu sağlamak amacıyla, yeterli güneşlenmeye izin veren, bitki türlerine ve yıllık beklentilere uygun, suyun verimli kullanımını da artıran boşluklu silisyum ve ince film veya şeffaf organik paneller geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Fotovoltaik panellerin su yüzeyi uygulamalarında ekosistemle uyumlu, tuzlu suya ve dalgalara dayanıklı, mavi ekonomi ile hibrit kullanıma sahip fotovoltaik panellerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Soğurucu malzeme ile elektron veya delik geçirgen malzemenin enerji bant uyumumun anlaşılması için temassız ve hızlı sonuçlar veren yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

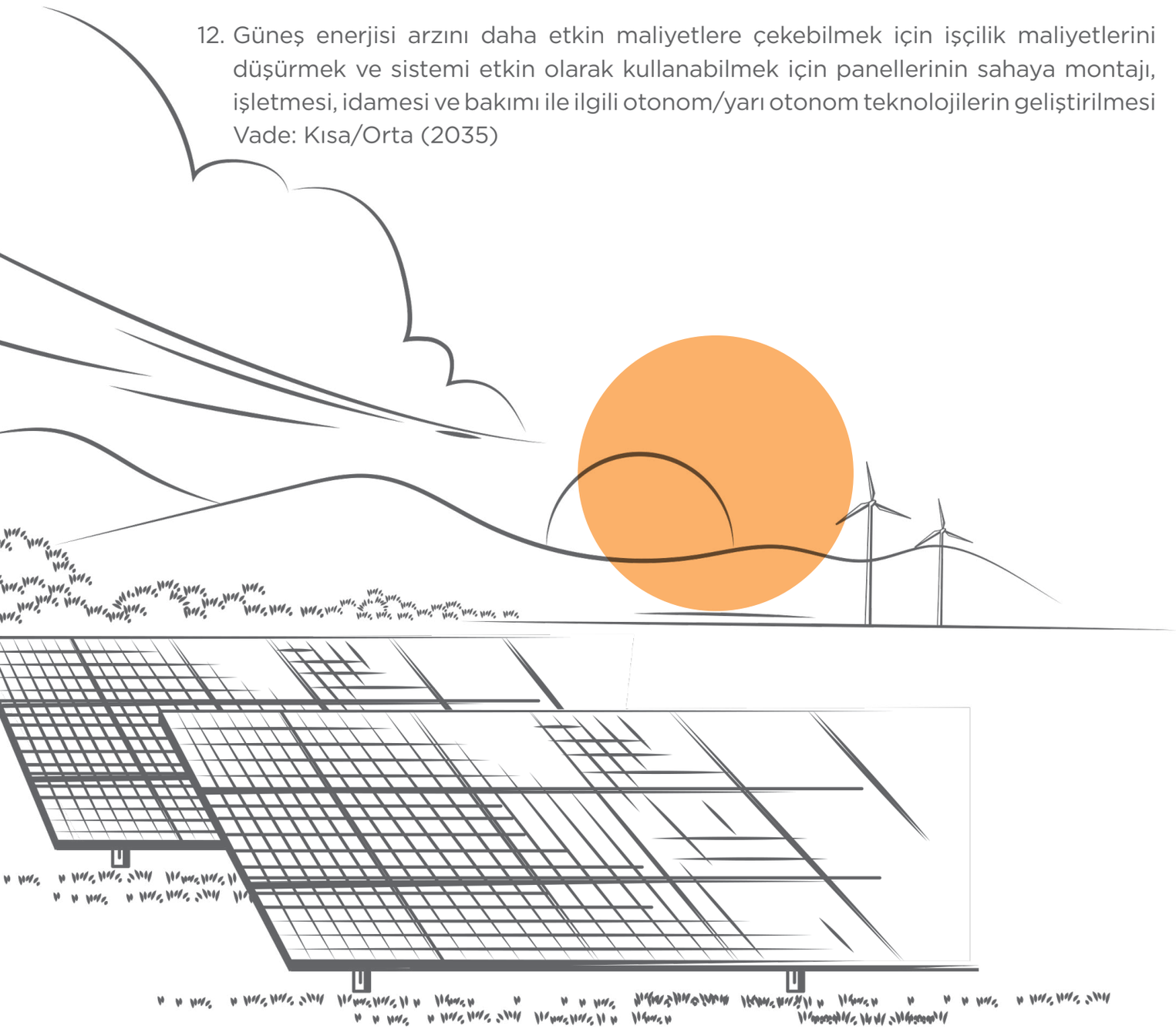
10. Soğurucu malzemelerin yüzeylerinde elektron-delik birleşimlerinin sınırlandırılması için kusur içermeyen bağ yapılarının anlaşılması amacıyla deneysel yöntem geliştirilmesi ve hızlı atomik modellemelerin yapılması

Vade: Uzun (2053)

11. Organik kurşun halojenür perovskite alternatif olabilecek mevcut silisyum teknoloji ile tandem kullanıma uygun yeni malzemelerin araştırılması

Vade: Uzun (2053)

12. Güneş enerjisi arzını daha etkin maliyetlere çekebilmek için işçilik maliyetlerini düşürmek ve sistemi etkin olarak kullanabilmek için panellerinin sahaya montajı, işletmesi, idamesi ve bakımı ile ilgili otonom/yarı otonom teknolojilerin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta (2035)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 14.

Yüksek verimli yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri geliştirilecektir.

• Spektral yansıtıcılığı yüksek (>99%) aynalar

• Üstün kaplama teknolojileriyle ve faz değiştiren malzemelerin entegre edildiği, yüksek soğurucu ve düşük enerji kaybı özelliklerine sahip alıcılar

• Yüksek özgül enerjiye sahip ve termofiziksel özellikleri yüksek sıcaklık dalgalanmalarına dayanıklı ısı transfer ortamı

• Yüksek sıcaklıkta faz değiştiren maddelerle desteklenmiş, kaskatlı termal enerji depolama sistemleri

Eylemler

1. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi termal enerji depolama sisteminin güç santralleri, hidrojen ve endüstri (Demir-Çelik gibi) uygulamalarının yapılabilmesine yönelik araştırmalar

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi termal enerji depolama sisteminin ısı, güç ve hidrojen üretiminde kullanıldığı sektörler arası entegre enerji sistemi (konutlar, sanayi, ulaşım, tarım sektörleri arasında) araştırmaları

Vade: Uzun (2053)

3. Demir ve kalay gibi malzemeler içermeyen ve spektral yansıtma oranı güneş enerjisinin spektral dağılımına uyumlu şekilde %99 oranına çıkarılmış ayna ve kaplama teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Doğrusal odaklı sistemlerde kullanılan içi boşaltılmış tüplerin enerji kayıplarının azaltılması, görünür spektrumda soğuruculuğu yüksek (%95 ve üzeri), kızılötesi spektrumda ışınım yayınılırlığı (%5 ve altı) düşük malzemeler ve/veya kaplamalar geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

5. Alıcı tüplerin içerisine yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve atık malzemeler kullanılan faz değiştiren malzemelerin entegre edilmesi; güneş enerjisinin değişken özelliğinin ısıl enerji üretimine etkisinin kaldırılması ve emre amadeliğin (dispatchability) artırılması Vade: Uzun (2053)

6. Düşük yoğunluk, yüksek özgül ısıl sığası ve vizkositeye sahip bütünleşik nano-malzemeler içeren ısı transfer ortamının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Emre amadelik için termal enerji depolama sistemlerinin ısıl güneş enerjisi sistemlerine entegre edilmesi

Vade: Uzun (2053)

8. Rankine çevriminin çok düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarından elektrik üretebilmesi için süperkritik CO_2 çalışmalarının yürütülmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 15.

Yüksek verime ve düşük enerji maliyetine sahip, içinde bulunduğu habitat ile daha uyumlu ve uygun tasarımlarla çok amaçlı kullanılabilen karaüstü, denizüstü ve uçan (airborne) rüzgar enerjisi sistemleri ile hibrit yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Eylemler

1. 10 MW üstü yüzen türbin sistemlerinde ağırlık azaltıcı, stabilite arttırıcı, lojistik kolaylaştırıcı, yenilikçi ve modüler tasarımların geliştirilmesi ve performanslarının iyileştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Açık deniz yüzen sistemlerin çapalarında yenilikçi malzemelerin kullanılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Açık deniz yüzen sistemlerin bakım onarım faaliyetlerine özel tasarlanmış deniz araçlarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Yüzen sistemlerin kuruldukları habitat ile etkileşimlerinin belirlenmesi ve ekosisteme olası zararının en aza indirgenmesi amacıyla teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Özellikle 10 MW üstü türbinlerde aktif ve pasif yük kontrolü ve yük azaltma yöntemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Kompozit rüzgar türbin kanatlarının zamana göre değişken yükler altında dayanımının fiziksel olarak modellenmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Denizüstü sabit rüzgar türbinlerinde dinamik zemin-yapı etkileşiminin yüksek hassasiyetle tahmin edilebilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Karaüstü veya denizüstü santrallerde bütün türbin geometrisinin çözümlenebildiği yüksek başarımlı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği simülasyon kabiliyeti yaratılması (yazılım ve donanım olarak)

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Birbirine yakın konumlanan karaüstü veya denizüstü santrallerin birbirlerini bloke etme özelliklerinin modellenerek enerji kayıplarının yüksek hassasiyetle tahmin edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

10. Karaüstü veya denizüstü türbinlerin hamleli rüzgar akışı altında (gusty wind conditions) üzerlerinde oluşan yüklerin yüksek hassasiyetle tahmin edilebilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. Karaüstü veya denizüstü türbinlerde kanat erozyonu ve kanat kirlenmesinin doğru olarak modellenmesi ve türbin performansına etkilerinin incelenmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Yenilikçi akış kontrol yöntemleri geliştirilerek türbinlerin daha yüksek enerji üretimi yapmasının sağlanmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

13. Rüzgar türbin ve santrallerinde yapay zeka temelli kontrolcü sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

14. Akıllı santral ve türbin sistemlerinde kullanılmak amacı ile yenilikçi sensör teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

15. Rüzgar türbinlerinde kırılma ve bozulma gelişimini tahmin etme yöntemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

16. Rüzgar türbin kanatlarında kullanılan hibrit kompozit (karbon fiber ve cam fiber) yapıların modellenmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

17. Türbin kanatlarında yapısal bütünlüğün gömülü sensörler ve dijital ikizler kullanılarak takibi

Vade: Kısa/Orta (2035)

18. Büyük veri ve yapay zeka kullanılarak rüzgar türbinlerinin yapısal performansının tahmini ve takibi

Vade: Kısa/Orta (2035)

19. Denizüstü türbin sistemlerinin yakınında (kıyıda veya denizde) deniz suyu kullanan elektrolizör sistemleriyle hidrojen üretimi sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

20. Yenilikçi, kolay kontrol edilebilen, yüksek verimli çalışabilen uçak, uçurtma ve zeplin rüzgar enerji sistemleri geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

21. Yüksek irtifada çalışabilecek yenilikçi tasarımların geliştirilmesi

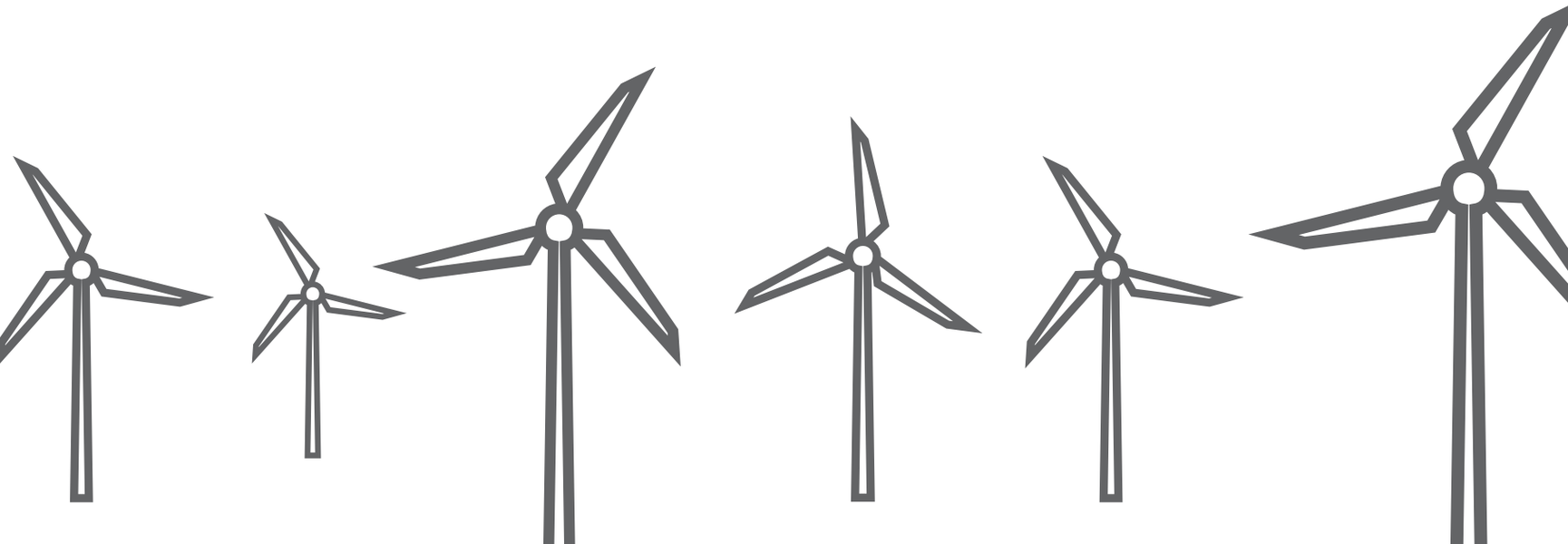
Vade: Uzun (2053)

22. Çok amaçlı (hibrit sistemler) yüzer platformlardan üretilecek enerji miktarının artırılmasına yönelik çalışmaların yapılması

Vade: Uzun (2053)

23. Her türlü enerji üretim sahasında hizmet verecek maliyetleri düşürmek için insan mevcudiyetini azaltacak, enerji verimliliğini artıracak kurulum ve bakımdan sorumlu iş makinaları otonom / yarı otonom sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 16.

Jeotermal enerji alanında derin sondaj ve yönlü sondaj teknolojileri, diğer enerji kaynaklarıyla kaskatlı olarak entegre edilebilecek ve farklı sektörlerdeki ihtiyaçları karşılayabilecek sistemler, sıcak kuru kaya teknolojileri gibi yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Eylemler

1. Sondaj kuyularının tasarımlarının ekosistemlere ve tarım alanlarına olumsuz etkilerini gidermeye yönelik yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yüksek sıcaklık, yüksek basınç, korozyon ve kavitasyona dayanıklı malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

3. Derin ve yönlü sondaj teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Derin jeotermal sistemlerdeki enerjiden yararlanmak ve jeotermal sondajların maliyetlerini düşürmek için yeni sondaj teknolojilerinin (kapalı döngü, milimetrik dalga teknolojisi, plazma teknolojisi gibi) geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

5. Çökme, mikrosismisite problemlerine çözüm olacak modeller ile jeotermal kaynaklı sismiklerin ölçülmesi ve izlenmesine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Jeotermal akışkanlardan minerallerin elde edilmesi ve; jeotermal akışkanda bulunan ve batarya teknolojisinde kullanılan lityum ve lityumun yerini alabilecek alternatif minerallerin eldesi için yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

7. Jeotermal akışkanın farklı sektörlerde (konut, endüstriyel, tarım, hayvancılık, hizmet, sağlık vs gibi) elektrik eldesi, soğutma uygulamaları, temiz su eldesi, hidrojen, alternatif yakıtlar ve kimyasal üretimi amacıyla etkin, verimli ve kaskatlı kullanılabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

8. Jeotermal akışkanın deniz suyu arıtımında kullanımına ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Jeotermal kaynaklı ısı pompaları ile yeraltı enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması için teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

10. Sığ jeotermal sistemlerden daha efektif yararlanmak için yöntemlerin geliştirilmesi Vade: Uzun (2053)

11. Yer kabuğuna ilişkin ayrıntılı ısı haritaları oluşturma yöntemlerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

12. Düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan elektrik üretimini sağlayacak organik rankine çevrimli sistemlerin ve gerektiğinde sıcaklık seviyelerini yükseltecek (heat upgrading) teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

13. Jeotermal enerjinin, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre bir şekilde kullanımına imkan verecek teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

14. Sıcak kuru kayaların ve bu kayalarda akışkan yerine gazların kullanımına ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 17.

Hidrojenin enerji taşıyıcısı, yakıt ve değerli kimyasalların eldesinde hammadde olarak kullanılmasına yönelik değer zincirinin her aşamasında öncü teknolojilerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

- Yenilenebilir ve diğer düşük karbonlu enerji kaynaklarından, linyit, biyokütle ve organik atıklardan karbon tutma teknolojileri ile bütünleşmiş hidrojen üretimi teknolojileri

- Bor hidrür bileşikleri, metal hidritler, sıvı organik hidrojen taşıyıcıları gibi depolama teknolojileri

- Kriyojenik soğutma ile sıvı hidrojen gibi taşıma teknolojileri

- Sanayinin ihtiyaç duyduğu amonyak, metanol vb. katma değerli ürünlerin eldesi;

- Enerji yoğun sektörlerde CO_2 azaltma ve/veya değerlendirilmesi,

- Ulaşım, mobil ve evsel alanlarda yakıt pili uygulamaları yönelik teknolojiler

Eylemler

1. Doğalgaz/metan/biyometan pirolizi yoluyla hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

2. Termoliz, fotoelektrokimyasal, fotoelektroliz, fotoelektrokataliz, fotobiyoliz, sonik/ultrasonik yöntemler ile hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

3. Karadeniz dip sularındaki H2S'den H2 üretimi için ekolojik ve ekonomik teknolojilerin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta

4. Hafif metallerin (alüminyum vb.) hidrolizi ile kullanım yerinde hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Linyit, biyokütle ve organik atıkların gazlaştırılması ve karbondioksitin tutulması ile hidrojen üretilmesi konusunda teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Yenilenebilir enerjiden elektroliz yolu ile maliyet etkin yeşil hidrojen üretimi teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Hidrojen taşıma teknolojilerinin geliştirilmesi (kriyojenik soğutma ile sıvı hidrojen, boru hatları vb.)

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

8. Mevcut altyapı değişiklikleri ve dönüşümüne yönelik (taşıma, depolama, dolum istasyonları vb.) gerekli teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Hidrojen ve hidrojen karışımlı yakıtlar için yakma sistemleri teknolojilerinin (yakıcılar, gaz türbini vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

10. Yüksek basınçlı hidrojen depolama sistemleri, bor hidrür bileşikleri, metal hidrürler, zeolit, karbon temelli adsorbanlar, LOHC vb. hidrojen depolama teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

11. Çeşitli proseslerden üretilmiş hidrojenin temizlenmesi, ayrıştırılması, koşullandırılması için teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Hidrojenli yakıt pili teknolojilerinin farklı uygulamalarda (ulaşım, evsel, taşınabilir uygulamalar) kullanımına imkân verecek teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

13. Enerji yoğun sektörlerde CO_2 azaltma ve/veya değerlendirme amacıyla hidrojen kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

14. Hidrojenin hammadde olarak kullanımıyla, alternatif yakıtlar ve kimyasalların üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (yenilenebilir metan, metanol, etanol, DME vb.)

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

15. Hidrojenin hammadde olarak kullanılması ve havadaki azotun ayrıştırılması ile amonyak üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (katalizör geliştirilmesi dahil)

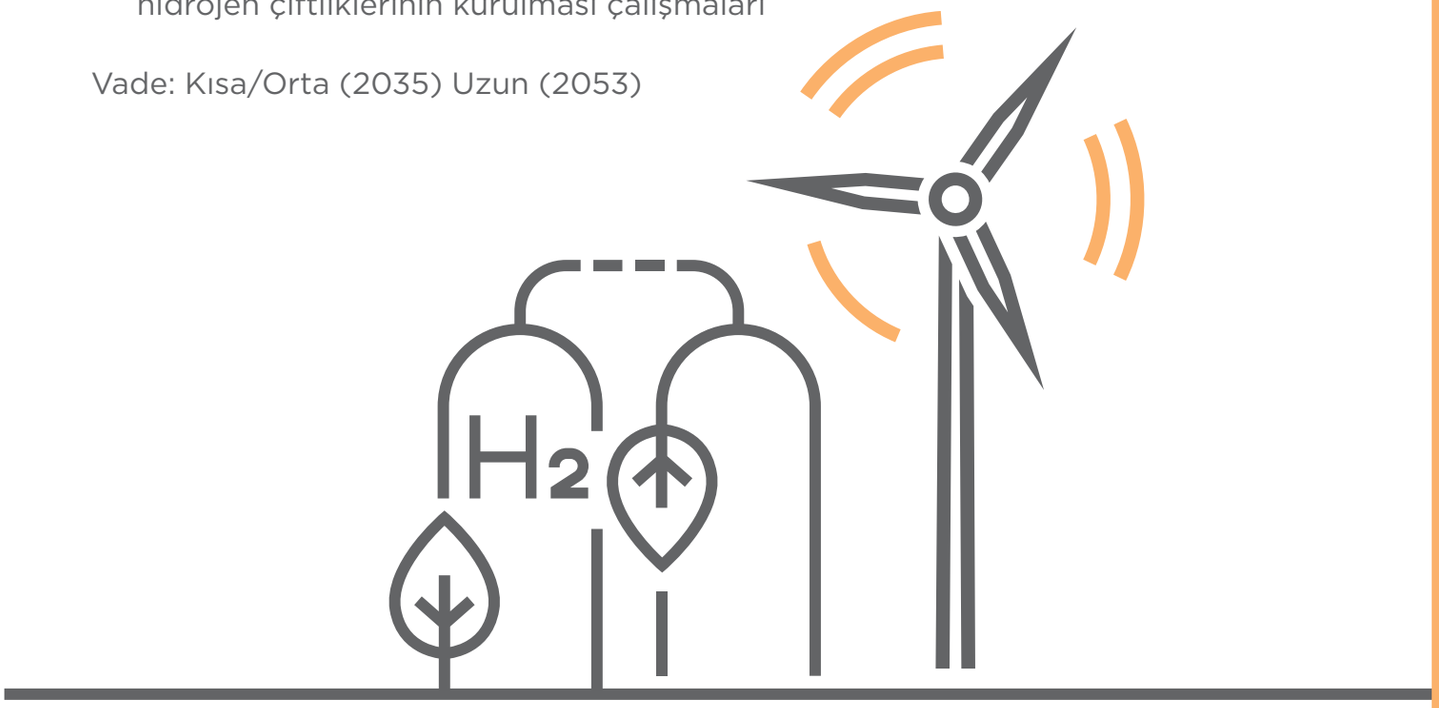
Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

16. Hidrojen enerji sistemleri için yardımcı ekipmanlar ve elemanların (kompresör, sensör, valf, sızdırmazlık ekipmanları, akış ölçme ve kontrol bileşenleri vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

17. Yenilenebilir enerji kullanarak maliyet etkin bir şekilde yeşil hidrojen üretilen hidrojen çiftliklerinin kurulması çalışmaları

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 18.

Temiz ve güvenli nükleer enerji teknolojilerinde çığır açıcı yaklaşımlardan olan Yeni Nesil Küçük Modüler Reaktör teknolojilerinin geliştirilmesi; Küçük Modüler Reaktörlerin yenilenebilir enerji kaynakları ile entegrasyonu; elektriğin yanında diğer faydalı çıktıları (ısı, temiz su, hidrojen, alternatif yakıtlar gibi) üretebilecek entegre sistem teknolojilerinin ve nükleer atık yönetim teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

Eylemler

1. Çeşitli seçeneklerin öne çıktığı (hafif su, hızlı nötron, grafit moderatörlü yüksek sıcaklık ve ergimiş tuz) küçük modüler reaktör teknolojilerine yönelik çalışmaların yapılması ve ülkemiz için önem ihtiva eden toryuma dayalı nükleer santral teknolojilerinin geliştirilmesi

2. Küçük modüler reaktörlerin güvenliğinin geliştirilmesi çalışmaları: Sayısal hesaplama alt yapıları, termal / hidrolik – nötronik, yakıt ve malzeme performansı kodları temini ve geliştirilmesi, teorik hesaplamaların ve simülasyon çalışmalarının yapılması

3. Radyasyon ölçme, izleme ve uyarı sistem teknolojilerinin geliştirilmesi ve kurulması

4. Reaktör kontrol sistemleri ve ilgili enstrümantasyon, kontrol, ölçüm teknolojilerinin geliştirilmesi

5. Dijital ikiz ve reaktör simulatörü geliştirilmesi

6. Küçük modüler reaktörlerin ısı ve elektrik enerjisi çıktılarından yararlanarak hidrojen üretimi, metanol ve amonyak gibi yakıtların geliştirilmesi ve bu çıktıların gemi taşımacılığı ve tarım gibi uygulamalarda değerlendirilmesi

7. Yapısal malzemelerin üretimi: Süper Alaşımlı Malzemeler Teknolojisi Geliştirilmesi (Nikel tabanlı süper alaşımlar ve diğer malzemelerin geliştirilmesi ve performans testlerinin yapılması)

8. Nükleer atık yönetim sistem teknolojilerini geliştirilmesi

9. Generation IV International Forum (GIF) ve ITER gibi uluslararası işbirliği çalışmalarına katılım sağlanması

BIO

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 19.

Katma değer potansiyeli yüksek organik atıkların ve mikro alglerin biyokimyasal, termokimyasal ve hidrotermal teknolojilerle biyoyakıtlar (katı, sıvı, gaz) ve hidrojen gibi ürünlere dönüştürülmesine yönelik sıfır atık, döngüsel ekonomi ve çoklu ürün amaçlı, yenilenebilir enerji destekli entegre biyorafineriler ve yenilikçi teknolojiler geliştirilecektir.

Eylemler

1. Foto(biyo) katalitik yöntemlerle yapay fotosentez proseslerinin geliştirilerek biyoyakıt ve biyohidrojen üretiminde kullanılması

Vade: Uzun (2053)

2. Biyo kaynaklar kullanılarak foto(mikrobiyal)-enzimatik yakıt pili teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

3. Mikroalg ve/veya yenilenebilir biyo kaynaklardan çeşitli sektörlerin kullanımı için sıvı yakıt (sivil havacılık ve denizcilik yakıtları dahil) ve değer zinciri yaratacak yan ürünleri (protein, biyoplastik, biyogübre, vb.) üretme amaçlı, sıfır atık, döngüsel ekonomi ve çoklu ürün eldesine yönelik, maliyet-etkin yenilenebilir enerji destekli entegre biyorafineri teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Biyorafinerilerde kullanılacak (foto)biyoreaktör verimlerinin çok fazlı akışkanlar mekaniği, ışığın kaynaktan temini ve soğurulması teknolojileri, vb yöntemlerle artırılması; enerji verimli, ölçeklendirilebilir biyokütle ayırma, parçalama, kurutma, vd. biyoproses teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Plazma destekli teknolojiler dahil

5. Mikroalg türlerinin moleküler iyileştirme teknikleri (CRISPR, RNAi, vd.) kullanılarak 4. nesil biyoyakıtlar ve yüksek katma değerli biyoteknolojik ürünlerin üretimi için geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

6. Elektrokimyasal, termokimyasal ve fotonik yöntemler ile CO_2'in değerlendirilmesi kapsamında biyoyakıt ve değerli kimyasalların üretimi ve biyorafineri uygulamalarına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

7. Hidrotermal proses suları dahil atık suların ihtiva ettiği azot ve fosfor besi maddeleri ile karbon yoğun proseslerden ve/veya doğrudan havadan yakalanan CO_2'i kullanarak mikro alg üretim teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Atıksu arıtma tesislerinde ortaya çıkan çamur, tarım, orman, hayvancılık ve sanayi kaynaklı diğer atıkları biyokimyasal (enzimatik, mikrobiyal çevrimler dahil), termokimyasal (piroliz, gazlaştırma vb.) ve hidrotermal (hidrotermal sıvılaştırma, karbonizasyon, kritik üstü gazlaştırma vb.) teknolojilerle yenilenebilir katı, sıvı, gaz yakıtlara, biyopestisitlere ve hidrojene dönüşterecek (katalitik iyileştirme dahil) teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 20.

Siber-Fiziksel-Sosyal katmanlardan oluşan enerji sistemlerinde:

• değer zincirindeki tüm faaliyetlerin verimli ve maliyet etkin şekilde çalışmasını amaçlayan,

• dijital teknolojilere dayanan,

• ölçeklenebilir,

• sistemlerin sistemi yaklaşımıyla sistemler arası etkileşimleri dikkate alarak enerji verimliliği sağlayan

otonom enerji yönetim sistemlerinin ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Eylemler

1. Bina enerji performansı hesaplama ve tahminleme için ileri dijital teknolojilerin (enerji modelleme, oyunlaştırma, yapay zeka, büyük veri analizi, karar-destek sistemleri, tasarım araçları) geliştirilmesi;

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

2. Binaların ve kentlerin, entegre enerji sistemleri ile birlikte dijital ikizlerinin modellenmesi; binalara ve yapılı çevreye dair büyük veri setlerinin oluşturulması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Kritik amaçlı binalardan (kamu, hastane, askeri gibi) başlamak üzere tüm binaların iklim değişikliğine, afet durumlarına ve enerji kesintilerine dirençliliğinin artırılması için sensör ağları ile gerçek zamanlı izleme ve müdahaleyi mümkün kılan otomasyon teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Kentlerin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı 4D (3D mekan + zaman) risk haritalarının oluşturulması, kentsel ısı adalarındaki yığının tespiti ve acil tehlike durumlarında müdahaleleri destekleyecek karar destek sistemlerinin geliştirilmesi

5. Yapay zeka teknolojilerinin yanı sıra numerik analizleri de içeren büyük veri analiz yöntemlerinin her bir sistem (elektrik şebekesi, binalar, ulaşım, su şebekesi vb.) ve sistemler arası için geliştirilmesi,

Vade: Kısa/Orta (2035)

Arz, talep, üretim, dönüşüm, iletim, dağıtım ve depolama

6. SCADA ve gerçek zamanlı izleme sistemleri ile akranlar arası enerji ticareti uygulamaları için siber güvenlik (blokzincir yapıları, anomali tespiti, siber saldırı, yanlış veri, kaçak kullanım vb.) üzerine yöntemlerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Farklı SCADA ve izleme sistemlerinin birbirleri ile entegre çalışmasının sağlanması
Vade: Uzun (2053)

8. Sistemlerin sistemi anlayışına uygun (farklı sistemlerin birbirine etkilerini gözeten) karar destek sistemlerinin ve otonom enerji yönetim sistemlerinin ölçeklenebilir olarak tasarlanması

Vade: Uzun (2053)

9. Maliyet-etkin yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinin ve sistemlerinin, depolama ünitelerinin, elektrikli araçların, akıllı bina sistemlerinin yönetilmesine yönelik algoritmaların geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Tema 4: Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 21.

Farklı iklim etkilerine karşı (kuraklık, sıcak/soğuk hava dalgası, şiddetli yağış, don vb.) karşı tarım desenleri ve yöntemleri (çöl koşullarında tarım, denizde tarım gibi) geliştirilecek, iklim kaynaklı stres koşullarına dayanıklı yeni ve yerli bitki çeşitlerinin ve hayvan ırklarının daha kısa zamanda geliştirilebilmesi için klasik, biyoteknolojik ve moleküler genetik destekli (CRISPR gen teknolojisi gibi) ıslah çalışmaları gerçekleştirilecek ve entegrasyonu sağlanacaktır.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Uzun (2053)

Eylemler

1. CRISPR teknolojisi gibi daha güvenli ve spesifik genetik materyal düzenlemeleri; gıda ve çeşitli sektörlerde kullanılmak üzere biyoreaktörlerde bitkisel metabolitlerin üretimi

Vade: Uzun (2053)

2. Yeni nesil DNA ve RNA dizileme teknolojilerinin kullanımı aracılığıyla iklim değişikliği sonucunda oluşacak abiyotik ve biyotik stres koşulları ile ilişkili genlerin belirlenmesi, moleküler yolakların aydınlatılması ve ıslah için uygun ebeveynlerin seçilmesi

Vade: Uzun (2053)

3. Hızlı ıslah (Speed Breeding) gibi ıslah sürecini kısaltan yeni yöntemler kullanılarak su kullanım etkinliği yüksek, kuraklığa dayanıklı yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Doku kültürü ile klasik yollarla çoğaltılması güç olan bitki türlerinin in vitro mikroçoğaltımı

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Klasik ve biyoteknolojik yöntemler kullanılarak iklim değişikliği sonucunda oluşacak biyotik ve abiyotik stres koşullarına toleranslı/dayanıklı bitki çeşitlerinin ve hayvan ırklarının geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

6. Virüsten ari bitki fidelerinin moleküler markörler ile seçimi ve çoğaltımı

Vade: Uzun (2053)

7. Yemden yararlanma oranı yüksek ve sera gazı salımı düşük yerli ve kültür ırkı çiftlik hayvanlarının ıslah ve seleksiyon modellerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

8. Akuakültürde hem tür çeşitliliği (alg, kabuklu gibi) hem de kullanılan teknolojiler açısından alternatiflerin; kapalı devre sistem teknolojileri, sualtı kafes sistemleri, multitrofik ve akuaponik gibi yenilikçi yöntemlerle geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilmek için tarımsal ürün deseninde ülkemizde daha önce yaygın üretimi yapılmayan ancak fazla besin isteği ve toprak seçiciliği olmayan kuraklığa dayanıklı (sorgum ve darı gibi) bitki türlerinin ıslah ve adaptasyon çalışmalarının yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

10. Mikroorganizmaların hücresel fabrikalar (cellular factories) olarak yüksek verimli mikrobiyal protein üretiminde kullanımına yönelik biyoteknolojik yöntemler geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. Elzem amino asit kompozisyonu bakımından hayvansal kaynaklı proteinleri ikame edebilecek alternatif bitkisel protein kaynaklarının (soya gibi) geliştirilmesi ve üretimi

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Tarımsal üretimde kuraklıkla mücadele kapsamında farklı kurak ve yarı kurak ekolojik bölgeler ve ürünler için bitki kök bölgesinde suyun uygun tutulmasını sağlayan su hasadı yöntemlerinin (yağmur suyu yönetimi) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

13. Deniz ve çöl gibi daha önce tarım alanı olarak kullanılamayan alanların değerlendirilebilmesi için uygun olabilecek bitki ve hayvan türlerinin, çeşitlerinin belirlenmesi ve uyumu kolaylaştıracak teknolojik çözüm yollarının geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

14. Tarım arazileri ile mera alanlarında iklim değişikliği ve yanlış kullanımlar nedeniyle ortaya çıkan bozulumun engellenmesi, toprakta organik karbon kayıplarının

önlenmesi, tarım topraklarında karbon tutulumunun sağlanmasına yönelik tekniklerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

15. Arıtılmış kentsel atık suların tarımda etkin ve verimli kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Not: Ülkemizde bitki ve hayvanlarda genetik müdahalelere Ar-Ge çalışmaları açısından engel olmamasına rağmen, Biyogüvenlik Kanunu nedeniyle uygulamaya geçilememektedir. Bu durum nedeniyle araştırmalar da kısıtlı kalmaktadır. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemiz ihtiyaçlarına çözüm sağlayabilecek biyoteknolojik ürünlerin sıkı kontrol mekanizmalarından geçirilmek kaydı ile uygulamaya aktarılabilmesi için Biyogüvenlik Kanununda değişiklikler yapılmalıdır.

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 22.

Avrupa Birliği gibi hedef pazarlara yönelik tarım ürünleri ihracatının gelecekte ortaya çıkabilecek yasal düzenlemeler nedeniyle sekteye uğramaması için tarımda pestisit bağımlılığını azaltılmasına ve organik tarımın yaygınlaştırılmasına yönelik yenilikçi biyolojik mücadele yöntemleri (faydalı böcekler gibi), biyoteknolojik uygulamalarla hastalık ve zararlılara dirençli bitkiler ve biyopestisitler geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Drone teknolojisinin, zararlı ve hastalık takip ve tanı sistemlerinde kullanımı ve biyolojik mücadele etmenlerinin (parazitoid, predatör ve mikroorganizma) salımına yönelik uygulamaların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Bitki hastalıkları ile mücadelede faydalı organizmaların ve bakteriyofajların üretimi, formülasyonu, etkin doz ve uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi; böylelikle hastalıklardan kaynaklanan ürün kayıplarının azaltılması ve pestisit kalıntısı içermeyen kaliteli ürünlerin elde edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Biyoteknolojik uygulamalarla organik tarıma uygun doğal biyopestisitler geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. İklim değişikliği sonucu oluşacak hastalık ve zararlılara karşı daha az pestisit kullanılması için gerekli ilaç formülasyonlarının, uygulama aletlerinin ve tekniklerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Çevreye duyarlı biyorasyonel preparatların geliştirilmesi ve uygulamaya aktarılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Pestisite alternatif mücadele yöntemleri değerlendirilerek ürün bazında pestisit kullanımını net olarak azaltacak, "Bağda biyolojik mücadele temelli IPM stratejisi" gibi Entegre Zararlı Organizma Yönetimi (IPM) modellerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Pestisit kullanımı olmadan üretimi yapılamayan bitki türlerinde biyoteknolojik yöntemlerle böceklere dayanıklılık geni aktarılmış yeni çeşitlerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

8. Hayvancılıkta ilaç kullanımının azaltılmasına yönelik yenilikçi aşıların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Bitki hastalıklarının uzaktan ve yakından tanısı, tespiti, haritalandırılması amacıyla yüksek çözünürlüklü hiperspektral ve termal görüntüleme teknolojilerinin ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

10. Dikey seralarda organik ürün yetiştiriciliğinde kalite güvencesinin sağlanması ve maliyetlerin düşürülmesine yönelik yapay zekâ ve robot teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. İklim değişikliğinin hastalık, zararlı ve yabancı ot popülasyon gelişimine etkilerinin belirlenmesi, izlenmesi ve baskılanmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi; pilot uygulamaların yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Pestisitlerin münavebe bitkilerine ve hedef dışı organizmalara karşı toksisitesi ile tarımsal ürünlerdeki kalıntıları ve izin verilen maksimum kalıntı düzeylerinin (MRL) belirlemesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

13. Zararlı organizmaların pestisitlere karşı geliştirdiği direncin belirlenmesi, izlenmesi, haritalanması

Vade: Kısa/Orta (2035)

14. Herbisit kullanımını azaltmak için yabancı otların tespit, tanı ve mücadelesine yönelik olarak uzaktan algılama, yapay zekâ, insansız hava araçları ve robotik teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 23.

Tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımını azaltabilmek için yeni nesil etkili gübre üretim teknolojileri ve nesnelerin interneti (IoT), yapay zeka ve sensör teknolojileri temelli gübreleme sistemleri geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Azotlu gübre kullanımının azaltılmasına yönelik olarak azot kullanım etkinliği yüksek çeşitlerin klasik ve/veya biyoteknolojik yöntemler kullanılarak geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Gıda atıklarından aerobik ve anaerobik fermantasyon teknikleri kullanılarak toprak için yararlı organomineraller ve probiyotik mikroorganizmalar açısından zengin biyogübre geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Yavaş salınımlı gübrelerin geliştirilmesi ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Gübre sanayinde doğal gaz kullanımına dayalı amonyak üretiminin ve dışa bağımlılığın ortadan kaldırılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları (güneş enerjisi gibi) kullanarak plazma teknolojisine dayalı amonyak üretim prosesi geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Standart kimyasal gübre uygulaması yerine, toprak analizine dayalı hassas tarım teknikleri kullanarak değişken oranlı gübreleme uygulamalarının geliştirilmesi (Bu kapsamda toprakların üretkenliği ve verimliliğine göre özelliklerinin belirlenerek toprak kalite indekslerinin oluşturulması, ürüne özgü uygunluk sınıflarının belirlenmesi ve toprak veri tabanının oluşturulması; toprak kalite parametreleri içerisinde mikrobiyolojik verimlilik ve mikroorganizma çeşitliliğini saptayan

indikatörlerin belirlenmesi)

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Toprağın belli bir dalga boyunda parmak izi toplanarak, gübrelemeye esas olacak şekilde makine öğrenimine dayalı hızlı toprak analizi yöntemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. İnsansız hava araçlarının (İHA) hassas tarımın sadece veri toplama işlemlerinde değil, aynı zamanda otonom ve programlanabilme özelliği sayesinde tarlada istenen bölgeye değişken düzeyli kimyasal (pestisit ve gübre) uygulamalarında kullanılmasına yönelik tekniklerin geliştirilmesi

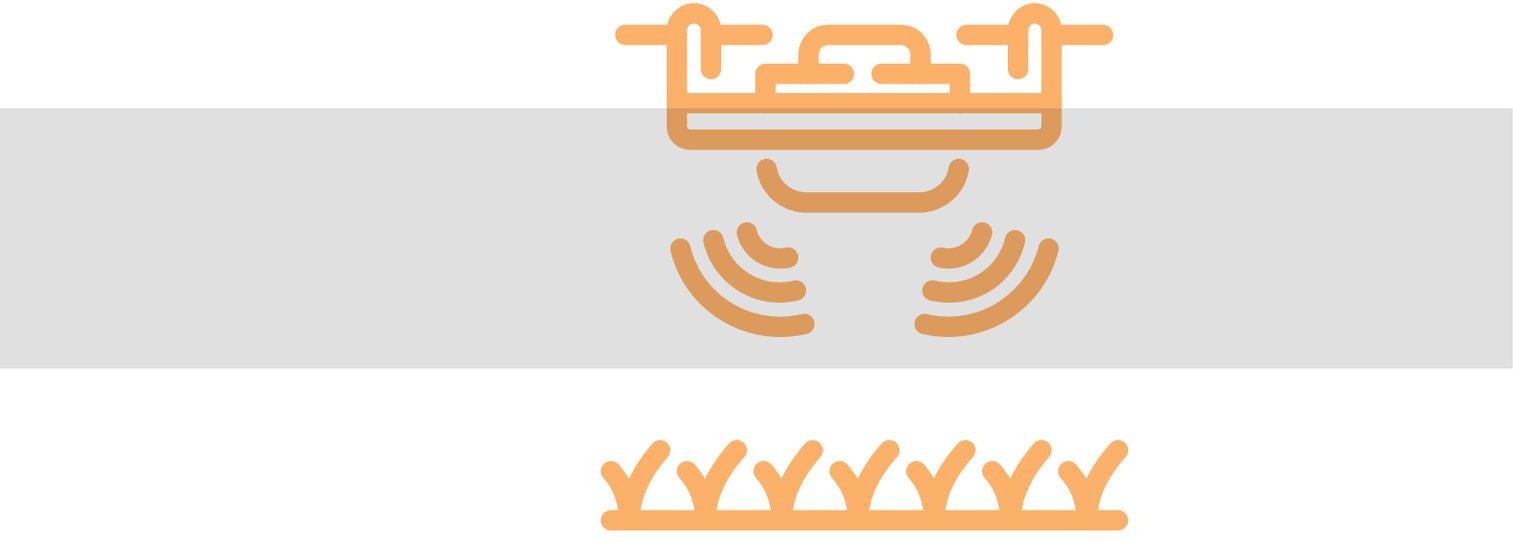
Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Nesnelerin interneti (IoT) tabanlı toprak analiz ve izleme sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Arazilerin ihtiyacı olduğu alana gübrenin verilmesine yönelik uzaktan algılama uygulamaları, sensör teknolojileri ve yazılımların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 24.

Tarımsal üretim potansiyelinin artırılmasına, tarımı etkileyen iklim koşullarının kontrol altına alınmasına ve kritik girdilerin optimal kullanılmasına yönelik insansız tarım araçları (İTA), otonom ve/veya insansız tarım robotları ve ileri teknoloji çevre dostu tarım makinaları, uzaktan algılama teknolojisini içeren veri odaklı tarım bilgi sistemleri geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Tarımsal üretimde sera gazı salımı düşük robotik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Çiftlik hayvanlarında metan gazı salımının izlenebilmesine yönelik olarak metan ölçüm sensörlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Toprağın sürdürülebilir kullanımına yönelik olarak, bölgenin ekolojik yapısına uygun ve sosyo-ekonomik gereksinmeleri karşılayabilecek tarımsal arazi kullanım planlaması modellerinin geliştirilmesi ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Otomasyon tabanlı sulama teknolojileri geliştirilmesi ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Meteoroloji uyduları ile bağlantılı hareket edebilen, tarım arazilerinde rutin örnekleme yaparak toprak özelliklerini (karbon miktarı, nem oranı, mineral oranı gibi) tespit edebilen ve buna göre gübreleme, sulama planlaması yapabilen akıllı tarım makinelerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Tarım ekosisteminde çevre dostu ve döngüsel ekonomiyi hedefleyen, aynı zamanda güvenilir gıda temini için ekolojik bölgelere göre özelleşmiş akıllı tarım tekniklerinin geliştirilmesi ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. İnsansız hava araçları (İHA) ve uydu sistemlerine entegre sensörler aracılığıyla bitki su tüketiminin belirlenmesi ve yapay zeka teknikleriyle izlenmesine yönelik teknolojik uygulamaların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. İnsansız hava araçları (İHA) ve uydu sistemlerine entegre sensörler aracılığıyla kuraklık takibi, vejetasyon izleme ve verim tahminine yönelik bölgesel düzeyde ve bitkiye göre özelleşmiş modellerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Tarımsal üretim süreçlerinde traktör üzerinden tarlaların gerçek zamanlı takibi, yabani ot tespiti, hastalık tespiti, bitki gelişim ve azot stresi tespiti işlemlerini gerçekleştirebilecek yapay zekâ destekli yerli platformun geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

10. Tarımsal üretim süreçlerinde kullanılmak üzere “toprak işleme, ekim, ilaçlama, gübreleme” işlemlerini gerçekleştirebilecek hassas konumlanma sistemine sahip farklı sensör ve ekipmanlarla çalışabilecek tam otonom kendi yürür robot platformu geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. Tarımda suyun sürdürebilir kullanımı için akıllı sulama sistemlerinin ve gelişmiş karar destek mekanizmalarının oluşturulmasına yönelik sensör ağları, büyük veri, su için bilgi ve kontrol sistemleri, ağ iletişimi, dijital ikiz modeller, yüksek performanslı bilgi işlem ve 5G sonrası iletişim gibi ileri teknolojiler ile yarı gerçek zamanlı veri toplama, analiz, modelleme, tahmin ve görselleştirme teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Bireysel tarımsal ürün ihtiyaçlarının kısmen karşılanmasında, evsel üretime uygun, güneş enerjisi destekli dijital topraksız tarım sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 25.

Gıda değer zincirinde (üretim, tedarik ve tüketim) kayıpların ve israfın azaltılmasına yönelik blokzincir temelli izlenebilirlik teknolojileri; gıdaların kompozisyon ve üstün kalite özelliklerinin izlenebilmesine yönelik büyük veriye dayalı veri tabanları, ileri tanı teknolojileri (omiks teknolojileri gibi) geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Organik ürünler, iyi tarım ürünleri ve coğrafi işaretli ürünler gibi katma değer potansiyeli yüksek ürünlerin büyük veri niteliğinde olan ve parmak izi olarak kullanılabilecek bileşim özelliklerinin omiks teknolojileri yardımıyla belirlenmesi ve gıdaların parmak izi veri tabanı geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Gıdaların orijin ve otantisite kontrollerinin yapılabilmesine yönelik yapay zekâ algoritmalarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Organik tarım ürünlerinin tarladan itibaren izlenmesini, takibini ve kontrolünü sağlayacak dijital sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Kayıplar ve israfın sınırlandırılmasına yönelik olarak blokzincir temelli izlenebilirlik uygulamaları geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Dijital teknolojiler yardımıyla çiftlikten sofraya gıda zincirinde tüm süreçlerin kayıt altına alınarak tüketiciler ve diğer paydaşlar için şeffaf ve güvenilir gıda sisteminin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Kolay bozulabilir ve taze tüketilmesi gereken sebze-meyve gibi ürünlerin, üretim alanlarından tüketicinin yoğun yaşadığı büyük şehirlere kayıpsız ulaştırılmasında, karayolu taşımacılığına alternatif, hızlı ve güvenli demiryolu ve diğer lojistik sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Sıfır atık hedefi doğrultusunda ve gıda kayıplarını önlemeye yönelik GPS, GSM ve farklı sensör bileşenlerinden elde edilen veri akışının derlenmesi ve işlenmesi yöntemleri ile; bulut tabanlı işlem/kayıp durumu bilgilerinin mobil ve web tabanlı uygulama altyapıları ile izlenmesinin sağlanabileceği merkezi dane kaybı izleme ve takip sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Gıda güvenliğini ve güvenirliliğini etkileyen hayvan hastalıklarının kontrol ve mücadelesinde biyoinformatik, erken uyarı sistemleri, modelleme, izleme, büyük veri gibi yeni yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 26.

Tarımsal üretim süreçlerinde oluşan, ülkemize ait dijital verinin konsolidasyonu ve bilgiye dönüşümünü sağlamak; oluşacak veriden edinilecek bilgi ile tarımsal üretimde iklim etkisini en aza indirmek ve hassas tarımı mümkün kılmak amacı ile tarımsal büyük veri havuzu oluşturulacaktır.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Büyük verinin toplanması, saklanması, anlamlandırılması ve kategorizasyonunu sağlayacak yetenekte bilgi sistemlerinin geliştirilmesi

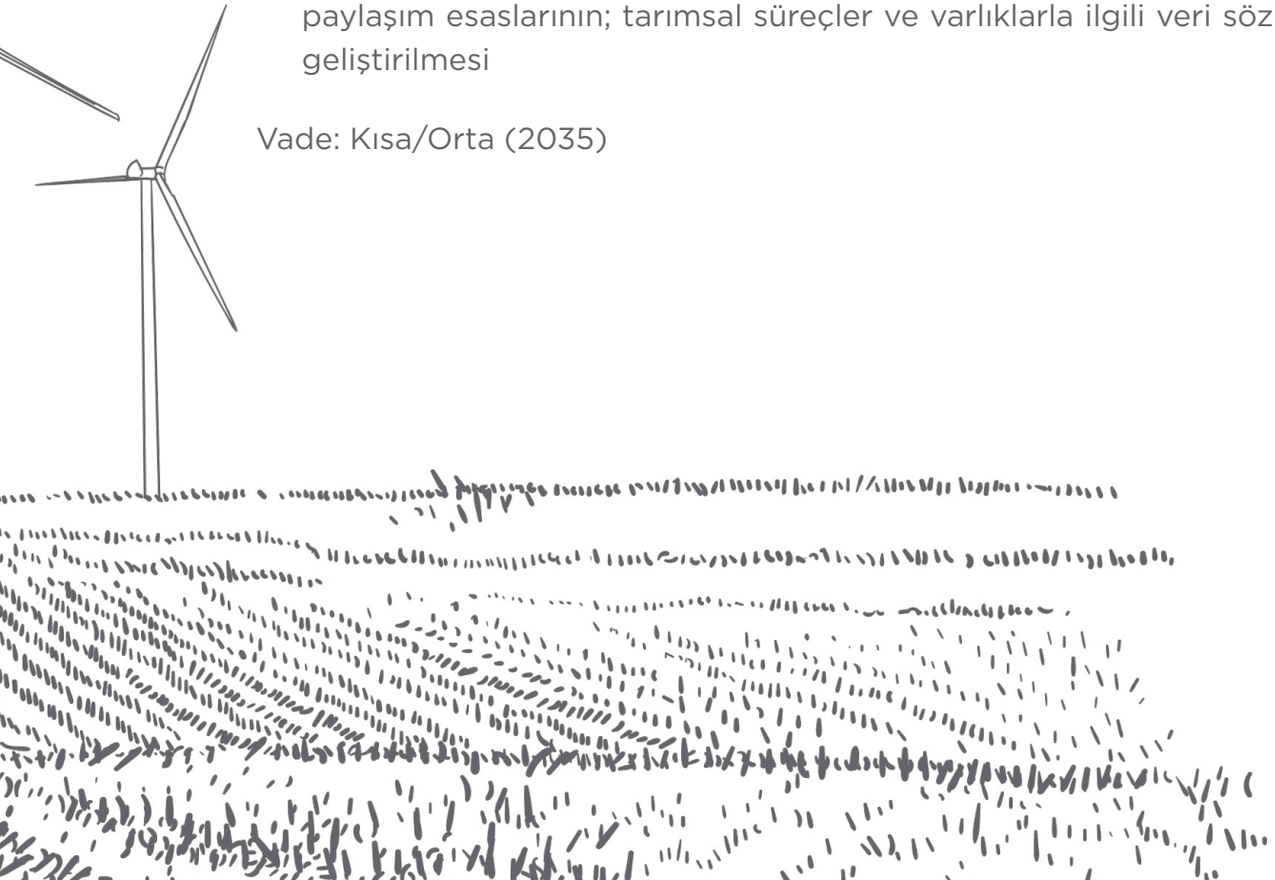
Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Gıda endüstrisi atık ve artıklarının kimyasal bileşim özelliklerinin belirlenmesi ve ortak kullanıma açık veri tabanlarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Merkezi sisteme veri akışının sağlanacağı veri protokolleri ve kontratlarının, paylaşım esaslarının; tarımsal süreçler ve varlıklarla ilgili veri sözlüğü ile birlikte geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 27.

Sıfır atık hedefi doğrultusunda tarım ve gıda sektöründeki artıklardan ekonomik değeri yüksek biyogübre (kompost, organomineral, mikrobiyal), protein, besinsel lif ve biyoaktif madde üretimine yönelik yeşil ve çevre dostu teknolojiler geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. İnsan sağlığı açısından yararlı bileşikler bakımından zengin gıda endüstrisi atık ve artıklarından yeşil ekstraksiyon (süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu gibi) ve saflaştırma teknolojileri (membran ayırma, adsorpsiyon, kromatografi gibi) yardımıyla besin desteği ve ilaç etken maddesi olarak kullanılmak üzere katma değeri yüksek biyoaktif maddelerin üretilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Selüloz, pektin gibi bileşenler bakımından zengin gıda endüstrisi atık ve artıklarından enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar yardımıyla katma değeri yüksek besinsel lif türevlerinin üretilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Protein bakımından zengin gıda endüstrisi atık ve artıklarından geleneksel fermantasyon ve biyoteknolojik yöntemler ile biyoyararlanım düzeyi yüksek, elzem amino asitlerce zengin protein türevlerinin üretilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Gıda atıklarından aerobik ve anaerobik fermantasyon teknikleri kullanılarak toprak için yararlı organomineraller ve probiyotik mikroorganizmalar açısından zengin toprak iyileştirici/geliştirici sıvı gübre ve kompost malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Atıkların toprak iyileştirici/geliştirici olarak kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Gıda işletmelerinde proses çıkışlarında dijital sensörler kullanılarak atık ve kayıplara yönelik doğru istatistiksel verilerin üretimi, depolanması ve analiz edilmesine ilişkin uygulamaların ve yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Tema 5: Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 28.

Yeni nesil akıllı, entegre ve yüksek hızlı şarj teknolojileri (dinamik şarj, entegre şarj altyapısı vb.) geliştirilecektir.

Eylemler

1. Mevcut teknolojiye kıyasla daha kısa zamanda şarj imkanı sağlayan yenilikçi şarj teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Elektrikli araçlar için akıllı ve entegre şarj sistemleri ve teknolojik altyapının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Karayollarının elektrifikasyonu ile dinamik şarj teknolojilerinin teknoloji hazırlık seviyesinin yükseltilmesi ve bu alanda yeni teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Kablosuz dinamik yüksek hızlı şarj teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 29.

Enerji yoğunluğu yüksek batarya hücre teknolojileri (Katı Hal, Li-Metal, Li-Sülfür, Li-Hava, Lityum sonrası bataryalar, vb.), yüksek verimli batarya üretim süreçleri ve verimli batarya yönetim sistemleri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Mobilite uygulamalarında kullanılmak üzere katı hal Li-Metal batarya hücrelerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yüksek enerji yoğunluklu ve yüksek çevrim sayısına sahip uzun ömürlü Lityum Sülfür ve Lityum Hava temelli batarya teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

3. Sodyum-iyon, magnezyum-kükürt, sodyum-hava, potasyum-iyon, çinko-iyon gibi çığır açıcı alternatif batarya teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Lityum -iyon sonrası batarya üretimi için, aktif malzemeler, elektrolitler, ayraçlar, bağlayıcılar, akım toplayıcılar, anot/katot malzemeleri geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

5. Yüksek verimli çevreye duyarlı batarya üretim süreçlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Enerjiyi daha verimli kullanma imkânı sağlayacak yüksek verimli batarya yönetim sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Ülkemizde yoğun olarak bulunan madenlerden batarya bileşenlerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 30.

Batarya teknolojisi ile elektrifikasyonu gerçekleşemeyen ulaşım araçlarına yönelik çevreci tahrik ve itki sistemleri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Orta ve yüksek güçlü fosil yakıtlı motorların yerini alabilecek yeşil hidrojene uyumlu teknolojilerin (Hidrojen ve amonyak yakıtlı motorlar, hidrojen depolama sistemleri vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Orta ve yüksek güçlü çevreci yakıt pili (Solid Oksit, Ergimiş Karbonat, PEM vb.) teknolojisi ile çalışan tahrik/itki sistemleri geliştirilmesi

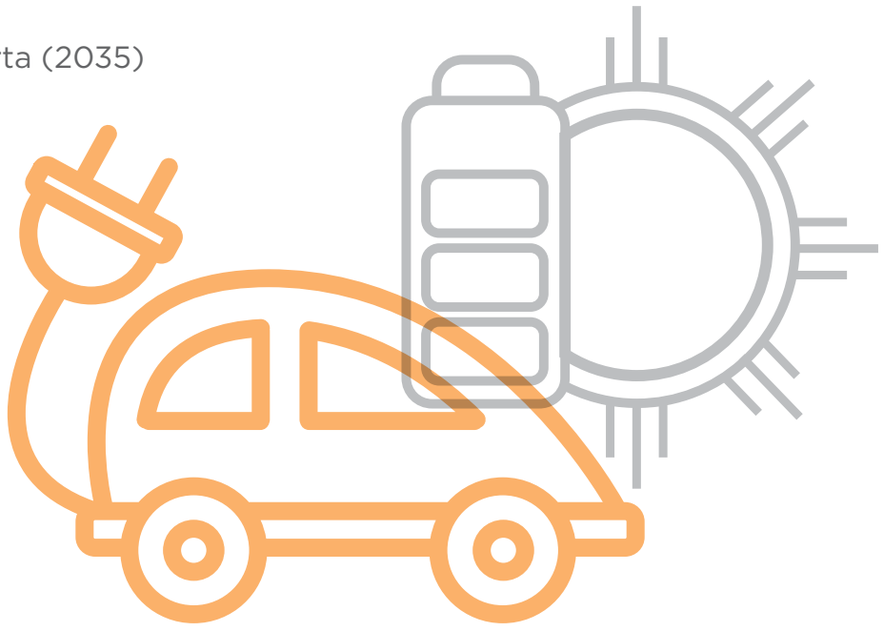
Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Sivil uygulamalara yönelik Küçük Modüler Reaktör (SMR) tabanlı tahrik ve itki sistemleri geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Yüksek güçlü motorlarda, yanma ile ortaya çıkan karbondioksitin (metan karışımlı) yakalanarak yeniden yakıt olarak kullanılabilecek hale getirmeye yönelik sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 31.

Havayolu ulaşımına alternatif olabilecek Hyperloop, Maglev vb. ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi ve ulaşıma entegrasyonu sağlanacaktır.

Eylemler

1. Uzun mesafelerde daha kısa sürede ulaşım imkanı sağlayan verimli, ekonomik, emniyetli ve çevreci maglev teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Maglev sistemlerinde kullanılmak üzere oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda kullanılabilecek süper iletken malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Hyperloop teknolojilerinin ve Hyperloop sistemlerinde kullanılmak üzere alt sistemlerin (Vakumlu ortamlar için soğutma sistemleri, vb.) geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Ses üstü hızlarda çalışmak üzere aerodinamik tasarım ve uygun malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 32.

Açık veri, yapay zeka ve ileri dijital teknolojileri kullanan entegre, verimli, güvenli, çevreye duyarlı akıllı ulaşım sistemleri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Ulaşımda dijital dönüşümün hayata geçirilmesine yönelik veri kıymetlendirme odağında uygulamalı araştırmalar yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Ulaşım sistemlerinde açık veri uygulamasını destekleyecek teknolojilerin ve destekleyici uygulamaların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Fiziksel internet ile ulaşımda verimliliğin artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Mikro ve mini mobilite teknolojileri ile modlar arası entegrasyonun iyileştirilmesine yönelik araştırmaların yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Yenilikçi haberleşme sistemleri ve karar destek sistemleri içeren verimli, güvenli, akıllı yeşil limanların ve havalimanlarının geliştirilmesi ve ulaşım ağına entegre edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Bağlantılı ve otonom trenler için çok türlü (multimodal) hareketliliğe entegre yenilikçi haberleşme teknolojileri içeren, verimli, emniyetli, akıllı demiryolu trafik sistemi geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 33.

Yenilikçi algılama sistemleri, haberleşme sistemleri, yüksek işlem kapasiteli elektronik donanımlar içeren bağlantılı, kooperatif, tam otonom (sürücüsüz) mobilite sistemleri ile ulaştırma ağının dönüşümü sağlanacaktır.

Eylemler

2. Araç üstünde kullanılabilecek yenilikçi sensörlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Mobilite uygulamalarında X2X sistemleri ve yenilikçi haberleşme teknolojileri (6G vb.) kullanılarak verimliliğin artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Mobilite uygulamalarına yönelik yüksek işlem kapasiteli elektronik donanımların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Bağlantılı, otonom ve paylaşımlı ulaşım araçları, akıllı yol sistemleri, araç haberleşme sistemleri gibi akıllı ulaşım sistemlerinin kurgulanacağı, uygulanacağı ve test edilebileceği merkezlerin kurulması

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Tüm ulaşım modlarında bağlantılı, kooperatif, tam otonom, net sıfır emisyonlu mobilite çözümlerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Yatay Politika Alanları

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 34.

İklim değişikliği ile mücadele ve uyuma hizmet eden kilit ve çığır açıcı teknolojilerin hayata geçirilmesine yönelik finans, Ar-Ge insan kaynağı, teknoloji girişimciliği, platforma dayalı işbirlikleri ve araştırma altyapılarının ortak kullanımı ile bu hususları kolaylaştırıcı ve destekleyici adımlar atılacaktır.

6. ŞURA KARARLARI

Tema 1: İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik

Şura Kararı 1. Aşırı iklim olayları (orman yangınları, sel, sıcak hava dalgaları, fırtınalar, soğuk hava kütlesi, kuraklık gibi) ve ilişkili bütünleşik afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için birbirine bağlı sistemlerin dirençliliğinin artırılmasında ve sektörler arası etkileşimlerinin öngörülmesinde i) dirençlilik analitiği, ii) risk haritaları ve iii) karar destek sistemlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Şura Kararı 2. Küresel İklim Modeli geliştirilecek ve dönüşümsel uyum ve net sıfır sera gazı salım düzeyine erişmek için çok disiplinli yaklaşımla çözünürlük ve karmaşıklık düzeyleri açısından ileri özelliklere sahip bölgesel ve küresel modellerle birlikte çalıştırılan senaryolara sahip olunacaktır.

Şura Kararı 3. Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi ekonomi platformları geliştirilmesi ve aynı zamanda deniz ekosistemlerinin karbon yutağı kapasitesinin artırılması.

Bu yönde i) yenilenebilir enerji ve denizel hidrojen kaynakları ile çalışan su altı ve üstü biyokütle çiftliklerinin kurulması ve potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin yetiştiriciliği, ii) derin denizlerden değerli metal hammaddelerinin sürdürülebilir şekilde elde edilmesi ve iii) yenilikçi gözlem platformları açısından öncül imkanlara sahip olunması sağlanacaktır.

Şura Kararı 4. İklim değişikliğinin ekosistemlere ve biyoçeşitliliğe etkileri, etki azaltımı ve sürdürülebilir ekosistem yönetimi için yüksek çözünürlüklü akıllı ve bütünleşik ekosistem ve biyoçeşitlilik gözlem ağlarının ülke çapında kritik iç su, denizel ve karasal ekosistemleri kapsaması sağlanacaktır.

Şura Kararı 5. İklim değişikliği ile mücadelede gerekli uyum ve azaltım stratejilerine katkı sağlayacak şekilde insan, gıda ve çevre neksusunu kapsayan "Tek Sağlık" çerçevesinde ulusal/uluslararası düzeyde verileri değerlendiren akıllı ve yapay zekâ tabanlı teknolojik çözümler geliştirilecektir.

Şura Kararı 6. Dirençliliği ve sürdürülebilirliği yüksek net sıfır sera gazı salımı olan yenilikçi entegre kentsel planlamaya yönelik CBS ve uzaktan algılama destekli eniyileme teknolojileri ve platformları geliştirilecektir.

Tema 2: Temiz ve Döngüsel Ekonomi

Şura Kararı 7. Sanayi sektörlerinde düşük karbonlu üretime ulaşmak için karbon tutma teknolojileri kapsamında membran, oksiyanma, kimyasal döngü, doğrudan atmosferden yakalama teknolojileri ile birlikte yüksek ısıl işlemlerde yenilenebilir enerji ve yeşil hidrojene dayalı yakma teknolojileri, mikrodalga, infrared, plazma vb. teknolojiler geliştirilecektir.

Şura Kararı 8. Sanayi sektörlerinde tutulan karbondioksiti yararlı ürünlere dönüştürmek için yenilikçi ve maliyet etkin kimyasal, elektrokimyasal ve biyokimyasal katalizör ve reaktör teknolojileri geliştirilecektir.

Şura Kararı 9. Atıkların ve biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesi amacıyla, yeni nesil gazlaştırma ve piroliz teknolojileri kullanılarak sürdürülebilir hidrojen, sentetik yakıtlar ve katma değeri yüksek ve geniş pazara sahip kimyasalların üretimi sağlanacak ve biyokimyasal teknolojiler kullanılarak üretilen biyogazdan yeşil metan üretim teknolojileri geliştirilecektir.

Şura Kararı 10. Atık oluşumunun önlenmesi amacıyla öncelikli olarak ürünlerin tasarımı (eko tasarım, eko etiket vb.), üretim ve bakım teknolojilerinin bütünsel yaklaşımla ele alınması; atıkların değerlendirilmesi kapsamında evsel ve endüstriyel atıksulardan değerli kimyasalların geri kazanımı amacıyla ileri hibrit atıksu arıtma teknolojileri, membran teknolojileri ve kristalizasyon teknolojileri; elektronik atıklardan ve evsel atıklardan kritik hammaddelerin geri kazanımı amacıyla hibrit, kimyasal ve membran teknolojileri geliştirilecektir.

Şura Kararı 11. Tüm sektörlerde ve binalarda, sera gazı salımının izlenmesi, atık minimizasyonu, proses optimizasyonu ve enerji verimliliğinin arttırılması amaçlarıyla

---

Enerji taleplerinin ve karbon yutaklara karşı şehirlerin baskısının azaltılmasını sağlayacak, kentsel büyümeyi limitli tutan ve iklime duyarlı kentsel büyümeyi sağlayacak, kentsel biyoçeşitliliği artıracak, kent klimatolojisinin tespiti, takibi ve kentlerin barındırabileceği taşıma kapasitesinin öngörülmesine katkı sağlayacak şekilde

kullanılmak üzere ileri sensör teknolojileri, yapay zeka, makine öğrenmesi ve uzaktan algılama gibi dijital teknoloji uygulamalarını ve yaşam döngüsü değerlendirmesi yaklaşımlarını entegre eden teknolojiler geliştirilecektir.

Şura Kararı 12. Ulaştırma ve yapı sektöründe, mekanik sistemlerde ve sanayide büyük oranda enerji verimliliği sağlayan yüksek performanslı yenilikçi malzemeler (oda sıcaklığında kullanılabilen süperiletkenler, yüksek performans ve mukavemete sahip hafif malzemeler, zorlu koşullara dayanıklı yapısal malzemeler, ultra-düşük sürtünme sağlayan kaplama malzemeleri, çevre dostu yalıtım malzemeleri) ve malzeme tasarımları (yapay zeka, eklemeli imalat ve biyotaklit yaklaşımları) geliştirilecektir.

Tema 3: Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı

Şura Kararı 13. Yüksek verime ve yaşam ömrüne sahip, hafif, esnek ve maliyet-etkin; bina, araç, tarım ve su yüzeyi gibi uygulamalara sinerjik ve ergonomik olarak entegre edilebilecek fotovoltaik hücre, panel ve sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 14. Yüksek verimli yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri geliştirilecektir.

• Spektral yansıtıcılığı yüksek (>99%) aynalar

• Üstün kaplama teknolojileriyle ve faz değiştiren malzemelerin entegre edildiği, yüksek soğurucu ve düşük enerji kaybı özelliklerine sahip alıcılar

• Yüksek özgül enerjiye sahip ve termofiziksel özellikleri yüksek sıcaklık dalgalanmalarına dayanıklı ısı transfer ortamı

• Yüksek sıcaklıkta faz değiştiren maddelerle desteklenmiş, kaskatlı termal enerji depolama sistemleri

Şura Kararı 15. Yüksek verime ve düşük enerji maliyetine sahip, içinde bulunduğu habitat ile daha uyumlu ve uygun tasarımlarla çok amaçlı kullanılabilen karaüstü, denizüstü ve uçan (airborne) rüzgar enerjisi sistemleri ile hibrit yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Şura Kararı 16. Jeotermal enerji alanında derin sondaj ve yönlü sondaj teknolojileri, diğer enerji kaynaklarıyla kaskatlı olarak entegre edilebilecek ve farklı sektörlerdeki ihtiyaçları karşılayabilecek sistemler, sıcak kuru kaya teknolojileri gibi yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Şura Kararı 17. Hidrojenin enerji taşıyıcısı, yakıt ve değerli kimyasalların eldesinde hammadde olarak kullanılmasına yönelik değer zincirinin her aşamasında öncü teknolojilerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

• Yenilenebilir ve diğer düşük karbonlu enerji kaynaklarından, linyit, biyokütle ve organik atıklardan karbon tutma teknolojileri ile bütünleşmiş hidrojen üretimi teknolojileri

• Bor hidrür bileşikleri, metal hidritler, sıvı organik hidrojen taşıyıcıları gibi depolama teknolojileri

• Kriyojenik soğutma ile sıvı hidrojen gibi taşıma teknolojileri

• Sanayinin ihtiyaç duyduğu amonyak, metanol vb. katma değerli ürünlerin eldesi;

• Enerji yoğun sektörlerde CO_2 azaltma ve/veya değerlendirilmesi,

• Ulaşım, mobil ve evsel alanlarda yakıt pili uygulamaları yönelik teknolojiler

Şura Kararı 18. Temiz ve güvenli nükleer enerji teknolojilerinde çığır açıcı yaklaşımlardan olan Yeni Nesil Küçük Modüler Reaktör teknolojilerinin geliştirilmesi; Küçük Modüler Reaktörlerin yenilenebilir enerji kaynakları ile entegrasyonu; elektriğin yanında diğer faydalı çıktıları (ısı, temiz su, hidrojen, alternatif yakıtlar gibi) üretebilecek entegre sistem teknolojilerinin ve nükleer atık yönetim teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Şura Kararı 19. Katma değer potansiyeli yüksek organik atıkların ve mikro alglerin biyokimyasal, termokimyasal ve hidrotermal teknolojilerle biyoyakıtlar (katı, sıvı, gaz) ve hidrojen gibi ürünlere dönüştürülmesine yönelik sıfır atık, döngüsel ekonomi ve çoklu ürün amaçlı, yenilenebilir enerji destekli entegre biyorafineriler ve yenilikçi teknolojiler geliştirilecektir.

Şura Kararı 20. Siber-Fiziksel-Sosyal katmanlardan oluşan enerji sistemlerinde:

• değer zincirindeki tüm faaliyetlerin verimli ve maliyet etkin şekilde çalışmasını amaçlayan,

• dijital teknolojilere dayanan,

• ölçeklenebilir,

• sistemlerin sistemi yaklaşımıyla sistemler arası etkileşimleri dikkate alarak enerji verimliliği sağlayan otonom enerji yönetim sistemlerinin ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Tema 4: Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım

Şura Kararı 21. Farklı iklim etkilerine karşı (kuraklık, sıcak/soğuk hava dalgası, şiddetli yağış, don vb.) karşı tarım desenleri ve yöntemleri (çöl koşullarında tarım, denizde tarım gibi) geliştirilecek, iklim kaynaklı stres koşullarına dayanıklı yeni ve yerli bitki çeşitlerinin ve hayvan ırklarının daha kısa zamanda geliştirilebilmesi için klasik, biyoteknolojik ve moleküler genetik destekli (CRISPR gen teknolojisi gibi) ıslah çalışmaları gerçekleştirilecek ve entegrasyonu sağlanacaktır.

Şura Kararı 22. Avrupa Birliği gibi hedef pazarlara yönelik tarım ürünleri ihracatının gelecekte ortaya çıkabilecek yasal düzenlemeler nedeniyle sekteye uğramaması için tarımda pestisit bağımlılığını azaltılmasına ve organik tarımın yaygınlaştırılmasına yönelik yenilikçi biyolojik mücadele yöntemleri (faydalı böcekler gibi), biyoteknolojik uygulamalarla hastalık ve zararlılara dirençli bitkiler ve biyopestisitler geliştirilecektir.

Şura Kararı 23. Tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımını azaltabilmek için yeni nesil etkili gübre üretim teknolojileri ve nesnelerin interneti (IoT), yapay zeka ve sensör teknolojileri temelli gübreleme sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 24. Tarımsal üretim potansiyelinin artırılmasına, tarımı etkileyen iklim koşullarının kontrol altına alınmasına ve kritik girdilerin optimal kullanılmasına yönelik insansız tarım araçları (İTA), otonom ve/veya insansız tarım robotları ve ileri teknoloji çevre dostu tarım makinaları, uzaktan algılama teknolojisini içeren veri odaklı tarım bilgi sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 25. Gıda değer zincirinde (üretim, tedarik ve tüketim) kayıpların ve israfın azaltılmasına yönelik blokzincir temelli izlenebilirlik teknolojileri; gıdaların kompozisyon ve üstün kalite özelliklerinin izlenebilmesine yönelik büyük veriye dayalı veri tabanları, ileri tanı teknolojileri (omiks teknolojileri gibi) geliştirilecektir.

Şura Kararı 26. Tarımsal üretim süreçlerinde oluşan, ülkemize ait dijital verinin konsolidasyonu ve bilgiye dönüşümünü sağlamak; oluşacak veriden edinilecek bilgi ile tarımsal üretimde iklim etkisini en aza indirmek ve hassas tarımı mümkün kılmak amacı ile tarımsal büyük veri havuzu oluşturulacaktır.

Şura Kararı 27. Sıfır atık hedefi doğrultusunda tarım ve gıda sektöründeki artıklardan ekonomik değeri yüksek biyogübre (kompost, organomineral, mikrobiyal), protein, besinsel lif ve biyoaktif madde üretimine yönelik yeşil ve çevre dostu teknolojiler geliştirilecektir.

Tema 5: Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım

Şura Kararı 28. Yeni nesil akıllı, entegre ve yüksek hızlı şarj teknolojileri (dinamik şarj, entegre şarj altyapısı vb.) geliştirilecektir.

Şura Kararı 29. Enerji yoğunluğu yüksek batarya hücre teknolojileri (Katı Hal, Li-Metal, Li-Sülfür, Li-Hava, Lityum sonrası bataryalar vb.), yüksek verimli batarya üretim süreçleri ve verimli batarya yönetim sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 30. Batarya teknolojisi ile elektrifikasyonu gerçekleşemeyen ulaşım araçlarına yönelik çevreci tahrik ve itki sistemleri geliştirilecektir.

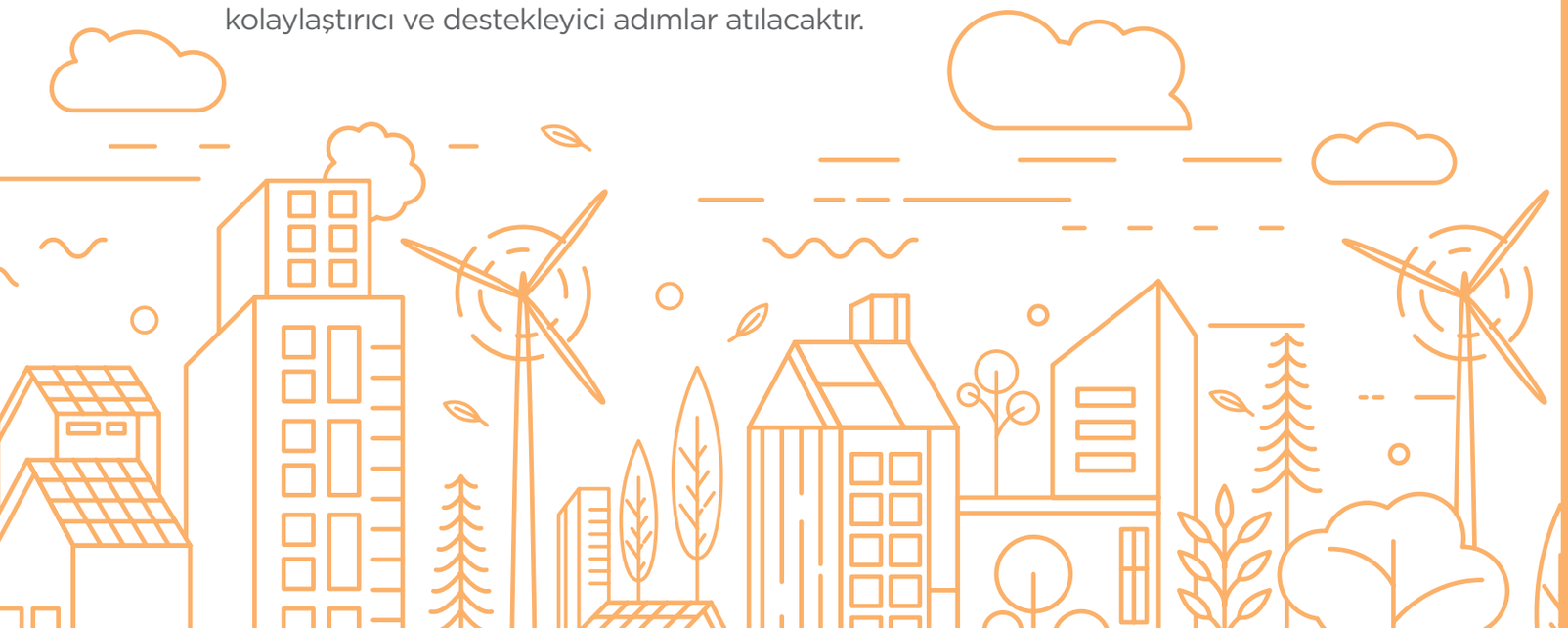
Şura Kararı 31. Havayolu ulaşımına alternatif olabilecek Hyperloop, Maglev vb. ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi ve ulaşıma entegrasyonu sağlanacaktır.

Şura Kararı 32. Açık veri, yapay zeka ve ileri dijital teknolojileri kullanan entegre, verimli, güvenli, çevreye duyarlı akıllı ulaşım sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 33. Yenilikçi algılama sistemleri, haberleşme sistemleri, yüksek işlem kapasiteli elektronik donanımlar içeren bağlantılı, kooperatif, tam otonom (sürücüsüz) mobilite sistemleri ile ulaştırma ağının dönüşümü sağlanacaktır.

Yatay Politika Alanları

Şura Kararı 34. İklim değişikliği ile mücadele ve uyuma hizmet eden kilit ve çığır açıcı teknolojilerin hayata geçirilmesine yönelik finans, Ar-Ge insan kaynağı, teknoloji girişimciliği, platforma dayalı işbirlikleri ve araştırma altyapılarının ortak kullanımı ile bu hususları kolaylaştırıcı ve destekleyici adımlar atılacaktır.



EK: Komisyon Üyeleri

No	ADI	ÜNVANI	KURUMU
1	Hasan MANDAL	Başkanı/ Prof. Dr. (Komisyon Başkanı)	TÜBİTAK
2	Barış SALİHOĞLU	Prof. Dr. (Komisyon Başkan Yardımcısı)	ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü
3	Özlem DOĞAN	Dr. / Bilimsel Programlar Başuzmanı (Raportör)	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı
4	Işıl IŞIK GÜLSAÇ	Doç. Dr. (Raportör)	TÜBİTAK MAM
5	Abdullah SEZER	Mühendis	Bala Tarım Hayvancılık İşletmesi
6	Abdülehad ÖZDEMİR	Başuzman Araştırmacı	TÜBİTAK RUTE
7	Adnan SÖZEN	Prof. Dr	Gazi Üniversitesi
8	Ahmet Turan ÖZDEMİR	Doç. Dr.	Erciyes Üniversitesi / ASPİLSAN
9	Alp Osman KODOLBAŞ	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü
10	Alpagut KARA	Prof. Dr.	Seramik Araştırma Merkezi A.Ş./ Eskişehir Teknik Üniversitesi
11	Alper BABA	Prof. Dr.	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
12	Bahar GÜÇLÜ	Genel Müdür Yardımcısı	Ticaret Bakanlığı - Uluslararası Anlaşmalar ve AB Genel Müdürlüğü
13	Başak AVCI KAYA	Strateji Geliştirme Lideri	TOGG
14	Başak Demir SARAL	Kurucu Ortak	Dcube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi
15	Batuhan AKGÖL	Ar-Ge Müdürü	Progen Tohum A.Ş.
16	Berat Zeki HAZNEDAROĞLU	Dr. Öğr. Üyesi	Boğaziçi Üniversitesi
17	Burak KAĞNICIOĞLU	Ür-Ge Direktörü	Zy Elektrikli Traktör
18	Bükem BELEN	Araştırma Görevlisi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
19	Bülent ÇATAY	Prof. Dr.	Sabancı Üniversitesi
20	Bülent SÖNMEZ	Dr. / Daire Başkanı	Tarım ve Orman Bakanlığı - TAGEM
21	Canan Esin KÖKSAL	Raportör	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
22	Cem ÖZKAN	Prof. Dr.	Ankara Üniversitesi
23	Cengiz SÜNGÜ	Daire Başkanı	TCDD - Strateji Geliştime Dairesi

No	ADI	ÜNVANI	KURUMU
24	Çağatay TAVŞANOĞLU	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi
25	Çağla Meral AKGÜL	Dr. Öğr. Üyesi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
26	Doğan GEZER	Dr./ Başuzman Araştırmacı	TÜBİTAK MAM
27	Ebru ONBAŞILAR	Prof. Dr.	Ankara Üniversitesi
28	Ece Gizem ÇAKMAK	Başuzman Araştırmacı	TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü
29	Ece SÜRÜCÜ	Sürdürülebilirlik Lideri	TOGG
30	Elif OĞUZ	Doç. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
31	Emra SERT	Daire Başkanı V.	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı - Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü
32	Emre KALKAN	ETK Uzmanı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
33	Erkan DİLAVEROĞLU	Yönetim Kurulu Üyesi	TARNET
34	Erol KAPLUHAN	Doç. Dr.	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
35	Esma DİLEK	Genel Müdür Yardımcısı / Başkan	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı - Haberleşme Genel Müdürlüğü / AUSDER
36	Fatih COŞKUN	Kurucu	Yedic Mühendislik
37	Fehmi AKGÜN	Doç. Dr./Enstitü Müdür Yrd.	TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü
38	Funda AKDAĞ	Mühendis	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
39	Furkan Ali KÜÇÜK	Araştırmacı	TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü
40	Gülizar YAVAŞ	Daire Başkanı	Ticaret Bakanlığı - Uluslararası Anlaşmalar ve AB Genel Müdürlüğü
41	Güzel YÜCEL GİER	Doç. Dr.	Dokuz Eylül Üniversitesi / Aqua Kültür
42	Halil KARA	Ulaştırma Mühendisi	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı - Strateji Geliştirme Başkanlığı
43	Halime PAKSOY	Prof. Dr.	Çukurova Üniversitesi
44	Hande ALPASLAN	Daire Başkanı	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı
45	Hasan Can OKUTAN	Prof. Dr.	İstanbul Teknik Üniversitesi
46	Hatice Funda YERCAN	Prof. Dr.	Piri Reis Üniversitesi

No	ADI	ÜNVANI	KURUMU
47	Hayrettin Güçlü İNSEL	Prof. Dr.	İstanbul Teknik Üniversitesi
48	İbrahim DİNÇER	Prof. Dr.	Yıldız Teknik Üniversitesi
49	İlhan AYDIN	Doç. Dr.	Fırat Üniversitesi
50	İlkay KALAY	Dr. Öğr. Üyesi	Çankaya Üniversitesi
51	İlker ÖZATA	ETK Uzmanı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
52	İpek Gürsel DİNO	Doç. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
53	İsa TAŞDELEN	Başuzman Araştırmacı	TÜBİTAK BİLGEM
54	İskender GÖKALP	Prof. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
55	Kadir KESTİOĞLU	Prof. Dr.	Uludağ Çevre Teknolojileri Ar-Ge Merkezi
56	Kerem ODABAŞI	Genel Müdür	KODECO
57	Levent KURNAZ	Prof. Dr.	Boğaziçi Üniversitesi
58	Mehmet Ali ÇİMEN	Dr./ Enstitü Müdürü	TÜBİTAK RUTE
59	Mehmet DİLAVER	Dr.	TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü
60	Mehmet Gürcan KARAKAŞ	Genel Müdür	TOGG
61	Mehmet İmran AKSU	Bilimsel Programlar Uzmanı	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı
62	Mehmet Nurullah ATEŞ	Dr. / Başuzman Araştırmacı	TÜBİTAK RUTE
63	Melis Yurttagül KOCATÜRK	Müdür V.	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı
64	Meryem BEKLİOĞLU	Prof. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
65	Muhammed Necip ERİM	Dr./ ETK Uzmanı	"Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı -
66	Murat GÖL	Doç. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
67	Mustafa İNCİ	Genel Müdür	VOLTA MOTOR
68	Mustafa ŞAHMARAN	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi
69	Mustafa YÜCEL	Doç. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
70	Nilgün CILIZ	Prof. Dr.	Boğaziçi Üniversitesi
71	Nüket SİVRİ	Prof. Dr.	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
72	Oğuz UZOL	Prof. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi

No	ADI	ÜNVANI	KURUMU
73	Onur TAYLAN	Doç. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
74	Orhan GÜNDÜZ	Prof. Dr.	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
75	Orkun HASEKİOĞLU	Prof. Dr.	TENMAK Başkan Yardımcısı
76	Osman SAĞDIÇ	Prof. Dr.	Yıldız Teknik Üniversitesi
77	Ömer Lütfi ŞEN	Prof. Dr.	İstanbul Teknik Üniversitesi
78	Raşit TURAN	Prof. Dr.	Güneş Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (GÜNAM)
79	Recep ULUCAK	Doç. Dr.	Erciyes Üniversitesi
80	Reşat UZMEN	Dr./Genel Müdür	FİGES Mühendislik A.Ş
81	Sadiye BİLGİÇ KARABULUT	Daire Başkanı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı - Sıfır Atık ve Atık İşleme Dairesi Başkanlığı
82	Samet HACILAR	Dr. / Bilimsel Programlar Başuzmanı	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı
83	Sarp ERTÜRK	Prof. Dr. / Genel Müdür	Pars Ar-Ge Bilgi Teknolojileri
84	Selami YAZICI	Daire Başkanı	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı - Akıllı Ulaşım Sistemleri Daire Başkanlığı
85	Selçuk YERCİ	Doç. Dr.	Güneş Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (GÜNAM)
86	Selma ONARICI	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM GMBAE
87	Serdar Çelebi	Dr. / Ar-Ge Kıdemli Teknik Alan Lideri	TÜPRAŞ
88	Serkan TÜRK	Ar-Ge Enstitüsü Müdürü	Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği
89	Serpil ÇİMEN	Teknik İşler Direktörü	Türkiye Çelik Üreticileri Derneği
90	Serpil EDEBALİ	Doç. Dr.	Konya Teknik Üniversitesi
91	Sezer ÖZERİNÇ	Doç. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
92	Şiir KILKIŞ	Doç. Dr.	TÜBİTAK Başkanlık
93	Tahsin BAHAR	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü
94	Vural GÖKMEN	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi
95	Yasemin KILIÇ	Dr.	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü
96	Yusuf ÖZTÜRK	Dr.	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü
97	Canan Esin KÖKSAL	Raportör	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

BİLİM VE TEKNOLOJİ KOMİSYONU İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ, ÇEVRE VE BİYOÇEŞİTLİLİK ÇALIŞMA GRUBU İKLİM ŞURASI RAPORU

1. GİRİŞ

İklim Şurası Bilim ve Teknoloji Komisyonu İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik Çalışma Grubu faaliyetlerine, 24 Ocak 2022 tarihinde gerçekleştirilen ilk toplantı sonrasında başlamış olup, çalışma grubu çerçevesinde ele alınan konular 6 başlık altında toplanmıştır:

- Bütünleşik İklim Değişikliği Modelleme ve yenilikçi yaklaşımlar ile uyum ve azaltım Senaryo Seçenekleri Çalışmaları
- Bütünsel Ekosistem Çözümleri
- Deniz ve İç Sucul Ekosistemler ve Mavi Ekonomi
- Aşırı iklim (aşırı sıcaklık, kuraklık, sel, heyelan, çığ vb.) olaylarına karşı ekosistem dirençliliğinin artırılmasına yönelik çözümler
- Sıfır Salım, Sıfır Atık ve Sıfır Kirletici Çözümler
- İklim değişikliği ile mücadelede Tek Sağlık faydalarının ve risklerinin araştırılarak gerekli azaltım ve uyum stratejilerine geri besleme sağlanması

Çalışma Grubu toplamda 5 toplantı gerçekleştirmiş olup toplantılarda, ülkemizin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum sürecinde fırsat yaratacak çığır açıcı teknolojilerde ivme kazanmasına yönelik oluşturulan 6 teknoloji tabanlı politika ifadesi ve her politikaya özel hedeflenmesi önerilen Ar-Ge ve yenilik konu başlıklarını içeren eylemler geliştirilmiştir.

2. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. İklim Modelleme ve Senaryo Yaklaşımlar

Dünyadaki ve Türkiye'deki Akademik Birikim.

Küresel ölçekli modelleme dünyada onlarca kurum ve araştırma merkezinde yapılmaktadır. İklim değişikliğine yönelik olarak ise çoğunluğu ABD ve Avrupa'da olmak üzere 20 civarında merkezde projeksiyonlar üretilmektedir. Türkiye'de araştırma anlamında son bir yıldır İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsünde bir küresel iklim modelinin iki farklı versiyonu (küresel üniform grid ve Avrupa-Akdeniz bölgesinin yüksek, geri kalan alanların düşük çözünürlüklü değişken grid) çalıştırılmaktadır. Küresel ölçekte iklim modellemesi konusunda Türkiye'deki akademik birikim son derece yetersizdir. Özellikle ABD ve Avrupa ile aramızda çok büyük bir akademik birikim farkı vardır. Yetişmiş eleman ve yayın hacmi ve kalitesi açısından oldukça gerideyiz. ABD'de araştırma merkezlerinde bu konuda çalışan Türk araştırmacılar vardır.

Küresel iklim modellerinin süreç bazlı karasal ekosistem modelleri ile bütünleşik (coupled) halde çalışır hale getirilmesi ve iklimsel parametrelerdeki değişikliklerin diğer parametrelerle etkileşim içinde olması hem süreçlerin daha net analiz edilmesi, hem de daha yakın projeksiyonların üretilmesi/güncellenmesini sağlayacaktır. Bu konuda çalışmalar, İTU-AYBE'de üst düzey süreç tabanlı bir dinamik vegetasyon modeli ile iklimsel değişkenliğinin orman ekosistemleri üzerindeki etkilerini analiz etmek ve çözümlemek suretiyle başlamıştır. Henüz bütünleşik (GCM-DGVM coupled) hale geçilmemiştir ancak Akdeniz ekosistemine ait türlerin, Türkiye'ye özgü bioclimatic verileri tespit edilmeye başlanmıştır. Hali hazırda iklimsel değişimler açısından anahtar üç türün bioclimatic tolerans seviyeleri tespit edilmiş ve Anadolu'ya özgü önemli diğer türlerin tanımlanmasına da başlanmıştır. Bu konuda multi-disipliner bir yaklaşım benimsenmekte, paleo (iklim ve botanik), dendroclimatology gibi alanlardan da destek alınmakta, modellemeler bu alanların çalışma sonuçları ile desteklenmektedir. İklim - atmosfer/deniz/karasal etkileşim (karbon yutak alanlarının kaynağa dönüşmesi ya da tam tersi) modellemeleri üzerinden bölgeye özgü, geçmiş değişimleri de analiz ederek buradaki antropojenik etkiyi ayrıştıracak (sinyali gürültüden temizleyerek) yüksek

çözünürlüklü bir yaklaşım da modellemelere yansıtılmaktadır. Bu sayede mevcut iklim değişimlerinde bu bölgedeki antropojenik etkinin normal doğal süreçleri ne derecede etkilediği daha net ortaya konulabilecektir.

Boğaziçi Üniversitesi İklim Değişikliği ve Politikaları Uygulama ve Araştırma merkezimizde de modelleme çalışmaları yürütülmektedir.

Dünyadaki ve Türkiye'deki Teknolojik Birikim ve Fikri Mülkiyet Havuzu.

Bu konuda teknolojik birikim açık ara ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde toplanmıştır. Japonya ve Avustralya'da da teknolojik birikim vardır. Ayrıca Avrupa ekseninde özellikle Türkiye'de iklim konusunda yapılan mevcut ve yapılması planlanan gelecek çalışmalar ilgi ile izlenmekte ve bu çalışmaların kalitelerinin artırılması konusunda işbirlikleri aracılığı ile çoğu alanda (i.e. ekosistem/iklim etkileşimi) açık destek verilmektedir.

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

TÜBITAK 120C137 "Yeni geliştirilecek Türkiye Küresel İklim Modeli ile Akdeniz Bölgesi ikliminin incelenmesi" projesi hali hazırda devam etmektedir. Bu proje kapsamında 3 doktora öğrencisi modelleme konusunda yetişmektedir. Bu öğrencilerin Tez İzleme Komitelerinde ABD Ulusal Atmosfer Araştırma Merkezi'nden birisi kıdemli olmak üzere iki araştırmacı yer almaktadır.

TUBITAK 118C329 "A co-evolutionary modelling system for water-soil-vegetation interactions in Turkish semiarid landscapes for sustainable natural resources" projesi hali hazırda devam etmekte olup bu proje kapsamında ormansızlaşma, seller ve heyelanlar, orman yangınlarındaki iklime bağlı frekans ve şiddetlerindeki olası değişimler, "badlands"i de içine alan kritik karasal ekosistemlere antropojenik ve iklimsel baskıların etkileri gibi iklimdeki olası değişimlerin farklı yönleri ile incelenmektedir.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Ülkemize Yönelik Öngörüler.

Türkiye'de küresel iklim modeli çalışması TÜBITAK 120C137 "Yeni geliştirilecek Türkiye Küresel İklim Modeli ile Akdeniz Bölgesi ikliminin incelenmesi" projesi kapsamında başlamıştır.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Küresel Öngörüler.

Küresel iklim modellemesi çok önemli bir konu olup gelecekle ilgili iklim projeksiyonları bu modeller ile oluşturulur. Halihazırda bu modeller artık küresel iklim modeli olarak anılmamaktadır. Artık yer sistemini bütün bileşenleri ile simüle edebildikleri için yer sistem modelleri olarak anılmaktadır. Bu modellerde hem karasal hem de denizel ekosistem süreçleri de simüle edilebilmektedir. Gelecekte bu yöndeki kabiliyetlerinin ve çözünürlüklerinin artırılması ile halihazırda parametrizasyon ile geçilen fiziksel süreçlerin doğrudan fiziksel tabanlı çözümü mümkün olacaktır. Ayrıca iklim sisteminde mevcut geri besleme mekanizmaları ve kara-atmosfer, okyanus-atmosfer ve buzullar-atmosfer etkileşimlerinin daha iyi temsili hem iklimin değişkenliği hem de değişikliği konusunda daha tutarlı öngörüler yapılmasına imkan sağlayacaktır. Bu modellerin gelişmesi tarımdan turizme/enerjiye pek çok sektör açısından önemli olan mevsimlik tahminlerin daha tutarlı yapılabilmesine de imkan sağlayacaktır.

Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

Küresel iklim modelleri esas olarak az sayıda araştırma merkezinde 1970'lerden itibaren geliştirilmiş, ancak genelde açık kaynak ya da ücretsiz lisanslama ile isteyen gruplar ile paylaşılmışlardır. Bu nedenle farklı merkezlerin modelleri birbirlerine çok benzerler, ancak genellikle fizik parameterizasyonları ve çözünürlükteki farklılıklar nedeniyle farklı öngörüler ortaya koyarlar. Bu nedenle IPCC raporlarına dayanak teşkil eden iklim değişikliği projeksiyonları çok sayıda modelin öngörüsü üzerine kuruludur. Bu tip modellemeler CMIP (Coupled Model Intercomparison Project; https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip) olarak adlandırılır ve en sonuncusu IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporundan önce gerçekleştirilen CMIP6'dır. CMIP6 projesi çok sayıda modelin aynı emisyon senaryoları için iklim projeksiyonlarını kapsar. IPCC, genelde projeksiyonlarda belirsizliği azaltmak için demet (ensemble) yaklaşımını kullanmaktadır.

2.2. Bütünsel Ekosistem Çözümleri

Dünyadaki ve Türkiye'deki Akademik Birikim.

Ekosistemlerin uzun dönemli izlenmesi, dünyada birçok ülkede yer alan farklı ekosistemlerdenyıllardır gerçekleştirilmektedir. İklim değişikliğinin etkilerinin iyice hissedilmeye başlandığı 2000'li yıllardan itibaren ekosistem ve biyoçeşitliliğin izlemesi konusunda yoğun araştırmalar yürütülmeye başlanmıştır. Örneğin, Avrupa Uzun Dönemli Ekolojik Araştırma Ağı (e-LTER), bu konuda kıta genelinde veri toplamaya ve biyolojik çeşitlilik izlemesine yönelik olarak kurulmuş bir oluşumdur. Bu gibi uzun dönemli ekolojik araştırmalar, biyoçeşitliliğin ve ekosistemlerin iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğinin, iklim değişikliğinin etkilerinin nasıl azaltılabileceğinin ve doğal ekosistemlerin hizmetlerinin geleceğinin anlaşılmasını sağlayacak bilimsel veri altyapısını oluşturmaktadır. 1. uzun dönemli ekolojik izleme hem otomatik hem de manuel yürütülebilinen ağlarının oluşturulması, İzleme yapılanmasında eLTER, USA-LTER network vb yapıların odak ekosistemleri, ekolojik izleme stratejileri örnek alınabilmektedir.

Uzun dönemli izleme arazi kullanımı ve iklimdeğişimi etkilerini anlama, azaltma ve giderme için gereklidir. 2. uzun dönemli izlemeler ilişkileri korelatif olarak gösterebilir, mekanistik sebep-sonuç ilişkilerini anlamak için mutlaka ekosistemde/yerinde deneyler yapılması bir gerekliliktir. Bunun için en ideal örenekler, AB-H2020 den desteklenen AQUACOSM & AQUACOS-PLUS projeleri (aquacosm.eu) ve mescosm.eu oluşumları önemli örneklerdir. 3. modelleme, iklim değişimi ve arazi kullanımın etkilerinin değişen iklim ve arazi kullanımın etkilerini anlamadan senaryolar çalıştırılarak araştırlabilmektedir. Ancak güvenilirliği yüksek modeller üretebilmek için güvenilir sıklığı yüksek arazi verisi elzemdir. Bu nedenle uzun dönemli izlemeler modelleme için vazgeçilmezdir. Avrupa ve Amerika daki ilgili enstitü ve üniversite bölümlerinde bu 3 yaklaşım birlikte yer almaktadır. Bu yaklaşımlara ilaveten paleoekolojik araştırmalarla geçmişten günümüze ekosistem durumları, biyoçeşitlilik ve etkiler sonucu değişim araştırılmatadır. Avrupa ve ABD de bulunan bazı araştırma enstitüleri ve bölümler örenkler: IGB, Berlin, Almanya (https://www.igb-berlin.de), UK Centre for Ecology & Hydrology (https://www.ceh.ac.uk), Aarhus Univ. Lake ecology group (https://ecos.au.dk/en/researchconsultancy/research-areas/lake-ecology), Centre for Limnology, Wisconsin Univ. Ülkemizde ODTÜ, Ekosistem Uygulamam ve Araştırma Merkezi, Yine ODTÜ, Biyolojik Bilimler bölümü, Limnoloji Laboratuvarı özellikle sucul ekosistemlerde

(göller ve gölcükler de) dünya ölçeğinde araştırmalarını çok sayıda AB destekli projelerle yapmatadır ve aynı zamanda da doğa temelli uygulamalar da öncülük etmektedir.

Arazi kullanımın etkileri sucul ekosistemlerde iklimdeğişimi etkilerinden çok daha yüksek etkiye sahip olduğu için arazi kullanımı etkilerini azaltıcı 1) Göller ve nehirlere ulaşan evsel, sanayi ve tarımsal atıksuların mutlaka çok iyi çalışan 2. arıtım sistemlerde arıtılması arıtılma sistemi yoksa sucul ekosistemlere verilmesi bypass edilmesi (evsel/ sanayi atık su uzaklaştırılması 2) Tarım alanları ile sucul ekosistemler arası "buffer/ tampon doğal sulakalan ekosistemlerin doğal temelli çözümlerle restore edilmesi, 3) Göllerde doğa temelli bir uygulam olan biyomanipülasyon ile sazangil balıkların stoklarının azaltılması, 4) Göllerde biyamanipülasyon ile su içindeki fosforu sedimana hapseden fosfo-lock vb inert kimyasalların kullanılması 5) doğa temmelli çözümlerden göllerde suiçi bitkilerin gelişimini desteklemek üzere suiçibitkileri ekimi yapılması, 6) su sıcaklığının aşırı artışını engellemek için akarsu kenarlarına akarsuboyu ağaç içeren ekosistemlerin restore edilmesi, 7) yüksek C tutma kapsitesi ve zengin biyoçeşitlilk barındıran gölcük (pond) ekositemlerinin restore edilmesi ve geri kazanılması. Bu ve benzeri uygulamalar hem Avrupada hemde ABD de yaygın olarak doğa temelli çözümler olarak uygulanmaktadır. Avrupa ve ABD de bulunan bazı araştırma enstitüleri ve bölümlere örnek verilebilecek IGB, Berlin, Almanya (https://www.igb-berlin.de), UK Centre for Ecology & Hydrology (https://www.ceh.ac.uk), Aarhus Univ. Lake ecology group (https://ecos.au.dk/en/researchconsultancy/research-areas/lake-ecology), Centre for Limnology, Wisconsin Univ. Ülkemizde ODTÜ, Ekosistem Uygulamam ve Araştırma Merkezi, ODTÜ, Biyolojik Bilimler bölümü, Limnoloji Laboratuvarı özellikle sucul ekosistemlerde (göller ve gölcükler de) dünya ölçeğinde araştırmalarını çok sayıda AB destekli projelerle yapmaktadır ve aynı zamanda da doğa temelli uygulamalar da öncülük etmektedir.

Dünyadaki ve Türkiye'deki Teknolojik Birikim ve Fikri Mülkiyet Havuzu.

eLTER ve USA-LTER ekolojik izlemem ağı sistemleri ve dünyaca önemli ekoloji, hidroloji enstitülerinde teknik, teorik bilgi birikimi çok yüksektir. Otomatik yerinde izleme sistemleri (High frequency automated monitoring sondas, GLEON, (gleon.org) özellikle önderlik yapan organizasyonlar arasındadır. Ayrıca örneklerin (özellikle deniz ve iç sulardan) plankton tanımlanması da ileri teknoloji image analyzers ile birleşen veri analizinde AI (machine learning) kullanımı son zamanlarda öne çıkan teknoloji

ve IT destekli veri analizi sistemleri öne çıkmaktadır. Ülkemiz eğer bu konuya yatırım ve teşvik yapılabilirse özellikle AI in plankton analizinde boş olan çok fazla açığı giderme de önemli rol olabilecektir.

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

Ulusal uzun dönemli ekolojik araştırma ağının kurulmasına yönelik bir girişim bulunmaktadır (Tr-LTER girişimi). Bu girişim ile, Türkiye'de mevcut uzun dönemli ekosistem izlemesi çalışmalarını bir araya toplama ve bu konuda yapılacka yeni çalışmaları teşvik edilmesi planlanmaktadır. TR-LTER girişimi, ODTÜ Ekosistem Araştırma Merkezi (EKOSAM) tarafından yürütülmekte ve TÜBİTAK, ilgili devlet kurumları ve diğer üniversiteler ile yapılan işbirlikleri ile hayata geçirilmeye çalışılmaktadır.

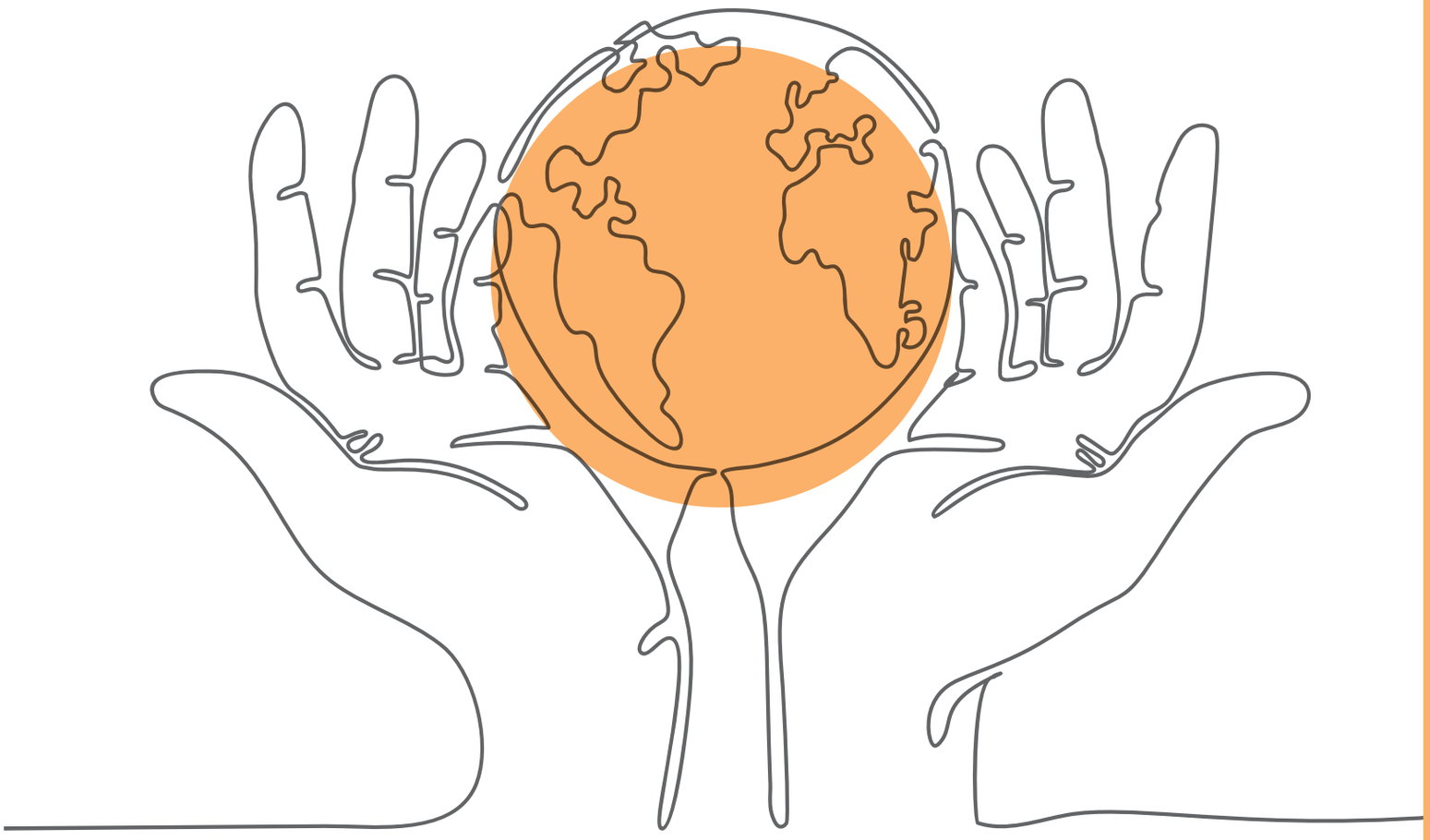
Ekosistem restorasyonu konusunda Orman Genel Müdürlüğü ve Orman Teşkilatına bağlı kurumların orman restorasyonu projeleri (ağaçlandırma erozyon kontrolü vb.) Türkiye'de başı çekmektedir. Ancak, açık ekosistemlerde (bozkırlar, çayırlar, açık ormanlar vb.) yapılan ağaçlandırmalar, bu ekosistemlerin biyoçeşitlilik ve karbon depolama fonksiyonlarını azalttığından başarılı uygulamalar olarak değerlendirilemeyebilir. Orman restorasyonunda biyolojik çeşitliliğin ön plana alınarak ve ekonomik (kereste üretimi vb.) gerekçeler ikinci planda göz önüne alınmalıdır. 2232- ERİK JEPPESEN, Tuzlu göller projesi. TÜBİTAK çağrılarında iklim değişimi, biyoçeşitlilik, ekosistemler, ekoloji, vb anahtar kelimeler olmadığı için bu konuda büyük ölçekli projeler çok azdır sadece 1001 den desteklenen küçük ölçekli projeler mevcuttur.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Ülkemize Yönelik Öngörüler.

Karasal ve içsu ekosistemlerinde düzenli izlemeye imkan verecek teknolojilerin kullanılması önemlidir. Kurulacak olan uzun dönemli izleme istasyonları içerisinde, çevresel verileri düzenli olarak kaydetmeyi sağlayacak sensörler (have/su/toprak sıcaklığı, yağış miktarı, su kimyası vb.) kurularak toplanacak olan biyolojik çeşitlilik verisi ile iklim değişikliğinin uzun dönemli etkileri arasında ilişkiler incelenmelidir. Karasal ekosistemlerde, bitki fenolojisi izlemeye yönelik otomaik veri sağlayacak olan görsel veri kayıt cihazları kurulmalıdır. İçsu ekosistemlerinde, göllerin su kimyası ve diğer çevresel parametreleri izlemeye yönelik düzenli otomatik veri sağlayacak cihazlar kurulmalıdır. Öncelikle deniz ve yüzeysel sular için sürdürülebilir alıcı ortam şartları havza bazında belirlendikten sonra

hem deniz alanının yüzeysel ve derinlik boyunca, hem de denize desarjı noktalarındaki yüzeysel sular (nehir veya dere) için belirlenen kirlilik parametreleri ölçebilen ve verileri ana merkeze ulaştırabilen analiz robotları kurulmalıdır. Ayrıca kirlilik aşımları durumunda nehir boyunca kirlilik artışını belirleyebilen kirlilik robotları devreye alınmalıdır. Karbon yutma sistemleri karbon emisyonunun salımına neden olan termik santrallerine bağlı kurulmalı ve soğutmada kullanılmakta olan sıvılaştırılmış CO_2 üretimi esas alınmalıdır.

İklim değişikliği doğrudan arazi kullanımını etkileyen bir unsurdur. Ayrıca arazi durumu ve sürdürülmekte olan iklim koşulları su kullanımını etkileyen parametrelerdir. Ülkemizde tatlı su kullanımının %75'i tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Havza bazında gerekli olabilecek sulama suyu miktarı belirlenip sulama suyu kaynakları araştırılmalı ve iklimsel azalmalar da dikkate alınarak, geri kazanılabilecek evsel atıksu potansiyelleri ve gerekli olabilecek sulama suyu karekteristikleri belirlenmelidir. Özellikle örnek analizlerinde kullanılmaya başlanan imaj analiz sistemlerinde elde edilen verilerin yapay zeka (AI- machine learning vb.) analiz edilmesinde Ülkemiz IT kapasitesi önemli açılım yapabilecektir. Yine aynı şekilde otomatik yüksek çözünürlüklü izleme sistemlerinin yaygınlaşması ve bu sistemlerin birbirleriyle etkileşimde olan akıllı sitemlere dönüşmesinde IT çok önemli boşlukları doldurabilecektir.



Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Küresel Öngörüler.

Yüksek çözünürlüklü otomatik izleme sistemlerinin birbirleriyle etkileşim içinde olmasında IT geliştireceği yazılımlar önem kazanmaktadır. Ayrıca biyolojik örneklerin analizinde kullanılan imaj analizör verilerinin yapay zeka uygulamalarıyla örüntü tanıma yöntemleriyle analiz edilmesinde IT yazılımlarına çok fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alan dünyada da yeni gelişmekte olup ülkemizin bu alanda IT kapasitesi önemli bir boşluğu doldurabilecektir. Biyolojik örneklerin ekosistemde imaj toplama yöntemleriyle örneklenmesi de ekosistem araştırmalarında gelişmeye çok açık alanlardır.

Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

eLTER (Long term ecosystem research in Europe); ILTER (International long term ecological research network), H2020 eLTER, H2020- eLTER-plus, H2020, eLTER-ppp (ESFRE- road map hazırlık projesi), FP/- MARS, FP7-REFRESH projeleri, H2020-AQUCOSM, H2020-AQUACOSM-PLUS, H2020-PONDERFUL projeleri sucul ekosistem alanındaki önemli projeler olarak ortaya çıkmaktadır.

2.3. Deniz ve İç Sucul Ekosistemler ve Mavi Ekonomi

Dünyadaki ve Türkiye'deki Akademik Birikim.

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü ve DEÜ Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü ülkemizde deniz temel bilimleri konusunda kritik bir bilgi birikimini ve insan kaynaklarını 40 yılı aşkın süredir oluşturmuştur. ODTÜ DBE bünyesinde Strateji ve Bütçe Başkanlığı destekli DEKOSİM - Deniz Ekosistem ve Oşinografik araştırma altyapısı şu an TÜBİTAK tarafından ulusal araştırma altyapıları yeterlilik değerlendirmesinden geçmektedir. DEKOSİM, DBE kampüsünde deniz ve iklim araştırmaları altyapısı olarak oluşmuş durumdadır ve şu ana Ulusal Altyapı olarak konumlanmaya başlamıştır. Araştırma gemileri, denizel ve atmosferik gözlem sistemleri, iklimin denize etkisini ölçmek için cihaz parkı, modern bir laboratuvar binası gibi altyapı öğeleri ile hem ODTÜ'nün birimlerine hem de ulusal ve uluslararası paydaşlara hizmet vermektedir. Denizel karbon yutakları konusunda, ODTÜ DBE DEKOSİM kapsamında atmosfer-okyanus arayüzünde pCO_2 akışlarını seferler sırasında sürekli ölçecek sistemlerin kurulmuştur. Bunun yanı sıra hem DBE

hem diğer kurumların araştırma altyapıları (gemiler dahil) ve yetişmiş insan gücü bazı eksiklere rağmen kritik önemde bir seviyededir. ODTÜ DBE yılda ortalama 25-30 kadar Q1 ve Q2 sınıfındaki dergilerde yayın üretmekte, özellikle yarışmacı AB çağrılarında deniz bilimleri ve mavi ekonomi konularında öne çıkan 2 H2020 konsorsiyum koordinatörlüğü ve 4 h2020 ortaklığı bulunmaktadır. İçsu ekosistemleri konusunda ODTÜ EKOSAM/Limnoloji laboratuarları bulunmaktadır. Aynı zamanda, ODTÜ DBE kampusunda TÜBİTAK 2232 programı ve DEKOSİM destekli kurulmuş bulunan Mezokozm ekolojik deney tesisi de sucul sistemlerin iklime karşı değişim mekanizmalarını anlamak amacı ile işlemeye başlamıştır.

Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi ekonomi platformları geliştirilmesi ve aynı zamanda deniz ekosistemlerinin karbon yutağı kapasitesinin artırılması yönünde i) yenilenebilir enerji ve denizel hidrojen kaynakları ile çalışan su altı ve üstü biyokütle çiftliklerinin kurulması ve potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin yetiştiriciliği, ii) derin denizlerden değerli metal hammaddelerinin sürdürülebilir şekilde elde edilmesi ve iii) yenilikçi gözlem platformları açısından öncül imkânlara sahip olunması temel deniz ve sucul ekosistem bilgi birikimini mavi ekonomi ve sürdürülebilir kalkınma amacına yönelik çözümlere dönüştürme yolunda kullanılmaktadır. Bu amaçla, ODTÜ yeni bir insiyatif olarak ODTÜ İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma Merkezi'ni (ODTÜ-İKLİM) kurma sürecine başlamıştır. ODTÜ-İKLİM birçok disiplinden araştırmacıyı bir araya getirecek ve denizel, sucul ve karasal ekosistemlerinde iklime karşı dayanıklılık araştırmaları ve sürdürülebilirlik politikaları geliştirecektir.

Dünyadaki ve Türkiye'deki Teknolojik Birikim ve Fikri Mülkiyet Havuzu.

AB araştırma altyapıları olarak JERICO NEXT, EMSO ERIC, ARGO ERIC, DANUBIUS RI örnek olarak verilmektedir. Ayrıca AB Ufuk Avrupa Sürdürülebilir Mavi Ekonomi Ortaklığı, AB'nin yeni 5 misyonundan birisi olan Restore our Oceans, Seas and Inland Waters dikkat çekmektedir.

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

DEKOSİM Oşinografik Altyapı Projesi (ODTÜ, CB STrateji ve Bütçe Bşk), Marmara Denizi Bütünleşik Modelleme Sistemi MARMOD Projesi (ODTÜ, ÇŞİKB), birçok 1001, 3501 ve 2247 ERC Güçşendirme projeleri öne çıkmaktadır.

ODTÜ DBE'nin koordine ettiği ve ülkemizden toplam 15 ortağın yer aldığı Ufuk 2020 Black Sea CONNECT ve Ufuk 2020 BRIDGE-BS projeleri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, AB Yeşil

Mutabakat çağrısı altındaki ilk AB projesini (ARSINOE) ODTÜ DBE ülkemize kazandırmıştır. AB Ufuk2020 ARSINOE: Climate-Resilient Regions Through Systemic Solutions and Innovations / Sistemik Çözümler ve İnovasyonlar Yoluyla İklim Direncine Sahip Bölgeler projesi ODTÜ Deniz Bilimleri Ensitüsü'nün ortakları arasında yer aldığı, Türkiye'nin AB Yeşil Mutabakat çağrısı kapsamında fonlanan ilk projesidir. ARSINOE, iklim değişikliğinin gıda güvenliği, su kıtlığı, biyolojik çeşitliliğin azalması ve çevresel bozulmalar gibi başka küresel sorunlarla ilişkisi olan karmaşık bir süreç olması nedeniyle, sorunun yalnızca bir yönüne odaklanan mevcut geleneksel yaklaşımların mücadelede yetersiz kaldığı düşüncesinden yola çıkmaktadır. Proje ile bir bütün olarak sektörler arası sistemin işlevlerini ve paydaşların çeşitliliğini kapsayarak günümüz toplumlarının ve ekonomilerinin karmaşıklığını, karşılıklı bağlılıklarını ve bağımlılıklarını ifade eden Sistem İnovasyonu Yaklaşımı ve AB'nin iklim değişikliğine adaptasyon teknolojilerini içeren inovasyon pazarını ifade eden İklim İnovasyon Penceresi birlikte ele alınacak ve ekosistem oluşturmak amacıyla üç katmanlı metodolojik bir çerçeve geliştirilecektir. AB Ufuk 2020 Black Sea CONNECT: Ülkemizin AB Ufuk 2020 İklim, Enerji ve Gıda alanındaki ilk Konsorsiyum Koordinatörlüğü olan CONNECT projesi ile Karadeniz ülkeleri ve AB ülkelerinden 14 ortak ile Karadeniz'de iklime karşı dirençli, sürdürülebilir bir mavi ekonominin temellerini atacak stratejik planlar geliştirilmekte, ve pilot uygulamalar yürütülmektedir. ODTÜ'nün konsorsiyum koordinatörlüğünü üstlendiği AB Ufuk2020 "BRIDGE-BS: Advancing Black Sea Research and Innovation to Co-Develop Blue Growth within Resilient Ecosystems" projesi; iklim ve insan kaynaklı baskıların Karadeniz ekosistem servisleri üzerindeki etkilerini anlamak ve tahmin etmek için gerekli tahmin araçlarını ve kapasitelerini geliştirecektir. Proje kapsamında sürdürülebilir mavi ekonominin geliştirilebileceği, güvenli bir çalışma alanı belirlemek için ekosistem servislerinin stres faktörlerine verdikleri yanıtlar haritalanacak, izlenecek ve modellenecektir.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Ülkemize Yönelik Öngörüler.

Deniz ekosistemleri; denize taşınan kirlilik oluturulan maddeler tarafından etkilenmektedir. Denizlerin kirlilik baskısından kurtarmanın tek yolu vardır. Denizlere verilen kirlilik oluşturan maddelerin azaltılmasıdr. Bunun için alıcı ortamı oluşturan yüzeysel sular için yeniden deşarj kriterlerini belirleyip, arıtma tesislerin arıtma verimlerinin arttırılması yönüne gidilmesidir. Ayrıca kontrol sistemlerinin artırılması için hem arıtma tesislerin çıkış noktalarında hem de alıcı ortamı otomatik kontrol edebilen ölçüm istasyonların kurulmasıdır.

Denizel alanların planlanarak mavi ekonomi sektörlerine açılması yönündeki arştırmalar belirgin bir yönelimdir.

2.4. Aşırı İklim Olaylarına Karşı Dirençlilik

Dünyadaki ve Türkiye'deki Akademik Birikim.

İTÜ-Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsünde süreç tabanlı bir ekosistem modeli ile orman yangınlarının frekansı ve şiddetindeki iklim tabanlı potansiyel değişimler Türkiye odaklı, yüksek çözünürlükle modellenmekte, yüzyıl sonuna kadar olan zamanı içeren projeksiyonlar üretilmektedir. 2022 European Geophysical Union'da ön sonuçlar, geçen yıl yaşadığımız ve Akdeniz ekosistemlerinin yanısıra karasal iklim etkisi altındaki ekosistemleri de etkilemiş olmasının ışığında paylaşılacaktır. Ayrıca bu ekosistemlerin kompozisyonlarındaki olası değişimler de yangın öncesi/sonrası olarak incelenmekte ve tehdit altında olan bölgeler ve türler ile ilgili detaylı çalışma yürütülmektedir.

Aşırı su kullanımı ötrofikasyon ve tuzlanmaya neden olduğu ve bu ekosistemlerin sunduğu ekosistem hizmetleri (suşlama, içme suyu, C tutumu vb) azalttığı için bu konu sulama suyu ihtiyacı ile ekosistemlerin ihtiyacı arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve ekosistemlerin istenen ekolojik durumlarının ve biyoçeşitliliklerinin korunması amacıyla yoğun olarak araştırılmaktadır. Özellikle küresel ısınma ile artan kuraklı ve şiddetlenen uç olaylarla ekosistemlerin su ihtiyacının belirlenmesi ve su kullanımı arasındaki dinamik dengenin belirleyen su yönetimi planlamalarının yapılması önceliklidir.

Dünya'da sel-taşkın, heyelan ve çığ gibi egzojenik (dış süreçleri bağlı) doğal afetler açısından yayın hacmi, kalitesi ve altyapı bakımından öne çıkan ülkeler; Çin Halk Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere (özellikle sel-taşkın), Japonya ve İtalya başta olmak üzere İsviçre özellikle çığ, kaya düşmesi ve moloz akması gibi konularda ve son dönemde sel-taşkın konusunun yanı sıra kendi ülkesinin sınırları dışında, özellikle Nepal ve Hindistan'da yürüttüğü çalışmaları ile Almanya bu konudaki uluslararası proje ve yayınların öncüleri ülkelerdir. Örneğin yapılan güncel çalışmalar Avrupa'da en fazla heyelanın İtalya'da gerçekleşmesine rağmen ölüm bakımından ilk sırada yer alan ülkenin Türkiye olduğunu göstermektedir. Buna karşın Türkiye'de alanında uzmanlaşmış, SCI kapsamında uluslararası dergilerde Çığ konusunda yayınlara sahip, 2, heyelan konusunda yaklaşık 15 ve sel-taşkın konusunda ise 18 bilim insanı bilimsel faaliyet yürütmektedir.

Dünyadaki ve Türkiye'deki Teknolojik Birikim ve Fikri Mülkiyet Havuzu.

Türkiye'de 2020 yılına kadar, yangın öncesi ve sırasında süregelen uygulamalar aslında çok ciddi bir bilgi ve tecrübe birikimine işaret etmektedir. Ülkenin büyük bir bölümünü teşkil eden Akdeniz ekosistemleri yangından beslenen ve bundan faydalanan (ekolojik anlamda) önemli ekosistemlerdir. Çıkan yangınlarda erken ve efektif müdahale çok büyük önem taşımaktadır. OGM'nin verilerine göre Türkiye'de çıkan yangınların %89'u antropojenik nedenlidir ve yaşam alanları ormanlara yaklaştıkça bu oran korunacak ya da muhtemelen artacaktır. Geçmiş dönemlerde uygulanmış ancak muhtelif nedenlerle terk edilmiş izleme ve koruma politikalarına gerekli teknolojik güncellemeler ile (orman köylüleri/orman yangınlarına duyarlılık ve doğru bilgilendirme/erken müdahalede yerelde kapasite artırma; orman içi yangın kuleleri/dijital iletişim ağları/GIS tabanlı yeni teknoloji ile destekleme gibi.) geri dönülmesi elzemdir. İklim projeksiyonlarında yangınların frekansındaki ve şiddetindeki değişimler, bir ekosistem yangından besleniyor olsa dahi yokoluşa kadar gidebilen tahribatlara gebedir. Dolayısıyla OGM ve itfaiye kurumlarının gerekli teknolojik donanımlar ile güçlendirilmesi, mevcut tecrübelerinden faydalanılması, yerel kapasite artırımları/eğitim programları ve ormanlık alanlara yakın yerleşim bölgelerinde gönüllü izleme ve önleme birimlerinin oluşturulması (bir bölüm yerel idare bu uygulamaya bu yaz itibari ile başlamıştır, ancak bunların desteklenmesi ve ülke genelinde çoğaltılması çok önemlidir) karasal ekosistemler ve insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır.

eLTER ve USA-LTER ekolojik izleme ağı sistemleri ve dünyaca önemli ekoloji, hidroloji esntitülerinde teknik, teorik bilgi birikimi çok yüksektir. Otomatik yerinde izleme

sistemleri (High frequency automated monitoring sondas, GLEON, (gleon.org) özellikle önderlik yapan organizasyonlardan. Ayrıca örneklerin (özellikle deniz ve iç sulardan) plankton tanımlanması da ileri teknoloji image analyzers ile birleşen veri analizinde AI (machine learning) kullanımı son zamanlarda öne çıkan teknoloji ve IT destekli veri analizi sistemleri öne çıkmaktadır. Ülkemiz eğer bu konuya yatırım ve teşvik yapılabilirse özellikle AI in plankton analizinde boş olan çok fazla açığı giderme de önemli rol olabilir.

Dünya genelinde sel-taşkın ve heyelanlara yönelik özellikle NASA'nın kısa ve uzun vadeli kestirim modellerinin yanı sıra bu tip doğal afetlerin önlemlerine yönelik birçok patent mevcuttur. Özellikle önlem yapıları ve bütünleşik erken uyarı sistemlerinin patent hacmi geniş olup geliştirilen prototipler açısından İsviçre (Çığ ve heyelan) Japonya ve İtalya'nın yanı sıra Hong Kong pilot uygulamalar konusunda öncü ülkelerin arasında gösterilmektedir. Türkiye'de teknolojik birikim diğer ülkelerle karşılaştırılamayacak derecede sınırlı olmakla beraber geçmişte veri yetersizliği nedenliyle erken uyarı sistemleri denemesi, özellikle Doğu Karadeniz bölümünde, yapılmış fakat yüksek verim alınamamıştır.

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

Türkiye'de MTA tarafından 2000'li yıllarda başlanıp 2008 yılında sonlandırılan "Türkiye Heyelan Envanteri" başlıklı proje kapsamında üretilen envanter çalışması bu tip afetler açısından yürütülen en kapsamlı çalışmalardan birisidir. Diğer önemli bir çalışma AFAD tarafından tamamlanan ve güncellemelerine devam edilen Afet Risk Azaltma Sistemi (ARAS) kapsamında yürütülen çalışmalardır. Bunun yanı sıra Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarihi taşkınlara ait Taşkın, Arıza ve Müdahale Bilgi Sistemi (TAMBİS) kapsamında oluşturulan envanterlerdir. Kuraklık ve aşırı sıcaklık gibi diğer iklimsel veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kaydı tutularak arşivlenmektedirler. ITU-AYBE'de Glasgow Universitesi ile işbirliği içerisinde Ingiliz Konsolosluğu-REL bursu desteğiyle iklim değişimi ekseninde big data ile desteklenecek bir "flood prdiction/sel öngörme" sisteminin çalışmalarına başlanmıştır.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Küresel Öngörüler.

Birçok ülkede bu konuda vatandaş bilimine dayalı çözümler tartışılmaktadır. Deprem konusunda CSEM-EMSC gibi mobil cihazlara yüklenebilen basit appler yangın ve tahribatların ihbarını ve sonrasında müdahalesini hızlandıracaktır.

FIRE-MIP özellikle yangın modellemesi yapan grupları bir araya getiren bir model intercomparison projesidir. Global Forest Watch uzaktan algılama ile deforestation hızını ve etkilenen alanları izleyen bir projedir. Her ikisi de hem yayın çıkaran hem de atıf alan çalışmalardır.

Ülkemizin bu teknolojik uygulamalara geçmeden önce iyi bir “olay envanteri” veri tabanı üretmesi gerekmektedir. Bu veri tabanı sonrasında diğer teknolojik ilerlemeler (örn. erken uyarı sistemleri, geleceğe yönelik kestirim modelleri, uzun ve kısa dönemli olay kestirim modelleri gibi) sağlıklı bir şekilde yapılabilir.

Dünya genelinde bu konuda öncü ülkeler doğal afetlerin kayıtlarının kapsamlı bir şekilde tutulması, bu kayıtlardan yola çıkarak farklı misyonlara sahip birçok fırlatılan uydular aracalığıyla günümüzde kısa ve uzun dönemli tahmin modellerini geliştirmektedirler. Bunun için ciddi parasal yatırımlar yaparak sadece kendi ülkelerine değil tüm dünyaya bu verileri açarak tahmin modellerinin geliştirilmesine katkı koymaktadırlar. Gelecek on yılda iklim, iklim değişikliği, buzul araştırmaları ve doğal afetler konusunda NASA

(Amerkika Birleşik Devletleri), CNSA (Çin Halk Cumhuriyeti), ISRO (Hindistan) ve ESA Avrupa Birliği 20'nin üzerinde uydu gönderileceğine ilişkin misyonlarını 2021'de açıklamışlardır. Bu uydulara İlişkin misyonların modellerin kestirimlerini çok daha arttıracağı öngörülmektedir.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Ülkemize Yönelik Öngörüler.

Su kaynakları bütüncül yöntemlerle yönetilmelidir. Nüfus artışı, sanayinin gelişmesi ve iklim değişikliği baskıları gün geçtikçe kullanılabilir su kaynaklarına olan ihtiyaçın artmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğinin sebep olduğu kuraklıklar ise mevcut tatlısu kaynakların azalmasına neden olmaktadır. İklim değişlikliği baskısı iki şekilde hissedilmektedir. Aşırı su taşkınların artması ve kuraklılar, kar yağışların azalmasıdır. Tatlı su kaynakların artırılmasının tek yolu özellikle büyük şehirlerde olmak üzere, yüzbinlerce evsel atıksular arıtılıp yüzeysel sulara deşarj edilen atıksuların tekrar proses suyu ve sulama suyu olarak kullanılmasıdır. Şimdiden atıksuların tekrar kullanılmasına yönelik hem yasal hem de sürdürülebilir ileri arıtma teknolojilerin geliştirilmesi araştırlmalarının başlatılmasıdır.

Ülkemizin bu teknolojik uygulamalara geçmeden önce iyi bir "olay envanteri" veri tabanı üretmesi gerekmektedir. Bu veri tabanı sonrasında diğer teknolojik ilerlemeler (örn. erken uyarı sistemleri, geleceğe yönelik kestirim modelleri, uzun ve kısa dönemli olay kestirim modelleri gibi) sağlıklı bir şekilde yapılabilir.

Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

Dünya genelinde bu konuda öncü ülkeler doğal afetlerin kayıtlarının kapsamlı bir şekilde tutulması, bu kayıtlardan yola çıkarak farklı misyonlara sahip birçok fırlatılan uydular aracalığıyla günümüzde kısa ve uzun dönemli tahmin modellerini geliştirmektedirler. Bunun için ciddi parasal yatırımlar yaparak sadece kendi ülkelerine değil tüm dünyaya bu verileri açarak tahmin modellerinin geliştirilmesine katkı koymaktadırlar. Gelecek on yılda iklim, iklim değişikliği, buzul araştırmaları ve doğal afetler konusunda NASA (Amerkika Birleşik Devletleri), CNSA (Çin Halk Cumhuriyeti), ISRO (Hindistan) ve ESA Avrupa Birliği 20'nin üzerinde uydu gönderileceğine ilişkin misyonlarını 2021'de açıklamışlardır. Bu uydulara İlişkin misyonların modellerin kestirimlerini çok daha arttıracağı öngörülmektedir (European Forest Fire Information System (EFFIS) - https://effis.jrc.ec.europa.eu/)

2.5. Sıfır Salım, Sıfır Atık ve Sıfır Kirletici Çözümler

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

Su ve atıksulardan su geri kazanımı, sıfıra yakın (near zero liquid discharge) ve sıfır sıvı deşarjı (zero liquid discharge) kapsamında TÜBİTAK ARDEB 1003 çağrıları kapsamında özellikle yenilikçi membran teknolojilerinin üretimi, kullanılması yönünde projeler desteklenmiştir. Özellikle membran teknolojileri alanında İTÜ Ulusal Membran Araştırmaları Merkezi'nde membran üretimi, geliştirilmesi ve ticari ölçek aşamasına getirilmesi çalışmaları yürütülmektedir.

TÜBİTAK MAM ve İTÜ ortak olduğu TÜBİTAK 1003 projesi (114Y498) kapsamında ülkemizde ilk defa yerli tubular seramik membranlar üretilmiş, tekstil sektöründe sıcak atıksular ve kostik kimyasalı geri kazanılmıştır. Su, enerji ve kimyasal geri kazanımı sağlayan proje pilot ölçekli olarak başarılı sonuçlar vermiştir.

2017-2018 yıllarında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı adına TÜBİTAK MAM tarafından yürütülen "Enerji Verimli ve Enerji Pozitif Atıksu Arıtma Tesislerinin Geliştirilmesi Projesi" kapsamında ülkemizde faaliyet gösteren atıksu arıtma tesislerinin enerji tüketimi açısından verimli hale getirilmesi ve enerji verimli teknolojilere geçiş amacıyla, atıksu arıtma tesislerinde kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin, düşük oksijen konsantrasyonlarında eş zamanlı nütrient giderimi prosesinin ve enerji pozitif atıksu arıtma tesislerinin araştırılması ve pilot uygulama yapılabilecek alternatiflerin belirlenerek kavramsal tasarımlar yapılmıştır.

İşletmelerde kaynak verimliliklerini artırmaya yönelik özellikle enerji konusunda ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Bunun yanında özellikle havzaların korunması kapsamında önemli projeler desteklenmiştir. Bunlardan en önemlisi WWF – Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı) ve Güney Ege Kalkınma Ajansı (GEKA)'nın iş birliği ile yürütülen tekstil sektörüne yönelik çalışmadır. Bu konuda atılan ilk adım da 3 Mayıs 2018 tarihinde Denizli'de tanıtım toplantısı yapılan "Tekstil Sektöründe Temiz Üretimin Yaygınlaşması" hareketi projesi olmuştur. Bu proje ile '12 milyon Euro'luk yatırımla, yıllık 10 milyon Euro'luk tasarruf' ön görülmüştür.

TÜBİTAK MAM tarafından ilgili bakanlıklar adına 2012 yılı itibari ile sıfır salım, sıfır atık, simbiyoz başlıkları altında yapılan çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. 2012-2014 yılları arasında T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı adına yürütülen "İklim Değişikliği Kapsamında Sanayide Teknoloji İhtiyaç Değerlendirmesi ve Sera Gazı Azaltım Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi" kapsamında seçilmiş sanayi sektörlerinde (Demir-Çelik, Şeker, Çimento, Kireç, Cam, Seramik ve Petrokimya) toplam 258 tesis bazında toplanan veriler ile teknolojik ihtiyaç değerlendirmesi yapılmış, değişimlerin yaratacağı sera gazı emisyon azaltım potansiyelleri ortaya konmuş ve maliyet analizleri yapılmıştır. Proje sonunda iklim değişikliği ve sanayi sektörlerinin ilişkisini ortaya koyan 8 kitap hazırlanmış ve düzenlenen çeşitli bilgilendirme faaliyetleri ile proje sonuçları yaygınlaştırılmıştır. Yine T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı adına 2014-2017 yılları arasında yürütülen Sanayide Kaynak Verimliliği Potansiyelinin Belirlenmesi Projesi kapsamında ise 5 ana sektörden yola çıkılarak tüm imalat sanayimiz için enerji, su ve hammadde açısından kaynak verimliliği potansiyeli miktarsal ve parasal olarak ortaya konmuştur. 2016 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı adına yürütülen "Sanayide Temiz Üretim Olanaklarının ve Uygulanabilirliğinin Belirlenmesi" Projesi kapsamında, demir-çelik ve maya sektörleri için sektörel ihtiyaçlar, temiz üretim olanakları, teşvik mekanizmaları ve yasal düzenlemeler incelenerek, belirlenen çeşitli olanakların ülkemiz koşullarında uygulanabilirlikleri değerlendirilmiştir.

TÜBİTAK MAM, endüstriyel üretim süreçleri dışında pilot ve büyük ölçekli yeşil teknolojiler geliştirilmektedir. Bu kapsamda, her büyüklükteki nüfusa hizmet veren kentsel atıksu arıtma tesislerinde yıllık ortalama 320 bin ton (kuru madde bazında) civarında oluşan atıksu arıtma çamurlarının geri kazanımında kullanılabilecek yüksek performanslı, çevre mevzuatına uyumlu, düşük maliyetli (kimyasal kullanımına ihtiyaç duymayan) ve yüksek verimli "Hidrodinamik Kavitasyon Reaktörü" geliştirilmiştir. Yenilikçi entegre sistem sayesinde, artıma tesislerinde bertaraf edilmesi gereken çamur miktarı %15 oranında azaltılabilirken, anaerobik çürütme sonrası enerji amacıyla kullanılacak biyogaz miktarı da %25 oranında artırılabilmektedir. Pilot ölçekli çalışmalar ile verimliliği tespit edilen "Hidrodinamik Kavitasyon Reaktörü"nün, Erzurum İli Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (Erbasat) ve Muğla İli İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde kurulumu için çalışmaları devam etmektedir. Hidrodinamik Kavitasyon Reaktörü, ülkemizdeki biyogaz tesislerine sahip atıksu arıtma tesislerinin hepsinde kullanılabilecektir.

Yukarıdaki çalışmalardan farklı olarak; yeşil ve temiz teknolojilere başlangıç aşamasından itibaren rehberlik edilmesi ve sanayinin mevcut çevresel performansının değerlendirerek, uluslararası kabul gören performans göstergeleri ile ifade edilmesi ve iyileştirme stratejilerinin geliştirmesi amacıyla 2017 yılından itibaren Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) çalışmaları gerçekleştirilmektedir. 2017 yılında başlatılan ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Stratejik Araştırmalar Verimlilik Genel Müdürlüğü adına yürütülmekte olan projenin amacı, Türkiye sanayisinde sürdürülebilir gelişimi desteklemek, sanayide sağlanacak kaynak verimliliği ile ekonomik ve çevresel fayda elde etmek için gerekli olan YDD çalışmalarının temelini oluşturan Ulusal YDD Veri Tabanının geliştirilmesidir. Projenin 2017-2020 döneminde, enerji ile evsel ve endüstriyel su temini veri setleri ülkemizi hem coğrafi hem teknolojik hem de zamansal açıdan temsil eden nitelikte ve "beşikten kapıya" yaklaşımıyla, hammaddelerin elde edilmesinden ortaya çıkan ürünün son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar olan aşamaları kapsayacak şekilde hesaplanan 148 veri seti oluşturulmuştur. Ayrıca 2019 yılında çimento ve seramik sektörlerine yönelik seçilen ürünler için ürün bazında Yaşam Döngüsü Analizi gerçekleştirilmiştir. 2021 yılında ise Ulusal YDD Veri Tabanı'nın zenginleştirilmesi kapsamında, ürünün üretim süreçlerindeki hammadde kullanımı, su ve enerji tüketimi, emisyon ve atık üretimi, dâhil olduğu sektörün çevresel ve ekonomik açıdan önemi ile Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM)'nın getireceği değişikliklerden etkilenme durumu dikkate alınarak "elektrik ark ocaklı tesislerde üretilen çelik ürün grubu", "çimento ürün grubu", "kireç ürün grubu" ve "ulaştırma (yük taşımacılığı) ürün grubu" altında yer alan ürünler için veri seti geliştirilmesi çalışmalarına başlanmıştır. Ulusal YDD Veri Tabanının yönetimi, sürdürülebilirliğinin sağlanması ve yeni veri setleriyle genişletilmesi, T.C. Ticaret Bakanlığı tarafından yayınlanan "Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021" kapsamına alınmıştır.

TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsünde kömür yakma, gazlaştırma teknolojileri çalışmaları ile enerji üretimi santralleri kaynaklı hava kirletici emisyonlarının azaltılmasına ve yakma verimlerinin iyileştirilmesine yönelik pilot ve büyük ölçekli projeler yapılmış ve yapılmaktadır:

- MİLTES - Termik Santral Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Yerlileştirilmesi (Dolaşımlı Akışkan Yatak Tasarımı) (2013 - 2015)
- KEAŞ Kemerköy Santralı Baca Gazı Kükürt Giderme Sisteminin İyileştirilmesi (2012 – 2014)

- Biyokütle ve Kömür Karışımlarından Sıvı Yakıt Üretimi (2009 – 2013)
- Tunçbilek Gazlaştırma Sistemleri Optimizasyonu (2011 – 2014)
- Termik Santral Performans İzleme ve Değerlendirme Sistem Tasarımı ve Uygulaması (PERIDSIS) (2011 – 2013)
- Enerji Verimliliğini Arttırmak Üzere Termik Santral Atık Isılarını Faydaya Dönüştürme Yöntemlerinin Araştırılması, Geliştirilmesi ve Binalarda Isıtma Uygulaması (TSAD) (2006 – 2011)
- European Research Infrastructure for Thermochemical Biomass Conversion (2011 – 2015)
- Kömür Karakterizasyonunun ve Yanma Davranışlarının İncelenmesi (2011 – 2013)
- Biyokütle ve Biyokütle/Kömür Karışımlarını Dolaşımlı Akışkan Yatakta Yakma Teknolojisinin Geliştirilmesi (2007 – 2012)
- Bitkisel ve Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretimi ve Entegre Enerji Üretim Sisteminde Kullanımı (2007 – 2011)
- Kömür ve Biyokütle Karışımlarının Gazlaştırılması, Gazın Temizlenmesi ve Enerji Üretim Sistemlerine Entegrasyonu (2005 – 2008)
- Improving of The S&T Research Capacity of TUBITAK MRC Institute of Energy in the Fields of Integrated Biomass Gasification with Power Technologies (2005 – 2008)
- Integrated European Network For Biomass Co-Firing (2005 – 2007)

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Ülkemize Yönelik Öngörüler.

Hava emisyonlarında iklim değişikliğini etkileyen en önemli parametre CO_2 kirliliğidir. Karbon kaynağını oluşturan termik santrallardır. Eğer termik santrallar çalışmaya devam edecekse, karbon yutak sistemleri geliştirilip kurulmalıdır. Diğer alternatif, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir. Yapılan araştırmaya göre ülkemizdeki güneş enerjisi potansiyeli yaklaşık 380 milyar kWh/yıl yıl olduğu hesaplanmıştır. Su ve toprak kirliğin önüne geçilebilmesi için kirlilik oluşturan maddelerin tekrar geri kazanılmasına yönelik ileri ve sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesidir.

Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

UFUK 2020 kapsamında çeşitli endüstriler tarafından atık olarak üretilen sulardan tuzların (magnezyum, potasyum tuzları, sodyum klorür, karbonatlar ve diğer tuzlar) geri kazanılması ve bu yolla hammadde üretimini, kaynaklar arasında su ve enerji (atık ısı geri kazanımı yoluyla) kazanımı amaçlayan ve 2016-2021 yıllarında TÜBİTAK MAM ortak olduğu toplam 26 proje ortağının olduğu "ZERO BRINE - Re-designing the value and supply chain of water and minerals: a circular economy approach for the recovery of resources from saline impaired effluent (brine) generated by process industries" başlıklı proje bulunmaktadır (https://zerobrine.eu/).

2021 yılında "Smart innovative system for recycling wastewater and creating closed loops in textile manufacturing industrial processes (Waste2Fresh)" başlıklı proje Konya Teknik Üniversitesinin yöneticiliğinde başlatılmış olup 17 ortaklı proje kapsamında su ve enerji kullanımı yoğun olan tekstil sektöründe sürdürülebilir düşük karbonlu ve sıfır sıvı deşarjı yaklaşımları uygulanmaktadır (https://waste2fresh.eu/).

2.6. İklim değişikliği ile mücadelede Tek Sağlık

Dünyadaki ve Türkiye'deki Akademik Birikim.

Dünyada Tek Sağlık teriminin ilk kullanımı 19. yüzyıla kadar uzansa da (Dr. Rudolf Virchow), son 20 yılda sıklıkla konuşulmaya başlanmıştır. Ülkemizde 2014 yılından itibaren gündeme getirilmeye çalışılmıştır. 'Tek Sağlık' terimi ilk olarak 2003-2004'te şiddetli akut solunum yolu (SARS) hastalığının ortaya çıkmasıyla ilişkilendirilmiştir. Yaban Hayatı Koruma Derneği'nin 2004 yılındaki bir toplantısında elde edilen ve insan ve hayvan sağlığı arasındaki bağlantıyı ve hastalıkların gıda kaynakları ve ekonomiler için oluşturduğu tehditleri açıkça kabul eden 'Manhattan İlkeleri' olarak bilinen bir dizi stratejik hedef ortaya konmuştur. Bu ilkeler, ortaya çıkan ve/veya yeniden ortaya çıkan hastalıklara yanıt vermek için işbirlikçi, disiplinler arası yaklaşımların kritik önem tanımlanmasında ve özellikle yaban hayatı sağlığının küresel hastalık önleme, gözetim, kontrol ve denetimin temel bir bileşeni olarak dahil edilmesi için hayati bir adım olarak kabul görmüştür. Halk sağlığı ile sıklıkla karıştırılan terim, üçlemenin barındırdığı ekosistem sağlığındaki çalışmalarla son dönemde Covid pandemisinde sıklıkla kullanılmaktadır. İklim değişikliğinin her 3 başlıkta da sorun olacağı bilinen bir gerçek olduğu için, bir yönetim stratejisi olarak çözüme ait bir ön gösterim olduğu belirtilmiştir. Ülkemizde, Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti altında, 29.12.2018 yılında kurulan, yürütme kurulu (5 kişi) ve seçili üyelerin oluşturduğu bir Tek Sağlık Çalışma grubu mevcuttur. Tek Sağlık konu başlığında 21-23 Kasım 2019 tarihinde yapılmış bir çalıştay bulunmaktadır. Çalıştay sonuç bildirgesinde özellikle Türkiye'de yapılması gerekenlere ilişkin maddeler halinde somut öneriler bulunmaktadır. Yayın hacmi konusunda Scopus* (en gelişmiş bilimsel veri tabanı olarak seçildi) arama motorunda yapılan analizde, Tek Sağlık konu başlığında "8003 document (1953-2021)" olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmalarda genellikle "public health" çalışmaları oldukça baskındır. *TR'den yapılan makale sayısı sadece 8 adettir. Tek Sağlık konusunun içeriğinin örtüştüğü sadece 2 adet makale tespit edilmiştir.

Dünyadaki ve Türkiye'deki Teknolojik Birikim ve Fikri Mülkiyet Havuzu.

Dünyada da henüz yeni olgular ve politikalar olarak tanınan Tek Sağlık oluşumu "Health Impact Assessment"https://www.cdc.gov/healthyplaces/hia.htm Tek Sağlık başarısını, insan – hayvan/gıda – çevre sağlığı bütünsel bakışına ve disiplinlerarası çalışma anlayışına borçludur. Ancak uygulamalarda veri temini ve büyük datanın işlenebilirliği hususundaki zorluklar, bu konuda çalışmaları sınırlandırmaktadır. Bakanlıklar arasında koordinasyonla, siyaset üstü tek elden yönetim ihtiyacı, önce pilot uygulamalar ve ardından uluslararası entegrasyonu olabilecek ulusal politikalarla desteklenmelidir.

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

Üç ana başlıkta incelenmekte olan Tek Sağlık konsepti; metodolojik araçlar, veri toplama, izleme teknikleri, çalışma tasarımları ve matematiksel modeller hakkında çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda büyük veri (big data), bağlantılı veri (cross-sectional data), zaman serisi (time series) analizleri yapılmalıdır. Verilerin değerlendirilmesi için teknolojik alt yapıya ve her disipline ait uygulamaların farklı disiplinler ile karşılaştırılmasına yönelik akıllı/teknolojik yapay zeka uygulamalarına ihtiyaç vardır. Ana başlıklarla, zoonotik hastalıklar, yaban hayatı, çiftlik hayvanları, evcil hayvanlar ve insan hastalıkları ve sanitasyon, ekonomi, gıda güvenliği gibi gerçek dünya sorunları ve ekosistem sağlığı ilişkisi ele alınmalıdır. Böylece Tek Sağlık, insan ve veteriner hekimliği, ekosistem sağlığı alanlarındaki modern disiplin çalışmaları ve disiplinler arası yöntemlerin temel oluşturmalarında fayda sağlayacaktır. Bu çalışmalar ulusal Tek Sağlık ağı ve politikası olarak olgunlaştırılmalıdır.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Ülkemize Yönelik Öngörüler.

BM, WHO ve IPCC son dönemde yaşanan Covid pandemisi, son dönemde sıklığı artan orman yangınları, biyoçeşitlilik baskısı ile deniz suyu sıcaklıklarındaki artış, okyanusların asitleşmesi, toprak tuzlanması nedeni ile tarımda verimsizleşme gibi küresel sorunlara tek bir bakış açısı ile çözüm bulamayacağına dair açıklamalar yapmaktadır. Belki de bir sonraki salgına sebep olabilecek, zoonozlar ve salgınları etkin tespit etmek, yanıtlamak ve önlemek için epidemiyolojik veri ve laboratuvar bilgilerinin paylaşımı ve disiplinler arası çalışmalarda teknolojinin kullanımı elzemdir. Küresel sorunlara

yanıtlar aranırken, olay örgülerinde belirlenen farklı disiplinlerin etkisi bütüncül bakış açısı gerektirmektedir. Ekosistem sağlığını korumanın aynı zamanda insan ve hayvan sağlığını korumak anlamındaki etkisi göz ardı edilemez argümanı ile bu uygulamanın aktifleştirileceği öngörülmektedir.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Küresel Öngörüler.

Son on yılda, bulaşıcı ajanların dolaşımında gözlenen önemli artış, epizootiklerin, zoonozların ve salgınların yayılması ve ortaya çıkması, pandemi risklerinin giderek daha kritik hale gelebileceğini göstermektedir. İnsan- hayvan- çevre sağlığı ayrıca antimikrobiyal direnç, çevre kirliliği ve çok faktörlü ve kronik hastalıkların gelişmesi nedeniyle tehdit altındadır. Ayrıca, toksik stres ve yeni yaşam tarzları dahil olmak üzere birden fazla strese maruz kalmaya bağlı bulaşıcı olmayan kronik hastalıklara "Tek Sağlık" konseptinin uygulanması önemli bir başlıktır. Belirtilen sağlık risklerinin artan küreselleşmesi ve patojenlerin evrimi ve ortaya çıkmasında insan-hayvan-ekosistem arayüzünün önemini açıkça vurgulamaktadır. Ekosistemlerdeki belirli insan etkinliklerinin, yaşam tarzlarının ve davranışlarının nedenleri ve sonuçları hakkında daha iyi bilgi, hastalık dinamiklerinin titiz bir şekilde yorumlanması ve kamu politikalarının yönlendirilmesi için çok önemlidir. Küresel ölçekte insan sağlığı, hayvan sağlığı, bitki sağlığı, ekosistem sağlığı ve biyoçeşitliliği bütünleştiren küresel ve kesişen bir perspektiften anlaşılmalı ve bu konuda politikalar geliştirilmelidir. Farklı ülkelerin ortak kararı olarak; "Tek Sağlık kavramının başarısının, insan ve veteriner hekimliğini; ekolojik, evrimsel ve çevre bilimlerinden hâlâ ayıran disiplinler arası engelleri yıkmayı gerektirdiği" fikri savunulmaktadır. Bütünleştirici yaklaşımların geliştirilmesi, stres tepkilerinin altında yatan faktörlerin incelenmesi, bunların ekosistem işleyişi ve evrimi üzerindeki sonuçlarına bağlayacak araştırmaların teşvik edilmesi elzemdir. Böylece sağlıklı ekosistemlerde istenen denge ve dinamiklere yol açan çevresel mekanizmalardan ilham alan yeni kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve yakın gelecekte daha entegre operasyonel girişimler için bir çerçeve sağlanması mümkün olacaktır.

Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

Surveillance for Harmful Algal Bloom Events and Associated Human and Animal Illnesses — One Health Harmful Algal Bloom System, United States, 2016–2018 çalışması önemli bir örnek teşkil etmektedir.

3. TESPİT EDİLEN TEKNOLOJİK SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir:

1. Bütünleşik İklim Değişikliği Modelleme ve Yenilikçi Yaklaşımlar ile Uyum ve Azaltım Senaryo Seçenekleri Çalışmaları

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Küresel İklim Modeli geliştirilecek ve dönüşümsel uyum ve net sıfır sera gazı salım düzeyine erişmek için çok disiplinli yaklaşımla çözünürlük ve karmaşıklık düzeyleri açısından ileri özelliklere sahip bölgesel ve küresel modellerle birlikte çalıştırılan senaryolar	1. Coğrafyamız özelinde iklim biliminin desteklenmesi için gerekli olan yüksek çözünürlüklü ve/veya ileri düzey modelleme karmaşıklığı olan (örn. neksus yaklaşımları) modelleme ve senaryo geliştirme kapasitesinin artırılmasının gereklilik olması 2. İklim değişikliğinin doğal kaynaklar üzerindeki etkileri ve uyum odaklı planlama ihtiyacının giderilmemiş olması (tarım ve su odaklı uyum ihtiyacı dahil) 3. Ülkemizin 2053 yılı net-sıfır salım ve iklim nötr hedefine yönelik azaltım yollarının (pathway) SSP-RCP senaryo çerçevesi tabanında karşılaştırılması ihtiyacının mevcudiyeti 4. İklim bilimi tabanlı azaltım ve uyum imkanlarının bütünleşik (entegre) olarak ele alınmaması sonucu kaynakların verimsiz kullanımına neden olunması, bütünleşik uyum ve azaltım imkanlarının planlanması ve uygulamasına yeterince yön verilmemesi	1. İklim bilimi tabanlı modelleme ve senaryo çözümleri için çözünürlük ve/veya karmaşıklık düzeyi açısından ileri özelliklere sahip çığır açıcı modelleme ve senaryo çözümleri (yüksek başarımlı hesaplama içerir) 2. Dönüşümsel uyum odaklı çözümlerin planlanması ve sektörlerarası uyum stratejilerinin yaygınlaştırılmasına yön verecek modelleme ve senaryo çözümleri 3. Enerji sistemlerinde yenilenebilir enerji oranı hedefleri (örn. %100) ve yenilenebilir enerjinin sistem genelinde yaygınlaştırılması için gerekli olan esnek enerji depolama çözümlerine dayalı azaltım yollarının modellenmesi 4. Modelleme ve senaryo çözümlerine dayalı olarak iklim etkilerinin çok yönlü olarak değerlendirmesi (su-enerji, gıda-su, çevre-iklim ve iklim-sağlık etkileşimleri ve karbon yutakları dahil), talep taraflı azaltım imkanları dahil (örn. davranış değişiklikleri) iklim dirençli ve iklim nötr sistemlerin geliştirilmesi Örn: Yüksek başarımlı hesaplama, uyum ve azaltım yollarına yön verilmesi

2. Bütünsel Ekosistem Çözümleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Aşırı iklim olayları (orman yangınları, sel, sıcak hava dalgaları, fırtınalar, soğuk hava kütlesi, kuraklık gibi) ve ilişkili bütünleşik afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için birbirine bağlı sistemlerin dirençliliğinin artırılmasında ve sektörler arası etkileşimlerinin öngörülmesinde i) dirençlilik analitiği, ii) risk haritaları ve iii) karar destek sistemlerinin geliştirilmesi	1. Karasal ve sucul ekosistemlerin iklim değişiklilerine karşı mevcut dirençleri ve verilebilecek kirlilik miktarları belirlenmemiştir. Hergün tonlarca organik ve inorganik içerikli kirlikikler yüzsel sulara verilmektedir. Deniz kıyısında bulunan şehirlerin hiç birinde denize girilememekte, ayrıca deniz ürünleri içerdikleri toksik maddeler nedeniyle tüketilemez durumdadırlar. Sucul ortama verilen aşırı kirlilikler sucul ortam yaşamını da olumsuz etkilenmektedir. 2. Ülkemizde Havza Bazında su yönetimi uygulanmamaktadır. Bu nedenle su yönetimi istenen seviyelerde değildir.(K2) 3. Ekosistem gözlem ve öngörü sistemlerinin eksik olması, bu eksiklik nedeniyle ekosistem yapısı ve fonksiyonlarının takip edilememesi ve katılımcı yaklaşımlarla desteklenmemesi 4. Karbon yutma kapasiteleri dahil sağlanan ekosistem hizmetlerinin nicelik ve nitelik olarak tespit edilmemesi 5. Ekosistemlerin karbon yutma kapasitesinin artırılmasına yönelik yaklaşımların yeterince bilim ve teknoloji tabanında desteklenmemesi	1. Öncelikle alıcı ortam karekteristikleri ve alıcı ortama deşarj kriterleri yasal olarak yeniden AB muktesebatina bağlı olarak belirlenmelidir. 2. Yüzeysel sulara kirlilik desarj eden noktasal kaynakların deşarj kriterleri de AB 'ne göre yeniden belirlenmeli 3. AT'lerin arırma verimlerini arttırmak ve işletme maliyetlerini düşürmek için YSA içerikli akıllı sistemleri arıtma ünitelerine uygulanmalıdır. 4. AB çevre müktesebatine uygun Havza Bazlı su yönetim sistemleri yasal olarak uygulanabilir hale getirilmelidir. 5. Deniz ortamlarını, denizleri besleyen yüzeysel suları ve noktasal deşarj noktaları da içine alan Havza Bazli entegre izleme ağları kurulmalı ve online izlenebilir hale getirilmelidir. 6. Bütünleşik Ekosistem Gözlem ve Öngörü Sistemlerinin geliştirilmesi, vatandaş bilimi de dahil edilerek yaygınlaştırılması, bütünleşik modelleme imkanlarının artırılması 7. Ekosistem hizmetlerinin tespit edilmesi, çoklu SDG bağlantıları ve biyoçeşitlilik odaklı Aichi hedeflerinin desteklenmesi 8. Azaltım odaklı çözümlere ek olarak karbon yutma kapasitesinin belirlenmesi, uzaktan algılama ile takip edilmesi ve bu kapasitenin artırılmasına yönelik yaklaşımların belirlenmesi
Bütünsel Ekosistem Çözümleri (Arazi, su kullanımı ve iklim değişikliğinin ekosistemler ve biyoçeşitlilik üzerine etkileri odağında)	1. Biyoçeşitlilik üzerinde iklim değişikliği artı diğer insan kaynaklı olumsuz birleşik baskılarının yeterince belirlenmemesi 2. Karasal ve sucul ekosistem restorasyonu dahil doğa temelli çözümlerin planlanması ve gerçekleştirilmesinin yetersizliği. Ayrıca karasal ekosistemlerde doğru yöntemlerle ekolojik restorasyon gerçekleştirme konusunda büyük veri eksikliği vardır ve bu konuda uygulama çeşitliliği çok düşüktür (yalnızca ağaçlandırma ön plandadır) 3. SDG'ler kapsamında takip edilen arazi kullanım veriminin (land use efficiency) artırılması için dijital çözümler ihtiyacı	1. Arazi, su kullanımı ve iklim değişikliğinin ekosistemler ve biyoçeşitlilik üzerine etkilerinin belirlenmesinde sürdürülebilir arazi kullanımı için uzaktan algılama 2. Karasal ve sucul ekosistem restorasyonu için doğa temelli çözümler, kentsel doğa tabanlı çözümler (örn. büyük veri ve yapay zeka tabanlı kentsel planlamada yeşil-mavi altyapılar) 3. Sürdürülebilir mekânsal planlama ve sürdürülebilir arazi kullanımı için coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama Örn: Uzaktan algılama, doğa temelli çözümler

3. Deniz ve İç Sucul Ekosistemler ve Mavi Ekonomi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi ekonomi platformları geliştirilmesi ve aynı zamanda deniz ekosistemlerinin karbon yutağı kapasitesinin artırılması. Bu yönde i) yenilenebilir enerji ve denizel hidrojen kaynakları ile çalışan su altı ve üstü biyokütle çiftliklerinin kurulması ve potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin yetiştiriciliği, ii) derin denizlerden değerli metal hammaddelerinin sürdürülebilir şekilde elde edilmesi ve iii) yenilikçi gözlem platformları açısından öncül imkanlara sahip olunması	1. Deniz ekosistemlerini etkileyen baskı unsurlarına ait mekanizmalarının ve birbirleri ile etkileşimlerinin yeterince anlaşılmaması bir bilimsel boşluktur. 2. Deniz ekosistemlerinin sağladığı biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin açığa çıkarılması bir gerekliliktir. 3. Mavi ekonomi açısından önemli imkanlar bulunmakta olup yenilikçi uyum ve azaltım yollarına ihtiyaç duyulması 4. Ekosisteme ve denizlere zarar vermeden, enerji etkin ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak deniz suyundan içme suyunun elde edilmesi için tuzlu suyu arıtma (desalinasyon) tesislerine yönelik imkanların olması 5. Deniz ekosistemlerindeki mikroplastik kirliliğinin önemli sorun teşkil etmesi 6. Mavi ekonomi odaklı sosyal ve beşerî bilimler artırılarak sektörlerarası sinerji ve olası çatışmalarının belirlenmesi	1. Denizel entegre sensör ağlarının geliştirilmesi, insan kaynaklı kirleticilerin (azot-fosfordan antropojenik nanomalzemelere ve antibiyotiklere kadar) denize etkilerinin araştırılması 2. Karbon yutma kapasiteleri dahil deniz ekosistemlerinin sağladığı ekosistem hizmetlerinin belirlenmesi ve dijital çözümlere dayalı olarak izlenmesi Örn. Dijital çözümler (örn. deniz ekosistemlerinin dijital ikizi), mekânsal planlama 3. Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi büyüme platformları geliştirilerek enerji, gıda, sağlık ve iklim açısından bütünleşik imkanların sağlanması, denizel yenilenebilir enerji ve hidrojen kaynaklarının denizdeki mavi büyüme faaliyetlerine enerji sağlaması 4. Deniz suyu desalinasyon için membran araştırmaları (ters osmoz tesislerinin enerji etkin ve yüksek üretim kapasitesine sahip hale getirilmesi) 5. Mikroplastik tutumu için yenilikçi su membranlarına yönelik çözümler Mavi ekonomi özelinde sektörlerarası sinerjilerin artırılmasına yönelik teknolojik çözümlerin artırılması Örn: Sıfır kirletici odaklı çözümler, kıyı ötesi yenilenebilir enerji

4. Aşırı İklim (Aşırı Sıcaklık, Kuraklık, Sel, Heyelan, Çığ Vb.) Olaylarına Karşı Ekosistem Dirençliliğinin Artırılmasına Yönelik Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Orman ve Bozkır Ekosistemlerinde Aşırı İklim Olayları Özelinde Aşırı İklim Olaylarına Karşı Dirençlilik	1. Aşırı sıcaklık ve kuraklıktan beslenen orman yangıları artmakta olup etkin koruma yaklaşımlarının yenilikçi yaklaşımlarla desteklenmesi ve optimizasyonu önemli bir gerekliliktir. 2. Orman yangınları sırasında etkin mücadele yaklaşımlarının yenilikçi yaklaşımlarla desteklenmesi ve optimizasyonu önemli bir gerekliliktir.	1. Öncesi: Toprak neminin sürekli, mekâna dağınık ölçümü, yangın risk tahminleri 2. Sırası: Kara ve hava müdahalelerinin çoklu optimizasyonunu sağlayan sistem ve yazılımlar, yangın alanını çevreleyen alanların koruma altına alınmasına yönelik karar destek sistemleri 3. Ekosistemlerin besin döngüsü dikkate alınarak yangından etkilenen alanların

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	3. Orman yangınları sonrasında temizleme çalışmalarının önlenerek ekosistemlerin besin döngüsünün dikkate alınması önemlidir. Yangın sonrası rehabilitasyon çalışmalarının sonraki yangınları nasıl etkileyeceğine kadar uzanan birbirinden farklı etkileşimleri bulunuyor.	restorasyonunu destekleyen çözümler ve gelecek yangınlara dirençliliğini destekleyen çözümler, orman yangınlarının ekosisteme etkisinin uzun dönemli modellenmesi Örn: Toprak nemi izleme sistemleri, kara-hava müdahalelerinin çoklu optimizasyonu
Aşırı İklim Olaylarına Karşı Dirençlilik (Su kıtlığı özelinde)	1. Su kaynaklarından dağıtımına, kullanımına ve geri kazanımına kadar olan süreçleri içeren sürdürülebilir su yönetimine kapsamlı geçiş sağlayacak teknoloji ve süreçlerin yetersiz olması . 2. Ülkemizde su yönetimi Havza bazında yapılmadığından, havza bazında mevcut ve gelecek yıllan için gerekli olabilecek içme suyu, sanayi suyu ve sulama suyu miktarları belirlenmemiştir. Örneğin herbir Havza için 2053 vizyonu için ne kadar içme suyu, ne kadar sanayide kullanılacak proses suyu ve nekadar tarımsal sulama su ihtiyacı olacak ve nerelerden sağlanacağı belirlenmemiştir. 3. Kentlerdeki nüfus artışına paralel içme suyu miktarlarını arttırmak için ilave barajlar kurulmaktadır. İlave barajların kurulması nehirlerin yasamasını sağlayan en az %40 taşkın sular nehirlere verilememekrtedir. Bu nednle kentlerden geçen atıksular %90 seviyelerinde sırf arıtma tesislerinden çıkan atıksular oluşturmaktadır. Bu uygulamalar hem nehir yasamını hem de denizleri olumsuz etkilemektedir. AB havza Yönetim sistemleri ile örtüşmemektedir. AB Havza bazinda 1.Sınıf su içermeyen Havzalardan yakın gelecekte (en geç 2033) mal ithalatını durduracaktır.	1. Su taleplerini azaltan çözümlerin geliştirlmesi (örn. tarımsal, kentsel ve sınai su tüketiminin izlenmesi ve optimizasyonu) ve su kaynaklarının döngüsel kullanımını destekleyen yenilikçi ve daha az enerji kullanan su membranları geliştirlmesine yönelik Ar-Ge çalışmaları desteklenmelidir. 2. Ülke düzeyinde Havza Bazlı su Yönetim sistemleri kurulmalıdır. 3. Havza gelinde nüfus gelişimi, sanayi gelişimi ve arazi kullanımları belirlenmeli, iklim değişikliği etkilerini de içerecek şekilde gerekli olabilecek su miktarlari belirlenmelidir. 4. Kullanılmış suların geri kazanılması dahil su teyminmi kaynakları belirlenmeli ve gerekli yatırımlar yapılmalıdır.
Aşırı iklim Olayları Özelinde Aşırı İklim Olaylarına Karşı Dirençlilik	1. Aşırı iklim (aşırı sıcaklık, kuraklık, sel, heyelan, çığ vb.) tehlikelerine neden olan faktörlerin yeterli kapsamda analiz edilememesi ve bunun sonucunda risklerin yeterince öngörülememesi 2. Bütünleşik afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyum sağlanması için aşırı iklim olaylarına karşı maruziyet ve kırılganlığı artıran risk faktörlerinin birlikte analiz edilmesi ihtiyacı 3. İklim değişikliğinin etkilerine duyarlı, dirençlilik ve sürdürülebilirlik açısından çevresel ve toplumsal fayda sağlayan yeni nesil mekânsal planlama ihtiyacı	1. Yapılı çevrede ve kritik altyapılarda aşırı yağış ve fırtınalar sonucunda oluşabilecek aşırı yüklerin hesaplanmasına yönelik bilgi destek sistemleri ve simülasyon (örn. çok katmanlı coğrafi bilgi sistemler, yerel ölçekte etki değerlendirmesi için senaryo tanımlı simülasyon) 2. Geçirgen yüzeylerin planlanması ve yağmur suyu drenajı dahil doğa-temelli çözümlerin artırılması için yerleşim alanları ölçeğinde ileri düzey analiz özelliklerine sahip coğrafi bilgi sistemleri 3. Kentlerde aşırı sıcaklıklara karşı dirençliliğin artırılması için toplam ısınmaya

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	4. Aşırı iklim olaylarına maruz kalan afetzedelerin güvenlik, sağlık, enerji, su ve gıda ihtiyaçlarına göre farklılaşan teknolojik ihtiyaçların bulunması	eklenen kentsel ısı adacıkları dahil hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) destekli bütünleşik teknolojik çözümler 4. Bütünleşik afet riskinin azaltılması sürecinde planlama odaklı çözümlere ek olarak maruziyet odaklı risklerin azaltılması için yapay zekâ destekli erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi 5. Aşırı iklim olaylarına maruz kalan afetzedelerin sağlık, enerji, su ve gıda ihtiyaçlarının etkin ve hızlı temin edilmesi için insansız hava araçları, modüler yenilenebilir enerji sistemleri

5. Sıfır Salım, Sıfır Atık ve Sıfır Kirletici Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Dirençliliği ve sürdürülebilirliği yüksek net sıfır sera gazı salımı olan yenilikçi entegre kentsel planlamaya yönelik CBS ve uzaktan algılama destekli eniyileme teknolojileri ve platformları geliştirilmesi	1. Atıksudan değer üretecek ve arıtma çamurlarının yakılarak bertaraf edilmesinin önüne geçecek iklim duyarlı ve maliyet etkin çözüm ihtiyaçları 2. En yüksek su kullanıcısı olan tarım sektörü için kullanılmış suların ileri arıtılması ve bu kullanımına dair engeller (mikrokirleticiler, mikroplastikler, patojen organizmalar vb., sosyolojik engeller) 3. Çevre kirliliğine, fosil yakıt kullanımına ve atık sorununa neden olan geleneksel malzemelerin dışında biyomalzemeler ve biyoekonomi tabanlı çözüm ihtiyacı 4. Endüstriyel ve kentsel alanlarda ortaya çıkan atıkların başka bir sürecin girdisi olabilmesine imkân tanıyan çözümlere olan ihtiyaç, bu imkanlara dayalı olarak önlenebilecek kaynak israfı ve sistem boyutunda çözümlerin yetersiz olması 5. İnsan ve doğal ekosistemlere zararlı kirleticilerin kaynağından önlenmesi için yeni nesil takip ve izleme sistemlerine yönelim olması ve fırsat oluşturması	1. Temiz su kullanımını azaltan çözümler ve atık sudan çoklu üretim imkanları (enerji, kimyasallar ve biyochar üretimi) ile enerji pozitif membran teknolojilerinin geliştirilmesi ve membran konsantrelerinin bertaraf edilmesini içeren sıfır sıvı deşarj sistemleri 2. İleri arıtma teknikleri (membranlar, ileri oksidasyon vb.) kullanımı, yüksek enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklardan (güneş, rüzgar) temini 3. Bitkisel veya hayvansal hammaddeler ile mikroorganizmalar ve doğal kaynaklı kimyasal sentez kaynaklı biyobozunur polimerlerin geliştirilmesi (örn. PHA, PHB, PLA) ve biyobozulma (mikrobiyal, hidroliz, fotodegradasyon, mekanik, termal) süreçlerinin gerçek ortam koşulları için optimize edilmesi 4. Endüstriyel ve kentsel simbiyoz yaklaşımını destekleyen teknolojik çözümler (örn. sıfır atık lojistiği için büyük veri analitiği), tedarik zincirlerinde dönüşüm sağlanması için yenilikçi iş modellerini destekleyen çözümler 5. Uzaktan algılama ve yenilikçi bilişim uygulamaları aracılığıyla çevresel parametrelerin takip edilmesi ve izlenmesi, dijital ikiz imkanları kapsamında değerlendirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	6. Kaynak verimliliğinin artırılması ihtiyacı dikkate alındığında toplum genelinde enerji, su ve malzeme taleplerinin azaltılmasında davranış değişikliklerine yönelik sosyal ve beşerî bilim tabanlı araştırmaların yetersiz olması 7. Sıfır atık odaklı teknolojilerin geliştirilmesinde öncelikle "SIFIR ATIK" bilincini gelişmemiş, uygulama gerekçeleri ve uygulama teknolojileri yeterli düzeye ulaşamamış olması. Özellikle OSB bölgelerinden kaynaklanan atıkların endüstriyel simbiyoz için uygun olup oladığı ortaya konmaması. Kentsel simbiyoz uygulamaları için belediyelerce alt yapı hazırlanmamış ve hane halkı bilinçlendirilmemiş olması	6. Büyük veri analitiği başta olmak üzere enerji, su ve malzeme taleplerinin azaltılmasına yönelik davranış değişikliği tabanlı çözümlerin araştırılmasına yönelik teknolojiler 7. Ülke düzeyinde anaokullardan başlamak üzere sıfıratık bilincinin geliştirlmesi için gerekli planlamaların yapılması. 8. Kentsel yöneticilerin hane halkı için atık azaltımına yönelijk gerekli yasal ve uygulamaya dönük alt yapıların hazırlanması 9. Ülke düzeyinde tüm OSB 'lerde simbiyoz niteliğini taşıyan endüsrtriyel atıkların belirlenmesi 10. Hem sıvı hem de katı "SIFIR ATIK" atık oluşturulması için ileri teknolojileerin geliştirlmesine yönelik Ar-Ge çalışmalarının teşvik edilmesi . 11. "SıfırAtık" oluşturulmasına yönelik teşvik yasaların çıkarılması

6. İklim değişikliği ile mücadelede Tek Sağlık faydalarının ve risklerinin araştırılarak gerekli azaltım ve uyum stratejilerine geri besleme sağlanması

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
İklim değişikliği ile mücadelede gerekli uyum ve azaltım stratejilerine katkı sağlayacak şekilde insan, gıda ve çevre neksusunu kapsayan "Tek Sağlık" çerçevesinde ulusal/uluslararası düzeyde verileri değerlendiren akıllı ve yapay zekâ tabanlı teknolojik çözümler	1. İklim değişikliği, çevre ve sağlık neksusu bağlamında vektörlerle bulaşan zoonotik hastalıkların arasındaki nedensellik bulunmasına rağmen bütünsel analiz ve yaklaşımlarının yetersiz olması 2. İklim değişikliğinin zincirleme etkileri olmasına rağmen bu etkilerin çok disiplinli çalışmasının yetersiz olması	1. Büyük veri, bağlantılı veri (cross-sectional data), zaman serisi (time series) analizlerin yapılması ve verilerin değerlendirilmesi için teknolojik çözümler ile her disipline ait uygulamaların farklı disiplinler ile karşılaştırılmasına imkan tanıyan akıllı/teknolojik yapay zekâ uygulamaları 2. Bir sonraki salgına sebep olabilecek, zoonozlar ile ve/veya olası salgınların önlenmesi, tespit edebilmesi ve yanıtlanabilmesi için epidemiyolojik veri ve laboratuvar bilgilerinin paylaşımı ve disiplinlerarası çalışmalarda teknoloji 3. İklim değişikliğinin zincirleme etkilerinin ortaya çıkarılmasında sosyal ve beşerî bilimler dahil transdisipliner araştırmalar ve bu etkilerde toplumsal farkındalığın artırılması için teknolojik çözümler

4. POLİTİKA VE EYLEMLER

Ülkemizin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum sürecinde fırsat yaratacak çığır açıcı teknolojilerde ivme kazanmasına yönelik teknoloji tabanlı 6 politika ifadesi ve her politikaya özel hedeflenmesi önerilen Ar-Ge ve yenilik konu başlıklarını içeren eylemler belirlenmiş olup belirlenen Politikalar ve Eylemler aşağıda verilmektedir:

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 1.

Aşırı iklim olayları (orman yangınları, sel, sıcak/soğuk hava dalgaları, fırtınalar, kuraklık gibi), deniz seviyelerindeki artış ve ilişkili bütünleşik afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için birbirine bağlı sistemlerin dirençliliğinin artırılmasında ve sektörler arası etkileşimlerinin öngörülmesinde i) dirençlilik analitiği, ii) risk haritaları ve iii) karar destek sistemlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Eylemler

1. Belirsizliğin azaltılması ve dönüşümsel uyum eylemlerinin ayrıntılı olarak planlanması amacıyla bütün iklim risklerini bir araya getiren risk haritalarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Maruziyet ve kırılganlık açısından risk faktörlerinin azaltılması için risk haritalarının hazırlanması ve ulusal coğrafi bilgi sistemleri de dahil ilgili altyapılardan sunulmak üzere sürekli olarak güncel tutulması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Oluşturulan risk haritalarına dayalı olarak bütünleşik afet riskinin azaltılması için dirençlilik analitiği ve etkileşimli karar destek sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Azaltım tabanlı çözümlere ek olarak aşırı iklim olaylarına dayalı çoklu tehlikelere karşı insan hayatı ve ekosistemler, doğal kaynaklar ve kritik altyapıların dirençliliğinin artırılmasına destek olacak dijital teknolojilerin geliştirilmesi.

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 2.

Küresel İklim Modeli geliştirilecek ve dönüşümsel uyum ve net sıfır sera gazı salım düzeyine erişmek için çok disiplinli yaklaşımla çözünürlük ve karmaşıklık düzeyleri açısından ileri özelliklere sahip bölgesel ve küresel modellerle birlikte çalıştırılan senaryolara sahip olunacaktır.

Eylemler

1. Net-sıfır salım hedeflerinin gerçekleşme düzeylerinin takip edilmesinde ve senaryo karşılaştırmalarının yapılmasında sera gazı salımları ve karbon yutakları arasındaki dengenin gerçek zamanlı/gerçek zamana yakın izlenmesini sağlayan çözümlerin artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

Uzun (2053)

2. En önemli karbon yutağı olan deniz ekosistemlerini, iklim modelleri ile bütünleşik çalıştıracak, gerçekçi sonuçlar elde edecek yenilikçi (uyum kapasitesi olan, birleştirilmiş model ve makine öğrenmesi) ekosistem yaklaşımlarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Uzun (2053)

3. İleri özelliklere sahip modelleme ve senaryo yaklaşımları altında iklim, arazi, enerji ve su etkileşimlerinin entegrasyonunun artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Küresel ölçekli yer sistem modellerinin yerel ölçeklerde bölgeye özgü veriler ile çalışmasının iyileştirilmesi sağlanarak bütünleşik (hidrolojik, ekosistem, aerosol, kimyasal çevrimleri içeren) modellere yönelik iklim değişikliği projeksiyonlarındaki ölçek kaynaklı belirsizliklerin azaltılması ve mikrometeorolojik yöntem ile iklim ve ekosistem arasındaki etkileşimin (sera gazı değişimi) belirlenmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Mevsimlik hava tahmin modellerinin belirsizliklerinin azaltılmasına yönelik yapay zeka

yöntemlerini de kullanan yeni algoritmaların geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Farklı model bileşenlerinin (atmosfer, hidrolojik, ekolojik vb) birlikte çalışabilirliğinin sağlanmasına yönelik platform yaklaşımlarının artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

Diğer önemli konular:

- Küresel İklim Modelinin geliştirilmesi sürecinde Küresel İklim Merkezleri ve uluslararası teşkilatlarla iş birliklerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 3.

Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi ekonomi platformları geliştirilmesi ve aynı zamanda deniz ekosistemlerinin karbon yutağı kapasitesinin artırılması.

Bu yönde i) yenilenebilir enerji ve denizel hidrojen kaynakları ile çalışan su altı ve üstü biyokütle çiftliklerinin kurulması ve potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin yetiştiriciliği, ii) derin denizlerden değerli metal hammaddelerinin sürdürülebilir şekilde elde edilmesi ve iii) yenilikçi gözlem platformları açısından öncül imkanlara sahip olunması sağlanacaktır.

Eylemler

1. Hem rüzgâr, akıntı, dalga ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını hem de sudaki çeşitli hidrojen kaynaklarını (H2O, H2S, NH3) kullanarak ekosistem duyarlı net sıfır salımı olan enerji üretimi ile güçlendirilecek denizaltı ve denizüstü biyokütle çiftlikleri geliştirilecektir (balıkçılığı, mikro ve makro alg hasatlaması vb.).

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Özellikle körfezler ve dar su yollarındaki akıntılardan ve kayda değer yoğunluk farkı bulunan kıyı-geçiş sularından enerji elde edilmesinde kullanılacak teknolojilerin geliştirilmesi ve bu teknolojilerin çevresel etkileri ile beraber sürdürülebilirlik potansiyelinin araştırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Biyoçeşitlilik ve ekosistem direncini artırarak denizin karbon yutağı kapasitesinin geliştirilmesi yönünde uygulamaları birleştirecek; biyoteknolojik açıdan potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin de yetiştiriciliğini destekleyecek; kara ve denizlerdeki büyük ölçekli biyoyakıt/gıda sistemi uygulamaları için gereken baz protein eldesini sağlayacak mavi ekonomi platformlarının geliştirilmesi

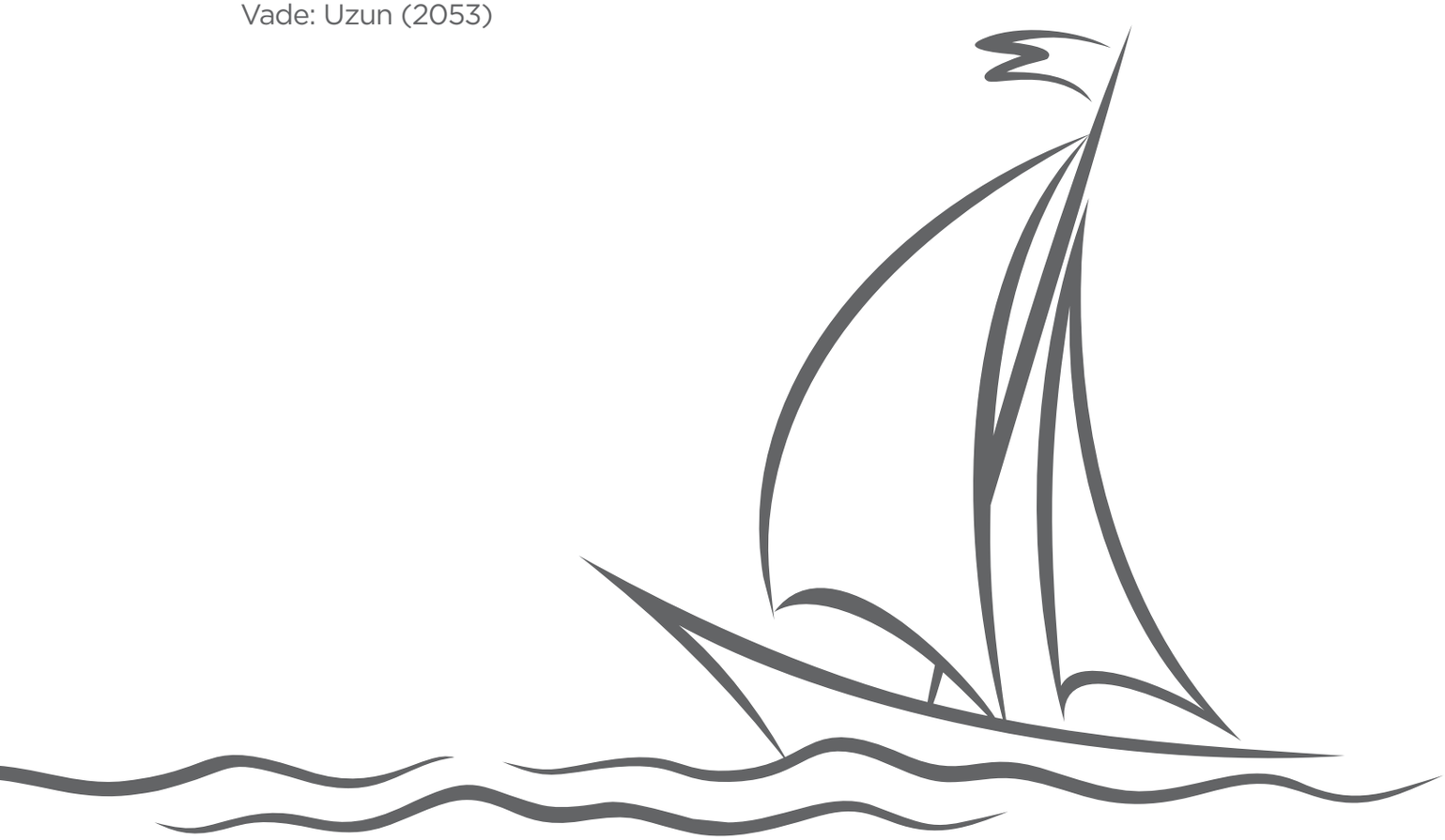
Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Entegre mavi ekonomi platformu kapsamında sistemleri entegre edecek makine öğrenimi/büyük veri uygulamalarının gelişmesi, denizel sensör ve diğer teknolojilerin testleri, denizel ve karasal jeotermal veya çeşitli kaynaklardan ve deniz tabanından nadir metal türlerini ve fosfor geri kazanımını da içeren hammadde elde edilmesi gibi öncü araştırmaların yürütülmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. İleride belirlenecek koruma alanları içerisinde yer alacak bu platformların aynı zamanda ekosistemin dirençliliğini ve iklime karşı doğal salınımlarının da mekanizmasını ortaya çıkaran yenilikçi gözlem ve model platformları işlevine sahip olması

Vade: Uzun (2053)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 4.

İklim değişikliğinin ekosistemlere ve biyoçeşitliliğe etkileri, etki azaltımı ve sürdürülebilir ekosistem yönetimi için yüksek çözünürlüklü akıllı ve bütünleşik ekosistem ve biyoçeşitlilik gözlem ağlarının ülke çapında kritik iç su, denizel ve karasal ekosistemleri kapsaması sağlanacaktır.

Eylemler

İklim değişikliğinin ekosistemler ve canlılar üzerine etkilerinin uzun dönemli araştırılması ve yenilikçi doğa temelli çözümler üretilmesi amacıyla "Ulusal Uzun Dönemli Ekolojik Araştırmalar Ağı"nın kurulması ve bu araştırma ağının ileri AB araştırma altyapıları ile entegrasyonunun sağlanması ve Orta Doğu, Orta Asya ve Afrika'ya bilgi transfer edebilecek kapasiteye erişilmesi amacıyla:

1. İklim değişikliği ve arazi kullanımının ekosistemlere ve biyoçeşitliliğe olan etki mekanizmalarının sebep-sonuç ilişkilerini araştırmak için mezokozm, ekotron vb. otonom veri toplama, türler üzerinde ekosistem ölçeğinde izleme ve simülasyon yapma kapasitesine sahip deneysel sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yüksek çözünürlüklü, sürekli, düzenli, akıllı ve bütünleşik yerinde (in situ) gözlem ve ölçüm sistemleri ve ekosistem bileşenlerine yönelik öncü teknolojilerin (güvenilirliği yüksek veri üretimi ve analizi yapabilecek cihazlar, anlık veri toplama özelliği olan sabit sensörler, entegre şamandıra sistemleri ile sualtı ve havadan gözlem ve inceleme sistemleri, örüntü tanıma ve büyük veri analizi yapabilen yapay zekâ teknolojileri vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. İklim değişikliğinin ve karasal baskıların etkilerine (habitat parçalanması, ötrofikasyon, tuzlanma, müsilaj oluşumu, tarım ve ormanlarda parazitoid ve avcı tür kayıpları vb.) karşı ekosistem direncinin artırılmasına yönelik doğa temelli çözümlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Diğer konular:

- İklim değişikliğinin ekosistemlere etkileri konusunda yaygın ve güvenilir veri sağlanması için vatandaş bilimi inisiyatiflerinin güçlendirilmesi
- Halkın iklim değişikliği, ekoloji ve biyoçeşitlilik okuryazarlığının artırılması için her aşamadaki eğitim programlarında iklim değişikliğinin ekoloji ve biyoçeşitlilik ile ilişkisi konularına ağırlık verilmesi

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 5.

İklim değişikliği ile mücadelede gerekli uyum ve azaltım stratejilerine katkı sağlayacak şekilde insan, gıda ve çevre neksusunu kapsayan "Tek Sağlık" çerçevesinde ulusal/uluslararası düzeyde verileri değerlendiren akıllı ve yapay zekâ tabanlı teknolojik çözümler geliştirilecektir.

Eylemler

1. İklim değişikliği ile artış göstermesi beklenen mikroorganizma kökenli hastalıkların; dağılımı, bulaşma aralığı, taşıyan vektör veya ortamın patojene tanıdığı yaşam süresi ile ilgili elde edilen ulusal ve uluslararası düzeyde verileri kullanarak hastalıklara karşı etkili kontrol stratejilerinin geliştirilmesine yönelik analizlerinin yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Patojen (vektörler tarafından, hava yoluyla, yiyecekler ile veya suda taşınan) kaynaklı salgın hastalıkların artışı dikkate alınarak, bu salgınların oluşum mekanizmalarına ve engellenmesine yönelik uzaktan algılama tabanlı mekânsal planlama çözümlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Artan yağış miktarlarının neden olduğu su kaynaklarının kirlenmesi ve dolaylı hastalıkları önleyici yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Sucul ve karasal ekosistemlerde tahribat ve biyoçeşitliliğin azalmasında baskın rol üstlenen mikro/nano kirleticilerden kaynaklanan olumsuz etkilerin giderilmesine yönelik teknolojik çözümlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Suni tohumlama ve dölerme yöntemlerinin Tek Sağlık bakış açısına dayalı olarak insan, hayvan-bitki ve çevre sağlığı ve özellikle biyoçeşitlilik üzerine etkilerinin gözetilmesi ve gen havuzları içerisinde olası olumsuz etkilerinin araştırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 6.

Dirençliliği ve sürdürülebilirliği yüksek net sıfır sera gazı salımı olan yenilikçi entegre kentsel planlamaya yönelik CBS ve uzaktan algılama destekli eniyileme teknolojileri ve platformları geliştirilecektir.

Eylemler

1. Kentsel büyüme eğilimlerinin uzaktan algılama ve yapay zekâ tabanında tahmin edilmesini sağlayacak ve enerji taleplerini azaltacak şekilde entegre kentsel tasarımların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yeşil-mavi altyapıların uyum ve kentsel biyoçeşitlilik koridorları ve kent ormanlarını geliştirme amaçlı planlamada uzaktan algılama seçenekleri artırılarak aşırı iklim olaylarına karşı gerekli tedbirlere katkı sağlanması

Vade: Kısa/Orta (2035)

Enerji taleplerinin ve karbon yutaklara karşı şehirlerin baskısının azaltılmasını sağlayacak, kentsel büyümeyi limitli tutan ve iklime duyarlı kentsel büyümeyi sağlayacak, kentsel biyoçeşitliliği artıracak, kent klimatolojisinin tespiti, takibi ve kentlerin barındırabileceği taşıma kapasitesinin öngörülmesine katkı sağlayacak şekilde

3. Çok disiplinli yaklaşımlar (ekoloji, şehir ve bölge planlama, ulaşım, bina ve enerji) ile kentsel biyoçeşitlilik için yeşil-mavi altyapıların artırılacağı yüzeylerin tespit edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Entegre kentsel planlama teknolojilerinin insan sağlığına olumlu faydalarının çok disiplinli olarak analiz edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Yerel ölçekte yerel kaynakların gerçek zamanlı optimizasyonunu sağlayan, enerji depolama seçeneklerini çoğaltan ve dengeleyen, iklim nötr elektrik, ısı ve gaz şebekelerinin talep yönlü esnek yönetim sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Kentsel atıkların değer zincirleri içerisinde kalma sürelerinin arttırılması ve hammadde taleplerinin büyük oranda azaltılması için büyük veri destekli kentsel madencilik lojistiğinin artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Entegre mekânsal planlama dikkate alınarak çeşitli kaynaklardan elde edilen atık ısıların (bölge ısıtması, veri merkezleri ve metro istasyonları gibi) yerleşim yerlerinin enerji ihtiyaçlarına entegre edilmesini sağlayacak çözümlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Yenilenebilir enerji ve kaynak verimliliği yüksek kentlerin gerçekleştirmesine hizmet edecek iklim nötr hedefini destekleyen davranış değişiklikleri için sosyal ve beşerî bilim tabanlı çözümlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. ŞURA KARARLARI

İklim Değişikliği, Çevre ve Biyoçeşitlilik

Şura Kararı 1. Aşırı iklim olayları (orman yangınları, sel, sıcak hava dalgaları, fırtınalar, soğuk hava kütlesi, kuraklık gibi) ve ilişkili bütünleşik afet riskinin azaltılması ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için birbirine bağlı sistemlerin dirençliliğinin artırılmasında ve sektörler arası etkileşimlerinin öngörülmesinde i) dirençlilik analitiği, ii) risk haritaları ve iii) karar destek sistemlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Şura Kararı 2. Küresel İklim Modeli geliştirilecek ve dönüşümsel uyum ve net sıfır sera gazı salım düzeyine erişmek için çok disiplinli yaklaşımla çözünürlük ve karmaşıklık düzeyleri açısından ileri özelliklere sahip bölgesel ve küresel modellerle birlikte çalıştırılan senaryolara sahip olunacaktır.

Şura Kararı 3. Denizlerde çok kullanımlı kıyı ötesi mavi ekonomi platformları geliştirilmesi ve aynı zamanda deniz ekosistemlerinin karbon yutağı kapasitesinin artırılması.

Bu yönde i) yenilenebilir enerji ve denizel hidrojen kaynakları ile çalışan su altı ve üstü biyokütle çiftliklerinin kurulması ve potansiyel biyomolekülleri içeren türlerin yetiştiriciliği, ii) derin denizlerden değerli metal hammaddelerinin sürdürülebilir şekilde elde edilmesi ve iii) yenilikçi gözlem platformları açısından öncül imkanlara sahip olunması sağlanacaktır.

Şura Kararı 4. İklim değişikliğinin ekosistemlere ve biyoçeşitliliğe etkileri, etki azaltımı ve sürdürülebilir ekosistem yönetimi için yüksek çözünürlüklü akıllı ve bütünleşik ekosistem ve biyoçeşitlilik gözlem ağlarının ülke çapında kritik iç su, denizel ve karasal ekosistemleri kapsaması sağlanacaktır.

Enerji taleplerinin ve karbon yutaklara karşı şehirlerin baskısının azaltılmasını sağlayacak, kentsel büyümeyi limitli tutan ve iklime duyarlı kentsel büyümeyi sağlayacak, kentsel biyoçeşitliliği artıracak, kent klimatolojisinin tespiti, takibi ve kentlerin barındırabileceği taşıma kapasitesinin öngörülmesine katkı sağlayacak şekilde

Şura Kararı 5. İklim değişikliği ile mücadelede gerekli uyum ve azaltım stratejilerine katkı sağlayacak şekilde insan, gıda ve çevre neksusunu kapsayan "Tek Sağlık" çerçevesinde ulusal/uluslararası düzeyde verileri değerlendiren akıllı ve yapay zekâ tabanlı teknolojik çözümler geliştirilecektir.

Şura Kararı 6. Dirençliliği ve sürdürülebilirliği yüksek net sıfır sera gazı salımı olan yenilikçi entegre kentsel planlamaya yönelik CBS ve uzaktan algılama destekli eniyileme teknolojileri ve platformları geliştirilecektir.

EK: Komisyon Üyeleri

ADI	ÜNVANI	KURUMU	GÖREV
Şiir KILKIŞ	Doç Dr.	TÜBİTAK Başkanlık	Çalışma Grubu Moderatörü
Mehmet DİLAVER	Dr.	TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü	Çalışma Grubu Raportörü
Bükem BELEN	Araştırma Görevlisi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Çalışma Grubu Sorumlusu
Çağatay TAVŞANOĞLU	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi	Temsilci Üye
Furkan Ali KÜÇÜK	Araştırmacı	TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü	Temsilci Üye
Kadir KESTİOĞLU	Prof. Dr.	Uludağ Çevre Teknolojileri Ar-Ge Merkezi	Temsilci Üye
Levent KURNAZ	Prof. Dr.	Boğaziçi Üniversitesi	Temsilci Üye
Meryem BEKLİOĞLU	Prof. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Temsilci Üye
Mustafa YÜCEL	Doç.Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Temsilci Üye
Nüket SİVRİ	Prof. Dr.	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa	Temsilci Üye
Orhan GÜNDÜZ	Prof. Dr.	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	Temsilci Üye
Ömer Lütfi ŞEN	Prof.Dr.	İstanbul Teknik Üniversitesi	Temsilci Üye
Sadiye BİLGİÇ KARABULUT	Daire Başkanı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı -	Temsilci Üye
Sarp ERTÜRK	Özel Sektör	Pars Ar-Ge Bilgi Teknolojileri	Temsilci Üye
Serpil EDEBALİ	Doç. Dr.	Konya Teknik Üniversitesi	Temsilci Üye
Samet HACILAR	Dr. / Bilimsel Programlar Başuzmanı	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı	Çalışma Grubu Sorumlusu

BİLİM VE TEKNOLOJİ KOMİSYONU TEMİZ VE DÖNGÜSEL EKONOMİ ÇALIŞMA GRUBU İKLİM ŞURASI RAPORU

1. GİRİŞ

İklim Şurası, Bilim ve Teknoloji Komisyonu, Temiz ve Döngüsel Ekonomi Çalışma Grubu faaliyetlerine 24 Ocak 2022 tarihinde gerçekleştirilen ilk toplantı sonrasında başlamış olup, çalışma grubu çerçevesinde ele alınması hedeflenen konular 5 başlık altında toplanmıştır:

- Sanayide Sera Gazı Emisyon Azaltım Kapasitelerinin Yükseltilmesi ve Enerji Verimliliğinin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar
- Sanayi Sektörlerinde Karbon Tutma, Alternatif Enerji Kaynaklarının (Yenilenebilir, Biyokütle, Hidrojen) Kullanımına ve Enerji Verimliliği Uygulamalarına İlişkin Teknolojiler
- Üretim, Tarım Sektörü ve Tüketim Alışkanlıklarında Döngüsel Ekonomi Uygulamalarına İlişkin Teknolojiler
- Atıkların ve Biyokütle Kaynaklarının Değerlendirilmesi
- Elektronik atıklardan ve evsel atıklardan kritik hammaddelerin geri kazanımı
- Karbondioksitten Sentetik Yakıtların ve Kimyasalların Üretimini Kolaylaştırmak İçin Yenilikçi ve Geri Dönüştürülebilir Katalizör ve Katalitik Proseslerin Sistemleri
- Dijital Teknoloji Uygulamaları
- Sanayiden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesine Yönelik Sistemler

- Evsel Atıkların ve Atıksu Arıtma Tesislerinin Yönetimine Yönelik Uygulamalar
- Sanayi Sektörlerinde Enerji Verimliliğinin Arttırılmasına Yönelik Sistemler
- Binalarda Enerji Performansının Analizine Yönelik Uygulamalar

• Sektörel Enerji Verimliliği Malzemeleri

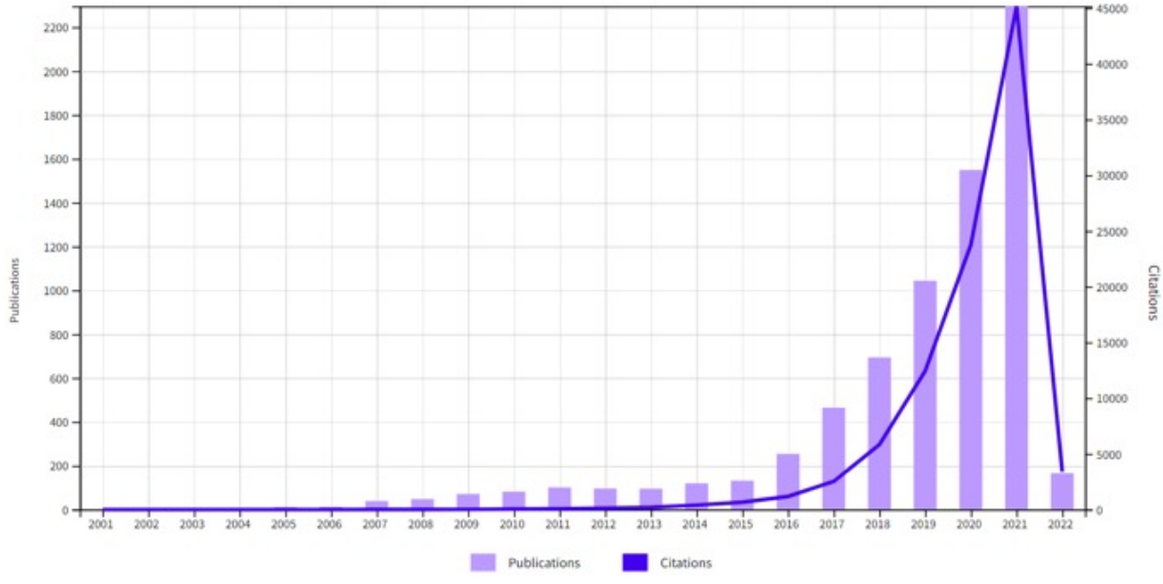
- Ulaştırma sektöründe ve sanayide enerji verimliliğe yönelik malzemelerin geliştirilmesi, üretilmesi ve uygulamaları
- Konut ve binalarda ısıtma ve soğutma, aydınlatma, sürdürülebilir, çevre dostu yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi, üretilmesi ve uygulamaları
- Mekanik Sistemlerde Enerji Kaybını Azaltacak Malzemelerin, Yüzeylerin ve Tasarım Yaklaşımlarının Geliştirilmesi ve Uygulamaları

Çalışma Grubu toplamda 5 toplantı gerçekleştirmiş olup toplantılarda ülkemizin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum sürecinde fırsat yaratacak çığır açıcı teknolojilerde ivme kazanmasına yönelik oluşturulan 6 teknoloji tabanlı Politika İfadesi ve her politikaya özel hedeflenmesi önerilen Ar-Ge ve yenilik konu başlıklarını içeren eylemler geliştirilmiştir.

2. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

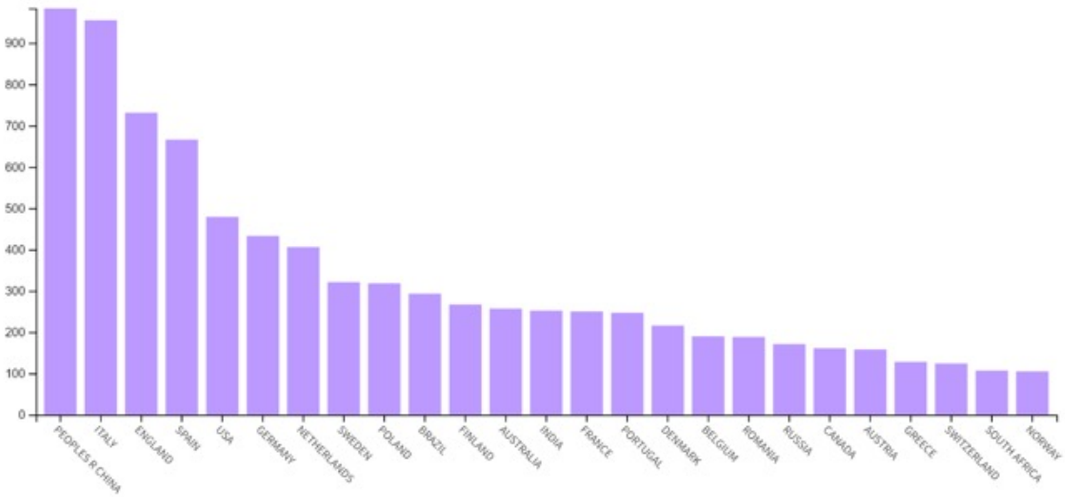
2.1. Bibliometrik Literatür Analizi

Yeşil ve döngüsel ekonomi konularında gerçekleştirilen bibliometrik literatür analizi kapsamında; "Green economy" ve "circular economy" anahtar kelimeleriyle 29.01.2022 tarihi itibariyle yapılan araştırmada Web of Science veri tabanında toplamda 7.282 akademik çalışmanın yapıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Bu çalışmalar şimdiye kadar 95.857 adet atıf almıştır. İlgili anahtar kelimelerin kullanıldığı çalışmaların daha çok 2010 yılından itibaren artmaya başladığı ve 2015'ten sonra da çok ciddi bir ivme kazandığı, 2021 yılında ise en yüksek yayın ve atıf sayısının kaydedildiği bilgisine ulaşılmıştır (Şekil 2.1). 2022 yılının takip eden ayları için de yüksek oranda artan eğilim devam edeceği düşünülmektedir. Konu için ayrıca en çok çalışılan araştırma alanları, konunun en çok çalışıldığı ülkeler, Web of Science indeks bilgileri, tüm bu çalışmalarda en çok tekrar eden anahtar kelimeler, çalışmaların özetinde en çok tekrar eden kelimeler, öne çıkan akademik kaynaklar, öncü çalışmalar ve çalışmaların bibliyografik benzerlikleri bakımından ilişkisi Şekil 2.2 ve Şekil 2.10 arasında ortaya konulmaktadır.



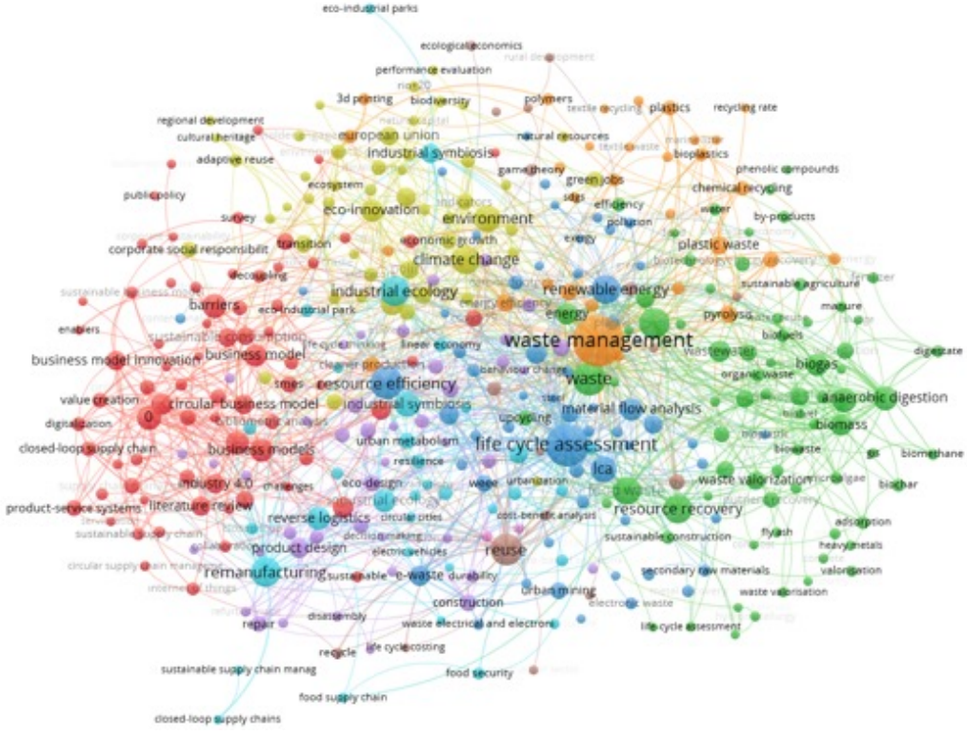
Şekil 2.1. *Yıllara Göre Toplan Yayın Ve Atıf Sayıları*

Şekil 2.2. *En Çok Çalışılan 15 Alan (Web Of Science Kategorisi)*



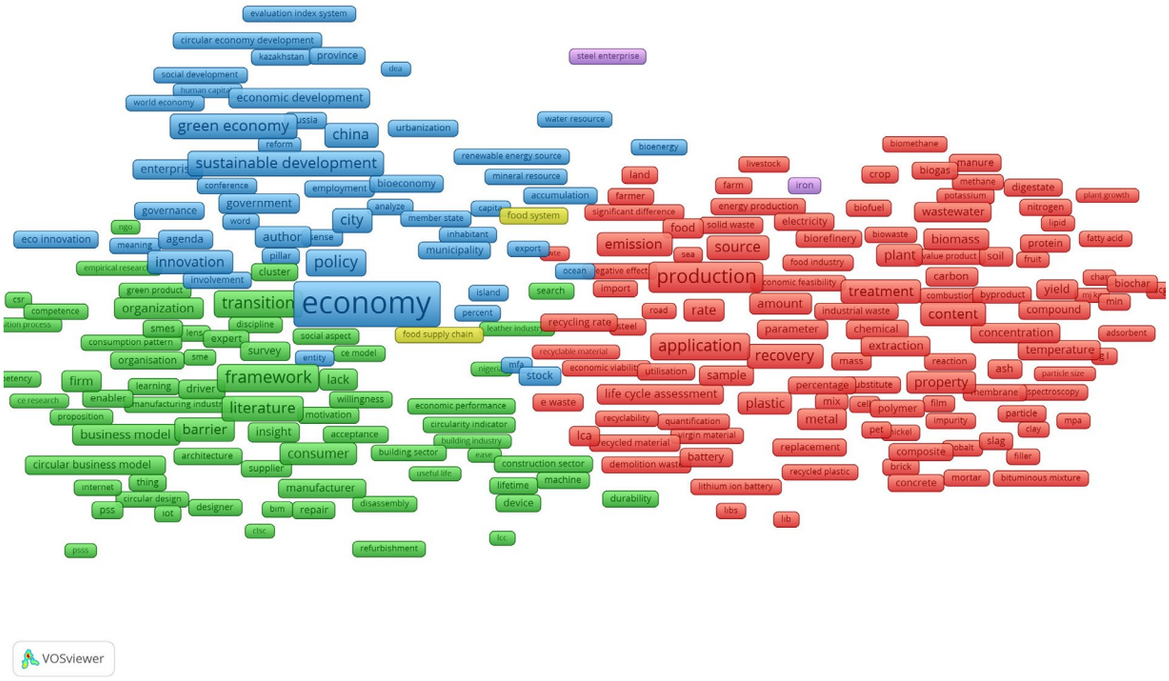
Şekil 2.3. *Konunun En Çok Çalışıldığı 25 Ülke*

Şekil 2.4. *Web of Science İndekslerine Göre Çalışma Sayıları*

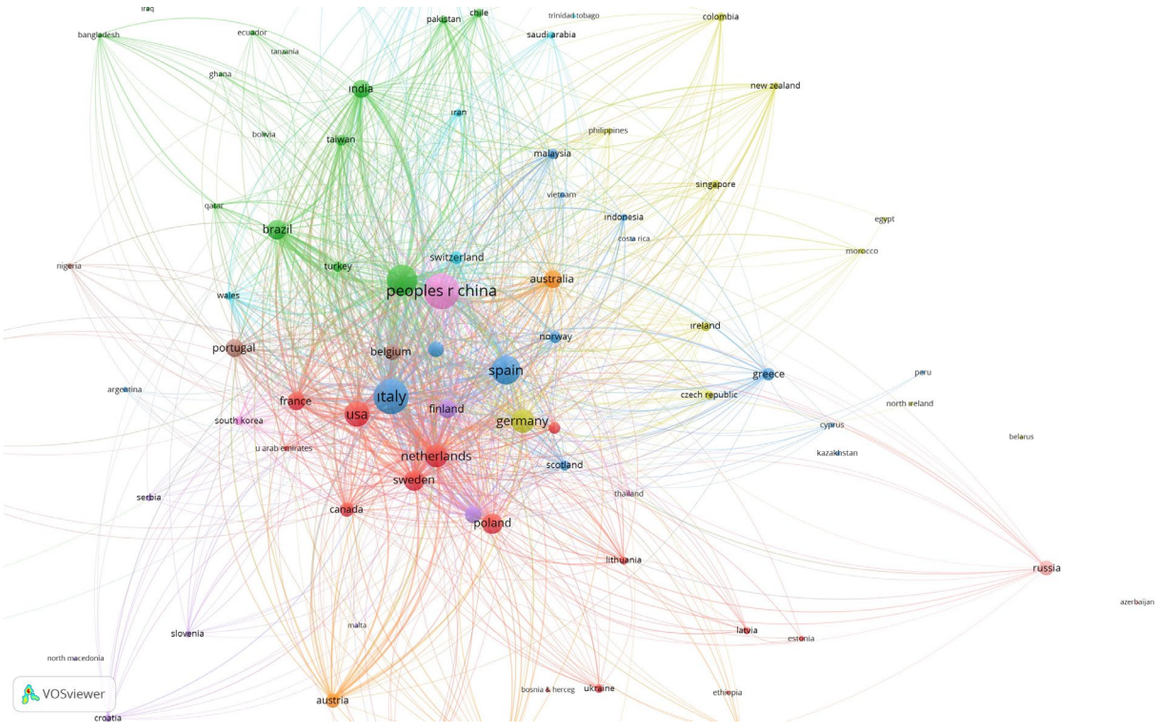


Şekil 2.5. *En Çok Kullanılan Anahtar Kelimeler ve Bağlantılar*

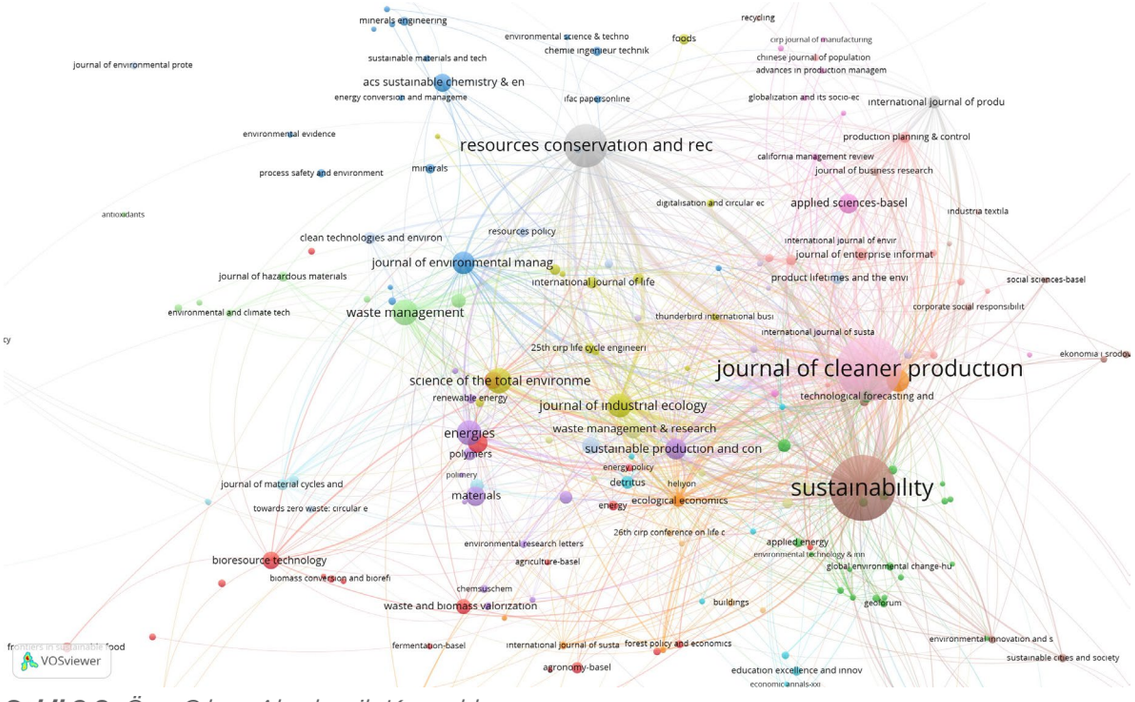
Not: green economy, circular economy, sustainability, sustainable development, recycling were excluded for clarity, at least 10 occurrance



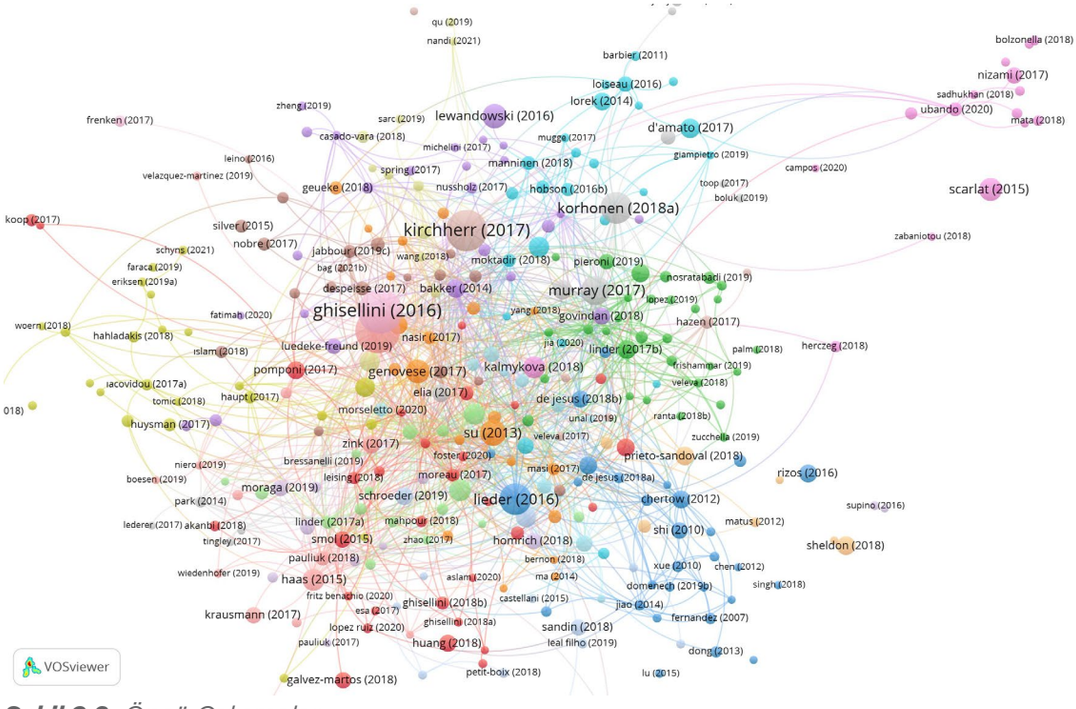
Şekil 2.6. Özetlerde En Çok Tekrar Eden Kelimeler



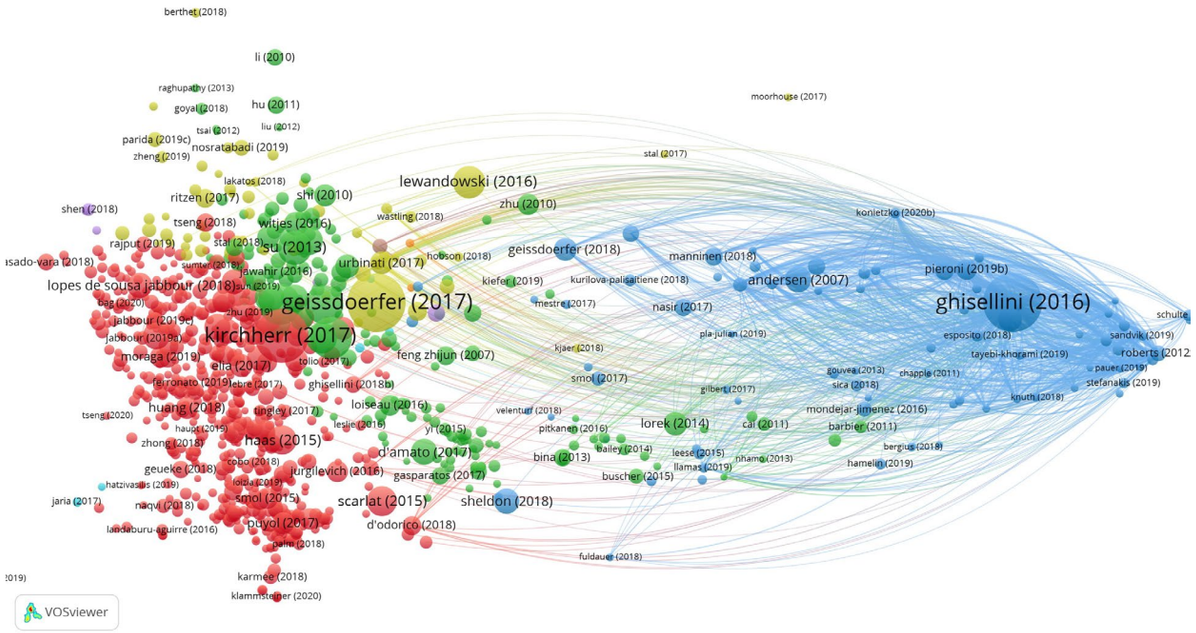
Şekil 2.7. Konuların En Çok Çalışıldığı Ülkeler ve Bağlantılar



Şekil 2.8. *Öne Çıkan Akademik Kaynaklar*



Şekil 2.9. *Öncü Çalışmalar*



Şekil 2.10. *Bibliyografik Benzerlik*

2.2. Karbon Tutma, Dönüştürme/Tekrar Kullanma (CCUS) Teknolojileri

Paris Anlaşması'nın onaylanmasının ardından, dünya çapında "CO_2 Tutma, Dönüştürme/Tekrar Kullanma ve Depolama (CCUS)" teknolojilerine olan ilgi artmış ve ülkeler konuyla ilgili yol haritası ve eylem planlarını oluşturmaya başlamışlardır. CO_2'nin ekonomik olarak faydalı bir şekilde tekrar kullanılması ilk olarak "gelişmiş petrol geri kazanımı" ile başlamıştır. Bu uygulama büyük miktarlarda CO_2 kullanımına ihtiyaç duymaktadır ve sonuç olarak CO_2 jeolojik olarak depolanmaktadır. Bununla birlikte, CCUS'a olan ilgi CO_2'nin çimento, sentetik yakıtlar ve plastikler gibi diğer ürünlere dönüştürülmesine de odaklanmıştır. Birçok yenilenebilir kaynak (özellikle güneş ve rüzgar) için maliyetlerin son zamanlarda hızla düşmesi bu alanda önemli avantaj yaratmıştır. Yenilenebilir elektrik giderek daha ucuz hale geldiğinden, ekonomik ve çevresel olarak yararlı bir şekilde yararlanabilecek CCUS potansiyel uygulamalarına ilgi önemli ölçüde artmıştır.

CCUS, ilk aşamada, enerji üretimi, yakıt için fosil yakıtlar veya biyokütle kullanan endüstriyel tesisler dahil olmak üzere büyük endüstriyel kaynaklarından CO_2'nin yakalanmasını içerir. CO_2 ayrıca doğrudan atmosferden de yakalanabilir. Yerinde kullanılmazsa, yakalanan CO_2 sıkıştırılır ve çeşitli uygulamalarda kullanılmak üzere boru hattı, gemi, demiryolu veya kamyonla taşınır veya derin jeolojik oluşumlara (tükenmiş petrol ve gaz rezervuarları veya tuzlu su oluşumları dahil) enjekte edilir (Karbon tutma ve depolama-CCS). CO_2 dönüştürmenin amacı, CO_2'yi emisyon açısından nötr veya negatif olan nihai ürünlere dönüştürmektir. Bu şekilde ekonomik olarak değerli ürün veya hizmetler üretmek için CO_2 hammadde olarak kullanılır. Potansiyel uygulama yelpazesi çok geniştir ve seraları, organik tarımı, CO_2'nin yakıtlara veya kimyasallara dönüştürülmesini, uzun ömürlü katı maddelere (örneğin plastik, karbon fiber, grafen) ve karbonat minerallerine (beton, vb) dönüşümünü içerir (Sandalow&ark, 2017;CO_2 Sciences and The Global CO_2 Initiative, 2016; IEA, 2019; IEA, 2020).

CO_2 dönüşüm teknolojilerinin gelişimi üç ana nedenden dolayı tercih edilmektedir:

- Tutulan ve ayırılan CO_2'nin, karbondioksit kullanan sanayi dallarına aktarılması ile girdi maliyetlerini azaltılabilir.

- Fosil yakıtlara alternatif sunabilir

- Karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik ulusal veya küresel hedeflere ulaşılmasına katkıda bulunabilir.

CO_2 Tutma Teknolojileri:

Endüstriyel atık gazından CO_2'yi ayırma veya tutma teknolojileri uzun yıllardır kullanılmaktadır. En gelişmiş ve yaygın olarak kullanılan tutma teknolojileri, kimyasal absorpsiyon ve fiziksel ayırmadır. Diğer teknolojiler, kimyasal döngü veya kalsiyum döngüsü ile membranları vb. prosesleri içerir (IPCC, 2005; USDOE, 2015).

a) **Kimyasal absorpsiyon:** CO_2 ile bir çözelti (etanolamin bileşikleri gibi) arasındaki reaksiyona dayanan bir prosestir. Amin bazlı çözücüler kullanılan kimyasal absorpsiyon, en gelişmiş CO_2 ayırma tekniğidir. Onlarca yıldır yaygın olarak kullanılmaktadır ve şu anda dünya çapında enerji üretimi, yakıt dönüşümü ve endüstriyel üretim alanlarında bir dizi küçük ve büyük ölçekli projede uygulanmaktadır (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

b) **Fiziksel ayırma:** Adsorpsiyon, absorpsiyon, kriyojenik ayırma veya dehidrasyon ve sıkıştırma proseslerine dayanır. Fiziksel adsorpsiyonda uygun katı yüzeyleri (örneğin aktif karbon, alümina, metalik oksitler veya zeolitler) kullanılırken, fiziksel absorpsiyonda sıvı bir çözücüden (örneğin metanol) yararlanılır. CO_2 bir adsorban vasıtasıyla tutulduktan sonra, sıcaklık (sıcaklık salınımlı adsorpsiyon) veya basınç (basınç salınımlı adsorpsiyon veya vakum salınımlı adsorpsiyon) ile geri kazanılır. Şu anda, faaliyette olan dokuz ticari tesiste ağırlıklı olarak doğal gaz işleme ve etanol, metanol ve hidrojen üretiminde kullanılmaktadır (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

c) **Oksi-yanma (Oxy-combustion):** Neredeyse saf oksijen ile yakıtın yanmasını ve ardından oluşan CO_2'nin yakalanmasını içerir. Baca gazı neredeyse tamamen CO_2 ve su buharından oluştuğundan, su buharı yüksek saflıkta CO_2 elde etmek için yoğuşturma prosesiyle kolayca gaz akımından ayrılır. Bu teknolojinin hazırlık seviyesi büyük kapasiteli prototip ile demo ölçeği aşamasındadır. Bu konuda kömüre dayalı elektrik üretimi ve çimento üretiminde birçok proje tamamlanmıştır (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

d) **Membranlı ayırma:** CO_2'nin geçmesine izin veren ancak gaz akışındaki diğer gazları tutmak için bariyer görevi gören yüksek CO_2 seçiciliğine sahip polimerik veya inorganik membranların kullanımına dayanmaktadır. Teknoloji Hazırlık Seviyesi (THS), yakıta ve uygulamaya göre değişmektedir. Doğal gaz işlemede ağırlıklı olarak "demo" aşamasındadır. Membran ayırmaya dayalı mevcut tek büyük ölçekli tutma tesisi Brezilya'da Petrobras tarafından işletilmektedir. Sentez gazından ve biyogazdan CO_2 giderimi için membranlar hâlihazırda ticari olarak mevcuttur, baca gazı arıtımı için membranlar ise halen geliştirme aşamasındadır (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

e) **Kalsiyum döngüsü:** İki reaktör kullanarak yüksek sıcaklıkta CO_2 tutmayı içerir. İlk reaktörde kireç (CaO), gaz akımından CO_2'yi kalsiyum karbonat (CaCO3) oluşturarak tutmak için adsorbent olarak kullanılır. CaCO3 daha sonra ikinci reaktöre taşınır ve burada rejenere edilerek kireç ve saf CO_2 elde edilir. Kireç daha sonra birinci reaktöre geri döndürülür. Bu teknoloji henüz pilot ile ticari ölçek öncesi aşamadadır. Kömürle çalışan akışkan yataklı yakıcılarda ve çimento üretiminde test edilmiştir (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

f) **Kimyasal döngü:** Kalsiyum döngüsü gibi, iki reaktör kullanılan bir teknolojidir. İlk reaktörde, küçük metal parçacıkları (örneğin demir veya manganez) havadaki oksijenle metal oksit oluşturmak üzere kullanılır, daha sonra metal oksitler yakıtla reaksiyona gireceği ikinci reaktöre taşınır. Metal daha sonra birinci reaktöre geri döndürülür. Bu teknoloji, kömür, gaz, petrol ve biyokütle yakma ile yaklaşık 35 pilot projede test edilmiştir (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

g) **Doğrudan ayırma:** Özel bir kalsinatör kullanarak kireç taşını dolaylı olarak ısıtarak çimento üretiminden kaynaklanan CO_2 proses emisyonlarının yakalanmasını içerir. Bu teknoloji, CO_2'yi diğer yanma gazları ile karıştırmadan doğrudan kireçtaşından ayırır, böylece gaz ayırma ile ilgili enerji maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Halihazırda Calix tarafından Belçika, Lixhe'deki Heidelberg Cement fabrikasında geliştirilen "Düşük Emisyon Yoğunluğu Kireç ve Çimento" (LEILAC) gibi pilot projelerde test edilmektedir (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

h) **Süper kritik CO_2 güç çevrimleri:** Konvansiyonel termik santrallerde bir veya birden fazla türbini çalıştırmak için baca gazı veya buhar kullanılırken, super kritik CO_2 (kritik sıcaklık ve basıncının üzerindeki CO_2) güç çevrimlerinde buhar/baca gazı yerine süper kritik CO_2 kullanılır. Süper kritik CO_2 türbinleri, yalnızca CO_2 ve su buharından oluşan baca gazı elde etmek için tipik olarak neredeyse saf oksijen kullanır. Süper kritik CO_2 güç döngülerine sahip iki prototip/demo projesi şu anda aktiftir: NET Power'ın Allam döngüsü ve "Trijen Temiz Enerji Sistemleri" döngüsü (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

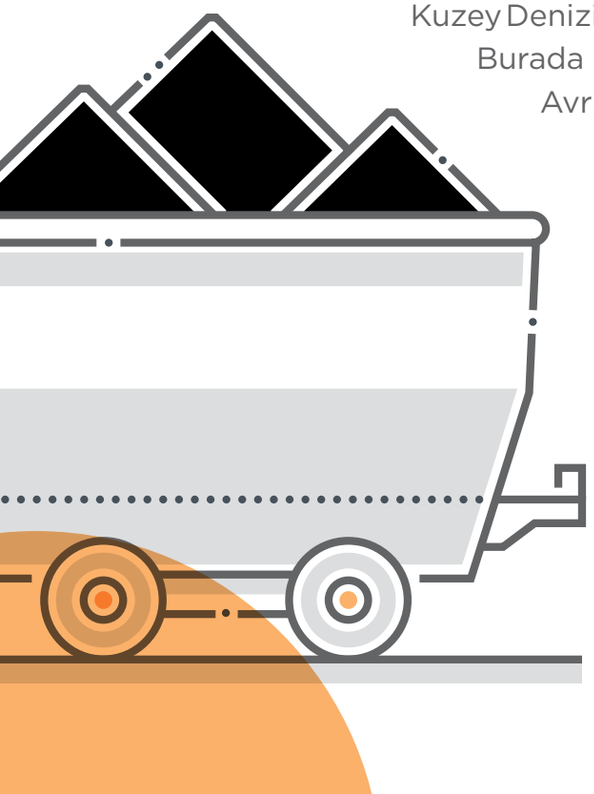
2019 yılı verilerine göre küresel olarak yaklaşık 230 Mt CO_2/yıl, gübre üretmek (yaklaşık 125 Mt/yıl) ve gelişmiş petrol çıkarma için kullanılmaktadır. CO_2'nin diğer ticari kullanımları arasında yiyecek ve içecek üretimi, soğutma, su arıtma ve seralar bulunmaktadır (IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

Tutulmuş CO_2'nin açık ara en yaygın tekrar kullanımı petrol çıkarmada yardımcı olarak kullanılmasıdır (EOR). Bugün, yaklaşık 70-80 milyon ton/yıl insan kaynaklı CO_2, EOR için kullanılmaktadır (IEA, 2019). EOR konusunda; köklü uygulama, ticaret ve hukuk yapısı vardır ve teknoloji olgunlaşmıştır. EOR'un bir iklim azaltma seçeneği olarak kullanımına ilişkin tartışmalar sürerken, çeşitli analizler bunun faydalı ve ekonomik bir seçenek olabileceğini göstermiştir. Birçok devlet, şirket ve yatırımcı; EOR'u gelir, vergi ve büyük hacimli iş sağladığı için kritik bir yöntem olarak görmektedir.

bir iklim azaltma seçeneği olarak kullanımına ilişkin tartışmalar sürerken, çeşitli analizler bunun faydalı ve ekonomik bir seçenek olabileceğini göstermiştir. Birçok devlet, şirket ve yatırımcı; EOR'u gelir, vergi ve büyük hacimli iş sağladığı için kritik bir yöntem olarak görmektedir.

Katbon tutma ve depolama (CCS) uygulamaları ülkeler ve bölgeler arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. "Uluslararası Enerji Enstitüsü" "Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu"nda Çin, 2070 yılına kadar kümülatif olarak yakalanan tüm CO_2'nin yaklaşık dörtte birini oluşturan en büyük CCS uygulamalarına sahip olacak şekilde görülmektedir. CCS faaliyeti için diğer iki önemli bölge olan Avrupa ve Kuzey Amerika'da tutma kapasitesinde büyük bir artış görülmektedir. 2030'dan itibaren Asya'nın diğer bölgelerinde, özellikle Hindistan ve Orta Doğu'da önemli ölçekte CCS tesisleri kurulacaktır (CO_2 Sciences and The Global CO_2 Initiative, 2016, November; IEA, 2019; IEA, 2020; IEA, 2019; International Association of Oil and Gas, 2021, April).

Mevcut durumda ABD, yeni politika teşvikleri ve destekleyici bir yatırım ortamı ile küresel CO_2 tutma kapasitesinin %60'ından fazlasını ve planlanan tüm kapasitenin yarısını oluşturacak şekilde CCS'ta küresel liderdir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki sabit emisyon kaynaklarının çoğu, potansiyel jeolojik depolama sahalarının yakınında yer almaktadır. Toplam potansiyel kapasitenin 800 Gt veya 160 yıllık mevcut ABD enerji sektörü emisyonlarını depolayacak kapasitede olduğu tahmin edilmektedir (IEA, 2019; IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).



Kuzey Denizi, Avrupa'daki CCS uygulamalarının merkezinde yer almaktadır. Burada hâlihazırda 1.7 $MtCO_2$/yıl depolayan iki tesis bulunmakta ve Avrupa'da yaklaşık 30 Mt/yıl toplam kapasiteye sahip en az 11 başka proje geliştirilmektedir. Elektrik üretimi ve endüstriden kaynaklanan emisyonların yaklaşık %70'i, potansiyel bir depolama sahasının 100 km yakınında ve %50'si 50 km içersinde yer almaktadır. Toplam depolama kapasitesinin 300 Gt kadar (yaklaşık 80 yıllık kapasite) olduğu tahmin edilmektedir (IEA, 2019; IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

Çin, kömürle çalışan elektrik santrallerinin yanı sıra çimento, demir-çelik ve kimya fabrikaları için en büyük ve en genç tesislere sahiptir. CCS teknolojilerindeki gelişim, bu tesislerden kaynaklanan emisyonlarını önlemek için önemli olacaktır. Denizde olduğu kadar batı ve kuzey şehirlerinde de CO_2 depolaması için büyük bir potansiyel mevcuttur. Enerji ve enerji yoğun endüstrilerden kaynaklanan CO_2 emisyonlarının yaklaşık %45'i, potansiyel CO_2 depolamasının 50 km yakınında ve emisyonların %65'i 100 km uzaklıktadır. Potansiyel depolama kapasitesinin, toplam 425 Gt (40 yıllık kapasite) olduğu tahmin edilmektedir (IEA, 2019; IEA, 2020; IPCC, 2005; USDOE, 2015; IEA, 2019).

CO_2'nin Katalizörler ve Katalitik Proseslerle Dönüştürme Teknolojileri:

CO_2'nin dönüşümü/tekrar kullanımı için potansiyel teknoloji alanlarını belirlemek, ekonomik olarak umut verici uygulamaları değerlendirmek büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, tüm dünyada;

- Gerçekçi ürün kategorileri ve alt kategorilerinin belirlenmesi, politika değerlendirmeleri, teknoloji analizi ve pazar potansiyeli tahminleri,
- Teknoloji önündeki mevcut engeller ve bunların üstesinden gelmenin olası yolları,
- CO_2 dönüştürme için etkili araştırma ve geliştirme faaliyetleri
- Zaman çizelgeleri ve yol haritaları

detaylı şekilde analiz edilmektedir (IEA, 2019; IEA, 2020; IEA, 2019).

CO_2 bazlı ürünlerin üretimi ve ticarileştirilmesi konusunda bazı önemli zorluk ve darboğazlar bulunmaktadır. Bunlar:

- CO_2 tutma maliyetleri yüksektir.
- Kararlı CO_2 molekülünü yararlı bir kimyasala dönüştürmek için gerekli yenilenebilir enerji daha pahalıdır.
- CO_2 molekülünü dönüştürmek için hidrojen gazı kullanıldığında, hidrojenin (fosil kaynaklardan üretilmeyen) maliyeti yüksektir.
- Yukarıda sayılan 3 konu, CO_2 dönüştürmenin karşısında savunulmakta ve konunun gerçek potansiyelinin değerlendirmesini konusunda soru işaretleri yaratmaktadır. Bu

durum politika ve finansman kaynaklarının aktarılması kararlarını etkilemektedir.

Yine de hem bilimsel alanda hem de politika yapıcılar tarafından CO_2 dönüşümü/tekrar kullanımına artan ilgi;

- Yeni katalizörlerin geliştirilmesi ve CO_2 dönüşüm süreçleri daha verimli hale getirilmesi,
- CO_2'ye güç sağlamak için yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş veya rüzgâr enerjisi) kullanılması. Yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinin maliyetindeki giderek azalma,
- Yapı malzemeleri üretmek için mineralizasyon teknolojilerindeki gelişmeler,
- CO_2'nin fotokatalitik indirgenmesi ve bu dönüşümde gün ışığını doğrudan kullanan teknolojiler,

alanlarında yeni araştırmalar, girişimler ve iş birlikleri üretmektedir. CO_2'nin dönüştürülmesi/tekrar kullanımı konusunda çalışan kuruluşların genel olarak odaklandığı 6 uygulama alanı ve hedeflenen ürünler aşağıda özetlenmiştir (IEA, 2019).

- Algler (biyoyakıt veya gıda katkı maddeleri)
- Yapı malzemeleri (karbonatlara dönüştürme veya CO_2'nin malzemelere entegrasyonu)
- Kimyasal ara ürünler (metanol, sentez gazı, formik asit ve malik asit vb.)
- Yakıtlar (esas olarak metan ve alkol)
- Yeni malzemeler (karbon fiber vb.)
- Polimerler (polikarbonatlar, poliüretan, PHA vb.)

Bununla birlikte üzerinde en fazla odaklanılan alanlar (Sandalow&ark, 2017; CO_2 Sciences and The Global CO_2 Initiative, 2016, November; IEA, 2019; IEA, 2020):

- Kimyasal ara ürünler
- Yakıtlar
- Yapı malzemeleri olarak görülmektedir.

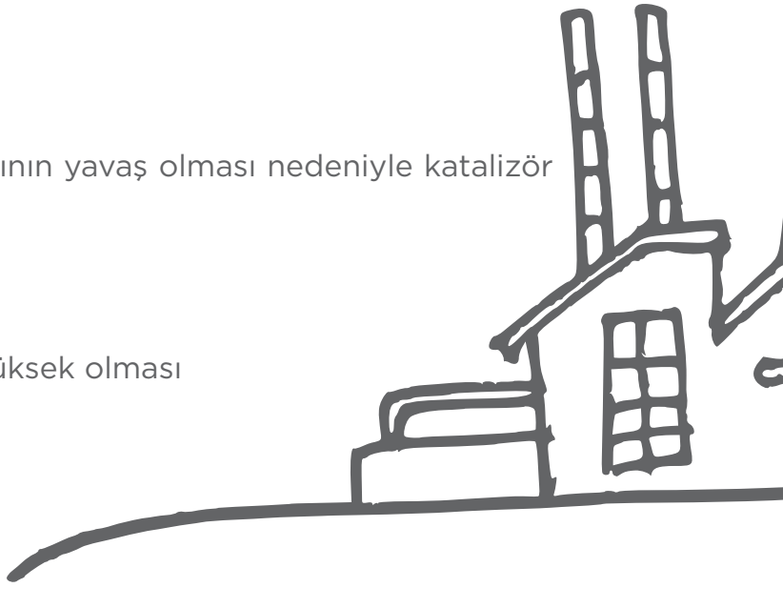
Yukarıda belirtildiği gibi, baca gazlarındaki CO_2'nin tutma ve ayırma maliyetleri oldukça yüksektir (endüstriyel kaynağa bağlı olarak 50-75 USD/ton), bu nedenle elde edilen CO_2'nin yararlı ürünlere geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanımı sürdürülebilir ve temiz ekonomi için son derece önemlidir. CO_2'nin yararlı ürünlere dönüştürülmesi katalitik proseslerinde gözlenen sorunlar aşağıda verilmiştir. Ayrıca CO_2'nin yararlı ürünlere dönüştürülmesi için katalitik proseslerde mevcut durum Tablo 2.1'de özetlenmiştir.

Kimyasal katalitik prosesler:

- Düşük seçicilik
- Katalizör inhibisyonu ve kararlılık problemleri
- Reaksiyon ürünlerinin ortamından ayrılması reaktiflerin reaktöre geri döndürülmesi
- Reaktörlerde tek geçiş başına düşük dönüşüm
- Reaksiyon yan ürünlerinin (örneğin su) reaksiyonu yavaşlatması
- Ekzotermik reaksiyon ve yüksek sıcaklığın kontrol edilmesindeki zorluklar

Elektrokimyasal katalitik prosesler:

- Uygun maliyetli, etkin ve seçici elektrokatalizör geliştirilmesindeki zorluklar
- Elektrotlarda yüksek "overpotansiyel" sorunları nedeniyle istenmeyen yan reaksiyonlar
- Gerilim kayıpları
- Büyük elektrot alanı ihtiyacı
- Genel olarak elektrokimyasal reaksiyon hızının yavaş olması nedeniyle katalizör yüzey alanının artırılması
- Difüzyon kısıtlamaları
- Membran ömrünün düşük, maliyetlerinin yüksek olması



- Elektrokatalizör deaktivasyonu

Biyokimyasal prosesler:

- Biyolojik sistemlerin (alg, mikroalg, vb.) safsızlıklara ve pH değerine olan duyarlılığı gibi kısıtlamalar
- Biyokimyasal dönüşüm hızının yavaş olması
- Biyokimyasal reaktörlerin (alg havuzlarının, vb) büyük hacim ihtiyaçları
- Canlı organizmalarla çalışma zorlukları
- Ürün ayırma ve saflaştırma zorlukları
- Kurutma proseslerinin yüksek olması

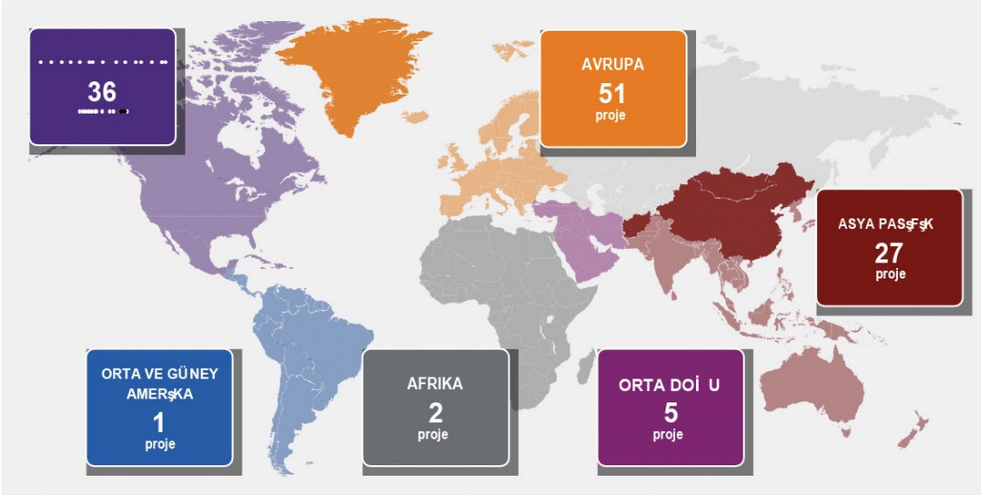
Tablo 2.1. CO_2'den Yararlı Ürünlerin Üretilmesi Süreçlerinde Mevcut Teknoloji Hazırlık Seviyeleri (THS)

Ürün	Süreç/reaksiyon/yöntem	THS
Asetik asit	CH4 ve CO_2'ten sentez	3
Akrilik asit	Etilen ve CO_2'ten sentez	3
Kalsiyum karbonat	Mineral karbonatlaşma	7
Karbamatlar	Organik sentez	1-3
	CO_2'in elektrokimyasal indirgenmesi	1-2
Siklo karbonatlar	Oksit epoksit ve CO_2'den sentez	8-9
Dimetil karbonat (DMC)	Metanol ve CO_2'den sentez	4-5
Dimetil eter (DME)	CO_2'in hidrojenasyonu	1-3
Kuru alg tozu	Mikroalg ile CO_2 dönüşümü	7-8
Etanol	CO_2'in mikrobiyal dönüşümü	6-7
	CO_2'in elektrokimyasal indirgenmesi	1-2
	CO_2'nin hidrojenasyonu	1-2
Etilen Glikol	CO_2'nin foto elektrokimyasal indirgenmesi	4
Formaldehit	Elektrokimyasal indirgeme	1-3
	CO_2 'in foto elektrokimyasal indirgenmesi	1-3
	CO_2'in hidrojenasyon	1-2
Formik asit	CO_2'nin elektrokimyasal indirgenmesi	6
	CO_2'nin foto elektrokimyasal indirgenmesi	4
	CO_2 hidrojenasyonu	3
İzosiyanatlar	Organik sentez	1-3
Laktonlar	Organik sentez	4
Magnezyum karbonatlar	Mineral karbonatlaşma	3-4
Metan	CO_2/CO_2 metanasyonunun hidrojenasyonu	7
	CO_2'nin elektrokimyasal indirgenmesi	4
	CO_2'nin mikrobiyal dönüşümü	3-4
	CO_2'nin foto elektrokimyasal indirgenmesi	3
Metanol	CO_2 hidrojenasyonu	8-9
	CO_2'nin elektrokimyasal indirgenmesi	1-3
	CO_2'nin foto elektrokimyasal indirgenmesi	1-3

Ürün	Süreç/reaksiyon/yöntem	THS
Polikarbonatlar	Organik sentez	9
Polioller	Epoksit ve CO_2'den organik sentez	8-9
Poliüretanlar	İki aşamalı sentez: Epoksit ve CO_2'den poliollerin sentezi; Poliollerden ve izosiyanatlardan poliüretan sentezi	8-9
Salisilik asit	Fenol ve CO_2'den organik sentez	9
Sodyum bikarbonat	Mineral karbonatlaşma	8-9
Sodyum karbonatlar	Mineral karbonatlaşma	6
Sentez gazı	CH4'ün kuru reformasyonu/CO_2 reformasyonu	6
	CO_2 ve H2O'nun birlikte elektrolizi	4-5
	CO_2 ve H2O'nun termokimyasal dönüşümü	3-4
Üre	Organik sentez	9

Karbon Tutma ve Dönüştürme Konularında Dünyadaki Önemli Projeler ve İşbirlikleri, İyi Uygulamalar.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomisi genellikle ihracata dayalıdır ve büyük ölçekli enerji tüketimine sahip üretim sanayilerine sahiptirler. İstatistiklere göre, enerji üretimi, petrokimya, çimento ve demir-çelik, büyük miktarlarda sera gazı yayan endüstrilerdir. Bu endüstriler hali hazırda yüksek düzeyde enerji verimliliğine sahip olduklarından, yenilikçi teknolojiler aracılığıyla mevcut risklerin üstesinden gelmeleri gerekmektedir. Başta Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Almanya, Avrupa Birliği ve Çin olmak üzere gelişmiş ülkeler karbon fiyatlarının getirilmesine dayanan çeşitli politikalar aracılığıyla CCUS teknolojilerini desteklemektedir. Küresel ölçekte mevcut ve planlanan CCUS uygulamalarının yerleri Şekil 2.11'de gösterilmektedir (International Association of Oil and Gas, 2021, April).



Şekil 2.11. *Küresel Ölçekte Mevcut Ve Planlanan CCUS Projelerinin Bölgelere Göre Dağılımı (International Association of Oil and Gas, 2021, April)*

ABD, CCUS teknolojisinin enerji üretimi ve endüstride sera gazlarının azaltılmasında önemli bir rol oynamasını beklemektedir. ABD, yaklaşık 8000 km uzunluğu ile yılda 69 milyon ton CO_2 taşıma kapasitesine sahip dünyanın en büyük CO_2 boru hattı altyapısına sahiptir (Jung & ark., 2020). ABD Enerji Bakanlığı (DOE) daha önce ulusal sera gazlarını azaltmak için stratejik teknolojiler olarak CCS ve CO_2-EOR'a bağlı kalmıştır. CCUS tamamlayıcı bir teknoloji olarak ortaya çıktığı için ulusal stratejik teknolojiye dahil edilmekte ve geliştirilmektedir. DOE destekli en büyük proje Skyonic'in projesidir. Skyonic, DOE'nin 25 milyon USD desteğiyle SkyMine adlı teknolojisi ile çimento fabrikalarından üretilen CO_2'yi kullanarak sodyum hidrojen karbonat üretmektedir (Sandalow & ark., 2017; CO_2 Sciences and The Global CO_2 Initiative, 2016, November; IEA, 2019; IEA, 2020). Ayrıca, Alcoa Center, DOE'den 12 Milyon USD fon sağlamıştır ve üretilen CO_2'yi bikarbonat veya karbonat ürünlerine dönüştürmekte ve bunları inşaat dolgu malzemeleri, yeşil gübre vb. üreten şirketlere vermektedir. Calera, DOE finansmanında 20 Milyon USD ile benzer teknolojileri kullanmak üzere California'da bir proje üzerinde çalışmaktadır. Novomer, Güney Louisiana'da CO_2'yi plastik ürünler için bir hammadde olan polikarbonata dönüştürmek için DOE'den sağlanan 18.5 Milyon USD ile bir demo projesi üzerinde çalışmaktadır (IEA, 2020; USDOE, 2015; IEA, 2019; Jung&ark, 2020; Global CCS Institute, 2018).

G.Kore, Ağustos 2016'daki "İkinci Bilim ve Teknoloji Stratejisi Konferansı"nda CCUS'yu

ulusal stratejik teknolojilerden biri olarak seçmiştir. CCUS ile sera gazlarının azaltılması ve yeni endüstrilerinin yaratılması için ayrıntılı bir yol haritası hazırlanmıştır. Aralık 2016'da, 2030 "Sera Gazı Azaltma Yol Haritası" açıklanmıştır. CCUS teknolojisinin yeni enerji endüstrisine dahil edilmesiyle CCUS'un orta ve uzun vadeli sera gazı azaltım aracı olarak önemi kabul edilmiştir ve teknoloji geliştirme ile ilgili politikalar ön plana alınmıştır (Jung&ark, 2020; Global CCS Institute, 2018).

2017 yılından bu yana, Bilim ve Bilişim Teknolojileri Bakanlığı (MSIT), Ticaret Sanayi ve Enerji Bakanlığı (MOTIE) ve Çevre Bakanlığı (ME), temsili bir CCU projesi olarak "Karbon Yeniden Kullanımı için Ulusal Stratejik Projesini" desteklemektedir. Kore Yerbilimi ve Maden Kaynakları Enstitüsü (KIGAM) deneysel araştırmalar yürütmektedir. Kore Yerbilimi ve Maden Kaynakları Enstitüsü tarafından yürütülmekte olan "Karbon Yeniden Kullanımı için Ulusal Stratejik Projesi"nde "Karbon Mineralizasyonu" "Amiral Gemisi Projesi"dir (Jung&ark, 2020; Park& Kim, 2018).

Güney Kore'nin CCUS ile ilgili bakanlıkları ve kurumları arasında MOTIE (Ticaret Sanayi ve Enerji Bakanlığı), MSIT (Bilim ve ICT Bakanlığı), ME, Okyanuslar ve Balıkçılık Bakanlığı (MOF), Eğitim Bakanlığı (MOE) ve Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler İdaresi (MSS) bulunmaktadır. 2010'dan 2017'ye kadar, bu bakanlıklar CCUS ile ilgili projelere yaklaşık 3475 milyar KRW yatırım yapmıştır ve hükümet tarafından finanse edilen araştırma enstitüleri ve diğer ilgili kurumları 447 ulusal Ar-Ge projesi gerçekleştirmişlerdir (Park & Kim , 2018). MSIT ve MOTIE 388 proje yönetmiştir ve bu projeler için yaklaşık 295.4 milyar KRW yatırım yapmıştır1. Bu projeleri teknoloji sektörleriyle ilgili ana teknik alanlarda sınıflandırmak mümkündür: a) CO_2 tutma ile ilgili projeler (%31), b) CO_2 depolama ile ilgili projeler (%27) c) CO_2 dönüştürme ve kullanım projeleri (%29), d) CO_2 tutma ve dönüşüm ile ilgili sekiz adet (%2) e) diğer (yasalar, ekonomik analizler, insan kaynakları geliştirmeleri, proje operasyonları, vb.) CO_2 ile ilgili projeler (%11) (Jung & ark., 2020; Park & Kim, 2018).

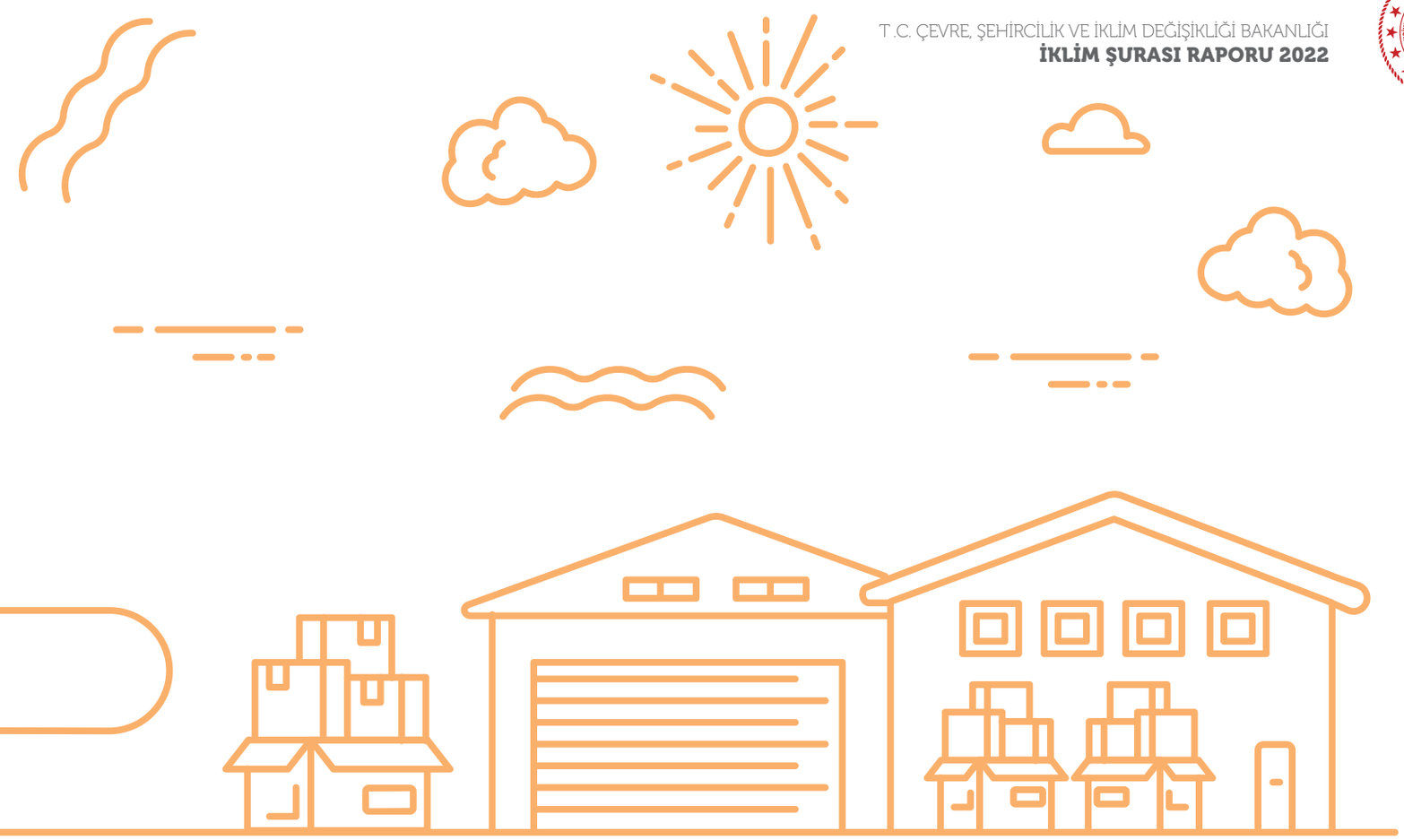
MSIT'in temsili projeleri KOREA CCS 2020 ve "Karbon Yeniden Kullanımı için Ulusal Stratejik Projesi" iken, MOTIE'nin temsili projesi "Sera Gazı İşleme Teknolojisi Geliştirme Projesi"dir. MOF'nin temsili projeleri "CO_2 Deniz Yeraltı Depolama Teknoloji Geliştirme Projesi" ve "Deniz CCS Teknoloji Geliştirme Projesi" iken, ME'nin temsili projeleri "CO_2 Depolama Ortamı Yönetimi Teknoloji Geliştirme Projesi" ve "CO_2 Yeraltı Depolama Çevre Yönetimi Teknoloji Geliştirme Projesi"dir. MSS, "Karbon Dioksit Emilimi için Amino Asit İçeren Aktif Karbonun Geliştirilmesini" desteklemiştir (Jung&ark, 2020; Park& Kim, 2018).

Avrupa Komisyonu tarafından Aralık 2019'da açıklanan "Avrupa Yeşil Mutabakatı (Europe Green Deal)", iklim ve çevre ile ilgili zorluklara karşı atılmış önemli bir adımdır. Bu yeni büyüme stratejisi ile AB, 2050'de net sera gazı emisyonlarının olmadığı fakat ekonomik büyümenin sağlandığı bir kıtaya dönüşmeyi hedeflemektedir (ECCSEL, 2021; EC, 2019).

Avrupa Yeşil Anlaşmasının yerine getirilebilmesi için ekonomi, endüstri, üretim ve tüketim, temiz enerji arz politikalarının yeniden değerlendirilmesine ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir. Sanayi, enerji sistemi entegrasyonu, hidrojen ve biyoçeşitlilik gibi alanlarda yeni stratejilerin, Avrupa Yeşil Anlaşmasını desteklemesi beklenmektedir. İlk "Avrupa İklim Yasası"nın (Mart 2020) yürürlüğe girmesiyle birlikte, tüm üye devletlerden mevzuatlarında, 2050 iklim ile ilgili hedeflerini belirlemeleri beklenmektedir (ECCSEL, 2021; EC, 2019).

Bir araştırma ve yenilik programı olan Horizon Europe (2021-2027), Avrupa'nın temiz enerji teknolojilerinde rekabet avantajını koruması için önemli olacaktır. AB'nin, yeni ve yenilikçi değer zincirleri oluşturarak, yeni teknolojileri önemli ölçüde artırması istenmektedir. Horizon Europe'ta toplam proje bütçesinin en az %35'i, Avrupa Yeşil Anlaşması'nın uygulanmasıyla ilgili yeni çözümler üzerinde araştırma ve inovasyonu finanse edecek şekilde düzenlenmiştir (ECCSEL, 2021; EC, 2019).

Temiz Enerji Geçiş Ortaklığı (CETP), Avrupa Stratejik Enerji Teknolojisi Planının (SET Planı) uygulanmasına katkıda bulunmak amacıyla Avrupa Üye Devletleri ve İlişkili Ülkelerdeki ulusal ve bölgesel Ar-Ge ve innovasyon programlarının çok taraflı ve stratejik bir ortaklığıdır. CETP'deki kritik hususlar: depolama teknolojileri, yenilenebilir



yakıtlar, CO_2 tutma ve kullanım (CCU), CO_2 tutma ve depolama (CCS) ile iklim nötrlüğünü mümkün kılmak olarak belirlenmiştir (ECCSEL, 2021).

AB'deBazı bölgeler, stratejik sektörlerdeki yatırımlar için önemli miktarda öz sermayeye sahiptir. Bu bölgeler, 2014'ten beri, yatırımlarını 'İnovasyon ve araştırma' ve 'düşük karbonlu kalkınma' dahil olmak üzere çeşitli kilit öncelikli alanlara odaklayan Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu'nun (ERDF) yönetimine dahil olmuşlardır. CCUS'un yaygın kullanımı ancak CCUS çözümleri her bölgenin ihtiyaçlarına ve özelliklerine göre uyarlanırsa ve yerel paydaşlarla derinlemesine istişare yoluyla detaylandırılırsa mümkün olacaktır. Bu nedenle, örneğin, H2020 Stratejisi CCUS projesi (2019-2022), CCUS gelişimi için umut verici olarak tanımlanan sekiz bölgede CCUS çözümlerini belirlemek, düşük karbonlu enerji ve endüstrinin gelişimini desteklemek için yapılmaktadır (ECCSEL, 2021; EC, 2019).

Fransa'nın, enerji ve iklim politikası perspektifinde ulusal belgeler, CCS'nin potansiyel stratejik önemini vurgulamaktadır (Czernichowski-Lauriol&ark, 2021). 2010 yılında, Ekoloji Bakanlığı CCUS'u hem Fransız hem de küresel pazarları hedefleyen yeşil ekonominin stratejik bir sanayi sektörü olarak tanımlamıştır. 2012'de yayınlanan Energies 2050 raporu, CCS'nin stratejik potansiyelini doğrulamış ve daha fazla Ar-Ge faaliyetini ve teşviklerin getirilmesini savunmuştur.

Araştırma önceliklerini ve teknolojinin yaygınlaştırılmasına yönelik ihtiyaçları vurgulamak için 2008 yılında Çevre ve Enerji Yönetim Ajansı'nın (ADEME) liderliğinde 2020 vizyonuna sahip ulusal bir CCS yol haritası oluşturulmuştur. 2011-15 yılında 2050 bakış açısıyla ve CO_2 kullanımını içerecek şekilde bu harita revize edilmiştir. CCUS, 2016 yılında araştırma altyapıları için ulusal yol haritasına "proje" statüsüyle girmiştir. Bu yol haritası, CCUS pilot ve muhtemelen ticari birimlerin geliştirilmesini desteklemek için teknolojilerin geliştirilmesine ve benimsenmesine bir an önce başlamayı önermiştir. Fransa CCUS küme gelişimi için planlar, H2020 Strateji CCUS projesinin (2019-2022) bir parçası olarak hazırlanmaktadır. Strateji CCUS, Güney ve Doğu Avrupa'da düşük karbonlu enerji ve endüstrinin gelişimini desteklemeyi amaçlamaktadır. Burada amaç, sektörün ihtiyaçlarına uygun yerel kalkınma planları ve iş modelleri üreterek her bölgedeki girişimleri teşvik etmek ve desteklemektir. 2002 yılında oluşturulan "Club CO_2", endüstri, araştırma kuruluşları ve kamu yetkilileri arasında bilgi alışverişini teşvik etmek ve yeni gelişmelere yön vermek için birçok faaliyet yürütmektedir (ECCSEL, 2021; Czernichowski-Lauriol & ark., 2021).

Birleşik Krallık 2018'de CCUS hedefine ulaşmak için, hükümet ve endüstrinin ortaklaşa nasıl çalışabileceğini belirleyen bir eylem planı yayınlanmıştır. Bu belge, maliyetlerin yeterince düşmesine bağlı olarak, 2030'larda CCUS'u geniş ölçekte yaygınlaştırma hedefine ulaşmak için hükümet ve endüstrinin ortaklaşa atması gereken adımlar hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir (UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy, 2020; UK Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2018).

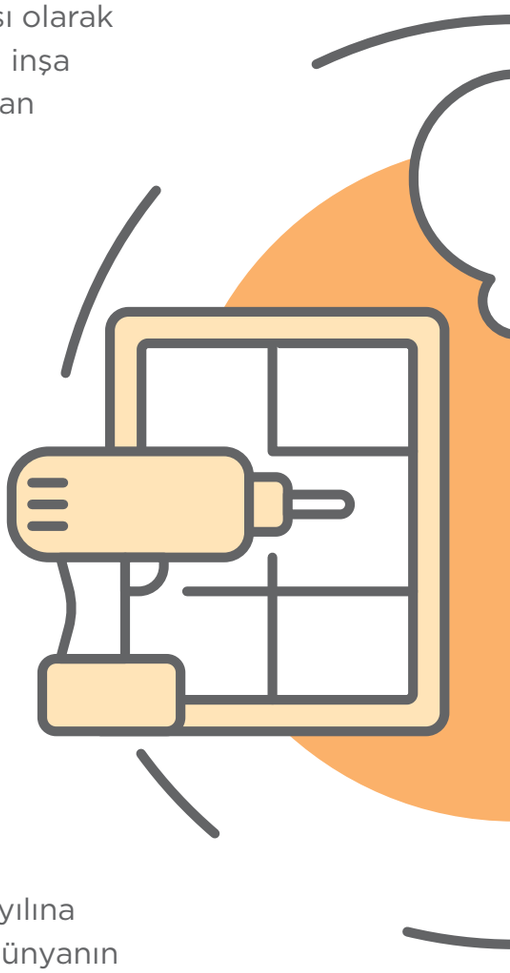
Birleşik Krallık tarafından Kasım 2020'de yayınlanan "Yeşil Sanayi Planı"nın 8. Maddesi, iki sanayi kümesi kurmayı hedeflemiştir ve 2030 yılına kadar Kuzey Doğu, Humber, Kuzey Batı, İskoçya ve Galler gibi alanlarda da 4 küme hedeflemektedir. Bu kümelerde 2030 yılına kadar 10 Mt/yıl karbondioksit yakalanması hedeflenmiştir (UK, 2020).

Japonya'da karbondioksit emisyonları, küresel iklim değişikliğinin birincil nedeni olarak kabul edilmektedir. Japonya, 2019'da karbon geri dönüşümü için "Zararlı CO_2 emisyonlarını değerli bir kaynağa dönüştürmek için plan, karbon- nötr toplum" temalı bir yol haritası yayınlamıştır.

Günümüzde yüksek maliyetler ve Ar-Ge eksikliği, karbon geri dönüşümünün yaygın olarak kullanılmasını engellemektedir. Ancak Japonya, önümüzdeki on yıllarda CCUS faaliyetlerinin ticarileşmesini, sosyal uygulamasını ve küresel genişlemesini teşvik etmeye odaklanmıştır. Örneğin, 2011'den beri, Japon mühendislik şirketi IHI Corporation, bir tür mikroalgden üretilen ve bio-jet olarak bilinen alternatif, yenilenebilir bir havacılık yakıtına odaklanmıştır. IHI, Japonya'nın Kagoshima Eyaletinde ve Tayland'ın Saraburi eyaletinde üretim için testler gerçekleştirmiştir. 2021'in ikinci yarısında şirket, uluslararası akredite yakıtını Japon havayollarına deneme uçuşları için tedarik etmeyi planlamıştır. IHI'deki yosun bazlı biyoyakıt grubunun amacı biyo-jeti ticarileştirmek ve 2030 yılına kadar makul fiyatlı bir havacılık yakıtı haline getirmektir. IHI, maliyetleri düşürmeyi, istikrarlı bir biyo-jet yakıtı tedariki sağlamayı ve hükümet, medya ve yatırımcılarla yakın çalışarak kamu bilincini artırmayı planlamaktadır. Ancak yenilenebilir havacılık yakıtını başarılı kılmak için, yeşil yakıt piyasaya çıktığı zaman üretim maliyetlerini dengelemek için gereken fiyat artışı hakkında halkın bilgilendirilmesi gerekeceği de belirtilmektedir.

Gelecekte, şehirlerdeki binalar ve yollar karbondioksit emisyonlarını azaltmaya yardımcı olabilir. Küresel bir entegre ticari kuruluş olan Mitsubishi Corporation, çimento kullanımını azaltabilen ve özel katkı maddesi içeren çevre dostu beton türü olan "CO_2-SUICOM"un (Beton Malzemelerle CO_2-Depolama) iş geliştirme ve pazarlamasını gerçekleştirmeye hazırlanmaktadır. Beton, enerji ve çelik fabrikalarından kaynaklanan karbondioksit emisyonlarını absorbe edecektir. Mitsubishi Corporation'daki CCU ekibi ve Doğal Gaz Grubu'na göre, CO_2-SUICOM teknolojisi ile üretilen beton, normal tiplerle eşdeğer veya daha yüksek dayanıma ve aşınma direncine sahiptir. Bu, CO_2-SUICOM'u çok çeşitli uygulamalar için mükemmel bir aday yapmaktadır. Şirketin Japonya ve denizaşırı ülkelerdeki pazarını genişlettiğini ve gelecekte bina inşa etmek için kullanılabilecek şekilde teknolojiyi geliştirdiği belirtilmektedir. Sıradan betonun üretim sürecinin yılda birkaç milyar ton CO_2 yaydığı tahmin edildiğinden, CO_2-SUICOM'un karbon tutma teknolojisi, karbon azaltımı ve yakalanan CO_2'nin ticari kullanımı için önemli çözümler sunmaktadır. Japonya, Enerji Ekonomisi Enstitüsü'nün (IEEJ) 2017 raporuna göre, tüm çimento üretiminin yerini CO_2-SUICOM alırsa, Japonya CO_2 emisyonlarını yılda yaklaşık 22 milyon t-CO_2 (toplam CO_2) azaltabilir. 2050 yılına kadar Japonya, küresel CCUS pazarından CO_2 tutma teknolojisinde yıllık 10 trilyon yen (96 milyar ABD Doları) (yaklaşık 2.5 milyar ton CO_2'ye eşdeğer) değerinde %30'luk bir pay elde etmeyi hedeflemektedir.

Mitsubishi Heavy Industries Engineering (MHIENG), endüstride negatif emisyonların elde edilmesi için çalışırken, CO_2 tutma teknolojisinde araştırma ve geliştirmenin ön saflarında yer almaktadır. Şirket, elektrik, kimya ve çimento fabrikalarında yayılan çeşitli baca gazlarından CO_2'yi tutmak ve atmosfere salınmasını önlemek için KM CDR Process™ adlı bir proses kullanmaktadır. Geri kazanılan CO_2 daha sonra gübre ve kuru buz üretmek için kullanılabilecektir. MHIENG bugüne kadar dünya çapında toplam karbon tutma kapasitesi yılda 3 milyon tona eşdeğer 13 ticari karbon tutma tesisi kurmuştur. 2017'de MHIENG, büyük ölçekli bir geliştirilmiş petrol geri kazanımı (EOR) projesi olan Petra Nova Karbon Tutma Projesi'nin bir parçası olarak ABD'de dünyanın en büyük yanma sonrası CO_2 tutma tesisini inşa etmiştir. Böylece 240 MW kömür santralinden çıkan baca gazından akımından günde 4.800 ton CO_2 yakalayabilecektir.



Benzer şekilde, "doğrudan atmosferden tutma" (DAC), karbondioksiti doğrudan atmosferden alan ve onu depolayan veya diğer endüstriyel uygulamalarda yeniden kullanan teknolojidir. Çelik ve çimento fabrikaları gibi büyük emisyon kaynaklarını hedefleyen geleneksel karbon tutma ve depolama (CCS) teknolojilerinin aksine, DAC dünyanın herhangi bir yerinde uygulanabilir. Dünya için Yenilikçi Teknoloji Araştırma Enstitüsü'ne (RITE) göre, bu teknoloji CCS bölgelerinin veya CO_2'nin gıda ve enerji için bir hammadde olarak kullanılabileceği konumların yakınında olabilir. Böylece, DAC nakliyeyi gereksiz kılacak ve işlemin toplam maliyetini daha da azaltacaktır. Şu anda, DAC'nin maliyeti hala son derece yüksektir. 1.27 milyon m3 (metreküp) ortam havası 1 ton CO_2 içerir. Bu, 1 ton CO_2 tutmak için devasa hava hacminin işlenmesi gerektiği anlamına gelmektedir (RITE, 2021; METI, 2021).

Çin, 2030 yılına kadar CO_2 emisyonlarında pik noktaya ulaşıp 2060 yılına kadar karbon nötral hedefe ulaşmayı planladığını açıklamıştır. Dünyanın en büyük enerji tüketicisi ve karbon emisyonlarının 1/3 ünden sorumlu olarak Çin'in bu hedefte başarılı olması tüm dünya için gerekli bir adımdır (IEA, 2021).

Çin'de CO_2 emisyonlarını azaltma yolunda enerji verimliliği, yenilenebilir kaynakların kullanımı ve elektrik üretiminde kömür kullanımının azaltılması ilk sıralarda yer almaktadır.

Hedeflere ulaşma yolunda atılan ilk adım, Eylül 2021 tarihinde Birleşmiş Milletler Genel Kurulunda, artık yurt dışında kömür kaynaklı santral yapmayacaklarını belirtmeleridir. 2060 yılına kadar yenilenebilir enerjinin, ihtiyaç duyulan gücün %80'ini üretmesi beklenmektedir. Kısa dönem olarak (2021-2025 yılları arasında), enerji yoğunluğunu %13.5, karbon yoğunluğunu %18 ve fosil yakıt kullanımını %20 düşürme hedefleri vardır.

Çin'de şu anda karbon tutma ve depolama alanında çok sayıda pilot, demo ve ticari proje vardır. Bunların toplam tutma kapasitesi 2 Mton/yıl civarında olup çoğunlukla petrol çıkarma amaçlıdır (EOR). Düşük karbon politikası kapsamında Çin'in 77 şehrinde pilot projeler gerçekleştirilmektedir. Aktiviteler sadece demo projeler olarak değil, planlama, politika oluşturma, piyasa ve değerlendirme mekanizmaları geliştirme, iş birlikleri olarak gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda 8 şehir düşük karbon statüsü kazanmış, 51 endüstriyel bölge ve 400 yerel uygulamada düşük karbon projeleri yapmaktadır. Karbon ticareti alanında elektrik, çelik ve çimento sektörüne yönelik piyasa ile 2019 yılı sonunda 368 milyon ton CO_2 ticareti gerçekleşmiştir. Ayrıca, Ulusal Metroloji Kurumu altında karbon ölçüm teknik komitesi oluşturulmuştur (IEA, 2021; Bofeng Cai & ark., 2020).

Almanya yıllık 800 milyon tona yakın CO_2 yaymaktadır. Almanya, sera gazı emisyonlarını 2030 yılında 1990 yılına göre %55 ve 2050 yılında %80 oranında düşürmek için farklı yaklaşımlar uygulamaktadır. CCUS alanındaki Ar-Ge harcamaları Alman Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı tarafından yapılmaktadır. Almanya'da uygulanan projelerde, CO_2'nun yakalanması ve ayrılması, CO_2'nin kimyasal madde üretiminde kullanımı, enerji depolamada kullanımı temel alanlardır. Büyük projelerden birisi olan karbondan kimyasal üretimi projesinde (Carbon2Chem), çelik sektöründen alınan CO_2 ve diğer gazlardan sıvı yakıt, plastik ve gübre üretimi prosesleri geliştirilmektedir. Almanyanın 2030 "İklim Aksiyon Programı" dökümanı; karbon fiyatlandırma, endüstri destekleri, verimlilik artırımları ve alternatif prosesler geliştirilmesi yanında hidrojen kullanımının artırılmasını, karbon kullanım ve depolama eylemlerini önermektedir (BMUV, 2016; FONA, 2016).

2.3. Sanayi Sektörlerinde Temiz ve Döngüsel Ekonomi Uygulamaları

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından küresel ölçekte hazırlanan 2050 yılı projeksiyonlarına göre, net sıfır hedefi altında sanayi sektörlerinin enerji yoğunluğunun mevcut durumda bulunduğu 4,1 MJ/USD seviyesinden 2050 yılında 1,8 MJ/USD seviyesine düşürülebileceği değerlendirilmiştir. Özellikle otomotiv ve makine üretimi, gıda, tekstil gibi sanayi sektörlerinde enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla hayata geçirilebilecek teknolojik çözümlerin çoğunlukla ticari ölçekte uygulanabilir olduğu, zira bu sektörlerde ısı ihtiyacının %90'ının düşük ve orta seviye ısıl işlemlerde gerçekleştiği ve bu proseslerin kolaylıkla elektrifikasyonunun gerçekleştirilebileceği belirtilmektedir. Yine bu sektörlerde kullanılan motorların enerji verimli alternatifleri ile ikame edilmesi ve değişken hız sürücülerinin kullanımı öne çıkan konulardır (IEA, 2021; IEA, 2019). Sanayi sektörlerinde dekarbonizasyona ilişkin stratejiler temelde karbondioksit yakalama ve depolama (CCS), sektörlerin elektrifikasyonuna yönelik teknolojiler, fosil olmayan yakıtlara dayalı ısıl teknolojiler, yeşil hidrojenin ısı kaynağı ve hammadde olarak kullanımı ve kaynak verimliliğine yönelik teknolojiler odağında ilerlemektedir. Elbette sanayi sektörlerinde üretim esnasında sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla alınacak önlemler, döngüsel ekonomi bakış açısı ile tüketim tarafında malzeme verimliliğinin/dayanımının arttırılması ve tekrar kullanılabilir malzeme yapılarının geliştirilmesine yönelik önlemler ile desteklenmelidir. Küresel ölçekte sanayi sektörlerinin dekarbonizasyonuna yönelik Rismann vd. tarafından çizilen çerçeveye göre, 2035'e kadar geçecek dönemde elektrifikasyon ve malzeme verimliliği konularında teknolojik yatırımların hayata geçirilebileceği, 2035-2050 yılları arasındaki dönemde ise CCS teknolojileri, alternatif malzemeler ve alternatif kimyasal üretim proseslerinin uygulanması ile emisyon azaltımının %50 seviyelerine yükseleceği öngörülmüştür. 2050 sonrasındaki dönemde ise yeşil hidrojen üretiminin yaygınlaşması ile birlikte sanayi sektörlerinde hidrojen uygulama teknolojilerinin yaygınlaşacağı tahmin edilmektedir (WECN, 2021; Rissman &ark., 2020).

Tekstil ve Deri Sektörlerinde Temiz ve Döngüsel Ekonomi Uygulamaları.

Tekstil, iş gücü yoğunluklu en eski sektörlerden biri olmasının yanı sıra uluslararası rekabetin en yoğun olduğu, günden güne artan rekabet gücüyle ve ortaya koyduğu katma değer gücüyle de ülke ekonomisine büyük katkısı sağlayan bir sanayi koludur (Şahin, 2015). Tekstil endüstrisi, üretim zinciri boyunca suyun en çok harcandığı alanlardan biridir, bu sebeple üreticiler suyun korunumunu ve kirlilik kontrolünü

sağlayan teknolojileri benimsemelidir (Chen &ark, 2016). Literatürde yer alan birçok çalışmada suyun korunumu için başvurulan yöntemler sıklıkla proses bazında su çekilmesi ve su özümlemesidir. Daha gelişmiş değerlendirme araçları olarak tesis bazında tekstil lifi üretimi ve boyama girişiminin benimsendiği birtakım temiz üretim teknikleri ile çekilen suyun azaltılması veya çıkış suyu arıtma teknolojileri ile su özümlemesinde azaltım sağlanması için çalışmalar mevcuttur. Su dışındaki bileşenler değerlendirildiğinde, kıyafet üretim proseslerinin sentetik iplikler için kullanılan yağ gibi yenilenemeyen kaynakların tüketimine, pamuğun yetiştirilmesinde kullanılan gübreye, birçok kimyasal ve boyaya bağlı olduğu görülmektedir. Üretim/fabrika aşamasında su, kimyasal vb. girdilerin kullanımını azaltmaya yönelik alınan önlemlerin yanı sıra, tekstil atıklarının başka endüstrilerde yeniden kullanılması da döngüsel ekonomiyi destekleyen ve oldukça çalışılan konular arasındadır. Kore Üniversitesi'nde (To&ark., 2019) tarafından yürütülen bir çalışmada belirtilen yeşil kimya prensiplerinden birkaçı aşağıdaki gibidir:

- Yenilenebilir hammadde kullanımı; böylece kalıntı maddeler atık olarak değerlendirilmeyecek, finansal girdi azaltılacak, ekonomik açıdan kazanç sağlanacaktır.

- Daha az tehlikeli kimyasal sentezi, daha güvenli çözücülerin kullanımı ve reaksiyon koşullarının sağlanması; bu sayede üretim aşamasında oluşan çevre ve insan sağlığına etki edebilecek toksisite riski azaltılacaktır.

- Enerji verimliliği için tasarım; enerji kullanımını minimize ederek, yenilenebilir enerji kaynaklarını benimsemek, hem atık miktarını hem de enerji maliyetlerini azaltır.

- Kataliz kullanımı; üretim aşamasında gereken enerji miktarını ve üretim sürecini azaltır.

Deri üretiminde krom tabaklama uygulamasıyla ilişkili olarak önerilen temiz üretim seçenekleri (bu seçeneklerin avantajları ve dezavantajları ilgili makalede mevcut) (Al-Jabari & ark., 2021):

- Alternatif tabaklama maddeleri kullanmak; örneğin, krom oksiti kısmi olarak titanyum bileşenleri ile değiştirmek (Endüstri tarafından, uygulandığı ülkede, kabul görmüş bir uygulama değil)

- Atık sudaki krom miktarını minimuma indirmek için tabaklama sırasında krom alımını iyileştirmek; örneğin, proses koşullarını (sıcaklık ve pH) optimize etmek (Endüstri tarafından, uygulandığı ülkede, kabul görmüş bir uygulama, yerel teşvik mevcut, deneysel çalışmalar gerekli)

- Kromun yeniden kazanımı/tekrar kullanımı; örneğin, çökeltme-rejenerasyon arıtım prosesinin etkin yönetimi (kireç ve sülfürik asit kullanılarak) (Uygulandığı ülkede, sülfürik asidin yerel temininde kısıtlamalar söz konusu, mevcut koşullar altında geçerli bir yöntem değil)

- Krom geri dönüşümü (Teorik bir seçenek olarak görülmekte)

Kılıç vd. tarafından hazırlanan makale kapsamında yapılan literatür taramasına dayalı olarak belirtildiğine göre, Türk deri sektöründe daha önce hiçbir yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışması yürütülmemiştir (Kılıç & ark. , 2018). Bu çalışmada vaka çalışması olarak bir tesiste ilk kez YDD metodolojisi uygulanarak karbon ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Karbon ayak izi hesaplaması, kg CO_2-eq./m2 (bitmiş ürün) baz alınarak yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre:

- Atık yönetim aşamasında açığa çıkan emisyonların %69'u katı atık depolama sahalarından (%99'u depolama sahası faaliyetlerinden, %1'i de katı atıkların depolama sahalarına taşınımından) ve %30'u ise atık su arıtımından (COD değerini düşürme) kaynaklanmıştır.

- Küresel Isınma Potansiyeli (GWP) etki kategorisi toplam sonuçlarına göre (toplam karbon ayak izi hesaplamaları sonuçlarına göre):

- En büyük etki yanıcı maddelerin kullanımından (örneğin; doğal gaz) kaynaklanmıştır (671 t CO_2-eq.)

- Yanıcı maddelerin kullanımından sonra sırasıyla: Atık Yönetimi (509,5 t CO_2-eq.), Kullanılan Elektrik Üretimi (437,22 t CO_2-eq.), Su Kullanımı (142 t CO_2-eq.), Kullanılan Kimyasalların Üretimi (86,9 t CO_2-eq.), Doğrudan Kaçak Emisyonlar (2.86 t CO_2-eq.)

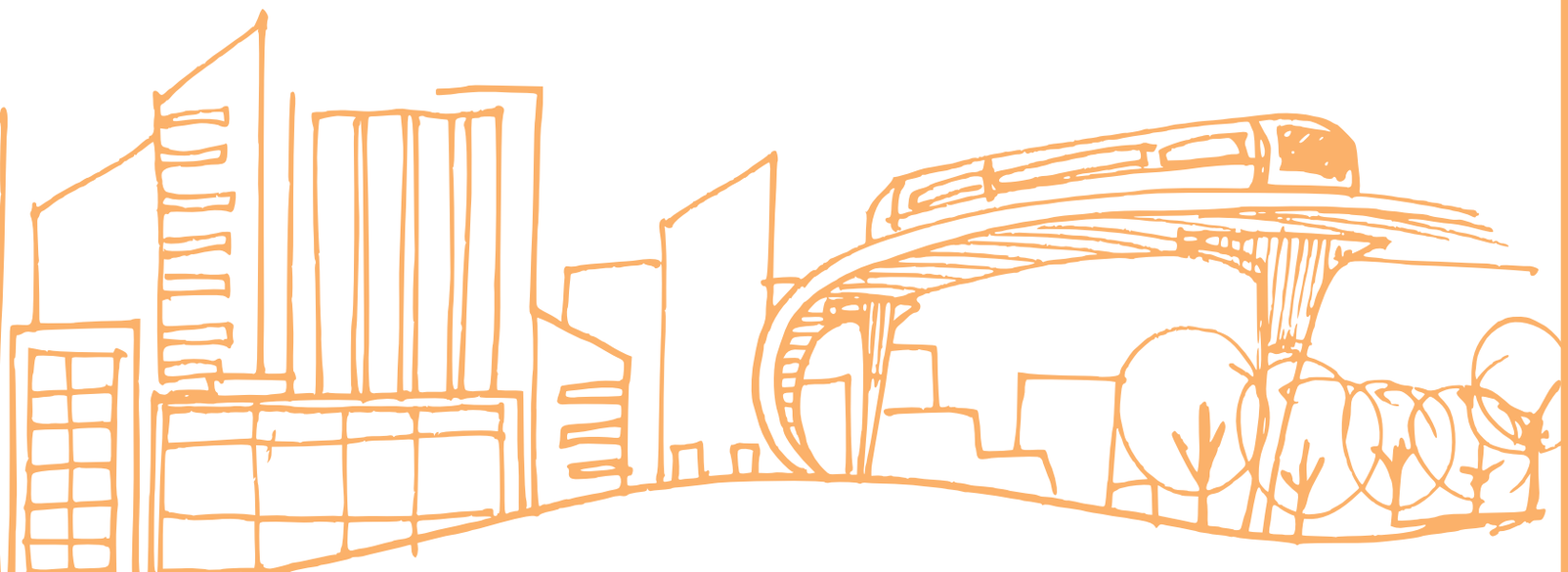
- Atık yönetiminden kaynaklanan emisyonlar başlıca, tabakhanede meydana çıkan organik içeriği yüksek atığın katı atık depolama sahalarına gönderilmesiyle birlikte açığa çıkan CH4 ve NH3 gazlarıdır. Bu sebeple, geri dönüşüm uygulamalarının artırılması tavsiye edilmektedir.

- Çalışmanın sonuçlarına ve yapılan literatür taramasına göre, tabaklama işleminin, iklim değişikliği kapsamında alınan/alınacak önlemlere paralel olarak, çevresel etkilerinin azaltılması için önerilen iyileştirmeler:

- Enerji Kapsamında; Elektrik kullanımının azaltılması, enerjinin yenilenebilir kaynaklar kullanılarak üretimi, kullanılan makine verimliliklerinin artırılması

- Atık Yönetimi Kapsamında; Arıtma çamurundan biyogaz eldesi, katı atıktan madde geri kazanımı, katı atık depolama sahalarına gönderilen organik madde miktarının azaltılması, atık hacminin azaltılması, kullanılan ambalaj miktarının azaltılması

- Atık Su Arıtımı Kapsamında; Su kullanımının azaltılması, krom ve tuz geri kazanımının sağlanabilmesi için atık su kollarının ayrılması



Tekstil üretimi açısından mevcut en iyi teknikler'den (MET) birkaç örnek (WWF, 2018):

- Alkilfenol etoksilatlar ve diğer tehlikeli maddeler yerine biyolojik olarak kolay ayrışabilir yüzey aktif maddelerin kullanılması,

- Ağartma işlemlerinde mümkün olan durumlarda daha düşük sıcaklıklarda aktive olan, daha düşük çevresel etki oluşturan yenilikçi kimyasalların kullanımı (enzimlerle ağartma, ozonla ağartma gibi)

Ergene Havzası sınırları içerisinde olması sebebiyle önem arz eden 4 adet tekstil fabrikasında (1 ton/gün üzerinde kumaş merserizasyonu yapıldığından kostik geri kazanımı şartına tabidir) yürütülen çalışma (Çavuşoğlu & Ekmekyapar, 2019) ile bu fabrikalarda boyama, ağartma, merserizasyon, baskı, terbiye ve kostik kullanımı aşamalarının olup olmadığı, mevcut en iyi tekniklerden (kostik geri kazanım/atık gazdan ısı geri kazanım/atık sudan geri kazanım) hangilerinin uygulandığı belirtilmiştir. Bulgulara göre:

- Üretim proseslerinde kostiğin; ağartma, redüktif yıkama ve merserizasyon (en fazla) işlemlerinde kullanıldığı tespit edilmiştir.

- Merserizasyon ünitesi haricinde diğer ünitelerde az miktarda kullanılan kostik, tek bir yerde toplanan su havuzuna gitmektedir ve konsantrasyonu seyreldiğinden geri kazanımı zorlaşmaktadır.

- Merserizasyon ünitelerinden çıkan kostikli su ayrı toplanarak geri kazandırıldığı için, atıksuyun pH'ının dengelenmesi için nötralizasyon ünitesinde kullanılan sülfürik asit miktarından ayda 80 ton kadar tasarruf edilmektedir.

Ülkemizde ve dünyada gerçekleştirilen bazı önemli proje ve işbirliklerine ilişkin bilgiler Tablo 2.2'de özetlenmektedir.

Tablo 2. 2. Tekstil Sektöründe Türkiye ve Dünyadaki Önemli Projeler ve İşbirlikleri

Konu	Kapsam
TDE 2	H&M (Türkiye) ürünlerinin %60'ını üreten kumaş fabrikalarını 2017 yılında tedarikçi değerlendirme sistemlerine bağlamıştır. Böylece, kaynak verimliliği ve temiz üretim programına dahil ettiği tedarik zincirindeki iş ortaklarının da su tüketimini azaltmalarına yardımcı olmayı sürdürmektedir (WWF, 2018).
TDE 2	Zero Brine - Türkiye, Polonya ve İspanya'nın pilot tesisi olduğu projenin çalışmaları Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilmekte ve Delft Teknik Üniversitesi tarafından koordine edilmektedir. Proje, magnezyum ve temiz su gibi minerallerin endüstriyel proseslerden geri kazanılarak yeniden kullanılabileceğini kanıtlamaktadır. ZORLU Tekstil ve Enerji Grupları ile işbirliği içinde TÜBİTAK MAM tarafından Kırklareli, Büyükkarıştıran-Lüleburgaz'da tekstil boyama proses banyolarında yeniden kullanım için konsantre tuz çözeltilerinin geri kazanılması amacıyla tekstil endüstrisi için yenilikçi bir tuzlu su arıtma sistemi geliştirilmektedir.
TDE 2	HEREWEAR: Pamuğa alternatif olabilecek atıklardan üretilmiş selüloz bazlı veya polyestere alternatif olabilecek atıktan elde edilmiş biyopolyester gibi biyobazlı liflerin geliştirilmesine yardımcı olacak yerel biyobazlı atıkların ulaşılabilirliği ve işlenmesi, kullanılacak ara ürünlerin üretilmesi (iplik, kumaşlar, terbiye, boyama, tamamı biyobazlı maddelerle), 'sürdürülebilir kaynak' ve 'döngüsel kullanım' sağlamak için yerel küçük ölçekli üretimi koordine etmek ve hammaddelerin takibini yapmak için dijital araçlar önererek tekstillerin toplanmasını, ayrıştırılmasını ve uygulanan malzemeye göre en uygun geri dönüşüm yollarının oluşturulması
TDE 2	MY-FI: Mantarın vejetatif kısmı olan, iç içe geçmiş ince uzun yapıdaki miselyumların, moda endüstrisinde sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen bileşen olarak modern 'hızlı moda' konseptine dahil edilmesi amacıyla proje kapsamında, ticari olarak temin edilebilen liflere kıyasla geliştirilmiş performans ve azaltılmış çevresel etki ile miselyum mikro liflerinden yapılmış yeni bir dokunmamış kumaş geliştirilmesi ve sürdürülebilir, çevre dostu tekstil ürünleri sunarak tüketici talebinin karşılanması

Deri ve Postun Tabaklamasından Kaynaklanan Emisyonlar kapsamında hazırlanan Avrupa Komisyonu tarafından "En İyi Uygulamalar" dokümanına göre; üretim sürecinin çevresel etkilerini azaltmak için, seçilen en iyi uygulama, aşağıdaki teknikleri kombinasyon halinde uygulamalar (TAN BREF, 2013):

- Hammaddelerin ve materyallerin dikkatli/özenli seçimi ve kontrolü (örneğin; postların kalitesi, kimyasalların kalitesi)
- Miktarları ve toksik özellikleri de kapsayan bir kimyasal envanteri ile girdi-çıktı analizi
- Kimyasal kullanımının, son ürünün kalite özelliklerinin gerektirdiği minimum seviyeye indirilmesi
- Su israfını, kazaları ve dökülmeleri önlemek için hammaddelerin ve son ürünlerin dikkatli bir şekilde taşınması ve depolanması
- Belirli atık kollarının geri dönüştürülebilmesi için, uygulanabilir olduğunda, atık kollarının ayrılması
- Üretim sürecinde bir denge sağlamak için kritik proses parametrelerinin izlenmesi
- Atıksu arıtımı için sistemlerin düzenli bakımı
- Proses yıkama suyunun yeniden kullanılması için seçeneklerin gözden geçirilmesi
- Atık bertaraf seçeneklerinin gözden geçirilmesi

Tekstil ve deri üretim sektörlerinde, son yıllarda artan teknolojik dönüşüm, dijitalleşme, otomasyon ve Sanayi 4.0'a bağlı üretim koşullarının iyileştirilmesi ve verimlilik artışı, kalite arayışının artması, e-ticaret ve kişiselleştirilmiş pazarlama yöntemleri küresel ticaret ortamının dinamik bir nitelik kazanmasına yol açmıştır. Bu doğrultuda, tüketiciye yönelik daha sürükleyici pazarlama yöntemleri oluşturabilen, lojistik yönden güçlü organizasyon yapısına sahip, tedarikçi/üretici için daha düşük maliyetli ve verimli üretim yapabilen, lojistik sorunu olmayan firmaların öne çıkacağı öngörülmektedir (SBB, 2018): en dijital tedarik zinciri, küresel ilk 100'de 5 Türk markası, verimlilikte öncü üretici, hızlı moda tasarımı ve katma değerli ürünlerde öncü.

Ticaret Bakanlığı tarafından hazırlanan Deri ve Deri Mamulleri Sektör Raporu'na göre;

"Daha önce Avrupa'da olan deri üretiminin merkezi giderek doğuya kaymıştır. Bugün dünya deri üretiminin ağırlık noktası Asya'dır. Emek yoğun bir niteliğe sahip bulunan deri sanayinin Asya'ya ve göreceli olarak Kıta Amerika'sına kaymasının üç ana nedeni bulunmaktadır: (1) Artan üretim ve işçilik maliyetleri, (2) gelişmiş ülkelerin düşük maliyetli mamul deri ithalatını artırmaları ve (3) giderek sıklaşan çevre koruma önlemleri nedeniyle ortaya çıkan yüksek maliyetler ileriki yıllarda Almanya'da deri üretiminin gerilemeye devam edeceği, ithalatın artarak süreceği tahmin edilmektedir. İngiltere'de sektör üretiminin, özellikle nihai tüketime yönelik ürünlerdeki üretimin gerilemeye devam etmesi beklenmektedir. Bu durumda yurt içi talebin gittikçe artan oranda ithalat ile karşılanması gerekecektir." (TB, 2020)

Çimento Sektöründe Temiz ve Döngüsel Ekonomi Uygulamaları.

Çimento sektöründe enerji verimliliği açısından, alternatif yakıtların kullanılması, klinkerin atıklar ile ikame edilmesi, düşük klinker katkılı ürünlerin teşviki, atık ısıdan elektrik eldesi (WHR) gibi teknolojiler ön plana çıkmaktadır. Bu noktada klinkerin ikamesine yönelik alternatif hammaddelerin karakterize edilmesi ve standardizasyonu ve alternatif klinker formülasyonları üzerinde çalışılması önemli bir araştırma alanı olarak görülmektedir. Atık ısıdan elektrik üretiminde ülkemiz çimento sektöründe kurulu güç 141,5 MW seviyesinde olup, 128,5 MW'lık potansiyel kapasitenin de mevcut olduğu bilinmektedir (IEA, 2021). Çimento sektöründe; Çin'de Anhui'de bulunan Conch Çimento Fabrikasındaki gerçek ölçek bir "karbon yakalama" tesisi bulunmaktadır. Bunun dışında yapılan projeler genel olarak pilot ölçekli olmakta ve teknolojinin geliştirilmesi amacı ile araştırmalar devam etmektedir. Ülkemiz çimento üretim tesislerinde ayrıca,

- Yapay zeka ve yazılım sistemleri ile proses kontrolü,
- Atık ısı geri kazanımı (WHR) ile elektrik üretimi (16 fabrika 25 kurulu hat),
- NOx indirgeme sistemi (genel olarak amonyak kullanımı ile),
- Alternatif yakıt (2020 yılı kullanım miktarı 1,3 milyon ton, ikame oranı % 7,7) ve
- Alternatif hammadde (2020 yılı kullanım miktarı 1,6 milyon ton, ikame oranı % 1,5)

kullanımına yönelik çalışmalar da gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde ve dünyada gerçekleştirilen bazı önemli proje ve işbirliklerine ilişkin bilgiler Tablo 2.3'de özetlenmektedir.

Tablo 2.3.Çimento Sektöründe Türkiye ve Dünyadaki Önemli Projeler ve İşbirlikleri

Konu	Kapsam
TDE 1	Yenilenebilir Enerji konusunda Seza Çimento (Elazığ) elektrik üretimi için Güneş Enerjisi yatırımı gerçekleştirmektedir (Seza Çimento).
TDE 4	Oyak Çimento tesislerinde proses kontrolünü kullanmış olduğu farklı yazılımlar ve yapay zeka yardımı gerçekleştirmektedir (Data Robot).
TDE 4	SabancıDx, Endüstri 4.0 örneği CDx yazılımı ile değirmenlerde, fırınlarda enerji ve operasyonel verimliliğini arttırmaktadır (Stendustri).
TDE 1	Akçansa Çanakkale Çimento fabrikasında, TÜBİTAK tarafından desteklenen ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi danışmanlığında yürütülen Mikroalg Projesi'nde, fotosentez yapabilen mikroalgler ile baca gazından salınan karbondioksit gazının karbon tutulması konusunda çalışmalar yapılmaktadır (Eko Yapı Dergisi, 2016).
TDE 1	"Assessment of CO_2 emissions from industrial sites, potential for underground storage in Turkey and modelling of storage in an oil field" başlıklı TUBITAK, KAMAG Projesi, Petrol Araştırma Merkezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye Petrolleri Anonim ortaklığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı işbirliğinde yürütülmektedir.
TDE 1	BALCONES: Balcones Tesisi (Teksas) CCUS - Yanma sonrası teknoloji: Membranlar, Partnerler: CEMEX, MTR / Sargent & Lundi
TDE 1	VICTORVILLE: Victorville Tesisi (Kaliforniya) CCUS- Yanma Sonrası: Aminler, Partnerler: CEMEX, Carbon Clean / RTI / Oak Ridge Lab
TDE 1	CO_2MENT: Yanma sonrası teknoloji, betonda kullanımı, Partnerler: Svante, Carbon Cure, Opus 12, Carbon Upcycling Technologies
TDE 1	HYNet: HyNet North West, endüstriyel karbon emisyonlarını azaltmak için geliştirilmekte olan entegre bir karbon yakalama ve depolama (CCS) ve düşük karbonlu hidrojen üretim projesi, Partnerler: Cadent, CF Fertilisers, Eni UK, Essar, INOVYN (part of the INEOS Group) and the University of Chester as well as Hanson (Heidelberg)
TDE 1	HYNOVİ: Yanma sonrası teknoloji ve karbon nötr metanol üretimi, Partnerler: Groupe EDF-Vicat
TDE 1	AC2OCEM: Çimento üretiminde hızlandırılmış karbon yakalama ve oksi-yanma teknolojisi (TRL 6), Partnerler: Universität Stuttgart,SINTEF Energy Research, Norwegian University of Science and Technology NTNU,VDZ GmbH, Center of Research and Technology CERTH, thyssenkrupp Industrial Solutions AG, HeidelbergCement AG, LafargeHolcim, TITAN Cement Company S.A, L'AIR LIQUIDE, Total Norge AS
TDE 1	ANICA: Projenin genel amacı, kireç ve çimento fabrikalarından CO_2 yakalama için dolaylı olarak ısıtılan karbonat döngüsü süreci konseptlerini geliştirmektir. Partnerler: CALIX, VDZ, THYSENNKRUPP, Lhoist, TUD, FAU, ESTRA, SUEZ, Dyckerhoff

TDE 1/3	C2PAT: Yanma sonrası CO_2 yakalama ve H2 üretimi ile değerli kimyasal, yakıt ve plastik üretimi, Partnerler: Lafarge Holcim Group, OMV, VERBUND and Borealis
TDE 1	LEILAC I: Çimento ve kireç sektöründe malzemeyi ısıtarak proses emisyonlarından ayırmak suretiyle saf CO_2 yakalanması-Doğrudan ayırma teknolojisi, Partnerler: Heidelberg Cement, IKN, CEMEX, CIMPOR, Certh, Polimi and Calix, Tarmac, LHOIST, Imperial College of Science Technology and Medicine, Siemens, Quantis The Carbon Trust, Solvay SA, TNO
TDE 1	LEILAC II: LEILAC I projesinin başarısını temel alan projede, CO_2 emisyonlarının mevcut proseslerde doğrudan ayırma yöntemi tutumuna yönelik pilot tesis kurulması, Partnerler: HeidelbergCement, IKN, CEMEX, CIMPOR, Polimi and Calix, Ethniko, BGR, Bundesanstalt fuer Geowissenschaften und Rohstoffe, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Belgisch Laboratorium van de Elektriciteitsindustrie Laborelec CVBA, Havenbedrijf Rotterdam NV, LHOIST
TDE 1	CEMCAP: Çimento fabrikaları için oksi-yanma yakalama teknolojisi ve tamamında %90'lık hedeflenen yakalama oranına sahip üç temel olarak farklı yanma sonrası yakalama teknolojisi, Partnerler: Norcem, Heidelberg, Italcementi, GE, SINTEF, ECRA, TNO, ETH, VDZ, CSIC, Politecnico di Milano, ETH
TDE 1	CLEANKER: Kalsiyum döngü prosesi kullanarak CO_2 yakalama, Partnerler: CSIC, LEAP, VDZ, Politecnico di Milano, Tallinn University of Technology, Lappeenranta University of Tecnology, University of Stuttgart, Tsinghua University, Quantis, IKN, Buzzi Unicem, Italcementi-Heidelbergcement Group, Amici della Terra
TDE 1	Catch4Climate: Schwenk çimento fabrikasında endüstri öncesi ölçekli oksi-yanma teknolojisi kullanılarak çimento üretiminden kaynaklanan CO_2 emisyonlarını ortadan kaldıran bir teknoloji geliştirilmesi, Partnerler; Buzzi Unicem, HeidelbergCement, Schwenk, Vicat
TDE 1	Brevik CCS: Atık gazdan CO_2'i ayıran yakma sonrası teknolojisi, Partnerlar: Heildelberg Cement, Fortum Oslo Varme, Equinor
TDE 1	Westküste 100: Endüstriyel ölçekte yeşil hidrojen ve karbonsuzlaştırma projesi, oksi-yanma ve yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı, Partnerler: Holcim, Hynamics, Ite, Orsted, Rafinerie Heide, Region Heide, Stadtwerte Heide, Thyssenkrupp, Thuga
TDE 1/3	GreenCem: Çimento tesisinde yanma sonrası teknolojisi ile metanol üretimi için ön bir çalışma, Partnerler: Aalborg Portland, Aalborg University, DFDS, Aalborg Energi Holding, Port of Aalborg, REintegrate, RenoNord and Hydrogen Valley
TDE 1	ConsenCUS: Elektrokimyasal olarak yönlendirilen karbon yakalama ve dönüştürme yeniliklerinin, güvenli taşıma ve/veya depolama ile nasıl birleşebileceğini ele alan bir proje, Partnerler: University of Groningen, New Energy Coalition, Wetsus, Coval Energy, Technical University of Denmark, Geological Survey of Denmark and Greenland, Danish Gas Technology Centre, Aalborg Portland, Heriot-Watt University, Robert Gordon University, OGTC Ltd, British Geological Survey, Center for Research and Technology Hellas, Grecian Magnesite, OMV Petrom, Energy Policy Group, Zhejiang University, Shanghai Jiao Tong University, University of Calgary

Konu	Kapsam
TDE 1	ACCSESS: Yenilikçi bir yanma sonrası teknoloji ile Kuzey Denizi'ndeki depolama alanlarına bağlama teknolojisi, Partnerler: SINTEF, Heidelberg
TDE 1	CARMOF: 3 boyutlu yazıcı ile adsorbent üretimi ve yanma sonrası teknolojide kullanımı, Partnerler: AIMPLAS, SINTEF, Demokritos, VITO, Promethean Particles, PTC, TITAN, PETKIM, MOTOR OIL, QI EUROPE, ABALONYX, 6TMIC, SUK HELLAS, CSP, PDC, NANOCYL
TDE 1	RECODE: Yanma sorası yakalanan CO_2'in değerli kimyasallar ve CaCO3 nanoparçaçık üretiminde kullanılması, Partnerler: İit, Avantim, CERTH, ERIC, DVGW, KIT, Politecnico di Torino, Rijksuniversiteit Groningen, Hysytech, io-li-tec, MET, CBO GAS, TITAN
TDE 1	CO_2MOS: CO_2 gazının C3 (üç karbonlu) yakıtlara ve kimyasal yapı taşlarına dönüştürülmesi için bir teknoloji, Partnerler: Universitetet I Oslo, Sintef As, King Abdullah University of Science and Technology, Haldor Topsoe As, Centre National De La Recherche Scientifique Cnrs, Linde Ag, TÜPRAŞ, Tata Steel Uk Limited, Universita Degli Studi Di Torino, University of Sheffield Royal Charter, Chinese Academy of Sciences, Institute of Coal Chemistry, State Key Laboratory of Coal Conversion
TDE 1	MOF4AIR: Enerji yoğun endüstrilerdeki MOF bazlı CO_2 yakalama teknolojileri, Partnerler: MONS Üniversitesi (UMONS), SINTEF, CNRS, POLIMI, SIKEMIA, CRES, MOFTECH, KRICT, ENGTECH, SOLAMAT, TÜPRAŞ, EUROQUALITY, TÜRKÇİMENTO
TDE 2	FISSAC: Yapı değer zincirinde kaynak yoğun endüstrilerin sıfır atık yaklaşımı ile yenilikçi endüstriyel simbiyoz modeli oluşturmak ve döngüsel ekonomiye geçiş sağlamak, Partnerler: ACCIONA, ACR, AENOR, AKG, BEFESA, BRITISH GLASS, IGV, CSM, DAPPOLINA, ECODEK, EKODENGE, FENIX, FERALPI, GEONARDO, GTS, HIFAB, KERABEN, RINAİ SIMBIOSY, SP, TÜRKÇİMENTO, TECNALIA, TRINUS

Ülkemizde çimento sektöründe faaliyet gösteren ve yoğun enerji kullanarak üretim yapan tesislerin, enerji eldesi konusunda yerinde üretim amaçlı yatırımlar yapmaları öngörülmektedir. Bu yatırımların başında, güneş enerjisi santralleri gelmekle birlikte, gelecekte konvansiyonel yakıtlar yerine hidrojen gibi daha çevreci yakıtların kullanımı da söz konusu olacaktır. Ayrıca "Yeşil Mutabakat" süreci ile birlikte ülkemiz için de önem kazanan emisyon ticareti ve karbon vergisi uygulamaları sebebiyle çimento sektöründe de, 2053 hedefleri doğrultusunda karbon azaltımı için karbon yakalama sistemlerine yapılacak yatırımların artması beklenmektedir.

Seramik Sektöründe Temiz ve Döngüsel Ekonomi Uygulamaları.

Seramik sektöründe en fazla sera gazı emisyonu yakıt tüketimine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bunların ortalama % 85'i doğalgaz, % 15'i elektrikle çalışan proseslerden

kaynaklanır. Bu sektörden kaynaklanan CO_2 miktarı Avrupa'da yaklaşık 15 milyon ton olarak gerçekleşmektedir. Bu emisyonlar fosil yakıtların kullanılmasından dolayı % 57'si pişirme, %26'sı kurutmadan kaynaklanmaktadır. Yaklaşık ürün başına 0,29 ton eşdeğer CO_2 açığa çıkmaktadır. Diğer proseslerden ise yaklaşık 100 bin ton CO_2 eklenmektedir. Bu nedenle pişirim ve kurutma proseslerinde yeni refrakter malzemelerin kullanılmasıyla, kurutucu ve fırın şarjlarının efektif yapılmasıyla ve fırın mobilyalarının daha hafif ve ince malzemelerden kullanılmasıyla enerji verimliliği ve emisyon çalışmalarında iyileşmelerin başlayacağı öngörülmektedir. Üretici firmaların bu kapsamda yapması gerekenler üretim parkurlarını yenilemek, yeni kojenerasyon tesisleri kurmak veya mevcut olanları iyileştirmek ve atıkların geri kazanılmasını sağlamaktır. Tavsiye edilen yenilikçi uygulamalar:

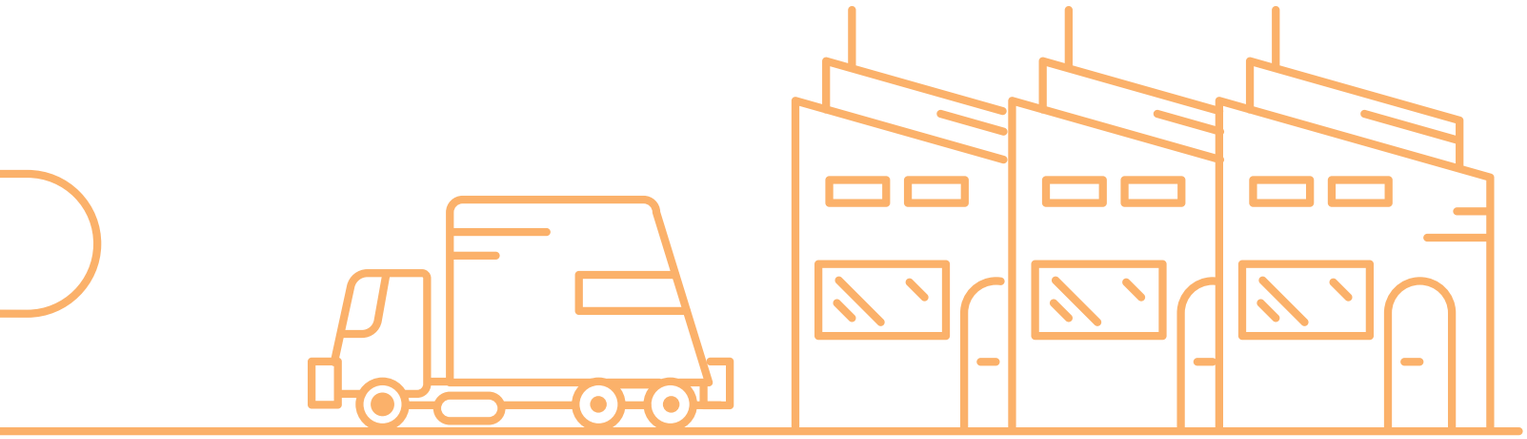
1. Alternatif enerji üretimi: biyometan/biyogaz, hidrojen gibi enerji kaynaklarının doğalgaz ile yer değiştirmesi yada yakıt hücrelerinin kullanılması

2. Enerji verimliliği yada süreç optimizasyonları (hammaddeler de dahil)

3. Döngüsel ekonomi teknikleri: seramik atıklarının yeniden kullanımının arttırılması yada farklı sektör atıklarının kullanılması

4. Mevcut üretim süreçlerinin devamına izin verecek şekilde karbon tutma sistemlerinin geliştirilmesi

Dünyada gerçekleştirilen bazı önemli proje ve işbirliklerine ilişkin bilgiler Tablo 2.4'te özetlenmektedir.



Tablo 2.4. Seramik Sektöründe Türkiye ve Dünyadaki Önemli Projeler ve İşbirlikleri

Konu	Kapsam
TDE 1	DREAM: Baca gazını ısıtmada kullanılacak şekilde dizayn edilen, 2-3 yılda geri ödeme alınabilecek ve %65 enerji tasarrufu sağlayan hibrit tünel fırınların geliştirilmesi, Partnerler: Sacmi, CRIT, Keraben Grupo, Mirage, Rath, ITC-AICE, Econotherm, Brunel University, Italian University of Modena and Reggio, Synesis
TDE 1/2	CLAYGLASS: Cam atıklarının kullanılarak seramik üretiminde enerji verimliliğinin arttırılması ve emisyonların azaltılması
TDE 1/4	ECONOMICK: Seramik sağlık gereçleri ve sofra eşyası üretiminde fırınlarda hava ve gaz akışının bilgisayar kontrolü ile otomatik kontrol edilmesiyle enerji verimliliğinin artması ve sera gazların azaltılması
TDE 1	NanoCeramiCO$_2$: Tuğla kiremit üretiminde nano tane boyutlu kalsiyum karbonat kullanımı ile emisyonların azaltılması
TDE 2	Sustainable Mission: Seramik üretiminin atıklardan yapılarak daha düşük enerji ile daha az emisyonla üretilmesi
TDE 1	ZEF-tile: Seramik karo üretiminde fırınlarda oksi-yanma teknolojisi ile emisyonların azaltılması ve elde edilecek saf CO$_2$'inn seralarda kullanımı
TDE 1	FERTILIFE: Seramik üretim sürecinde baca emisyonlarının toplanarak tarımda bitki sulama havuzlarında asitleştirişi olarak kullanımı
TDE 2	Low resources Low energy: Seramik kaplama malzemelerinin %80 atık malzemelerden üretilmesi ile hammadde, emisyon ve enerji tüketiminde azaltım
TDE 1	LASERFIRING: Seramik üretiminde sinterleme sıcaklıklarının lazer teknolojisi ile düşürülmesi
TDE 2	DIGITALIFE: Dijital baskı teknolojisi ile seramik karo yüzeyinin su bazlı fotokatalitik etki kazandırılması ile enerji verimliliğinin arttırılması ve emisyonların azaltılması
TDE 2	ECO-CERAMICS: Ekolojik seramik çamurların alternatif atık çamur ile optimizasyonu
TDE 1	CERAMGLASS: Seramik ve cam üretiminde lazer fırın teknolojisi ile enerji tüketimin düşürerek verimliliğin arttırılması
TDE 2	CERAM: Sıfır atıklı seramik karo üretimi projesi ile tamamen atıklardan dış cephelerde kullanılacak seramik kaplama malzemesinin geliştirilmesi
TDE 2	ENVIP: Çevre dostu izostatik pres yöntemi ile seramik sağlık gereçleri üretimi ile su ve hammadde tüketimimin azaltılması
TDE 2	FOUNDRYTILE: Demir döküm kumlarının seramik karo üretiminde kullanılarak atık değerlendirilmesi ve kaynakların verimli kullanılması
TDE 1	LIFE RAPID DRY: Seramik sektöründe hızlı kurutma teknolojilerinin geliştirilmesi ile CO$_2$ emisyonlarında %39 azaltım

Ülkemizde seramik sektöründe kısa/orta vadede sera gazı emisyonlarının azaltımı amacıyla hayata geçirilebilecek önlemler şu şekilde sıralanmaktadır:

1. Biyogaz, biyometan veya sentez gazına geçilebilir.

2. Fırınların elektrifikasyonu/yakıt hücresi: pişirme ve kurutma proseslerinin elektrikli fırınlarla yapılması ile CO_2 ve diğer sera gazı emisyonları azaltılabilmektedir. Sektörde fırınların yarısının elektrik ile çalışan fırınlarla ikame edilmesi halinde sera gazı emisyonlarının %78 oranında düşebileceği öngörülmektedir (Cerame Unie, 2012).

3. İnfrared yani kızıl ötesi radyasyon tekniği kullanılarak kurutma yapıldığında ya da mikrodalga kurutma veya sinterleme teknolojilerinin kullanılması durumunda %50'ye varan enerji tasarrufu elde edilebilmektedir. Ancak bu teknolojiler için ürün kalınlığından kaynaklanan kısıtlamalar mevcuttur.

4. Yanma hücresi/oksi-yanma ile %79 civarında CO_2 azaltımı mümkün olabilmektedir.

5. Ürünlerin fırın içerisinde termal kütlesi azaltılarak enerji verimliliği sağlanabilir. Düşük emisyonlu killer ile proses kaynaklı CO_2 emisyonu azaltılabilir.

6. Atık ısı geri kazanımı uygulamaları ile pişirme sürecinde oluşan atık ısı kurutma, ön ısıtma aşamalarında kullanılabilir. Türkiye'de bazı firmalarda uygulamaları mevcuttur.

7. Darbeli brülör (pulse burner) teknolojisi ile pişirim ve kurutma süreçlerinde %10 enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu teknikte atık ısı azaltılarak ve enerji doğrudan ürüne verilerek tasarruf sağlanmaktadır.

8. Kurutma proseslerinde vakumlu kurutma teknolojisi kullanılarak %26 oranında enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Mikrodalga ve infrared teknolojileri ile entegre edilerek daha fazla tasarruf sağlanabilir.

9. Soğuk sinterleme teknolojisi ile sıcaklık ve basınç birlikte kullanılarak sinterleme yapılabilmektedir.

10. Güneş enerjisi kullanılarak sinterleme yapıldığında hem enerji tasarrufu, hem de emisyon azaltımı mümkün olmaktadır.

Biyometan gibi alternatif yakıtların kullanılması Avrupa'da yaygın bir uygulama olup, seramik sektöründe gaz brülörlerinin değiştirilmesi ile hayata geçirilebilen bir uygulamadır. İspanya'da faaliyet gösteren bir tuğla üreticisinin raporlarına göre yatırım geri dönüş süresi 1,2 yıldır (Piera Eco Ceramica, 2022). İngiltere'de bir tuğla üretim tesisinde düşük emisyonlu killerin kullanılması ile %50 oranında CO_2 emisyonu azaltılmıştır (Department for Business, Energy and Industrial Strategy; British Ceramic Confederation, 2017). Seramik sektöründe, atık ısı geri kazanımı ile kayıplardan oluşan %57'lik kısım %60'a kadar azaltılabilirken, enerji kullanımında ise % 17'ye varan azaltım sağlanabilmektedir. İngiltere'de yapılan bir çalışmada 2-5 yıl arası geri ödemeli bir yatırım için 25.000 ton CO_2 tasarrufu sağlanmıştır (Carbon Trust, 2022). Seramik sektöründe, soğuk sinterleme teknolojisi ile yaklaşık 300°C'de pişirim yapılabilmektedir. Bu teknoloji için tane boyutunun çok düşük tutulması gerekmektedir (Ibn-Mohammed & ark, 2019). Infrared ve mikrodalga teknolojileri ile kurutma yapıldığında yarı yarıya enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bir seramik fabrikasında kurulu iki kazana ısı beslemesi için bir su devresi ve güneş ısıl kolektörü ile enerji verimliliği sağlanabilmekte olup, yaklaşık 3 yıl geri ödeme süreli bir yatırım ile 170 ton/yıl CO_2e azaltımı sağlanmıştır.

Demir-Çelik Sektöründe Temiz ve Döngüsel Ekonomi Uygulamaları

Çelik sektöründe, en fazla emisyon karbondioksit emisyonları, yüksek fırınlarda, demir cevherinin kok ile indirgenme prosesinden kaynaklanmaktadır. Dünyada, hidrojenin indirgeyici olarak kullanımı ile, kok tüketimini azaltacak projelerin yanı sıra, biokütle kullanımına ilişkin çalışmalara da odaklanılmaktadır. Karbon yakalama ve kullanımında, atık gazların sıvılaştırılması ile, ulaştırma ve kimya sektörlerinde kullanımına dair projeler geliştirilmektedir. Karbon depolama ise, yüksek maliyeti ve yer problemi nedeniyle, dünyada, henüz yaygınlaşmamıştır. Doğrudan İndirgenmiş Demir (DRI) üretiminin, tamamen yenilenebilir enerji kaynakları ile ya da doğal gaz ile birlikte hibrid olarak yapılması da, inovatif teknolojiler arasında yer almaktadır. Hurdanın ergitildiği Elektrik Ocaklı tesislerde ise, elektrik üretiminden kaynaklı dolaylı emisyonlar yüksek seviyededir. Ülkemizde, çelik tesislerinin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımları artmakla birlikte, GES, RES üretimlerinin proseslerde kullanımının sağlanması büyük önem taşımaktadır.

Demir-Çelik sektöründe ülkemizde ve dünyada gerçekleştirilen bazı önemli proje ve işbirliklerine ilişkin bilgiler Tablo 2.5'de özetlenmektedir.

Tablo 2.5. Demir-Çelik Sektöründe Türkiye ve Dünyadaki Önemli Projeler ve İşbirlikleri

Konu	Kapsam
TDE 1	Tosyalı Holding / Cezayir DRI Tesisi: Dünyanın en büyük ve ilk 2,5 milyon ton yıl kapasiteli DRI tesisi sayesinde sadece hurdadan değil cevherden de çelik üretimine başlamıştır.
TDE 1	Tosyalı Holding / Smart Energy GES: 2018 yılında, Osmaniye Sanayi Bölgesi'nde yer alan Tosçelik ERW Boru Üretim Tesisleri'nin 200 bin m2'lik alana sahip çatısına kurulan 10 MW kapasiteli çatı tipi GES sayesinde yılda 10 bin ton karbondioksitin atmosfere salınımının engellenmesi planlanıyor (Tosyalı Holding, 2018).
TDE 1	İçdaş Biga RES: Proje kapsamında santralin kurulu gücü 60 MW olup 3.2 MW'lık 19 türbinden oluşmaktadır. yıllık üretim miktarı 210 GWh/yıl'dır. Üretilecek olan elektriğin yenilenebilir bir enerji kaynağından sağlanması şebeke elektriğinin daha az karbon yoğun hale gelmesini sağlamaktadır. Böylece proje küresel ısınmayı hızlandıran sera gazı salımı azaltarak, emisyon azaltımı miktarı yıllık yaklaşık 116,784 ton CO_2'dir (İÇDAŞ, 2022).
TDE 1	Tomakomai CCS: Japonya'nın ilk CCS projesi kapsamında, 2016-2019 yılları arasında Hokkaido Adası'ndaki bir kıyı petrol rafinerisinden CO_2 yakalamış ve 2019'un sonlarında, planlandığı gibi yakalanan ve depolanan 0,3 Mt'luk CO_2 hedefine ulaşarak proje tanıtımını gerçekleştirmiştir (IEA, 2019).
TDE 1	Drax BECCS: Termik santralde, karbon yakalama ve depolama operasyonları dahilinde, ilk pilot tesis, C-Capture'ın CO_2 yakalama teknolojisini kullanarak 2019'da çalışmaya başlamış ve günde bir ton CO_2 yakalama kapasitesine sahiptir. İkinci pilot tesis, 2020'de Mitsubishi Heavy Industries'in teknolojisini kullanarak başlamış ve günde yaklaşık 300 kg CO_2 yakalamaktadır. Bu proje ile biyokütle ve CCS'den yenilenebilir elektrik üretimini gerçekleştirilerek, 2027 yılına kadar dünyanın ilk karbon nötr termik santrali olunması hedeflenmektedir (IEA, 2019).
TDE 1	Northern Lights: 2024'te faaliyete geçirilmesi planlanan ve ilk sınır ötesi, CO_2 taşıma ve depolama altyapı ağı olmayı hedefleyen proje ile Avrupa'da faaliyet gösteren tesislerin CO_2 salınımlarını Norveç'te deniz tabanının derinliklerinde güvenli ve kalıcı olarak depolama fırsatı sunulmaktadır. Dört çimento fabrikası ve bir çelik fabrikası da dahil olmak üzere Avrupa çapında en az dokuz potansiyel tesis proje kapsamındadır (IEA, 2022).
TDE 1	Tata Steel: 2021 yılında devreye alınan 5 ton gün kapasiteli tesis amin bazlı teknoloji kullanmakta olup, yüksek fırında yakalanan CO_2 gazı depolanarak artan kalorifik değerle gaz şebekesine geri gönderilmektedir.
TDE 1	HIsarna: ULCOS programı kapsamında tasarlananan bu teknoloji ile, baca gazındaki yüksek CO_2 konsantrasyonu (~%90), bu teknolojiyi, emisyon yoğunluğunu %80'e kadar azaltılabilmesi için CCUS ile birleştirmeye uyumlu hale getiriyor (IEA, 2021).
TDE 1	Carbalyst: Steelanol olarak da bilinen proje kapsamında, ArcelorMittal ve LanzaTech ortaklığında Belçika'da kurulan ilk endüstriyel ölçekli tesis, 180 milyon Euro'luk bir yatırım içeriyor. Proje, yalnızca tesisteki CO_2 emisyonlarını yılda 125.000 ton azaltmakla kalmıyor, aynı zamanda düşük karbonlu alternatif bir yakıt olarak geleneksel benzinle karıştırılabilen, yılda 80 milyon litre biyoetanol üretimini de ulaşım sektörü için gerçekleştiriyor (ArcelorMittal, 2022).

Konu	Kapsam
TDE 1	HYBRIT: İsveç'te hidrojen bazlı DRI üretimi amacıyla kurulan pilot tesis, ilk fosil yakıtsız çelik teslimatını Ağustos 2021'de gerçekleştirmiş olup, 2026 yılında endüstriyel ölçekte uygulanması hedeflenmektedir. Almanya'da tasarlanan bir tanıtım tesisi de dahil olmak üzere, çoğu çelik şirketi de hidrojen ile DRI üretimi prosesi üzerinde çalışmalar yapmaktadır.
TDE 1	H2FUTURE: 2017 yılında başlayan 4,5 yıl süreli proje ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin yeşil hidrojen üretimi için kullanılması hedeflenmektedir. VERBUND ve Siemens Energy'nin koordinasyonunda, Avustralya Voestalpine Linz çelik fabrikasında 6 MW'lık elektroliz sistemi kurulmuş ve çalışmalar Avrupa Birliği Horizon 2020 Programı ve Hydrogen Europe'dan destek almaktadır (H2FUTURE, 2017).
TDE 1	COURSE 50: Deneysel bir yüksek fırında testleri devam eden bu proje ile yakıt girdi ihtiyaçlarını azaltmak için yüksek fırından çıkan gazları geri kazanılması, kok fırını gazının yakıt olarak kullanılmak üzere hidrojene dönüştürülmesi ve çeşitli emisyon azaltıcı özelliklere sahip, daha düşük emisyonlu çelik üretimi hedeflenmektedir. 2030 yılında ticari ölçekte tanıtılacak teknolojinin benzerleri, Fransa'daki bir ArcelorMittal tesisinde IGAR ve 3D projeleri tarafından test edilmektedir.
TDE 1	Siderwin: Elektroliz teknolojisine dayalı, CO_2 emisyonu olmayan, yeni bir çelik üretim süreci geliştirmeyi amaçlamaktadır. Tamamı Avrupa Birliği Horizon 2020 programı tarafından finanse edilen proje, 2020 yılında pilot ölçekli tesisin kurulumu tamamlanmasıyla, 2022 yılında çalıştırılması hedeflenmektedir (ArcelorMittal, 2022).

Çelik üretiminde biyokütle kullanımı kapsamında, Zhiyuan Fan ve ark. yaptığı çalışmada, demir ve çelik üretimini karbondan arındırmak için, katı biyoyakıt kullanımının faydalı bir yol olabileceği kanısına varmışlardır. Yapılan araştırmalar sonucunda, üretilen biyokütle bazlı indirgeyicilerin kullanılmasının fosil yakıtlara göre daha iyi operasyonel özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Entegre bir demir-çelik prosesinde yüksek kaliteli katı yakıtlar çok önemli rol oynamaktadır ve birçok yaygın biyokütle yakıtı gerekli standartları karşılamaktadır. Biyokütle kalitesi uçucu maddelerin kurutulması ve uzaklaştırılmasıyla daha da iyileştirilebilmektedir. Çelik üretim proseslerinde fosil yakıtların yerine biyoyakıt ikamesi ile sera gazı emisyonlarının %25'e kadar azaltabileceğini göstermektedir (Fan & Friedmann, 2021).

Erimiş Oksit Elektroliz (MOE) teknolojisi, demir cevheri içeren bir elektrolit dolu tanka, inert bir metalik anot daldırılması prensibine dayalı olarak çalışmaktadır. Daha sonra oksijen kullanılarak safsızlıklar giderilmekte ve doğrudan pota metalürjisine gönderilebilen temiz, yüksek saflıkta bir sıvı metal üretilmektedir (Boston Metal, 2022).

2.4. Biyokütle ve Atıkların Geri Kazanımı

Biyokütleden Gazlaştırma Yoluyla Hidrojen ve Kimyasalların Üretim Teknolojisi.

21.yüzyılda çözülmesi gereken en önemli problemlerden biri artan küresel ısınma problemine rağmen hızla artan enerji ve hammadde ihtiyacıdır. Bu sebeple hem fosil yakıtlardan kaynaklanan tehditlerin ortadan kaldırılması hem de fosil yakıtların tükenmelerine karşı alınacak bir önlem olması sebebiyle biyokütle kaynaklarının özellikle katma değeri artırılan ürünlere dönüştürülmesi büyük önem arz etmektedir.

Biyokütle, önemli ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve lignoselülozik biyokütle doğada bol miktarda bulunmaktadır. Ancak organik maddelerin enerji amacıyla kullanımı, düşük enerji yoğunlukları ve tedarik zincirinin karmaşık olması (organik maddelerin besin ve diğer ihtiyaçlarda kullanımından kaynaklı rekabet) sebebiyle sınırlıdır. Biyokütle kaynakları; orman, tarım, meyve atıkları ve diğer atıklardan elde edilen hidrokarbonlardır. Bitkisel biyokütle kaynakları yetişirken, güneş enerjisini molekülleri arasındaki bağlarda muhafaza etmektedir. Bu enerji daha sonra; ısı, güç veya katı, sıvı, gaz yakıtlara dönüştürülerek sayısız enerji uygulaması için kullanılabilir. Biyokütle kaynakları, yenilenebilir olması ve yetişirken atmosferik CO_2'i tüketmesi sebebiyle fosil yakıtlar ile karşılaştırıldığında CO_2 etkisi minimumdur.

Umut vaat eden, en temiz ve verimli enerji kaynağı olan hidrojenin ve diğer yararlı kimyasalların üretim yöntemlerinden biri bol, temiz ve yenilenebilir bir kaynak olan biyokütlenin kullanımıdır. Biyokütleden saf hidrojene geçilmesi mümkün olduğu gibi biyokütleden elde edilecek sentez gazından (karbon monoksit ve hidrojen karışımı) diğer kimyasal maddelerin üretimi de mümkündür. Katı haldeki biyokütle, biyokimyasal ve termokimyasal olmak üzere iki farklı yöntemle gaz ürüne dönüştürülebilir. Ülkemizdeki biyokütlenin büyük çoğunluğu ligno-selulozik olduğundan, termokimyasal yöntem daha uygundur. Bu yöntemde biyokütle, termo-kimyasal bir dönüşüme uğratılarak katı, sıvı ve gaz ürün elde edilir. Yakma ısı üretimi, piroliz ise sıvı yakıt üretiminde kullanılır. Gaz üretilmek amaçlandığında ise uygulanması gereken yöntem gazlaştırmadır.

Biyokütle kaynakları içerisinde yer alan bir diğer kaynak atıklardır. Avrupa Birliğinin Atıkların Depolanması Direktifine (2018/850) göre; düzenli depolamaya sınırlama getirilmekte, plastik, metal, kâğıt atıklarda tekrar kullanım, geri kazanım, biyo-atıklarda kompost, anaerobik sindirmeye yönelim ve geri kazanılamayan atıklarda ise enerji

üretimine yönelim teşvik edilmektedir. Ülkemizdeki atık dağılımına bakıldığında, T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı (2016-2023) verilerine göre yaklaşık %87 Belediye Atığı, %4 Tehlikeli atık, %1 Özel ve Tıbbi atık ve sadece %8 ambalaj atığı ve geri kazanım olarak dikkati çekmektedir.

Atıkların büyük bir çoğunluğunu oluşturan Belediye atıklarının %89'u depolanmakta, %6'sı geri kazanılmakta, %5'i ise kompostlaştırma veya biyometanizasyona tabii tutulmaktadır ki depolanan atıklardaki enerji potansiyeli maalesef kullanılamamaktadır. Gıda atıklarından biyogaz ve gübre, diğer yanabilen atıkların gazlaştırmasıyla elektrik, ısı ve muhtelif hidrokarbonların üretimi mümkündür.

Gazlaştırma teknolojisi, düşük kaliteli karbonlu hammaddeleri Fischer-Tropsch sıvıları, metanol, sentetik doğal gaz, plastik hammaddeleri (olefinler) ve hidrojen gibi katma değeri yüksek ürünlere (Şekil 2.12) dönüştürmek için kullanılan teknolojilerden biridir. Buna karşın geleneksel yakma teknolojileri ile sadece ısı ve elektrik elde edilebilmekte, ortama bol miktarda CO_2 ile birlikte çeşitli emisyonların salınımı söz konusu olmaktadır.

Şekil 2.12. *Gazlaştırma Uygulamaları*

Kömür ve petrol ürünlerinin gazlaştırılması yıllar önce ticarileşme safhasına gelmiş olmasına rağmen biyokütle gazlaştırma teknolojileri pazara girmek için yoğun çalışmaların sürdüğü bir alandır. Gazlaştırma teknolojisi 180 yıldan fazla bir geçmişe

sahiptir ve Dünya çapında çok sayıda gazlaştırma tesisi varken, bu teknoloji ülkemizde halen gelişmekte olan bir teknolojidir. Gazlaştırma teknolojisi ile katı haldeki biyokütle, kısmi oksitleyici ortamda (hava, su buharı, oksijen) termokimyasal olarak parçalanarak gaz ürün elde edilmektedir. Ürün gazından, temizleme ve reformlama işlemleri ile CO ve H2'den oluşan "sentez gazı" ve ayırma işlemleri sonrasında ise saf H2 elde etmek mümkündür. Sentez gazı üretimi esnasında yakmaya kıyasla daha az CO_2 üretilmekte, açığa çıkan CO_2'in sera gazı emisyonu etkisini azaltmak üzere çeşitli yöntemler ile tutularak değerlendirilmektedir. Biyokütlenin gazlaştırılması ile açığa çıkan en önemli sentez gazı kirleticisi katrandır. Katran, biyokütle hammaddelerinin yüksek uçucu madde içeriği sebebiyle oluşmaktadır. Katran, gazlaştırıcı reaktör içine yerleştirilen katalitik mum filtreler ile giderilmektedir. Bu sayede katranın katalitik olarak parçalanmasıyla, katranın kirletici etkisi ortadan kalkmakta, sentez gazı içeriği artmaktadır.

Biyokütlenin önünde çözülmesi gereken engeller; fosil yakıtlara göre değişken tedarik potansiyeli, düşük ısıl değer ile hasat, taşıma ve saklama koşullarını karmaşık ve pahalı hale getiren çeşitli kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olmasıdır. Ayrıca biyokütlenin hidrojen içeriği düşük olduğu için (yaklaşık olarak biyokütlede %6'ya karşılık metanda %25) hidrojen verimi de düşüktür ve %40 civarında oksijen içeriği sebebiyle enerji içeriği de diğer yakıtlara göre düşük olmaktadır (Milne, Elam &Evans, 2002). Ancak akışkan yatak gazlaştırma teknolojisini ve uygun katalizörleri kullanarak hacimce %60 hidrojen üretimi mümkün gözükmektedir. Son yıllarda, elde edilen bu seviyedeki yüksek dönüşüm verimleri biyokütle gazlaştırmayı alternatif hidrojen üretim yöntemi olarak cazip kılmaktadır. Biyokütle gazlaştırmanın çevresel yararları da göz önüne alındığında bu yolla hidrojen üretimi hem ekonomik hem de çevresel faktörler açısından umut vaat eden bir alternatiftir (Ni M & ark., 2006).

Gazlaştırma için uygun biyokütlenin;

- Tedarik edilebilme ve belli bir potansiyele (ton/yıl),
- Düşük nem ve yüksek yığın yoğunluğa,
- Yüksek ısıl değere,
- Yüksek uçucu madde oranına,

- Düşük kül içeriğine,
- Yüksek C/N oranına,
- Düşük kükürt ve klor içeriğine

sahip olması istenir (Bocci & ark., 2014).

Bununla beraber; bir kere temiz sentez gazı üretildiğinde mevcut çok çeşitli kimyasal prosesler ile sentez gazından değerli kimyasalların üretilmesi mümkündür (Şekil 2.12). Bunun için biyokütle gazlaştırma ve katran giderim teknolojilerinin geliştirilmesi için gerçekleştirilen Ar-Ge çalışmalarına odaklanılması büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde de biyokütle, hidrojenin geleceğin ana yakıtı olmasının gerçekleşmesini hızlandırabilecek potansiyele sahiptir. Ülkemizdeki duruma bakacak olursak; suni gübre sanayii (25.000m3), bitkisel yağ (margarin) üretimi (16.000m3), rafineriler (1.200m3), petrokimya endüstrisi (30.000m3), hidrojene hayvansal yağ üretimi (200-300m3) ve çeşitli yerlerde kullanılmak üzere basınçlı silindirlerde gaz veya sıvı hidrojen üretimi (6.000m3) sadece sanayide kullanılmak üzere yapılmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, tarih yok). Gelecek yıllarda hidrojene olan talebin daha da artacağı değerlendirilmektedir. Bunun orta vadede petrol rafinerilerinde daha sıkı ürün spesifikasyonları ihtiyacı ve uzun vadede ise hidrojenin önemli bir enerji taşıyıcısı olmasından kaynaklanacağı tahmin edilmektedir. Orta vadede hidrojen üretim proseslerinde klasik metotlarla yer değiştirecek yeni ve devrim yaratacak teknolojilerin geliştirilmesi öngörülmezken; şimdilerde geliştirilme aşamasında olan yeni hidrojen saflaştırma teknolojilerinin hidrojen üretim maliyetlerini düşürecek tek yol olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte artan fosil yakıt fiyatları ve doğal gaz rezervlerinin bölgesel olarak azalıyor olması hidrojen üretiminde gazlaştırma prosesinin güvenilebilir bir üretim teknolojisi olarak öne çıkacağını göstermektedir. CO_2 emisyonlarının azaltılmasının küresel bir ihtiyaç olması da biyokütlenin gazlaştırılması teknolojisini ilgi çekici hale getirmektedir. Günümüzde birçoğunun amacı sıvı ulaşım yakıtı üretmek olan pek çok biyokütle gazlaştırma tesisi demonstrasyon safhasındadır. Teknolojinin ticarileştirilmesi durumunda teknoloji hidrojen üretimine kolayca adapte edilebilir.

Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Enerji Enstitüsü ve Yalova Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği

Bölümü tarafından 2016 – 2020 yılları arasında "Biyokütleden Gazlaştırma Yoluyla Hidrojen Üretim Teknolojisi (BioH2)" isimli TÜBİTAK TARAL 1003 (213M368) projesi yürütülmüştür (Şekil 2.13). Projede yenilenebilir ve ulusal enerji kaynaklarımızdan biri olan biyokütleden, gazlaştırma yoluyla enerji ve ulaşım sektörlerinde kullanımına yönelik hidrojen üretmeye yarayan bir teknolojinin geliştirilmesi ve sonuçların bir pilot sistem üzerinde uygulanması amaçlanmıştır. Bu sayede ülkemiz; tamamen yerli kaynak ve imkânlarla geliştirilen hidrojen üretim teknolojisi ile kurulan pilot ölçekte bir tesis, teknolojik bilgi birikimi ve tecrübeli insan kaynağına sahip olmuştur.

Şekil 2.13. *BioH2 Projesi Pilot Tesis Sahasından Bir Görüntü*

TÜBİTAK 1007 programı kapsamında desteklenen ve Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'nun müşteri kurum olarak yer aldığı "Biyokütle ve Kömür Karışımlarından Sıvı Yakıt Üretimi – TRİJEN" isimli proje, TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü yönetiminde İstanbul Teknik Üniversitesi, Marmara Üniversitesi ve HABAŞ işbirliği ile pilot ölçekli entegre sistem olarak 2016 yılında tamamlanmıştır. Projede, ülkemizin sürdürülebilir kalkınması ve enerji güvenliği açısından yaygın ve ulusal kaynakları olan kömür ve biyokütle karışımlarından sıvı yakıtların üretimi, temiz ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi ve elde edilen sonuçların pilot ölçekte uygulanması amaçlanmıştır. Böylece, gazlaştırma, gaz temizleme, gaz şartlandırma ve sıvı yakıt üretimi teknolojilerine yönelik endüstriyel tesis kurulumu öncesi gerekli olan tasarım, imalat, montaj, devreye alma, işletme ve tekno-ekonomik uygulanabilirlik hakkında büyük bir teknolojik birikim oluşturulmuştur (Şekil 2.14). Devam niteliğindeki çalışmalar kapsamında ayrıca, ülkemizin birçok yöresine ait biyokütle ve kömür kaynaklarının gazlaştırılmasına yönelik deneme testler yürütülmüş ve tasarım doğrulama çalışmaları başarı ile gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmalar sonucunda, ilgili teknolojilerin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi sürecinde önemli bir aşama geçilmiş ve 50 MW ısıl kapasiteli öncü bir tesisin ön tasarım çalışmaları tamamlanmıştır.

Şekil 2.14. *Trijen Pilot Tesisi Ve Üretilen Ürünler*

Biyogaz Üretimi Kapsamında Entegre Çamur Çürütücü Reaktör Geliştirilmesi.

Ülkemizde işletilmekte olan atıksu arıtma tesislerinde yaklaşık 4500 ton/gün (kuru madde) arıtma çamuru oluşmaktadır. Bu çamurların yönetimi yoğunlaştırma işlemi, çürütücü ve kurutma şeklinde yapılmakta ve nihai olarak yakma, düzenli depolama ve az miktarda tarım alanlarında bertaraf edilmektedir. 26 Mart 2010 tarihli ve 27533 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik"te belirtilen kısıtlamaya göre depolama sahasına gönderilebilecek Biyolojik olarak ayrışabilir atıkların azaltımı için hedef yıllar 2015, 2018 ve 2025 olarak belirtilmiştir. Yönetmeliğimize göre 2015 yılı için 2005 yılında oluşan Biyobozunur atıkların %75'inin, 2018 yılı için %50'sinin, 2025 yılı için %35'inin düzenli depolamaya kabul edilmesi öngörülmektedir. Yani 2025 yılında oluşan biyolojik çamurların % 65 i düzenli depolama sahasına gönderilemeyecektir.

Çamurların yakma tesislerinde yakılması ve tarım alanlarında kullanılması için belli bir kuruluk oranında olması gerekmektedir. Bu kuruluk oranını sağlamak ise artıma tesisinin diğer işletme maliyetlerinin çok çok üstünde yeni bir maliyet oluşturmaktadır. Hiçbir arıtma tesisi bu maliyeti üstlenmek istememektedir. Bu amaçla geliştirilecek entegre çamur çürütücülerin, yüksek verimde biyogaz üretim kapasitesinin bulunması, minimum miktarda atık oluşturması ve süzüntü suyunun sıvı gübre üretiminde

kullanılması öngörülmektedir. Atık yönetimi alanındaki temel prensipler; kirleten öder, üreticinin sorumluluğu, yeterlilik (yeterli miktarda tesis), yakınlık (atığın üretildiği yere en yakın alanda değerlendirilmesi) ve atık yönetimi hiyerarşisidir. Atıkların yeniden değerlendirilip ekonomik katkısının somutlaştırılması yani sıfır atık ve karbon nötr konsepti amaçlanmalıdır. Bu sebeple, çamur üretiminin azaltılması, geri kazanım, kompost, sıvı gübre, enerji üretimi, tekrar kullanım ve güvenli bertaraf seçeneklerinin arttırılması önemlidir. Bu kapsamda çamur yönetiminin vizyonu, atık hiyerarşisinin uygulanması, mevcut en iyi tekniklerin kullanımı, atıkların üretildiği yere yakın tesislerde işlenmesi olarak oluşturulmalıdır.

Özellikle biyolojik arıtmadan gelen fazla çamur refrakter özellik göstermesi sebebiyle çürütücü reaktörlerin hacimleri büyük (dolayısıyla ilk yatırım maliyetleri yüksek), verimleri düşük ve zaman zaman işletme problemleri ile karşılaşılmaktadır. Bu problemlerin giderilebilmesi ve verimin arttırılması için bir takım ön işlem ihtiyacı bulunmaktadır. Refrakter organik madde özelliği gösteren arıtma çamurlarının hücre duvarlarının parçalanma direncinin yüksek olması sebebiyle biyo-metanizasyon proseslerinde genellikle hidroliz aşaması hız kısıtlayıcı olmaktadır. Kavitasyon reaktörü ile arıtma çamurlarının hidroliz aşamasının hızlandırılması, biyokimyasal metan potansiyelinin artırılması ve bunlara bağlı olarak reaktör hacminin azaltılması ve proses performansının iyileştirilmesi mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda proses aşamasında düşük H2S oranlı biyogaz üretiminin sağlanması mümkün olabilmektedir.

Türkiye genelinde Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi'nden kaynaklanan ikincil arıtma çamurunun kavitasyon işlemi uygulanmadan anaerobik çürütücülerde biyogaza dönüştürülmesi sonucunda elde edilebilecek elektrik enerjisine ait günlük gelir yaklaşık 197.200 ABD doları olarak hesaplanmışken, kavitasyon işlemi uygulandığında elde edilebilecek elektrik enerjisine ait günlük gelirin yaklaşık 354.900 ABD doları olabileceği hesaplanmıştır. Arıtma çamurlarının biyolojik yöntemler kullanarak biyogaza ve sıvı gübreye dönüştürülebildiği yerli entegre çamur çürütücülerin hayata geçirilmesi ile %80 verim ile yaklaşık yıllık 600 bin ton petrol eşdeğeri 60 bin GJ ısıl değer elde edilebileceği ve elde edilecek sıvı gübrenin tarımsal faaliyetlerimize önemli ölçüde fayda sağlayacağı gerçeğinden yola çıkarak Türkiye'de atıktan geri dönüşüm ve geri kazanım alandaki Ar-Ge ve yatırım faaliyetlerine hız verilmesi hem ekonomik açıdan hem de çevresel öncelikler açısından elzem bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, biyogaz verimi yüksek, düşük sülfür oranlı biyogaz üreten Yerli Entegre Çamur Çürütücü Reaktörlerin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

İnşaat Atıklarının Geri Kazanımı.

2021 yılında TBMM Deprem Araştırma Komisyonu'na sunum yapan Çevre ve Şehircilik Bakanı Murat Kurum ifadesinde, bugün ülkemizde 17 milyon binanın ve 28.6 milyon konut bulunduğunu belirtmiştir. Bu binaların yaklaşık 6.7 milyonunun riskli ve bunun da yaklaşık 1.5 milyonunun acil dönüşüme girmesi gerektiğini bildirmiştir. Bu noktada Türkiye'de 2012 yılında yürürlüğe giren 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, Kentsel Dönüşüm Kanunu kapsamında hali hazırda riskli binaların dönüşümleri gerçekleştirilmekte ve ilerleyen yıllarda dönüştürülen bina sayısının giderek eksponansiyel bir biçimde arttırılacağı öngörülmektedir. Bu noktada söz oluşacak inşaat ve yıkıntı atığının katma değeri olan ileri dönüştürülmüş malzemelere evrilmesi önem arz etmektedir.

İnşaat ve yıkıntı atıklarının ileri dönüşümü adına jeopolimerizasyon teknolojisinin kullanılmasına dair yakın tarihli laboratuvar ölçeğinde çalışmalar mevcuttur. Hali hazırda uluslararası ölçekte jeopolimer hazır beton tedariği gerçekleştirilen firmalar bulunmakta fakat bu teknolojinin inşaat ve yıkıntı atığı dahilinde endüstriyel ölçekte uygulamaları bulunmamaktadır. Bu nokta inşaat ve yıkıntı atığı bazlı jeopolimer üretiminin endüstriyel ölçeğe taşınması tamamen atık bazlı yeşil yapı malzemeleri tabanlı bir döngüsel ekonominin oluşmasında önem arz etmektedir. Bu kapsamda ülkemizde yürütülen çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilmiş olmasına karşın ülke çapınca bütüncül bir kazancın elde edilebilmesi için söz konusu teknolojinin inşaat sektörüne tamamen entegre edilmesi, ülkemize özgü atıklara göre mevcut teknolojilerin geliştirilmesi inşaat ve yıkıntı atığı sorununa kalıcı bir çözüm üretme konusunda hayatidir. Ayrıca bu sistemlerin karbon gömülü biyojenik atık malzemelerle güçlendirilmesi gerek emisyon azaltımı gerek doğal malzemelerin kullanılmasının azaltımı gibi hususlarda döngüsel bir ekonominin temellerini oluşturacaktır. Ek olarak bu malzemeler ile üretilecek yalıtım malzemelerinin binalarda enerji verimliliği noktasında tamamen yeşil yalıtım malzemelerinin kullanılması adına büyük bir adım olma niteliği taşımaktadır. Bu çerçevede ülkemizde ve dünyada gerçekleştirilen bazı önemli projeler şu şekildedir:

- "Efficient Recovery of Valuable Resources from Construction and Demolition Waste Towards Circular Economy in Construction Industry", UK National Commission for UNESCO Newton Prize, 2021- Jeopolimer Teknolojisi

- "Innovative Circular Economy Based solutions demonstrating the Efficient

recovery of valuable material Resources from the Generation of representative End-of-Life building materials – ICEBERG", Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area' funded under the European Union's Framework Programme for Research and Innovation (HORIZON2020), (2020-2024). - İnşaat ve yıkıntı atıkları

- "Lego Construction System of "Green" Structural Components for Low-cost Housing" projesi ile
- "In the Framework of Sustainable Construction: New Generation Geopolymer Based Composites Suitable for 3D Additive Manufacturing Incorporating Construction Demolition Waste", The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK), 119M630, 2019-2022. - Jeopolimer teknolojisi
- PRIGeoC: Partnership for Research in Geopolymer Concretes-Horizon 2020 - Jeopolimer Teknolojisi
- CityLoops: EU-funded project focusing on biowaste, and construction and demolition waste - Jeopolimer Teknolojisi, Biyojenik malzemeler
- WOOL2LOOP: Manufacturing of new products using the alkali-activation technology - Jeopolimer Teknolojisi

2.5. Dijital Teknoloji Uygulamaları

Yapay zeka, makine öğrenmesi gibi çeşitli dijital teknoloji uygulamalarının konutlarda ve binalarda enerji verimliliğinin sağlanması, sanayi sektörlerinde üretim, tedarik, lojistik ve dağıtım zincirinin optimizasyonu ve otomasyonu, atıkların toplanması ve depolanması aşamasında operasyonların optimizasyonu amaçlarıyla kullanılması son dönemde oldukça öne çıkan bir konudur. Sektörel bazda dijitalleşmenin sera gazı emisyonlarında %20'ye varan tasarrufun yanı sıra, uygulandığı sektörlerin kriz durumları karşısındaki etkilenebilirliğini de önemli ölçüde düşüreceği öngörülmektedir (Digital Europe, 2021).

Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi.

Sanayi sektörlerinde sera gazı emisyonlarının izlenmesi amacıyla ölçüm temelli ve hesaplama temelli yaklaşımlar uygulanabilmektedir. Ölçüm temelli yaklaşımlarda, baca gazında konsantrasyon ve debi ölçümü, kaçak emisyonların tespiti amacıyla yer seviyesindeki sistemler ya da hava araçları üzerine kurulu sistemler vasıtasıyla gerçekleştirilen ölçümler değerlendirilmektedir. Sera gazı emisyonlarının izlenmesinde son dönemde ön plana çıkan bir diğer teknik ise uydu teknolojileri ve insansız hava araçlarının kullanıldığı uzaktan algılama esaslı ölçüm metodolojileridir. Türkiye'de sanayi tesisleri kaynaklı sera gazı emisyonlarının izlenmesi konusu, 17/5/2014 tarihli ve 29003 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik" çerçevesinde düzenlenmiştir. Bu doğrultuda tesisler hesaplama ya da ölçüm temelli yöntemleri kullanarak yıllık bazda raporlama yapmaktadır. Ölçüm temelli yöntemler, proses kaynaklı N2O emisyonları ve CO_2 transferi kaynaklı emisyonların belirlenmesinde zorunlu tutulurken, özellikle debinin yüksek olduğu sektörlerde ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemin atık gibi karışık orijinli yakıtların kullanıldığı tesislerde kullanımı faydalı olurken, çok sayıda bacanın bulunduğu veya kaçak emisyonların önemli seviyede olduğu tesislerdeki uygulamaları kısıtlıdır (EC, 2021). Sanayi sektörlerinde bu amaçla kullanılan Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri (SEÖS) ihtiyacı ithalat yolu ile karşılanmaktadır. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü ve Atıkların Yakılması konulu yönetmelikler kapsamında da çeşitli kapasitedeki tesisler için kurulumu zorunlu tutulan SEÖS ihtiyacının önümüzdeki dönemde emisyon limitlerinin düşürülmesi ile artacağı öngörülmektedir. SEÖS'ün en önemli bileşenleri ölçümü yapılacak gaz tipine göre çeşitlendirilen sensörler olup, sera gazlarının ölçümünde yaygın olarak NDIR teknolojisi kullanılmaktadır. 1970'lerden beri kullanımda olan NDIR

teknolojisinin gelişimi temel olarak sensör seçiciliği (girişim yapan diğer gazların etkisine bağlı) ve hassasiyetinin (sinyal işleme tekniklerinin etkisine bağlı) arttırılması ve maliyetinin düşürülmesi ekseninde ve yoğunlukla ışık kaynağı, dedektör ve ışık yolu bileşenleri üzerinden ilerlemektedir (R. K. Jha, 2022; Dinh & ark., 2016). NDIR teknolojisi çevresel ölçüm uygulamalarının yanı sıra endüstriyel güvenlik, medikal, otomobil ve enerji sanayi gibi alanlarda da yaygın olarak kullanılmakta olup, NDIR sensör piyasasının 2020 yılında bulunduğu 379 milyon USD seviyesinden 2025 yılında 535 milyon USD seviyesine ilerleyeceği öngörülmektedir (MarketsandMarkets, 2021). NDIR sensörler aynı zamanda hava kalitesinin belirlenmesine yönelik düşük maliyetli ve küçük boyutlu ölçüm sistemlerinde de kullanılmakta olup, bu sistemler özellikle kaçak emisyonların (örn, doğalgaz dağıtım hatları kaynaklı CH4 emisyonları) belirlenmesinde uygulanabilmektedir. Kaçak emisyonların belirlenmesinde kullanılabilecek bir diğer yöntem ise uzaktan algılama teknikleridir (örn, insansız hava araçları, yerde veya kulede kurulu hava kalitesi ölçüm sistemleri) (Shaw & ark., 2021).

Sera gazı emisyonlarının izlenmesinde yaygın olarak kullanılan hesaplama temelli yöntem ise faaliyet verisinin ve emisyon faktörlerinin belirlenmesi aşamalarında çeşitli ölçüm ve analiz yöntemlerini dahil eden bir yaklaşımdır. Bu açıdan tesislerin faaliyet verisini belirlemede kullandıkları ölçüm yöntemlerinin iyileştirilmesi ile daha hassas bir değerlendirmenin yapılması mümkündür. Genel olarak tesis bünyesinde halihazırda kullanılan ölçüm ve izleme sistemlerinin birbirine entegrasyonu ve kapsamlarının sera gazı emisyonlarını dahil edecek şekilde genişletilmesi ile tesislerde sera gazı emisyonlarının gerçek zamanlı olarak belirlenmesi mümkün olabilmektedir. Bu tip sistemlerde yapay zeka ve makine öğrenmesi temelli yaklaşımların ve sensör teknolojilerinin kullanımı ön plana çıkmaktadır (TotalEnergies, 2021; Tao & ark., 2018).

Sera gazı emisyonlarının izlenmesinde son dönemde ön plana çıkan bir diğer teknik ise uydu teknolojileri ile uzaktan algılama esaslı ölçüm metodolojileridir. Bu çerçevede özellikle CH4 ve CO_2 emisyonlarının izlenmesi amacıyla GOSAT, TROPOMI, TANGO, CO_2M ve TEMPO gibi uydu sistemleri geliştirilmekte iken, yer yüzeyindeki ölçüm sistemlerinden elde edilen verileri de kullanarak daha düşük çözünürlükte hizmet veren GHGSat, ClimateTrace gibi sistemler de mevcuttur. Örneğin, sanayi sektörleri özelinde gerçekleştirilen TRACE projesinde uydu bazlı infrared spektrometrelerin ve düşük maliyetli hava kalitesi ölçüm sensörlerinin sera gazı emisyonlarının izlenmesinde kullanımına yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Enerji üretim santralleri gibi nokta kaynakların CO_2 emisyonlarının belirlenmesi amacıyla uydu verileri ile

birlikte bölgesel meteoroloji koşullarını dikkate alan dağılım modellerinin bir arada kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Pan,Xu & Ma, 2021). Öte yandan, bu sistemlerin yalnızca gündüz ölçüme izin vermesi ve tesislerin birbirine yakın olduğu durumlarda (örn, sanayi bölgelerinde) kaynak tespitine elverişli olmaması gibi handikapları mevcuttur. Hâlihazırda yürürlükte olan çeşitli projeler ile işletmeye alınması öngörülen yüksek çözünürlükte ve sürekli ölçüme uygun uydu temelli ölçüm altyapısı vasıtasıyla küresel ölçekte üretilecek verilerin ülkemiz bazında değerlendirilebileceği araştırma altyapılarının kurulumu önem arz etmektedir. Paris Anlaşması çerçevesinde 5 yılda

bir gerçekleştirilecek küresel karbon bütçesi belirleme çalışmalarında ön plana çıkması beklenen uydu temelli ölçüm yaklaşımları konusunda ülkemizdeki araştırma kapasitesinin geliştirilmesi emisyon izleme ağımızın iyileştirilmesi açısından da faydalı olacaktır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından hazırlanan ve araştırma alanındaki boşlukların tespit edildiği bir raporda, özellikle CH4 emisyonlarının izlenmesi amacıyla kullanılan uzaktan algılama sistemleri ile kaynakların ayrıştırılmasında yaşanan güçlükler, kaynak bazlı ölçüm sistemlerinin ise yüksek maliyeti nedeniyle en önemli problemlerinin yüksek belirsizlik içermesi olduğu belirtilmiştir. Uluslararası ölçekte CCAC ve EFD bünyesinde sera gazı emisyonlarının izlenmesine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi kapsamında çeşitli çalışmaların yürütüldüğü bilinmektedir (IEA, 2019).

Konut ve Binalarda Dijital Teknolojiler.

Dünya genelinde yeşil bina sertifikası uygulamalarında (LEED, BREEAM vd.) binaların sertifika alabilmesi hususunda enerji performanslarının analiz edilmesi bir zorunluluktur. Bu noktada performans analizlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan yazılımların yapay zeka ve makine öğrenmesine entegre bir yapıya sahip olması mevcut sertifika sistemlerinde de önemli revizyon gerekliliklerini ortaya çıkarabilir. Ayrıca bu analiz sistemlerine entegre yapay zeka ve makine öğrenmesi ile güçlendirilmiş karbon emisyonu analiz algoritmaları ile yapılarda net sıfır karbon hedefine ulaşılabilmek adına ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerinin optimizasyonunu mümkün kılacaktır. Bu denli bir analiz sisteminin binalarda kalıcı karar verme mekanizmalarına entegre edilmesi ve binanın akıllı enerji sistemleri ile modifiye edilmesi, binanın farklı noktalarında anlık sıcaklık ve aydınlatma verilerine bağlı ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemlerini kendi kendine kontrol etmesini mümkün kılacaktır. Dijitalleşme, konut ve ticari binalarda toplam enerji kullanımını 2040 yılına kadar yaklaşık %10 oranında azaltabilir. Bu verimlilik kazanımları, özellikle akıllı termostatlar ve sensörlerin kullanımı yoluyla, ısıtma ve soğutmada en fazladır. Akıllı aydınlatma, aydınlatma elektrik talebinde potansiyel olarak önemli kesintilere izin verir.

Uluslararası Enerji Ajansı tarafınca hazırlanan "Dijitalleştirme ve Enerji" başlıklı rapora göre; genel enerji kullanımını azaltırken, binalarda enerji hizmetlerini ve kullanıcı konforunu iyileştirmek için dijitalleşme önemli bir potansiyel arz etmektedir (International Energy Agency (IEA), 2017). Akıllı enerji yönetimi şunları yapabilir:

- Enerji hizmetlerinin yanıt verme hızını artırarak (örneğin aydınlatma sensörlerini kullanarak) ve kullanıcı davranışına göre tahminde bulunarak (örneğin ısıtma ve soğutma hizmetlerini otomatik programlayan öğrenme algoritmaları aracılığıyla) enerjinin ihtiyaç duyulduğu zaman ve yerde tüketilmesini sağlamaya yardımcı olur.

- Pik yükleri azaltmak (örneğin bir çamaşır makinesinin kullanım zamanını değiştirmek), yükleri atmak (örneğin sıcaklık ayarlarını belirli bir zamanda daha düşük enerji talebine göre ayarlamak) ve enerjiyi depolamak (örneğin termal akıllı şebekelerde) için talep yanıtını etkinleştirir. Gerçek zamanlı enerji fiyatlarına veya kullanıcı tarafından belirtilen diğer koşullara yanıt verebilir.

- Binaların enerji performansını gerçek zamanlı olarak tahmin eder, ölçer ve izler; tüketicilerin, bina yöneticilerinin, ağ operatörlerinin ve diğer paydaşların nerede ve ne zaman bakımın gerekli olduğunu, yatırımların ne zaman beklendiği gibi performans göstermediğini veya nerede enerji tasarrufu sağlanabileceğini belirlemelerine olanak tanır.

Öte yandan, termal yalıtım operasyonlarının standart bir prosedürle tüm yapılara benzer bir biçimde uygulandığı ve mevcut hali ile optimizasyondan uzak bir işlem özelliği sergilediği görülmektedir. Fakat gerek mevcut gerekse inşa edilecek olan binalarda termal yalıtım operasyonundan önce binanın enerji simulasyonunun gerçekleştirilmesi ve enerji performansının tespit edilmesi neticesinde izolasyon operasyonunun optimize edilmesi sürdürülebilirlik açısından en etkili yol olarak görülebilir. Üç boyutlu bina modeline uygulanacak yapay zeka ve makine öğrenmesi tabanlı karar verme mekanizmasına entegre dinamik enerji simülasyonu neticesinde elde edilen enerji dağılımına göre gerçekleştirilecek yalıtım optimizasyonu daha uygun ve daha az miktarda malzeme kullanımına imkan sağlayacak ve en sürdürülebilir çözümlerin üretilmesini mümkün kılacaktır.

Bu kapsamda ülkemizde ve dünyada gerçekleştirilen bazı önemli projeler şu şekildedir:

- “Additive Manufacturing of Concrete for Sustainable Construction using Locally Developed Materials”, 2556 - TUBITAK - QNRF Joint Funding Program, TÜBİTAK 119N030, 2020-2022. - Üç boyutlu yazdırılabilir termal yalıtım malzemeleri

- BUILD UP: Binaların nasıl daha enerji verimli hale getirileceği konusunda bilgi paylaşımı için bir portal

Sanayi Sektörlerinde Dijital Teknolojiler.

Enerji Bakanlığının her yıl düzenlediği SENVER Sanayide Enerji Verimliliği Yarışması ile enerji sektörlerinin kurumsal enerji verimliliğine katkıları yarışma usulü ile artırılmaktadır. Sanayide enerji kullanımı, enerji kaynakları ve fiyatları; politik, ekonomik ve ticari durumlar ve yönetsel öncelikler ve karar verme paradigmaları gibi birçok farklı teknoloji, süreç ve ürününden etkilenmektedir. Bu bağlamda sanayi için köklü çözümlerin üretilmesi oldukça hassas bir süreç olmakla beraber üretilecek çözümlerin hızlıca uygulanabilir ve sonuç alınabilir olması ve kayda değer verimlilik seviyelerine ulaşacak kabiliyette olması en önemli hususlardır. Bu nokta geleceğimizin yönlendiricisi olacak yapay zeka ve makine öğrenmesi tabanlı çözümler saniyede enerji verimliliği noktasında da başvurulacak ilk yol olmalıdır.

Üretim sistemlerinde atık ısının geri dönüşümü sürdürülebilir ekonominin tam anlamıyla gerçekleşebilmesi yolunda atılacak en büyük adım olarak görülmektedir. Bu bağlamda dünya da birçok proje gerçekleştirilmekte ve atık ısının tekrar sisteme kazandırılması noktasında kapsayıcı yöntemler araştırılmaktadır. Özellikle Horizon2020 kapsamında yürütülen projelerin başarıya ulaşması durumunda sektörlerde enerji verimliliği ve döngüsel ekonomi hususunda net sıfır karbon emisyonlu bir geleceğe oldukça büyük bir adım atılacağı düşünülmektedir. Ülkemiz ölçeğinde ise ısı-enerji yoğun sektörlerde enerji verimliliğin döngüsel ekonomi çerçevesinde gerçekleşebilmesi için bu sektörlerde atık kabul edilen ısının sisteme tekrar geri dönmesi noktasında mevcut sistemler üstünde gerçekleştirilecek modifikasyonlar ve gelecekte kurulacak sanayi yerleşkelerinin atık ısı geri dönüşümü odaklı tasarlanması oldukça önemli bir adım olacaktır.

Bu kapsamda ülkemizde ve dünyada gerçekleştirilen bazı önemli projeler şu şekildedir:

- TASIO: Çimento, cam, çelik üretimi ve petrokimya endüstrilerindeki ticari ısıdan güce ORC sistemleri için yeni nesil doğrudan ısı değişim teknolojisi

- SUSPIRE: Atık ısının yeniden kullanımı veya ticarileştirilmesi için yeni, yüksek verimli ısı eşanjörleri ve termal enerji depolama teknolojisi

- VULKANO: Yüksek sıcaklıktaki ısıyı geri kazanabilen ve depolayabilen faz değiştiren malzemelere dayalı termal enerji depolama teknolojisi

- I-TheRM: Yeni süperkritik CO_2 döngüsü de dahil olmak üzere geniş bir sıcaklık yelpazesinde potansiyele sahip yenilikçi tak ve çalıştır ısı geri kazanımı ve güce dönüştürme çözümleri

- ETEKINA: Egzoz akışlarından gelen ısının geri kazanılması ve yönetimi için yeni ısı borulu ısı eşanjörü teknolojisi

- BUILD UP: Binaların nasıl daha enerji verimli hale getirileceği konusunda bilgi paylaşımı için bir portal

Atıkların Bertarafına Yönelik Dijital Teknolojiler.

Günümüzde nüfus ile birlikte artan kentleşme ve sanayileşme tüketimin artması özellikle katı atık miktarının artmasına neden olmaktadır. Bu durum büyük kentlerde evsel katı atıklar için etkin bir katı atık yönetim metodolojisinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Teknoloji artan trend ile gelişimine devam ederken, evsel katı atık yönetimi konusunda ülkemizde yapılan çalışmalar ne yazık ki istenilen seviyeye ulaşamamıştır. Yol kenarlarına gelişi güzel konulmuş çöp konteynırları kötü kokular yaymakla beraber, görüntü kirliliği oluşturmaya devam etmektedir. Bu durumun hem trafik akışını hem de insan sağlığını etkileyecek bir boyuta kadar ulaştığı aşikardır. Bunun yanında küçük boyutlarda olduğu için bu konteynırların hem sayılarının fazla olmasına, hem de kısa zamanda dolmasına neden olmakta, dolayısıyla daha sık seferler ile atıkların toplanmasını zorunlu kılmakta, nihayetinde taşıma maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır.

Akıllı şehir kavramının kullanımının yaygınlaşması, ülkemizin büyük bir kısmında hala uygulamada olan klasik evsel katı atık yönetiminin daha modern ve akıllı arayüze sahip olmasını gerekli kılmaktadır. Bu kapsamda düşük maliyetli, akıllı ve uygulanabilir sistemlerin geliştirilmesi, hem çevresel açıdan hem de ülkemizin cari açığının kapanmasında önemli katkılar sağlayacaktır. Farklı nitelikte birçok mekânsal ve mekânsal olmayan verileri analiz edebilme yeteneğine sahip Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojisi ile sensör ve görüntü işleme teknolojilerinin etkin kullanımını öngören bir sistem daha esnek ve uygulanabilir olacaktır. Ülke boyutuna yaygınlaştırılması öngörülen sistemin, tasarım aşamasından, kurulum ve işletme aşamasına, fayda maliyet analizine kadar her adımı içeren fizibilite çalışmasının yapılması ilk adım olacaktır. İkinci adımda farklı disiplinlerden bir çok uzmanın birlikte çalışması ile, yazılımlarından sensörlerine kadar birbirleri ile entegre çalışan nihai prototip ürün geliştirilecektir. Sistem üzerindeki yazılım, konteynırların nerelere yerleştirilebileceğine dair yer uygunluk analizinden, geri kazanım konusunda ayrıştırma yapabilme yeteneğine, doluluk durum bilgisini paylaşarak atıkların toplanmasına yönelik rota optimizasyonu yapabilme yeteneğine kadar birçok özelliğe sahip olacaktır.

2.6. Sektörel Enerji Verimliliği Malzemeleri

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2019-2023 Stratejik Planı - Amaç 1 - Hedef 1.2 kapsamında "Sektörel detayda stratejik malzemeler"e atıf yapılmaktadır. Bu hedef bünyesinde "motorlu kara taşıtları, deniz taşıtları, raylı sistemler, makine, yarı iletkenler, elektrik-elektronik, savunma, havacılık ve uzay sektörlerinin ihtiyacı olan stratejik malzemeler ve bu malzemelerin özelliklerinin belirlenmesi" strateji olarak belirlenmiştir (STB, 2018). Ülkemizde bu strateji doğrultusunda giderek büyüyen ulaştırma, makine-imalat ve savunma sanayii sektörlerindeki mekanik sistemlerin verimliliğinin artırılması, ilgili sektörlerin temiz ve döngüsel ekonomiye entegre olması için en önemli hedeflerden biridir. İlgili verimlilik artışları son yıllarda mühendislik tasarımlarından çok malzeme teknolojilerindeki limitler ile sınırlanmaya başlamıştır. Örneğin mekanik sistemlerdeki kayıpların büyük bir kısmı sürtünmeden kaynaklanmakta ve bu sürtünmenin kontrol edilmesi de yüzey kaplamaları ve benzeri malzeme tabanlı teknolojiler ile mümkün olmaktadır.

Mekanik sistemlerdeki sürtünmeye bağlı enerji kaybı dünyada üretilen tüm enerjinin beşte birini oluşturmaktadır. Bu kaybın %87'si sürtünmeden, %13'ü ise sürtünmeye bağlı aşınmanın yol açtığı parça tamiri, değişimi ve buna bağlı enerji ihtiyaçlarından oluşmaktadır. Aşınma problemi aynı zamanda beklenmedik mekanik arızalar ve rutin bakım nedeniyle ilgili üretim çıktılarını da olumsuz etkilemektedir. Tüm bu enerji kayıplarının yol açtığı karbon emisyonu dünya çapında yıllık 8 milyar ton CO_2'nin üzerindedir. Doğru tribolojik yaklaşımlarla sürtünmenin düşürülmesi ulaştırma sektörü başta olmak üzere mühendislik faaliyeti içeren her sektörde enerji kayıplarının azaltılmasına yönelik büyük potansiyel taşımaktadır. Bu kapsamda önümüzdeki dönemde geliştirilecek yeni kaplama teknolojileri ve bunların uygulamalarının yaygınlaştırılması, dünya çapındaki döngüsel ekonomi hedeflerine katkı sağlayacaktır.

Ulaştırma sektöründe ise verimi artırabilecek en önemli unsurlardan biri ağırlık azaltımıdır. Söz konusu ağırlık azaltımı yeni nesil yüksek mukavemet/yoğunluk oranına sahip malzemelerin geliştirilmesi ile mümkündür. Dolayısıyla ilgili malzeme teknolojilerinin geliştirilmesi 21. yüzyılın ilk yarısında verim artışı için en önemli araçlardan biri olacaktır. Daha yüksek dayanımlı ve hafif malzemelerin geliştirilmesi, özellikle ulaştırma sektöründeki yakıt sarfiyatının azaltılması için en etkili yaklaşımlardan biridir. Son yıllarda geliştirilen eklemeli imalat gibi yenilikçi yöntemler ve yüksek entropili alaşımlar gibi yeni malzemeler yüksek performanslı malzemelerin üretilmesi için yeni ufuklar açmıştır. An itibarıyla geliştirilme aşamasında olan bu malzeme teknolojileri ve henüz seri üretim için yeterli fizibiliteyi

sunmayan eklemeli imalat yöntemlerinin önümüzdeki 20-30 yıl içerisinde yaygınlaşarak mekanik sistemler ve yapılar başta olmak üzere birçok sektörde verimli sistem tasarımlarının temelini oluşturacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda dünyada gerçekleştirilen bazı önemli projeler şu şekildedir:

- 2ZERO: Avrupa'da daha sürdürülebilir bir karayolu ulaşım sistemine Avrupa Birliği'nin Ufuk2020 Programı'ndaki çevre dostu araçlar (EGVIA) yapısının devamı niteliğinde olacak 2ZERO Ortaklığı'nın çağrıları kapsamında bataryalı elektrikli araçlar, hidrojen yakıt pilli elektrikli araçlar, bataryalı elektrikli araçların enerji sistemlerine ve şarj altyapısına entegrasyonu, elektromobilite faaliyetlerinin yük ve yolcu kara taşımacılığında yaygınlaştırılması, sürdürülebilir ve yenilikçi karayolu ulaşımına yönelik döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanacağı 200 ortak projeye fon sağlamıştır.

- Flamingo: "Hafif Alüminyum Metal Matrisli Nanokompozitler ve Yeşil Araçlarda Doğrulama (2021-2025)" başlıklı AB Ufuk 2020 projesinin amacı, elektrikli araçların kütlesini en az %10 oranında azaltmak için daha hafif ama daha güçlü Alüminyum Metal Matrisli Nano-Kompozitler (Al-MMnCs) ile AHSS çeliklerinden yapısal parçaların imalatının yapılmasıdır.

- ace155: USA DOE tarafından desteklenen, General Motors tarafından yürütülen "Orta Hizmet Kamyon Uygulamaları için Düşük Kütleli ve Yüksek Verimli Motor (2019-2023)" başlıklı projenin amacı, temel 2015 L96 VORTEC 6.0L V8 motoruna kıyasla %10'dan fazla yakıt verimliliği iyileştirmesi ve %15'ten fazla motor ağırlığı azaltma kapasitesine sahip gelişmiş malzemeler ve yanma teknolojileri ile donatılmış yüksek performanslı bir benzinli motor geliştirmektir.

- ALMA: "Advanced Light Materials and Processes for the Eco-design of Electric Vehicles (2021-2024)" başlıklı projenin amacı, gelişmiş yüksek mukavemetli çelik, gelişmiş SMC ve çelik hibrit malzeme kombinasyonu kullanılarak çok malzemeli modüler platform ile verimliliği ve sürüş menzili yüksek, ağırlığı azaltılmış elektrikli araç modellenmesi.

- ace156: USA DOE tarafından desteklenen, Ford Motor Company & FEV North America Inc. ve Oak Ridge National Lab (ORNL) tarafından yürütülen "Next Generation High Efficiency Boosted Engine Development (2019-2022)" başlıklı proje ile, 2016MY 3.5L V6 EcoBoost F150'ye göre yakıt ekonomisi %23 iyileştirilmiş ve %15 ağırlık azalması sağlanmış bir motor tasarımı ve üretimi ile hafif hizmet araçlarında bulunan en yüksek üretim hacimli güç aktarma organlarının CO_2 emisyonlarının azaltılması planlanmıştır.

3. TESPİT EDİLEN TEKNOLOJİK SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Temiz ve Döngüsel Ekonomi kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir.

1. Sanayide Sera Gazı Emisyon Azaltım Kapasitelerinin Yükseltilmesi ve Enerji Verimliliğinin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
1.1. Sanayi Sektörlerinde Karbon Tutma (Carbon Capture) Teknolojileri	1. Türkiye'de mevcut durumda endüstriyel baca gazlarından karbondioksit tutulması/ayrılması yapılmamaktadır. 2. Baca gazlarındaki CO_2'nin tutma ve ayırma maliyetleri küresel olarak yüksektir (endüstriyel kaynağa bağlı olarak 50-75 USD/ton) 3. Türkiye'deki mevcut durumdaki "yanma sonrası" prosesleri yerine yanma-öncesi (pre-combustion), oksi yanmalı (oxy-combustion), kimyasal döngülü (chemical looping) sistemler için vizyon çalışmaları vb. endüstriyel dönüşüm için değerlendirme çalışmaları endüstriyel sektörlerde yavaş ilerlemektedir.	1. Türkiye'nin mevcut sanayisini göz önünde bulundurularak milli ve yerli CO_2 tutma teknolojilerinin geliştirilmesi gereklidir. Mevcut durumda (mevcut prosesler ağırlıklı yanma sonrası "post-combustion" CO_2 giderimine uygundur) Enerji, Çimento, Demir-Çelik sektörü ve Kimya-Petrokimya sektörlerinde CO_2 tutma/yakalama'ya yönelik teknoloji geliştirilmesi için Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları yapılmalıdır. 2. CO_2 kaynağına uygun proses geliştirilmelidir. Yanma sonrası (post combustion) sistemlerde baca gazındaki CO_2 derişimine göre kimyasal/fiziksel absorpsiyon sistemleri geliştirilmelidir. Baca gazının basıncına göre membranlı sistemlerin fizible olduğu durumlar için CO_2 seçici membranlar ve bunların uygulanacağı tutma/ayırma prosesleri geliştirilmelidir. Ar-Ge, innovasyon ve teknoloji geliştirme çalışma alanları/çözüm önerileri: 1. Kimyasal Absorpsiyon: • Amin çözeltisinin performansını arttırmak ve ısıl ihtiyacı düşürmek amacıyla "aktifleştirici (promoter)" geliştirilmesi • Çözelti performansını arttırmak ve ısıl ihtiyacı düşürmek amacıyla "Yeni Çözelti/Çözücü " geliştirilmesi • Termal rejenerasyon işlemi yerine elektrokimyasal rejenerasyon işleminin geliştirilmesi • "Döner Dolgulu Kolon" tipinde absorpsiyon kolonu ve Sıyırıcı (Stripper) kolonu kullanılarak CO_2 giderimi • Yanma Öncesi/Yanma Sonrası ve Endüstriyel CO_2 tutulumu ticari tesis kurulumuna yönelik proses mühendislik tasarımlarının yapılması (front-end engineering) • Absorban çözeltinin viskozitesini azaltmaya yönelik katkı maddelerinin geliştirilmesi • Düşük uçuculuk ve düşük viskoziteye sahip yeni absorban çözeltilerin geliştirilmesi • Soğutulmuş amonyak ile ayırma • İyonik sıvılar ile ayırma • Enzimatik absorpsiyon sistemleri 2. Fiziksel Absorpsiyon: • Viskozite, yoğunluk, buhar basıncı, CO_2 kapasitesi, CO_2 seçiciliği ve maliyeti gibi gerekli olan fiziksel özelliklerin iyileştirilmesi • Uygulamaya göre sıcaklık, basınç ve gaz karışım oranları için çözücülerin optimize edilmesi, • Proses optimizasyonu

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		3. Fiziksel Adsorpsiyon Teknolojileri: • Zeolit temelli CO_2 ayırma teknolojisi geliştirilmesi • Metal organik yapı (MOF) temelli adsorbanların geliştirilmesi • Karbon temelli adsorbanların geliştirilmesi 4. Kimyasal Adsorpsiyon Teknolojileri • Katı amin temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi • Alkali metal karbonat temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi • Kalsiyum temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi • Alkali seramik temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi • MgO temelli adsorbanların ve proseslerin geliştirilmesi 5. Membran Teknolojileri • Membran maliyetlerinin düşürülmesi, • CO_2 geçirgenliği ve seçiciliğini yüksek malzemelerin geliştirilmesi, • Yüksek sıcaklık veya basınç gibi çalışma koşullarına dayanıklı ve aynı zamanda ayırma verimi yüksek membran malzemelerinin geliştirilmesi, • Nem, kükürtlü bileşikler ve istenmeyen parçacıklar gibi kirleticilere karşı dayanıklılığın arttırılması, • kompozit membran malzemeleri arasındaki uyumluluğun arttırılması 6. Doğrudan atmosferden CO_2 yakalama teknolojilerinin geliştirilmesi 7. Oksiyanma teknolojisi ve proseslerinin geliştirilmesi 8. Kimyasal-döngü teknolojisi ve proseslerinin geliştirilmesi 9. Kriyojenik distilasyon prosesinin geliştirilmesi 10. Mikroalgler ile karbondioksit giderimi teknolojisinin geliştirilmesi
1.2. Çimento Sektöründe Karbon Azaltımı	Çimento sektöründe karbon azaltımı için çalışılabilecek teknolojik gerektiren konusunda yapılabilecek çalışmalar 5 başlık altında toplanmaktadır. 1. Çimentomsu Malzemeler (Döngüsel ekonomi) 2. Biyokütle Kullanımı (Döngüsel ekonomi-Teknolojik) 3. Elektrifikasyon (Teknolojik) 4. Karbon Yakalama, Kullanımı ve Depolanması (Teknolojik) 5. Yenilenebilir Enerjiler (Teknolojik)	1. Çimento standartları içerisinde tanımlanan çimentomsu malzemelerin daha fazla miktarda kullanılması sera gazı emisyon azaltımı açısından önem arz etmektedir. Kullanım miktarı arttıkça, çimento içerisinde kullanılan klinker miktarında azalma olacaktır. Bunun dışında bazı sektörlerin atık malzemeleri çimento sektöründe direk veya işleme tabi tutulduktan sonra çimentomsu malzeme olarak kullanılabilirler. Örnek: Demir çelik sektöründe elektronik ark veya pota cürufları içerisinde yer alan manyetik özellikli demirin uzaklaştırılması ve öğütülmesi ile bu cüruflar çimento sektöründe girdi olarak kullanılabilirler. 2. Sektörde konvansiyonel yakıtlar yerine alternatif yakıtların kullanımı konusunda yıllar içerisinde artışlar meydana gelmektedir. Kalorifik değeri olan ve Bakanlık tarafından izni alınmış alternatif yakıtlar yakıt ikamesi olarak kullanılmaktadır. Alternatif yakıt olarak kullanılan malzemelerden biyokütle sınıfına giren malzemelerin kullanılması sera gazı emisyonu azaltımında önemli bir girdi olarak yer almaktadır. Örnek: Belediyeler tarafından çöplerin ayrıştırılması, işlenmesi gibi aşamalarda teknolojik gelişimin sağlanması. 3. Çimento fabrikalarında kalsiyum karbonat ısıtılması sonucunda atmosfere proses kaynaklı CO_2 salınımı gerçekleşmektedir. Bu reaksiyon ön-kalsinatör ünitesinde olmaktadır. Buradaki ısıtma işlemi yakıt ile gerçekleştirilmektedir. Ön-kalsinasyon ünitesi yakıt yerine yenilenebilir elektrik enerjisi ile ısıtılabilirse buradan yakıt kaynaklı CO_2 salınımı azaltılmış olur. Bununla birlikte çimento fabrikalarında yenilenebilir enerjiler kullanılarak elektrik üretimi döner fırın, değirmen, bantlar ve taşıyıcı motorlarda kullanımı ile elektrik kaynaklı CO_2 salınımı azaltımına yardımcı olabilecektir. Bunların yanı sıra klinker üretimi sırasında ihtiyaç duyulan ısının elde edilmesi için yakıt yerine yeni teknolojilerin kullanılması CO_2'in azaltılmasında etkin olabilecektir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		• Plazma, • Elektrik akımlı ısıtıcılar, • Mikrodalgayla ısıtma, • Rezistif elektrikli ısıtma, • Endüksiyonlu ısıtma. 4. Çimento sektöründe bir ton klinker üretimi yakıt tipine bağlı olarak yaklaşık 0,83 ton; bir ton PC üretimi için ise yaklaşık 0,54 ton CO_2 salınmaktadır. CO_2'in bacadan atmosfere atılarak sisteme atılmadan önce karbon yakalama teknolojisi kullanılarak yakalanması ve yakalanan CO_2'in başka kimyasal üretimi için kullanılması veya uygun depolama alanlarında depolanması. Antropojenik CO_2 emisyonlarının azaltılması için çeşitli karbon yakalama teknolojileri bulunmaktadır. d) yanma öncesi CO_2 yakalama e) oksi-yakıt yanma teknolojisi f) yanma sonrası CO_2 yakalama Yakalama teknolojilerinde kullanılan membran sistemlerinin geliştirilmesi (yakalama ve rejenerasyon kapasitesi, kullanım ömrü vb.) 5. Çimento ve diğer sektörlerde kullanılmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması. şuan üzerinde araştırmalar yapılan yenilenebilir enerji kaynakları • Güneş, • Rüzgâr, • Jeotermal, • Hidrolik, • Biyokütle, • Dalga, • Hidrojen. Bütün bunlara ek olarak: Yapay zeka kullanımı geliştirilerek enerji ve proses optimizasyonlarının iyileştirilmesi ve karbon ayak izinin azaltılması.
1.3. Seramik Sektöründe Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılması	1. Seramik sektörü doğal hammadde kullanımından ve yüksek sıcaklıkta pişirim gereksiniminden dolayı sera gazı emisyon oranı yüksek olan sektörlerden biridir. Seramik sektörü tek başına izole bir sektör olmayıp hammadde tedarikçileri, enerji sağlayıcılar, makine üreticileri gibi sektörlerle de bağlantılı bir ekosistem içerisindedir. Dolayısıyla emisyon azaltmak için teknolojinin yetersiz olması büyük problemdir. 2. Türkiye ortalamaları Avrupa değerlerine yakın olduğu için global Avrupa değerleri verilerek bakıldığında, Avrupa' da seramik sektöründen kaynaklı emisyon miktarı 19 milyon ton olup toplam diğer endüstrilerin %1'ine denk gelmektedir. Bu emisyonların kaynakları da ana proseslere ayrıldığında;	• Sera gazı emisyonların azaltılması için sektör bazında birçok çalışma yapılmaktadır ve yapılmaya devam etmektedir. Diğer yandan, nötr karbon için daha radikal çözüm önerileri de bulunmalıdır. Bu öneriler aşağıdaki şekilde özetlenebilir: hidrojen, biyoyakıt ve karbondan arındırılmış elektrik gibi yenilenebilir enerjiye geçiş ile proses emisyonlarının azaltılması (aşağıda örnekleri verilmiştir) üretim proseslerinde inovatif çalışmalar ve süreçlerin daha verimli hale getirilmesi ile CO_2 yakalanması CCS/CCU diğer dekarbonizasyon yöntemleri ile • İklim nötr hedeflere ulaşmak mevcut durumda kullanılan teknolojilerle kolay değildir. bu nedenle daha ileri teknolojilerin kullanılması şarttır. Bunun için kullanılabilecek teknolojiler: mikrodalga ile kurutma ısı pompaları biyokütle Biyogaz sentez gazı yeşil hidrojen elektrifikasyon CCS (karbon yakalama ve depolama)-CCU (karbon yakalama ve kullanma)

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	kurutma ve pişirim için gerekli yakıttan (%64) kilin mineralojik dönüşümü sırasında çıkan emisyon (%17) dolaylı yani elektrik üretiminden kaynaklanan emisyon (%19) Avrupa ortalamasına bakıldığında, seramik sektöründe%85' i doğal gaz, %15 elektrik olmak üzere %30-35 oranlarında enerji maliyetleri tutmaktadır (Türkiye'deki son fiyat artışları sonrasında seramik karo için bu değer %50'ye ulaşmıştır). Sektörün en önemli sorunları hammadde, emisyon değerlerinin yüksek olması, enerji maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Temel sorunlar: 1.Emisyonların yüksek olması 2.Enerji maliyetlerinin yüksek olması 3.Doğal hammaddelerin kullanılması (Karbonat gibi..) 3. Seramik karo ve bazı ileri teknoloji seramiklerinin üretim süreçlerinde püskürtmeli kurutucu (spray drier) kullanılmaktadır. Üretim bazında en fazla enerjinin ve tüketildiği ve en fazla emisyonun açığa çıktığı bir proseslerden biridir. 4. Seramik ürün kütlelerinin çok fazla olmasından dolayı hem üretimde, hem de nakliyede emisyon ve enerji tüketimlerini arttırmaktadır. 5. Doğal hammaddelerin emisyon oranlarını çok arttırması ve hammadde operasyonlarınında emisyona katkısı çok fazladır. 6. Farklı sinterleme tekniklerinin araştılarak sıfır emisyon hedefinin yakalanması gerekir. Aksi taktirde bu hedefi yakalamak mevcut teknoloji ve tekniklerle çok zordur. 7. Ürünün üretilmesi sırasında neden olduğu emisyonların haricinde kullanılan hammaddelerin de emisyonu arttırması bu alanda da çalışmaların eksik olduğunu göstermektedir.	• Bunların dışında sunulabilecek çözüm önerileri: karbon içeren hammaddelerin kullanımının azaltılması farklı killerin karışımı ile karbon miktarının optimizasyonu daha az hammadde kullanımı ile aynı amacın yakalanması yeni teknolojilere geçiş (kuru öğütme ve granülasyon, vb.) karbon giderme teknolojileri ile proseste azaltım işlemleri Bunların yanı sıra sunulabilecek çözüm önerileri: 1. Mevcut ısıtıcı sistemlerin (kurutma, sinterleme) verimliliği, genel bakım, iyileştirilmiş yalıtım, yanma kontrolleri ve sızıntı onarımı, geliştirilmiş buhar kapanları ve kondens geri kazanımı yoluyla %85'e kadar çıkabilir. 2. Yeni, daha verimli ısı eşanjörleri veya daha sağlam (örneğin; düşük korozyonlu) ısı eşanjörleri, sürekli olarak geliştirilmekte ve gelişmiş ısı geri kazanımının karlılığını artırmaktadır. Isı transformatörleri veya termo-elektrik dönüştürme yoluyla atık ısının dönüştürülmesi ile atık ısı kazanımının verimliliği artırılma potansiyeline sahiptir. 3. Kuru öğütme sisteminin kullanımının yaygınlaştırılması 4. Sinterleme sıcaklıklarının ve/veya sürelerinin düşürülmesine yönelik çalışmaların devam etmesi 5. Kil esaslı seramik tuğlaların üretimde yeniden kullanılması: Binalarda döşeme amaçlı kullanılan tuğlalarda , panellere yapıştırılan tuğlaların veya tuğla astarların kolayca yeniden kullanılmak üzere alttaki bir çerçeveye sökülebilir şekilde bağlandığı asma sistemleri geliştirilmesi tuğlaların tekrar kullanımına olanak sağlayabilmektedir. 6. Seramik karoların %70-%80 geri dönüştürülebilir malzemelerden elde edilmesi , kentsel ve endüstriyel atıkların kullanılması (cam , atık seramik ürünler, vb. 7. Doğalgaz kaynaklı enerji kullanımını azaltan çözümler önerilmektedir. Bu öneriler seramik üretiminde, püskürtmeli kurutucularda %50 oranında hidrojen yakıtla yer değiştirmesi , yine %50 oranında hidrojen yakıtlı fırınların kullanılması, elektrikli fırınların kullanılması sera gazı emisyonların azaltılmasına yönelik önlemler olarak sıralanabilir. 8. Hammadde ikamaleri, yüksek kalsiyum karbonat içeren hammaddelerin sistemden çıkartılması, karbonat içermeyen killerin kullanımı a sera gazı emisyonlarının azaltımına fayda sağlayacaktır. 9. Seramik kurutucuların kullandığı ısının tamamını üretime geri dönüştürebilen sistemlerin kullanılmasının sağlanması ile önemli ölçüde enerji ve emisyonların azaltılması 10. Su tüketimine karşı kuru sistem üretimin gerçekleştirilmesi veya farklı sektörlerin atık sularının kullanılması (endüstriyel simbiyoz (Silvestri, L., Forcina, A., Di Bona, G., Silvestri C., 2021)) • Emisyonların azaltılması anlamında püskürtmeli kurutucuların devreden çıkarılması için kuru öğütme çalışmaları yapılabilir. Fakat bu teknolojilerde dışa bağımlılıktan dolayı çok pahalı sistemler olması kullanımını kısıtlamaktadır. Bu teknolojilerin yerli imkanlarla yapılması zorunludur. • Seramik ürün kütlelerinin emisyon ve enerji maliyetlerinin azaltılması için ince ve hafif üretim teknolojilerinin geliştirilmesi gerekir. Bunun için ürün mukavemetlerini yükselterek kesit kalınlıkları düşürülmesi çalışmaları yapılabilir. • Hammadde kaynaklı emisyonların azaltılması için mümkün olduğu kadar seramik üretiminde çıkan yada farklı seramik tür üretimlerinden çıkan atıkların hammadde olarak kullanılması çlışmalarının yaygınlaştırılması gerekir. Fakat pişmiş seramik atıkların öğütülmesi teknolojilerinin geliştirilmesi ve bu atıkların hammadde olarak kullanılmasının sağlanması gerekir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		• Basınçlı sinterleme, mikrodalga sinterleme, alan destekli sinterleme, flash sinterleme, spark plazma sinterleme gibi teknolojiler mevcuttur. Fakat bu teknolojilerin seramik endüstrisine adapte edilmesi ve uygunluğunun çalışılması gerekir. • Ürünlerin izelenebilirliği ve üretimin dijitalleştirilmesi ile ürün emisyon kartlarının çıkarılması ile iyileştirilecek alanlar belirlenebilir. Bu kapsamda dijital ürün pasaportunun yaygın hale getirilmesi gerekir. • Sektörün 2030 yılına geldiğinde hidrojen, biyogaz ve karbondan arındırılmış elektrik kullanımından en az birine geçeceği öngörülmektedir. 2050 yılında ise artık tazminatlarla tüm üretici firmaların geçmesinin zorunlu hale getirilmesi beklenmektedir. • Hem ülkemizde hem de Avrupa' da yeni teknolojilerin çalışılması ve kullanımının cazip hale getirilmesi bu çalışmalar için çok önemlidir. • Özet olarak: - Endüstri için yeterli Karbon Sızıntısı korumasına geçilmeli - Yüksek CO_2 fiyatları, endüstrinin teknolojik geçişe yatırım yapma yeteneklerini sınırlamamalı - İstikrarlı, güvenilir bir yasal çerçeve sağlanmalı - Yatırımlar (CAPEX) ve (daha yüksek) işletme maliyetleri (OPEX) için olduğu kadar Ar-Ge için de yeterli finansal destek sağlanmalı - Yeşil enerji (elektrik, H2, Bio- veya Syngas) ile makul ve rekabetçi maliyetle güvenli ve istikrarlı tedarik sağlamaya özen gösterilmeli - Yeşil yatırımlar için (endüstride olduğu kadar enerji sektöründe de) hızlı ve kolay izin süreçlerini korunmalı ve bürokrasi azaltılmalı - Malzeme ve teknolojiden bağımsız finansman politikası sağlanmalı - Ürünlerin tüm yaşam döngüsünü içeren bütünsel bir yaklaşım sağlanmalı
1.4. Demir-Çelik Sektöründe Net Sıfır Karbonlu Üretime Yönelik Çözümler	1. Yüksek fırın teknolojisinde kömüre dayalı üretim yapıldığından, entegre tesislerde yapılacak iyileştirmelerin kayda değer emisyon azaltım sağlamaması. 2. Yenilenebilir Enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç toplam enerjide, % 51 paya sahip olmakla birlikte, Yenilenebilir Enerji kaynaklarından üretimin, toplam üretimdeki payı, % 42,4 oranı ile düşük sevide kaldığından, elektrik üretimindeki emisyon profilinin ve bu profilin kaynağında neden olduğu emisyon seviyesinin, en az proses emisyonları kadar yüksek olması.	1.1 Oksijen yüksek fırın: Bu teknoloji, fırına saf oksijen enjekte ederek mevcut yüksek fırınlar için olumlu bir adım değişikliği getirme potansiyeline sahiptir. Bir devridaim gaz sistemi ile birleştirilmiş daha yüksek oksijen konsantrasyonu, yüksek fırının verimliliğini artırma ve toplam emisyon yoğunluğunu yaklaşık %15-20 oranında düşürme potansiyeline sahiptir. Bu teknoloji, Avrupa ULCOS (Ultra-Düşük CO_2 Çelik Üretimi) projesinin yanı sıra dünyanın en büyük çelik üreticisi China Baowu tarafından geliştirilmiştir. 1.2 Hidrojen kullanımı: Bu teknoloji, hidrojenin tüyerlerden, ya saf hidrojen şeklinde ya da kok fırını gazı (yaklaşık %55 hidrojen) enjeksiyonuna dayanmaktadır. Tüyerlerden enjekte edilen hidrojen, bir ısı kaynağı sağlar ve yüksek fırına enjekte edilen toz haline getirilmiş kömürü indirgeyici görevi görür. Bu teknoloji şu anda ArcelorMittal, China BaoWu ve ThyssenKrupp Steel gibi önde gelen çelik üreticileri tarafından denenmektedir. Avrupa'da, İsveç Enerji Ajansı ile SSAB, LKAB ve Vattenfall tarafından yürütülen HYBRIT projesinde olduğu gibi, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yeşil hidrojenin indirgeyici gaz olarak kullanıldığı Doğrudan İndirgenmiş Demir (DRI) üretimine doğru bir değişim ve dönüşüm yaşanmaktadır. 1.3 Biyokütle kullanımı: Biyokütle, entegre çelik üretiminde bir yakıt veya indirgeyici kaynağı olarak, sinterleme işleminde kömür veya diğer yakıtların yerine geçerek, kok yerine ikame olarak kullanılabilmektedir. Yüksek fırında enjekte edilen toz haline getirilmiş kömürü ve çelik üretim sürecinde bir karbon kaynağı olarak değiştirilmesi temeline dayanır. Biyokütlenin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi durumunda, entegre çelik üretim sürecinde emisyon yoğunluğunu %50'ye kadar azaltma potansiyeline sahiptir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		1.4 Önümüzdeki dönemde, Türkiye'nin ithal hurdaya bağımlılığının azalmasının söz konusu olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, bu riske karşı bilinen ve teknik olarak, kendini kanıtlamış tek çözüm EAO'lu tesislerde, DRI kullanımıdır. Doğal gazın ithalata dayalı ve pahalı olması nedeniyle, bugüne kadar, ülkemiz için ekonomik bir tercih olmadığı değerlendirilmiştir. Hurda fiyatlarının da artış trendinde olması, hammadde tedariğinin sıkıntıya yol açmaması için, DRI'ın doğalgaz ile üretimini, Hidrojen maliyetleri düştükten sonra da, Hidrojenin kullanımına da imkan veren sistemlerin kullanımı gündeme gelmektedir. Dünyada, bilinen, kanıtlanmış, şaft tipi doğal gaz esaslı DRI üretim tesislerinde, doğal gaz yerine hidrojen kullanımı ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Almanya'da, Federal Çevre Bakanlığının desteği ile, Salzgitter firması tarafından, yürütülen SALCOS Projesinde, DRI üretiminde, doğal gaz ile birlikte, hidrojen de kullanılmaktadır. Dünyada en fazla sünger demir üretimini gerçekleştiren iki önemli proses, Midrex ve HYL III prosesleri, doğalgazın dönüşümüyle redüksiyon yapmaktadırlar. Bu iki ticari proses dışında; FINMET, Circored, Circofer teknolojileri de kullanılabilmektedir. 1.5-Karbon yakalama kullanımı ve depolanması (CCUS): CCUS'un çelik endüstrisinin karbondan arındırılmasında kritik bir rol oynamakta, ancak, Yapılandırmaya bağlı olarak CCUS, entegre çelik üretim sürecinin emisyon yoğunluğunu %60'a kadar azaltma potansiyeline sahiptir. CCS'in, çeşitli teknik ve ekonomik zorluklar nedeniyle entegre çelik üretim sürecine henüz dahil edilmemiştir. 2050 yılından önce yaygınlaşması beklenmemektedir. Yakalanan karbonun, depolanmasından ziyade, başka sektörlerde kullanımına ilişkin olarak; atık gazların sıvılaştırılması ile elde edilen metanol, bioethanol gibi ürünlerin ulaştırma, kimya gibi sektörlerde kullanılmasını araştıran Steelanol, Carbon2Chem, Stepwise ve Freshme gibi projeler Avrupa'da ön plana çıkmaktadır. 2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından üretimde, GES ve RES'lerden elde edilen üretimlerin şebekeye kullandırılmasını mümkün kılan, lisans vermeyi kolaylaştırıcı, bürokrasiyi azaltıcı önlemler alınması gerekli görülmektedir.
1.5. Sera Gazı Emisyon Azaltım Kapasitesinin Yükseltmek için Teşvik Mekanizmaları Geliştirilmesi 1.6. Sanayide Enerji Verimliliği için Toplam Faktör Verimlilik Kimlik Belgesi Uygulamaları 1.7.Türkiye için Isıtma/ Soğutma Çözüm Mekanizmalarının Haritalandırılması	1. Sanayide sera gazı emisyon envanterinin (oluşum ve azaltım oranlaması) sağlıklı verilerle oluşturulması, azaltım için kullanılan teknolojilerin yenilikçi yönleri ve adaptasyon imkanları, enerji verimliliği teşvik mekanizmalarının olmayışı 2. Endüstriyel tesislerin kullandığı enerji başına oluşturduğu sera gazı miktarlarının belirlenmemiş olması 3. Mevcut birincil enerji kullanım faktörlerlerinin bölgesel/yöresel dağılımlarının belirsiz oluşu 4. Alternatif enerji kaynakları teknolojilerinin bölgesel ısıtma/soğutma çözümlerinde kullanılabilirliğindeki belirsizlikler	1. Bir tesisin sera gazı emisyon miktarının belirlenmesi, mevcut azaltım sisteminin kapsaitesinin belirlenmesi, mevcut sistemin adaptasyon ile kapasitesinin arttırılma imkanlarının belirlenmesi ile sera gazı azaltım sistemlerinin yaygınlaştırılması 2. Bir endüstriyel tesisin Enerji Verimlilik Kimlik Belgesinin tanımlanması 3. Endüstriyel tesislerin iş koluna bakılmaksızın sera gazı Indeksinin belirlenmesi 4. Alternatif enerji kaynakları da dikkate alınarak her bölge için ısıtma/soğutma çözüm odaklı enerji kaynağının kullanımı veya hibrid çözümler için teknolojik yaklaşımların belirlenmemiş olması 5. Bireysel ısıtma/soğutma çözümlerin yerini alacak merkezi/bölgesel çözümler için örnek uygulamalar

2. Sanayiden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesine Yönelik Sistemler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
2.1. Sanayiden Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesine Yönelik Sistemler	1. Halihazırda ithalat yolu ile karşılanan Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri (SEÖS) ihtiyacının önümüzdeki dönemde artması muhtemeldir. 2. Hesaplama temelli sera gazı emisyon izleme sistemlerinin dayandığı ölçüm sistemlerinin geliştirilmesi ve sürekli ölçüm altyapısına entegre edilmesi ihtiyacı öngörülmektedir. 3. Uydu temelli ölçüm sistemlerinden elde edilen sera gazı emisyon verilerinin ulusal ölçekte değerlendirilmesine ilişkin altyapılar mevcut değildir. 4. Akıllı sera gazı ölçüm ve izleme teknolojisinin geliştirilmesi	1. Ülkemiz sanayi sektörleri gelişimi dikkate alınarak artış göstermesi beklenen SEÖS ihtiyacının yerli teknolojiler ile karşılanması önem arz etmektedir. Sera gazı emisyonlarının ölçümüne yönelik sensör teknolojilerinin geliştirilmesi amacıyla özel sektör-kamu işbirliğinde Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları yapılmalıdır. 2. Emisyon envanterlerinin geliştirilmesinde kullanılan altyapıların yapay zeka ve makine öğrenmesi temelli yaklaşımlar ve gelişmiş sensör teknolojileri kullanılarak iyileştirilmesi ve emisyon ölçümünde hassasiyetin arttırılması amacıyla Ar-Ge ve inovasyon çalışmaları yapılmalıdır. 3. Uydu temelli ölçüm sistemlerinden elde edilen veriler, sera gazı emisyon kaynaklarının bölgesel veya noktasal olarak değerlendirilmesine imkan vermektedir. Uluslararası mecrada gelişmekte olan bir teknoloji alanı olarak karşımıza çıkan bu çalışmaların ülkemizde gerçekleştirilmesi amacıyla araştırma altyapılarının oluşturulmalıdır. 4. Akıllı yazımlarla uzaktan ölçme ve izleme mekanizmasının sanayi tesislerinde zorunlu kılınması ve uzaktan takibinin sağlanması, böylelikle sağlıklı verinin dinamik olarak elde edilmesi Bulut teknolojisi ile büyük verilerin depolanması ve saklanması Anlık dinamik serga gazı miktarı/tüketilen enerji Mevcut sera gazı izleme mekanizmalarının akıllı sistemlere dönüşüm teknolojileri için geliştirilecek yazılımlar Seragazı izleme ve Önleme Merkezinin Kurulması

3. Tekstil ve Deri Sektörlerinde Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Uygulamaları

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
3.1.Tekstil Sektörlerinde Sürdürülebilir Üretim ve Karbon Salımı İle Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar	1. Yatırım teşviklerinde devamlılık sağlanamaması, teşvik kapsamının sektörel ihtiyaca göre belirlenememesi, devlet teşviklerinin Teknoloji, otomasyon, sanayi 4.0 ve dijitalleşme alanında yoğunlaştırılması, 2. Mevcut yatırımlarda modernizasyonun önceliklendirilmemesi, 3. Sektörün rekabetçiliğinin Ar-Ge odaklı geliştirme ihtiyacı, Ar-Ge destekleri ve Ar-Ge merkezleri ile ilgili sorunlar, Ar-Ge altyapısı zayıf firmaların yetersiz girişimleri, bilgi ve teknolojinin yeterince ve hızlı transfer edilememesi, 4. Yüksek oranda organik/inorganik madde içeren tekstil atıksularının arıtma tesislerinde fazla enerji ve kimyasal madde kullanımına yol açması,	1. Sektöre yönelik istikrarlı bir yaklaşım benimsenerek uzun dönemli sanayi planlamaları ile teşvik sistemleri oluşturulması, dijital dönüşüm konularında gelişimi teşvik edecek yatırımların, teşvik verilebilecek alanların tespitinde katma değerli ürün üretiminin göz önünde bulundurulması, destek mekanizmalarının sanayi 4.0, otomasyon ve dijitalleşme sürecinin hızlandırılmasına katkı sağlayacak şekilde hazırlanması, 2. Türkiye'de üretimin birincil bileşeni olan makine altyapısının teknolojik gelişmeler paralelinde modernize edilmesi, 3. Ar-Ge teşviklerinin yanı sıra Ür-Ge teşviklerinin de sektörlerin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak istenilen seviyeye getirilmesi, Ür-Ge desteklerinde tasarım destekleri modelinin kullanılması, 4. Boyama atıksularının membran sistemi ile geri kazanımı ve proseslerde kullanılması, v. Eco-Smart Durulama (developed by Rudolf & Duraner Company) adı verilen ve özel kimyasallar içeren filtre uygulamaları gibi teknolojiler kullanılması, vi. Susuz boyama tekniklerinin (süper kritik karbondioksit - $ScCO_2$) yaygın olarak kullanılması için uygun teknolojinin mevcut proseslere entegre edilmesi sağlanabilir. vii. Zero Discharge of Hazardous Chemical programı benimsenerek ürün yaşam döngüsünde yer alan zararlı kimyasalların etkisi azaltılabilir. viii. Tekstil boyama ve apreleme proseslerinde kullanılan makinelerin soğutma

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	5. Alternatif hammadde kaynaklarının kullanılmaması, 6. Tekstil ve deri atıklarının dönüşüm ve yeniden kullanım oranının yetersiz olması, tüketici alışkanlıklarının değişimi, 7. Buhar ve kızgın yağ üretiminin kömüre bağlı teknolojiler ile gerçekleştirilmesi. 8. Kümelenmenin olduğu veya yakın lokasyonlarda yer alan tekstil işletmelerinin ortak buhar kazanı kullanımı ile sera gazı azaltımı sağlayarak enerji pozitif simbiyotik süreçler geliştirilebilir.	suyunun tekrarlı kullanımı (kurutma makinesi soğutma sularının toplanıp tekrar yumuşak su havuzuna gönderilmesi) enerji ve su tasarrufu sağlamasının yanı sıra, yumuşak suyun hazırlanması için kullanılan NaCl miktarından da tasarruf sağlar. 5. Moda endüstrisinde sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen bileşenlerin (mantarın vejetatif kısmı olan miselyum mikro liflerinden yapılmış kumaş) modern 'hızlı moda' konseptine dahil edilmelidir. ii. Sektörde hidrojen ve sentez gazı kullanımı ile plastik ve sentetik iplik yapımına yönelik teknolojilerin geliştirilmelidir. 6. Dünyada her yıl 150 milyon ton yeni giysi ve ayakkabı satışa sunulmakta. Yetkililere göre de, bir kenara atılan giysilerin ise yüzde 95'i halen kullanılabilir durumda. Geri dönüşüm tesislerinin kurulabilmesi için buna talebin ve katılımın artmasının yanı sıra teknolojik yeterlilik de çok önemlidir. Örneğin denim ürünleri mevcut koşullarda % 20 geri dönüşüm pamuk elyafı içerebilmektedir fakat kaliteyi düşürmeden bu oranı arttırmak daha fazla teknolojik inovasyon gerektirmektedir. 7. Kalorifik değeri yüksek ve geri dönüştürülemeyen kentsel, endüstriyel ve organik atıklardan türetilmiş yakıtların alternatif enerji kaynağı olarak tercih edilmesi ile karbon nötr hedefi (Avrupa Yeşil Mutabakatı) için kömür gibi fosil yakıtlara bağlılığın azaltılması sağlanabilir (Çelik, 2018). 8. Tekstil söktöründe özellikle boyama süreçlerinde yoğun bir sıcak su kullanımı mevcuttur. Her işletmenin kendine ait buhar kazanı bulunmakta ve buhar kazanlarında fosil yakıtlar tüketilmektedir. Bu durum önemli miktarda sera gazı oluşumuna sebep olmaktadır.
3.2. Deri Sektörlerinde Sürdürülebilir Üretim ve Karbon Salımı İle Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Yenilikçi Uygulamalar	1. Deri sektöründe üretim yerlerinin yetersizliği, yatırım teşvik düzenlemelerinin sektörel ihtiyaçları karşılamamaktadır. 2. Mevcut En İyi Teknik (BAT) uygulamalarını destekleyecek belirli bir standardizasyon ve yapılandırma sağlayacak yasal bir mevzuat bulunmamaktadır. 3. Türk deri sektöründe daha önce hiç yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışması yürütülmemiştir (Kılıç vd., 2018). 4. Ticaret Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü, Deri ve Deri Mamulleri Sektör Raporu'na (2020) göre: ham derinin ülke içi üretimin yeterli değildir, bu sebeple deri talebi ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Ayrıca deri ve deri mamulleri sektörü ithalata bağlı konumda olması sebebiyle ham deri fiyatlarından oldukça etkilenmektedir.	1. Deri sektörünün yoğun olarak dağınık KOBİ'lerden oluşan yapısı sektörün en büyük sorunlarından biridir. Atık ve arıtma sistemleri gibi bir fiziki altyapı ihtiyacı olmasına rağmen halen daha yerleşim yerlerinin içinde faaliyet göstermektedirler. i. Deri işleme (tabakhane) sektörünün yer değiştirmesi söz konusu değildir. Münferit yer değiştirmek isteyen ve OSB bünyesinde olmak istemeyen işletme kendi arıtma tesisini kurmak zorundadır ya da taşınmak istediği OSB'de arıtma tesisi bulunmalıdır. OSB bünyesine taşınmış, arıtma tesisi kurmuş ve aktif olarak çalıştırmakta olan bir deri işleme tesisi yerinde desteklemelidir. Çünkü arıtma tesisleri hem yatırım hem de işletme maliyeti açısından çok yüksektir. ii. Sektörel büyüme "Kümelenme" politikaları çerçevesinde olmalıdır. Ancak bu politika endüstriyel yığılma politikası ile karıştırılmamalıdır. Yani kümelenme sadece işletmeleri organize bir alana toplamak olarak değerlendirilmemelidir. Kümelenmenin kendine has rekabet artırıcı araç ve unsurları etkin bir şekilde irdelenip uygulanmalıdır. 2. Mevcut En İyi Teknik standardizasyonu sağlayacak ve sektör genelinde belirli emisyon sınırlamaları belirleyecek (AB – Commission Implementing Decision 2013/84/EU gibi) bir yasal mevzuat oluşturulmalıdır. 3. Temiz Üretim seçeneklerinin çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerinin değerlendirilmesi için başvurulacak olan tekniklerden biri YDD metodolojisidir. Bu bağlamda, Türk deri sektörünün çevresel, sosyal ve ekonomik açılardan verimliliğini artırmak için YDD uygulamaları gerçekleştirilmeli ve gerekli/gerekecek kapsamlı envanter veri tabanları oluşturulmalıdır. 4. Deri sektöründe daha yüksek miktarlarda ihracat gerçekleştirebilmek ve ihracat yapılan kuzey ülkelerinin taleplerini karşılayabilmek için, deri sektörünün, yeşil tedarik zinciri, kaynak tüketiminde ve sera gazı emisyonlarında azaltım gibi hususlara odaklanarak çevresel etki analizlerine önem vermesi ve bu analizler doğrultusunda Mevcut En İyi Teknik, Temiz Üretim uygulamalarına ağırlık vermesi gerekmektedir. Bu da yasal düzenlemeler, üniversite-sanayi vb. iş birlikleri ile gerçekleştirilmelidir.

4. Endüstriyel Baca Gaz Emisyonundan Sentetik Yakıtların ve Kimyasalların Üretimini Kolaylaştırmak İçin Yenilikçi ve Geri Dönüştürülebilir Katalitik Malzeme Sistemleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
4.1.Endüstriyel Baca Gaz Emisyonundan Sentetik Yakıtların ve Kimyasalların Üretimini Kolaylaştırmak İçin Yenilikçi ve Geri Dönüştürülebilir Katalitik Prosesler	Baca gazlarındaki CO_2'nin tutma ve ayırma maliyetleri oldukça yüksektir (endüstriyel kaynağa bağlı olarak 50-75 USD/ton), bu nedenle elde edilen CO_2'nin yararlı ürünlere geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanımı sürdürülebilir ve temiz ekonomi için son derece önemlidir. CO_2'nin yararlı ürünlere dönüştürülmesi katalitik proseslerinde gözlenen sorunlar aşağıda verilmiştir. Ayrıca CO_2'nin yararlı ürünlere dönüştürülmesi için katalitik proseslerde aşağıda özetlenmiştir. Kimyasal katalitik prosesler: - Düşük seçicilik - Katalizör inhibisyonu ve kararlılık problemleri - Reaksiyon ürünlerinin ortamından ayrılması reaktiflerin reaktöre geri döndürülmesi - Reaktörlerde tek geçiş başına düşük dönüşüm - Reaksiyon yan ürünlerinin (örneğin su) reaksiyonu yavaşlatması - Ekzotermik reaksiyon ve yüksek sıcaklığın kontrol edilmesindeki zorluklar Elektrokimyasal katalitik prosesler: - Uygun maliyetli, etkin ve seçici elektrokatalizör geliştirilmesindeki zorluklar - Elektrotlarda yüksek "overpotansiyel" sorunları nedeniyle istenmeyen yan reaksiyonlar - Gerilim kayıpları - Büyük elektrot alanı ihtiyacı - Genel olarak elektrokimyasal reaksiyon hızının yavaş olması nedeniyle katalizör yüzey alanının artırılması - Difüzyon kısıtlamaları - Membran ömrünün düşük, maliyetlerinin yüksek olması - Elektrokatalizör deaktivasyonu Biyokimyasal prosesler: - Biyolojik sistemlerin (alg, mikroalg, vb.) safsızlıklara ve pH değerine olan duyarlılığı gibi kısıtlamalar - Biyokimyasal dönüşüm hızının yavaş olması - Biyokimyasal reaktörlerin (alg havuzlarının, vb) büyük hacim ihtiyaçları - Canlı organizmalarla çalışma zorlukları - Ürün ayırma ve saflaştırma zorlukları - Kurutma proseslerinin yüksek olması	CO_2'nin yakıtlara dönüştürülmesi konusu; teknoloji geliştirme, düşük maliyetli yenilenebilir hidrojen üretimi için altyapı oluşturulması vb. konularının entegre bir yaklaşımını gerektirmektedir. Teknolojik açıdan, CO_2'den yakıt, kimyasal, vb. yararlı ürünlerin üretim yöntemlerinin ticari uygulamalara dönüşümün hızının artırılabilmesi için, yüksek seçicilik ve aktiviteye sahip katalizörlerin ve bu doğrultuda maliyet-etkin proseslerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan yanda belirtilen sorunların çözümü için genel öneriler aşağıda verilmektedir. Kısa vadede öneriler: • CO_2 Dönüştürme Teknolojileri kapsamında katalizör/ elektrokatalizör geliştirilmesi konusunda kamu ve özel sektör birlikte Ar-ge çalışmaları gerçekleştirmelidir. • CO_2 Dönüştürme Teknolojileri konusunda katalitik, elektrokatalitik özgün proses geliştirme, optimizasyon ve uygulama projeleri gerçekleştirilmelidir. • CO_2 dönüştürme teknolojileri ile elde edilen ürünlerin maliyetleri çok büyük oranda CO_2 tutma ve yeşil H2 üretimi maliyetlerine bağlı olduğu için bu teknolojiler de geliştirilmeli ve olgunlaştırılmalıdır. CO_2'den yakıt üretimi konusunda orta ve uzun vadede öneriler: • Pilot ölçek CO_2 Dönüştürme teknolojilerini kurulması ve faaliyete geçirilmelidir • Kurulan bu tesisler gerçek ortamda üretimlerin yapılarak proses optimizasyonu gerçekleştirilmelidir. • Elde edilen bu pilot ölçek veriler ışığında öncü tesis/ endüstriyel tesis tasarımlarının yapılarak kurulmalı ve çalıştırılmalıdır. • CO_2 kaynaklı ürünleri üretim maliyetlerini düşürülmesi için yeşil H2 üretimi ile proses entegrasyonu sağlanmalıdır. Diğer kullanım alanları, • Desalinasyon, • Beton, agrega, çimento ve katkılar ve belli oranda su karıştırılarak hazırlanır. Su, çimentonun ve dolayısı ile betonun sertleşmesi için kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda betonun kürlenmesi için su yerine CO_2 kullanımı denenmektedir. 28 gün sonundaki dayanıma yaklaşık olarak 1,5 gün içerisinde ulaşılmaktadır. Amerika'da bir şirket CO_2 kürleme ile prekast üretimi gerçekleştirmektedir. Kürleme için 300 kg'a kadar CO_2 beton içerisinde tutulabilmektedir.

5. Yapay Zeka Tabanlı Tedarik, Lojistik ve Dağıtım Ağları Optimizasyonu ve Otomasyonu Çözümleri (Atık, Emisyon ve Maliyet Azaltımı)

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
5.1. Yapay zeka tabanlı tedarik, lojistik ve dağıtım ağları optimizasyonu ve otomasyonu çözümleri (atık, emisyon ve maliyet azaltımı)	1. Akıllı Evsel Katı Atık Yönetim Sisteminin olmaması 2. Stok ve tedarik zincirinin tam olarak neresinde olduğunun belirsizliği 3. Sipariş yönetimi ve fiyatlandırmadaki problemler 4. Gelecek talepleri ve satışları tahmin etmedeki yetersizlikler 5. En güncel stok takibi ve stok verilerilerine erişime ilşikin problemler 6. Tedarik, lojistik ve dağıtım zincirinin uçtan uca görünürlüğe sahip olmaması maliyetleri ve müşteri memnuniyetini etkilemektedir. 7. Tedarik zincirleri artan müşteri beklentileri için yetersiz kalmaktadır.	1. Evsel katı atıkların ikili toplama sistemi ile toplanabilmesi için akıllı konteynerlerin tasarlanması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu konteynerler doluluk oranına göre Doluluk algılama sensörleri ile izlemesi, buna göre günlük dinamik atık toplama rotalarının oluşturulması, Coğrafi Bilgi Sistemitabanlı navigasyon sistemleri ile entegre edilmesi sayesinde evsel katı atıkların büyük bir oranını oluşturan (yaklaşık %60) mutfak atıklarının ayrı olarak toplanması ve muhafaza edilmesi sağlanacak olup, bu atıkların öncelikle besin değerinden faydalanılması için hayvan yemi veya maması yapılması, kalan kısmından ise enerji geri kazanımı (biyogaz, piroliz vb.) ve hammdde geri kazanımı (kompost, gübre, kimyasal vb.) sağlanacak şekilde Akıllı Katı Atık Yönetim Sistemi oluşturulmalıdır. 2. Nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi çeşitli sensörlerden alınan veriler, stok konumu ve durumuna ilişkin ön görüler sağlar, 3. Yapay zeka teknolojileri ile stok izleme daha doğru hale getirerek ve malzeme israfını azaltır, 4. Akıllı imalat 5. Akıllı sipariş yönetimi: Tedarik zincirleri, gelişmiş talep tahmini ve otomasyonla stok görünürlüğü artacaktır. 6. Dijital tedarik zinciri ve akıllı teslimat teknolojileri 7. Dijital ürünler, hizmetler ve iş modelleri • Sanallaştırılmış süreçler • Sanallaştırılmış müşteri arayüzleri • Dijital ikizler: sanal temsilleri olan dijital ikizler, nesneleri tüm yaşam döngüleri boyunca izlenebilirliği sağlar, 8. Esnek ve birbirine entegre değer zinciri ağları 9. Görünürlük ve Dijital Filo Yönetimi 10. Depo Otomasyonları 11. Veri Analitiği 12. Robotik, İnsansız araçlar, drone 13. Blockchain teknolijisi ile izlenebilirlik ve görünürlük iyileştirecek ve işlem güvenilirliğini artıracak.

6. Sektörel Enerji Verimliliği Malzemeleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.1. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliğe Yönelik Malzemelerin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Ulaşımdan kaynaklı yüksek sera gazı salınımının önlenmesi 2. Araç ve yollardaki atık titreşimin enerji kaynağı olarak kullanılmaması 3. Otomotiv endüstrisinde ağır malzeme kullanımı sonucunda enerji tüketiminin ve CO_2 gazı emisyonunun fazla olması 4. Motor veriminin düşük olması	1. Araç menzilinin arttırılması, sera gazı salınımının önlenmesi için aşağıda verilen ulaşım araçları için yüksek güç yoğunluğuna (Wp/m2) ve düşük kütleye sahip fotovoltaik güneş panellerinin geliştirilmesi • Kara taşıtları: Otomobiller, Pikap, Karavan, Kamyonet, Kamyon vb. • Deniz taşıtları: Yelkenli, Motoryat, Gemi vb. • Hava taşıtları: Planör, Drone vb.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		2. Enerji hasadı; ortamda doğal yollardan var olan enerjinin yakalanması, elektronik cihazlar için kullanılabilir bir enerjiye dönüştürülmesi ve daha sonra kullanılmak üzere depolanması işlemidir. Dünya genelinde petrol, kömür, doğal gaz ve diğer yenilenemeyen enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, arz talep aralığının giderek artması, küresel ısınma, enerji krizi ve çevresel etkiler gibi nedenler, enerji hasadı teknolojilerine duyulan ilgiyi artırmaktadır. Ulaşım sektörü özelinde değerlendirildiğinde; yol profili ve motor kaynaklı olarak araçlarda meydana gelen titreşimler ile araç geçişiyle birlikte yollarda meydana gelen titreşimler önemli birer atık enerji olarak değerlendirilmektedir. Bu enerjilerin hasatlanarak enerji ekosistemdeme dâhil edilmesi önemlidir. Titreşen veya hareket eden bileşenlerin sahip olduğu mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde piezoelektrik malzemeler önemli rol oynamaktadır. Piezoelektrik etki, uygulanan mekanik strese yanıt olarak elektrik yükü üretebilme ve tersi durumunda elektrik yükü altında mekanik şekil değişikliği gösterebilme yeteneği olup, simetri merkezi olmayan kristallerde gözlenebilmektedir. Mekanik enerji ile elektrik enerjisi arasındaki dönüştürücü özelliği, atık titreşimlerin hasatlanmasında inovatif çözümlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ulaşım sektörü özelinde atık enerjinin hasatlanmasına yönelik çözüm önerileri aşağıda sunulmuştur; iii) Otobanlar, raylı sistemler ve havalimanlarında araç geçişiyle birlikte oluşan titreşimin, yolların/rayların altına yerleştirilecek piezoelektrik tabanlı transdüserlerle enerjiye çevrilmesi ve depolanarak elektrikli araç şarj istasyonlarının/şehir şebekesinin beslenmesi (elektrikli araç sayısının artması ile birlikte, 2050 hedefleri kapsamında yollardaki titreşimin hastlanmasıyla elde edilen enerjinin, hareket halindeyken araçların şarj edilmesinde kullanılmasına yönelik uygulanabilir inovatif çözümler oluşturulabilir) iv) Araç titreşimlerindeki (süspansiyon, motor) ve araç hareketli bileşenlerindeki (otomobil lastiği) enerjiyi hasatlayabilecek sistemlerin geliştirilmesi ve hasatlanan enerjinin süperkapasitörlerde depolanması 3. Ulaşım araçlarında, güvenlik ve performansı koruyarak, yüksek mukavemete sahip hafif malzemelerin kullanımı, yakıt tüketimini önemli ölçüde azaltırken araç verimliliğini de arttıracaktır. Enerji tüketiminin azaltılması, ortaya çıkan CO_2 gazı emisyonlarının azalmasını da sağlayacaktır. Otomotiv endüstrisinde halihazırda kullanılan geleneksel çelik ve dökme demir yerine kullanılacak alternatif malzemeler; alüminyum alaşımları, magnezyum alaşımları, yüksek mukavemetli düşük alaşımlı çelikler, karbon fiber ve polimer kompozitlerdir. Hafif malzemelerin kullanılmasının kullanılan parça ağırlığını düşürme oranları Tablo 1'de sunulmuştur. Özellikle Al, Mg alaşımları ve karbon fiber katkılı kompozit malzemelerin kullanımı, otomotiv parçalarının ağırlığını önemli ölçüde azaltacaktır. Hafif malzeme kullanımı ile araçlardaki yakıt/güç tüketimi de doğrudan ilişki halindedir. A.B.D. Enerji Bakanlığı Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Ofisi (Joost, W.J., 2012), araç ağırlığındaki %10'luk bir azalma ile %6-8 oranında yakıt tasarrufu sağlandığını bildirmiştir. Bu aşamada diğer kritik nokta olan maliyet analizi de göz önünde bulundurularak, tek bir hafif malzeme kullanmak yerine optimum özellikleri sağlayacak çoklu malzeme kullanımı ile hem daha fonksiyonel hem de daha etkin enerji verimliliği sağlanabilecektir. Bu nedenle, alüminyum ve magnezyum bazlı yeni ileri metal alaşım sistemlerinin, karbon fiber katkılı kompozitlerin araştırlması, geliştirilmesi ve uygulanabilir hale getirilmesi ulaşım sektöründe enerji verimliliği açısından oldukça önemli ve gereklidir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		Tablo 1. Alternatif hafif malzeme kullanımının parça ağırlığını azaltma oranları (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy) Hafif Malzeme — Ağırlık Kaybı Magnezyum — %30-70 Karbon fiber katkılı kompozit — %50-70 Alüminyum, Al-bazlı kompozitler — %30-60 Titanyum — %40-55 Cam elyaf kompozit — %25-35 Geliştirilmiş yüksek mukavemetli çelik — %15-25 Yüksek mukavemetli çelik — %10-28 4. Motor teknolojisinin, verimliliğini artacak şekilde geliştirilmesi. Yüksek verimli, düşük ağırlıklı motor kullanılması enerji verimliliğini arttırmak ve sera gazı salınımının azalması için önemli bir potansiyel sağlamaktadır.
6.2. Konut ve Binalarda Isıtma ve Soğutma, Aydınlatma İhtiyacını Optimize Edecek İleri Malzemelerin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Sektörel Ar-Ge çalışmaları 2. Nem oranı yüksek yerleşim yerlerinde iklimlendirme ve ısıtma ve soğutmadan dolayı enerji maliyetlerinin yüksek olması 3. Bölgesel ısıtma/soğutma sistemlerinde alternatif çözümlerin kullanımının sağlanmasında mevcut kaynak belirsizliği, hibrit çözümler, termoekonomik yararlar, bölgesel uygunluk 4. Dekostrüksiyona (yapı söküme) uygun tasarım (DUT) 5. Kentsel donuşum ve bina yıkım/yapım süreçlerinde kaynak etkin yönetimi 6. Maden, sanayi ve tarımsal atıkların yapı sektöründe etkin kullanımı 7. Konut ve binalarda enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik malzeme çözümleri	1. Gömülü karbon, bir binanın malzemelerinin yapımında ve taşınmasında ve yapının kendisinin inşasında yayılan karbondur; küresel GHG emisyonlarının %11'inden ve küresel inşaat sektörü emisyonlarının %28'inden sorumludur (Alter, Lloyd, TreeHugger, 2018). Gömülü karbon miktarının azltılmasına yönelik ar-ge çalışmaları sektörler bazında yapılabilir. Ayrıca, seramik sektörüne göre daha yoğun emisyona sahip malzemeler, seramik malzemelerle ikame edilebilir. 2. Nem kontrollü karoların binalarda klima yerine kullanılarak enerji tasarrufu sağlanması çalışmaları yapılmaktadır. Bu kapsamda da çalışmalar yapılarak (Seramik Araştırma Merkezi) seramik sektörünün kullanımına sunulmuştur. 3. Her bir il için bölgesel ısıtma/soğutma sistemleri uygulamaları için yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı çözümlerin araştırılması Trombe duvar teknolojilerinin uygulanabilirliği Güneş duvarı teknolojilerinin uygulanabilirliği Çözüm odaklı yenilenebilir enerji kaynaklı Isı pompası uygulamalarının bireysel ısıtma/soğutma teknolojisi olarak kullanım imkanları Yenilenebilir hibrid teknolojilerin gelişimi PV/T uygulamaları, bileşik enerji ve ısıl sistem uygulamaları Sürdürülebilir ısıtma/soğutma için faz değiştiren malzeme kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi 4. Dekostrüksiyona (yapı söküme) uygun tasarım (DUT) Dekonstrüksiyona uygun tasarım (DUT), bir binanın ömrünün sonunu daha verimli bir şekilde yönetme niyetiyle tasarımını ifade eder. DUT, atık oluşumunu azaltmak ve yeniden kullanım ve geri dönüşüm için yüksek değerli ikincil yapı bileşenlerinin ve malzemelerinin geri kazanımını en üst düzeye çıkarmak için binaların kolayca sökülmesini sağlamayı amaçlar. Bu yenilikçi yaklaşım, tadilat, onarım ve bina yıkım gibi aşamalarının verimli bir şekilde yürütülmesini sağlamak için tasarımcıları inşaat projelerinin tasarım aşamasına DUT ilkelerini dahil etmeye teşvik eder. DUT kapsamında hem varlık yönetimi hem de bina yıkım/söküm süreçlerini içeren bütünsel bir şekilde bina sistemleri, ürünler ve hizmetler için kullanım ömrü sonu senaryolarını dikkate alınır. Bu yaklaşım, sürdürülebilir yapılı çevre için bir binanın yaşam döngüsünün dikkate alınması gerekliliğine vurgu yapar. 5. Kentsel donuşum ve bina yıkım/yapım süreçlerinde kaynak etkin yönetimi • Kentsel yapı stoklarında gömülü karbon ve malzemelerin tahmin edilmesi ve haritalanması • Kentsel yapı stoklarını korumak için mevcut ve gelecekteki yapısal olmayan malzeme ihtiyaç akışlarının tahmin edilmesi ve görselleştirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		• Kentsel donuşum ve bina yıkım süreçlerinde açığa çıkan atıkların etkin bir şekilde değerlendirilmesi için sistematik dijital çözümlerin oluşturulması Tekrar kullanılabilir malzemelerin/sistemlerin ayrıştırılması (Kapılar, pencere sistemleri,...) ve kullanılacağı/saklanacağı yerlere iletilmesi İleri dönüştürülebilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerin uygun şekilde toplanması ve kullanılacağı/saklanacağı yerlere iletilmesi Etkin ileri dönüştürme ve geri dönüştürme teknojilerinin geliştirilmesi (agrega geri dönüştürülmüş beton,...) 6. Maden, sanayi ve tarımsal atıkların yapı sektöründe etkin kullanımı Yapı malzemeleri üretiminde maden, sanayii ve tarımsal atıklar hammadde ya da yakıt olarak etkin bir şekilde değerlendirilenbilir. Bu süreçlerin etkin yönetimi için sadece malzeme/proses teknolojisinde gelişmeler olması yeterli değildir. Dijital çözümlerin artması ve atıklara ilişkin bilgilerin sistematik olarak toplanması ve erişilebilir olması da aynı derece de önemlidir. 7. Konut ve binalarda enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik malzeme çözümleri • Bina kabuğunu iyileştirerek enerji kaybını ve emisyonları azaltmak için uygun malzeme çözümleri Yüksek performanslı ve düşük çevre ayak izli yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi Yüksek performanslı camların ve pencere sistemlerinin geliştirilmesi • Yerinde yenilenebilir kaynaklarla birleştirilmiş enerji depolama sistemlerine uygun malzeme çözümleri Kimyasal enerji depolama Termal enerji depolama Elektrik enerjisi depolama Elektro-kimyasal enerji depolama Mekanik enerji depolama • Kentsel ısı adası etkisini azaltacak malzeme çözümlerinin geliştirilmesi
6.3. Sürdürülebilir, Çevre Dostu Yalıtım Malzemelerinin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Doğal kaynakların tüketilmesine sebebiyet veren geleneksel yalıtım malzemeleri 2. Konut ve binalarda yalıtım için kullanılan yöntem ve malzemelerin dezavantajları 3. Konut ve binaların küresel ısınmaya olumsuz katkısı 4. Isı yalıtım özelliklerinin iyileştirilmesi	1. Geleneksel yalıtım malzemelerinin yerine doğal veya geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması Türkiye'de 20,5 Milyon konutun %80'inini hala yalıtımsız olduğu dikkate alındığında kentsel dönüşüm projeleri ve yasal düzenlemelerin de etkisi ile önümüzdeki yıllarda yalıtım sektörünün hızlı büyümesini sürdüreceği öngörülmektedir. 2000 yılında yayımlanarak ısı yalıtımını yeni binalar için zorunlu kılan "TS 825 Isı Yalıtımı Yönetmeliği", sektörün gelişimi açısından çok önemli bir basamak olmuştur. Ardından, 1 Ocak 2001'de yürürlüğe giren "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği" gereğince de yeni inşa edilen binalara Enerji Kimlik Belgesi alınması zorunlu olmuştur. 10 yıl önce 350 Milyon USD büyüklüğünde olan pazar son yıllarda 5 Milyar USD hacmini aşmıştır. Bu büyüklüğün içinde malzeme üreticileri ve uygulamacılar bulunmaktadır. 2019 yılından itibaren mevcut binalarında Enerji Kimliği Belgesi alma zorunluluğundan dolayı, ısı yalıtım malzemeleri tüketiminin daha da artması beklenmektedir. Ülkemiz ısı yalıtım malzemeleri konusunda dışa bağımlılığını hala sürdürmektedir. Böyle bir durumda, yerel hammaddeler kullanılarak geliştirilecek olan ısı yalıtım malzemeleri ülkemiz açısından ekonomik anlamda ciddi yarar sağlayacaktır. Bina yalıtımı yaygın olarak petrokimyasallardan (çoğunlukla polistiren) veya yüksek enerji tüketimi ile işlenen doğal kaynaklardan (cam ve taş yünü) elde edilen malzemeler kullanılarak gerçekleştirilir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		Bu malzemeler, esas olarak üretim aşamasından (yenilenemeyen malzemelerin kullanımı ve fosil enerji tüketimi) bertaraf aşamasına (ürünlerin kullanım ömrü sonunda yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesindeki sorunlar) çevre üzerinde önemli zararlı etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle, atık bir malzemenin ikincil bir ürün olarak kullanımı hammadde tüketimi ve çevre kirliliği açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu noktada bina tasarım sürecinde "sürdürülebilirlik" kavramı, doğal veya geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılması ile termal ve akustik yalıtım malzemelerin geliştirmesini amaçlayan araştırmalar önem arz etmektedir. Bazı yeşil malzemelerin ve bazı tarımsal ve endüstriyel yan ürünlerin ısıl ve akustik yalıtım özellikleri, inşaat sektöründe yeniden kullanım veya geri dönüştürme fırsatlarını değerlendirmek için literatürde bazı çalışmalar mevcuttur fakat bu ürünlerin kullanımı yaygın değildir, genelde deneysel çalışmalarla ve laboratuvar aşamasıyla sınırlıdır. Örneğin çeltik samanı, hindistancevizi zifti, mısır kabuğu ve yerfıstığı kabuğu, çoğu doğal yalıtım malzemesi arasında en düşük ısı iletkenliğine sahiptir ve köpüklü poliüretandan (0.024 W/(m·K)) daha düşüktür. Ananas ve ananas yapraklarının lifleri, köpüklü cam yalıtım levhasından (0.045 W/(m·K)) daha düşük bir ısı iletkenliğine sahiptir. Doğal malzemelerin ciddi bir bölümü, faz değiştiren malzemeden (PCM) (0.080 W/(m·K)) daha düşük termal iletkenliğe sahiptir. Hindistan cevizi kabuğu ve küspe kimyasal yapıştırıcılar kullanılmadan düşük yoğunluklu ısı yalıtım levhaları haline getirilebilir. Pamuk sapı lif levha, çok az bağlayıcı ve enerji kullanımı ile duvar ve tavan malzemesi olarak kullanılabilir. Doğal liflere dayalı yalıtım malzemeleri, özellikle kenevir, keten ve jüt, dış bitki duvarlarının ve çatılarının yapımında uygulanabilir. TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardına göre; ısı yalıtım malzemelerinin yalıtım özelliği taşıyabilmeleri için ısı iletim katsayısı λ değerinin 0,065 W/mK değerinin altında olması gerekmektedir. Ticari olarak piyasada satılan cam köpük malzemelerinin ısı iletim katsayısı değeri 0,045-0,060 W/mK aralığında değişmektedir. Sonuç olarak, geleneksel olmayan malzemelerin yaygın bir şekilde kullanılmasından önce hala çözülmesi gereken sorunlar var. Özellikle en iyi performans gösteren malzemeler için dayanıklılık yangına dayanıklılık, su buharı difüzyonu gibi bazı özellikler daha fazla araştırılmalıdır. Doğal malzemelerden yapılmış yalıtım malzemelerinin üretimi, gıda bitkilerinin ekimi ve hasadı ile çelişmemeli, tarım sektörünün kalıntı ve yan ürünlerinin kullanımına odaklanılmalıdır. Bu geleneksel olmayan malzemelerin kullanılması, petrol bazlı ve yenilenebilir olmayan kaynakların kullanımını azaltabilir. 2. Konut ve binaların termal performans değerlendirmesine dayalı olarak dizayn edilmesi/iyileştirilmesi Konut ve binalarda yalıtım noktasında ortaya çıkan problemler genel anlamda uygulanan yalıtım malzemesi ya da sistemin optimum koşullar gözetilerek uygulanmaması/seçilmemesinden ya da uygulanan tekniğin sebep olabileceği muhtemel problemlerden kaynaklanmaktadır. Örneğin konvansiyonel çatı sistemlerinde yalıtım çatı membranının altına kurulur ve yalıtımın konvansiyonel bir çatı sisteminde yeri birkaç dezavantajı (güneş ışısının çatı yüzeyi altına aktarılamaması, yüksek seviyede genleşme ve büzülmeden kaynaklı hasar, nem sıkışmasından kaynaklı hasarlar vb.) beraberinde getirir. Bu gibi malzeme ve uygulama kaynaklı sorunların yanı sıra uygulama yapılacak binanın mevcut durumu da önem arz etmekte, dış cephesine müdahale edilmeyecek binalarda içten yalıtım çözümleri gerçekleştirilmekte ve bu da maliyeti ekstra arttırabilmektedir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		Bu noktada yalıtım ve termal tasarımın dinamik metodolojilere dayandırılarak gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Örneğin yapıda daha fazla yansıtıcı yüzeyler kullanılarak Albedo (bir nesneden uzaya geri yansıyan güneş radyasyonunun bileşen) parametresinin arttırılması gereken alanları bulmak için uzay kaynaklı verileri kullanma potansiyeli önemli bir yaklaşımdır. Bunun yanı sıra, akıllı camların (alt tabaka ve karartma malzemesi olarak cam veya diğer şeffaf malzemelerden oluşan ışık ayarlı akıllı bir pencere sistemi) kullanımı son yıllarda dikkat çeken bir yaklaşımdır. Belirli fiziksel koşullar altında (ışık, elektrik alanı, sıcaklık gibi) cihaz renklendirme veya solma reaksiyonu ile renk durumunu değiştirir. Bu nedenle, ışık yoğunluğunu ve iç sıcaklığı ayarlayarak enerji tasarrufu amacına ulaşmak için dış ortamın ısı radyasyonunu seçici olarak emebilir veya yansıtabilir ve iç ısı difüzyonunu önleyebilir. Farklı uyarma yöntemlerine göre elektrokromizm, termokromizm, fotokromizm ve gaz kromizmi olarak ayrılabilir. Genel anlamda termal yalıtım operasyonları standart bir prosedürle tüm yapılara benzer bir biçimde uygulanmakta ve mevcut hali ile optimizasyondan uzak bir işlem özelliği sergilemektedir. Fakat gerek mevcut gerekse inşa edilecek olan binalarda termal yalıtım operasyonundan önce binanın enerji simulasyonunun gerçekleştirilmesi ve enerji performansının tespit edilmesi neticesinde izolasyon operasyonunun optimize edilmesi sürdürülebilirlik açısından en etkili yol olarak görülebilir. Üç boyutlu bina modeline uygulanacak dinamik enerji simülasyonu neticesinde elde edilen enerji dağılımına göre gerçekleştirilecek yalıtım optimizasyonu daha uygun ve daha az miktarda malzeme kullanımına imkan sağlayacak ve en sürdürülebilir çözümlerin üretilmesini mümkün kılacaktır. 3. Pozitif enerji komşuluğu, Kentlerde yenilenebilir enerji uygulamaları ile ısıtma, soğutma ve elektrik vb. ihtiyacının temini Küreselleşen dünyada kentler iletişim, ticaret ve kültürün merkezleri olarak toplam enerjinin üçte ikisinden fazlasını tüketirlerken küresel CO_2 emisyonlarının %70'inden fazlasını atmosfere yayaylar. Pozitif Enerji Bölgeleri/Mahalleleri (PED/PEN) enerji verimliliğini ve enerji fazlasının üretilmesini hedefleyen şehirlerdeki bir alt sistemlerdir. Kapsamlı sürdürülebilir kentleşme stratejilerinin ayrılmaz bir parçasıPozitif Enerji Bölgeleri ve Mahalleleri, odağı bireyden uzaklaştırarak mahallelere yönelik pozitif enerji inşası ve dolayısıyla yeni bir etki düzeyi sürdürülebilir kentsel kalkınma ve enerji geçiş sürecini enerji verimli binalar, yenilenebilir enerji teknolojisi ve depolama ve enerji yönetim sistemleri ve teknoloji ile mimariyi birleştirmek ve sosyal inovasyon faaliyetlerini içeriyor. PED geliştirmeyi yaygınlaştırmak için uygulanabilir çözümler gerekli altyapı ile ilgili olarak, aralarında yeni işbirliği biçimleri paydaşlar, halkın katılımı, yasal çerçeve ve iş modellerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu uygunlamaların yapılabilmesi için siyasi taahhüt gereklidir. Yerel çerçevede enerji üretmek, kullanılan teknolojiler ve muvzuatlar pek çok güçlükler yaratmaktadır. Şehirler, ana enerji tüketicileri olarak enerjiyi ancak kısmen üretebilirler. Organizasyonel değişiklikler tarafından yönlendirilen üretim ve dağıtım ile yapıcı çözümlerin geliştirilmesi gereklidir. Bu kapsamda aşağıdaki başlıklarda proje çalışmalarına ihtiyaç duyulacaktır; i) Mevcut binalar ve araçların pozitif enerji komşuluğuna dönüştürülmesi Birkaç bina ve elektrikli araçlardan oluşan yaşam alanının pozitif enerji komşuluğuna dönüştürülmesini içerir. ii) Mevcut mahallerin pozitif enerji komşuluklarına dönüştürülmesi Mevcut kentsel yapıların bu yaklaşımla Pozitif Enerjiye yönelik yenilikçi güçlendirme ve yeniden tasarım stratejileri geliştirilmesi ve iklim açısından nötr mahalleler oluşturulması hedeflenir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		iii) Süreç ve iş modeli geliştirmesi Paydaşlar ile işbirliği için stratejiler geliştirmek, iş modelleri, kamu-özel ortaklığı ve düzenleyici çerçeve çevresel, sosyal ve ekonomik modellerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. 4. Binalarda kullanılan geleneksel yapı malzemelerinden biri olan tuğlanın ısı yalıtım özelliklerini optimize etmek için bazı gözenek oluşturucu maddeler, (talaş, pirinç kabuğu veya ayçiçeği çekirdeği kabuğu) gibi harici organik kaynaklardan elde edilen ikincil ham maddelerin yanı sıra atık cam ve inorganik esaslı malzemelerin kullanımı ile termal iletkenlik katsayısı < 0.065 W/mK, kapalı gözenekli, yoğunluğu düşük, yangına ve ısıya dayanıklı, çevre dostu yapı malzemelerin üretimi mümkün olmaktadır. Tuğla malzemesine alternatfi olarak, binalarda dayanım gerektirmeyen ara bölmelerde hem tuğla yerine hem de ısı yalıtım malzemesine yerine kullanım imkanına sahip gözenekli panel malzemelerin üretimi ve kullanımı da son yıllarda yaygınlaşmaktadır. Bu malzemelerin kullanımı ile hem ısı yalıtım hem de ses yalıtımının sağlanmasına katkı sağlamaktadır.
6.4. Sanayide Enerji Verimliliğine Yönelik Malzemelerin Geliştirilmesi, Üretilmesi ve Uygulamaları	1. Enerji verimsiz üretim teknikleri ve ısıl güç yönetimi hususunda zafiyetler 2. Enerji tüketiminin azaltılması 3. Sanayide sıcak su ve buhar hatlarında meydana gelen termal kayıplar 4. Enerji tüketimi yüksek geleneksel aydınlatma armatürlerinin kullanılması	1. Proses ve malzeme odaklı verimli enerji yöntemlerinin üretim sistemlerine entegrasyonu Dünya üzerindeki büyük olumsuz etkisi göz önünde bulundurulduğunda endüstrinin büyük enerji kullanımı ve enerji verimliliğinin arttırılması yoluyla sağlanabilecek büyük enerji tasarrufu potansiyeli günümüzün ana odaklarından biri haline gelmiştir. Fakat enerji verimliliği hususunda yapılabilecekler endüstrinin muazzam seviyede çeşitliliğinin doğasında var olan politik zorluklar tarafından bastırılmaktadır. Sektörün enerji kullanımı, enerji kaynakları ve fiyatları; politik, ekonomik ve ticari durumlar ve yönetsel öncelikler ve karar verme paradigmaları gibi birçok farklı teknoloji, süreç ve ürününden etkilenmektedir. Bu noktada bazı eylemler enerji verimliliğinin sağlanması hususunda ön plana çıkmaktadır: • Doğal verimlilik bozulmasına karşı koymak ve süreç parametrelerindeki değişiklikleri yansıtmak için ekipmanın bakımı, yenilenmesi ve tekrar ayarlanması • Eski ekipmanın, proses hatlarının ve tesislerin yeni ve en son teknolojilere göre güçlendirilmesi, değiştirilmesi • Isı kaybını ve atık enerjiyi azaltmak için ısı yönetiminin kullanılması, yani, yalıtımın uygun kullanımı veya bir prosesten diğerine atılan ısı ve malzemelerin kullanımı • Daha iyi enerji ve malzeme verimliliği ve genel süreç üretkenliği için süreç kontrolünün iyileştirilmesi • Süreçleri düzene sokmak—işleme adımlarını ortadan kaldırmak ve yeni üretim konseptlerini kullanmak; • Ürün ve malzemelerin yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi • Artan süreç üretkenliği—ürün reddedilme oranlarını azaltmak ve malzeme verimini artırmak. • Sürdürülebilir teknolojilerin yenilikçi gelişimi ve üretim ve süreçlerdeki yenilikler; yenilenebilir hammadde ve ürün ve hizmetlerin kullanımı • Daha düşük enerji yoğunluğuna sahip önlemlerin uygulanması, teknolojik süreçlerden kaynaklanan enerji kayıplarının verimli kullanılması ve enerji tasarrufu önlemleri için modern teknolojilerin ve malzemelerin uygulanması. Söz konusu eylemlerin mümkün kılınmasında malzeme odaklı çözümler olarak ise: • İhtiyaç duyulan gücün optimize edilmiş yüksek verimli sistemlerle üretilmesi, • Basınçlı sistemlerin minimum kaçakla, minimum basınçla, dış ortamdan alınana hava ile çalışacak şekilde optimize edilmesi,

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		• Kullanılan standart malzemelerden kaynaklı atık ısının malzemenin optimizasyonu yolu ile indirgenmesi veya atık ısının ısı gerektiren işlemlerde tekrar kullanılması, • Yakıt tiplerinin hedef enerji doğrultusunda optimize edilmesi, • Isı çıkışından faydalanılan ekipmanların veriminin arttırılması adına malzeme odaklı optimizasyonun sağlanması, • Termal izolasyon sağlayan malzemelerin ısıl etkinin değerlendirildiği ekipmanlarda kullanılmasıdır. 2. (yapılan ve) yapılabilecek çalışmalar; • fırınların ve kurutucuların tasarımlarının geliştirilmesi • fırınlardan atık ısının geri kazanılması • kojenerasyon/kombine ısı ve enerji santralleri • ağır akaryakıt ve katı yakıtların düşük emisyonlu yakıtlarla ikamesi • reçetelerin modifikasyonu. • radyant tüplü brülörler • mikrodalga destekli sinterleme ve mikrodalga kurutucular • refrakter ürünler için yeni tip bir kurutma sistemi (Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry, August 2007) 3. Sıcak su ve buharın taşınımında kullanılan boru,kondenstop vb. hatların izolasyonunda kullanılmak üzere yüzey uygulaması kolay, ısı iletim katsayısı düşük termal boya-polimerik kaplama mazlemelerinin geliştirilmesi 4. Mümkün olan yerlerde çatı ve tavan bölümlerinden doğal aydınlatmanın bina içlerine taşıyan yansıtıcı-tübüler sistemlerin geliştirilmesi
6.5. Mekanik Sistemlerde Enerji Kaybını Azaltacak Malzemelerin, Yüzeylerin ve Tasarım Yaklaşımlarının Geliştirilmesi ve Uygulamaları	1. Mekanik sistemlerde sürtünme kayıplarının enerji verimliliğini düşürmesi 2. Mevcut malzemelerin ve geleneksel imalat yöntemlerinin mekanik sistemlerin tasarımında sınırlayıcı olması	1. Mekanik sistemlerdeki sürtünmeye bağlı enerji kaybı dünyada üretilen tüm enerjinin beşte birini oluşturmaktadır. Doğru tribolojik yaklaşımlarla sürtünmenin düşürülmesi ulaştırma sektörü başta olmak üzere mühendislik faaliyeti içeren her sektörde enerji kayıplarının azaltılmasına yönelik büyük potansiyel taşımaktadır. Fiziksel buhar bırakımı ve kimyasal buhar bırakımı ile üretilen ince film kaplamalar her tür yüzeye uygulanabilir nitelikleri nedeniyle bu kapsamda öne çıkmaktadır. Son yıllarda araştırmaları hız kazanan elmas-benzeri karbon (diamond-like carbon) kaplamalar sürtünmeyi %0.1 seviyesine indirebilmektedir. Düşük sürtünme uygulamalarında kullanılan bilindik bir malzeme olan teflonun sürtünme katsayısının %8 olduğu düşünüldüğünde, bu yeni nesil kaplamaların taşıdığı potansiyel daha net bir şekilde anlaşılmaktadır. Bu bağlamda yapılabilecek bilimsel ve teknolojik çalışmalar şu şekilde sıralanabilir: • Elmas-benzeri karbon kaplamaların hidrojenize içyapı ve organik katkılar aracılığıyla daha yüksek performansa ulaştırılması. • Metal-nitrür kaplamalara yapılacak vanadyum ve molibden gibi eklemelerle kendinden yağlayıcı özelliğe sahip yapılar elde edilmesi. • Kaplamaların yüzey tutunması, sıcaklık dayanımı ve korozyon direnci gibi özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik yeni kaplama kompozisyonlarının ve içyapılarının araştırılması. Yukarıda bahsedilen ve sert kaplamalar olarak tanımlanabilecek yapılar yalnızca birkaç mikron kalınlığında olduğundan mevcut parça geometrisini değiştirmeden uygulama imkanı sunmaktadır.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		Öte yandan ilgili kaplamaların ülkemizdeki makina tasarım ve imalat süreçlerinde kullanımı kritik motor parçaları ve metal işleme sektöründeki kesici takım uygulamaları ile sınırlı kalmaktadır. Söz konusu kullanımın yaygınlaştırılması için önemli noktalar şunlardır: Magnetron saçtırma ve katodik ark biriktirme tekniklerinin kaplama hızı ve kalitesini artırılması ve işlem maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmalar. Kaplamaların verim artışına sağlayacağı katkıların öngörülmesini sağlayacak araçların ve metodolojilerin geliştirilmesi ve bu konuda ilgili sektörlerde farkındalık yaratılması. • Konvansiyonel yağlayıcıların kullanıldığı CNC tipi metal işlem süreçlerinin, kriyojenik soğutma sistemlerini içeren yeni nesil metal işleme makinalarına dönüştürülmesi 2. Mekanik sistemlerde sürtünme kayıplarına ilave olarak hareket eden parçaların ağırlığı ve kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri de verimi etkilemektedir. Özellikle taşımacılık sektöründe araç ağırlığının azaltılması hem malzeme sarfiyatını hem de yakıt tüketimini doğrudan azaltacak bir etkiye sahiptir. Eklemeli imalat teknolojileri, bu kapsamda tasarım ve üretim süreçlerine büyük avantajlar sağlamaktadır. Eklemeli imalat, polimerik, metalik ve seramik malzemelerin, herhangi bir kesme, delme veya işleme prosesine ihtiyaç duymadan üretimini sağlayan yenilikçi bir teknolojidir. Bu yaklaşım sayesinde, geleneksel üretim yöntemlerindeki sınırlamalardan etkilenmeden kompleks geometrilerin üretimi mümkün olmaktadır. Eklemeli imalat teknolojilerinin verim artışı sağlamasına yönelik çözümler şu şekilde öngörülmektedir: Ağırlık azaltımı için yapısal malzemelerde kafes yapıların kullanımı. Bu yeni yaklaşımı destekleyecek tasarım, analiz ve üretim metodolojilerinin geliştirilmesi. Yüksek dayanım-ağırlık oranı elde etmek için topoloji optimizasyonu. Topoloji optimizasyonu süreçlerine destek verecek yazılım ve analiz araçlarının geliştirilmesi ve ilgili kabiliyetlerin imalat yöntemlerine uyumlu hale getirilmesi. Eklemeli imalat yaklaşımlarının ortaya koyduğu yeni malzeme ve proses süreçlerinden faydalanan yeni nesil metal alaşım, polimer ve kompozit yapıların geliştirilmesi Eklemeli imalat teknolojisini kullanan cihazlar konusunda dışa bağımlılığın azaltılmasına yönelik yerli ve milli teknolojilerin geliştirilmesi Malzeme teknolojileri de özellikle yüksek sıcaklığa dayanım ve yüksek mekanik dayanım ihtiyacı duyulan mekanik bileşenler için sınırlayıcı olmakta ve mekanik sistemlerde buna bağlı verim kayıpları önemli bir oran teşkil etmektedir. Bu kapsamdaki çözüm önerileri şu şekilde sıralabilir: • Yüksek entropi alaşımları ve metalik cam gibi yeni nesil alaşımların geliştirilmesi ve üretimi konusundaki kabiliyetlerin artırılması • Karbon fiber katkılı polimer kompozitler başta olmak üzere yüksek dayanım-ağırlık oranı sağlayan yeni nesil yapısal malzemelerin ve nanokompozitlerin geliştirilmesi • Geliştirilen alaşım ve yapıların büyük ölçekte ve ticari üretimine yönelik Ar-Ge faaliyetlerinin yapılması • Yüksek sıcaklığa dayanıklı refrakter alaşımların ve ileri seramik malzeme ve kompozitlerin geliştirilmesi

4. POLİTİKA VE EYLEMLER

Ülkemizin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum sürecinde fırsat yaratacak çığır açıcı teknolojilerde ivme kazanmasına yönelik teknoloji tabanlı 6 politika ifadesi ve her politikaya özel hedeflenmesi önerilen Ar-Ge ve yenilik konu başlıklarını içeren eylemler belirlenmiş olup belirlenen Politikalar ve Eylemler aşağıda verilmektedir:

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 1.

Sanayi sektörlerinde düşük karbonlu üretime ulaşmak için karbon tutma teknolojileri kapsamında membran, oksiyanma, kimyasal döngü, doğrudan atmosferden yakalama teknolojileri ile birlikte yüksek ısıl işlemlerde yenilenebilir enerji ve yeşil hidrojene dayalı yakma teknolojileri, mikrodalga, infrared, plazma vb. teknolojiler geliştirilecektir.

Eylemler

1. CO_2 emisyonu yoğun sektörlerde (çimento, seramik, demir-çelik, vb.) karbondioksit tutma maliyetinin düşürülmesi amacıyla bu sektörlerin proseslerine uygun yenilikçi karbon tutma teknolojilerinin (membranlar, enzimleri kullanan prosesler, iyonik sıvılar, vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yenilenebilir enerji kaynaklarının hem elektrik üretiminde hem de ısı kaynağı olarak proseslerde kullanımının yaygınlaştırılması (sanayide sıcak su ihtiyacının jeotermal ve güneş enerjisi teknolojileri kullanılarak sağlanması, yüksek ısıl işlemlerde konsantre solar termal enerji kullanımının adaptasyonu/entegrasyonuna yönelik teknolojiler, hibrit yenilenebilir enerji tesisleri kullanılarak hidrojen üretilmesi ve sanayide kullanımı için kısa ve orta vadede çalışmalarının yapılması vb.).

3. Sanayi tesislerinde yenilenebilir enerji için "üreten tüketicilere (prosumer) dönüşüm" teknolojileri ile blokzincir, işlemsel enerji, benzer kollar ticareti teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Yeşil hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesi, hidrojen enerjisinin sanayi sektörlerinde kullanımına imkan veren proseslerin geliştirilmesi (doğrudan indirgenmiş demir (DRI) üretimi, fırınlara entegre edilebilecek uygun regülatör, difüzer, kovan ve brülör sistemlerinin geliştirilmesi); sanayi sektörlerinde düşük/orta ısıl işlemlerde hidrojen kullanımına yönelik kojenerasyon/yüksek sıcaklık yakıt hücrelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

5. Fosil yakıtlara bağlı ısıl işlemlerle ikame edilmek üzere mikrodalga, plazma, infrared gibi alternatif sinterleme/kurutma teknolojilerinin ve genel olarak enerji verimli öğütme/granülleştirme teknolojilerinin geliştirilmesi.

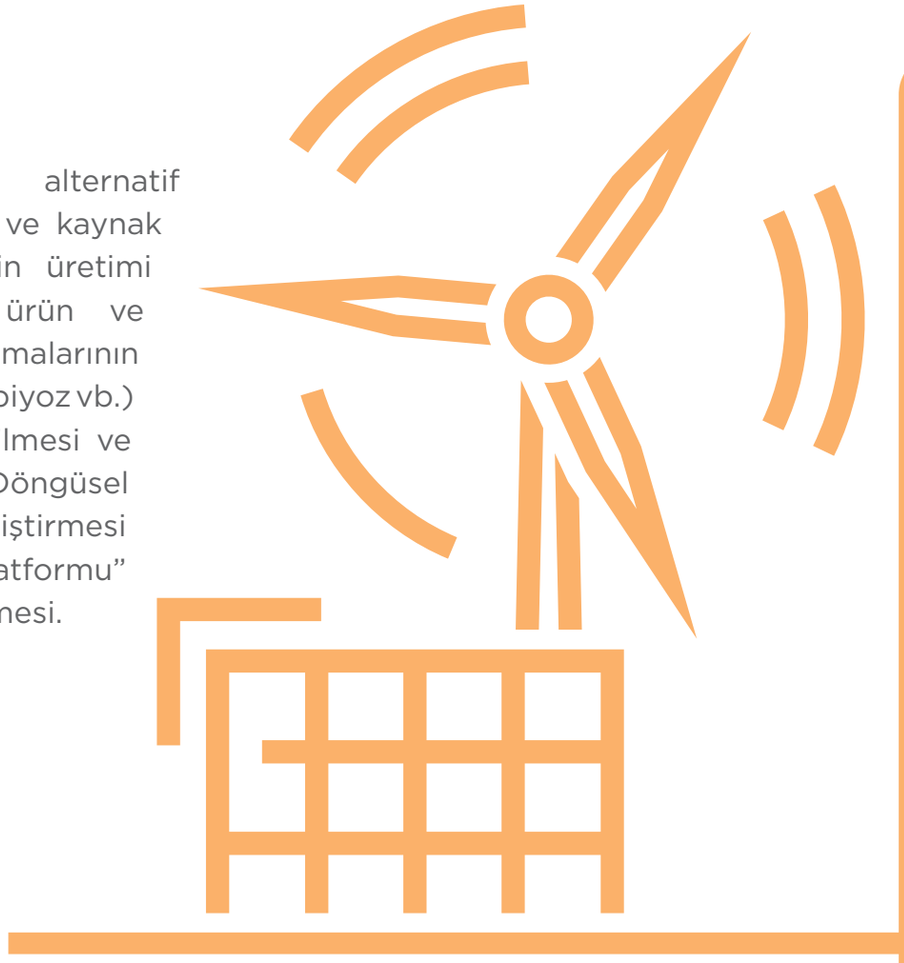
Vade: Kısa/Orta (2035)

6. ORC (Organik Rankine Döngüsü) teknolojisi ile özellikle düşük sıcaklıklarda (minimum 50°C) atık ısı kazanımı teknolojileri, ısı pompalarının (>250°C) ve etkin ısı değiştirici teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Sanayi sektörlerinde alternatif hammaddelerin kullanımı ve kaynak verimli alternatif ürünlerin üretimi amacıyla sürdürülebilir ürün ve döngüsel ekonomi uygulamalarının (yeşil OSB, endüstriyel simbiyoz vb.) ve teknolojilerinin geliştirilmesi ve oluşturulacak "Temiz ve Döngüsel Ekonomi Teknolojileri Geliştirmesi ve Adaptasyonu Platformu" kapsamında değerlendirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 2.

Sanayi sektörlerinde tutulan karbondioksiti yararlı ürünlere dönüştürmek için yenilikçi ve maliyet etkin kimyasal, elektrokimyasal ve biyokimyasal katalizör ve reaktör teknolojileri geliştirilecektir.

Eylemler

1. CO_2'den

- yakıtlar (sentetik metan vb.),
- kimyasallar (metanol, DME, vb),
- polimerler (polikarbonat, vb)
- diğerleri (elementel karbon vb) ve
- değerli ürünlerin üretilmesi kapsamında, yenilikçi kimyasal, elektrokimyasal ve biyokimyasal katalizörlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

2. Katalizörlerde platin vb. değerli metaller yerine daha düşük maliyetli yenilikçi (MOF vb.) yapıların kullanılması

Vade: Uzun (2053)

3. Geliştirilen katalizörlerin verim, seçicilik, ömür kriterleri açısından optimize edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Pilot ölçek CO_2 dönüştürme proseslerinin kurulması, faaliyete geçirilmesi ve proses optimizasyonunun gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. CO_2 dönüştürme tesislerinin pilot ölçek verileri ışığında öncü tesis/endüstriyel

tesislerde üretimin doğrulanması

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 3.

Atıkların ve biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesi amacıyla, yeni nesil gazlaştırma ve piroliz teknolojileri kullanılarak sürdürülebilir hidrojen, sentetik yakıtlar ve katma değeri yüksek ve geniş pazara sahip kimyasalların üretimi sağlanacak ve biyokimyasal teknolojiler kullanılarak üretilen biyogazdan yeşil metan üretim teknolojileri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Orman kökenli biyokütleler, tarım kökenli biyokütleler (domates, ayçiçeği, pamuk, çeltik sapları gibi), enerji bitkileri, fındık, ceviz, kayısı çekirdeği kabukları, gıda tesisleri atıkları ve hayvansal biyokütlelerin değerlendirilmesi amacıyla, biyoprosesler (biyogaz, biyoetanol, biyodizel üretimi), termokimyasal prosesler (piroliz, gazlaştırma teknolojileri ile aktif karbon, karbonca zengin malzeme, pirolitik yağ, sıvı yakıt, platform kimyasalları, hidrojence zengin sentez gazı, yeşil hidrojen, yeşil metanol, amonyak, etilen/propilen monomerleri üretimleri) ve hidrojen ve karbon dioksit teknolojilerinin (katalitik ve elektrokimyasal indirgeme yöntemleriyle sentetik yakıtlar ve kimyasal üretim teknolojileri) geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Biyokütle, biyoatık vb. atık çeşitlerinin yenilenebilir enerjiye dönüştürülmesi, biyoyakıt eldesi, organik atıktan elde edilebilecek biyogazın biyometan (yeşil metan) veya biyobütanol olarak yükseltilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi, biyogaz üretim kapasitesini arttırmaya yönelik ileri oksidasyon prosesi entegreli yerli anaerobik çürütücülerin ve kojenarasyon ünitelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Organik içeriği yüksek arıtma çamurlarının kurutularak, gazlaştırılarak veya hidrotermal karbonizasyon ile katı yakıta dönüştürülmesi; gazlaştırılması ile sentetik gaz ve hidrojen üretimine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 4.

Atık oluşumunun önlenmesi amacıyla öncelikli olarak ürünlerin tasarımı (eko tasarım, eko etiket vb.), üretim ve bakım teknolojilerinin bütünsel yaklaşımla ele alınması; atıkların değerlendirilmesi kapsamında evsel ve endüstriyel atıksulardan değerli kimyasalların geri kazanımı amacıyla ileri hibrit atıksu arıtma teknolojileri, membran teknolojileri ve kristalizasyon teknolojileri; elektronik atıklardan ve evsel atıklardan kritik hammaddelerin geri kazanımı amacıyla hibrit, kimyasal ve membran teknolojileri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Enerji verimliliği yüksek, daha az yer kaplayan ve organik maddeyi ayırabilen, kaynak geri kazanımını hedefleyen hibrit atıksu arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Kristalizasyon prosesi ile anaerobik çürütme sonrası sıvı akımlarında açığa çıkan azot, fosfor ve magnezyumun, amonyum fosfat gibi yüksek kaliteli gübreye dönüştürülmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Organik içeriği yüksek olan kentsel ve endüstriyel atıksulardan ayrışabilen biyoplastik elde edilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Endüstriyel atıksulardaki toksik bileşiklerin işletme yeterliliğine uygun olarak fiziksel (adsorpsiyon, membran filtrasyon, hibrid membran), kimyasal (fotokatalistler, peroksi-elektrokimyasal işlemler), biyolojik (anaerobik biyoremediasyon, MBR işlemleri), veya hibrid prosesler (membran filtrasyon+ozonlama, hibrid membran+entegre ozon biyolojik havalandırılmış filtre) ile ayrıştırılması sonucu temiz suyun efektif şekilde geri kazanımı, sıfır kimyasal atık deşarjı prensibi benimsenerek atıksularda Eco-Smart adı verilen akıllı filtre uygulamaları.

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Plastik gibi evsel atıkların, özellikle de poliolefin, polistiren ve PET ürünlerden geri kazanım ile değerli kimyasal eldesi; plastik atıkların pirolizi veya gazlaştırılması ile sentetik gaz ve hidrojen üretilmesi; eko-tasarım ve yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) çalışmaları ile döngüsel ekonomi yaklaşımına uygun malzeme tasarlanması ve depolama alanlarına gidecek atık miktarının minimize edilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. İnşaat ve yıkıntı atığı bazlı betonların hali hazırda geri dönüşümünü hedefleyen malzeme teknolojilerinin yerine bu atıkların performans kriterlerinin geliştirileceği ileri dönüşüm teknolojilerinin geliştirilmesi ve endüstriyel ölçekte inşaat sektörüne entegre edilmesi; biyojenik malzemelerin (örneğin: saman ve kenevir atıklarının) geliştirilen beton sistemlerinde lif donatı olarak değerlendirilmesi; biyojenik karbon gömülü biyo-bazlı yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Elektronik atıklardan nadir toprak elementleri (NTE) dahil olmak üzere AB komisyonu tarafından belirlenen kritik elementlerin geri kazanımı amacıyla sürdürülebilir hidrometalurjik ve pirometalurjik yöntemlerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Batarya geri dönüşümü için sürdürülebilir, uygun maliyetli ve düşük çevresel etkiye sahip hidrometalurjik ve solvometalurjik süreçlerin geliştirilmesi, yüksek saflıkta öncü malzemelerin geri kazanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi (örneğin: Li-CoO2'den yüksek saflıkta CoSO4, Co(OH)2 üretimi).

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Atıksu arıtma tesisi çıkış sularının tekrar kullanılmasına yönelik olarak doğrudan güneş enerjisi ile hidrojen eldesi (water splitting) sayesinde enerji ihtiyacını ve "sıfır deşarji" sağlayabilen arıtma tesislerinin geliştirilmesi.

Vade: Uzun (2053)

10. Endüstriyel ve tarımsal ürünlerin tasarımında yaşam döngüsü değerlendirmesi ve eko tasarım yaklaşımlarının uygulanması, ekolojik sağlık ve kaynak korunumunun değerlendirmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. Döngüsel ekonomi prensipleri ile endüstriyel atık ve evsel atıkların yönetimi için yerel ve bölgesel boyutta kaynak korunumuna ve ekolojik ayak izinin azaltılmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 5.

Tüm sektörlerde ve binalarda, sera gazı salımının izlenmesi, atık minimizasyonu, proses optimizasyonu ve enerji verimliliğinin arttırılması amaçlarıyla kullanılmak üzere ileri sensör teknolojileri, yapay zeka, makine öğrenmesi ve uzaktan algılama gibi dijital teknoloji uygulamalarını ve yaşam döngüsü değerlendirmesi yaklaşımlarını entegre eden teknolojiler geliştirilecektir.

Eylemler

1. CO_2, CH4 ve N2O başta olmak üzere sera gazı salımının izlenmesinde uygulanabilecek, seçiciliği ve hassasiyeti yüksek ileri baca gazı sensör teknolojileri ve kaçak emisyonların izlenmesinde uygulanabilecek düşük maliyetli ortam havası sensör teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yapay zeka gibi dijital teknoloji uygulamalarının mevcut otomasyon sistemlerine entegre edilerek sanayi tesislerinin anlık sera gazı salım izleme teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Uzaktan algılama ve yer tabanlı ölçüm sistemlerinin entegrasyonu ile bütünleşik sera gazı salım izleme teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

4. Sera gazı salımının izlenmesi amacıyla merkezi izleme ağının oluşturulması ve verilerin anlık ve dinamik olarak izlenmesi, bulut teknolojisi kullanılarak endüstriyel tesislerin sera gazı salım verilerini merkeze aktaracak akıllı izleme teknolojisinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Evsel katı atık toplama sistemlerinde kullanılmak üzere, akıllı konteyner ve doluluk algılama sensörlerinin geliştirilmesi; atık toplama rotalarının oluşturulması ve Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı navigasyon sistemleri ile entegre edilmesi; atık ayrıştırması işleminde insan gücü yerine yakın kızılötesi optik ayrıştırıcılar, güncel görüntüleme sistemlerinin (LİDAR vb.) uygulanması; görüntü işleme ve delta tipi robotlar ile atık ayrıştırmaya yönelik teknolojilerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Sanayi sektörlerinde, üretim sisteminde oluşabilecek ve yönlendirilebilecek tüm atık ısının sensörlerle tespit edilmesi, ileri kontrol sistemleri ile yönetilen üretim süreçlerinde ısıya ihtiyaç duyulan proseslere en verimli üretimi gerçekleştirecek şekilde aktarılması için mevcut sistemlerin optimizasyonu ve yeni sistemlerin üretilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

1. Binalarda enerji performansı ve karbon emisyonu analizinin etkin bir biçimde gerçekleştirilmesi, yapay zeka tabanlı karar verme mekanizmalarının bu analizlere entegre edilmesi amacıyla akıllı termostat ve akıllı aydınlatma teknolojilerinin geliştirilmesi.

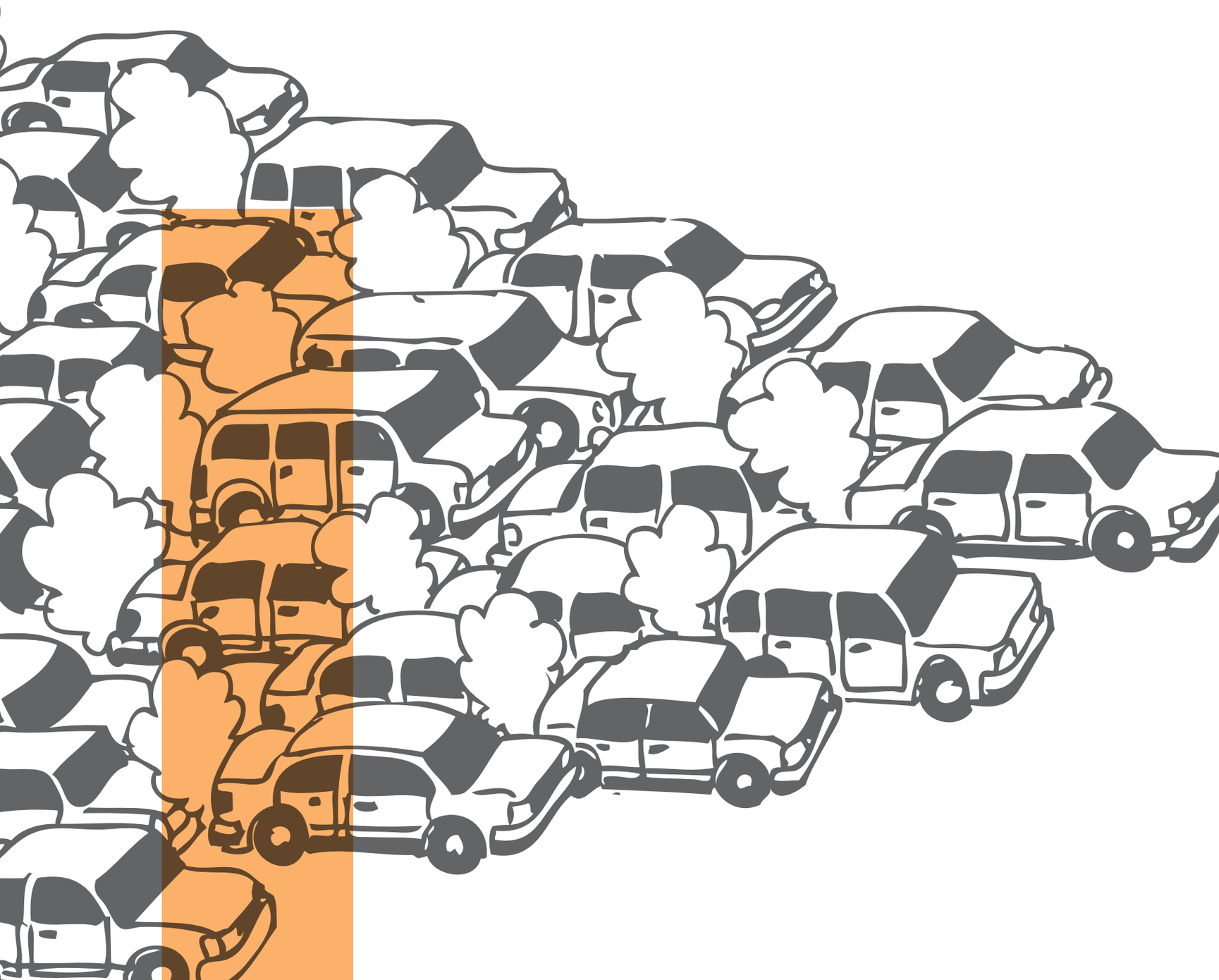
Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Atıksu arıtma tesislerinde gerçek-zamanlı veri ile beslenen akıllı izleme ve farklı sistemlerin birlikte çalışması için yapay zekâ tabanlı kontrol ve otomasyon içeren sistemlerin geliştirilmesi ve tesislerin dijital ikizlerinin oluşturulması.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 6.

Ulaştırma ve yapı sektöründe, mekanik sistemlerde ve sanayide büyük oranda enerji verimliliği sağlayan yüksek performanslı yenilikçi malzemeler (oda sıcaklığında kullanılabilen süperiletkenler, yüksek performans ve mukavemete sahip hafif malzemeler, zorlu koşullara dayanıklı yapısal malzemeler, ultra-düşük sürtünme sağlayan kaplama malzemeleri, çevre dostu yalıtım malzemeleri) ve malzeme tasarımları (yapay zeka, eklemeli imalat ve biyotaklit yaklaşımları) geliştirilecektir.



Eylemler

1. Oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda kullanılabilecek süper iletken malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

2. Ulaşım araçlarında kullanılmak üzere yüksek performans ve mukavemete sahip hafif malzemelerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

3. Ultra-düşük sürtünme sağlayan yeni kaplama malzemelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

4. Gelecek vaat eden yeni eklemeli imalat yöntemlerinin ve malzeme kabiliyetlerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

5. Topoloji optimizasyonu ve kafes yapı tasarımında araç olarak kullanılabilecek tasarım metodolojileri ve ilgili yazılımların geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

6. Yüksek entropili alaşımlar, refrakter alaşımlar ve yüksek performanslı polimer nanokompozitler başta olmak üzere yeni yapısal malzeme teknolojilerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

7. Yerel hammaddeler kullanılarak ısı iletim katsayısı düşük (<0.065 W/mK) olan çevre dostu yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. ŞURA KARARLARI

Temiz ve Döngüsel Ekonomi

Şura Kararı 1. Sanayi sektörlerinde düşük karbonlu üretime ulaşmak için karbon tutma teknolojileri kapsamında membran, oksiyanma, kimyasal döngü, doğrudan atmosferden yakalama teknolojileri ile birlikte yüksek ısıl işlemlerde yenilenebilir enerji ve yeşil hidrojene dayalı yakma teknolojileri, mikrodalga, infrared, plazma vb. teknolojiler geliştirilecektir.

Şura Kararı 2. Sanayi sektörlerinde tutulan karbondioksiti yararlı ürünlere dönüştürmek için yenilikçi ve maliyet etkin kimyasal, elektrokimyasal ve biyokimyasal katalizör ve reaktör teknolojileri geliştirilecektir.

Şura Kararı 3. Atıkların ve biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesi amacıyla, yeni nesil gazlaştırma ve piroliz teknolojileri kullanılarak sürdürülebilir hidrojen, sentetik yakıtlar ve katma değeri yüksek ve geniş pazara sahip kimyasalların üretimi sağlanacak ve biyokimyasal teknolojiler kullanılarak üretilen biyogazdan yeşil metan üretim teknolojileri geliştirilecektir.

Şura Kararı 4. Atık oluşumunun önlenmesi amacıyla öncelikli olarak ürünlerin tasarımı (eko tasarım, eko etiket vb.), üretim ve bakım teknolojilerinin bütünsel yaklaşımla ele alınması; atıkların değerlendirilmesi kapsamında evsel ve endüstriyel atıksulardan değerli kimyasalların geri kazanımı amacıyla ileri hibrit atıksu arıtma teknolojileri, membran teknolojileri ve kristalizasyon teknolojileri; elektronik atıklardan ve evsel atıklardan kritik hammaddelerin geri kazanımı amacıyla hibrit, kimyasal ve membran teknolojileri geliştirilecektir.

Şura Kararı 5. Tüm sektörlerde ve binalarda, sera gazı salımının izlenmesi, atık minimizasyonu, proses optimizasyonu ve enerji verimliliğinin arttırılması amaçlarıyla kullanılmak üzere ileri sensör teknolojileri, yapay zeka, makine öğrenmesi ve uzaktan algılama gibi dijital teknoloji uygulamalarını ve yaşam döngüsü değerlendirmesi yaklaşımlarını entegre eden teknolojiler geliştirilecektir.

Şura Kararı 6. Ulaştırma ve yapı sektöründe, mekanik sistemlerde ve sanayide büyük oranda enerji verimliliği sağlayan yüksek performanslı yenilikçi malzemeler (oda sıcaklığında kullanılabilen süperiletkenler, yüksek performans ve mukavemete sahip hafif malzemeler, zorlu koşullara dayanıklı yapısal malzemeler, ultra-düşük sürtünme sağlayan kaplama malzemeleri, çevre dostu yalıtım malzemeleri) ve malzeme tasarımları (yapay zeka, eklemeli imalat ve biyotaklit yaklaşımları) geliştirilecektir.

KAYNAKÇA

Al-Jabari, M., Sawalha, H., Pugazhendhi, A., & Rene, E.R. (2021). Cleaner production and resource recovery opportunities in leather tanneries: Technological applications and perspectives. Bioresource Technology Reports(16. doi: 10.1016/j.biteb.2021.10081).

Alter, Lloyd, TreeHugger. (2018, 09 21). Architecture 2030 goes after embodied carbon and this is a very big deal. 12 08, 2019 tarihinde https://www.treehugger.com/architecture-goes-after-embodied-carbon-and-very-big-deal-4852211 adresinden alındı

ArcelorMittal. (2022). Carbalyst - Capturing and re-using our carbon-rich waste gases to make valuable chemical products. 2022 tarihinde https://corporate.arcelormittal.com/climate-action/decarbonisation-technologies/carbalyst-capturing-and-re-using-our-carbon-rich-waste-gases-to-make-valuable-chemical-products adresinden alındı

ArcelorMittal. (2022). Siderwin, targeting radically new steel production without CO_2 emissions. 2022 tarihinde https://automotive.arcelormittal.com/news_and_stories/news/2019Siderwin adresinden alındı

BMUV. (2016). Climate Action Plan 2050. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.

Bocci E., Sisinni M., Moneti M., Vecchione L., Di Carlo A., Villarini M. (2014). State of art of small scale biomass gasification power systems: a review of the different typologies. Energy Procedia(45, 247–256).

Bofeng Cai, Qi Li, Qianguo Lin, Jinfeng Ma et al. (2020). China Status of CO_2 Capture, Utilization and Storage (CCUS) 2019 [R]. Center for Climate Change and Environmental Policy,Chinese Academy of Environmental Planning.

Boston Metal. (2022). Transforming Metal Production. 2022 tarihinde https://www.bostonmetal.com/transforming-metal-production/ adresinden alındı

Carbon Trust. (2022). The Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS), Industrial Energy Efficiency Accelerator (IEEA). 2022 tarihinde https://programmes.carbontrust.com/ieea/overview/ adresinden alındı

Cerame Unie. (2012). Paving the way to 2050 : the ceramic industry roadmap.

Chen, L., Wang, L., Wu X., Ding, X. (2016). A process-level water conservation and pollution control performance evaluation tool of cleaner production technology in textile industry. Journal of Cleaner Production(doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.006).

CO_2 Sciences and The Global CO_2 Initiative. (2016). Global Roadmap for Implementing CO_2 Utilization.

Czernichowski-Lauriol, I., Czop, V., Delprat-Jannaud, F., El Khamlichi, A., Jammes, L., Lafortune, S., Nevicato, D., Savary, D. (February 16, 2021). The Gradual Integration of CCUS into National and Regional Strategies for Climate Change Mitigation, Energy Transition, Ecological Transition, Research and Innovation: An Overview for France. Proceedings of the 15th Greenhouse Gas Control Technologies Conference 15-18 March 2021(http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3821672).

Çavuşoğlu, B. & Ekmekyapar, F. (2019). Mevcut En İyi Teknikler (MET) Kapsamında Tekstil Endüstrisinde Kostik Geri Kazanımının Değerlendirilmesi. European Journal of Engineering and Applied Sciences(2(1), 6-10).

Data Robot. (tarih yok). OYAK Cement Boosts Alternative Fuel Usage from 4% to 30% - for Savings of Around $39M. 2022 tarihinde https://www.datarobot.com/customers/oyak/ adresinden alındı

Department for Business, Energy and Industrial Strategy; British Ceramic Confederation. (2017). Ceramic Sector, Joint Industry - Government, Industrial Decarbonisation and Energy Efficiency Roadmap .

Digital Europe. (2021). Dijital Action Climate Action - 8 ideas to accelerate the twin transition .

Dinh, T-V., Choi, I-Y., Son, Y-S, Kim, J-C. (2016). A review on non-dispersive infrared gas sensors: Improvement of sensor detection limit and interference correction. Sensors and Actuators B: Chemical, 231, 529-538.

EC. (2019). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal COM(2019) 640 final. European Commission.

EC. (2021). Guidance Document The Monitoring and Reporting Regulation - Continuous Emissions Monitoring Systems (CEMS). European Commission.

ECCSEL. (2021). How CCUS and ECCSEL ERIC are embedded in national strategies, roadmaps and funding programmes, both at EU country level and within in-country regions. 2022 tarihinde www.eccsel.org adresinden alındı

Eko Yapı Dergisi. (tarih yok). Mikroalg Projesine Ödül. 2022 tarihinde https://www.ekoyapidergisi.org/mikroalg-projesine-odul adresinden alındı

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (tarih yok). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Biyokütle. 2022 tarihinde https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle adresinden alındı

Fan Z., Friedmann, J. (2021). Low-Carbon Production of Iron & Steel: Technology Options, Economic Assessment, and Policy. Joule(Volume 5, Issue 4, P829-862, DOI:https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.02.018).

FONA. (2022). Funding Measures. (Research for Sustainable Development) 2022 tarihinde https://www.fona.de/en/measures/funding-measures/carbon2chem-project.php adresinden alındı

Global CCS. (2018). The Global Status of CCS 2018. Docklands, Australia: Global CCS Institute.

H2FUTURE. (2017). H2FUTURE Green Hydrogen. 2022 tarihinde https://www.h2future-project.eu/ adresinden alındı

Ibn-Mohammed, T., Randall, C.A., Mustapha, K.B., Guo, J., Walker, J., Berbano, S., Koh, S.C.L., Wang, D., Sinclair, D.C., Reaney, I.M. (2019). Decarbonising ceramic manufacturing: A techno-economic analysis of energy efficient sintering technologies in the functional materials sector. Journal of the European Ceramic Society, Volume 39, Issue 16, , 5213-5235.

İÇDAŞ. (2022). İÇDAŞ Biga RES. 2022 tarihinde https://www.icdasenerji.com/pages/2/2/f/tr-TR/icdas_Biga_Res.aspx adresinden alındı

IEA. (2017). Digitailization and Energy. International Energy Agency: https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy adresinden alındı

IEA. (2019). Drax BECCS - Part of the UK's proposed Zero Carbon Humber CCUS hub. 2022 tarihinde https://www.iea.org/reports/ccus-around-the-world/drax-beccs#abstract adresinden alındı

IEA. (2019). Innovation Gaps. https://www.iea.org/reports/innovation-gaps: International Energy Agency.

IEA. (2019). Putting CO_2 to Use: Creating Value from Emissions. International Energy Agency.

IEA. (2019). Tomakomai CCS Demonstration Project - Japan's first full-chain CCS project. 2022 tarihinde https://www.iea.org/reports/ccus-around-the-world/tomakomai-ccs-demonstration-project adresinden alındı

IEA. (2019). Transforming industry trough CCUS. International Energy Agency.

IEA. (2020). Energy Technology Perspectives 2020, Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage, CCUS in clean energy transitions . International Energy Agency.

IEA. (2021). An Energy Sector Roadmap to Carbon Neutrality in China. International Energy Agency.

IEA. (2021). International Energy Agency, Energy Efficiency. 2022 tarihinde https://www.iea.org/topics/energy-efficiency adresinden alındı

IEA. (2021). Iron and Steel. https://www.iea.org/reports/iron-and-steel. 2022 tarihinde https://www.iea.org/reports/iron-and-steel adresinden alındı

IEA. (2022). Northern Lights - To be the first ever cross-border, open-source CO_2 transport and storage infrastructure network. 2022 tarihinde https://www.iea.org/reports/ccus-around-the-world/northern-lights#abstract adresinden alındı

International Association of Oil and Gas. (2021). Global CCUS projects.

IPCC. (2005). Carbon Dıoxıde Capture and Storage. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Special Report, Cambridge University Press.

Joost, W.J. (2012). Reducing Vehicle Weight and Improving U.S. Energy Efficiency Using Integrated Computational Materials Engineering . The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society (JOM) (64, 1032–1038, https://doi.org/10.1007/s11837-012-0424-z).

Jung, S., Lee, S., Min, J., Lee, M., & Ahn, J. W. (2020). Analysis of the State of the Art of International Policies and Projects on CCU for Climate Change Mitigation with a Focus on the Cases in Korea. Sustainability(13(1), 19. MDPI AG, http://dx.doi.org/10.3390/su13010019).

Kılıç, E., Puig, R., Zengin, G., Adıgüzel-Zengin, C., & Fullana-i-Palmer, P. . (2018). Corporate carbon footprint for country Climate Change mitigation: A case study of a tannery in Turkey. Science of the Total Environment(635, 60-69. doi: 10.1016/j.scitot).

MarketsandMarkets. (2021). Non-dispersive Infrared (NDIR) Market worth $535 million by 2025. 2022 tarihinde https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/non-dispersive-infrared-market-90187624.html adresinden alındı

METI. (2021). Japan's Roadmap to "Beyond-Zero" Carbon. (Ministry of Economy, Trade and Industry) 2022 tarihinde https://www.meti.go.jp/english/policy/energy_environment/global_warming/roadmap/index.html adresinden alındı

Milne T. A., Elam C. C., Evans R. J.,. (2002). Hydrogen from Biomass State of the Art and Research Challenges, A Report for the International Energy Agency Agreement on the Production and Utilization of Hydrogen Task 16. Hydrogen Task 16, Hydrogen from Carbon-Containing Materials National Renewable Energy Laboratory Golden, CO USA.

Ni M., Leung D.Y.C., Leung M.K.H., Sumathy K. (2006). An overview of hydrogen production from Biomass. Fuel Processing Technology(87, 461-472).

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (tarih yok). Lightweight and Propulsion Materials. 2022 tarihinde https://www.energy.gov/eere/vehicles/lightweight-and-propulsion-materials adresinden alındı

Pan, G., Xu, Y., Ma, J. (2021). The potential of CO_2 satellite monitoring for climate governance: A review. Journal of Environmental Management, 277.

Park, J., Kim, K. (2018). CCUS R&D Projects DB from 2010 to 2017. Seoul, Korea: Ministry of Science, ICT and Future Planning, Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning.

Piera Eco Ceramica. (tarih yok). Ecological production with biogas. 2022 tarihinde http://www.pieraecoceramica.com/produccion-ecologica-con-bigas/ adresinden alındı

R. K. Jha. (2022). Non-Dispersive Infrared Gas Sensing Technology: A Review. IEEE Sensors Journal, 22-1, 6-15.

Rissman, J., Bataille, C., Masanet, E., Aden, N., Morrow, W.R., Zhou, N., Elliott, N., Dell, R., Heeren, N., Huckestein, B., Cresko, J., Miller, S.A., Roy, J., Fennell, P., Cremmins, B., Blank, T.K. et.al. (2020). Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070. Applied Energy, Volume 266, 114848.

RITE. (2021). RITE Today, Annual Report, Vol.16. Research Institute of Innovative Technology on Earth.

Sandalow, D., Aines, R., McCormick, C., McCoy, S. (2017). Carbon Dioxide Utilization ICEFRoadmap 2.0.

SBB. (2018). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) - Tekstil - Deri - Hazır Giyim Çalışma Grubu Raporu. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.

Seza Çimento. (tarih yok). Elazığ'ın En Büyük Öztüketim Güneş Enerji Santrali Baskil'e Kuruluyor. 2022 tarihinde https://www.sezacimento.com.tr/elazigin-en-buyuk-oztuketim-gunes-enerji-santrali-baskile-kuruluyorcimento_uretim_prosesi-2/ adresinden alındı

Shaw J. T., Shah A., Yong H., Allen G. (2021). Methods for quantifying methane emissions using unmanned aerial vehicles: a review. Phil. Trans. R. Soc. A, 379.

Silvestri, L., Forcina, A., Di Bona, G., Silvestri C. (2021). Circular economy strategy of reusing olive mill wastewater in the ceramic industry: How the plant location can benefit environmental and economic performance. Journal of Cleaner Production(Volume 326, 129388, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129388).

STB. (2018). 2019-2023 STRATEJİK PLANI. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.

Stendustri. (tarih yok). Endüstri 4.0 uygulamaları çözümüyle çimento tesislerini dijitalleştiriyor. 2022 tarihinde https://www.stendustri.com.tr/endustri-40-uygulamalari/cozumuyle-cimento-tesislerini-dijitallestiriyor-h110235.html adresinden alındı

Şahin, D. (2015). Türkiye ve Çin'in Tekstil ve Hazır Giyim Sektöründe Rekabet Gücünün Analizi. Akademik Bakış Dergisi(Türk Dünyası Araştırmaları Vakfı. 47.).

TAN BREF. (2013). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control).

Tao, X., Mao, C., Xie, F., Liu, G., Xu, P.P. (2018). Greenhouse gas emission monitoring system for manufacturing prefabricated components. Automation in Construction, 93, 361-374.

TB. (2020). Deri ve Deri Mamülleri Sektör Raporu. Türkiye Cumhuriyeti, Ticaret Bakanlığı.

To, M. H., Uisan, K., Ok, Y. S., Pleissner, D. & Lin, C. Z. K. (2019). Recent trends in green and sustainable chemistry: rethinking textile waste in a circular economy. Green and Sustainable Chemistry(20: 1-10).

Tosyalı Holding. (2018). Yatırımlarımız - Cezayir Oran Tesisleri. 2022 tarihinde https://www.tosyaliholding.com.tr/kurumsal/yatirimlarimiz/yurt-disi adresinden alındı

TotalEnergies. (2021). GHG Realtime Monitoring tracks GHGs on site in real time Project. 2022 tarihinde https://ep.totalenergies.com/en/innovations/best-innovators-2021/ghg-realtime-monitoring-tracks-ghgs-site-real-time adresinden alındı

UK. (2020). Energy White Paper: Powering Our Net Zero Future. Secretary of State for Business, Energy and Industrial Strategy.

UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy. (2018). The UK carbon capture, usage and storage (CCUS) deployment pathway: an action plan. 2022 tarihinde https://www.gov.uk/government/publications/the-uk-carbon-capture-usage-and-storage-ccus-deployment-pathway-an-action-plan adresinden alındı

UK Department for Business, Energy and Industrial Strategy. (2020). Policy paper The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution. 2022 tarihinde https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution/title adresinden alındı

USDOE. (2015). DOE/NETL Carbon Capture Program—Carbon Dioxide Capture Handbook. U.S. Department of Energy.

WECN. (2021). About Black Swans and Green Futures - Decarbonizing North West Europe After Covid-19. World Energy Council Netherlands.

WWF. (2018). Türkiye Rehber Raporu: Tekstil Sektöründe Temiz Üretim Rehberi. Kaynak Kullanımında Verimlilik, Maliyetlerde Düşüş, Çevreyle Uyum. WWF-Türkiye.

EK: Komisyon Üyeleri

ADI	ÜNVANI	KURUMU	GÖREV
Nilgün CILIZ	Prof. Dr.	Boğaziçi Üniversitesi (Çevre Bilimleri Enstitüsü)	Çalışma Grubu
Tahsin BAHAR	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM	Çalışma Grubu Raportörü
Ece Gizem ÇAKMAK	Araştırmacı	TÜBİTAK MAM	Çalışma Grubu Raportörü
Adnan SÖZEN	Prof.Dr	Gazi Üniversitesi	Temsilci Üye
Alp Osman KODOLBAŞ	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü	Temsilci Üye
Alpagut KARA	Prof. Dr	Seramik Araştırma Merkezi A.Ş./ Eskişehir Teknik Üniversitesi	Temsilci Üye
Başak Demir SARAL	Kurucu Ortak	Dcube Döngüsel Ekonomi Kooperatifi	Temsilci Üye
Çağla Meral AKGÜL	Dr. Öğr. Üyesi	ODTÜ (İnşaat Mühendisliği)	Temsilci Üye
Gülizar YAVAŞ	Daire Başkanı	Ticaret Bakanlığı - Uluslararası Anlaşmalar ve AB Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
Hasan Can OKUTAN	Prof.Dr	İTÜ (Kimya Mühendisliği)	Temsilci Üye
Hayrettin Güçlü İNSEL	Prof.Dr	İTÜ (Çevre Mühendisliği)	Temsilci Üye
İlkay KALAY	Dr. Öğr. Üyesi	Çankaya Üniversitesi (Malzeme Bilimi ve Mühendisliği)	Temsilci Üye
İsa TAŞDELEN	Araştırmacı	TÜBİTAK BİLGEM	Temsilci Üye
Mustafa ŞAHMARAN	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi	Temsilci Üye
Recep ULUCAK	Doç. Dr.	Erciyes Üniversitesi	Temsilci Üye
Serkan TÜRK	Ar-Ge Enstitüsü Müdürü	Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği	Temsilci Üye
Serpil ÇİMEN	Teknik İşler Direktörü	Türkiye Çelik Üreticileri Derneği	Temsilci Üye
Sezer ÖZERİNÇ	Doç.Dr	ODTÜ (Makine Mühendisliği)	Temsilci Üye
Yasemin KILIÇ	Dr.	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü	Temsilci Üye
Yusuf ÖZTÜRK	Dr.	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü	Temsilci Üye
Dr. Özlem DOĞAN	Bilimsel Programlar Başuzmanı	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı	Çalışma Grubu Sorumlusu

BİLİM VE TEKNOLOJİ KOMİSYONU TEMİZ, ERİŞİLEBİLİR VE GÜVENLİ ENERJİ ARZI ÇALIŞMA GRUBU İKLİM ŞURASI RAPORU

1. GİRİŞ

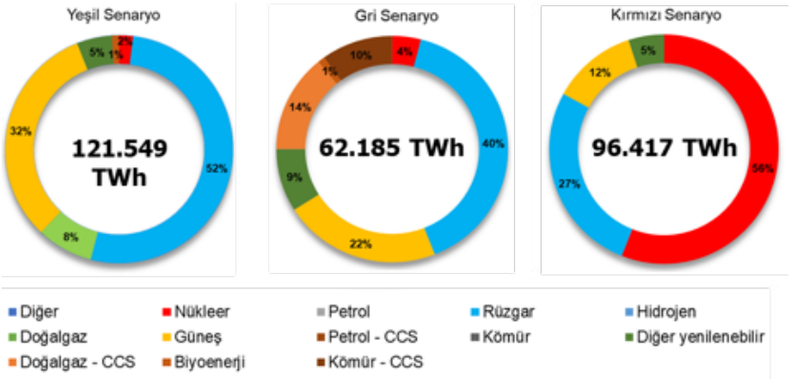
Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı 2050 yılına kadar adaletli, sosyal olarak adil, iklim nötr ve sürdürülebilir bir ekonomi ve enerji geçişini hedeflemektedir. Bu geçişin enerji, ulaşım, tarım, endüstri, finans gibi sektörlerin ortak çabası ile yapılması gerektiği açıktır. Enerji kaynağı olarak karbon emisyonunun çok sınırlı olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi Paris Anlaşması ve Yeşil Mutabakat ile artacak ve bu kaynakların artan kullanımı günlük yaşamımızı daha fazla etkileyecektir. Maliyet-etkinlik, çevrecilik ve sosyal kabul oranlarına göre 2050 yılına kadar yapılan tahminlerde 3 senaryonun birleşimi bir enerji üretimi gerçekleşeceğini söylenebilir (Şekil 1). Bu üç senaryo BloombergNEF raporundaki tanımlara göre:

- Yeşil senaryo: Yenilenebilir temiz enerji üretiminin ve yeşil hidrojen ağırlıklı depolama, ulaşım ve enerji dağıtımının olduğu senaryodur. Bu senaryoda, enerji üretiminin büyük oranda maliyet-etkinliği ispatlanmış ve günümüzde sosyal kabul oranları yüksek olan güneş ve rüzgar enerjisinden elde edileceği, bu iki ana enerji kaynağının kendi aralarındaki enerji üretim oranının, kurulum yapılacak olan ülkelerin Dünya'daki konumlarına ve enerji politikalarına göre değişeceği öngörülmektedir. Bu teknolojiler ile elektrik üretimi sırasında CO_2 salınımı azaltılması ve de bu iki teknolojinin enerji üretiminin sürekli olmaması nedeniyle nükleer, jeotermal, hidroenerji, biyo-yakıtlar, vb. ile desteklenmeleri gerekliliği ortaya konmuştur.

- Gri senaryo: Enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarının yanı sıra hava ulaşımı gibi sektörlerde biyo-yakıtlardan üretilmesi, mavi hidrojenin doğal gazdan ve karbon yakalama teknolojilerinden elde edilmesi ve karbon yakalama teknolojilerinin yaygın olarak kullanılmasının öngörüldüğü senaryodur. Özellikle karbon yakalama

teknolojilerinin maliyet-etkin, çevreci ve sosyal kabulünün yüksek olması kritik öneme sahip olacaktır ("New Energy Outlook 2021 | BloombergNEF | Bloomberg Finance LP", 2022).

- Kırmızı senaryo: Enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarının yanı sıra yoğun olarak küçük, modüler nükleer enerjiden elde edildiği senaryodur. Küçük, modüler nükleer reaktörlerin taşınabilir olması veya bu reaktörlerden elde edilen enerjinin hidrojene dönüştürülerek hidrojen ağırlıklı depolama, ulaşım ve enerji dağıtımının yapılması öngörülmektedir.



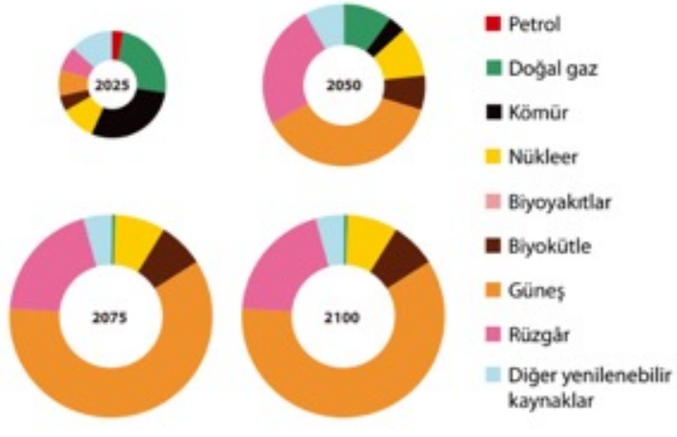
Şekil 1. *Yeşil (Sol), Gri (Orta) Ve Kırmızı (Sağ) Senaryolara Göre 2050 Yılında Farklı Teknolojilerin Enerji Üretimindeki Paylarının Tahminleri (BloombergNEF)*

Uluslararası Enerji Ajansı raporunda, BloombergNEF raporuna benzer şekilde, nükleer, hidroenerji, biyo-enerji ve jeotermal enerjinin talebe göre sisteme verilebilir (dispatchable) olmaları nedeniyle güneş ve rüzgar enerji kapasiterindeki artışa bu teknolijilerdeki artışın eşlik edeceği rapor edilmektedir (World Energy Outlook 2021 – Analysis - IEA, 2022).

2019–2021 yılları arasında farklı enerji sektörlerine yapılan yatırımlara göre rüzgar+güneş+nükleerin henüz petrol+doğalgaz+kömür yatırımlarından daha az olduğu görülmektedir (World Energy Investment 2019 – Analysis - IEA, 2022). Ancak, Paris ve Yeşil Mutabakat anlaşmalarının hedefleri gereği, 2030 yılına yaklaştıkça yenilenebilir enerjiye ve özellikle güneş enerjisine yapılacak yatırımların hızla artmak zorunda olduğu açıktır.

Karbon salımının küresel boyutta yarattığı iklim değişiminin neden olduğu doğal, sosyal ve ekonomik faktörler, bu yüzyıldaki sıcaklık artışını 2°C'nin altında tutmak için ülkeleri karbondan arınma aksiyonları almaya zorlamaktadır. Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 10 milyar seviyelerine ulaşması ve elektrik ihtiyacının %50 seviyelerinde bir artışla 50 milyar TWh seviyelerine çıkması öngörülmektedir (International Energy Outlook 2019, 2019). Sıcaklık artışını 2°C'nin altında tutmak için gaz emisyonlarının 2050 yılına kadar şu anki seviyelerinden %85 oranında azaltması hedeflenmektedir (International Energy Outlook 2019, 2019). "Nötral karbon dioksit" hedefine ulaşmak için; emisyon salımlarının en büyük sektörel kaynakları olan enerji, ulaşım ve sanayide enerji güvenliği ve ekonomik kalkınma hedeflerini etkilemeden yeni teknolojik kazanımların elde edilmesi gerekmektedir.

Shell'in Paris Anlaşması hedeflerini yerine getirmek üzere uygulanabilecek senaryoları anlatan raporunda, dünya çapında yenilenebilir enerjinin, şebeke bağlantıları ve entegrasyona yapılacak yeni yatırımlarla, 2050 yılına kadar toplam elektrik üretiminin içinde %62 pay alması beklenmektedir. Şekil 2'de gösterilen dairelerin büyüklüğü toplam elektrik enerjisi talebini ve paylar da farklı enerji kaynaklarının oranını temsil etmekte olup güneş enerjisinin büyük potansiyeli ile 2025, 2050, 2075 ve 2100 yıllarına kadar geleceği durum çarpıcı şekilde gösterilmiştir (United Nations Framework Convention on Climate Change (COP21) Paris Agreement 2016, 2016).



Şekil 2. *Yakın ve Uzak Gelecekte Elektrik Talebi ve Farklı Kaynakların Payı*

Yenilenebilir enerjinin, özellikle rüzgâr ile güneşe dayalı elektrik santrallerinden üretilen elektrik enerjisinin toplam enerji arzındaki payı giderek artmaktadır. Bu durumun arkasında yatan başlıca etkenler söz konusu santrallerin çevre dostu olması, üretim maliyetlerindeki artan düşüş eğilimi ve yeni teknolojiler sayesinde bu tip santrallerin elektrik şebekesine uyumunun artmasıdır. Örneğin ülkemiz 2018 yılı verilerine göre PV kurulum maliyetleri açısından 19 ülke arasında 13. sıradadır. En yüksek tutar Kanada'da 2,427 $/kWp iken Türkiye'de bu tutar 1,206 $/kWp 'dır (Global Photovoltaic Power Potential By Country, June 2020, The World Bank, 2020). Shell'in 2050 yılı tahminlerine göre dünyanın toplam elektrik ihtiyacının %50'ye yakınının güneş enerjisinden karşılanacaktır. Ülkemiz gerek güneş enerjisi kaynağı açısından gerekse bu teknolojideki mevcut deneyim ve bilgi birikimi açısından şanslı konumdadır ve son yıllarda yakaladığı güneş enerjisi üretimi ivmesini arttırması beklenmektedir (Global Photovoltaic Power Potential by Country, 2020).

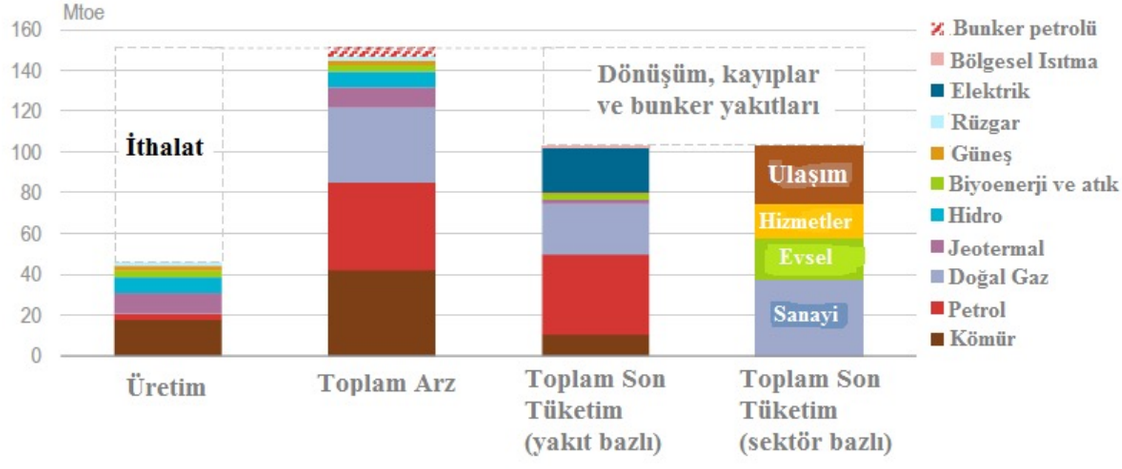
Ülkemizin 2020 yılında gerçekleşen elektrik tüketiminin kaynaklara göre dağılımına göre %12'lik yenilenebilir enerji kullanımının büyük çoğunluğunu (%66) rüzgâr enerjisi oluşturmuştur. Dünya Bankası kaynaklarına göre ülkemizin açık deniz rüzgârı için teknik potansiyeli toplam 75 GW'tır. (The World Bank, 2020).

Yenilenebilir kaynaklardan bir diğeri biyokütle kaynaklarımızdır. Bu kaynaklarımız arasında; hayvansal atıklar, tarımsal atıklar, kentsel organik atıklar, kereste atıkları, endüstriyel odun üretimi atıkları, ahşap bazlı panel atıkları ve atık arıtma çamurları yer almaktadır.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından biyokütle enerji potansiyelinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre atıklarımızın toplam ekonomik enerji eşdeğeri 3,9 MTEP/yıl civarındadır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Türkiye Enerji Politikası İncelemesi (2021) raporuna göre; Türkiye ekonomisi enerji alanında fosil yakıt (özellikle de petrol ve gaz (sırasıyla %93 ve %99)) ithalatına büyük ölçüde bağlıdır. Son on yılda gerçekleşen ekonomik ve nüfusa bağlı artış, enerji ihtiyacını ve dolayısıyla enerji ithalat verilerini arttırmıştır. Bununla birlikte Türkiye enerji karışımında önemli ölçüde çeşitlilik yaratmayı başarmıştır. Özellikle yenilenebilir enerji; hidroelektrik, güneş ve rüzgâr öncülüğünde yenilenebilir elektrik üretiminin dönem içinde üç katına çıkmasıyla etkileyici bir büyüme kaydetmiştir. Yine de, sadece elektrikte değil, aynı zamanda ısıtma sektöründe de sahip olduğu muazzam kaynak donanımı göz önüne alındığında, Türkiye'nin yenilenebilir enerjide çok daha fazla büyüme sağlayabileceği vurgulanmıştır. Türkiye'nin enerji güvenliği yanı sıra karbon ayak izine de çok dikkat etmesi gerektiği özellikle belirtilmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı

(IEA), "Türkiye Enerji Politikaları İncelemesi 2021" raporunda Türkiye'nin en geç 2023 yılı sonuna kadar Ulusal İklim Değişikliği Aksiyon Planı (NCCAP) ve Ulusal İklim Değişikliği Stratejisini güncellemesi gerektiğini vurgulamıştır. Uzun vadeli (2030-2050) politika ve strateji seçeneklerinin de dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Dolayısıyla bu konuda politikalar geliştirilmesi gerekliliği üzerinde durulmuştur. Dünya çapında birçok ülke 2050 yılında net sıfır emisyona yönelme eğiliminde iken Türkiye, enerji politikasının - özellikle kömürle çalışan üretime odaklanmasının - yatırımcı duyarlılığı, yerel hava kirliliği ve uzun vadeli emisyon yörüngesi üzerindeki etkisini göz önünde bulundurmalıdır. Zira yakıt ve sektör bazında Türkiye'nin enerji görünümü grafiği (Şekil 3) incelendiğinde fosil yakıtların Türkiye'deki enerji arzına hakim olduğu görülmektedir. 2019 yılında toplam birincil enerji arzının %83'ünü hemen hemen eşit oranlarla kömür, petrol ve doğal gaz oluşturmuştur (IEA, 2021a).



Şekil 3. *Yakıt ve Sektör Bazinda Türkiye'nin Enerji Görünümü (2018/2019) (IEA, 2021a).*

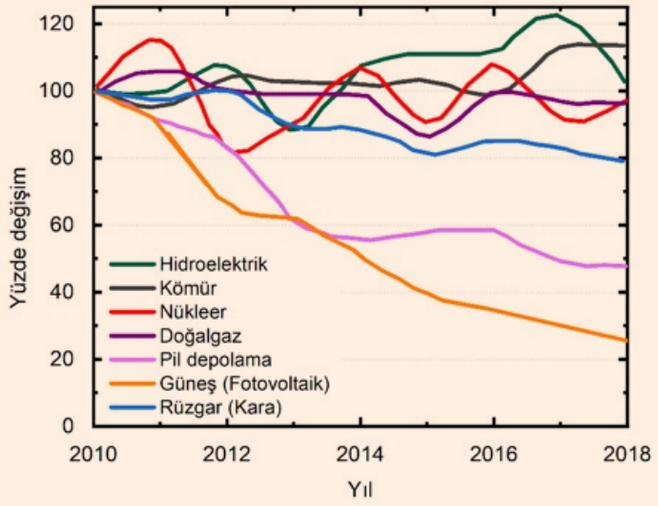
Fosil yakıtların kullanımının bir dizi önlemler ile aşamalı olarak sınırlandırılması, güneş, rüzgâr, biyokütle ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklardan enerji ve yakıt üretimine yönelik teknolojileri giderek yaygınlaştırmaktadır. Küresel ölçekte gerçekleşmekte olan bu dönüşümde, mevcut fosil yakıt teknolojileri göz ardı edilemeyeceği gibi ekonomik olarak kabul edilebilir çözümler de sunulmalıdır. Avrupa ve dünyanın karbondan uzaklaşma stratejileri, yenilenebilir enerji, enerji depolama, enerji verimliliği, akıllı şebekeler gibi birçok faktörün bir arada gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Bu raporda, bahsi geçen teknolojilerin Dünya'da ve Türkiye'deki mevcut durumları değerlendirilmiş, teknolojik sorun alanları ve çözümleri değerlendirilmiştir.

2. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Fotovoltaik Teknolojiler

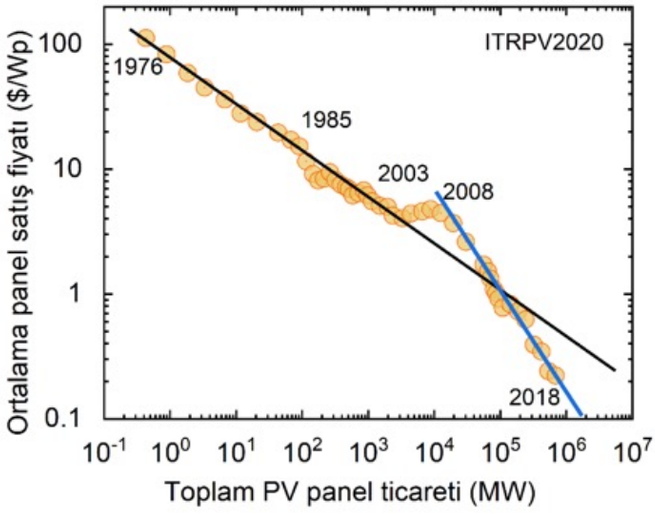
Fotovoltaik Teknolojisinin Dünyadaki Durumu.

Dünya'da Güneş enerjisinden elde edilen elektriğin fiyatının 2010–2018 yılları arasında diğer enerji kaynaklarından elde edilene göre hızla düştüğü görülmektedir ("World Energy Investment 2019 – Analysis - IEA", 2022), (Şekil 4).



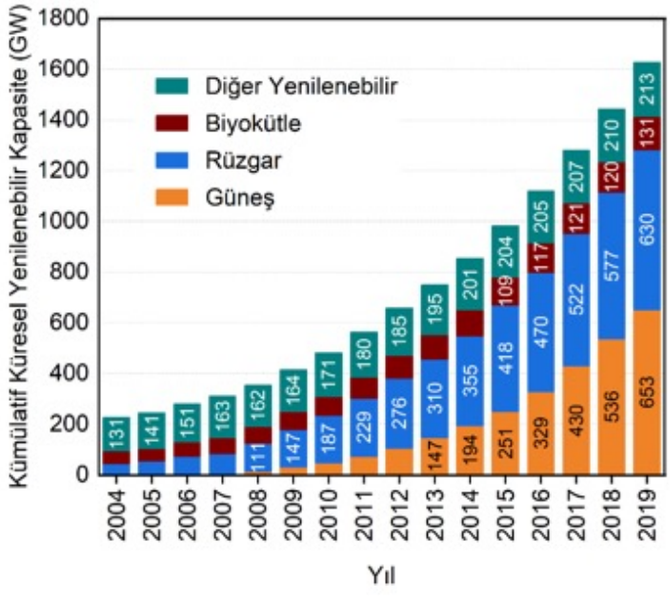
Şekil 4. *Farklı Enerji Teknolojilerinin 2010 ve 2018 Yılları Arasında Yeni Kurulan Kapasitelerinin Maliyetlerinin 2010 Yılındaki Maliyetlerine Göre Değişimi. (Karşılaştırılmanın Daha Kolay Yapılabilmesi İçin 2010 Yılındaki Değerler 100 Kabul Edilerek Normalize Edilmiştir) ("World Energy Investment 2019 – Analysis - IEA", 2022),*

Ortalama fotovoltaik panel fiyatının panel üretimine göre logaritmik-logaritmik grafikte çizimi ile elde edilen öğrenme eğrilerine (2006 sonrasında Çin'de çok büyük fabrikaların kurulması sonrasında öğrenme eğrisinin eğimi artmış ve fiyatlarda düşüş hızlanmıştır) göre güneş panellerindeki fiyat düşüşünün önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmektedir (Şekil 5) (ITRPV, 2021)



Şekil 5. *Ortalama Panel Fiyatlarının (Wp=Watt-Peak; 2019 Dolar Değeri Cinsinden) Üretilen (Gemi İle Gönderilenler) Panellerin Güç Kapasitesine Göre Değişiminin Logaritmik – Logaritmik Grafiği(ITRPV, 2021)*

Bunun sonucu olarak son yıllarda fotovoltaik enerjisi kurulum kapasitesi Dünya'da hızla artmıştır (Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, 2020). 2020 yılına gelindiğinde güneş enerjisi kurulumlarına yapılan yatırım rüzgar enerjisine yapılan yatırımı yakalamıştır (Şekil 6) ("World Energy Investment 2019 – Analysis - IEA", 2022).

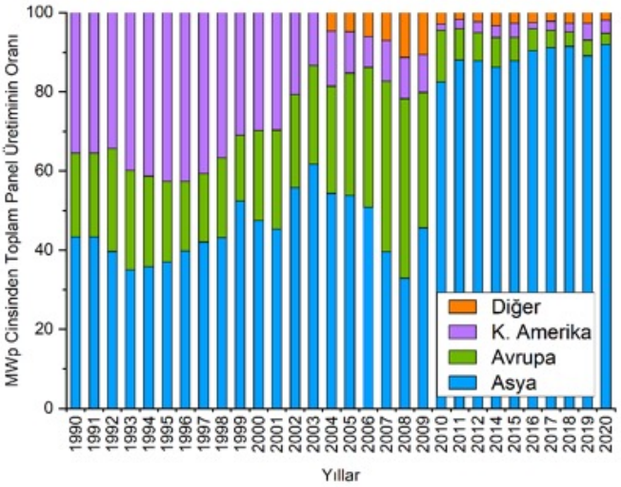


Şekil 6. *2004 ve 2019 Yılları Arasında Yıllık Küresel Kümülatif Güç Kurulumu ("World Energy Investment 2019 – Analysis - IEA", 2022).*

Dünya'da PV modül fiyatlarında son 40 yılda 100 kat düşüş yaşanmıştır. Bunun sonucu olarak, 2020 yılı sonunda Dünya'da kurulu fotovoltaik kapasitesi 770 GW'ı geçmiştir ve 2023 yılı içerisinde 1 TW'a ulaşması beklenmektedir (Solar Power Europe, 2021). Yakın gelecekte fotovoltaik panellerin binalarda, araçlarda ve tarım arazilerinde daha sık karşımıza çıkacağı öngörülmektedir (Şekil 7).

Şekil 7. *Fotovoltaik Panellerin Önerilen Yeni Kullanım Alanları (Solda) Mevcut Örnekler (Sağda): Arnhem'de (İngiltere) Bulunan Romag Ofis Binasına Fotovoltaik Uygulaması, Hyundai Sonata Hybrid 2020 Arabası, Losheim Am See'de (Almanya) Kurulu Tarım Arazisindeki Fotovoltaik Uygulaması("Integrated Photovoltaics – Areas for the Energy Transformation - Fraunhofer ISE", 2022)*

Dünya fotovoltaik pazarına 2010 yılından bu yana Uzakdoğu ülkeleri hakimdir. 2019 yılı özelinde pazarın fotovoltaik panellerin %71'i Çin, %6'sı Malezya, %6'sı Güney Kore, %1'er oranında Japonya, Tayvan ve Hindistan'da üretilmiştir (Şekil 8) (Schwarzwälder Bote, 2021).

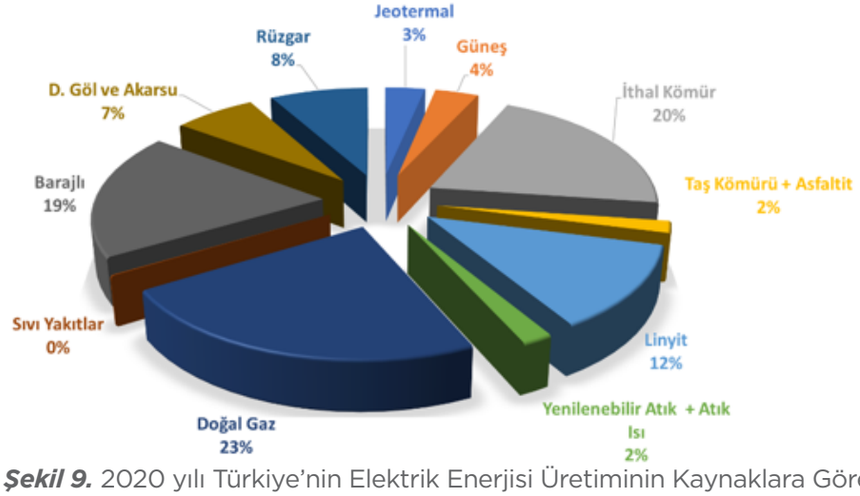


Şekil 8. *MWp Cinsinden Dünya'daki Panel Uretiminin Çin, Avrupa, Kuzey Amerika Ve Dünya'nın Geri Kalan Ülkelerindeki Oranları (Schwarzwälder Bote, 2021)*

Fotovoltaik Teknolojisinin Türkiye'deki Durumu.

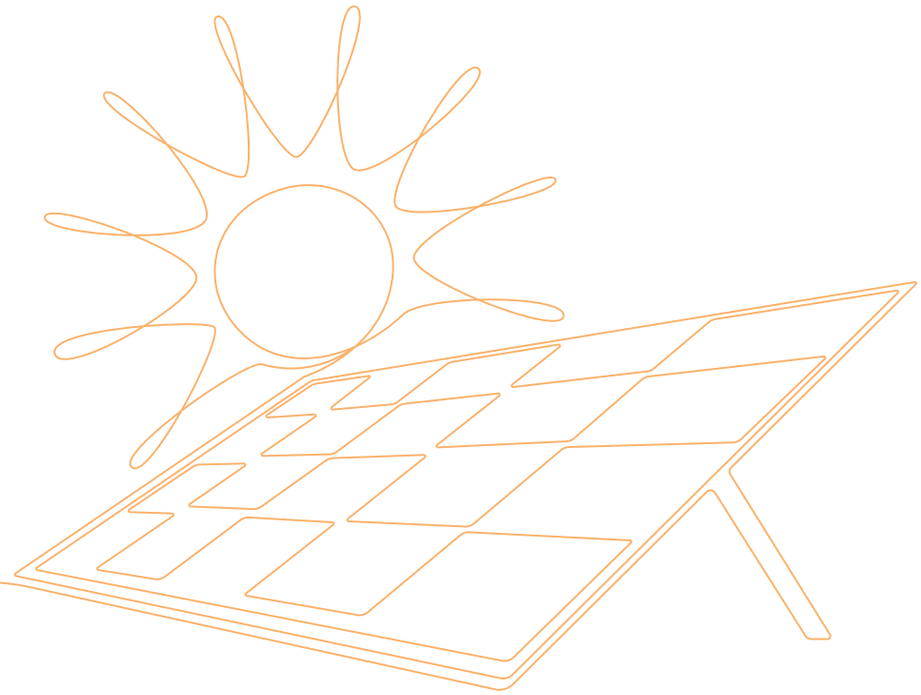
Türkiye'de yatırımcılar için yenilenebilir enerji destek kaynakları YEKDEM sistemi ile düzenlenmektedir. YEKDEM yatırımcıya ürettiği elektriği satacağı fiyat konusunda garanti verdiği için yatırımcısının belirsizliğini azaltmaktadır (EPDK, 2022). Ayrıca, YEKDEM modelinde yerli üretim teşvik edilmektedir. Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) yönetmeliği ile belirlenen alanlarda güneş enerjisi santrali kurulumu için ihale usulü destek verilmektedir ve 2017 – 2027 yılları arasında 10 GW kapasite hedefi konmuştur. 2017 yılında ilk YEKA ihalesi Konya-Karapınar bölgesinde 6,99 c$/kWh alım garantisi ile panelin tüm bileşenlerinin yerli üretilmesi ve Ar-Ge yatırımı yapılması şartları ile yapılmıştır. Bu ihalenin sonucu olarak 1 GW kapasiteli kütük, hücre ve modül üretim kapasitesine sahip olan işletme kurulmuş ve 1 GW kapasiteli güneş enerjisi santralinin (GES'in) de kurulumunun 2022 yılında tamamlanması beklenmektedir. Türkiye'de çoğu ulusal pazarı hedefleyen hali hazırda 22 civarında fotovoltaik panel ve 3 adet fotovoltaik hücre fabrikası bulunmaktadır. 2021 yılında yapılan YEKA ihalesinde toplam kapasitesi 1 GW olan 74 dağınık küçük GES'lerin kurulumu planlanmıştır. Bu ihalede firmalar tarafından ortalama 2,8 c$/kWh fiyat teklifleri yapılmıştır. Bu fiyat ve YEKDEM'in alım garantisi verdiği fiyat GES'lerin ülkemizdeki rekabetçi konumunu ortaya sunmaktadır. 2022 yılında iki yeni YEKA ihalesi planı bulunmaktadır. 2019 yılında, binalarda 10 kW'a, fabrika ve işletmelerin ise sözleşme güçlerini geçmemek koşuluyla öz tüketimlerini karşılayabilecek mahsuplaşma esası ile GES kurarak ürettikleri enerjiyi şebekeye satabilmeleri konusunda da düzenleme yapılmıştır.

Bu gelişmeler neticesinde 2020 yılında güneş enerjisinin Türkiye elektrik enerjisi üretiminde payı %3,6'ya (10950,2 GWh) ulaşmıştır (Şekil 9) ("TEİAŞ", 2022).



Şekil 9. 2020 yılı Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı ("TEİAŞ", 2022).

Avrupa'da Ufuk Avrupa programı çerçevesinde bir yandan mevcut panellerin binalar, tarım ve araçlar ile entegrasyonunu artırmaya yönelik çalışmalar yapılması teşvik edilirken, diğer yandan fotovoltaik endüstrisini tekrar güçlendirmek amacıyla özellikle yeni nesil ince film ve tandem güneş hücrelerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar teşvik edilmektedir (European Commission, 2021). OxfordPV ve Saule Technologies bu alanlarda öne çıkan firmalardır. Yenilikçi silisyum hücrelere dayanan gigafabrikaların Avrupa'da kurulması yönünde de çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi Greenland Gigafactory olup Bosch Rexroth ve Fraunhofer ISE İspanya'da 5 GW kapasiteli fotovoltaik fabrikasının kuracaklarını 2021 yılında duyurmuşlardır (Fraunhoferr Institute for Solar Energy Systems ISE, 2021). Avrupa'da özellikle Almanya'da Fraunhofer ISE, Helmholtz Enstitüsü, Karlsrue Teknik Enstitüsü ve Jülich Enstitüsü, Hollanda'da TNO, Belçika'da IMEC, Fransa'da INES, İspanya'da CENER bu araştırmalarda ön plana çıkmaktadır. İsviçre, İngiltere, İtalya'da ve İskandinav ülkelerinde üniversitelere dağınık ama birçok etkin araştırma laboratuvarları bulunmaktadır. Diğer yandan Amerika'da Dünya üretim kapasitesinde önemli paya sahip olan CdTe güneş hücresi üreticisi First Solar, silisyum tabanlı hücrelerde ise arkadan kontak yapısı sayesinde verim avantajı olan (ancak maliyet dezavantajı bulunan) SunPower firmaları uzun yıllardır faaliyet göstermektedir. Bunlara ek olarak, Toledo Solar, SwiftSolar, TandemPV, CubicPV yeni nesil ince film ve tandem güneş hücrelerinin geliştirilmesi amacıyla Amerika'da kurulmuş önemli firmalar olup Amerika Enerji Bakanlığı tarafından yoğun olarak fonlanmaktadırlar. Amerika'da araştırma alanında NREL ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, MIT, Stanford, UCLA, Colorado, Toledo, Texas A&M, ANU, gibi üniversitelere dağınık ama etkin araştırma laboratuvarları bulunmaktadır.



Türkiye'de Fotovoltaik Araştırmaları.

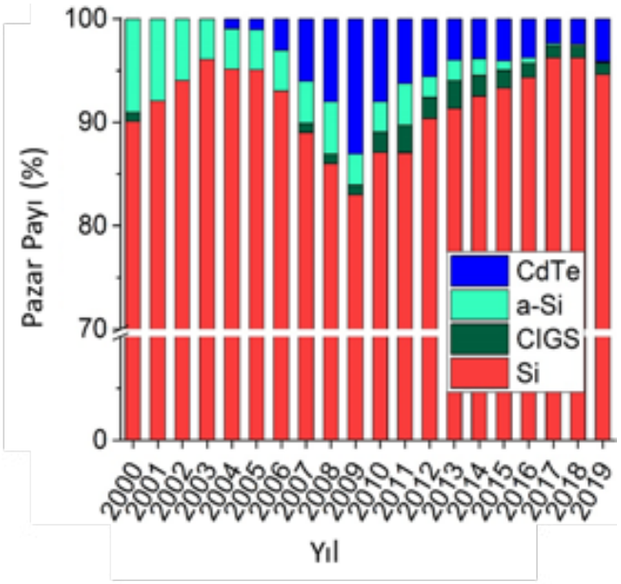
Türkiye fotovoltaik araştırmaları ulusal araştırma merkezleri (ODTÜ-GÜNAM, TENMAK – Yenilenebilir Enerji Enstitüsü, TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsü, TÜBİTAK-MAM Malzeme Enstitüsü, TUBİTAK-UME), üniversitelere bağlı merkezler (Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma ve Geliştirme Merkezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi Nanoboyut Araştırma Laboratuvarı, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Enerji Verimliliği Uygulama ve Araştırma Merkezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Nükleer Radyasyon Detektörü Uygulama ve Araştırma Merkezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi) ve az sayıda firmanın (KalyonPV, GTC ve Parla Solar) araştırma merkezlerinde yapılmaktadır. Araştırmalar büyük oranda TÜBİTAK tarafından desteklenmekte olup, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı TENMAK'ın da destek mekanizmaları oluşturduğu raporun hazırlandığı tarihte bilinmektedir. Ülkemizin önde gelen araştırma merkezleri rekabetin yüksek olduğu Avrupa Birliğinin Ufuk programlarından da kaynak bulabilmektedir.

Bugüne karar verilmiş olan desteklerden 1007 programı kapsamında Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Yerli Güneş Enerjisi Santral Teknolojilerinin Geliştirilmesi (MILGES) projesi kapsamında TÜBİTAK MAM, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Güneş Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (ODTÜ-GÜNAM) ve Bereket Enerji (şimdi Parla Solar) Şanlıurfa'nın Ceylanpınar ilçesinde hücre, panel ve güç elektroniği sistemlerinin yerli üretildiği 6 MW GES kurulumu gerçekleştirmişlerdir. TÜBİTAK'ın bir diğer önemli destek mekanizması olan 1004 programı kapsamında 2021 yılında Türkiye Fotovoltaik Platformu (TFTP) kurulmuştur. TFTP ODTÜ-GÜNAM liderliğinde 12 alt proje kapsamında kamu, özel sektör ve uluslararası ortakları ile yüksek verimli güneş hücre ve panelleri ile evirici, panel camı ve gümüş pasta geliştirmeyi amaçlamaktadır. TÜBİTAK'ın 1003 öncelikli alanlar programı çerçevesinde de farklı araştırma projeleri desteklenmiştir.

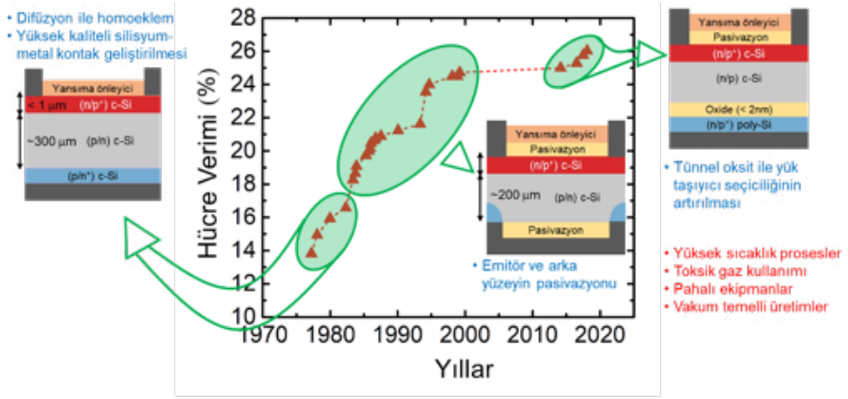
Bilimsel ve Teknolojik Yenilikler.

Güneş ışığı, ekonomik büyümeyi sürdürülebilir şekilde desteklemek için en geniş coğrafyada bulunan, güvenli, uygun maliyetli, çevreci ve sahipsiz bir enerji kaynağıdır. Güneş ışığını bir enerji kaynağı olarak kullanmanın en verimli ve pratik yollarından biri, güneş hücrelerini kullanarak onu elektriğe dönüştürmektir. Ancak, tek eklemli güneş hücrelerinin ışıktan elektrik enerjisine dönüşüm verimliliği (PCE, üretilen

elektrik enerjisi ile güneşten gelen foton enerjisi arasındaki oran) için Shockley-Queisser (SQ) limiti olarak bilinen bir üst sınır vardır (Shockley & Queisser, 1961). SQ formalizmi içinde, enerjileri bant aralığının (Eg) üzerinde olan tüm fotonların, elektrik akımına katkıda bulunmak için soğrulan foton başına bir elektron-boşluk çifti oluşturduğu ve, mükemmel yük seçici kontaklarla (electron&hole selective contacts) serbest elektronlar ve boşlukların toplandığı varsayılır. SQ modeli ayrıca güneş hücresi güç üretirken meydana gelen tüm elektron-boşluk geri birleşme (recombination) olaylarının ışık soğurmanın tersi bir süreç olduğunu ve dolayısıyla ışınımsal olduğunu, yani ışığın yeniden emisyonuyla sonuçlandığını kabul eder. SQ limiti tamamen termodinamik değerlendirmelere dayanır ve optik soğurma kenarını, güneş spektrumunu ve güneş hücresinin çalışma sıcaklığını PCE hesaplaması için tek bilgi olarak alır. Gerçek malzeme özellikleri devreye girdiği için gerçek dünyadaki tek eklemli güneş hücrelerinin verimliliği her zaman SQ sınırının altında olacaktır. Örneğin, soğurma kenarı, SQ modelinin varsaydığı gibi basamak fonksiyonu değildir ve gerçek malzemeler, ışınımsız geri birleşmeye (yani, ışık olarak yeniden emisyon yerine ısı üretimine) yol açan kusurlara sahiptir. Bununla birlikte, mevcut performansı değerlendirerek ve belirli bir hücre tipi ve teknolojisi ile ilişkili temel sınırları anlayarak, gerçek dünyadaki hücrelerin SQ limitlerinden nasıl saptığını ve bu limite daha çok yaklaşmak için nasıl uyarlanabileceklerini değerlendirmek mümkündür.



Şekil 10. Farklı Hücre Teknolojilerin Yıllar İçerisinde Değişen Pazar Payları (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE, 2022)



Şekil 11. *Si Güneş Hücresi Teknolojisinde Yaşanan Önemli İnovasyonlar (Ana Grafik), Getirdikleri Yenilikler (Aygıt Yapıları Ve Mavi Yazılar) Ve Devam Eden Dezavantajlar (Kırmızı Yazılar). (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE, 2022)*

Fotovoltaik piyasasının %94'ü teorik verim değeri yaklaşık %30 ile sınırlı olan silisyum soğurucu malzemesinden üretilen güneş hücrelerine aittir (Şekil 10) (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE, 2022). Silisyum, dolaylı bant yapısına sahip olması nedeniyle optoelektronik uygulamalar için dezavantajlı bir malzemedir. Bu dezavantajı üretilen güneş hücrelerinin düşük kusur yoğunluğuna sahip, yüksek kaliteli (hatta tek kristal) ve yeterli soğrulmanın sağlanabilmesi için kalın silisyum pullarının kullanılmasını zorunlu kılar. Silisyumun maliyetini artıran en önemli bilimsel faktörler bunlardır.

Silisyum güneş hücrelerinin geliştirilmesi tarihsel olarak 3 evreye ayrılabilir (Şekil 11).

1. Geç 70'ler ve erken 80'ler: Mikroelektronik endüstrisinin güçlenmesine paralel olarak difüzyon ile katkılamanın geliştirilmesi ve Si-metal kontak direncinin düşmesi.

2. Geç 80'lerden 2000'lere uzanan süreç: Si malzeme kalitesinin artması ile hücre yüzeyinde gerçekleşen elektron ve boşluk birleşimlerinin yol açtığı verim sınırlamalarının önüne geçebilmek için yüzey pasivasyonunun iyileştirilmesi.

3. Metalin doğrudan silisyuma temasının yol açtığı elektron ve boşluk birleşimlerinin önüne geçebilmek için kontak izolasyonu. Mevcut Si hücrelerinin verim rekorları tünel oksit ile n tipi Si ile metal arasında yapılan TOPCon teknolojisi olarak bilinen yapıda ve de 10 nm altı a-Si tabakasının hem pasivasyon hem de metal kontak

izolasyonunu sağladığı (heteroeklem, HJT) yapılardadır (Shockley & Queisser, 1961).

Silisyum, GaAs'tan sonra tek soğurucu katmanlı hücreler arasında en yüksek verimin elde edildiği malzemedir. Silisyumun doğada bol bulunması ve de Si'den üretilen güneş hücrelerinin karbon ayak izinin düşük olması bu teknolojinin diğer avantajlarındandır.

Piyasanın hâkimi olan PERC (passivated emitter and rear contact) teknolojisine dayalı tipik bir Si güneş hücresinin üretiminde kullanılan Si kütük yaklaşık 1400 °C'de üretilir. Si hücre üretiminde kullanılan yüzey dokulandırma, silisyumun soğurma katsayısının düşük olmasından dolayıdır. Si hücre üretiminde tehlikeli gazların vakum odalarında yüksek sıcaklarda işlenmesi için oldukça sofistike ve yüksek maliyetli cihazlar kullanılır. Ülkemizde endüstriyel seviyede Si güneş hücre ve panel araştırmaları ODTÜ-GÜNAM'da yapılmaktadır.

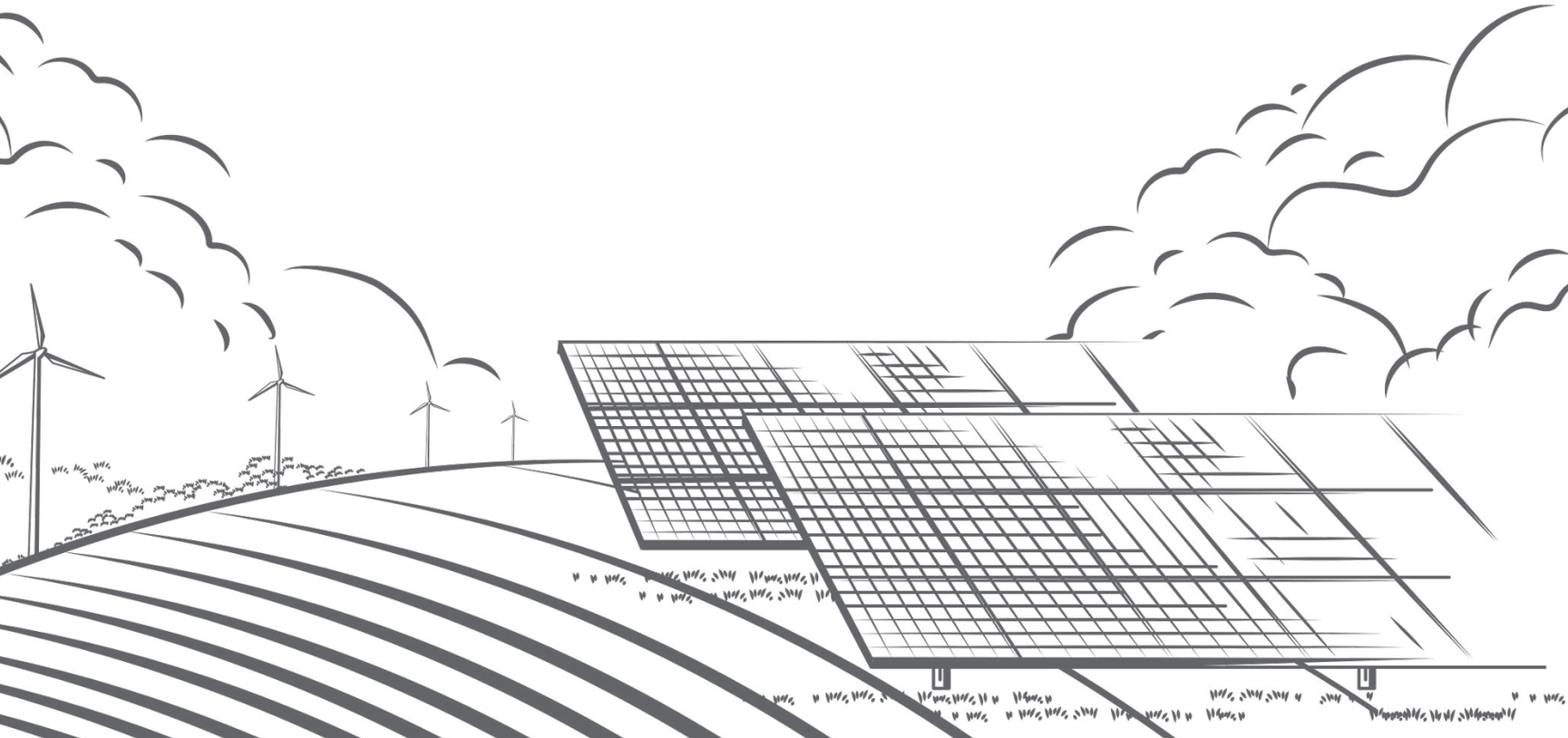
Temel (düşük soğurma katsayısı ve yüksek kaliteli kristal gerekliliği) ve teknik (yüksek sıcaklık ve zararlı gaz içeren vakum prosesleri gibi) zorluklara rağmen, mikroelektronikteki bilgi birikimden de yararlanan Si fotovoltaik endüstrisi özellikle düşük yüzey kusur yoğunluğu ve düşük kontak direncine sahip yüksek verimli hücrelerin geliştirilmesi ile onlarca milyar dolarlık bir piyasa halini almıştır.

Si güneş hücrelerine maliyetin daha da düşürülmesi için yüksek sıcaklık, toksik gaz kullanımı ve vakum gerektiren aşamaların bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bunu için katkısız silisyum güneş hücrelerinde elektron geçirgen tabaka olarak TiOx, LiFx, MoS2, ZnO ve PCBM gibi filmler ve boşluk geçirgen tabaka olarak MoOx, NiOx VOx, WOx ve PEDOT:PSS gibi filmler kullanılabilir. Ancak, bu konuda henüz ticari bir ürün bulunmamaktadır.

Tek soğuruculu hücreler arasında en verimli olanı GaAs'tır (%29,1) (Melskens & ark., 2018). Bu yüksek verim değeri bu malzemenin VOC değerinin teorik maksimuma yakın olması sayesindedir (Green & ark., 2018). GaAs güneş hücreleri, GaAs alttaş üzerine moleküler demet epitaksisi (molecular beam epitaxy, MBE) ile bir ara katman ve GaAs soğurucu tabakası üretildikten sonra çözelti içerisinde alttaştan ayrılarak üretilir (Schnitzer, Yablonovitch, Caneau & Gmitter, 1993). Ancak, GaAs alttaşın silisyum ile kıyas götürmeyecek yüksek maliyetine MBE'nin çok yüksek maliyeti de eklenince GaAs hücrelerin piyasaya yayılması mümkün olmamıştır. Son yıllarda silisyum alttaş üzerine yüksek kaliteli GaAs film üretilmesi çalışmaları Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde yapılmaktadır.

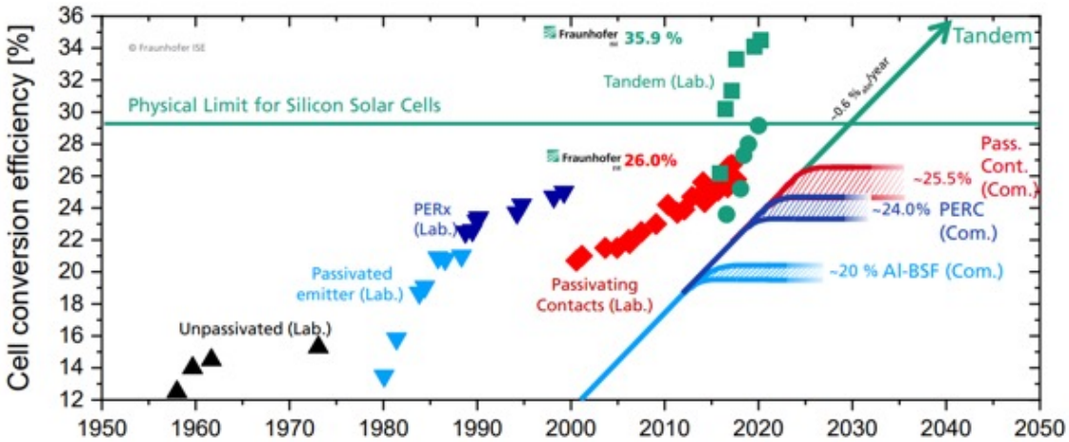
Günümüzde CdTe güneş hücrelerinin laboratuvar verimi %22,1'dir. CdTe içerisindeki kusurların azaltılması ile tek kristal CdTe'ın ulaşmış olduğu 1 voltun üzerinde VOC elde edilmesi mümkündür (Zhao & ark., 2016). Yüzey kusurlarının azaltılması ile 0,9 V'un üzerinde VOC elde edilmiştir (Yablonovitch & ark., 1987). Kadmiyumun toksik olması nedeniyle bu teknolojinin kötü bir ünü olsa da CdTe aslında oldukça kararlı bir malzemedir ve yaşam döngüsünde çevreye olan zararı diğer hücre teknolojileri ile benzerdir. CdTe hücre geliştirme çalışmaları öncelikli olarak ODTÜ-GÜNAM, İstanbul Teknik Üniversitesi ve Gazi Üniversitesi'nde yapılmaktadır.

Perovskit güneş hücreleri 2009 yılında keşfinden sonra 10 yıl gibi kısa bir süre içerisinden rekor hücre verimi %25 değerini aşmıştır ("Best Research-Cell Efficiency Chart", 2021). Hücrelerin gösterdiği bu yüksek performans genel haliyle perovskit materyalinin yüksek soğurma katsayısı, uzun yük taşıyıcı difüzyon uzaklıkları, yüksek taşıyıcı devinirliği (mobility) ve ömrü gibi mükemmele yakın optoelektronik özelliklerinin malzemenin kolay üretim ve işlenmesine izin vermesi ile birleşmesi sonucu olduğu söylenebilir. Bunlara ek olarak, yüksek kristal kalitesi ve düşük kusur



yoğunluğu (daha doğrusu kusurların bant açıklığına göre sığ olması) da yüksek verimlerin önünü açmıştır. Perovskit malzemelerin içsel kararlılık problemleri ve içeriğindeki kurşun (II) katyonunun potansiyel toksik yapısı hala çalışmaların sürdüğü aktif araştırma konularındandır. Her iki problemi de çözmeye ve perovskit hücrelerin çevreye yapabileceği potansiyel etkileri engellemeye yönelik olarak hücre kaplama (encapsulation) metotları geliştirilmeye devam etmektedir. Perovskit güneş hücresi geliştirme çalışmalarında Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, ODTÜ-GÜNAM, Ege Üniversitesi, İzmir Yüksek Teknik Enstitüsü ülkemizde ön plana çıkan kurumlardır.

GaAs'ın uygun maliyetli üretilebilmesi, CdTe'nin yüksek verimli ve Zn ile alaşım yapılarak bant aralığının artırılması, perovskit malzemesinin ise düşük kararlılık problemlerinin aşılması durumunda bu üç soğurucu malzeme de silisyum güneş hücreleri ile beraber tandem yapısından SQ limitin üzerinde güneş hücrelerinin geliştirilmesine olanak tanırlar. Silisyum teknolojisi bazı zaafları olmasına rağmen hali hazırda fosil yakıtlardan elde edilen elektriğe göre rekabetçi fiyat sunması ve teknolojinin Dünya'da yaygın olması nedenleriyle yakın ve orta gelecekte piyasaya hakim olacaktır. Pasive edilmiş kontak yapılarının ve maliyet azaltmak için farklı mühendislik ve otomasyon teknolojilerinin kullanılması kaçınılmazdır. Diğer yandan Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nin yaptığı gibi silisyum ile tandem yapıda kullanılması mümkün olan ince film teknolojilerine ve de tandem teknolojisine önem verilmesi ise teorik limitler göz önüne alındığında kaçınılmazdır (Şekil 12).



Şekil 12. *Piyasaya Hakim Olan Silisyum Güneş Hücresi Teknolojilerinin Laboratuvarda ve Endüstride Elde Edilen Verimin Tarihsel Gelişimi Ve Yüksek Maliyetli Laboratuvar Tandem Hücrelerin Tarihsel Gelişimi İle Tandem Konusundaki Orta-Uzun Vadeli Beklenti("Best Research-Cell Efficiency Chart", 2021*

2.2. Isıl Güneş Enerjisi ve Endüstriyel Isı

Sınırlı fosil yakıt rezervleri ve bunların olumsuz çevresel etkileri, enerji güvenliğimiz ve sürdürülebilirliğimiz açısından önemli sorunlar doğurmaktadır. Artan dünya nüfusunun enerji taleplerini karşılamak için yenilenebilir enerji kaynakları ilk alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kaynakların en başında da güneş enerjisi gelmektedir. 2018 verilerine göre, dünyadaki toplam enerji tüketiminin yaklaşık %51'i ısıl enerji ihtiyaçları, %32'si ulaşım ve %17'si elektrik üretimi için harcanmakta olup termal ihtiyaçların da sadece %10,2'si yenilenebilir enerji kaynaklarınca karşılanmaktadır. Tüketimde ısıl enerji ihtiyaçları enerji tüketiminin yarısından fazlasını içermektedir ve güneş enerjisinin bu oran içindeki payı %1 civarındadır. Nihai enerji tüketiminde en yüksek paya sahip olan ısı ihtiyacı, küresel karbondioksit emisyonlarının %40'ına neden olmaktadır. Toplam ısı üretiminin yaklaşık %50'si endüstride, %46 lık kısmı da binalarda kullanılmaktadır (IEA, 2019a). Sera gazı emisyonlarının ve karbon ayak izinin azaltılması için ısıl enerji üretimindeki güneş enerjisi oranı artırılmalıdır.

Güneş, yeryüzüne bir saatte ulaşan enerjisiyle, dünyanın yıllık tüketiminden daha fazla enerji üretebilen en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır (Morton, 2006). Güneş enerjisinden aktif ve pasif teknolojilerle yararlanılabilmektedir. Aktif sistemlerde fotovoltaikler, ısıl kollektörler, pompalar ve fanlar aracılığıyla güneş enerjisinden dönüşüm yapılarak yararlanılmaktadır. Pasif sistemler ise uygun malzeme seçimi, tasarım ve konumlandırma gibi konular dikkate alınarak güneş enerjisinin özellikle binalarda uygulanmasını sağlar. Isıl güneş enerjisi teknolojileri sıcak su üretiminde, ortam ısıtma ve soğutmasında, yoğunlaştırılmış kolektörlerle elektrik üretiminde, endüstriyel ısı ihtiyacının karşılanmasında ve yapay fotosentez gibi süreçlerle "güneş yakıtları" üretiminde kullanılabilir. Güneş enerjisinin kesikli yapıda olması sürekli ve verimli kullanım için depolanmasını gerektirmektedir.

Burada ısıl güneş enerjisiyle endüstriyel ısı ve yoğunlaştırılmış kolektörlerle elektrik üretimi teknolojilerinin mevcut durum analizi yapılacaktır. Bu teknolojilerle beraber kullanılması gereken termal enerji depolama sistemlerinin de mevcut durumu verilecektir.

Isıl Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi .

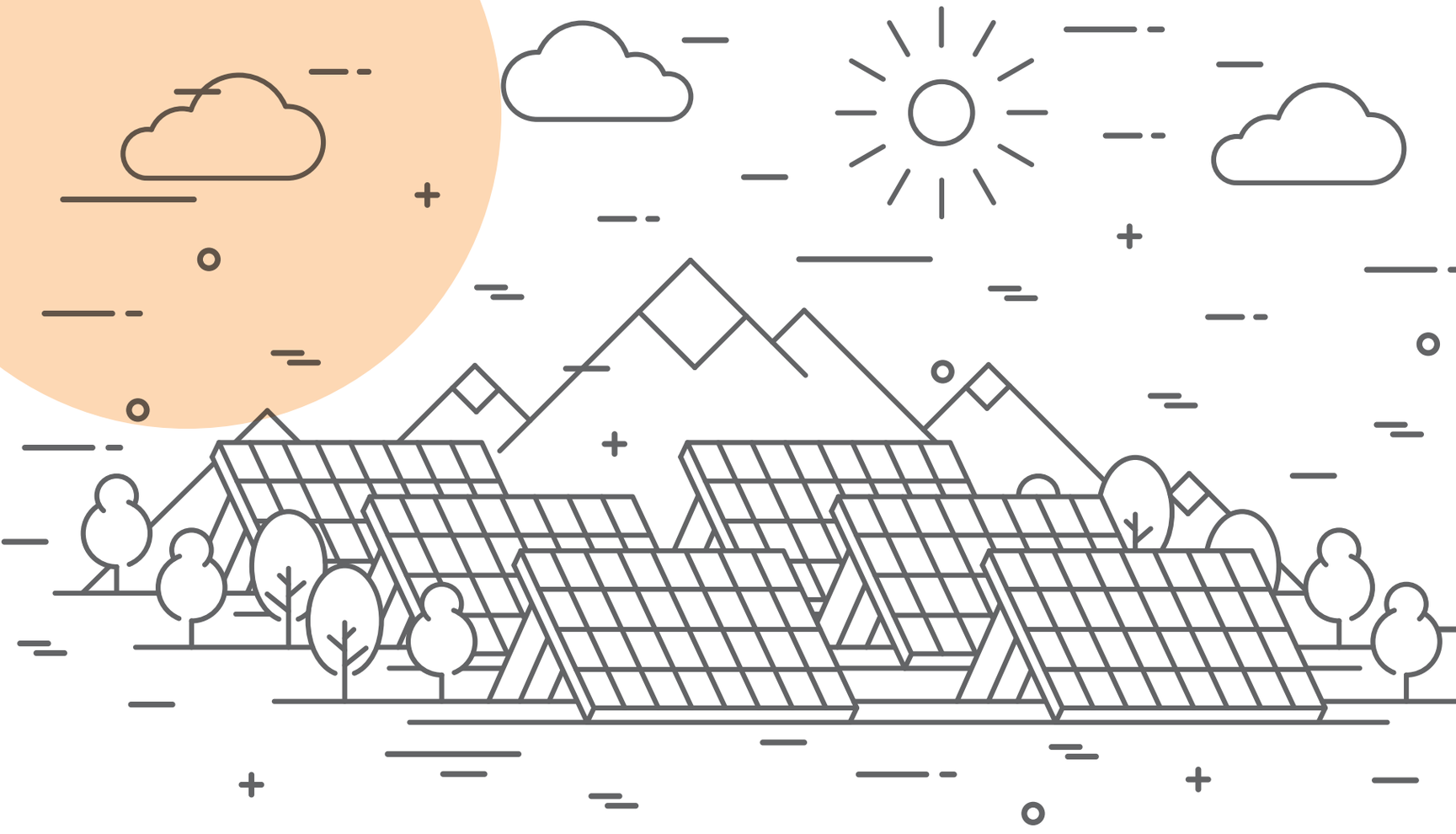
Güneş ışınlarının belirli bir nokta veya doğru üzerine odaklanması sonucu elde

edilebilen yüksek bir ısıtma kapasitesi yoğunlaştırılmış güneş termal (Concentrated Solar Thermal – CST) sistemiyle değerlendirilebilmektedir. CST sistemleri doğru ya da nokta odaklı olarak iki kategoride ele alınabilir. Doğru odaklı olan sistemler, parabolik oluklu kolektör ve lineer Fresnel kolektör sistemleri; nokta odaklı sistemler ise çanak ve kule sistemleri olarak ele alınmaktadır. Bu iki kategori dışında görüntüsüz yoğunlaştırıcılar mevcuttur. Bu sistemler, gelen güneş ışınımını yoğunlaştırırken bir doğruya ya da noktaya odaklamak yerine bir düzleme yansıtırlar ve bu nedenle görüntü tam olarak oluşmaz. Bileşik parabolik yoğunlaştırıcılar (compound parabolic concentrator – CPC) bu kategoride sayılabilir.

Isıl güneş enerjisinden elektrik üreten santrallerde (Concentrated solar power – CSP), CST sistemlerinden biri kullanılarak yüksek sıcaklıkta elde edilen ısıyla buhar üretilir. Daha sonra buhar türbinden geçirilerek jeneratörden elektrik üretimi sağlanır. CSP sistemine entegre edilen termal enerji depolama sistemiyle elektriğe ihtiyacın olduğu zaman ve miktarda üretilmesi, güneş ışınımındakii dalgalanmalardan etkilenmeden sağlanabilmektedir. Mevcut CSP santrallerinin %81'inde parabolik oluklu kolektörler kullanılmaktadır (World Bank, 2021). CSP'lerin geleneksel termik santrallerden farkı ısı kaynağı olarak CST sisteminden yararlanmasıdır. CST sisteminin gerekli optik hassasiyete sahip olması ve çevresel koşullara uyumlu olması yüksek sıcaklıklara ulaşılması ve yüksek verimlilik elde edilebilmesi için gereklidir.

CSP tesisinin istenilen performansı gösterebilmesi ve ekonomik olabilmesi için en önemli etken doğrudan gelen güneş ışınları (direct normal irradiation – DNI) seviyesinin 1900 ile 2100 kWh/m2 aralığında olan yerlerde kurulmuş olmasıdır. Bu DNI değerleri kuzey ve güney yarınmkürede 15° - 40° arasındaki sübtropik bölgelerde görülebilir (ESMAP, 2019). Yer seçimindeki diğer önemli faktör tarımsal üretime elverişli olmayan alanların kullanılmasıdır. CSP tesisi için gerekli alan yaklaşık yıllık 1 GWh elektrik üretimi için 1,3 hektardır (Ong & ark., 2013).

CSP maliyetlerine bakıldığında 2010'dan 2020 yılı sonuna kadarki on yılda, sistem maliyetleri yaklaşık %68 azalmıştır. Aynı dönemde %80'den fazla maliyet düşüşü yaşayan fotovoltaik sistemlerden sonraki yenilenebilir enerji sistemleri arasındaki en büyük maliyet düşüşü olarak yoğunlaştırılmış güneş enerjisinde görülmüştür. Bu maliyet düşüşüyle birlikte doğrudan güneş ışınım değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde yoğunlaştırılmış güneş enerjisi kurulumlarının arttığı söylenebilir. Bu artışın nedenlerine teknolojik yenilik, iyileştirilmiş tedarik zinciri ve firmaların rekabet gücü de eklenebilir (REN21, 2021).



CSP tesislerinin inşaatının her aşamasında yüksek seviyede bilgiye gerek vardır (Mehos, Mark; Price, Hank et. al. 2020) .Anahtar teslimi CSP inşaatı yapan dünyada kısıtlı sayıda firma bulunmaktadır. Ancak, yerel firmalardan da eğitim sürecinin ardından inşaat, işletim ve bakım için yararlanılabilir. Bu da tesisin kurulduğu ülkeler için katma değer ve iş olanakları sağlamaktadır (Dii, 2013).

2010 senesinde dünyadaki kurulu güç 1,2 GWe iken bu miktar 10 sene içerisinde 4 kattan fazla artarak 2020 yılı sonunda 6,2 GWe kapasitesine ulaşmıştır. İspanya 50 tesis ve toplam 2,3 GWe kurulu güçle dünyada lider konumdadır (CSPFocus, 2020). Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi endüstrisinin İspanya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin yanı sıra Afrika, Orta Doğu ve Asya'daki pazarlara yönelik olarak sektördeki kurulum faaliyetlerinin çoğunluğu Birleşik Arap Emirlikleri ve Çin'de yoğunlaşmıştır. 2015'ten önce çoğu önde gelen yoğunlaştırılmış güneş enerjisi şirketleri ABD ve İspanya'da yer alırken 2020 yılından sonra işletmeye alınan ve yapım aşamasında olan yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrallerinin yarısından çoğu Çin'de yer almaktadır. Çin'in yanı sıra, son beş yılda Fas, Güney Afrika ve Birleşik Arap Emirlikleri'nde kurulan CSP tesisleri toplam kurulu gücü 2019 ile 2020 arasında yaklaşık 0,2 GW arttırmıştır (IEA, 2021e). Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2050'ye kadar Net Sıfır Emisyon senaryosuna göre, 2020 ile 2030 arasında CSP'lerde yılda yaklaşık %31 artış olması ve buna karşılık yıllık kapasite artışının yaklaşık 6,7 GW olması gerekmektedir (IEA, 2021e). Mevcut

durumda CSP santrallerinin gelişimi bu senaryoyla uyumlu olarak artmamaktadır. Bu alanda uygulanacak yeni politikalara ve yatırımları cazip hale getirecek finansal modellere ihtiyaç bulunmaktadır.

CSP santralleri mevcut biyo-kütle veya fosil yakıt kullanan termik santralle hibrit olarak da çalıştırılabilir. Hibrit çalışma durumunda uzun süreli güneş enerjisinin bulunmadığı durumlarda, diğer santralde üretilen ısıdan yararlanarak elektrik üretilebilir.

CSP santrallerinin ekonomik olarak işletilebilmeleri için 50 ila 200 MW arasında kapasitede olması beklenir (DLR, 2021). Endüstriyel tesislerin bulunduğu alanlarda kurulması CSP santralinden elektriğin yanı sıra endüstriyel ısı talebinin de karşılanmasıyla tesisin karlılığını artırabilir. Özellikle fosil yakıtların ulaşımının zor olduğu ve güneş enerjisinin elverişli olduğu yerlerde bu alternatif uygun olabilir. Şili'de maden ocaklarının ve işleme endüstriyel tesislerinin bulunduğu bir alanda bu uygulamanın bir örneği bulunmaktadır.

Isıl Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi için Termal Enerji Depolama.

CSP santrallerinde güneş ışınımının önce ısıl enerjiye sonra elektriğe dönüştürülmesi, güneş ışınımını doğrudan elektriğe çeviren PV'lere göre daha zahmetli görülebilir. Aslında, CSP'lerin fosil yakıtsız bir gelecek için sağladığı katma değer buradadır. Isı elektriğe göre daha kolay ve ucuz olarak depolanabilir. Böylece, CSP tesislerinde güneş enerjisinin ısıl olarak depolanmasıyla, güneş battıktan sonra da elektrik üretimi etkin olarak ve uygun maliyette devam ettirilebilmektedir. Bu nedenle termal enerji depolama (TED) sistemi CSP tesislerinin önemli bir bileşenidir. Maliyet hesaplamaları, TED entegre edilmiş yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrallerinin uygulama maliyetlerinin, eşdeğer batarya kapasitesi entegre edilmiş fotovoltaik uygulama maliyetlerinden çok daha düşük olduğunu göstermektedir. Termal enerji depolama megawatler seviyesinde saatler hatta günlerce depolanabilimektedir. Li-iyon bataryaları gibi elektrik üretiminde kullanılan enerji depolama teknolojileriyle daha az enerji, daha kısa sürelerde depolanabilmektedir. Özellikle, yüksek kapasitede enerji depolama ihtiyacının karşılanmasında, ısı elektriğe göre %80-90 daha düşük maliyette ve etkin olarak depolanabilmektedir (Schöniger, Thonig, Resch & Lilliestam, 2021). Yapılan bir simülasyon çalışmasında, 9 saatlik termal enerji depolama kullanan 100 MW'lık CSP tesisinin, aynı depolama kapasitesini kullanan 100 MW'lık PV santraline göre daha düşük maliyette olduğu görülmektedir (World Bank, 2021).

Duyulur ısı depolama, gizli ısı depolama ve termo-kimyasal depolama olmak üzere üç çeşit TED sistemi bulunmaktadır. Duyulur ısı depolama yönteminde maddenin sıcaklık değişiminde depoladığı ısıdan faydalanılırken, gizli ısı depolama yönteminde faz değiştiren maddelerin (FDM) faz değişimi esnasında alıp verdikleri gizli ısıdan faydalanılmaktadır. Termo-kimyasal depolama yönteminde ise kimyasal reaksiyonların ısısından yararlanılmaktadır (Koçak, Fernandez & Paksoy, 2020). Uygun TED yönteminin seçiminde maliyet, teknik uygulanabilirlik, verimlilik, proses türü ve sıcaklığı önemli parametrelerdir. Termo-kimyasal depolama yöntemi teknoloji hazırlık seviyesi (Teknolojik Hazırlık Seviyesi-THS<4) düşük olup, yüksek maliyeti nedeni ile kullanımı halen araştırılmaktadır. Faz değiştiren maddelerin (FDM) teknik zorlukları, yüksek maliyeti nedeniyle, gizli ısı depolama yöntemi de yüksek sıcaklıktaki uygulamalarda henüz ticari olarak uygulanmamaktadır (THS: 5-6) (Palacios, Barreneche, Navarro & Ding, 2020). Konuklu vd. (2015) göre FDM çoğunlukla binalarda soğutma ve ısıtma sistemleri için tercih edilmektedir. Dolgulu yatakta duyulur ısı depolama yöntemi (THS: 8-9) ise yüksek sıcaklıkta uygulamalar için ısıyı depolamanın en basit ve ekonomik olarak uygun yoludur (Konuklu, Paksoy & Unal, 2015). Ancak, dolgulu yatakta duyulur ısı depolama sistemleri yüksek sıcaklık için ekonomik çözüm sunmakla beraber uygulamada sorunlarla karşılaşılmaktadır. Duyulur ısı depolama malzemelerinin düşük depolama kapasitesi olması TED sisteminin birim hacimde depolama kapasitesini düşürmektedir. Bu durum duyulur ısı depolama sistemlerinde gizli ısı depolama sistemlerine göre daha fazla depolama hacmine gerek duyulmasına neden olmaktadır. Son yıllarda endüstriyel uygulamalarda TED depolama kapasitesini artırmak için duyulur ısı depolama malzemeleriyle beraber FDM'lerin kullanılabileceği melez sistemler ile ilgili literatürde az sayıda yoğunlaştırılmış güneş enerjisi uygulamalarına yönelik laboratuvar ölçekli çalışma bulunmaktadır (Konuklu, Paksoy & Unal, 2015). Yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılabilecek potansiyel depolama malzemesi alternatifleri Tablo 1'de listelenmiştir. NaCl, KCl, MgCl2 gibi eriyik tuzlar veya bunların karışımları 700 °C'ye kadar olan TED sistemleri için uygundur. Ancak bu tuzlar akış hatlarında donabilmekte ve tank, boru vb malzemelerde korozyon problemlerine sebep olabilmektedir. Mineral yağlar yüksek sıcaklık uygulamaları için uygun depolama malzemelerinden biridir. Donma noktalarının düşük olması kış dönemi için bir avantaj yaratsa da 350°C üzerinde bozunmaya başlamaktadır. Bunun yanı sıra, Tablo 1'de görüldüğü gibi, birim fiyatı diğer depolama malzemelerine kıyasla daha yüksektir (Crespo, Barreneche, Ibarra & Platzer, 2019). Eriyik tuz (NaNO3, KNO3 ve karışımları gibi) ve mineral yağların yüksek sıcaklıkta TED uygulamalarında görülen bu dezavantajlarından dolayı, silika kum, doğal taş, çelik, alüminyum, beton,

basalt vb doğal malzemeler alternatif depolama malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır (Gil & ark., 2010). Her ne kadar bu malzemelerin özgül ısıları çok yüksek olmasa da (500 J/kg.K - 1300 J/kg.K), yüksek yoğunlukları sebebi ile hacimsel enerji yoğunlukları 5000 kJ/m3.K'e çıkabilmektedir (Ortega-Fernández & ark., 2015). Yüksek depolama kapasitesi, ucuz olması, termal ve kimyasal özelliklerinin dayanıklı olması sebebi ile katı duyulur ısı depolama malzemeleri yüksek sıcaklıktaki uygulamalarda tercih edilmektedir. Ancak, büyük ölçekli sistemlerde tonlarca malzeme kullanılması doğal malzemelerin tüketilmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple, son dönemlerde, atık bazlı duyulur ısı depolama malzemeleri üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Tablo 1'de görüldüğü üzere endüstriyel yan ürünler, endüstriyel fırın cürufları, inşaat ve yıkıntı atıkları ve diğer kentsel atıklar, duyulur ısı depolama malzemesi olarak değerlendirilebilir. Tablo 1'de listelenen malzemeler arasından bakır ve Si-Mg gibi metal alaşımları 900°C üzeri uygulamalarda FDM olarak da kullanılabilmektedir.

Tablo 1. Duyulur Isı Depolama Malzemeleri ve Özellikleri

	Duyulur Isı Depolama Malzemeleri	**Sıcaklık (°C)**	**Enerji Yoğunluğu (kJ/m3.K)**	**Fiyat* (TL/kg)**	**Kaynak**
Atık Malzemeler	İnşaat atığı	<750	3500-4000	<0,01	(Koçak ve Paksoy, 2019)
	Endüksiyon fırın cürufu (IFS)	<1000	1200-1850	<0,01	(Agalit vd., 2017)
	Asbestos içerikli atıklar (Cofalit)	<1100	2490-3220	<0,01	(Motte vd., 2015)
	Elektrikli ark fırın cürufları (EAF)	<1100	3200-3400	<0,01	(Ortega-Fernández vd., 2015)
Katı Malzemeler	Beton	<400	1900	0,50	(Gil vd., 2010)
	Dökme Çelik	<700	4700	40	(Gil vd., 2010)
	Tuğla	<1200	3500	20	(Gil vd., 2010)
	NaCl	<500	1800	1,2	(Gil vd., 2010)
	Bakır	<1100	3500	730	(Cabeza, 2015; Wei vd., 2018)
	Si-Mg Alaşımı (56:44)	<1000	1700	2600	(Cabeza, 2015; Wei vd., 2018)
Sıvı Malzemeler	Solar Tuz (NaNO3 KNO3) (50–50)	<600	2800	4,0	(Wei vd., 2018)
	HITEC, NaNO3 - KNO3-NaNO2 (7–53– 40)	<535	2560	5,0	(Alva vd., 2018)
	Karbonatlı Tuz	<850	2800	22	(Gil vd., 2010)
	Nitratlı Tuz	<565	3000	4,0	(Gil vd., 2010)
	Therminol 66	<340	1800	58	(Koçak vd., 2020)

***10,0 TL/€ alınmıştır.**

Bu alanda dünyadaki eğilimlerden birisi de maliyetleri düşürmek ve kapasite faktörlerini arttırmak için yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerini TED kullanımı aracılığıyla fotovoltaik sistemler ile hibrit hale getirmektir. Böylece sistemler hem birbirini desteklemekte hem de enerji arzının güvenilir olmasını sağlamaktadır. Örneğin, Fas'ta, Midelt santrali, eriyik tuzla çalışan TED, fotovoltaik sistemi ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemini birlikte kullanmayı hedeflemektedir (REN21, 2021).

Isıl Güneş Enerjisinden Endüstriyel Isı Üretimi Mevcut Durumu.

Endüstride kullanılan enerji, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %32'sine denk gelmektedir. Bunun ise %26'sı elektrik enerjisi olarak tüketilmekte, %74'ü ise proses ısısı olarak tüketilmektedir. Bu oran yaklaşık 85 EJ'lik bir enerji tüketimini göstermektedir. Sıcaklıklar olarak %74'ün kırılımına bakıldığında %30 düşük sıcaklık, %22 orta sıcaklık ve %48 ise yüksek sıcaklık seviyesindedir (German Solar Association, 2022). Düşük sıcaklık ihtiyaçları için genellikle yoğunlaştırma ihtiyacı olmamaktadır ve düz plakalı ya da vakum tüplü kolektörlerle bu sıcaklıklara ulaşılmaktadır. Öte yandan orta ve yüksek sıcaklıklar için yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemlerine ihtiyacı vardır. Sıcaklıklara göre farklı yoğunlaştırma oranları kullanılabilmektedir. Yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yüksek yoğunlaştırma oranlarına ihtiyaç vardır. Ayrıca yüksek sıcaklıklara ulaşıldıkça teorik verim de artmaktadır. Sonuç olarak, yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistem türünün seçimi, esas olarak uygulamanın sıcaklık gereksinimine bağlıdır.

Dünyadaki toplam enerjinin yaklaşık yarısı endüstriyel proseslerde harcanmaktadır. Bu talep içerisindeki ısıl enerjinin yenilenebilir enerjiden karşılanmasına 2009-2014 arasında 0.9 EJ, 2015-2020 arasında 1.3 EJ artış gözlemlenmektedir. Bu artışın 2021-2026 arasında 2.2 EJ olacağı öngörülmektedir. Isıl güneş enerjisinin endüstriyel proseslerde kullanılmasına yönelik ilk kapsamlı çalışmalardan birisi Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından Task 49 2012-2015 yılları arasında yapılmıştır (IEA SHC, 2016). Bu görev grubunun altında gıda, içecek, ulaşım, tekstil gibi sektörlerin düşük sıcaklıklardaki proses ısı ihtiyaçları ele alınmış, orta ve yüksek sıcaklıklar hedeflenmemiştir. Buna rağmen çalışma sonuçları teknolojik gelişmeler ve pazar için büyük bir potansiyel olduğunu ortaya koymuştur.

Endüstriyel prosesler için ısıl güneş enerjisi sistemleri 2020 yıl sonu itibariyle 891 sistem kayda geçmiştir ve toplam kapasite ise 792 MWth'e erişmiştir (AEE INTEC, 2022). 2019 yılında 86 projede toplam 251 MWth kapasite eklenmiştir. 2020 yılında ise toplamda 92 MWth kapasite devreye alınmıştır, fakat bu miktar beklenenden düşüktür.

Bunun nedeni olarak COVID-19 pandemisi ve Hindistan'daki endüstriyel prosesler için yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemlerine verilen ulusal desteğin sona ermesi gösterilmektedir. Buna rağmen, 2020 yılında Çin'de 30, Meksika'da 16, Almanya'da 10 ve İspanya ve Hindistan'da 3'er yeni proje devreye alınmıştır. Bu konuda Çin'in pandemi sonrasındaki ekonomiyi harekete geçirmeye yönelik hükümet desteklerinden birisini de endüstriyel prosesler için ısıl güneş enerjisi alanına vermiştir (REN21, 2021).

Dünyadaki Projeler ve İşbirlikleri.

Isıl güneş enerjisi hakkında farkındalığın artırılması yaygın kullanım için önemlidir. Bu sistemlere uygun standartların geliştirilmesi ve güvenin artırılması daha çok uygulama yapılmasıyla olabilecektir. Uluslararsı Enerji Ajansı kapsamında çalışmalar yapan Solar-PACES (Solar Power and Chemical Energy Systems) teknoloji işbirliği programı bu engelleri aşmak için bu alanda çalışan uzmanları ve endüstriyel temsilcileri biraraya getirmektedir (Home - SolarPACES, 2022).

CSP uygulamalarında dünyada en yüksek kurulu güç 2,3 GW ile İspanya ardından 1,7 GW ile ABD'de de bulunmaktadır. Bu ülkelerin ardından 2019 sonrasında yapılan uygulamalar şunlardır [45]: 2019 yılında en hızlı büyüme 242 MWe ile İsrail'de "Megalim" (güneş kuleli ve enerji depolamasız) ve "Negev" (oluklu parabolik kolektörlü, 4,5 saat TED kapasiteli) projeleriyle gerçekleşmiştir. Çin'de herbiri 50 MWe kapasitede 4 CSP santralinde lineer Fresnel kolektör ve 6-13 saat arasında değişen sürelerde TED kapasitesi bulunmaktadır. Ayrıca 250 MWe ile beraber 2,4 GWh TED projelerinin yapımı devam etmektedir. Güney Afrika'da 100 MW'lık parabolik oluklu ve 4,5 saatlik TED sistemi işletime alındı. 2030 yılına kadar 100 MWe güneş kuleli bir sistem yapılması planlanmaktadır. Kuveyt'de 50 MWe'lık parabolik oluklu "Shagaya" projesi bu ülkedeki ilk uygulamadır. 350 MWe'lık CSP planlanmaktadır. 2019'da kurulan en küçük sistem 9 MWe gücünde ve 4 saat depolama kapasiteli Fransa'daki "eLLO" projesidir.Halen inşaatı devam eden 900 MWe oluklu parabolik, 300 MW güneş kuleli ve 14 MW lineer Fresnel kolektörlü projenin %60'ı Birleşik Arap Emirlikleri'nde Noor 1 projesi kapsamında bulunmaktadır. Şili'de 110 MW'lık güneş kuleli "Cerro Dominador" projesi 2021 de devreye girmiştir. 2021 yılında Yunanistan'da 52 MW'lık güneş kuleli "MINOS" projesi Girit adasında Çin konsorsiyumu tarafından yapılması planlanmaktadır.Yeni projelerin tamamında TED sistemleri bulunmaktadır. PV sistemleriyle paralel uygulamaların sayısı da artmaktadır.

Dünyada endüstriyel prosesler için ısıl güneş enerjisi sistemleri için yatırım desteği veren ve aynı zamanda fosil yakıt için verilen destekleri kaldıran ülkelerin sayısı artmaktadır. Bu örneklerden bir tanesi Meksika'dır ve 2020 yılında devreye alınan sistem sayılarında Çin'den sonra Meksika ikinci sırada yer almıştır. Bunun nedeni de Meksika'daki endüstriyel prosesler için ısıl güneş enerjisi sistemlerinin, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), akaryakıt ve dizel gibi fosil yakıtlarla maliyet açısından rekabet edebilir hale gelmesidir. Bir diğer örnek de Almanya'dır. Almanya'da 2012 yılından beri devam eden finansman modeliyle sadece 2020 yılında toplam yaklaşık 1,5 MWth kapasiteli 10 yeni sistem devreye alınmıştır (REN21, 2021). Avusturya'da toplam kurulum maliyetleri 2013 ile 2020 arasında %55 düşmüştür. Almanya'da bu düşüş 2014 ile 2020 arasında %45 olurken, Meksika'da 2010 ile 2020 arasında %17 olmuştur. Üretilen ısıl enerjinin seviyelendirilmiş maliyetlerine (LCOHEAT) bakıldığında ise Meksika'da ağırlıklı ortalama 2020'de 0,039 USD/kWh olarak hesaplanmıştır (IRENA, 2021a). Genel olarak maliyetlerin ciddi düşüş eğiliminde olduğu görülmektedir.

Türkiye'deki Mevcut Durum.

Türkiye, 1537 kWh/m2 yıllık ortalama ışınım değeri ile güneş enerjisi potansiyeli en yüksek ülkeler arasında yer almaktadır (German Solar Association, 2022). Bu durum ülkemizi

birçok gelişmiş ülkeye nazaran avantajlı konuma getirmektedir. Ancak, Türkiye'de endüstriyel güneş enerjisi uygulamaları az sayıdaki düşük sıcaklık uygulamaları dışında bulunmamakta, 380 TWh'lik güneş enerjisi teknik potansiyelinin sadece %2'si genellikle bina ısıtma ve sıcak su eldesi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

Türkiye'de çoğu endüstriyel proseslerde ihtiyaç duyulan gerek buhar gerekse sıcak akışkan genellikle doğalgaz tüketilerek üretilmektedir. Ülkemizin ithal ettiği doğalgaz miktarı son 10 senenin ortalamasında yıllık yaklaşık 48 milyon m3 olarak ciddi bir miktardır. Ayrıca, 2022 yılının Ocak ayında dış kaynaklı yaşanan doğalgaz arz sorunu Türkiye endüstrisinde doğalgaz sınırlamasına ve kesintilerine yol açmıştır. Türkiye'de güneş enerjisi kullanılarak endüstride doğalgaza olan bağımlılığını azaltmak mümkündür. Böylece hem doğalgaz tüketiminin çevresel olumsuz etkileri ortadan kalkacak hem de ülkemizin enerjide dışa bağımlılığı azalacaktır. Enerji sektöründe büyük ölçüde dışa bağımlı olan Türkiye'nin 2021 yılında toplam enerji ithalatı bir önceki yıla kıyasla yaklaşık %75 artarak 50,7 milyar dolara yükselmiştir. Bununla birlikte enerjinin ülkemizin cari açığındaki payı her yıl %90'ın üzerinde seyretmektedir. Ayrıca son dönemde dövizde yaşanan dalgalanmalarla doğalgazda dışa bağımlı olmamız ülkemizin cari dengesine olumsuz yansımaktadır. Ülkemizin geleceği ve refahı için enerji ithalatının azaltılması hayati bir öneme sahiptir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi bu yönde önemli bir fırsat sunmaktadır.

Türkiye'de Isıl Güneş Enerjisinin Endüstriyel Uygulamaları.

Türkiye güneş enerjili su ısıtma kolektör kapasitesinde yaklaşık 19,6 milyon m2 kolektör alanı ile 20 GWth kapasitesi ile Çin ve ABD'den sonra dünyada üçüncü sırada yer almaktadır ("Güneş - Enerji İşleri Genel Müdürlüğü - T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı", 2022). Düz plakalı ve vakum tüplü su ısıtıcılar Türkiye'de 2019 yılında yaklaşık 9606 GWh ısıl enerji üretmiş olup bunun yaklaşık %35'i endüstride kullanılmıştır ("Güneş - Enerji İşleri Genel Müdürlüğü - T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı", 2022). Türkiye'de ticari olarak düz plakalı ve vakum tüplü kolektörler üreten firmalar mevcuttur ama ne yazık ki buradaki bilgi birimi ve ticarileşme yoğunlaştırılmış güneş enerjisine yansımamıştır.

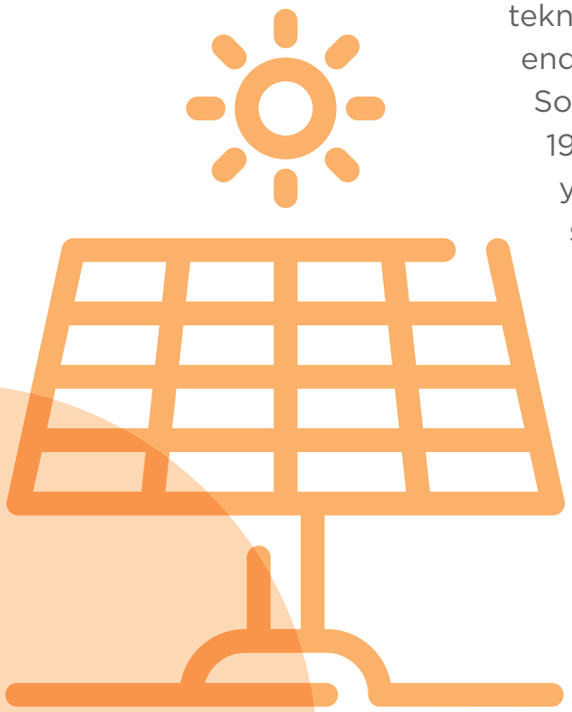
Bunların yanı sıra Türkiye'deki endüstriyel prosesler için ısıl güneş enerjisi sistemleri, karton paketleme firması için İzmir'de, bir süpermarketin iklimlendirmesi için Antalya'da, gıda endüstrisi için Mersin'de ve bir otelin iklimlendirmesi için Muğla'da kurulmuştur.

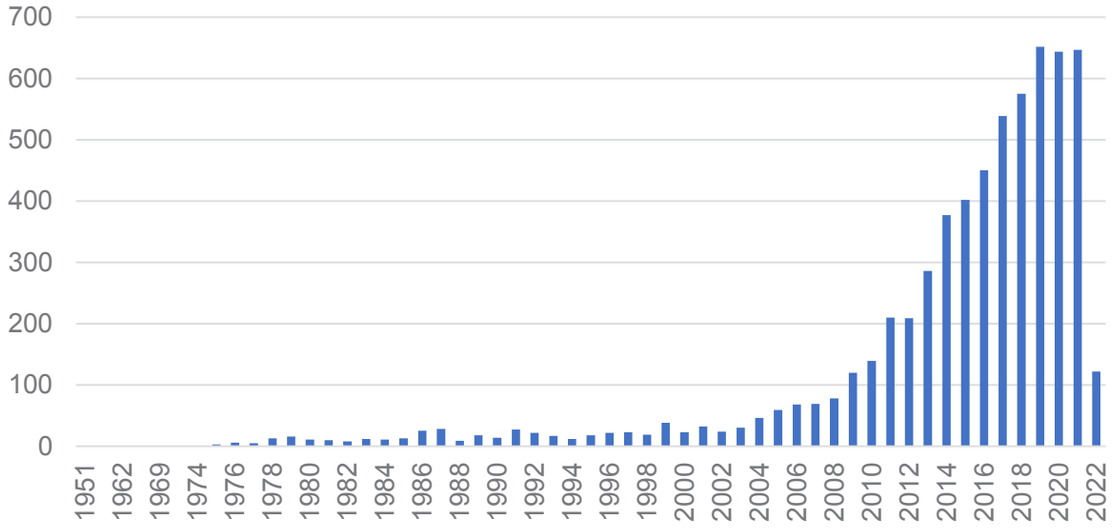
Türkiye'de Isıl Güneş Enerjisinin Güç Santrallerinde Uygulamaları.

Türkiye'de TÜBİTAK ve TTGV tarafından desteklenen bir Ar-Ge projesi sonucunda 2013 yılında Mersin'de heliostatlı kule tipi yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemi kurulmuştur. Bu sistemde toplam 5 MWth güç ve 540°C'de buhar üretebilecek 510 adet heliostat ve 50 metre yükseklikte kule kullanılmıştır ("Greenway Mersin'de Kule Tipi Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Santrali Kurdu - Enerji Portalı", 2022). Sistem doğrudan buharı üretimi için tasarlanmış olup şu an işletimde değildir. Ayrıca, iki eksen takip sistemli parabolik oluklu yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemi İzmir'de 2017 senesinde kurulmuştur. Bu sistem tek eksenli sisteme göre yıl boyunca yaklaşık %37 daha fazla ısı üretimi yapabilmektedir. Sistem 10 bar, 180°C buhar üretimi yapabilmektedir. Farklı akışkanlar kullanıldığında 250°C'ye kadar sıcaklık ulaşabilmektedir (Lucida Solar, 2022). Daha sonra bu sistem yurtdışına transfer edilmiştir. Bir başka projede Kızıldere, Denizli'de 500 kWth kapasitesinde parabolik oluklu yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemi kurulmuştur. Bu sistemle doğrudan buhar üretimi hedeflenmiştir.

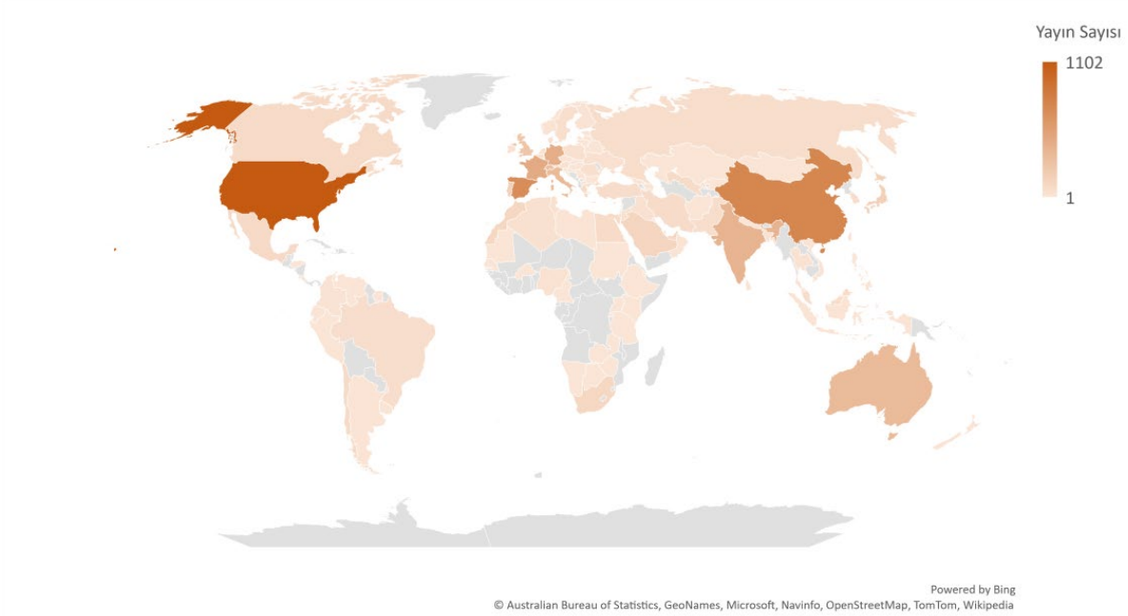
Türkiye'de Isıl Güneş Enerjisiyle İlgili Ar-Ge Çalışmaları.

Dünyada yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojiler alanındaki bilimsel çalışmalar Kuzey Amerika ve Çin'de yoğunlaşmış gibi görünse de küresel olarak bu alanda çalışmalar mevcuttur. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi teknolojileri alanında dünyadaki bilimsel yayınların endekslendiği "Scopus" kayıtlarında, "Concentrated Solar" anahtar kelimesi üzerinden yapılan taramada 1951-2021 yılları arasında toplam 6.086 adet bilimsel yayına ulaşılmaktadır. Bu yayınların %79'u son 10 senede yapılmıştır. Yayınların yıllara göre dağılımı Şekil 13'de verilmiştir. Bunlar arasında 64 yayın ile Türkiye 25. sırada yer almaktadır. Yayınların ülkelere göre dağılımı Şekil 14'de verilmiştir.





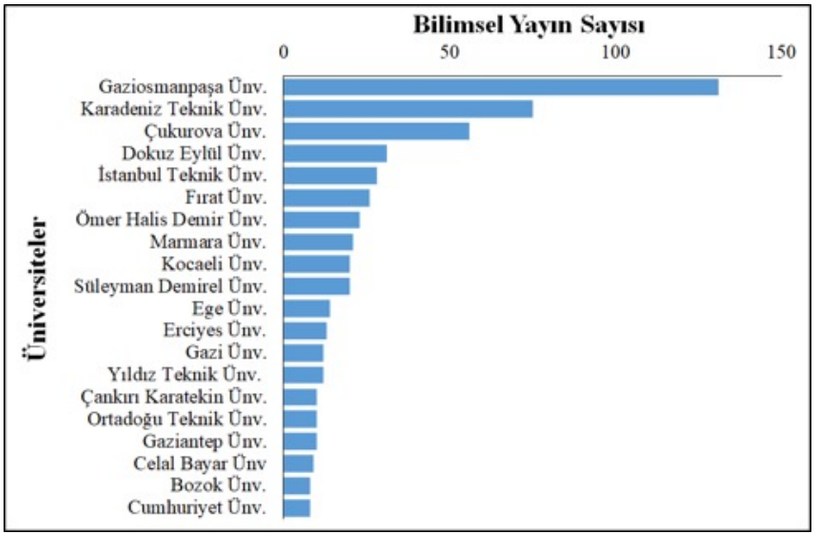
Şekil 13. *Scopus'ta "Concentrated Solar" Anahtar Kelimesiyle Yapılan Bilimsel Makale Sayısının Yıllara Göre Dağılımı (www.scopus.com)*



Şekil 14. *Scopus'ta "Concentrated Solar" Anahtar Kelimesiyle Yapılan Bilimsel Makale Sayısının Ülkelere Göre Dağılımı (www.scopus.com)*

“Concentrated solar” anahtar kelimesiyle yapılan patent araştırmasına göre dünyada 15609 adet patent bulunmakta olup bunların 6 tanesi Türkiye’de tescillenmiştir. Türkiye’de tescillenen 6 tanesinden sadece 2 tanesi Türk buluşçulara aittir. Bu buluşlar, 2017 senesinde Fresnel lensleriyle yapılan sebze ve meyve kurutan bir sisteme (Patent No: TR2017/20658A) ve 2020 senesinde parabolik oluklu yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemiyle çalışan dıştan yanmalı motora (Patent No: TR2020/18945A) aittir.

Web of Science veri tabanı üzerinden 2000-2020 yılları arasındaki termal enerji depolama üzerine yapılan bibliyometrik çalışmada 2020 yılı sonuna gelindiğinde Türkiye’deki bilimsel yayınların 522’ye yükseldiği görülmüştür. Şekil 15’de termal enerji depolama alanında Türkiye’de yapılan bilimsel yayın analizinde ilk 20 üniversitenin sıralaması görülmektedir.



Şekil 15. *Türkiye’de Üniversitelere Göre Termal Enerji Depolama Alanında Yapılan Bilimsel Yayınların İlk 20 Üniversiteye Göre Sıralaması (www.webofscience.com))*

Türkiye için Öngörüler.

Güneş kuşağında yer alan Türkiye güneş ısıl enerjisi uygulamalarına elverişli zengin bir potansiyele sahiptir. Türkiye’deki güneş enerjisi kullanımı fotovoltaik sistemler açısından artış göstermektedir. 2014-2021 yılları arasında Türkiye’deki kurulu fotovoltaik gücünü göstermektedir. Buna göre, kurulu fotovoltaik gücü 2021 yıl sonunda 7815 MW’ı aşmıştır. 2020 sonuna oranla kurulu güç yaklaşık %17 oranında ciddi artış göstermiştir. Dolayısıyla Türkiye güneş enerjisinin potansiyelinin farkındadır ve elektrik üretimi için

kullanmaktadır. Ancak, güneş ısıl enerjisinden daha çok evsel sıcak su üretimi için düşük sıcaklıkta yararlanılmakta, farklı sıcaklıklarda uygulamaların çeşitlendirilmesiyle potansiyelin tamamının devreye alınması için projeler geliştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'de PV sistemlerinin yaygınlaşmasının devam etmesiyle, gece ve gündüz arasında güç üretiminde oluşan uyumsuzluğun giderilmesi ve şebekedeki dalgalanmaların önlenmesi daha da önem kazanacaktır. CSP tesislerinin PV ya da rüzgar sistemleriyle beraber uygulandığı hibrit uygulamaların geliştirilmesiyle PV üretimindeki bu uyumsuzluk giderilebilecek, yenilenebilir enerji kaynaklarından daha verimli ve esnek olarak yararlanılabilecektir (Denholm & Hand, 2011).

CSP'nin geleneksel termik santrallerine göre yatırım maliyetinin yüksek olması, bu sistemlerin yatırım planlarında elektrik tarifelerinin yapılan anlaşmalar ve yasalarla güvence altına alınarak desteklenmesi önemlidir.

Güneş ısıl enerjisinin farklı sıcaklıklarda CST ile üretilebilmesi ve TED sistemleriyle depolanabilmesi elektrik ve endüstriyel ısı üretiminin yanı sıra hidrojen ve sentetik yakıtların üretiminde de kullanılabilir. Ulaşım sektöründe tamamen dışa bağımlı yakıt kullanılan Türkiye'de hidrojenin yenilenebilir enerji kaynaklardan üretilebilmesi önemli bir katkı sağlayacaktır.

2.3. Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri

Dünyada ve Türkiye'deki Genel Durum.

Rüzgar'dan elektrik enerjisi üretimi 20 yıl öncesine göre dünyada artık oldukça yaygınlaşmış ve bir ana akım enerji üretim teknolojisi haline dönüşmüştür. Global Wind Energy Council (GWEC) 2021 yılı raporuna göre dünyadaki kurulu güç 743 GW seviyelerine çıkmıştır. Bu rakam 20 sene öncesine göre 30 kattan fazla bir artışı göstermektedir. 2020 yılında yayınlanan ve Avrupa'daki güç sektörünü inceleyen başka bir raporda, EU-27 ülkelerinde 2020 yılı içerisinde, ilk defa yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi miktarı fosil yakıtlardan üretilen elektrik enerjisi miktarını geçmiştir. Türkiye'de ise rüzgar yatırımları ve santral kurulumları hızla devam etmektedir. Türkiye'deki toplam kurulu rüzgar enerjisi santralı gücü, 2021 yılı içerisinde 10 GW'ı geçmiştir. Bu rakam Türkiye'deki toplam kurulu gücün yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır. 2021 yılı içerisinde rüzgardan elektrik enerjisi üretiminin o günkü toplam elektrik enerjisi üretimine katkısının %20'yi geçtiği günler olmuştur.

Karaüstü ve Denizüstü Türbinler.

Mevcut durumda, dünyada rüzgardan elektrik enerjisi üretimi büyük çoğunlukla karaüstü türbinler kullanılarak yapılmaktadır. 2021 yılı GWEC raporuna göre dünyada kurulu 743 GW'lık toplam gücün 708 GW'ı karaüstü santrallerden oluşmaktadır. Rüzgâr türbin teknolojileri ile ilgili 1980'li yıllardan bu yana yapılan yoğun Ar-Ge faaliyetleri sonucu, özellikle 2000'li yılların başından itibaren bu türbinlerin Seviyelendirilmiş Enerji Maliyetleri (İng. Levelized Cost of Energy - LCoE) oldukça düşmüş, çeşitli ülkelerde yenilenebilir enerjiyi destekleyici mevzuatların ve teşvik mekanizmalarının da çıkarılması ile rüzgar santralleri oldukça yaygınlaşmıştır.

Karaüstü santrallere ek olarak denizüstü çalışabilen rüzgar türbin teknolojilerinin geliştirilmesi çalışmaları özellikle son 15 yılda oldukça artmıştır. Yine GWEC 2021 raporuna göre dünyada kurulu toplam 743 GW kapasiteli rüzgar santralinin 35 GW'ı denizüstü santrallerden oluşmaktadır. Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti olarak karaüstü türbin teknolojilerine göre ilk yıllarda oldukça pahalı kalan denizüstü sistemler, özellikle son 15 yılda yapılan Ar-Ge faaliyetleri sonucu oldukça maliyet etkin hale gelmiştir. Son yıllarda, özellikle kuzey denizinde çok yaygın bir şekilde denizüstü santraller kurulmaya başlamıştır ve yeni projeler hızla devam etmektedir.

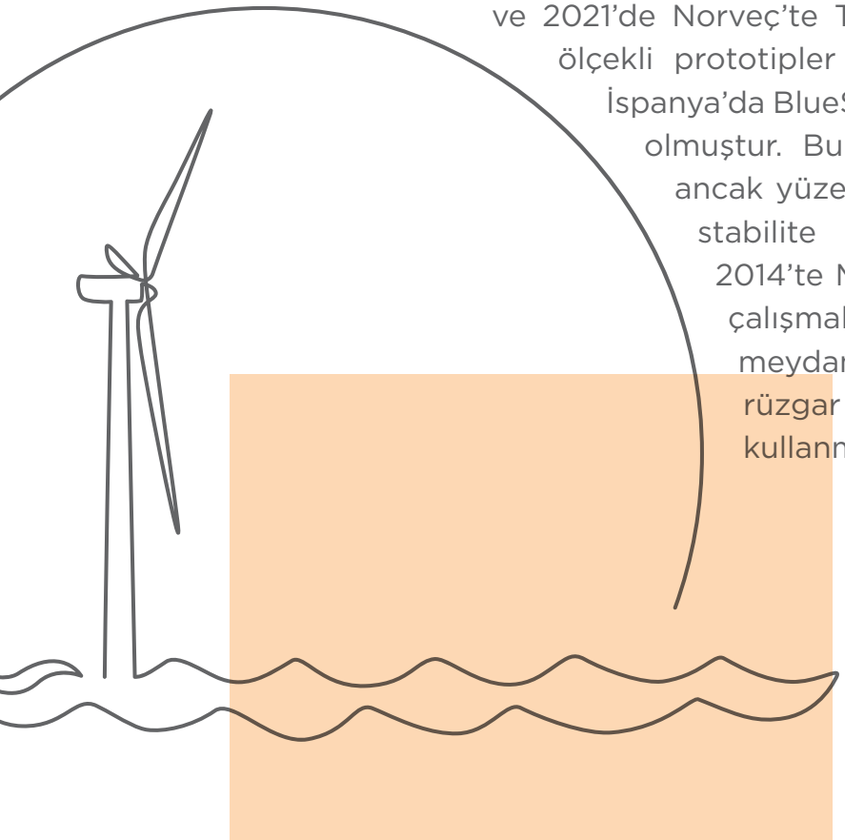
Halihazırda kurulmuş olan denizüstü santrallerdeki türbinlerin büyük çoğunluğu deniz tabanına sabitlenmiş olarak çalışan türbinlerdir. Mevcut teknoloji seviyesi ile bu şekilde türbin kurulumları ancak yaklaşık 50-60 m deniz derinliğine kadar yapılabilmektedir. Rüzgar akış kalitesinin kıyıdan daha uzak mesafelerde daha iyi olmasından dolayı daha derin denizlerde de rüzgar türbin kurulumlarının yapılması için denizüstü yüzen türbin sistemlerinin geliştirilerek ticarileşmesi ve büyük ölçekli santrallerin kurulması gerekmektedir.

50 m su derinliğinin üzerinde deniz tabanına sabitlenmiş sistemlerin maliyetli olması ve bazı denizlerde kıta sahanlığının aniden derinleşmesi sektörün denizüstü yüzer türbin sistemlerine yönelmesine sebep olmuştur. Şekil 16'de görülen ilk ticari denizüstü yüzen rüzgar çiftliği Hywind Tampen beton direkler (İng. concrete SPAR-single point anchor reservoir - platform) üzerinde 11 adet 8MW türbinden oluşmakta ve şu an inşaat aşaması halen devam etmektedir. Bunun yanı sıra bir kaç (Hywind İskoçya: 6 adet 6MW spar, Kincardine: 5 adet 9.5 MW semi submersible - yarıbatık platform, WindFloat Atlantic: 3 adet 8.4 MW semisubmersible) pilot denizüstü yüzer santral devreye alındı. Buna paralel olarak Fransa'da Biscoy Körfezi'nde ve Akdeniz'de 4 pilot

rüzgar santrali projesi yürütülmektedir. Maine tarafından geliştirilen denizüstü yüzer projesi de ilerlemektedir. Denizüstü yüzer rüzgar santralleri için ilk ticari ihaleler İskoçya ve Fransa'da açılmıştır (Şekil 16). Tüm bu çiftliklerde, çok sınırlı modifikasyonlarla yatay eksenli rüzgar türbini kullanılmaktadır.

Şekil 16. *Hywind Tampen Rüzgar Santrali İnşaat Aşaması (Sol Üstte), Kincarden Rüzgar Santrali Tamamlanmış Hali (Sol Altta), Faal Hywind İskoçya Rüzgar Santrali (sağda)*

Buna paralel olarak teknoloji gelişimi de ilerlemektedir. Birkaç tam ölçekli prototip tesis edilmiştir: 2018'de Fransa ve Japonya'daki iki damping pool mavnası ve 2021'de Norveç'te TetraSpar (Şekil 17, Şekil 18). Daha küçük ölçekli prototipler de tesis edilmiştir. Fransa'da Eeolink ve İspanya'da BlueSATH. BlueSATH platformu fırtınada alabora olmuştur. Bu kazaya dair çok az bilgi bulunmaktadır ancak yüzen denizüstü rüzgar türbinlerindeki ilk ciddi stabilite kazası değildir (2011'de SWAY batması, 2014'te MODEC'in Sgwic kaybı). Sayısal modelleme çalışmaları güvenli tarafta yapılsa da kazaların meydana gelmesi teknoloji geliştiricilerini ticari rüzgar çiftliklerinden önce tam ölçekli prototipleri kullanmaya yönlendirecektir.



Şekil 17. *Tam Ölçekli Prototipler: Tetraspar (Solda), Damping Pool (sağda)*

Şekil 18. *Orta Ölçekli Prototipler: Bluesath (Solda), Eolink (sağda)*

Uçan Rüzgar Enerjisi Sistemleri.

K Karaüstü ve Denizüstü türbin sistemlerine ek olarak son 10 yılda Ar-Ge faaliyetlerinin oldukça yoğunlaştığı, daha yenilikçi ve biraz daha uzak geleceği hedefleyen başka bir rüzgardan elektrik enerjisi üretim şekli ise uçan türbin sistemleridir (İng. Airborne Wind Energy - AWE). Mevcut durumda bu sistemler TRL seviyesi olarak çok ileri değildir ancak dünyadaki çeşitli araştırma merkezlerinde çok yoğun faaliyetler devam etmekte, çok yenilikçi sistemler ortaya çıkmakta ve çeşitli startup firmaları bu sistemleri geliştirip ticarileştirmeye çalışmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'nın (National Renewable Energy Laboratory - NREL) Ağustos 2021'de, ABD Enerji Bakanlığı ve ABD kongresinin talebi üzerine hazırladığı, uçan türbin sistemleri ile ilgili raporda bu sistemlerin henüz düşük-orta dereceli Teknolojik Hazırlık Seviyesi'nde olduğu (THS), bu teknolojilerin 2030+'lı yıllarda konvansiyonel sistemlere göre daha maliyet etkin olabilmesi için birçok konuda araştırma yapılması ve teknoloji geliştirilmesi gerektiği söylenmektedir. Özellikle yüksek irtifada (200-800 m arası) bulunan yüksek rüzgar enerjisi potansiyeli bu sistemleri oldukça çekici kılmaktadır. Bu konu ile ilgili, NREL raporunda, önümüzdeki 1 ila 4 yıl içerisinde, uçan rüzgar enerjisi sistemleri ile ilgili, ABD'de ulusal bir Ar-Ge programının başlatılması ve bir uçuş test merkezinin kurulması,

3-10 yıl içerisinde ticari firmaların Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi ve bu firmalara test ve simülasyon konusunda destek verilmesi, 6-10 yıl içerisinde üretilecek, ticari potansiyeli yüksek prototiplerin NREL uçuş merkezinde denenmesi ve bazı pilot bölgelerde enerji üretim uygulamalarının başlatılması önerilmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de Önde Gelen Üniversiteler ve Araştırma Merkezleri.

Rüzgar enerjisi teknolojileri konusuna odaklanan ve bu konuda yoğun Ar-Ge faaliyetleri yapan dünyada ve Türkiye'de önde gelen üniversiteler ve araştırma merkezleri aşağıda listelenmiştir:

- NREL (ABD)
- University of Colorado Boulder (ABD)
- University of Delaware (ABD)
- University of Massachusetts Amherst (ABD)
- University of Texas at Dallas (ABD)
- DTU (Danimarka)
- Alborg Üniversitesi (Danimarka)
- Forwind (Oldenburg, Hannover, Bremen) (Almanya)
- TU Munich (Almanya)
- TU Berlin (Almanya)
- Stuttgart Üniversitesi (Almanya)
- Leibniz Universitat Hannover (Almanya)
- Bremen Üniversitesi (Almanya)
- Aachen Üniversitesi (Almanya)
- Fraunhofer IWES (Almanya)
- Universitat Magdeburg (Almanya)
- German Aerospace Center (Almanya)
- Hochchule Flensburg - University of Applied Sciences (Almanya)
- Strathclyde Üniversitesi (İngiltere)
- Edinburgh Üniversitesi (İngiltere)
- Durham University (İngiltere)
- Loughborough University (İngiltere)

- Rutherford Appleton Laboratory, Science and Technology Facilities Council (İngiltere)
- University of Hull (İngiltere)
- Tufts University (İngiltere)
- Central Nantes (Fransa)
- ifp Energies Nouvelles (Fransa)
- Mines Paris Tech (Fransa)
- Universite D'orleans (Fransa)
- CENER (İspanya)
- KU LEUVEN (Belçika)
- The Von Karman Institute for Fluid Dynamics(Belçika)
- UCLouvain (Belçika)
- Ghent Üniversitesi (Belçika)
- Vrije Universiteit Brussel (Belçika)
- National Technical University of Athens (Yunanistan)
- University College Cork (İrlanda)
- Politechnico University, Milano (İtalya)
- Universita Degli Studi Firenze (İtalya)
- TU Delft (Hollanda)
- Sintef (Norveç)
- Norweigan University of Science and Technology (Norveç)
- University of Agder (Norveç)
- Universidade do Porto (Portekiz)
- UCLM (İspanya)
- CIRCE - Research Centre for Energy Resources and Consumption (İspanya)
- Chalmers Unversity of Technology (İsveç)
- Royal Institute of Technology (KTH) (İsveç)
- Uppsala University (İsveç)
- Eastern Switzerland University of Applied Sciences (İsviçre)
- ETH Zürich (İsviçre)
- North China Electric Power University (Çin)
- ODTÜ RÜZGEM
- İYTE
- İTÜ

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi konusunda ortaya koyduğu ulusal hedeflere ulaşabilmesini, bu hedeflere ulaşırken teknolojik dışa bağımlılığı en aza indirmeyi ve dünya rüzgâr enerjisi pazarında pay ve söz sahibi olabilmesine katkıda bulunmayı amaçlayan ODTÜ RÜZGEM – Rüzgâr Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi, Türkiye'de rüzgâr enerjisi alanındaki ilk ve tek araştırma merkezidir. 2011 yılında T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Ofisi (eski Kalkınma Bakanlığı) altyapı proje desteği ile kurulmuştur. Kurulduğu günden bu yana birçok ulusal ve uluslararası proje yapan ve yapmaya devam etmekte olan Merkez, rüzgar enerjisi teknolojileri kapsamında Türkiye'deki en gelişmiş laboratuvar altyapısına sahiptir. Rüzgar enerjisi konusunda uzman insan kaynağı yetiştirmeye yönelik doktora ve yüksek lisans düzeyindeki çalışmaları ile teknoloji geliştirmeye devam etmekte olan merkez, bu çalışmalara ek olarak yine rüzgar enerjisi konusunda dersler, seminerler ve eğitim faaliyetleri de yürütmektedir.

Dünya'daki ve Türkiye'deki Akademik Birikim ve Yayın Hacmi.

Web of Science taramasına göre 2021 yılında, dünyada, "rüzgar enerjisi" veya "rüzgar türbinleri" veya "rüzgar çiftlikleri" anahtar kelimelerini içeren 14657 bilimsel yayın yapılmıştır. Bu yayınların 348 tanesi Türkiye'dendir.

Bir örnek olarak, ODTÜ Akademik Veri Yönetim Sistemi, AVESİS, üzerinden yapılan bir taramada, "wind" kelimesi aratıldığında, 731 adet yayın (bunların 399'u dergi makalesidir), 313 tez ve 18 proje bulunmaktadır. 18 projenin 6'sının TÜBİTAK destekli, 3'ünün AB H2020 destekli, 3'ünün TÜBİTAK-İkili İşbirliği programı destekli, 2'sinin UK Newton fonu destekli, 1'inin AB FP7 destekli olduğu görülmektedir.

YÖK Ulusal Tez Merkezi üzerinden yapılan bir taramada ise, "rüzgar enerji*" aratıldığında, 1985 yılından günümüze 907 adet tez bulunmaktadır.

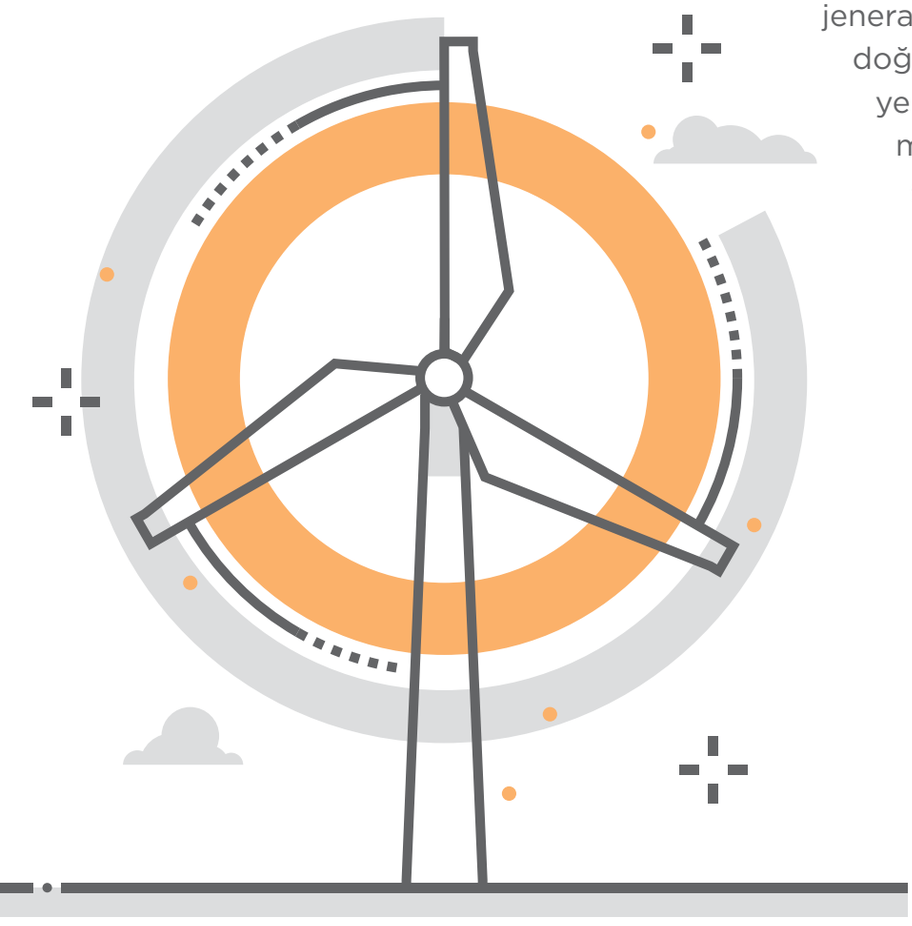
YÖK Akademik veri sitesinde "rüzgar enerji" ifadesi aratıldığında 41 akademisyen, 8 patent, 341 proje, 520 bildiri, 287 makale, 6 kitap, 287 tez bulunmaktadır. Aynı sitede "wind energy" aratıldığında 41 akademisyen, 26 proje, 440 bildiri, 499 makale, 11 kitap, 244 tez bulunmaktadır.

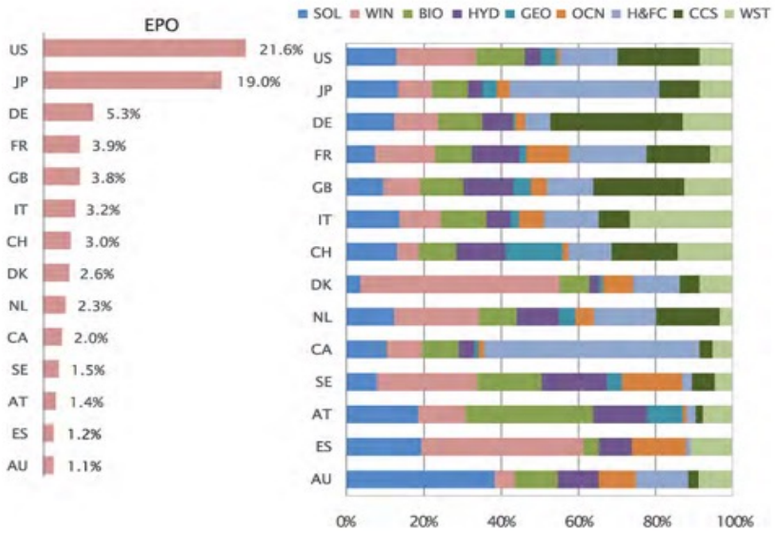
Dünyadaki ve Türkiye'deki Teknolojik Birikim ve Fikri Mülkiyet Havuzu.

Nisan 2021'de yayımlanan Avrupa Patent Ofisi ve Uluslararası Enerji Otoritesi (IEA)

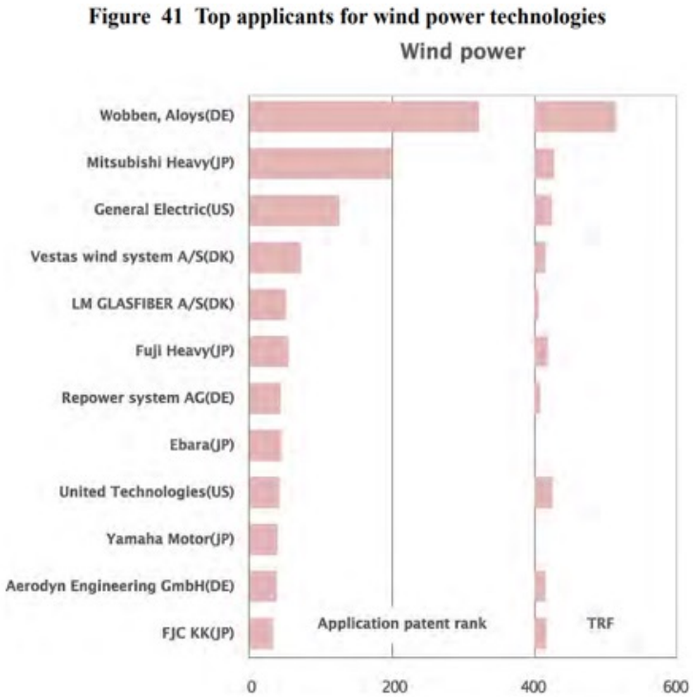
ortak raporunda 2019-2020 yılları arasında rüzgar enerjisi alanında 17.000 adet uluslararası patent ailesi (İng. İnternational Patent Family, IPF) bulunduğu, bu rakamın, aynı dönem içinde yapılan güneş enerjisi alanındaki 46.500 adet patentten sonra enerji alanında ikinci sırada yer aldığı belirtilmektedir (Şekil 19) (IEA, 2021c).

Dünya Fikri Mülkiyet Ajansı (İng. World Intellectual Property Organization) 2009 Alternatif Enerji Teknolojileri Analiz Raporu'nda, Amerika, Japonya, Avrupa, Kore, Çin ve Uluslararası patent ofislerinin verileri değerlendirilmektedir (Intellectual Property Office, 2009). 2001-2005 yılları arasında Avrupa Patent ofisine yapılan başvurularda rüzgar enerjisi %23 ile, hidrojen ve yakıt hücresi (İng. fuel cell) patentlerinin (%40) ardından ikinci sırada yer almaktadır. 1999 yılına kadar rüzgar enerjisi teknolojileri alanındaki patent başvuruları yaklaşık yılda 100 başvuru iken, daha sonra 2006 yılında yılda 650 patente kadar yükselmiştir. Amerika ve birkaç Avrupa ülkesi (Danimarka, İspanya, Hollanda) rüzgar enerjisi teknolojileri geliştirilmesi alanında öncü durumdadır. Konular ise, jeneratörlerin etkinliğinin (İng. efficiency) artırılması, kanat hatve kontrolünün iyileştirilmesi, jeneratör gürültüsünün azaltılması, düşük ve orta rüzgar hızları için jeneratörlerin etkinliğinin modellenmesi ve doğrulanması için yöntemler geliştirilmesi, yenilikçi türbinler geliştirilmesi, birim maliyetin azaltılmasına yönelik yöntemler geliştirilmesi ve türbin operasyonlarının optimize edilmesi alanlarına yöneliktir. Rüzgar enerjisi teknolojileri alanında öncü kurum/firmalar içinde ilk sırada Aloys Wobben (Enercon'un sahibi) yer almakta olup, onu takiben Mitsubishi Heavy Industries, General Electric (GE Wind), and Vestas Wind Systems yer almaktadır (Şekil 20).



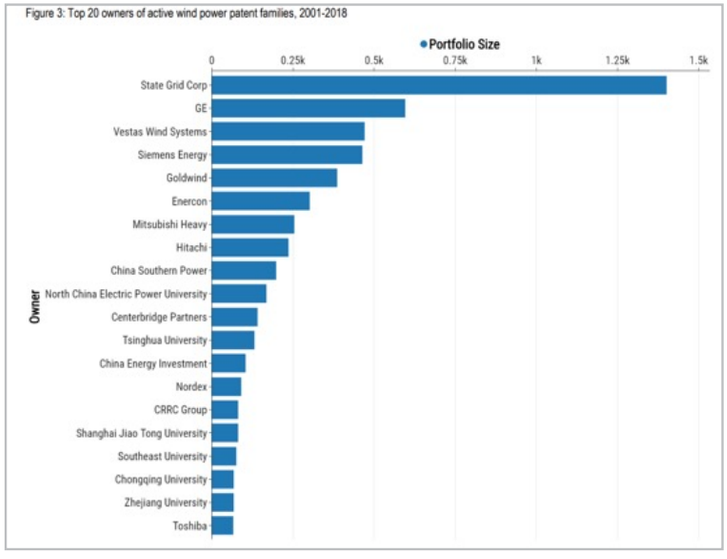


Şekil 19. *Avrupa Patent Ofisi Verilerinde Ülkelerin Alternatif Enerji Teknolojileri Alanındaki Toplam Patent Başvuru Sayıları Ve Bunlar İçin De "WIN" Kelimesi İle Gösterilen Rüzgar Enerjisi Teknolojilerinin Dağılımı (kaynak: 2009 Dünya Fikri Mülkiyet Ajansı raporu (Intellectual Property Office, 2009).*



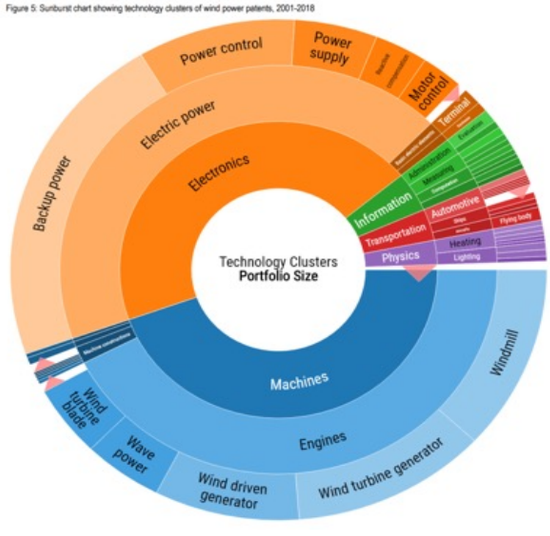
Şekil 20. *Rüzgar Enerji Teknolojileri Alanında En Çok Patent Başvurusu Bulunan Firma/kurumlar (kaynak: 2009 Dünya Fikri Mülkiyet Ajansı raporu (Intellectual Property Office, 2009)*

2001-2018 yılları için rüzgar enerji teknolojileri patent ailesi verilerine göre 2021 yılında en üst sırada Çin Devlet Enerji Şebekesi Kurumu, ikinci sırada ise General Electric (US), ve üçüncü sırada Vestas (Danimarka) yer almaktadır. Listede ayrıca Çin üniversitelerinin de yer aldığı görülmektedir (Şekil 21) (Intellectual Property Office, 2021).



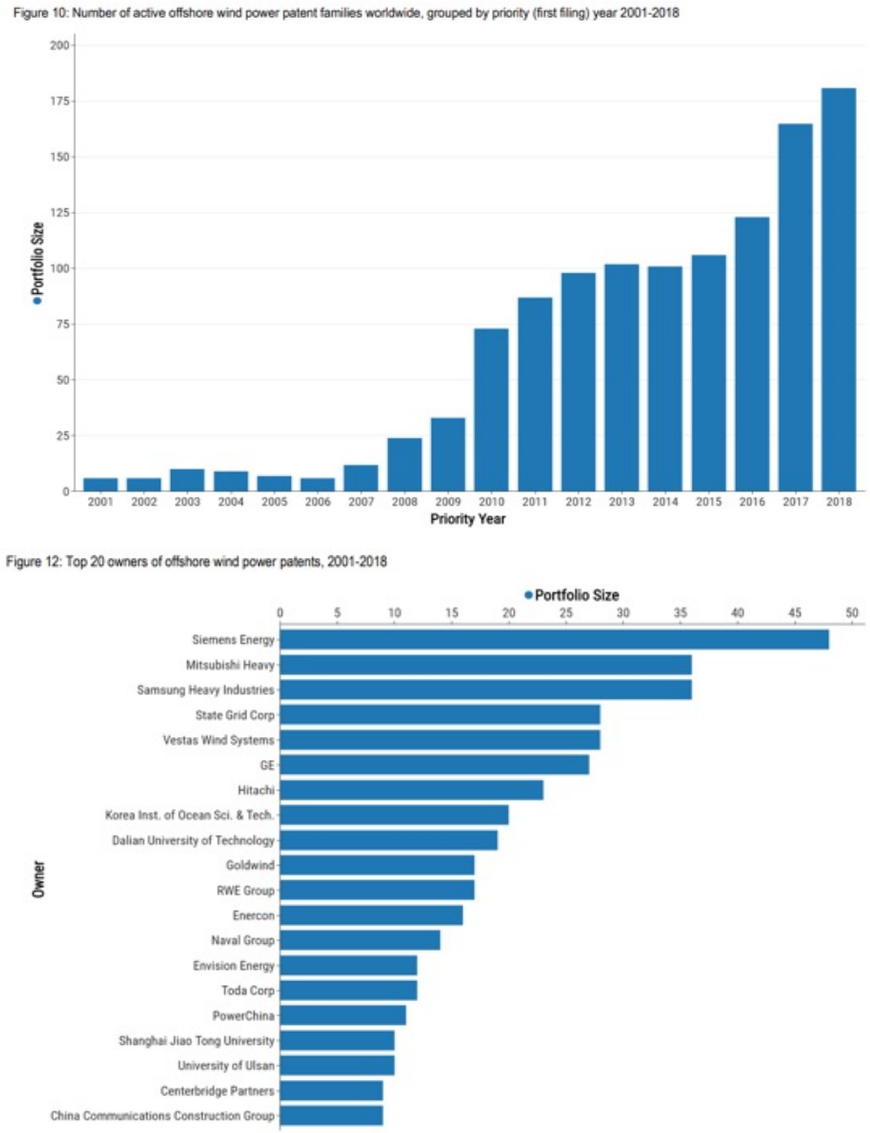
Şekil 21. *2001-2018 Yılları İçin Rüzgar Enerji Teknolojileri Patent Ailesi Verilerine Göre En Çok Patente Sahip Olan 20 Kurum/ Firma (Intellectual Property Office, 2021)*

Patent başvurusu bulunan konular ise, makine ve elektronik olarak iki ana grupta derlenmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. *Rüzgar Enerji Teknolojileri Patent Konu Alanı (Intellectual Property Office, 2021)*

Yine aynı raporda, denizüstü rüzgar enerjisi alanında ise 2001-2018 yıllar içinde toplam 1149 patent başvurusunun yıllara göre dağılımı ve en çok patent başvurusu bulunan kurum/firmalar görülmektedir. 2007'den itibaren denizüstü rüzgar enerjisi patent başvuru sayılarında artış olduğu, 2016 yılından itibaren ise ciddi oranda artış görülmektedir (Şekil 23) (Intellectual Property Office, 2021).



Şekil 23. *2001-2018 yıllar için Denizüstü Rüzgar Enerjisi Konulu Patentlerin Yıllara Göre Dağılımı ve En Çok Patent Başvurusu Olan Kurum/Firmalar (Intellectual Property Office, 2021)*

YÖK Akademik veri sitesinde “rüzgar enerji” ifadesi aratıldığında bulunan 8 patent hakkında bilgi aşağıda sunulmaktadır (8 patentin veri tabanında tekrar yazılmış olan 5 ayrı patent olduğu görülmektedir):

- Hava Akış Kanallı Rüzgâr Türbini Kanadı Tasarımı
- Binalarda Diken Saçlı Yüzeylerde Rüzgârdan Isı Üretme Ve Yüzeylerin Bina Yalıtımında Kullanımı
- Hava-Su Enerji Sistemi
- Güneş ve rüzgar enerjisinden verimli faydalanan pasif enerjili taşınabilir yapı tasarımı
- Hibrid bir enerji üretim ve depolama sistemi

Türkiye’deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

- Rüzgar Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi - RÜZGEM, Rüzgar enerjisi teknolojilerine yönelik araştırma altyapılarının ve laboratuvarlarının kurulması projesi, 2011-2022, Yürütücü Prof. Dr. Oğuz Uzol
- Türkiye’de Denizüstü Rüzgar Türbin Çiftliklerinin Büyük Ölçekli Entegrasyonu (Offshore Wind Farms Large-Scale Integration in Turkey: WindFlag), 2020-2023, TR yürütücü Doç.Dr. Ozan Keysan.
- Ferhat Bingöl hocanın projeleri: http://web.iyte.edu.tr/~ferhatbingol/?page_id=521 UPWIND (2006-2011), AB FP6 fonu ile desteklenmiştir, ülkemizden Dr. Ferhat Bingöl proje ekibinde yer almıştır.
- RİTM Projesi
- Milli Rüzgâr Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi Projesi (MİLRES)
- Enerji Bakanlığı - Danimarka Enerji Ajansı İşbirliği Projesi
- IPA2012 Yenilenebilir Enerji Sektörünün Geliştirilmesi Projesi:

- COCONET: Towards COast to COast NETworks of marine protected areas (from the shore to the high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential

- Legal, Technical and Commercial Roadmap for Supporting Offshore Wind Investments in Turkey, British Embassy Foreign and Commonwealth Office fonu (ODTÜ)

- Kompozit yapılarda eğilme-burulma etkileşiminin sayısal görüntü bağıntı (SGB) yöntemi ile belirlenmesi ve türbin kanatlarında eğilme-burulma etkileşimini kullanarak yatay eksen rüzgar türbinlerinde yük azaltılması, 2014-2017, Yürütücü Prof. Dr. Altan Kayran.

- New European Wind Atlas (NEWA) - Yeni Avrupa Rüzgar Atlası Projesi (ERANET+), 2015-2018

- Yüksek Türbülanslı Ve Sağanaklı Akışların Rüzgâr Tünel Testlerinde Üretilebilmesi Için Bütünleşik Aktif Izgara-Rüzgâr Tüneli Sistemi Tasarımı Ve Uygulaması, 2021-2023, Yürütücü Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Perçin

- Yerleşim Alanlarında Kullanmak İçin Özgün Bir Küçük Yatay Eksenli Rüzgar Türbin Kanadının Tasarımı,Analizi, Üretimi ve Testi, 2020-2022, Yürütücü Prof. Dr. Altan Kayran

- Yatay Eksenli Rüzgar Türbinlerinde Uç Enjeksiyonu Kullanılarak Aktif Uç Girdabı Kontrolü Yönteminin Deneysel İncelenmesi, 2012-2015, Yürütücü Prof. Dr. Oğuz Uzol

- Çok Amaçlı Yüzer Güneş Enerji Santrali (FloSoWer), (TÜBİTAK-İRAN İkili İşbirliği Programı), 2021-2023, Yürütücü Doç. Dr. Elif Oğuz, ODTÜ ile Sharif University of Technology arasında.

- Türkiye için Yüzer Hibrit Yenilenebilir Enerji Sistemleri, (TÜBİTAK-Birleşik Krallık İkili İşbirliği Programı), 2021-2023, Yürütücü Doç. Dr. Nejan Huvaj, ODTÜ ile Durham Üniversitesi (UK) arasında.

- Çok amaçlı açık deniz platformlarının yenilikçi tasarımı, 2011-2015, TR Yürütücü Prof. Dr. M. Sedat Kabdaşlı, İTÜ, FP7 destekli EU projesi. (http://www.vliz.be/projects/mermaidproject/)

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Ülkemize Yönelik Öngörüler.

1) Türkiye'nin ilk yerli rüzgar türbini:

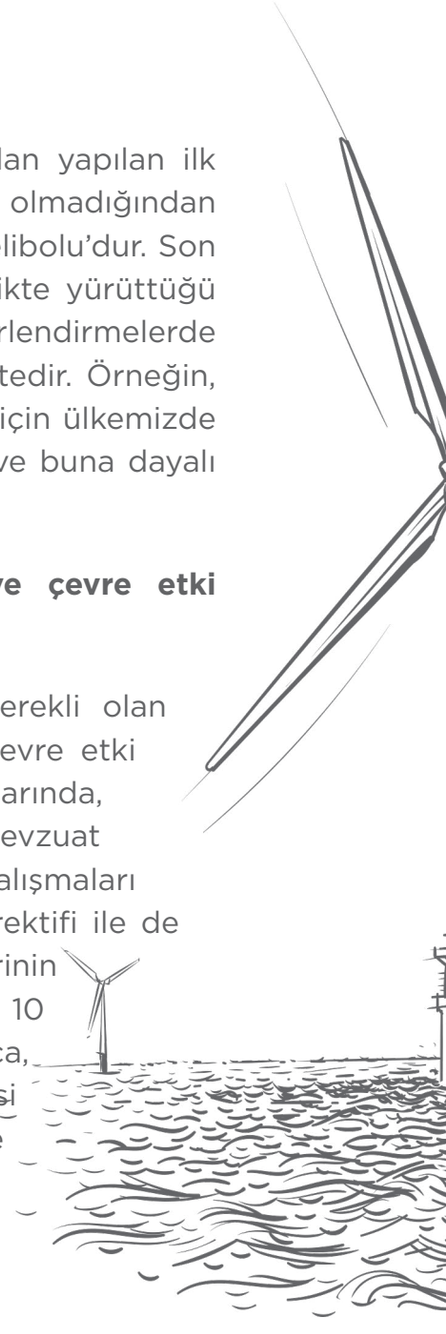
Türkiye'nin ilk yerli rüzgar türbininin (4 MW) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın iş birliğiyle, EÜAŞ ve ASELSAN çalışmaları ile üretilmesi ve Alaçatı RES'e pilot kurulum yapılması planlanmakta ve bu alanda yurt dışına bağımlılığın azaltılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmanın devamı niteliğinde, ihtiyaç duyulacak öncelikli alanların belirlenerek, kamu-üniversite işbirliği ile yeni Ar-Ge projelerinin hayata geçirilmesi öngörülmektedir [79].

2) Denizüstü Rüzgar Enerjisi için yeni bir ihale:

2018 yılında ülkemizde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan ilk denizüstü rüzgar enerjisi ihalesi (200 MW kapasite) ihaleye başvuru olmadığından iptal edilmiştir. 2018 ihalesinde belirlenen alanlar Saros, Kıyıköy ve Gelibolu'dur. Son yıllarda Enerji Bakanlığı'nın Almanya, Danimarka gibi ülkeler ile birlikte yürüttüğü işbirliği projeleri kapsamında denizüstü rüzgar enerjisine yönelik değerlendirmelerde ilerleme sağlanmıştır. Ayrıca Kalkınma Ajansları çalışmalar yürütmektedir. Örneğin, İzmir Kalkınma Ajansı Önümüzdeki yıllarda denizüstü rüzgar enerjisi için ülkemizde mevzuat ve kaynak alanları açısından çalışmalarda hızlı bir ilerleme ve buna dayalı olarak yeni bir ihale olabileceği öngörülmektedir.

3) Denizüstü Rüzgar Enerjisi için deniz mekansal planlama ve çevre etki değerlendirmesi mevzuat:

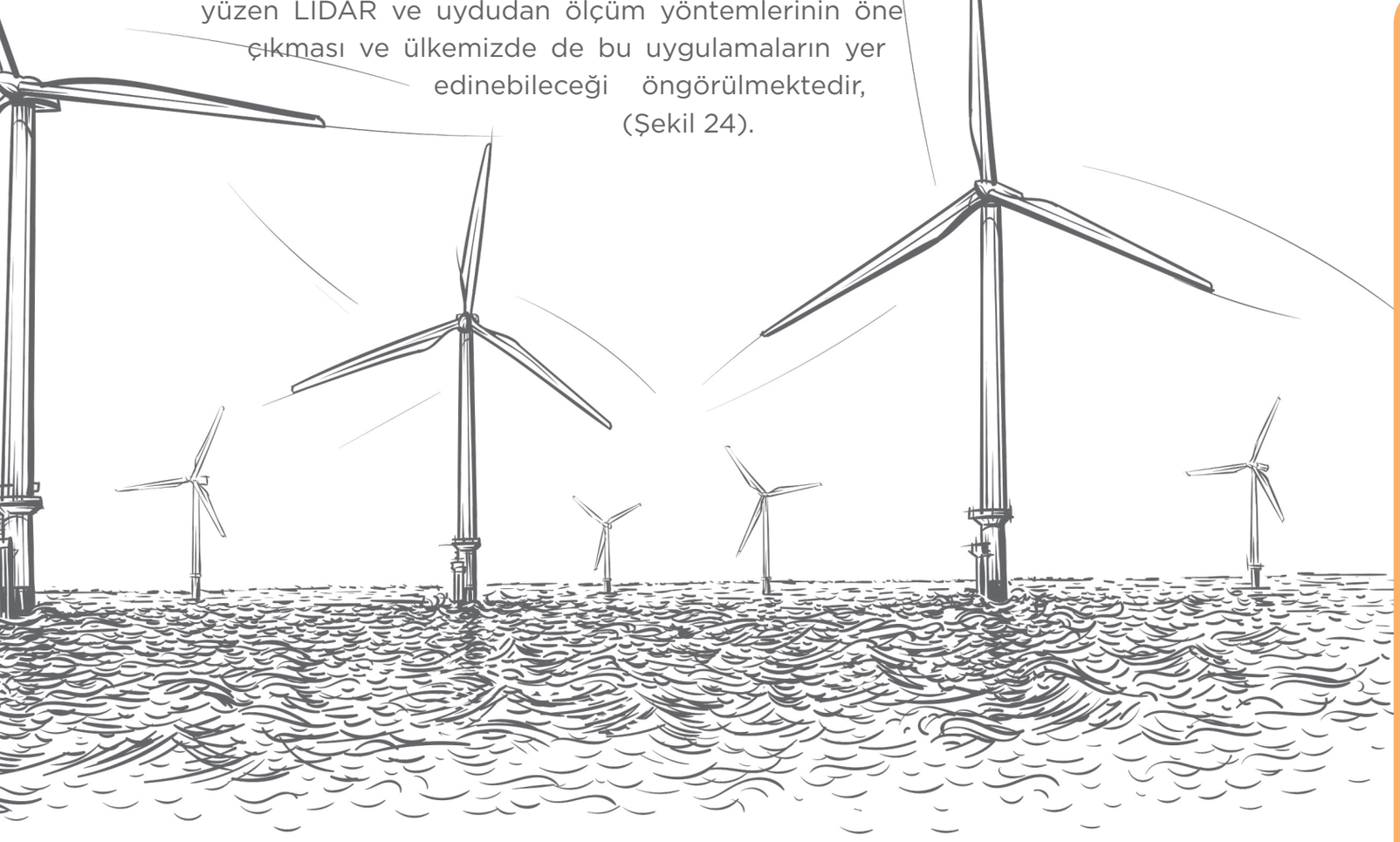
Denizüstü rüzgar enerjisi alanında ilerleme katedilebilmesi için gerekli olan deniz mekansal planlama (İng. Marine Spatial Planning, MSP) ve çevre etki değerlendirmesi (İng. Environmental Impact Assessment, EIA) konularında, ülkemizdeki ilgili kurumların işbirliği ile izinler ve lisanslamaya yönelik mevzuat oluşturulması gerekeceği öngörülmektedir. Deniz mekansal planlama çalışmaları Temmuz 2014'te yayımlanan 2014/89/EU numaralı Avrupa Birliği direktifi ile de öncelikli strateji konularından biri olarak belirlenmiş, tüm AB ülkelerinin 2021 yılına kadar MSP çalışmalarını bitirmesi ve en az, izleyen her 10 yılda bir bu çalışmaların güncellenmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, deniz üstü rüzgar çiftliklerinin çevresel etkilerinin değerlendirilebilmesi amacıyla, çevresel faktörlerin belirlenip uzun dönemli izlenmesi ve



ilgili araştırmaların yapılması amacıyla, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uzmanları, deniz biyolojisi, ekoloji, kuşlar vb çevre konularına yönelik ve izleme (monitoring) yöntemleri alanında çalışan uzmanlar ile işbirliği ön plana çıkacaktır. Tüm bu konularda, kamu-üniversite işbirliği (örneğin ODTÜ RÜZGEM, ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü vb) araştırma projeleri ve ülkemizde insan kaynakları kapasite geliştirmeye yönelik eğitimler verilmesinin gündeme gelmesi öngörülmektedir.

4) Denizüstü rüzgar, meteorolojik ve oşinografik ölçümler:

Denizüstü rüzgar enerjisi için belirlenen potansiyel alanlar için uzun süreli deniz üstü rüzgar ölçümleri ve meteorolojik (rüzgar hızı, yönü, sıcaklık, nem vb), oşinografik (dalga boyu, dalga hızı, akım vb.) ölçümler yapılması amacıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Enerji Bakanlığı ve ilgili kurumların işbirliği ile ölçüm direği / istasyonlar (MetMAST, MetOCEAN) kurulmasının ve veri toplanmasının gündeme geleceği öngörülmektedir. Bu ölçümler için, türbin yüksekliğinde (veya %80 yüksekliğinde) kurulum/kullanım/sökümü oldukça maliyetli olan klasik ölçüm direği kullanımının yanı sıra, dünyada kullanımı giderek yaygınlaşan platform üstü LİDAR/SODAR, yüzen LİDAR ve uydudan ölçüm yöntemlerinin öne çıkması ve ülkemizde de bu uygulamaların yer edinebileceği öngörülmektedir, (Şekil 24).



Şekil 24. *(a) Klasik Denizüstü Ölçüm Direği (Munoz-Esparza Vd 2012), (B) Yüzen LİDAR Ve Arkada Klasik Ölçüm Direği (Axys Technologies)*

5) Türkiye'nin ik yerli uçan rüzgar türbini:

Uçan rüzgar türbin sistemleri araştırmalarının yaygınlaştırılması, projelerin artması, bu konudaki startup firmaların desteklenmesi

IEA, IPCC, OECD, Avrupa Birliği Çalışmalarında/Yayınlarında/Raporlarında İlgili Teknolojiye veya Uygulamaya Yapılan Atıflar.

Avrupa Birliği'nin "Enerji ve Yeşil Mutabakat" başlığı altında yayınladığı strateji belgelerinde Avrupa Yeşil Mutabakatının 3 ana prensibi içinde "büyük oranda yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji sektörü"nün geliştirilmesi vurgulanmaktadır. Avrupa komisyonunun bu stratejiye yönelik belirlediği ana amaçlar içinde ise "Avrupa'nın deniz üstü rüzgar enerjisi potansiyelinin tümünün hayata geçirilmesi" bir amaç olarak belirtilmektedir [80]. Avrupa Birliği'nin "2050'ye kadar İklim Nötr" hale gelmesi hedefine yönelik olarak da, Temmuz 2021'de yayımlanan AB direktifine göre 2050'ye kadar AB ülkelerinin 300 GW deniz üstü rüzgar enerjisine ulaşmayı hedeflemesi ve buna yönelik deniz havzaları ve komşu ülkelerin işbirliği çalışmaları yürütmesinin gerektiği belirtilmiştir [81].

Deniz mekansal planlama (İng. Marine Spatial Planning, MSP) çalışmaları Temmuz 2014'te yayımlanan 2014/89/EU numaralı Avrupa Birliği direktifi ile de öncelikli strateji konularından biri olarak belirlenmiş, tüm AB ülkelerinin 2021 yılına kadar MSP çalışmalarını bitirmesi ve en az, izleyen her 10 yılda bir bu çalışmaların güncellenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

- https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/h2020-energy/projects-by-field/877

- https://windeurope.org/policy/eu-funded-projects/
- http://www.ewea.org/our-activities/eu-funded-projects/
- TLPWIND UK: Driving the cost down of offshore wind in UK waters Project funded by INNOVATE UK. Iberdrola Engineering and Construction UK Limited, University of Strathclyde, ORE CATAPULT. (https://gtr.ukri.org/projects?ref=1019699)
- Adaptation and Implementation of Floating Wind Energy Conversion Technology for the Atlantic Region (ARCWIND Project) (http://www.arcwind.eu/)

2.4. Jeotermal Enerji Teknolojileri

Günümüzde fosil yakıtların yoğun ve bilinçsizce kullanımı küresel ısınma, sera gazı sorunları ve iklim değişikliği gibi pek çok problemi ortaya çıkarmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtlardaki karbon emisyonu, CO_2 oranları göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslanamayacak derecede yüksektir. Yenilenebilir kaynaklar içinde CO_2 emisyonlarının en düşüğü jeotermal enerjidir. Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşmaları ile dünya karbon salınımı miktarlarında ufak da olsa azalmalar görülmüştür. Ancak bu azalma değerleri dünya karbon salınımının çok küçük bir bölümüne karşılık gelmektedir.

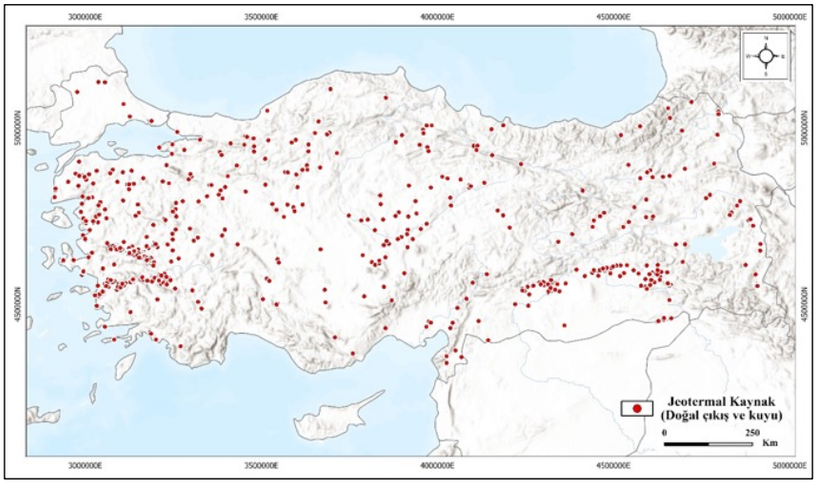
Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermalden elektrik üretimi 2020'de toplam 97 TWh civarındayken, jeotermal ısının doğrudan kullanımı yaklaşık 128 TWh'a ulaşmıştır. 2020'de jeotermal enerji kapasitesi son yıllara kıyasla (kısmen pandemi kaynaklı aksamalara bağlı olarak) küçük bir büyüme göstermiş ve neredeyse tüm yeni tesisler Türkiye'de yer almıştır. 2020'de Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya mevcut kapasitelerine çok küçük miktarlarda jeotermal enerji alanları eklemişlerdir (REN21, 2021). Pandemiyle birlikte sektör zorluklarla karşılaşmaya devam etmiş, ancak Kolombiya ve Tayvan gibi jeotermal enerji üretim kapasitesine sahip ülkelerin sisteme dahil olmasıyla dünya genelinde toplam 246 MW'lık ek kapasite eklenmiştir (Thinkgeoenergy, 2022).

Dünya genelinde 2010 yılından 2020'ye kadar, yeni jeotermal enerji gelişmelerine toplam 40 milyar dolar yatırım yapılmıştır. 2021 yılı sonunda toplam kurulu jeotermal enerji üretim kapasitesi, 2020 yılına göre 246 MW artışla 15.854 MW olarak gerçekleşmiştir (Thinkgeoenergy, 2022). Bugünün kurulu jeotermal kapasitesine yaklaşık 3722 MWe ile ABD hakimdir, bunu Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda izlemektedir.

Türkiye'nin, dünya genelinde elektrik üretimindeki payı yaklaşık %11 civarındadır (Mertoğlu ve diğ., 2021). İlk 10 jeotermal üreticisi, ülke toplam pazarının neredeyse %90'ına katkıda bulunmaktadır ve başta Avrupa olmak üzere birçok ülke, yakında jeotermal ile ilgili büyük yatırımlar yapmayı planlamaktadır.

Türkiye, doğal kaynaklar ve kuyuların üretim değerlerine göre sahip olduğu jeotermal potansiyel ve kullanımda ulaşılan durum itibariyle dünya ülkeleri içerisinde ilk sıralardadır. Henüz tüm jeotermal sahalarda arama-araştırma çalışmalarının sonuçlanmaması nedeniyle toplam kapasite bilinememektedir. Ülkemizin, jeolojik zenginliği ve öz varlığı olan jeotermal kaynak kapasitesinden arzu edilir seviyede yararlanıldığı söylenemez. Bunun en önemli nedenlerinden biri, kaynak kapasitesinin ortaya çıkarılmamış olmasıdır. Kaynağın sahip olduğu gerçek değerine ulaşması, en ekonomik ve ülke menfaatlerine uygun bir şekilde değerlendirilmesi için mevcut alanların geliştirilmesi ve yeni kaynakların bulunmasını sağlayacak, jeotermal normlar esas alınarak bir strateji çerçevesinde yürütülecek geniş perspektifli projelerle en üst düzeyde bilgilerin üretilmesi gerekmektedir.

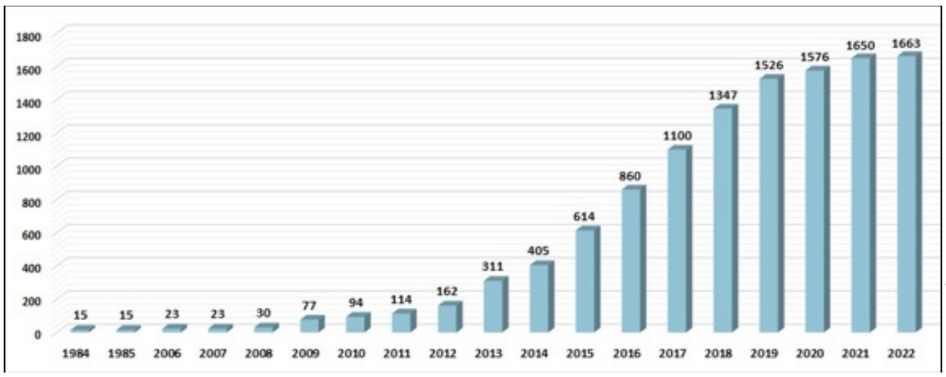
Önemli jeotermal sistemleri barındıran Türkiye, sıcaklığı 30ºC ve üzerinde olan 415 adet jeotermal alanıyla oldukça zengin jeotermal kaynak varlığına ve ekonomik potansiyele sahip bir ülkedir (Şekil 25). Günümüzde elde edilen veriler ışığında (kızgın kuru kaya potansiyeli dahil edilmeden) toplam potansiyelin 62.000 MWt düzeyine ulaşabileceği ön görülmektedir. Elektrik üretiminde yakın-orta vadede teknik ekonomik potansiyel ise 4500 MWe olarak öngörülmektedir. Kızgın Kuru Kaya (KKK) teknolojisi uygulamalarının gelişmesiyle birlikte orta ve uzun vadede bu teknik potansiyelin 200.000 MWt'ı geçebileceği tahmin edilmektedir.



Şekil 25. *Türkiye'nin jeotermal kaynak dağılımı (Akkuş&ark., 2005; MTA, 2019; Baba&ark., 2019; EBRD, 2020).*

Türkiye son yıllara kadar elektrik üretiminde yaklaşık %60'tan fazla oranda fosil yakıtlara bağımlı durumda olmuştur. Petrol ve doğal gaz üretimi ihtiyacı karşılayamayacak kadar düşük seviyelerde iken bu açık ithalat yoluyla çözülmüştür. Bu nedenlerden dolayı, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarına özellikle de jeotermale yönelmesi son derece önemlidir (Baba ve Chandrasekharam, 2022). Artan küresel fiyatlar, dışa bağımlılığı azaltmaya yönelik yerli ve milli politikalar aracılığı ile Türkiye'de son yıllarda ülkenin sahip olduğu doğal kaynaklara ve jeotermale yönelik yatırım ve teşvikler artmaya başlamıştır. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ile birlikte jeotermal enerjide elektrik üretimi hızla artmıştır (Şekil 26). Özel sektörün jeotermal kaynaklardan enerji üretimine dahil edilmesi ile sektör belirgin bir büyüme kaydetmiştir. 2022 yılı başı itibariyle Türkiye'de 65 adet jeotermal enerji santrali bulunmaktadır ve jeotermal enerji kurulu güç kapasitesi toplam 1663 MWe'dir (EPDK, 2022).

Son yıllarda kaynakların çeşitlendirilmesi yaklaşımı, jeotermal doğrudan kullanım yatırımlarını arttırmıştır. En büyük gelişme, elektrik üretiminde görülmektedir. Jeotermal akışkan kullanılarak 18 yerleşim birimindeki ısıtma sistemlerinde 1422 MWt kapasiteyle yaklaşık 158.000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. Jeotermal enerji, düşük sıcaklıklı kaynağın da sera ısıtmasında kullanılabilir olduğu göz önüne alındığında sera ısıtmasında kullanılmaya çok uygundur, bu nedenle seracılık için ekonomik bir kaynaktır. Nitekim jeotermal enerjinin en çok kullanıldığı yerlerden biri de seralardır. Sera ısıtmasında 1230 MWt kapasitedeki kullanım 5293 dönüm alanda olup son yıllarda önemli bir gelişme gösteren sera miktarlarına sürekli yeni değerler eklenmektedir. Balneolojik amaçlı kullanımlar için 520 kaplıca ve termal tesisin termal su kullanım kapasitesi 1763 MWt iken tesis binalarının ısıtılması için kullanılan ısı 680 MWt civarındadır. Tarımsal kurutmada kapasite henüz 9,5 MWt'dır. Isı pompasının kapasitesi ise 8,5 MWt düzeyindedir. Yan ürün olarak endüstriyel sıvı CO_2 ve kuru buz üretimi yılda yaklaşık 400.000 tondur.



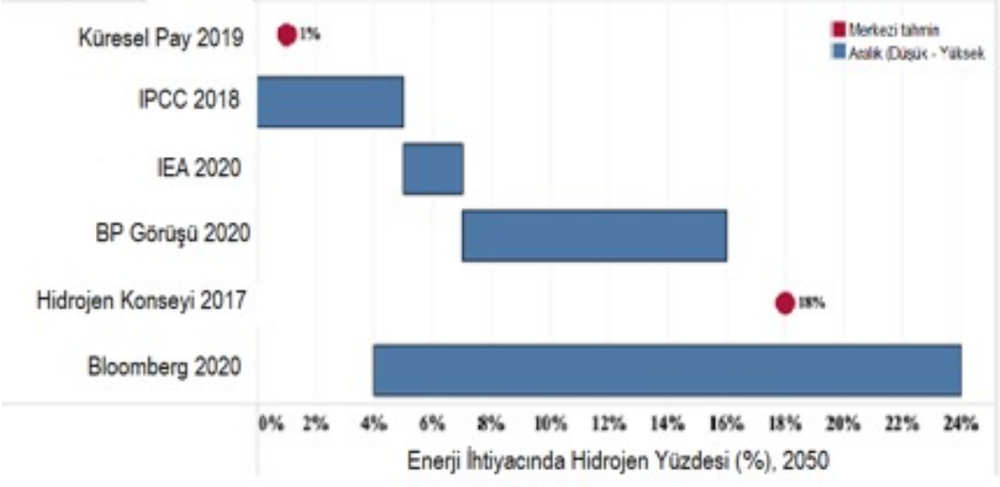
Şekil 26. *Türkiye'de jeotermal elektrik santrallerinin kapasite gelişimi (MWe, EPDK 2022).*

Jeotermal enerji elektrik santralleri Batı Anadolu'da yoğunlaşmış iken, tarımsal uygulamalar Batı ve İç Anadolu'da, termal turizm ve kentsel ısıtma uygulamaları Türkiye'nin farklı bölgelerinde görülebilmektedir. Elde edilen yerbilimsel veriler dikkate alındığında, Batı Anadolu'da bir çok şehirde elektrik üretimi ve entegre üretim, Doğu ve Güneydoğu Bölgelerinde ısıtma ve soğutma ile birlikte diğer entegre tesisler, İç Anadolu'da termal turizm ve ısıtma yapılabileceği görülmektedir. Ayrıca, Akdeniz ve Karadeniz'deki bazı illerimizde jeotermal potansiyelinin araştırılması gereken sahaların olduğunu göstermektedir.

2.5. Hidrojen Enerjisi Teknolojileri

Bloomberg enerji raporundaki senaryolara göre karbonsuz bir dünya için 2050 yılına kadar 173 trilyon $ enerji yatırımı gerekmektedir ("New Energy Outlook 2021 | BloombergNEF | Bloomberg Finance LP", 2022). Bu önümüzdeki 30 senede yaklaşık yıllık 3 trilyon $ üzerinde yatırım yapılması manasına gelmektedir.

Farklı organizasyonların çalışmalarına göre, küresel ölçekte, 2050 yılına kadar toplam enerji ihtiyacının %20'lere yakın kısmının hidrojenden karşılanması, bu sayede 6 Gton CO_2 salınım önlenmesi öngörülmektedir, (Şekil 27). Aynı zamanda 400 milyon yakıt pilli araç ve 30 milyon kamyon/otobüsün yollarda olacağı, 30 milyonun üzerinde istihdam ve 2,5 trilyon dolarlık sanayi oluşturulması beklenmektedir.



Şekil 27. *Global Hidrojen İhtiyacı Tahminleri (2050) ("New Energy Outlook 2021 | BloombergNEF | Bloomberg Finance LP", 2022).*

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) 2020 ve 2021 yıllarında "Yeşil Hidrojen Arzı" ile ilgili politika oluşturma kılavuzlarını (IRENA, 2020, IRENA, 2021b), 2021 yılında da,"IRENA Eylem Koalisyonu" olarak "Sektörlerin Karbonsuzlaştırılması: Yeşil Hidrojen Üzerine Pratik Bakış" raporunu yayınlamıştır (IRENA Coalition for Action, 2021). Koalisyon, küresel enerji ihtiyacında yenilenebilir enerji kaynaklarının payını artırmak ve enerji geçişlerini hızlandırmak için, kamu ve özel sektör arasındaki küresel diyalogları kolaylaştırıcı çalışmalar yapmaktadır. IRENA, 27 Mayıs 2021'de "IRENA Politika Görüşmeleri 2021: Yeşil Hidrojen Arzı: Politikalar ve Pratik Bilgiler" konulu bir etkinlik düzenleyerek "Yeşil Hidrojen Arzı 2020-2021" raporunu sunmuştur. 2015 Paris Anlaşması'nda, dünyanın dört bir yanındaki ülkeler, iklim değişikliğinin tehlikeli etkilerini önlemek için hızlı karbonsuzlaştırmanın gerekli olduğu konusunda anlaşılmıştır. Ardından 2018'de Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) 1,5°C Küresel Isınma Raporu, sera gazı (GHG) emisyonlarını hızla azaltma ihtiyacının önceden düşünülenden daha da acil olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, dünya genelinde bütün politika yapıcıların, tüm ekonomik faaliyetlerde emisyonları azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için çabalarını arttırmaları büyük önem arz etmektedir. Küresel ısınmaya yol açan emisyonları azaltmanın en etkili üç temel yolu olarak:

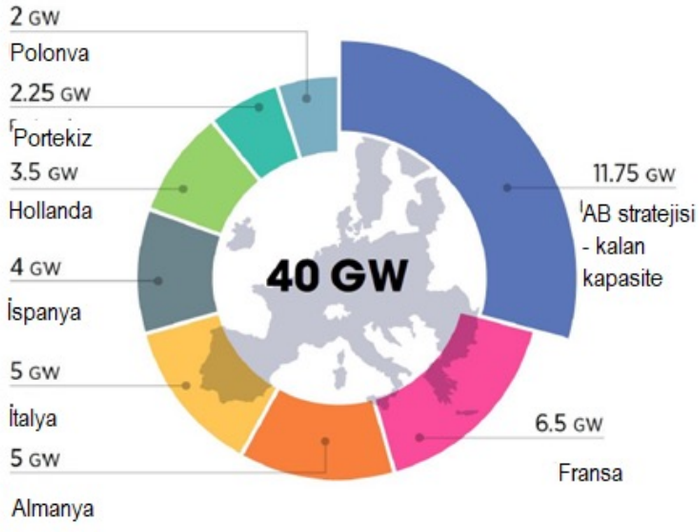
1. Yenilenebilir enerji kullanımı

2.Enerji verimliliği

3.Doğrudan elektrifikasyon

öne çıkmaktadır. Karbon salınımının yoğun olduğu metal/çelik sanayi, uzun mesafeli havacılık ve deniz taşımacılığı gibi enerji yoğun sektörlerde, doğrudan elektrifikasyon zor olduğundan yenilenebilir enerjiden elde edilen yeşil hidrojene ihtiyaç olacaktır. IRENA Eylem Koalisyonu, 2030 yılına kadar toplu olarak en az 5 GW elektroliz kapasitesi ve 250 GW yenilenebilir enerji üretim kapasitesi geliştirilmesini gerekli görmektedir. Bu, 2020'deki küresel yenilenebilir enerji üretim kapasitesindeki 261 GW net artışa eşittir. 2021 itibariyle, yaklaşık 0,3 GW elektroliz kapasitesine sahip yeşil hidrojen projeleri faaliyettedir. IRENA'nın 1,5°C senaryosu, yılda yaklaşık 400 milyon metrik ton (Mt) yeşil hidrojen üretmek için 2050 yılına kadar yaklaşık 5000 GW elektroliz kapasitesine ihtiyaç duyulacağını öngörmektedir. Bu hedefe ulaşmak için, elektroliz kapasitesine ve ilgili yeşil hidrojen taşıma altyapısına yapılan yıllık ortalama yatırımların, 2050 yılına kadar tahmini 78 milyar dolara çıkması gerekecektir.

Avrupa Hidrojen Stratejileri 2030 Elektrolizör Kapasite hedefleri ülkeler bazında Şekil 28'de gösterilmiştir.

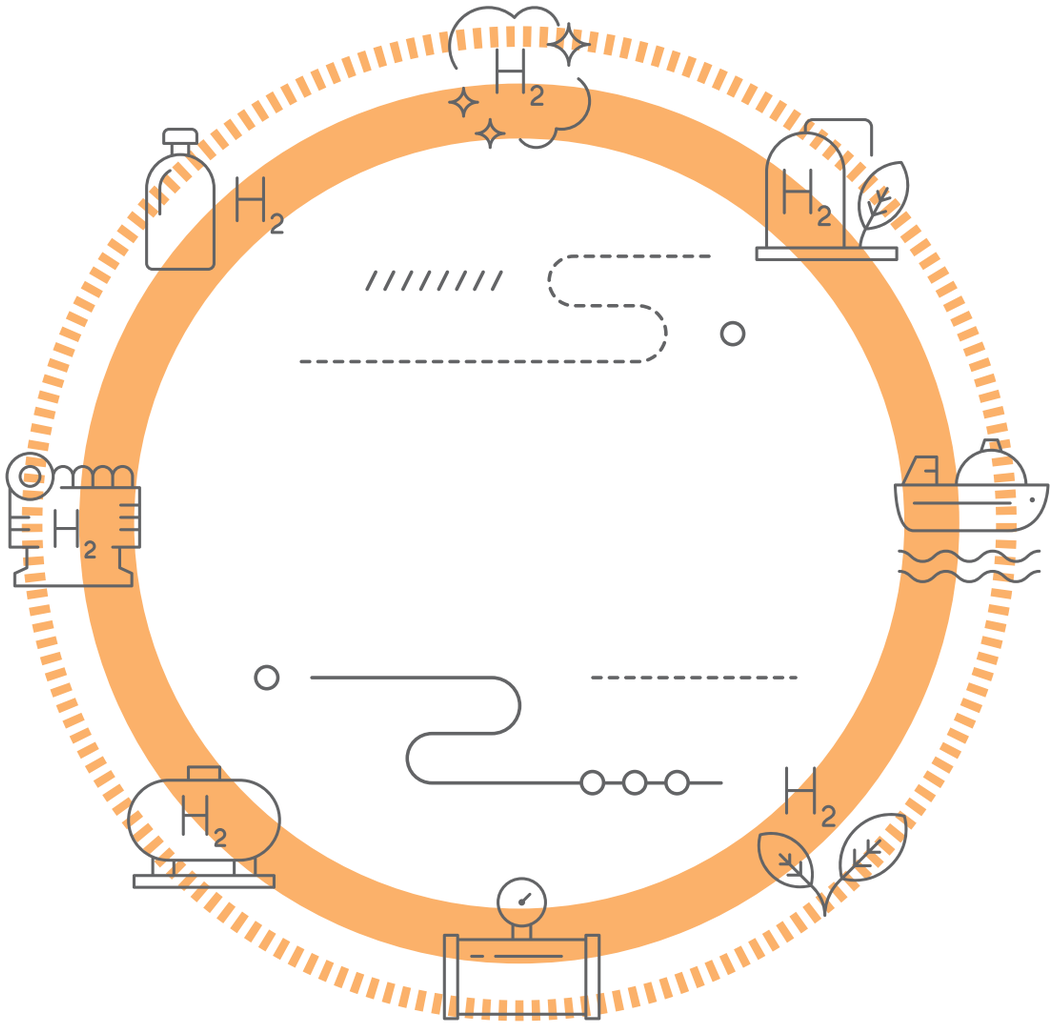


Şekil 28. *Avrupa Hidrojen Stratejileri 2030 Ülkeler bazında Elektrolizör Kapasite Hedefleri (IEA, 2019b)*

Fransa, 2020 itibariyle gri hidrojen için ton CO_2 (tCO_2) başına 44,6 €'ya eşdeğer karbon vergisi almaktadır. 2030'da bu tutarın 100 €/tCO_2'ye yükseltilmesi öngörülmektedir. Avrupa'da son 10 yılda yenilenebilir destekli hidrojen kapasitelerinde kendi kendine yeterli olmayacağı noktasından hareketle Kuzey Afrika ülkelerinden ithalat amaçlı birçok projeler ve işbirlikleri gerçekleştirilmektedir. Yeşil ve gri hidrojen arasındaki maliyet farkının bir kısmının, yeni tarifeler veya teşvikler sunulması ile kapatılabileceği planlanmaktadır. Avrupa'da, yeşil mutabakat kapsamında, 2050 yılına kadar kamu-özel (public/private) projeler için 560 milyar $ harcanması beklenmektedir. AB için yol haritası, ağırlıklı olarak rüzgâr ve güneş enerjisi kullanılarak üretilen yenilenebilir hidrojenin geliştirilmesidir (European Commission, 2020). Yenilenebilir hidrojen, AB'nin uzun vadede iklim nötrlüğü ve sıfır kirlilik hedefi ve entegre bir enerji sistemiyle en uyumlu seçenek olarak belirlenmiştir. 2050'ye giderken, teknoloji olgunlaştıkça ve üretim teknolojilerinin maliyetleri azaldıkça, yenilenebilir hidrojen, yeni yenilenebilir enerji üretiminin yaygınlaşmasının yanı sıra aşamalı olarak büyük ölçekte uygulanması hedeflenmektedir. Bununla birlikte, kısa ve orta vadede, öncelikle mevcut hidrojen üretiminden kaynaklanan emisyonları hızla azaltmak ve paralel ve gelecekteki yenilenebilir hidrojen alımını desteklemek için diğer düşük karbonlu hidrojen biçimlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Avrupa'da, Almanya ulusal programları ile öne çıkmaktadır. Almanya'da hâlihazırda toplam kurulu gücü 29 MW olan 34 Power-to-Gas tesisi bulunmaktadır ("Uluslararası Hidrojen Stratejileri Raporu - Dünya Enerji Konseyi | Türk Milli Komitesi", 2020). 2030 yılına kadar 5 GW elektrolizör kapasitesinin kurulmasını öngörülmektedir. Bu kapasitenin desteklenmesi için 20 TWh gibi bir yenilenebilir enerji kaynağına (çoğunlukla rüzgâr) ihtiyaç vardır. Elektrolizör kapasitenin, 2040 yılına kadar 10 GW daha artırılması planlanmakta ve de gerekli elektriğin yine rüzgâr yatırımlarından sağlanacağı belirtilmektedir. Almanya hâlihazırda, büyük sayılabilecek bir hidrojen pazarına sahip olup kimya endüstrisi (amonyak ve metanol üretimi) ve rafinerilerin ihtiyaçları fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Almanya'nın Ulusal Hidrojen Stratejisi (NHS), enerji sisteminin Paris Anlaşması'ndan iklim koruma hedeflerine ve 2050'ye kadar Avrupa'da sera gazı nötrlüğüne ulaşılmasına vurgu yapmaktadır (The Federal German Government, 2020). Strateji, sınırlı yenilenebilir enerji potansiyeli nedeniyle, Almanya'daki uzun vadeli talebi karşılamak için hidrojen ithalatının gerekli olacağı belirtilmektedir. 1 Ocak 2021'de, ilk kez yeşil hidrojenin üretimini ve endüstriyel kullanımını desteklemek için özel hükümler içeren yeni bir Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası (EEG 2021) yürürlüğe girmiştir. Ulusal Hidrojen Stratejisi (NHS), 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını nötr hale getirmeyi hedeflemekte ve hidrojeni bu hedefe ulaşmada önemli bir araç olarak görmektedir. Hidrojenin, endüstriyel sera gazı emisyonlarının azalmasına katkıda bulunacağı ve ulaşımla ilgili emisyonlar için de potansiyel bir oyun değiştirici olacağı öngörülmektedir. NHS, Alman Hükümeti tarafından sürdürülebilir kabul edilen tek biçim olan yeşil hidrojene odaklanmaktadır. Bununla beraber, NHS, mavi ve turkuaz hidrojenin de CO_2 nötr olması nedeniyle, Avrupa hidrojen pazarında dolayısıyla Almanya pazarında rol oynayacağını öngörmektedir. NHS, yeşil hidrojenin sera gazı emisyon nötrlüğüne ulaşmada etkili bir araç haline gelmesi için 2030 yılına kadar yaklaşık 90-110 TWh'lik bir hidrojen talebi öngörmektedir. Bu talebi karşılamak için, 2030 yılına kadar Almanya'da toplam kapasitesi 5 GW'a kadar olan elektrolizörler inşa edilecektir (elektrolizöre elektrik sağlamak için gerekli deniz ve kara enerji üretimi dahil). Bu, 14 TWh'ye kadar yeşil hidrojen üretimine ve 20 TWh'ye kadar gerekli yenilenebilir elektrik miktarına karşılık gelmektedir. En geç 2040'a kadar 5 GW daha eklenecektir.

Fransa'nın 2020 yılında yayınlanan ulusal hidrojen strateji planı, 2030 yılına kadar 7,2 milyar € yatırım yapılarak 6,5 GW elektrolizör kapasitesine ve diğer hidrojen altyapısına kavuşulması planlanmaktadır. Fransa'da 2028 yılına kadar 2000'den fazla kamyon ve otobüs, 1000 kadar da hidrojen dolum istasyonu olması öngörülmektedir. Aynı zaman aralığında fosil yakıt kaynaklı hidrojen kullanan endüstrilerde %20 üzerinde elektrolizör dönüşümü beklenmektedir.



Bu kapsamda İspanya'nın hedefi 2030 yılına kadar 4 GW elektrolizör kapasitesi kurulmasıdır. Hollanda'nın 2050 hedeflerine ulaşabilmesi için %50'ye kadar olan enerji tüketiminin biyogaz veya hidrojenden karşılanması gerekmektedir. Avrupa ile uyumlu bir politika için Hollanda'nın politikalar ve regülasyonlar geliştirmesi, bu kapsamda mevcut gaz hatlarını hidrojen taşıma içinde kullanması öngörülmektedir. Ulusal iklim dökümanına göre, 2025'e kadar 500 MW, 2030 'a kadar ise 3-4 GW elektrolizör kapasitesi kurulması, bununla birlikte 50 hidrojen dolum istasyonu, 15000 yakıt pilli araç ve 3000 kamyonun yollarda olması beklenmektedir. Norveç, hidrojenin gemi sektöründe kullanımına ve rüzgardan üretimine odaklanmaktadır.

İngiltere'nin yasal bağlayıcılığı olan 2050 sıfır emisyon hedeflerine ulaşabilmesi için hükümet 6. Karbon bütçesini (CB6) onaylayarak 2035 yılına kadar emisyonları %78 düşürerek 1990 seviyelerine getirmeyi planlamaktadır (HM Government, 2021). Yapılan analizler, 2050 yılına kadar enerji tüketiminin %20-35 kadarını karşılamak için 250 – 460 TWh hidrojene ihtiyaç olacağını göstermektedir. İngiltere ilk adım olarak 5GW düşük karbonlu hidrojen üretimine 2030 yılına kadar ulaşmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda destek politikaları, teşvikler ve risk içermeyen yatırımlar öngörülmektedir.

Bütçe olarak 60 milyon £ ayrılmıştır. Farklı fon mekanizmaları da planlanmış ve başlatılmıştır. İngiltere'nin 2050 yılına kadar net-sıfır hedefi için yıllık yaklaşık 50 milyar £'luk bir yatırım gerekliliği öngörülmektedir.

Amerika'da, hidrojen stratejisi çoğunlukla ulaşım ve endüstriyel kullanım üzerine kuruludur. 1990'lı yıllardan beri yıllık olarak 200 milyon dolar, hidrojen ve yakıt pilleri projelerine kullanılmıştır. 2021 itibarıyla 9000 kadar yakıt pilli araç, 25000 forklift vardır. ABD'de 50 kadar hidrojen dolum istasyonu mevcuttur. Yeni hedef yenilenebilir enerjiden üretilen hidrojenin fiyatını 2030 yılına kadar 1$/kg altına çekmektir.

Kanada, uzun yıllardır hidrojen ve yakıt pili alanlarında birçok şirkete ev sahipliği yapmaktadır. Hidrojenin 2050 yılına kadar enerjinin %30 unu sağlaması yönünde stratejiler uygulanmaktadır. Zengin doğal gaz kaynakları ve ucuz yenilenebilir kaynaklar ile Hidrojen dağıtım ağı planlanmakta olup satış fiyatının 1,50–3,50 CA$/kg aralığında olması beklenmektedir.

Japonya'da gerçekleştirilen Tokyo 2020 Olimpiyatı aynı zamanda Hidrojen Olimpiyatı olarak da adlandırılmıştır. Tokyo 2020 Olimpiyatında, hidrojen, ilk kez olimpiyat meşalesinde ve olimpiyat köyündeki bir binada yakıt olarak kullanılmıştır. Bu olimpiyatta yakıt pilli 500 araba ve 100 otobüs ulaşımda kullanılmış ve bu araçların hidrojen dolumu 35 istasyonla sağlanmıştır.

Japonya'nın enerji arzının %94'ü deniz aşırı fosil yakıtlara bağlıdır. Geri kalan %6-7'lik kısım ise nükleer enerjiden sağlanmaktadır. Enerji girdilerinin ithalata dayalı olması nedeniyle enerji güvenliği ülkenin zayıf yanıdır. Ayrıca sera gazı emisyonunu 2030'da 2013 yılının %26'sına azaltmayı hedeflemiştir. Bu bağlamda ülke, konvensiyonel yakıtları veya yakıt pillerini hidrojenle kombine ederek karbon emisyonunu düşürmeyi planlamaktadır. Global karbon azaltım lideri olmak için denizaşırı hidrojen teknolojileri ile büyümeyi planlamaktadır. Hidrojen ve yakıt pili teknolojileri konusunda ülkede ve dış pazarda yeni bir büyüyen endüstri oluşturmayı hedeflemiştir. Japonya hidrojen süpergücü olma planları yapmaktadır. Dünyadaki hidrojen ve yakıt pili teknolojilerini gelişimi, Japonya'daki otomotiv endüstrisiyle büyük bir momentum almıştır. 1990'lardan beri yakıt pili teknolojisini geliştirmek üzere ulusal laboratuvarlar, gaz ve otomotiv firmaları teknolojiyi ticarileşme seviyelerine taşımıştır. 2017 yılı ile birlikte "Hidrojen Toplumu" olmak amaçlı olarak Temel Hidrojen Strateji dokumanları yayınlanmıştır ("Basic Hydrogen Strategy Determined(METI)", 2022).

Söz konusu stratejiye göre Japonya:

- Alternatif enerjiyi ve konvansiyonel enerjide karbon tutuma ve depolama kullanarak 2030'a kadar 300.000 ton/yıl kapasitede düşük maliyetli hidrojen üretimini gerçekleştirmeyi,
- Hidrojenden elektrik üretimi konusunda ise hidrojen jeneratörlerinde 0,15$/kWsa maliyette elektrik üretmeyi,
- Ulaşımda, 2020'de 40.000 olan yakıt pilli araç miktarını 2030'da 800.000'e çıkartmayı,
- Evsel kullanımda 5,3 milyon mikrokojenarasyon sistemi sayısına ulaşmayı,
- Strateji ile hidrojenin mevcut yakıtlar (LNG,vb.) ile benzer fiyatlara ulaşması için 2030 yılına kadar elektrolizör maliyetinin 475$/kW, verimliliğinin %70 (veya 4,3 kWsa/Nm3, ve hidrojen fiyatının 3,30$/kg seviyelerinde olmasını

hedeflemiştir.

Çin ulusal planında 2030 yılına kadar 1 milyon yakıt pilli aracın yollarda olması hedeflenmektedir. Yakın zamanda firmaların oluşturduğu National Alliance of Hydrogen and Fuel Cell (NAHFC) organizasyonu enerji ve otomotiv sektörlerinde girişimlerde bulunmaktadır.

Güney Kore, hem endüstriyel hem de ulaşım alanında planlar yapmaktadır. 2040 yılına kadar 6,2 milyon yakıt pilli araç ve 1200 hidrojen dolum istasyonunun ülkede kurulması planlanmaktadır. Elektrik üretimi için 15 GW yakıt pilli güç üretim kapasitesi hedeflenmektedir. Güney Kore 2030 yılına kadar küresel olarak 500.000 adet yakıt pilli araç ihracı yapmayı amaçlamaktadır. 2020 yılında 65 milyar $'lık bir destek paketi açıklanmış durumdadır.

Avustralya 2016 yılında, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 2005 seviyelerinin altında %26-28 oranında azaltmayı taahhüt ederek Paris Anlaşmasını onaylamıştır. Bu çerçevede 2019 yılında yayınlanan ulusal Hidrojen yol haritası ile "H2 under 2" hedefi ile Hidrojen üretim maliyetinin 2AU$/kg olması hedeflenmiştir. Avustralya 26 GW elektrolizör kapasitesi için 214 milyon $ harcama planlarını yakın zamanda duyurmuştur. Avustralya, emisyon hedeflerini karşılamaya ve enerji güvenliğiyle ilgili endişeleri gidermeye yardımcı olabilecek, ekonomik olarak sürdürülebilir bir yerli ve ihracat hidrojen endüstrisi oluşturmak gayretindedir. Bu

kapsamda Avustralya, Çin, Japonya, Güney Kore ve Singapur ile antlaşmalar yapmış olup 2030'da 3,8 milyon tona (~9,5 milyar AU$) ulaşacak ihracat planlamaktadır. Avustralya ve Japonya, Victoria's Latrobe Valley'de, Japonya'ya sevk edilmek üzere kahverengi kömürü sıvılaştırılmış hidrojene dönüştürecek 500 milyon $'lık bir pilot proje olan Hidrojen Enerji Tedarik Zinciri (HESC) projesinde birlikte çalışmaya devam etmektedir. Avustralya ve Almanya, yenilenebilir bir hidrojen tedarik zinciri hakkında bir fizibilite çalışması geliştirmek için bir ortaklık duyurmuş ve uluslararası ortaklıklar için 2 milyar € tahsis edilmiştir.

Yenilenebilir enerjinin ucuz olduğu ülkelerde (Orta Doğu, Afrika, İspanya, Portekiz) hidrojene dayalı ihracat sektörünün oluşması beklenmektedir. Şili, 1,50$/kg ile en ucuz hidrojeni üretme hedefi belirlemiş olup 2030 yılına kadar 25 GW elektrolizör kapasitesi kurup ihraç etmeyi planlamaktadır.

Hindistan yakın zamanda "Ulusal Hidrojen Misyon" planını duyurmuştur. Hindistan'ın küresel ölçekte bir hidrojen üretim ve ihracat merkezi olması hedeflenmektedir. Gübre üretiminde ve rafinerilerde yeşil hidrojen kullanımı zorunluluğu getirilmektedir. Bu elektrik dağıtım şirketlerinin belirli miktarlarda yenilenebilir elektrik alması zorunluluğuna benzer bir mekanizmadır.

Dünya'daki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

2007 yılında Danimarka'da Lolland Hidrojen Topluluğu projesiyle mevcut bir gaz şebekesini kullanmak yerine, 40 eve saf hidrojen sağlamak için bir boru hattı ağı inşa edilmiş, her eve hidrojen ile ısıtma ve elektrik üretme amaçlı mikro-kojenerasyon (CHP) ünitesi takılmıştır (Quarton & Samsatli, 2018). PEM elektrolizörü tarafından 20 Nm3/saate kadar hidrojen hatta verilmiştir. Benzer kapsamdaki bir proje 2008'de Hollanda'nın Ameland şehrinde başlamıştır [94]. Bir apartman bloğundaki 14 eve ısıtma ve pişirme amacıyla gaz verilmiş ve 1,05 Nm3 /saate kadar hidrojen üretebilen bir PEM elektrolizörü monte edilmiş ve hacimce % 20'ye kadar hidrojen, doğal gaza enjekte edilmiştir. Bu uygulama ile hidrojen kullanımından kaynaklanan hiçbir olumsuz etki tespit edilmemiştir.

ABD, Kaliforniya'daki Ulusal Yakıt Pili Araştırma Merkezi (NFCRC) küçük bir araştırma projesi yürütmüş ve değişken elektrik kaynağı altında performansı değerlendirmek için bir güneş PV kaynağına 7 kW PEM elektrolizörü bağlamıştır. 60 kW'lık bir elektrolizör de küçük bir "sistem dışı" doğal gaz şebekesine enjekte edilecek hidrojeni sağlamaktadır. Bu kurulum ise boru hattı ağı üzerindeki fiziksel etkilerini değerlendirmek için kullanılmış ve olumsuz bir etki görülmemiştir.

Fransa, 2020 yılına kadar enerji tüketiminin % 23'ünü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamayı hedeflemektedir. İlk kurulan G-G projesinde amaç, Korsika'nın güç sistemini yönetmek ve stabilize etmektir. Bu sistemde, bir güneş tarlasından elde edilen elektrik enerjisi ya doğrudan güç şebekesine bağlanmış veya direk hidrojen üretmek için kullanılarak yakıt pilleri ile tekrar elektrik enerjisine dönüştürülmüştür. Depolanan hidrojenden güç çıkışı 150kW olarak tespit edilmiştir. 2017 yılında Fransa Dunkirk'deki GRHYD projesi ile daha büyük ölçekli elektrolizör kullanılarak üretilen hidrojen yaklaşık 200 eve gaz sağlayan hatta enjekte edilmiştir (Quarton & Samsatli, 2018). Enjeksiyon oranı hacimce % 6, %13 ve %20 olmuştur. Elektrik şebekesinden alınan elektrik, arz oranı değişken olan bir yenilenebilir enerji kaynağını simüle etmek için değiştirilerek güç sistemi yönetilmeye çalışılmıştır.

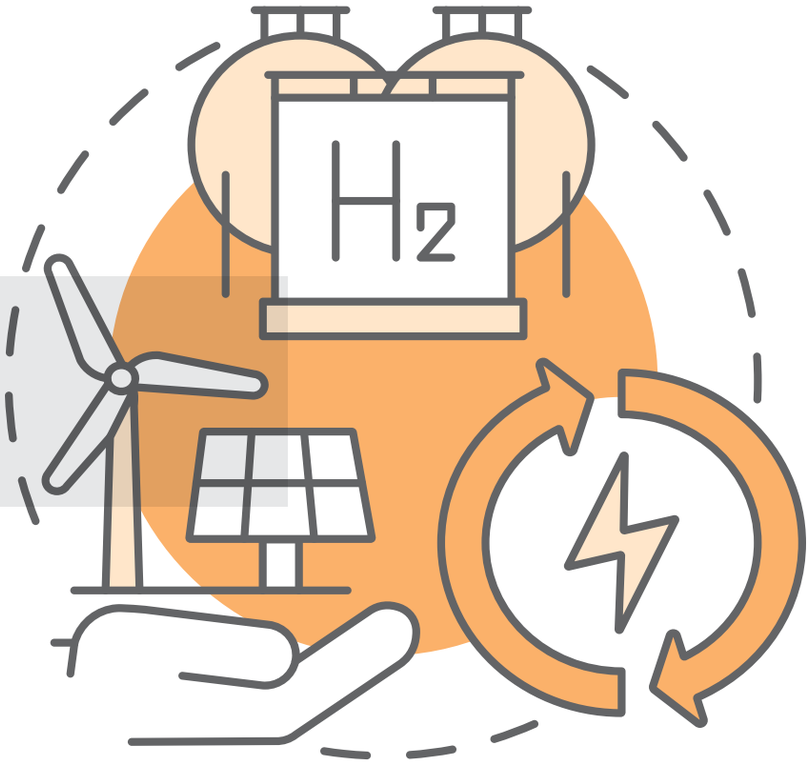
Almanya Hassfurt'da 1,25 MW PEM elektroliz kapasitesini içeren ve depolanamayan yenilenebilir elektrik enerjisi olduğunda gaz şebekesine %5'e kadar hidrojen gazı besleyebilen bir proje yapılmıştır. Brunsbüttel de ise 2,4 MW PEM elektrolizör 15 MW'lık bir rüzgâr parkına bağlanmıştır (Wind to Gas Suedermarsch, 2018). Almanya dışında yürütülen az sayıdaki şebekeyi dengeleyen hidrojen besleme projelerinden biri de Avusturya'daki Wind2Hydrogen projesidir ve sadece 100 kW PEM elektroliz kapasitesine sahiptir (OMV Aktiengesellschaft, 2015).

NaturalHy projesi, üretim, taşıma ve son kullanımı göz önünde bulundurarak Avrupa doğal gaz ağına hidrojen beslemenin pratiklerini değerlendiren önemli bir çalışmadır (Şener T., Akgün F., 2007). 39 Avrupa ülkesinin, 15 gaz şirketinin katıldığı ve AB 6. Çerçeve Programı (FP6) kapsamında yürütülen projenin bütçesi 17,3 milyon € olup 2004-2009 yılları arasında tamamlanmıştır. Çalışma hidrojenin ev cihazları performansı üzerindeki etkisini ortaya koymak için yapılmıştır. NaturalHY projesi 7 iş paketinden oluşmaktadır. İP1: Yaşam döngüsü ve sosyo-ekonomik değerlendirmeler, İP2: Güvenlik, İP3: Dayanıklılık, İP4: Bütünlük, İP5: Son Kullanım, İP6: Karar Destek ve İP7: Yayılma. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü, IGDAS (İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş.) ile projenin İP3 ve İP4 kısmına dahil olmuştur. Proje sonucunda doğal gazı yakıt olarak kullanan cihazların çoğunda güvenli bir şekilde %20'ye kadar hidrojen kullanılabileceği gösterilmiş ancak bu seviyenin üzerinde, cihazların ayarlanması veya bazı parçalarının değiştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları Danimarka'da önemli bir oranı temsil etmektedir ve rüzgâr enerjisi tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %40'ını sağlamaktadır. 2020

yılında toplam güç tüketiminin %50'sini ve 2050 yılında ise %80'nini sağlamayı hedeflemektedir. Biocat Projesi ile biyolojik bir metanasyon reaktöründe 1 MW elektrolizör ile sağlanacak hidrojen ve saf CO_2 beslenmesiyle oluşan metan, yerel bir gaz hattına enjekte edilecektir. Vestenkov projesi ile ise Danimarka'da Mikrokojenerasyon üniteleri ile (ısı ve güç) evlere 5 prototip ve 32 ünitenin kurulduğu üç aşamalı bir uygulama yapılacaktır. Evlere kurulan ünitelerin nominal elektrik gücü 1,5 kW ve termal gücü ise 1,7 kW olan hidrojen yakıt pilleridir. Toplam verim % 94'tür. Elektrolizörün elektrik tüketimi en çok 104 kW, hidrojen üretimi 16 m3/saat ve oksijen üretimi ise 8 m3/s'dir. Hidrojen depolama hacmi maksimum 6 bar basınçta 25m3'tür (Augustyn, Gawlik & Pepłowska, 2019).

İtalya'daki en büyük proje INGRID adı verilen projedir. Proje, kurulu bulunan 3500 MW'lık güneş, rüzgâr ve biyokütlenin bulunduğu bölgedeki Puglia'da yürütülmektedir. Proje bütçesi 24 milyon € olup; Mayıs 2017'de tamamlanmıştır. Projede elektroliz ile hidrojen üretilmiş, depolanmış ve yakıt pillerinden elektrik sağlanmıştır. 39 MWh enerji depolama tesisi tasarlanmış, inşa edilmiş, devreye alınmış ve işletilmiştir. Projenin en önemli özelliği ve yeniliği, hidrojenin gaz sıkıştırmasına gerek kalmadan magnezyum hidrit içinde adsorplanabildiği ve depolanabildiğinin gösterilebilmesidir. Projede elektrik üretecek olan 120 kW'lık bir yakıt pili sistemi kullanılmıştır. 1,2 MW hidrojen jeneratörü ile 1 tondan fazla hidrojen güvenli bir şekilde depolanmış ve akıllı şebeke çözümleri ile kontrol edilmiş ve rüzgâr enerji sistemlerindeki dalgalanmayı hızlı bir şekilde dengeleyebilmiştir.



İspanya'da uygulanan ilk G-G projesi Sotavento Deneysel Rüzgâr Çiftliği'nde yer alan bir projedir. Rüzgar türbinlerinden elde edilen fazla enerji alkali tip bir elektrolizöre verilerek 60 m^3/saat debide hidrojen üretilmektedir. Hidrojen gazı bir motor jeneratörü tarafından tekrar elektriğe dönüştürülür. 200 bar'daki depolanan hidrojen gazı 1725 m3 kapasiteye sahip 7 blok 28 tanktan oluşmaktadır. İkinci proje ise, Aragon Hidrojen Vakfı tarafından tasarlanan ve yürütülen ITHER projesidir. Her biri farklı teknolojide üç türbinli rüzgâr santrali (635 kW), yedi farklı teknolojiyle (100 kW) güneş tarlası ve birbirine bağlayan bir ağ, büyük ölçekli alkalin elektrolizör, enerji yönetimi alt sistemleri, elektrik şebekesi ara bağlantısı, yakıt hücreleri ve hidrojen dolum istasyonundan oluşmaktadır. Sabit veya mobil uygulamalar için yenilenebilir kaynaklardan hidrojen üretilmekte ve hidrojenle çalışan araçlar ve otobüsler için bir hidrojen istasyonuna enjekte edilmektedir.

Norveç'te Utsira'da bir G-G tanıtım projesi yapılmaktadır. Otonom bir rüzgar/hidrojen enerjisi demo sistemi StatoilHydro ve Enercon tarafından başlatılmıştır. Kurulu sistemdeki ana bileşenler: bir rüzgâr türbini (600 kW), elektrolizör (10 m3/sa), hidrojen gazı depolama (2400 m3, 200 bar), hidrojen motoru (55 kW) ve bir PEM yakıt hücresidir(10 kW). Otonom sistemden trafo merkezine 1,5 km kablo ile güç iletilmekte ve 10 haneli trafo merkezine bağlanmaktadır. Bu proje ile rüzgâr-hidrojen enerji sisteminin ticari olarak uygulanabilir hale getirilip getirilemeyeceği görülecektir (Augustyn, Gawlik & Pepłowska, 2019).

Dağıtım hattından gelen gaz en çok evlerde pişirme ve/veya ısıtma için kullanılmaktadır. Örneğin İngiltere'de evlerin %86'sı doğal gaz şebekesine bağlıdır ve evlerde özellikle sızıntı ve tutuşma riski ile ilgili güvenlik endişesi ortaya çıkmaktadır. Hidrojenin doğal gazdan daha yüksek tutuşma riski vardır ve doğal gazda olduğu gibi, saptanabilirliğini artırmak için hidrojene koku verici madde eklemek gerekmektedir. Doğal gazın aksine saf bir hidrojen alevi neredeyse görünmez olduğu için bir renklendirici eklemek de gerekebilir (Quarton & Samsatli, 2018).

Doğal gaz şebekesine doğrudan hidrojen enjeksiyonu ile ilgili bir diğer endişe de demir ve çelikten yapılmış borularda oluşabilen ve borularda çatlakların yayılmasına yol açabilen hidrojen gevrekleşmesidir. Hidrojenin, dağıtım ağına ciddi bir güvenlik sorunu olmaksızın düşük bir oranda enjekte edilebileceği genel olarak kabul edilmiştir. Kesin seviye tartışmalı olsa da, birçok çalışma hacme göre % 15-20'ye kadar güvenli bir şekilde hidrojen beslenebileceğini önermektedir.

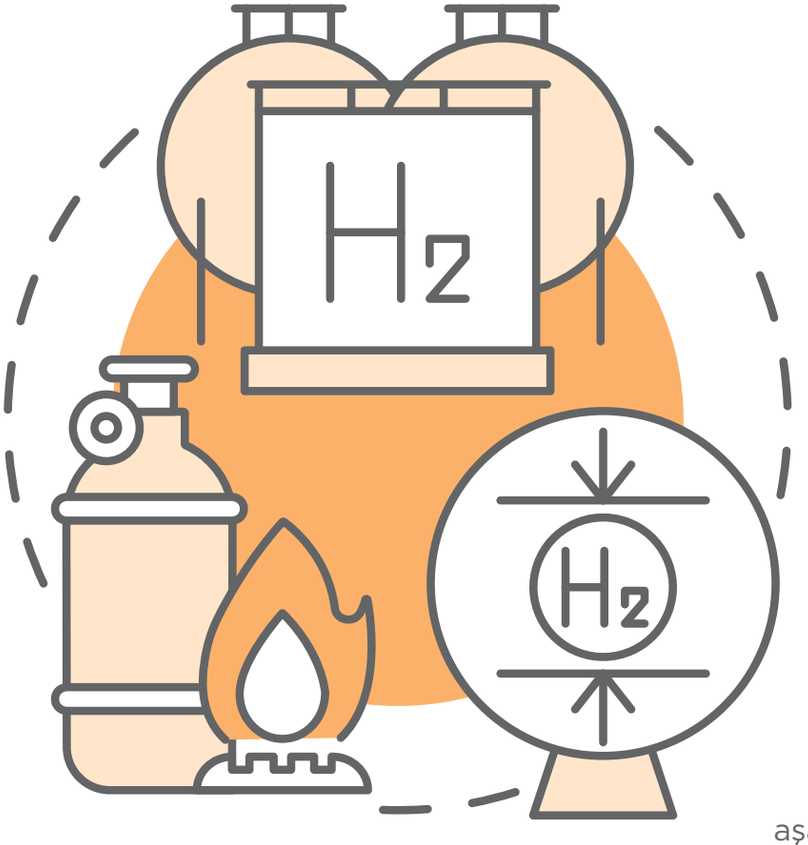
Günümüzde hidrojen gevrekleşmesine yatkın olmayan polietilen borular dağıtım

hatlarında daha yaygın olarak kullanılmaktadır. İngiltere'de, dağıtım hatlarındaki demir gaz borularını polietilenle değiştirmek için büyük bir çalışma devam etmektedir (Quarton & Samsatli, 2018). Yüksek basınçlarda hidrojen gevrekleşmesinin etkilerinin artacağı düşünülmektedir, bu nedenle genellikle yüksek mukavemetli çelikten yapılan yüksek basınçlı iletim hatlarındaki izin verilen seviyelerin dağıtım hatlarından önemli ölçüde daha düşük olacağı kabul edilmektedir. Hidrojenin boru hattıyla daha uzun mesafelerde iletilmesi gerekliyse, amaca uygun olarak inşa edilmiş bir boru hattı ağının kurulması gerekebilir.

HyDeploy projesi İngiltere'de hidrojenin, cihazlarda ve ilgili ekipmanlarda değişiklik yapılmadan doğal gaz hattına güvenli bir şekilde verilebileceğini gösteren ilk pratik projesidir. Proje Ofgem'in Ağ İnovasyon Yarışması kapsamında finanse edilmiş ve Cadent Gas, Northern Gas Networks, Progressive Energy Ltd, Keele Üniversitesi (Keele), Sağlık ve Güvenlik Laboratuvarı ve ITM Power arasında bir işbirliğidir. Cadent ve Northern Gas Networks projenin Gaz Dağıtım Şebekesi sponsorlarıdır. Keele Üniversitesi, hidrojen karışımını alacak olan gaz dağıtım şebekesini sağlayan ev sahibi bölgedir ve İngiltere'nin en büyük kampüs üniversitesidir. Sağlık ve Güvenlik Laboratuvarı, bilimsel laboratuvarları ve deneysel uzmanlığı ile destek vermektedir. ITM Power, hidrojen üretimi yapan elektrolizörü imal eden ve sağlayacak olan firmadır. Progressive Energy Ltd. ise proje geliştiricisi ve proje yöneticisidir [92]. Bu proje ile doğal gaz hattına %20 mol hidrojen karıştırılması ile kullanılabilir 29 TWh'lık dekarbonize ısı açığa çıkması beklenmektedir. % 20 mol hidrojen karıştırılması ile sağlanan karbon tasarrufu 2,5 milyon otomobilin ürettiği karbona eşdeğerdir. HyDeploy, gaz şebekesinin hidrojen dağıtımı yoluyla karbondan arındırılması için öncü bir proje olmuştur.

İngiltere'de satılan tüm doğal gaz ile çalışan cihazlar % 23 mol hidrojen içeren G222 referans gazı sertifikasına sahiptir. Hidrojen doğal gazdan daha düşük bir yoğunluğa sahip olduğu için, bir karışımın kaldırma kuvveti doğal gazın kaldırma kuvvetinden daha büyüktür. Açık bir ortamda, bu potansiyel bir sızıntıdan dağılmaya yardımcı olur; ancak, oda gibi kapalı bir ortamda, iki gaz arasında beklenen fark çok az olacaktır. Hidrojenin alev hızının, doğal gazın alev hızından daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, % 20 mol hidrojen karışımı, doğal gaza kıyasla biraz yüksek yanma özellikleri sergilemektedir.

Gaz dağıtım şebekesinin güvenli çalışması için doğru gaz algılama temel bir gerekliliktir. Bu nedenle, ev tipi dedektörler de dahil olmak üzere yaygın olarak kullanılan gaz dedektörlerini değişen konsantrasyonlarda hidrojen karışımlarında



test etmek ve cihazların çıktı tepkilerini ölçmek için bir deneysel program da gerçekleştirilmiştir. Testlerde belirgin bir hidrojen yayılımı (difüzyonu) görülmemiştir. Yani malzemelerin yapısı test süresi içerisinde bozulmamışdır.

HyDeploy projesi sonunda, İngiltere'nin HSE tarafından bir gaz şebekesine hidrojen enjeksiyonu için ilk muafiyetinin verilmesi ile 1. aşamanın sonuna başarıyla ulaşılmıştır. Muafiyet ile % 20 mol'e kadar hidrojenin doğal gaza beslenmesinin güvenli bir şekilde mümkün olduğu gösterilmiştir. 1. aşamanın sonunda elde edilen sonuçlar şunlardır:

Titiz bir inceleme ve değerlendirme yoluyla, hidrojen karışımlı bir ağın işletilmesi için prosedürler geliştirilebilir;

Şebeke işletimini desteklemek için gaz algılama mevcut teknoloji ile mümkündür ve Keele şebekesinin operasyonel özellikleri ile daha da güçlendirilebilir;

%20'ye kadar hidrojen içeren doğal gaz için uygulanan basınçlarda Keele'nin ağında hiçbir malzeme ile ilgili sorun tespit edilmemiştir;

Uygun şekilde kurulmuş ve bakımı yapılmış ev aletleri % 20'ye kadar hidrojen içeren gaz karışımı ile çalışırken aynı derecede güvenlidir.

Bu projeden bir sonraki adım HyDeploy'u daha büyük bir ortak ağda uygulanmasını sağlayacak olan HyDeploy2 projesidir. HyDeploy2'nin stratejik hedefi, hidrojen enjeksiyonunu biyometan enjeksiyonu ile aynı düzenleyici onay seviyesine getirmektir ve toplamda yaklaşık 1500 haneye hidrojen gazı besleyerek 4 yıl boyunca iki deneme daha yapmaktır. HyDeploy2 süresince her deneme için muafiyet sürecini uzatmak

amacıyla geniş bir laboratuvar çalışması da yapılacaktır.

HyNet projesi (2-4 milyon ev) ise İngiltere'nin kuzeybatısındaki Cadent ve Progressive Energy arasındaki işbirliği ile geliştirilmekte ve doğal gaz şebekesine hidrojen beslenmesini ticari olarak gerçekleştirmek için yapılmaktadır. HyNet, hem endüstriyel hem de evsel ısının karbondan arındırılması amacıyla hidrojen üretimi geliştiren ulusal ölçekte ilk proje olacaktır. Karbon Yakalama ve Depolama altyapısı ile birlikte Ototermal Reformer Teknolojisi (ATR) kullanarak aşağıdaki çıktıların:

- MT CO_2/yıl karbon tasarrufu;
- Manchester-Liverpool bölgesindeki 2 milyon evin kesintisiz karbondan arındırılması;
- Endüstriyel dönüşümlerin hidrojen dönüşümü yoluyla dekarbonizasyonu;

elde edilmesi hedeflenmektedir.

HyNet programıyla, daha fazla karbon tasarrufu sağlamak için bir karbondioksit taşıma ve depolama altyapısı oluşturacaktır. Projenin tasarımı, coğrafi genişlemeye uyum sağlamak için hidrojen üretiminin ve karbon yakalamanın daha da geliştirilmesine izin verecek şekilde oluşturulmuştur. Hidrojen üretim tesisinin işletilmesi, 2020'lerin ortalarında, İngiltere'nin karbondan arındırılması konusundaki 2018 İklim Değişikliği Komitesi raporuna uygun olarak karbon tasarrufunun gerçekleştirilmesini sağlayacak şekilde planlanmıştır [92]. Projede, doğrudan endüstriyel alanlara beslenen 800 MW (th)'lık hidrojen üreten ATR teknolojisini içermekte ve 4 milyon eve doğal gaz-hidrojen gaz karışımın sağlanması hedeflenmiştir. HyNet projesinin stratejik hedefi ise HyDeploy projesini seriler halinde çoğaltarak yaygınlaşmasını sağlamaktır. Böylece mevcut ev aletleri değiştirilmeden, doğal gaz-hidrojen karışımları yaygın olarak kullanılabilecektir. HyNet projesi kurulduktan sonra hidrojen akışı ile daha fazla karbon tasarrufunu sağlanmış olacak ve teşvik edilerek gerekli temel altyapı oluşturacaktır.

Türkiye Mevcut Durum.

Ülkemizde hidrojen ilk kez; 02 Mayıs 2007 tarihinde yayınlanan Resmi Gazete'de "Enerji Verimliliği Kanunu"nda biyoyakıt ile birlikte kullanımı özendirilmesi gereken alternatif bir yakıt olarak resmi belgelere girmiştir. 2011 yılında da, hidrojen yakıtlı araçlara ilişkin bir yönetmelik çıkarılmıştır (TSKB, 2021).

2 Mayıs 2019 tarihinde, Ulaştırma Bakanlığı tarafından projelerinde fosil enerji kaynaklarına alternatif olarak teşvik edilecek temiz enerji kaynakları arasında hidrojeni de içeren "Ulaştırmada Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik" yayınlanmıştır.

2020 yılı Ocak ayına kadar hidrojen, Türkiye'nin enerji politikalarında yerini alsa da ciddi bir ilgi görmemiştir. 15 Ocak 2020 tarihinde ETKB'nin düzenlediği "Hidrojen Arama Konferansı" ile kamuoyuna hidrojenin önemi anlatılmıştır. Toplantıdaki konuşmasında ETKB Bakanı Sn. Fatih Dönmez, Bakanlık olarak kısa vadede hidrojen ile ilgili hedeflerini şu şekilde açıklamıştır;

- Yenilenebilir enerjinin üretim/kullanım payını arttırmak
- Mevcut doğal gaz hatlarına hidrojen beslemek ve böylece ısı sektörünün karbondan arındırılmasını sağlamak,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından ve yerli kömürden hidrojen üretimini gerçekleştirmek,
- Dünya ve özellikle Avrupa pazarına hidrojen ihraç etmek,
- Hidrojen depolama ve tutucusu olarak borun kullanımını teşvik etmek.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından gerçekleştirilen elektrik üretiminin dengelenmesi için depolama teknolojilerinin kullanılması gerekliliğine değinen Bakan Dönmez, bunun yöntemlerinden birinin de doğal gaz dağıtım hatlarına %2-%6 oranında hidrojen karıştırılması olduğunu ifade etmiştir. Türkiye ölçeğinde bunun 1-3 milyar metreküp hidrojenin sisteme verilmesi anlamına geldiğini belirtmiştir. Türkiye'de en geç 2021 yılı sonunda dağıtım hatlarına hidrojen girişinin hedeflendiğini de sözlerine eklemiştir.

Türkiye'de hidrojenin lisanslanması, üretimi, iletimi ve dağıtımını düzenleyen yasal bir çerçeve henüz oluşturulmamıştır. Hidrojene uygulanabilecek mevzuatlar arasında Doğal gaz Piyasası Kanunu (4646 Sayılı Kanun), LPG Piyasası Kanunu (5307 Sayılı Kanun) veya Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (5346 Sayılı Kanun) yer almaktadır. Bunların hiçbiri özel olarak hidrojeni içermemekte veya hidrojeni kapsayacak net bir kategori bulundurmamaktadır. Türkiye Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) yenilenebilir enerji tesislerinin yapım

sürelerine ilişkin bazı kararlarında "güneş/hidrojen" adı verilen bir kategoriye yer vermiştir ancak bu kararlar hidrojen ile ilgili düzenlemeler değildir.

Günümüzde Avrupa Birliği (AB), küresel olarak sıfır karbona geçişte ön saflarda yer almaktadır. Bu kapsamda stratejik uzun vadeli planlarında, 2050 yılına kadar, hidrojenin Avrupa'nın enerji karışımındaki payının %13-14'e çıkması hedeflenmektedir. AB'nin altıncı en büyük ticaret ortağı ve küresel yenilenebilir arenada dikkate değer bir oyuncu olan ülkemizin de bu hedeflere ayak uydurması için hidrojen alanında net bir ulusal strateji ortaya koyması büyük önem arz etmektedir (TSKB, 2021).

Nitekim ülkemizin yakın vadeli hedeflerinde 11. Kalkınma Planında (2019-2023) enerji için önemli hedefler vardır. Bu kapsamda 2023 yılı;

Arz yönlü hedefler arasında:

- Elektrik üretiminde doğal gazın payının %29,9'dan %20,7'ye düşürülmesi
- Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %32,5'ten %38,8'e çıkarılması
- Yerel enerji kaynaklarından üretilen elektrik miktarının 150 terawatt saatten (TWh) 219,5 TWh'ye çıkarılması.

Talep yönlü hedefler arasında:

- Kişi başına birincil enerji kullanımını 1,81 ton petrol eşdeğerinden (TEP) 2,01 TEP'e çıkarmak
- Kişi başına elektrik kullanımını 3,7 MWh'den 4,3 MWh'ye çıkararak dünya ortalamasına yakın olmak vardır.

5 Eylül 2021'de Resmi Gazetede "Orta Vadeli Program (2022-2024)" yayınlanmıştır (Karar Sayısı: 4474). Program kapsamında; başta ana ihracat pazarımız olan AB olmak üzere ülkelerin uygulayacağı yeni politikalara göre sanayide ve ekonomide yeşil dönüşümün gerekliliği nedeniyle "Yeşil Mutabakat Eylem Planı"nda yer alan hedef ve eylemler de dikkate alınarak aşağıda sıralanan politika ve tedbirlerin alınacağı kararlaştırılmıştır (Orta Vadeli Program (2022-2024)).

1. Sanayi, ticaret, ulaştırma, çevre ve enerji alanlarında yeşil dönüşüm ve döngüsel ekonomiye geçişi destekleyici yeni yaklaşımlar, dış finansman imkânları da dikkate alınarak destek ve kredi teşvik mekanizmaları çerçevesinde hayata geçirilecek; başta geri dönüşüm teknolojileri olmak üzere verimlilik artıran ve sera gazı emisyon artışını sınırlamayı hedefleyen yatırımlar desteklenerek uluslararası ticaret alanında iklim değişikliği politikalarıyla uyumlu şekilde ihracatın rekabet gücü artırılacaktır.

2. Yeşil dönüşümü hızlandırmak amacıyla Ar-Ge çalışmaları desteklenerek yeşil üretim için gerekli teknolojiler geliştirilecek ve yaygınlaştırılacaktır.

3. Yeşil OSB ile yeşil endüstri bölgesi sertifikasyon sistemi tamamlanarak, çevreye duyarlı, sürdürülebilir sanayi ve döngüsel ekonomi alanları oluşturulmasına hız verilecektir.

4. Finansal sektörün düzenleyici çerçevesi sanayinin yeşil dönüşümünü kolaylaştıracak şekilde geliştirilecektir.

5. Çevreye duyarlı yatırımların finansmanı amacıyla uluslararası standartlarla uyumlu rehber hazırlanarak yeşil tahvil ve sukuk ihraçları teşvik edilecektir.

6. Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla enerji ve üretim kaynaklarını verimli bir şekilde kullanan, çevre dostu üretime yönelik yatırımlar desteklenecektir.

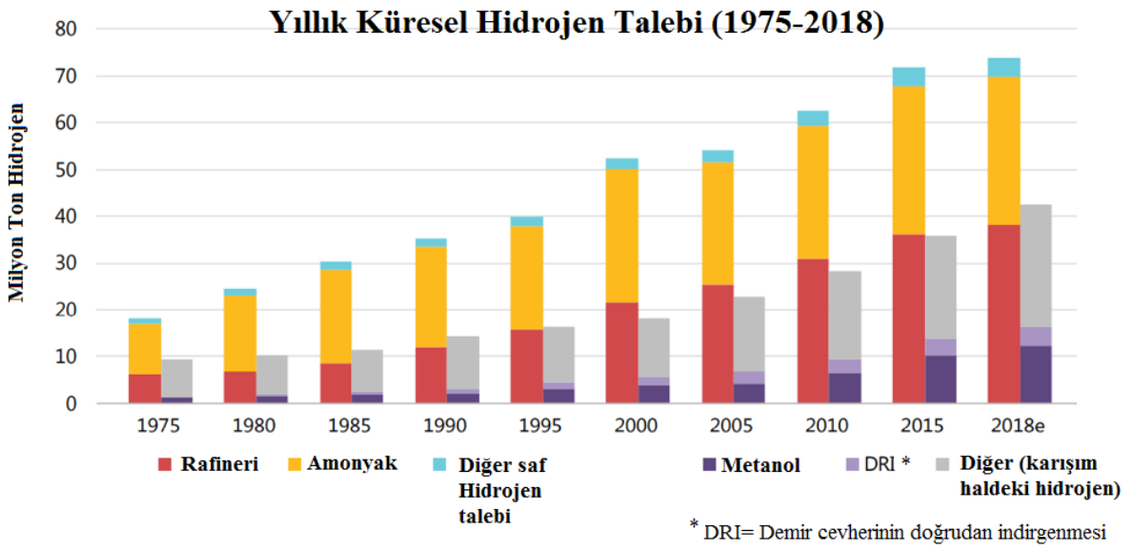
7. Sıfır atık uygulamaları hane halkını da kapsayacak şekilde yaygınlaştırılacak ve üretimin kritik alanlarındaki ihtiyacın dışında kalan atık ithalatının azaltılmasına yönelik tedbirler alınacaktır.

Bu kapsamda, ülkemizde ilerleyen günlerde hidrojen ile ilgili çalışmalar, teşvikler ve desteklerin de artması beklenmektedir.

Türkiye Sanayinde Hidrojen.

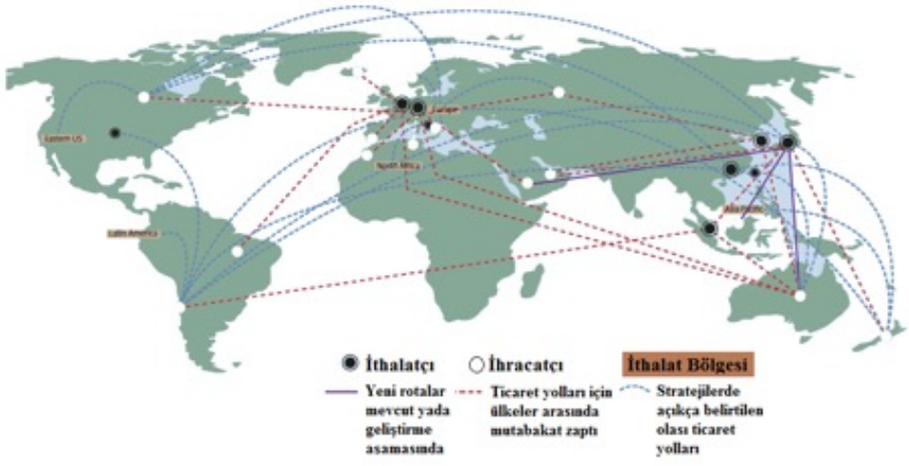
Ülkemizle benzer şekilde, dünyanın enerji ve üretim prosesleri ile ilgili emisyonlarının

yaklaşık yüzde 60'ından sorumlu olan; ulaşım (%17), binalar (%19) ve sanayii (%16) için güç ve ısı üretimi, endüstri hammaddesi (%6) üretimi alanları hidrojenin kullanılabileceği alanlardandır. Hidrojenin sadece bu başlıklar altında geleneksel yakıtlar/hammaddeler yerine geçmesiyle karbondioksit emisyonlarının yarıdan fazlasının engellenmesi mümkündür (Hydrogen Council, 2020). Her yıl dünya çapında yaklaşık 120 milyon ton hidrojen üretilmektedir; bunun üçte ikisi saf hidrojen iken üçte biri diğer gazlarla karışım halindedir. Hidrojen çoğunlukla ham petrol rafinasyonu, saf ve karışık hidrojen talebinin neredeyse %75'ini temsil eden amonyak ve metanol sentezi için kullanılır. Bugünün hidrojen üretimi, çoğunlukla üretimin %95'ini oluşturan doğal gaz ve kömüre dayanmaktadır (IRENA, 2020). Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) Şekil 29'da verilen grafiğinde 1975-2018 yılları arasında sektörlere göre artan hidrojen talebi net olarak görülmektedir (IEA, 2019b).



Şekil 29. *1975-2018 Yılları Arasında Sektörlere Göre Artan Hidrojen Talebi (IEA, 2019b).*

Küresel çapta hidrojen talebi sonucu ülkeler arası ihthalat/ihracat antlaşmaları imzalanmaktadır. 2021 yılı itibariyle hidrojen için öngörülen ticaret yollarında Türkiye hidrojen ithal ve/veya ihraç eden konumunda değildir, (Şekil 30). Ancak bu tablonun yakın zamanda değişmesi beklenmektedir.



Şekil 30. *2021 Itibariyle Hidrojen Için Öngörülen Ticaret Yolları (IEA, 2019b).*

Günümüzde rafinerilerde üretilen hidrojenin %95'ten fazlası fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. En çok kullanılan yöntem doğal gazın buharla reformasyonudur (steam methane reforming-SMR). Ülkemizde TÜPRAŞ, SMR ile 225.000 ton/yıl, ağır hidrokarbon bileşiklerin hafif fraksiyonlara ayrılması (continuous catalytic reforming-CCR) ünitelerinden ise 255.000 ton/yıl olmak üzere yıllık toplam 480.000 ton hidrojen üretmekte ve tamamını iç tüketimlerinde kullanmaktadır.

Türkiye'nin önde gelen kimyasal şirketlerinden AKKİM, SMR ile 1000-1100 Nm3/saat, klor alkaliden yan ürün olarak 600-700 Nm3/saat hidrojen üretimi yapmakta ve hidrojeni hidrojen peroksit (H2O2) üretiminde kullanmaktadır. Daha birçok gaz firması 2021 yılı ile birlikte kapasite artırımına gideceklerini belirtmişlerdir. Bu kapasite artırımının 10 milyon m3 seviyelerinde olacağı tahmin edilmektedir

Ülkemizde metanol, ağırlıklı olarak ağaç yonga sanayinde tutkal yapımında kullanılmaktadır. Ancak Türkiye'de metanol üretimi bulunmamakta, ülkemiz metanolü ithal etmektedir. TÜİK istatistiklerine göre 2019 yılında yaklaşık 550 bin ton metanol için 100 milyon doların üzerinde bir bedel ödenmiştir. Bu tutar ham metanol ithalatı içindir. Metanolden üretilebilecek kimyasallar da eklediğinde ithalat bedeli birkaç milyar dolar seviyesine çıkmaktadır.

Gıda sektöründe yüksek saflıktaki hidrojen ile yağların hidrojenasyonu margarin sektörü için önemli bir prosestir ve pazarı her geçen gün artmaktadır. 1 ton yağ için yaklaşık 60 Nm3 hidrojen ihtiyacı olduğu ve Türkiye'de yıllık margarin üretim kapasitesinin

yaklaşık 1 milyon ton olduğu dikkate alındığında bu alan için 60 milyon Nm3 (5400 ton) hidrojen ihtiyacı vardır. Mevcut durumda gıda sanayi hidrojen ihtiyacını ticari elektrolizörler ile sağlamaktadır.

Dünyada üretilen hidrojenin neredeyse yarısı (%45-55) amonyak (NH3) üretiminde kullanılmaktadır. Üretilen amonyağın büyük bir kısmı ise (%80) suni gübre üretiminde kullanılmaktadır. Ülkemiz Amonyak ihtiyacının büyük bir çoğunluğunu ithal ederek karşılamaktadır. "Türkiye İstatistik Kurumu" dış ticaret istatistikleri veri tabanına göre 2020 yılında ülkemizin ithal ettiği amonyak miktarı 1.212.991,10 ton iken ihraç ettiği miktar sadece 25.716,47 ton'dur [104]. İstanbul Gübre Sanayii A.Ş.'nin Kocaeli Fabrikasından alınan bilgilere göre; yıllık üretilen hidrojen miktarı 71.671 Ton, tükemi ise yıllık 69.882 Ton'dur.

Çelik sektöründe ülkemiz, uzun ürünlerde ihracatçı olmakla birlikte yassı ürünlerde kendi tüketimine yetecek kapasiteye sahiptir. Ülkemizde, 2019 yılında 33,7 milyon ton çelik üretimi gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde, 2019 yılı itibariyle, demir cevherinden üretim yapan 3 adet BOF tesisi ile hurdadan üretim yapan 32 adet İO ve EAO tesis bulunmaktadır (T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, 2020). Mevcut tesislerin hiçbirinde demir cevherinin hidrojen/karbon monoksit ile indirgenmesi (DRI-EAF) yöntemi kullanılmamakla birlikte, Türkiye'de yıllık 6 milyon tonu aşan çelik üretimi olan Tosyalı Holding tarafından Mart 2021'de verilen bilgiye göre DRI ile dünyanın en düşük karbon ayak izine sahip çeliğini ürettikleri belirtilmiştir. Tosyalı Holding'in Cezayir'de 2018 yılında MIDREX teknolojisi kullanarak kurduğu DRI modülü ile 2020 yılında 2,23 milyon ton DRI üretim rakamı gerçekleşmiştir ("DRI Teknolojisi ile Dünyanın en Yeşil Çeliğini Ürettik", 2020). Ülkemizin en büyük çelik üreticilerinden biri olan Erdemir Şirketi, doğal gazdan yıllık yaklaşık 1 Milyon m3 hidrojen üretmektedir. İsdemir ve Karabük Demir Çelik fabrikalarında SMR ile hidrojen üretimi bulunmamaktadır.

Galvanizli çelik üreticisi Borçelik, ING Türkiye'den 10 milyon euroluk kredi alarak bu kredinin enerji verimliliğinin sağlanması ve karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik kullanılacağını açıklamıştır ("Borçelik'e 10 milyon euroluk yeşil kredi", 2022).

Seramik federasyonu – ısınma amaçlı hidrojenin kullanımı değerlendirilmektedir.

Cam endüstrisinde, fırınlarda ağırlıklı olarak doğal gaz, düşük kükürtlü fuel-oil, motorin ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) kullanılmaktadır. Türk cam sanayinde hidrojen sadece yardımcı ünitelerde kullanılmaktadır. Float yöntemi ile düz cam üretiminde

oksijen tutma amacıyla kullanılan hidrojen, SMR yöntemi ile üretilir veya tedarikçiden satın alma yoluyla sağlanır (Cam Üretimi Sektörel Uygulama Kılavuzu, 2022).

Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği'ne göre 2021 yılı itibari ile ülkemizde 55 entegre ve 21 öğütme tesisi faaliyet göstermektedir. Ülkemiz ürettiği çimentonun ortalama % 20'sini ihraç etmektedir. Çimento üretimi enerji yoğun bir prosestir. Bir ton Portland çimentosu üretmenin yaklaşık 4 GJ enerji gerektirdiği ve bunun da atmosfere 1,25 ton karbondioksit saldığı tahmin edilmektedir (Şanal, 2018). Çimento sektöründe karbon ayak izinin azaltılması için önemli çalışmalar gerekmektedir. Hidrojen kullanımı bu alanda yenilenebilir yakıtlar ve enerji verimliliği ile birlikte önemli bir yer tutacaktır. Dünyada hali hazırda teknoloji geliştirme aşamasındaki çalışmalar yakın dönemde teknoloji hazır olma seviyesi 6-7 (THS 6-7) seviyesini hedeflemektedir. Türkiye'de ise 2020 itibari ile farkındalık oluşumu gerçekleşmiş ancak belirgin bir proje çalışması henüz başlamamıştır. Cumhuriyet'in 100'üncü yılında Ay'a gönderilecek insansız araçta kullanılması planlanan milli ve özgün hibrit roket motorunun ilk ateşlemesi 11 Nisan 2021'de yapılmıştır ("Ay Misyonu için ilk ateşleme - Türkiye Uzay Ajansı", 2022). Hibrit roket motorunda itici olarak sıvı petrol vaksı ve sıvı oksijen kullanılmaktadır.

Türkiye henüz hidrojen yakıtlı roket teknolojisi konusunda çalışmalara başlamamıştır.

Evsel ısı-güç üretim sistemleri (mikrokojenerasyon), merkezi enerji dönüşüm tesisleri ile karşılanan elektrik ihtiyacının dağıtılmış/yerel dönüşüm sistemleri ile elde edilmesine olanak sağlayan 50 kWe ve altındaki sistemlerdir. Türkiye henüz dağıtılmış elektrik şebeke altyapısına sahip olmasa da dünyada bu sistemlerin kurulmasına Almanya, Japonya, Çin, G.Kore, Amerika gibi ülkelerde başlanmıştır.

Türkiye'de Hidrojen ile İlgili Ar-Ge Çalışmaları.

Türkiye'nin enerji alanında Ar-Ge harcaması 2018 yılı verilerine göre 331 milyon TL'dir (58 Milyon $). Bu değer 0,72 $/kişi'ye karşılık gelmektedir. IEA ülkeleri ortalaması ise 14,0 $/kişi'dir. Enerji araştırmalarında IEA ülkeleri karşılaştırmasında, Türkiye onuncu en düşük bütçeye sahiptir. Bu bütçenin yalnız %5'i hidrojen ve yakıt pilleri konularına ayrılmıştır (IEA, 2021c). Ülkemizdeki üniversiteler, araştırma merkezleri, kamu ve özel sektör tarafından hidrojen ve uygulamaları ile ilgili proje bazlı pek çok çalışma yürütülmüştür/yürütülmektedir. Bu çalışmaların bazılarına aşağıda değinilmiştir.

Yakıt pilli mikrokojenerasyon sistemleri üzerine öncü çalışmalar birçok üniversite, TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü ve özel sektör kuruluşları tarafından gerçekleştirilmektedir. TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü tarafından TÜBİTAK 1007 programı ve ETKB destekli olarak doğal gaz beslemeli PEM tipi yakıt pilli 5 kWe ve 2 kWe kapasiteli prototipler kurulmuştur.

Türkiye, 2003 yılı başlarından 2012 yılına kadar Uluslararası Hidrojen Enerji Teknolojileri Merkezi (ICHET) aracılığı ile hidrojen üzerine demostrasyon projelerine ev sahipliği yapmıştır. Bu kapsamda, ETKB'nın da desteği ile 2011 yılında Bozcaada Kaymakamlık binası ve sağlık ocağının elektrik ihtiyacını karşılamak üzere yenilenebilir enerji destekli "Bozcaada Hidrojen Adası Projesi" gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin ilk 30 m3/saat hidrojen üretim kapasiteli hidrojen dolum istasyonu Haliç Feshanede açılmıştır.

Ülkemizde hidrojen ile ilgili yürütülen/tamamlanmış diğer bazı projeler Türkiye Hidrojen Teknolojileri Derneği tarafından yayınlanan "Türkiye için Hidrojen Teknolojileri Yol Haritası" dokümanında detaylı olarak verilmiştir (Dinçer, Eroğlu & Öztürk, 2021). Bunlardan birisi GAZBİR/GASMER'in yürüttüğü doğal gaz hatlarına hidrojen karıştırılması projesidir. Gazbir-Gazmer Temiz Enerji Merkezi'nde test etmek amacıyla oransal olarak ortalama %5-10-15-20'ye kadar hidrojen ile %95-90-85-80'e kadar doğal

gaz karıştırılarak test amaçlı yakma işlemi ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Gazbir-Gazmer, 2021 Şubat ayında Temiz Enerji Merkezi'nde %20 hidrojen-%80 doğal gaz karışımı evsel cihazlarda test edilmeye başlanmış, ilk sonuçların başarılı olduğu ve asıl sonuçların uzun süreli deneylerde ortaya çıkacağı bildirilmiştir. Proje kapsamında elde edilen ilk sonuçlara göre; şu anki doğal gaz iç tesisatlarında ve tüketici cihazlarında önemli bir değişikliğe gerek kalmaksızın hidrojenin, dağıtım ağlarında doğal gazla birlikte en fazla %20 oranında (hacim olarak enerji içeriği bakımında %6 oranına eşdeğer) karıştırılabileceği ön görülmektedir. Bu konuda bir diğer proje 2004-2009 yılları arasında Avrupa Komisyonu FP6 tarafından desteklenen ve TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'nün de ortak olduğu NaturalHy projesidir (39 ortak, 15 gaz sanayi temsilcisi, TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü ve İGDAŞ). Projede; üretim, taşıma ve son kullanım göz önünde bulundurularak Avrupa doğal gaz ağına hidrojen beslemenin pratikleri değerlendirilmiştir. Proje sonucunda doğal gazı yakıt olarak kullanan cihazların çoğu güvenli bir şekilde % 20'ye kadar hidrojen karıştırtabileceğini göstermiş ancak bu seviyenin üzerinde, cihazların ayarlanması veya bazı parçalarının değiştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, güvenlik ve verimlilik nedenleri ile tüm cihazların düşük hidrojen oranlarında dahi sertifikalanması gerek görülmektedir. TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü 2001 yılından bu yana hidrojen konusundaki çalışmalarına devam etmektedir. Enstitü, BOREN işbirliği ile üç tane sodyum bor hidrürlü yakıt pilli araç projesi tamamlamış, sodyum bor hidrürden hidrojen üretim sistemi ve 200 W yakıt pili entegre edilmiş bir insansız hava aracı (IHA) geliştirmiştir. Ayrıca 2002-2008 yılları arasında yine Avrupa Birliği tarafından desteklenen "Molten Carbonate Fuel Cell Ship Power Generation Systems - MCFC_NAV" isimli projede F76 dizel yakıtından hidrojen üretim sistemi, 150 kWe kapasiteli mikrotürbin ve 500 kWe kapasiteli ergimiş karbonatlı yakıt pili (MCFC) sistemi TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü yerleşkesinde kurulmuştur. Diğer yandan TÜBİTAK TARAL ve/veya Türkiye Kömür İşletmeleri tarafından desteklenen pilot ölçekli yerli kömür ve/veya biyokütle kaynaklarının gazlaştırılması ile hidrojen, sıvı yakıt, elektrik, metanol üretimi projeleri (BioH2, TRİJEN (Soma), Tunçbilek Kömür Gazlaştırma) de Enstitü tarafından başarıyla tamamlanmıştır.

TÜPRAŞ Ar-Ge Merkezi'nin, Koç Üniversitesi ile iş birliği içinde sürdürdüğü "Hidrojen Sülfür Gazının Elektrokimyasal ve Foto-elektrokimyasal Yöntemlerle, Hidrojen Gazı ve Elementel Kükürde Ayrıştırılması" projesinde yakıtların kükürt içeriğinin giderilmesi için hidrojen kullanılması üzerine laboratuvar ölçekli çalışmalar devam etmektedir (TÜPRAŞ, 2020).

Türkiye, her alanda olacağı gibi hidrojen alanında da bir teknoloji veya ekipman ithalatçısı olmaktan ziyade küresel enerji devriminde endüstriyel bir katılımcı ve ortak haline gelebilir. Her şeyden önce, Türkiye'nin hidrojene yönelik mevcut Ar-Ge faaliyetlerine hızlanarak devam etmesi çok önemlidir. Bu çalışmalar, Türkiye'nin küresel gelişmelere bağlı kalmasını ve hidrojen son kullanım teknolojileri için yerlileştirme fırsatlarını en üst düzeye çıkarmasını sağlamak için gerekli ilk adımlardır.

Hidrojen Teknolojilerinde Ülkemize Yönelik Öngörüler.

Enerjide ciddi bir dönüşüm için;

- Elektrik üretiminde fosil yakıtlar yerine büyük oranda güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynaklara geçiş,
- Daha fazla enerji verimliliği önlemleri ve
- Arabalardan, binalarda ısıtma ve soğutmaya kadar yaygın bir şekilde elektrifikasyon

gereklidir.

Ancak tüm sektörler ısıtma ve elektrik kullanımında fosil yakıtlardan hidrojene kolayca geçiş yapamayacaklardır. Elektrifikasyonu zor olan sektörler arasında çelik, çimento, kimyasallar, uzun mesafeli karayolu taşımacılığı, deniz taşımacılığı ve havacılık bulunmaktadır (IRENA, 2020). Özellikle bu sektörler için temiz enerjiye geçişte hidrojen kullanımı çok iyi bir alternatiftir. Ancak halen "Hidrojen ekonomisine" geçişi mümkün kılmak için küresel teknolojik ilerlemelere ihtiyaç vardır.

Günümüzde, yenilenebilir hidrojen ve düşük karbonlu hidrojen, CO_2'si ayırmasız ve ayırmalı fosil yakıtlardan elde edilen hidrojene karşı maliyet açısından rekabetçi değildir. Fosil bazlı hidrojen için bugün tahmini maliyetler, yaklaşık 1,5 €/kg'dır, büyük ölçüde doğal gaz fiyatlarına bağlıdır ve CO_2 maliyeti göz ardı edilmektedir. Günümüzde karbon yakalama ve depolama ile fosil bazlı hidrojen için tahmini maliyetler yaklaşık 2 €/kg ve yenilenebilir hidrojen 2,5-5,5 €/kg'dır. Karbon yakalamalı fosil bazlı hidrojeni, günümüzde fosil bazlı hidrojen ile rekabet edebilir hale getirmek için, bir ton CO_2 başına 55-90 EUR aralığındaki karbon ayırma maliyetlerine ihtiyaç duyulacaktır.

H2
H2
H2

Elektrolizör maliyetleri son on yılda %60 oranında azalmıştır ve 2030'da günümüze kıyasla yarıya inmesi beklenmektedir. 2030'da yenilenebilir elektriğin ucuz olduğu bölgelerde, elektrolizörlerin fosil yakıtlarla rekabet edebilmesi beklenmektedir. Ancak endüstriyel talebin kademeli olarak çelik üretimi, kamyonlar, demiryolu ve bazı deniz taşımacılığı dahil olmak üzere yeni uygulamaları içermesi için özel politikalara ihtiyaç duyulacaktır. Yenilenebilir hidrojen, yenilenebilir elektriğin bol ve ucuz olduğu saatlerde elektriği hidrojene dönüştürerek ve esneklik sağlayarak yenilenebilir enerjiye dayalı bir elektrik sisteminin dengelenmesinde rol oynamaya başlayacaktır. Hidrojen ayrıca yedek olarak günlük veya mevsimlik depolama için kullanılacak ve orta vadede arz güvenliğini artıracak şekilde tamponlama işlevleri sağlayacaktır. Ek olarak, mevcut fosil bazlı hidrojen üretiminin karbon yakalama ile daha da güçlendirilmesi, artan 2030 iklim hedefi göz önüne alındığında sera gazı ve diğer hava kirletici emisyonları azaltmaya devam etmelidir.

Yenilenebilir hidrojen ile düşük karbonlu hidrojen, Türkiye'nin uzun vadede iklim nötrlüğü ve sıfır kirlilik hedefiyle en uyumlu seçenek olarak görülmektedir. Yenilenebilir hidrojen, elektrolizör üretimi Türkiye'de yeni iş imkanları ve ekonomik büyüme yaratacak ve uygun maliyetli bir entegre enerji sistemini destekleyecektir. 2050'ye giderken, teknoloji olgunlaştıkça ve üretim teknolojilerinin maliyetleri azaldıkça, yenilenebilir hidrojen, yeni yenilenebilir enerji üretiminin yaygınlaşmasının yanı sıra aşamalı olarak büyük ölçekte uygulanmalıdır

Uluslarası Enerji Ajansının öngörülerine göre yenilenebilir enerji potansiyeli açısından düşüğe yakın maliyet aralığında (1,6 - 2,2 USD/kgH2) hidrojen üretimi imkanı olan Türkiye'nin bu avantajını çok iyi şekilde kullanarak küresel pazarda hidrojen satıcısı olması mümkündür. Bu sürecin hemen başlatılması önerilmektedir.

Bununla birlikte, kısa ve orta vadede, öncelikle mevcut hidrojen üretiminden kaynaklanan emisyonları hızla azaltmak ve paralel ve gelecekteki yenilenebilir hidrojen alımını desteklemek için diğer düşük karbonlu kaynaklardan hidrojen üretim biçimlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Türkiye, küresel teknoloji gelişmelerinden yararlanmak ve yerli kömürden mavi hidrojen üreterek ithal ettiği yakıt ihtiyacını daha da azaltmak için çok iyi fırsatlara sahip olabilir. Karbon yakalama ile Türk kömüründen Yerli bir hidrojen endüstrisi inşa etmek de Türkiye'nin son zamanlardaki politika hedeflerinden biridir.

Ayrıca Türk sanayiinde, “Hidrojenin Kullanım Alanları” raporunda detaylı olarak verilen alanlarda (gıda, demir-çelik, cam, ulaşım, metanol, amonyak üretimi vb.) kullanılan/kullanılacak hidrojen ihtiyacı için düşük karbonlu hidrojen üretmesi hatta ürettiği hidrojeni küresel pazara sunabilmesi hedeflenmelidir.

Ülkemizde, büyük kapasitede (100 MW’a kadar) elektrolizörlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu elektrolizörler, daha büyük rafinerilerde, çelik fabrikalarında ve kimyasal komplekslerde mevcut talep merkezlerinin yanına kurulabilir. İdeal olarak, doğrudan yerel yenilenebilir elektrik kaynaklarından güç alacaklardır. Düşük karbonlu elektrik bazlı hidrojenin farklı biçimleri, özellikle sıfıra yakın sera gazı emisyonu ile üretilenler, hidrojen üretimi ve pazarının ölçeklenmesine katkıda bulunacaktır. 2030’dan önce 100 MW ölçekli yenilenebilir hidrojen üretimine adanmış büyük rüzgar ve güneş santralleri için somut planlar oluşturulmalıdır. Mevcut hidrojen üretim tesislerinden bazıları, karbon yakalama ve depolama teknolojileri ile güçlendirilerek karbondan arındırılmalıdır.

Uzak alanlar ve yerel hidrojen kümeleri veya “Hidrojen Vadileri” olarak adlandırılan bölgesel ekosistemler, merkezi olmayan yenilenebilir enerji üretimine dayalı yerel hidrojen üretimine ve kısa mesafelerde taşınan yerel talebe dayalı olarak gelişecektir. Bu gibi durumlarda, özel bir hidrojen altyapısı hidrojeni yalnızca endüstriyel ve ulaşım uygulamaları ve elektrik dengeleme için değil, aynı zamanda konut ve ticari binalarda ısı sağlanması için de kullanabilir.

Bu aşamada, Türkiye’de bir lojistik altyapı ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Türkiye’de hidrojen taşıma şebekesinin omurgasının planlanması ve hidrojen yakıt ikmal istasyonları ağının kurulması gerekecektir. Mevcut gaz şebekesi, yenilenebilir hidrojenin daha uzun mesafelerde taşınması için kısmen yeniden kullanılabilir ve daha büyük ölçekli hidrojen depolama tesislerinin geliştirilmesi gerekli hale gelebilir.

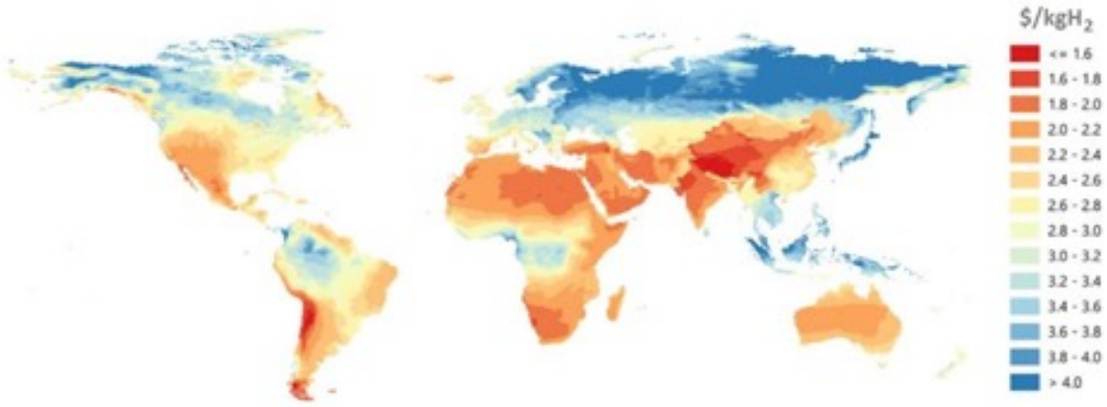
Politika odağı açısından, nispeten kısa bir süre içinde böylesine sürdürülebilir bir ölçek büyütme, Türkiye’nin desteğini artırmayı ve tam teşekküllü bir hidrojen ekosistemi oluşturmak için yatırımları teşvik etmeyi gerektirecektir.

Türkiye’nin Hidrojen Üretimi için Avantajlı Kaynakları.

Fosil kaynakların temiz teknolojiler kullanılarak değerlendirilmesi karbon nötr bir dünya için hem tüm dünya hem de ülkemiz için kaçınılmazdır. Türkiye’nin kömür kaynaklarını

çevresel açıdan sürdürülebilir bir şekilde kullanmanın uygun maliyetli bir yolu kömürden gazlaştırma yolu ile hidrojen üretirken karbon yakalamanın yapılmasıdır. Bir diğer yol da hızla artan yenilebilir enerji potansiyelini hidrojen üretiminde kullanarak "yeşil hidrojen" üretimi sağlamaktır.

Yenilenebilir enerji kullanılarak üretilen elektrik ile çalıştırılan bir elektrolizörün ürünü olan hidrojen yeşil hidrojen olarak adlandırılan en temiz hidrojen üretim yoludur. Günümüzde bu yolla yapılan hidrojen üretimi yüksek yenilenebilir enerji üretim ve elektrolizör maliyetleri sebebiyle pahalı bir yöntemdir (3-8 $/kgH2). Uluslararası Enerji Ajansı'nın grafiğine göre (Şekil 31) uzun vadede azalan güneş ve rüzgâr enerjisi maliyetleri sayesinde çok iyi yenilenebilir kaynaklara sahip yerlerde elektrolizörler kurmak, son kullanıcıların uzakta olduğu durumlar için iletim ve dağıtım maliyetlerini hesaba kattıktan sonra bile hidrojen için düşük maliyetli bir tedarik seçeneği haline gelebilir. Bu haritaya göre Türkiye, düşüğe yakın maliyet aralığında (1,6 - 2,2 $/kgH2) yer almaktadır (IEA, 2019b).

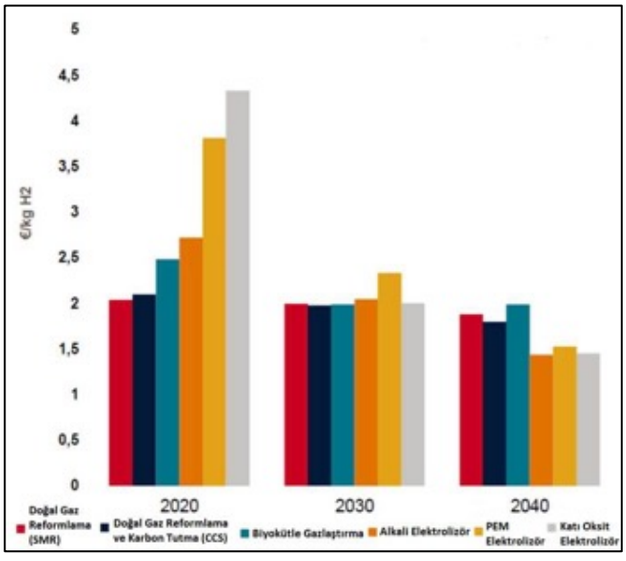


Şekil 31. *Uzun Vadede Güneş Panelleri ve Karada Rüzgâr Sistemlerinin Birlikte Kullanımı İle Hidrojen Maliyetleri (IEA, 2019b).*

Biyokütleden hidrojen üretim maliyetleri oldukça yüksektir. Gazlaştırma teknolojisi seçildiğinde 1,21-2,42 $/kg, piroliz teknolojisi seçildiğinde 1,21-2,19 $/kg'dır. Bu değerler su buharı metan reformlama ile hidrojen üretim maliyetinin (0,75 $/kg) 3 katı kadardır. Her ne kadar yeni senaryolar 2050 yılında biyokütlenin ekonomik üretimini içerse de biyokütlenin enerji üretimnde rekabetçi olabilmesi için kömür fiyatına yakın olması gerekir (kömür için 40-100 $/MTaralığında, biyokütle için 140 $/MT'a kadar). Şu an

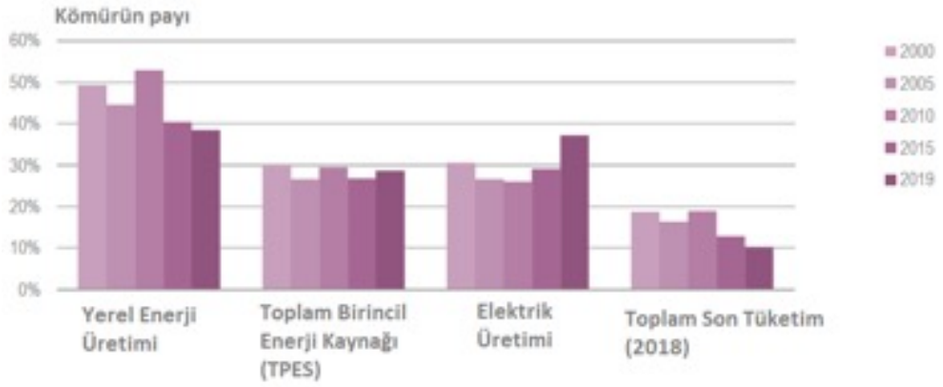
için lignoselülozik biyokütle enerji üretimi için pahalıdır. Fakat karbon ayakizinden dolayı CO_2 maliyeti ve çevresel politikaların etkisiyle biyokütlenin fiyatının düşmesi beklenmektedir. Ayrıca, Çin'de 2030 yılında vergilerden ötürü kömür gazlaştırma ile hidrojen üretim maliyetinin 1-2,7 $/kg aralığında olması beklenmektedir. 2030 yılında yenilenebilir elektrik kullanıldığı durumda suyun elektrolizi ile hidrojen üretim maliyetinin 3 $/kg 'den 2,8 $/kg'a, elektrik şebekesi kullanıldığı durumda ise 5,3 $/kg 'dan 4,8 $/kg H2'a düşmesi öngörülmektedir (IEA, 2019b).

Şu anda biyokütle gazlaştırma ile hidrojen üretimi, elektroliz yöntemlerinden daha rekabetçi bir maliyete sahiptir. Ancak Repsol'un bu hidrojen üretim yöntemleri için Şekil 32'de görülen maliyet tahminlerine göre yakın gelecekte elektrolizör ile hidrojen üretim maliyetinin çok daha düşük seviyelere (1,4 €/kg) düşeceği öngörülmektedir (Renewable (green) hydrogen - What is it and how is it used? | Repsol, 2022).



Şekil 32. *Hidrojen Maliyet Tahminleri ("Renewable (green) hydrogen - What is it and how is it used? | Repsol", 2022)*

Ülkemizde kömür, 2019 yılında toplam birincil enerji arzının (TPES) %28'ini temsil eden, petrol (%29) ve doğal gazın (%25) hemen arkasından Türkiye'nin üçüncü en büyük birincil enerji kaynağıdır. 2000-2019 yılları arasında farklı enerji talepleri içinde kömürün payına bakıldığında (Şekil 33), kömürün toplam birincil enerji arzı içindeki payının son yıllarda sabit kaldığı, ancak toplam nihai tüketim (TFC) içindeki tüketimi azalırken, elektrik üretimindeki payının arttığı görülmektedir (IEA, 2021a).



Şekil 33. *Türkiye'de Farklı Enerji Arzları Içinde Kömürün Payı, 2000-2019 (IEA, 2021a)*

Ülkemiz kömür kaynağı ve üretim miktarları açısından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe (antrasit) ise alt düzeyde değerlendirilebilir. Toplam dünya linyit kaynağının %8,7'si, linyit ve alt bitümlü kömür kaynağının yaklaşık %3,6'sı ve antrasit dâhil toplam dünya kömür kaynağının yaklaşık %2,1'i ülkemizde bulunmaktadır.

Ülkemizin linyit, asfaltit ve taşkömürü ile birlikte toplam kömür kaynağı yaklaşık 20,82 milyar ton'dur (MTA, 2019; TKİ, 2019). En önemli taşkömürü kaynağı Zonguldak ve civarındadır. MTA'nın güncel raporlarına göre 736 milyon tonu görünür olmak üzere taşkömürü kaynağı 1,52 milyar ton'dur. (TTK, 2020) Ülkemiz kömür kaynaklarının henüz üçte birinin etüt ve fizibilite çalışmaları tamamlandığı için çok az bir kısmı rezerv olarak nitelendirilmektedir. Son yıllarda yürütülen arama ve rezerv geliştirme çalışmaları sonucunda ciddi bir kömür kaynağı artışı sağlanmıştır. Yeni sahaların bulunmasına ve kömür kaynağı artışına yönelik çalışmalar MTA tarafından sürdürülmektedir.

Linyit kömürü kaynaklarımız rezerv açısından yaklaşık 19 milyar ton gibi oldukça yüksek miktardadır. Özellikleri yönünden incelendiğinde, çok farklı aralıklarda olmak üzere ısıl değer açısından; %2'si 1000 kcal/kg'ın altında, % 65'i 1000-2000 kcal/kg, %24'ü 2000-3000 kcal/kg, %6'sı 3000-4000 kcal/kg ve %3'ü 4000 kcal/kg ve üstünde gibi genellikle düşük kalori, yüksek kül ve nem içeriğine sahiptir. Kükürt oranları açısından bakıldığında yaklaşık olarak %40'ında toplam kükürt oranı %2'nin üstündedir. Bu nedenlerle linyitlerimiz genellikle düşük kaliteli sınıfta yer aldığı için şimdiye kadar termik santrallerde kullanımları ön plana çıkmıştır (Kömür İşletmeleri Kurumu, 2021).

Kömürün Türkiye'nin enerji sistemindeki yüksek payı, ülkemizin sera gazı emisyonlarının önemli bir nedenidir. 2018'de kömürün yakılmasından kaynaklı CO_2 emisyonları,

enerjiyle ilgili CO_2 emisyonlarının %43'ünü oluşturmuş ve kömürle ilgili emisyonların son on yılda yaklaşık %32 arttığı görülmüştür. Uluslararası Enerji Ajansı raporunda, yerli linyit üretim ve tüketiminin, son zamanlarda uygulanan daha sıkı kirlilik kontrollerine rağmen yerel hava kirliliğini artırdığını belirtmiştir. Ayrıca ülkemizin, hem maliyet etkinliğini hem de çevresel etkilerini değerlendirmek için mevcut kömür politikasını gözden geçirmesini tavsiye etmiştir (IEA, 2021a).

Mevcut kömür politikasının tekrar değerlendirmesinde yerli kömürden hidrojen üretiminin de geniş yer alacağı değerlendirilmektedir. Bu noktada ülkemizin temiz kömür teknolojilerine geçmesinin aciliyeti ortaya çıkmaktadır. Nitekim ETKB Bakanı Sn. Fatih Dönmez de 15 Ocak 2020 tarihinde yaptığı konuşmasında yerli kömürden hidrojen üretimini Türkiye'nin hedefine koymuştur. Hidrojen kullanımı, önümüzdeki on yıl için enerji dengelerini değiştirmek üzere acil bir potansiyele sahip olmasa da, hidrojen girişimlerinin yapılması için doğru zamandır ve ülkemizin küresel teknoloji gelişmelerinden faydalanmasına da yardımcı olacaktır.

Hidrojen, özellikle orta dereceli ve yüksek dereceli ısı gereksinimleri için elektriği desteklemek üzere en umut verici temiz enerji taşıyıcısıdır. Sanayiide mavi ve yeşil hidrojen kullanımının gelişmesine birkaç yıl varken, kimya ve rafineri sektörlerinde mavi hidrojen kullanımına yönelik ilerleme kaydedilmiştir. Karbon yakalama, kullanma ve depolama (CCUS), kullanan ticari mavi hidrojen projeleri kurulmaktadır. Elektrolizör kullanan yeşil hidrojen projeleri hala pilot uygulamalarla sınırlıdır (IICEC, Sabancı University, 2020).

Sabancı Üniversitesi İstanbul Uluslararası Enerji ve İklim Merkezi (IICEC) tarafından 2020 yılında yayınlanan "Türkiye Enerji Görünümü-2020" Raporuna göre; Türkiye'nin değişen enerji ekonomisinin neredeyse her yönü, Türkiye'nin enerji teknolojileri alanındaki Ar-Ge çalışmalarına daha fazla katılması ve ileri enerji teknolojileri ihracatçısı olması için fırsatlar sunuyor. Örneğin; karbon yakalama ve depolama yoluyla Türkiye'nin yerli kömüründen üretilen hidrojen, yerli kaynaklar ile temiz enerji geleceğine giden önemli bir yol olabilir. Bununla birlikte küresel ve Türkiye'deki enerji teknolojisi araştırmaları ilerledikçe, her biri birbirinden yararlanan keşfedilecek başka yollar da olacaktır (IICEC, Sabancı University, 2020).

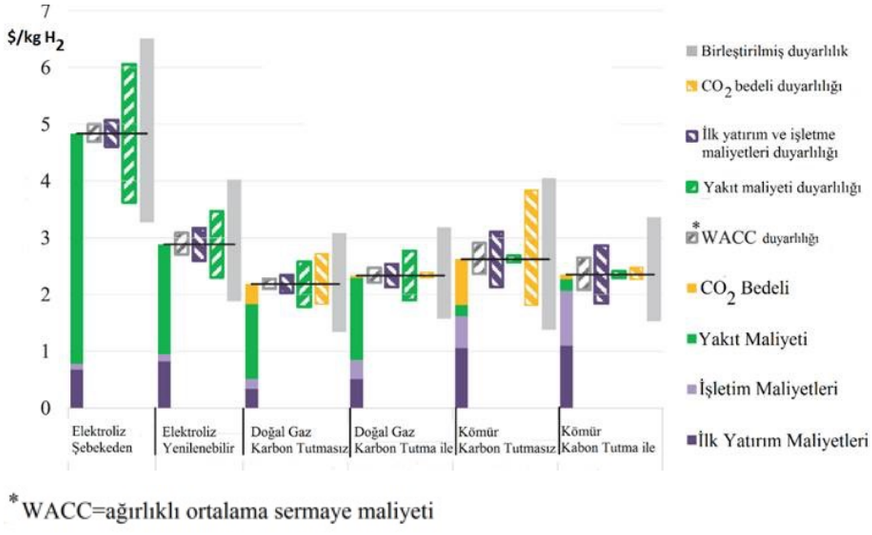
Türkiye'nin yerli kömür rezervleri için IICEC'in maliyet analizi, karbon yakalama eklenmesinin bir linyit santralinin elektrik maliyetini %50'ye varan oranda (~55$/MWh'den, ~105$/MWh'ye) artırdığını, ancak mavi hidrojenin maliyetini sadece %5 ile %10 oranında artıracağını göstermiştir. Ayrıca, bir linyit santralinin elektrik maliyeti, rakip enerji teknolojilerine kıyasla zaten yüksektir ve aynı zamanda kömür santralleri yenilenebilir veya nükleer santrallere kıyasla önemli bir CO_2 emisyonu kaynağıdır. Buna karşılık, karbon yakalama eklendiğinde, doğal gazla birlikte kömür, hidrojen üretmenin açık ara en ucuz yoludur. Bunun nedeni, temelde kullanılan teknolojilerin farklı olmasıdır. Geleneksel bir kömür santralinde kömür elektrik üretmek üzere kullanılacak buharı elde etmek için gerekli ısıyı üretmek üzere yakılır, diğer yanda kömür hidrojen elde etmek amacıyla gazlaştırılır. Bu süreçte kömür, CO ve H2 (sentez gazı) üreten bir gazlaştırıcıda kısmen oksitlenir. Gazlaştırma esnasında oluşan daha ağır hidrokarbon moleküllerini CO_2 ve H2'ye parçalamak için katalitik işlemler uygulanır.

Sonuç olarak, bir kömür gazlaştırma santralinde yüksek basınçlı bir CO_2 akışı zaten mevcutken, geleneksel bir kömür santralinde böyle bir akışı sağlamak için baca gazındaki CO_2 çözücüler kullanılarak tutulması gerekir veya eşit derecede pahalı olan diğer teknikler kullanılarak bu sağlanabilmektedir.

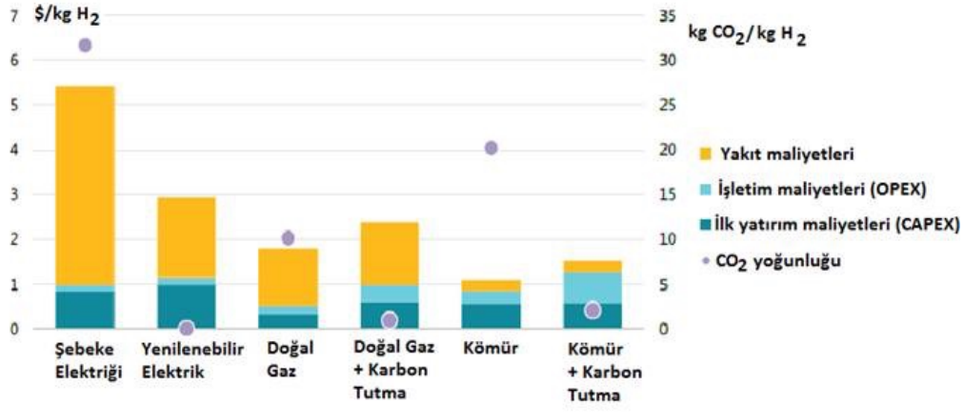
Uluslararası Enerji Ajansı'na göre de; yakın vadede, fosil yakıtlardan hidrojen üretimi çoğu durumda maliyet açısından en rekabetçi seçenek olmaya devam edecektir.

Hidrojen, Türkiye'nin 2040'a doğru ve sonrasındaki enerji geçişinde büyük olasılıkla güçlü bir role sahip olacaktır. Kömür, hidrojen üretmenin en ucuz yollarından biridir ve H2 kg'ı başına 1-2 $ arasında bir maliyet aralığındadır, doğal gaz için bu tutar 1-3 $ ve elektrik için 3-8 $ aralığındadır. Elektrik maliyetini önemli ölçüde artıran geleneksel bir kömür santralinin aksine, H2 üreten bir kömür santraline karbon yakalama eklemek,

H2 üretim maliyeti üzerinde düşük bir etkiye sahiptir, yaklaşık 0,1 $/kg, bu maliyet, hidrojen üretmenin diğer yöntemleri arasında kömürün rekabet edebilirliği üzerinde esasen hiçbir etkisi olmayan bir maliyettir (IICEC, Sabancı University, 2020). Şekil 34 farklı teknoloji opsiyonları için hidrojen üretim maliyetlerinin 2030 yılı tahminlerini göstermektedir (IEA, 2019b). Şekil 35 ise günümüzde Çin'de farklı kaynaklardan hidrojen üretim maliyetlerini göstermektedir (IEA, 2019b). IEA'nın 2030 öngörüleri ve Çin'deki mevcut kömürden hidrojen üretim maliyetleri IICEC tahmini olan 0,1 $/kgH2 kadar düşük olmasa da karbon tutmalı ve tutmasız hidrojen üretiminin arasındaki farkın kg hidrojen başına 0,5 $'dan düşük olduğunu göstermektedir.



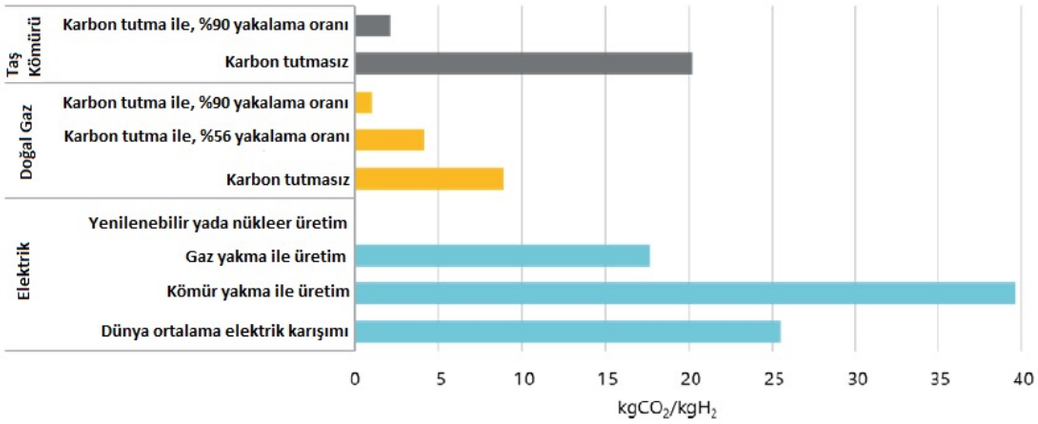
Şekil 34. *Farklı Teknoloji Opsiyonları Için Hidrojen Üretim Maliyetleri, 2030, (IEA, 2019b)*



Şekil 35. *Günümüzde Çin'de Hidrojen Üretim Maliyetleri (IEA, 2019b)*

Düşük karbonlu hidrojen üretimi için geleneksel teknolojilerin CCUS ile birleştirilmesi, yol gösterici olacaktır. 2019 yılsonu itibarıyla yıllık toplam üretimi 0,4 milyon ton olan altı proje faaliyete geçmiştir. Bu on yıl içinde dünya çapında yirmiden fazla yeni projenin devreye alınacağı duyurulmuştur (IICEC, Sabancı University, 2020).

Şekil 35'de verilen hidrojen üretim yöntemlerinin CO_2 yoğunluğuna bakıldığında doğrudan doğal gazdan üretilen hidrojenin CO_2 yoğunluğu, kömürün yarısı ve gazla çalışan elektriğin de neredeyse yarısı kadardır. Elektrolizin CO_2 yoğunluğu, direkt olarak elektriğin CO_2 yoğunluğuna bağlıdır. Karbon tutmasız ve tutmalı kömürden hidrojen üretimine bakıldığında, karbon tutulmadığı durumda 1 kg hidrojen başına yaklaşık 20 kg CO_2 salınırken bu miktar karbon tutulması durumunda 3 kg'ın altına düşmektedir (IEA, 2019b).



Şekil 35. *Hidrojen Üretim Yöntemlerinin CO_2 Yoğunluğu ($kgCO_2/kgH2$) (IEA, 2019b).*

Doğal Gaz.

Ülkemizde Ocak 2021 itibarı ile sektörel bazda doğal gaz tüketimi; %25,3 Dönüşüm/Çevrim, %20,4 Sanayi, %43,0 konut, %8,7 hizmet ve %2,7 diğer şeklinde olmuştur. Ocak 2020 ve Ocak 2021 dönemlerinde Doğal gazın ithalat, üretim, ihracat, tüketim ve stok miktarları Tablo 2'den ve Depolama türlerine göre karşılaştırılması ise Tablo 3'den görülebilir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, 2021). Üretim ve ihracat miktarı küçük olduğu için ihmal edilirse, tüketim Ocak 2020'den Ocak 2021'e kadar % 3 azalmış ve 2,32 milyar Sm3 olmuştur. Buna karşın stoklama miktarı % 3,7 oranında artmış ve depolamanın % 87'si yeraltında yapılmaktadır.

Tablo 2. Doğal Gazın İthalat-İhracat-Üretim-Tüketim-Stok Miktarları Karşılaştırması (Milyon Sm3)

	2020 Ocak	2021 Ocak	Değişim (%)
İthalat	5988,8	6093,9	1,76
Üretim	37,9	31,6	-16,5
İhracat	97,2	39,3	-59,5
Tüketim	6521,1	6335,6	-2,9
Dönem Sonu Stok	2237,6	2319,7	3,7

Tablo 3. Ocak 2020 ve Ocak 2021 Dönemlerindeki Depolanan Doğal Gaz Stok Miktarlarının Depolama Türüne Göre Karşılaştırılması ve Kullanımı (Milyon Sm3)

Milyon Sm3	2020 Ocak		2021 Ocak		Değişim (%)
Depolama Miktarı	Miktar	%	Miktar	%	
Yeraltı Depolama	2 040,8	91,2	2 015,1	86,9	-1,3
LNG Terminali	196,9	8,8	302,6	13,1	54,7
Genel Toplam	2 237,6	100,0	2 319,7	100,0	3,7

Türkiye doğal gaz arz-talep dengesi dikkate alındığında yıllık gaz talebinin karşılanmasında herhangi sorun bulunmamaktadır. Ancak, talebin yoğun olduğu kış aylarında ve talebin en üst noktaya çıktığı dönemlerde kaynak ülkelerdeki veya güzergâh ülkelerdeki aksamaların neden olabileceği dönemsel arz-talep dengesizliklerini ortadan kaldırmak için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu kapsamda, kapasitesi 2,84 milyar Sm^3 olan Silivri, Kuzey Marmara ve Değirmenköy Doğal gaz Depolama Tesisinin toplam depolama kapasitesinin 4,6 milyar Sm^3'e, geri üretim kapasitesinin ise 75 milyon Sm^3/gün'e çıkarılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

M. Öztürk ve arkadaşlarının yakın zamanda yayınlanan çalışmasında, Karadeniz diplerindeki yaklaşık 4,6 milyar ton H2S'ten, 3,29 trilyon m3 hidrojen üretim potansiyeli bulunduğu belirtilmiştir. Öngörülen hidrojen potansiyelinin arama faaliyetleri sonucunda Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde bulunan 540 milyar m3 doğal gaz ile karıştırılarak kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Mevcut ve gelecekteki doğal gaz potansiyelinin verimli ve temiz kullanımı için hacimce %20'ye kadar hidrojen ile karıştırılarak

konutlara ve endüstriyel tesislere beslenmesi önerilmektedir. Çalışmada H2S'in PEM elektrolizör ile hidrojene dönüştürülmesi tavsiye edilmektedir. H2S elektrolizörünün (73,28 kJ/mol) su elektrolizörüne (237,1 kJ/ mol) göre daha az enerjiye gereksinim duyduğu, dolayısıyla hidrojen üretimi için su yerine H2S kullanılmasının 3 kat daha karlı olduğu vurgulanmaktadır. Proses sonucunda hidrojen ile birlikte açığa çıkacak kükürdün endüstriyel tesislerde kullanılabileceği belirtilmektedir. Çalışma ASPEN PLUS simülasyon programı ile gerçekleştirilmiştir (Ozturk, Midilli & Dincer, 2021).

Ülkemizde doğal gaz depolama çalışmaları devam etmekte ve Tuz Gölü Doğal gaz Yer Altı Depolama Projesinde ilk faz tamamlanmış ve doğal gaz depolanmaya başlanmıştır. 2023 yılı itibarıyla bu yer altı deposunun toplam çalışma gazı kapasitesi 5,4 milyar Sm^3'e ve geri üretim kapasitesi 80 milyon Sm^3/gün'e çıkarılacaktır. Bir ilk olarak arz kaynakları ve güzergâhlarının çeşitlendirilmesi amacıyla, Yüzer LNG Depolama ve yeniden Gazlaştırma Tesisi (FSRU)'ları Aliağa/İzmir ve Dörtyol/Hatay'da işletmeye alınmıştır. Üçüncü Yüzer LNG Depolama ve Gazlaştırma Ünitesi (FSRU)'ya Sistemine yönelik çalışmalar ise devam etmektedir. Eğer gerekli çalışmalar yapılırsa ülkemizdeki bu doğal gaz depolama alanları doğal gaz-hidrojen karışımı için de depolama yeri olarak kullanılabilecektir.

Bor.

Türkiye dünyanın en büyük bor cevheri rezervlerine (>%70) sahiptir. Ancak bor cevherlerinin katma değeri yüksek ürünlere dönüştürebilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda sodyum borhidrür üretimi Türkiye için önemlidir. Yanıcı ve patlayıcı olmayan özellikleri sayesinde sodyum borhidrür yakıt pillerinde kullanılabilecek önemli bir yakıt hammaddesidir. Sodyum borhidrürün hidrojen taşıyıcısı olarak kullanımı yeni ve temiz enerji politikalarıyla birlikte değerlendirilebilirse bor için çok yaygın ve kalıcı bir tüketim alanı yaratılması mümkündür. Tüm dünyada sodyum bor hidrür ile ilgili;

- Hidrojen Üretimi
- Hidrojen Depolama ve Taşıma
- Yakıt Pili Geliştirilmesi
- Kullanılacağı Sisteme Entegrasyonu

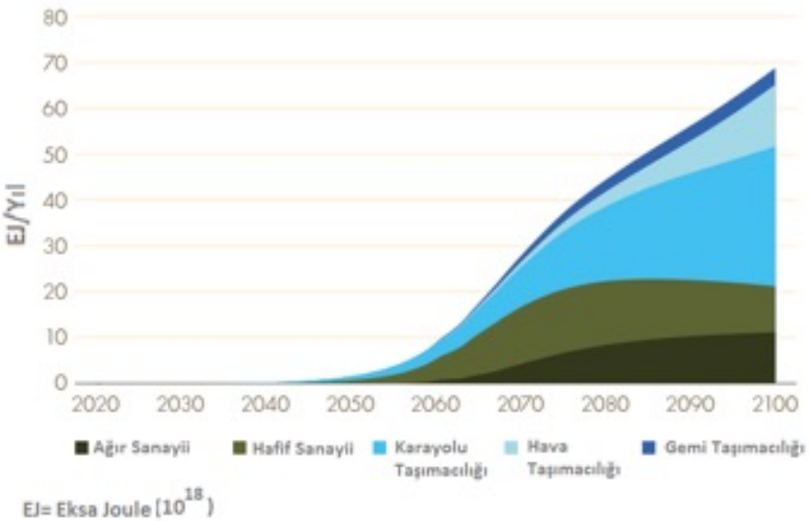
konularındaki çalışmalar yoğun olarak sürdürülmektedir. Bu alanlardaki çalışmalarda sodyum borhidrürün hidrojen verme ve taşıma özelliğinden dolayı ön plana çıktığı görülmektedir. Bir hidrojen taşıma ortamı olarak sodyum borhidrürün (sodyum tetrahidroborat, NaBH4) kullanım potansiyeli, sahip olduğu avantajlar nedeniyle yüksektir.

Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) (şu anda TENMAK) ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü işbirliğinde gerçekleştirilen "Sodyum Borhidrür Sentezi ve Üretimi" projesi kapsamında laboratuvar aşamasından başlanarak sodyum borhidrür üretimi için proses geliştirilmiş ve TÜBİTAK MAM Gebze Yerleşkesi'nde bir pilot tesis kurulmuştur. Kurulan pilot tesiste, trimetilborat ve sodyum bor hidrür üretimi başarıyla gerçekleştirilerek tesis optimizasyonu ve fizibilite çalışmaları yürütülmüş ve ürün sanayi entegrasyonuna hazır hale getirilmiştir. Bu proje ile Türkiye pilot tesis ölçeğinde kurulan tesis ile sodyum borhidrür üretim teknolojisini geliştirmiş ve sanayi ölçeğinde kendi "know-how"ı ile sodyum borhidrür üretim tesisi kurabilecek bilgi birikimi ve tecrübeye sahip olmuştur. Yine TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü ve BOREN işbirliği ile 2020 yılında, hidrojenle çalışan ve yakıtını depolamak için bor kullanan, yerli olarak üretilen yeni bir sıfır emisyonlu otomobil prototipi geliştirildi. Geleceğin önemli potansiyel hidrojen taşıyıcılarından olması beklenen "sodyum borhidrür" ve "diğer borhidrür bileşiklerinin" ülkemizde endüstriyel ölçekte üretilmesi hidrojen yol haritasında en önemli yeri almalıdır.

Türkiye'de Ulaşımda Hidrojen.

Dünya çapında ulaşım kaynaklı CO_2 emisyonları toplam CO_2 emisyonlarının %17'sini oluşturmaktadır (Shell, 2022). Kara, deniz, hava taşımacılığında hidrojenli araçların kullanılmasının emisyonların azaltılmasında çevresel açıdan büyük bir pozitif etki yaratacağı kesindir. Ancak günümüzde hidrojenli araçlar halen üzerinde yoğun çalışmaların sürdüğü, teknoloji geliştirme aşamasında olan bir alandır. Shell'in öngörüsüne göre (Şekil 37) hidrojenin 2040 yılından sonra özellikle sanayi ve ulaşım sektörlerinde hızla yaygınlaşması beklenmektedir.

Hatta 2100 yılına kadar hidrojenin, tüm ulaşım enerjisi talebinin dörtte birini ve sanayi enerjisinin %10'undan fazlasını sağlaması tahmin edilmektedir (Shell, 2022).



Şekil 37. *Hidrojne Kullanım Oranı Tahminleri (Shell, 2022)*

Türkiye'nin Otomobili Girişim Grubu (TOGG), 2019 yılında Türkiye'nin ilk bataryalı aracını (BEV) tanıtmış ve beş farklı modelle üretimin 2022 yılında yapılmasının planlanladığını açıklamıştır. Projenin, BEV şarj istasyonlarının büyük ölçüde artan kullanılabilirliği ile desteklenen Türkiye'nin karayolu taşımacılığında daha geniş bir elektrifikasyonu tetiklemesi beklenmektedir. Bir diğer önemli elektrifikasyon, Türkiye'nin 2023 yılına kadar elektrikli hatların yarıdan az olan payını dörtte üçün üzerine çıkarmayı planladığı demiryollarında hedeflenmektedir.

Türkiye'deki ulaşım odaklı enerji politikalarının küresel eğilimlere benzer şekilde ilerlemesi ve ülkemizin sürdürülebilir bir ulaşım ekonomisi elde etmesi için bu alandaki araştırma ve geliştirme çalışmalarına hız vermesi gerekmektedir. Alternatif yakıtlı ve raylı sistem teknolojilerine sahip karayolu araçlarına yönelik Ar-Ge programlarının geliştirilmesi öncelikli hedeflerden olmalıdır. Türkiye kısa vadede bataryalı araçların (BEV) alımını teşvik etmeli, daha uzun vadeli hedeflerine ise yakıt pilli araçların (HFCV) Türkiye hidrojen yol haritasına nasıl uyacağını görmek için araştırmalarını sürdürmelidir.

HFCV teknolojisinin küresel olarak henüz olgunlaşmamış olması nedeniyle, ulaşım yakıtı olarak hidrojen kullanımı Türkiye için acil bir öncelik olmasa da, yakıtlarını daha uzun bir vadede çeşitlendirmek, Türkiye için sürdürülebilir bir seçenek olacaktır. Türkiye, hidrojen araçlarının teknik ve ekonomik performansını iyileştirmeyi amaçlayan bölgesel veya uluslararası işbirliği çabalarından ve girişimlerinden zamanında yararlanmalıdır (IICEC, 2020).

Ford Otosan, ağır ticari filo karbondioksit emisyonlarını Avrupa Birliği hedefleri doğrultusunda 2025 yılında %15 ve 2030 yılında %15 daha düşürerek karbon ayak izini azaltmak için motor ve araç teknolojilerinin geliştirilmesi üzerinde çalışmaktadır. Bu kapsamda dizel ağır ticari araçlarda Ecotorq 12.7L motorunun termal veriminin %50 seviyesine çıkarılması, araç aerodinamiğinin iyileştirilmesi, ağırlık azaltılması ve lastiklerin iyileştirilmesi gibi birçok alanda çalışmalar yapılmaktadır. Dizel araçların yanı sıra karbondioksit emisyonları hedeflerinin sağlanması için BEV (Tam Elektrikli) ve Fuel Cell (Yakıt Hücresi) gibi yeni karbonnötr teknolojiler üzerinde geliştirme çalışmaları yürütülmektedir. Ford Otosan'ın 2025 ağır ticari karbondioksit stratejisinde Ford Trucks içinde geliştirilmekte olan BEV (Tam Elektrikli) yol kamyonu araçlar önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca şirket bünyesinde Hidrojen Fuel Cell (Hidrojen Yakıt Hücresi) ve Hidrojen içten yanmalı motor teknolojileri üzerinde çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Ford Otosan'ın 2030 yılı ve sonrası karbondioksit filo stratejisinde hidrojen yakıtlı araçların önemli bir rol üstlenmesi beklenmektedir (Ford Otosan, 2020).

Dünyadaki Eğilimler.

- Avrupa Birliği, 2050 net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için ısıtma, ulaşım ve endüstriyel uygulamalarda hidrojen kullanacağını açıklamıştır. Özellikle kapalı alan yük taşıma (forklift) ve uzun mesafe ağır yük taşımacılığı için hidrojenli araç sayılarında büyük artışlar beklenmektedir.

- 2050 yılına kadar sadece Japonya tek başına yılda 10 milyon tona yakın hidrojen ithal etmeyi planlamıştır. ABD, Çin, Japonya ve Güney Kore milyonlarca hidrojenli araç hedefi koymuştur.

- Demir-Çelik gibi enerji tüketimi yoğun olan ürün üreticileri, üretildiği yerin yakınında düşük maliyetli hidrojen kullanımı için çalışmalar yürütmektedir.

- Sürdürülebilir gübre girdisi de dahil olmak üzere temiz amonyağa talep sürekli artış eğilimindedir.

- Gaz şebekelerinde hidrojenin doğal gaza eklenerek kullanımı ya da doğrudan kullanımı

ile binaların ve sanayinin ısı ihtiyacının karşılanmasına yönelik yoğun projeler ve pilot çalışmalar sürdürülmektedir.

- Küresel karbondioksit ve kirletici emisyonlarının önemli bir kısmından sorumlu olan denizcilik ve havacılık uygulamaları için hidrojen kullanımı yönünde planlar/araştırmalar yapılmaktadır.

- Türkiye'nin de Paris İklim Anlaşmasını imzalaması üzerine başta ulaşım, petrokimya, demir-çelik, gübre, çimento gibi sektörlerde temiz hidrojen kullanım oranının hızla artacağı değerlendirilmektedir.

- Türkiye enerji alanında fosil yakıt ithalatına büyük ölçüde bağımlı olmasına rağmen son on yılda, hidroelektrik, güneş ve rüzgâr öncülüğünde yenilenebilir elektrik üretimini üç katına çıkarmıştır. Güneş ve rüzgarda sahip olduğu muazzam kaynak potansiyeli ve özellikle düşük PV kurulum maliyetleri göz önüne alındığında Türkiye'nin, yenilenebilir enerjide çok daha fazla büyüme sağlayacağı açıktır. Bununla birlikte yerli elektrolizör geliştirme çalışmalarının hızlanması ve Dünya'da bu alanda önemli gelişmelerin hali hazırda kaydedilmiş olması ülkemizin yerli kaynağı olan yenilenebilir elektriği kullanarak elektrolizör ile yeşil hidrojenin her alanda kullanımına imkan sağlayacaktır.

- Türkiye'nin yerli kömür ve doğal gaz kaynaklarından üretilen mavi hidrojenin de ülkemizde çeşitli sektörlerde hidrojene hızlı geçişte etkili olacağı ve hidrojen ihtiyacının bir bölümünü karşılanabileceği ön görülmüştür.

- Ülkemiz enerji kaynaklarıyla üretilen yeşil/temiz hidrojen kullanımıyla enerji güvenliği, çevresel sürdürülebilirlik ve yaşam kalitesinin (kaliteli hava, su ve toprak) artırılması göz önünde bulundurulmuştur.

- Rüzgar, güneş gibi kesikli çalışan yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının artması ve bu kaynakların salınımlı olması nedeniyle enerji depolamanın teknik ve ekonomik nedenlerle zorunlu bir ihtiyaç haline gelmektedir. Bu durum alternatif bir enerji depolama aracı olarak fazla elektrik enerjisinden hidrojen üretiminin de dikkate alınmasını gerektirmektedir.

- İklim değişikliği kapsamında karbondioksit yakalama sonrası karbonun değerlendirilmesine yönelik hidrokarbon esaslı yakıtlar ve hertürlü malzeme üretiminde hidrojene olan ihtiyaç giderek artacaktır.

Hidrojen Son Kullanım ve Uygulama Teknolojileri.

Hidrojen yakıt ve hammadde olarak başlıca enerji ve kimya sektörlerinde küresel ekonominin ve günlük yaşamımızın birçok yönünü desteklemektedir. Özellikle enerji tüketiminde hem dünyada hem ülkemizdeki artış dikkate alındığında hidrojenin çevresel etkiler açısından önemli rol oynayacağı açıktır. Çeşitli kaynaklardan sağlanabilmesi de mümkün olduğundan enerji güvenliğinin artırılması açısından da önemli bir role sahiptir.

Günümüzde hidrojen (hem saf hem de karışık formlarda) başlıca amonyak (%55), petrokimya (%25), metanol (%10) ve demir-çelik vb. diğer (%10) sektörlerde kullanılmaktadır. Kimya ve petrokimya sektörleri endüstriyel hidrojenin yaklaşık %90'lık kısmını kullanmaktadır. Gıda, cam, elektronik, özel kimyasallar ve dökme kimyasallar gibi diğer sanayi sektörleri de hidrojen kullanmaktadır; ancak bunların küresel talepteki toplam payları küçüktür. Emisyon kısıtlayıcı yaklaşımlarla rafineride 2030 yılına kadar hidrojen kullanımının %7 artışı ile 41 MtH2/yıl'a çıkması beklenmektedir. Metanol ve amonyak talebinin kısa ve orta vadede artması ve yeni kapasite ilavelerinin düşük emisyonlu hidrojen talebini artıracağı beklenmektedir. Bu alanda 2030 yılına kadar 14 MtH2/yıl artış beklenmektedir. Hidrojen ve hidrojenden üretilen metanol ve amonyak gibi sentetik türevleri, özellikle taşımacılık için önemli bir çözüm sağlamaktadır. Uzun vadede ise çelik ve yüksek sıcaklıkta ısı üretimi, düşük emisyonlu hidrojen talebinin artmasında büyük bir potansiyele sahip olmakla birlikte bu durum hidrojenin düşük fiyatla üretimine bağlıdır (IEA, 2019b).

Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre 2018'deki toplam hidrojen talebi saf ve karışım gazı olarak yaklaşık 115-120 milyon tondur. 2018 yılında gerçekleşen 73,9 milyon tonluk saf hidrojen talebinin yanı sıra, yaklaşık 45 milyon ton hidrojen metanol, demir çelik sektörü ve karışım gazlarıyla kullanılmaktadır. Bununla birlikte hidrojen üretimi ve tüketimi için küresel ölçekte karşılaşılan farklı rakamlar, dâhili proseslerde üretilen hidrojenin ve petrol rafinerilerinde tüketilen hidrojenin toplam hidrojen miktarlarına dâhil edilip edilmemesinden kaynaklanmaktadır (genellikle yalnızca harici, özel proseslerde hidrojen üretimi rapor edilmektedir. Bu değerin yaklaşık 70 milyon ton mertebesinde olduğu belirtilmektedir).

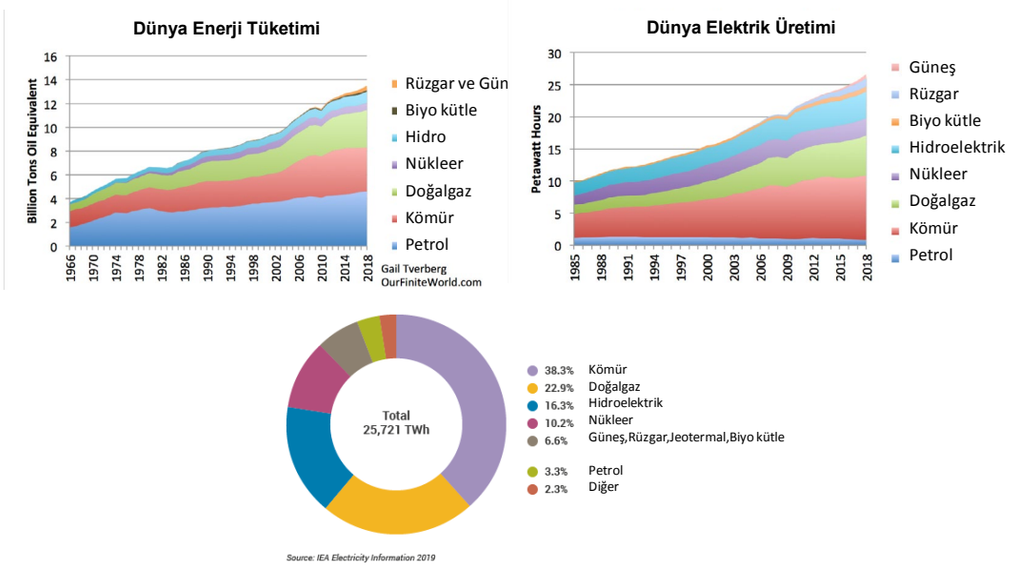
Mevcut planlara göre, düşük karbonlu hidrojen talebinin endüstriyel uygulamalarda ve gaz şebekelerinde 2030 yılına kadar 100 ktH2/yıl'ı geçmesi beklenmektedir. Demir-çelik, havacılık ve denizcilik sektörlerinde ise daha uzun vadede uygulamalar beklenmektedir (Tablo 4)

Tablo 4. 2030 yılı Teorik Boyuta Ve Uzun Vadeli Potansiyele Göre Sınıflandırılan Düşük Karbonlu Hidrojen Uygulamaları (IEA, 2019b)

	Uygulama	2030 (ktH2/yıl)	Uzun vadede
Mevcut hidrojen kullanımı	Kimyasallar (NH3, metanol)	>100	Yüksek
	Petrol rafinerileri ve biyoyakıtlar	>100	Orta
	Demir-çelik (DRI ile karışık)	10-100	Düşük
Temiz enerji için yeni hidrojen kullanım alanları	Binalar (%100 H2 dönüşümü)	>100	Yüksek
	Karayolu taşımacılığı	>100	Yüksek
	Yolcu araçları	>100	Orta
	Binalar (mevcut gaz altyapısına karışım)	>100	Düşük
	Demir-çelik (%100 H2)	10-100	Yüksek
	Hava ve deniz taşımacılığı	<100	Yüksek
	Elektrik depolama	<100	Yüksek
	Esnek ve yedek güç üretimi	<100	Orta
	Endüstriyel yüksek sıcaklık ısıtma	<100	Düşük

2.6. Nükleer Enerji Teknolojileri

Küresel ekonomik büyüme ve dünya nüfusundaki artış, enerjiye olan ihtiyacı ve talebi artırmaktadır. Toplumların elektrik kullanım seviyeleri arttırdıkça, bir yandan fosil yakıt kullanımı nedeniyle karbon salınımının yüksek seviyelere ulaşması, dünyayı küresel ısınma ve iklim değişikliği tehlikesiyle karşı karşıya bırakırken, diğer yandan mevcut fosil tabanlı sistemleri olan kömürün 114 yıl, doğalgazın 53 yıl ve petrolün 51 yıl sonra tükeneceği yönündeki araştırmalar ülkeleri alternatif enerji kaynaklarından olan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ve nükleer enerjiye yöneltmektedir. Günümüzde, dünya elektriğinin yaklaşık yüzde 60'ı kömür, petrol ve doğal gaz gibi dünyada belirli bir rezerve sahip olan, yenilenebilirliği olmayan fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Dünyada faaliyette olan 454 ticari nükleer reaktör ise dünya elektriğinin yaklaşık yüzde 11'ini üretmektedir (Şekil 38).



Şekil 38. *Yıllara göre Dünya'da Enerji Tüketimi ve Elektrik Üretimi ("New Energy Outlook 2021 | BloombergNEF | Bloomberg Finance LP", 2022)*

Güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları ilerleme kaydetmeye devam etse de hiçbiri enerji açığını kapatmak için yeterli olamamaktadır. Bu bağlamda dünyanın artan nüfusu ve teknolojik gelişmelerle büyüyen enerji ihtiyacı ve gittikçe azalan enerji kaynakları, nükleer enerjiyi vazgeçilemeyen bir seçenek haline getirmektedir.

Nükleer enerji, diğer enerji kaynaklarına bir alternatif olması, yakıt maliyetlerinin düşük olması, enerjide dışa bağımlılığı azaltması ve temiz bir enerji türü olması nedeniyle tercih edilmektedir. Nükleer enerjinin ulusal şebekeye eklenmesi, ülke içerisindeki elektrik fiyatlarının istikrarına katkıda bulunurken; elektrik fiyatlarının da daha öngörülebilir seviyelerde tutulabilmesine olanak sağlar. Ayrıca nükleer enerji kullanan birçok ülkede nükleer elektrik üretimi maliyeti, diğer yöntemlerle rekabet etme gücüne sahiptir. Bu durum, aynı zamanda piyasadaki elektrik fiyatlarındaki düşüşü de etkilemektedir.

Nükleer enerjinin en önemli avantajlarından biri de üretim maliyetinin istikrarı, ya da yakıt piyasalarına olan bağımlığın görece ortadan kaldırılmasıdır. Nükleer enerji sektöründe yakıt ve işletme maliyetlerinin elektrik üretim maliyetine etkisi yaklaşık %15'tir. Doğal gaz için ise bu oran yaklaşık %65'tir. Bu, doğal gazla çalışan sistemlerde dalgalanmaların toplam maliyete kolaylıkla yansıyacağı anlamına gelirken, nükleer enerji için böyle bir etki söz konusu değildir.

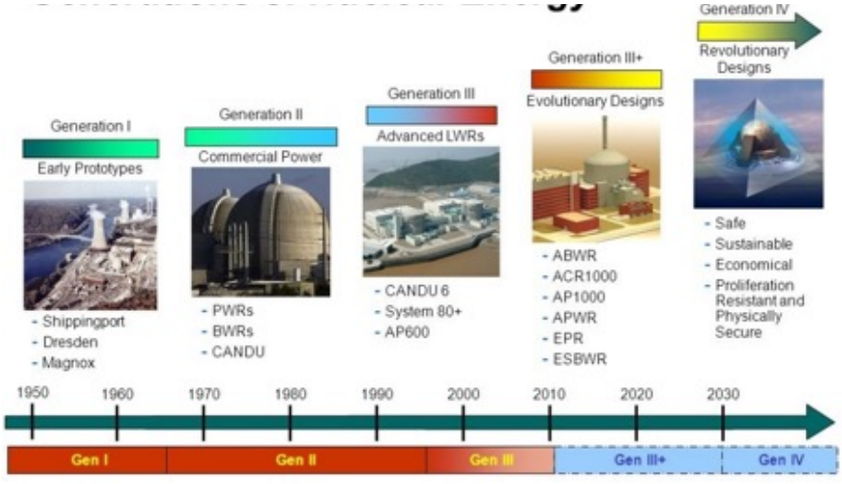
Nükleer Güç Santrali (NGS) kurulumu, gayrisafi yurtiçi hâsıla artışına ek olarak; vergi gelirlerinde de belirgin oranda yükselmeye katkı sağlar. Devlet gelirlerindeki artışa ek olarak; nükleer güç santrallerinde çalışan personelin istihdamı ve personel ile ilişkili kişiler, kurumlar göz önüne alındığında bölgesel ekonomi üzerinde de olumlu etkiler söz konusudur.

Nükleer Pazar, başta makine-kimya sanayisi olmak üzere pek çok sektöre fırsat sağlayacak bir pazardır. Bu bağlamda; nükleer enerji sektörüne girmeyi düşünen şirketlerin yalnızca yerel pazara değil, küresel pazarda da rekabet edebilecek seviyede kabiliyetlerini geliştirmeleri gerekmektedir. Özellikle; pazara yeni girmeyi düşünen ülkelerin mevcut sanayi altyapısı göz önünde bulundurulduğunda satıcı firmaların donanım ve mallarını diğer ülkelerden tedarik etmeleri beklenmektedir. Diğer taraftan, yerli pek çok şirketin yabancı şirketler ile ortaklık kurup teknoloji transferinde bulunması; bu alandaki mevcut eksikliklerin giderilmesi ve yerli şirketlerin görünürlüğünün artırılması aşamasında etkilidir.

Nükleer enerjinin dünyadaki uygulamalarına bakıldığında gelişmiş ülkelerin 1940'lı yıllardan itibaren nükleer enerjiden uzun zamandır yararlandıkları görülmektedir. Nükleer enerjinin kullanımı açısından önde gelen ülkeler arasında ABD, Fransa ve Japonya gelmektedir. Dünyada 31 ülkede işletmede olan 454 nükleer reaktör bulunmakta, 55 inşaat halinde nükleer reaktör ve 2030 yılına kadar kurulmasına karar verilen 164 reaktör bulunmaktadır. ABD'de Kurulu 98 nükleer reaktör elektrik üretiminin %20'sini karşılamaktadır. Avrupa Birliği'nda üye 14 ülkede 126 santral işletmede olup, enerji ihtiyaçlarının yaklaşık %26'sını nükleer güç ile karşılamaktadır. Fransa, 58 nükleer reaktör ile AB üyeleri arasında birinci sırada bulunmanın yanı sıra, enerji tüketiminin yüzde 70'inden fazlasını nükleer güç ile sağlaması bakımından da dünyada önde gelmektedir. Japonya'da ise 2011'deki Fukuşima felaketi sonrası nükleer güvenliği arttıracak önlemler alınmasına ve nükleer enerji konusunda köklü değişiklikler olmasına rağmen faal 42 reaktör bulunmakta olup elektirik üretiminin %4'ünü karşılamaktadır.

1950'lerde nükleer reaktörlerin geliştirilmeye başlamasından bu yana nükleer reaktörler sürekli olarak gelişim içerisinde olmuştur. Nükleer teknoloji alanındaki gelişmeler, nükleer alanda yaşanılan olumsuzlukların ve en önemlisi nükleer kazalardan alınan derslerin değerlendirilmesi sonucunda reaktör tasarımlarındaki gelişmeleri içermekte, reaktörler birinci nesilden dördüncü nesil reaktörlere doğru evrimleşmektedirler.

Teknolojik yeniliklere paralel olarak; Nesil I, II, III, III+ ve IV şeklinde sınıflandırılan nükleer reaktörlerden Nesil III ve III +, günümüzde işlevsel ya/ya da kurulum aşamasındaki reaktörler sınıfını temsil etmektedir (Şekil 39).

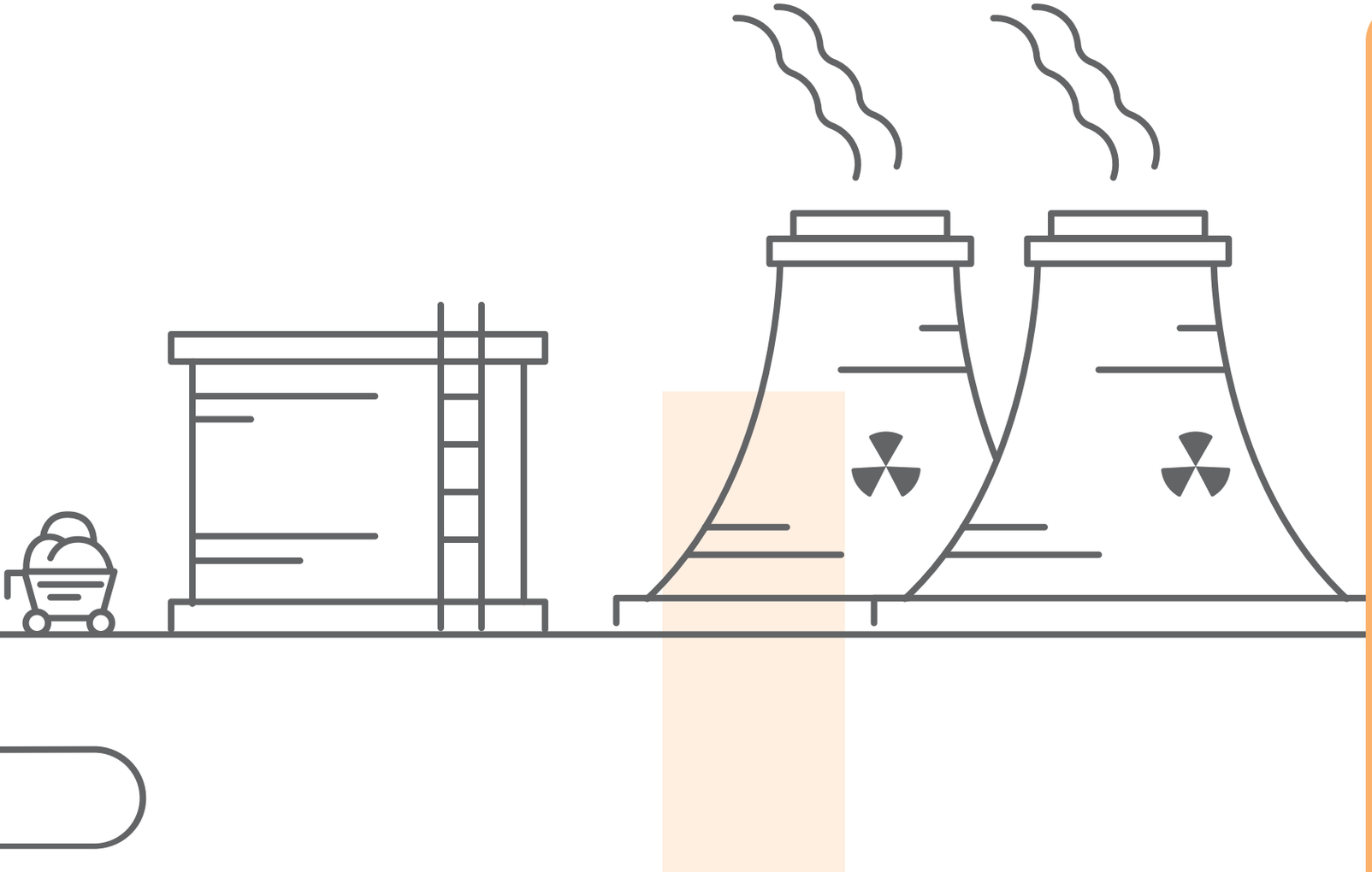


Şekil 39. *Nükleer Teknolojilerin Gelişimi*

Birinci Nesilden dördüncü Nesil reaktörlere doğru evrimleşme sürecinde, nükleer enerjiyi daha sürdürülebilir ve etkin şekilde kullanılmak amacıyla yeni nesil nükleer reaktör ve nükleer yakıt çevrimi arayışlarına girilmiştir. Bu amaçla küresel düzeydeki çalışmaları tetikleyen IV. Nesil Uluslararası Forum (Generation IV International Forum-GIF) oluşturulmuştur. GIF, IV. Nesil Nükleer Reaktörlerin, fizibilitesini yapmak ve performansını test etmek, 2030 yılına kadar endüstriyel yayılmaya uygun hale getirmek için gerekli, araştırma ve geliştirmeleri amaçlayan uluslararası bir işbirliği çabası olarak başlatılmış bir programdır. 2000 yılında kurulan programda nükleer teknolojiye sahip ülkeler (Kanada, ABD, Çin, Fransa, AB ülkeleri (EURATOM), İngiltere, İsviçre, Kore Cumhuriyeti, Japonya, Rusya Federasyonu, Brezilya, Avustralya, Arjantin, Güney Afrika) üyedir. Bu toplulukta IV. Nesil nükleer reaktör teknolojilerine ait tecrübe ve bilgilerin uluslararası platformda şeffaf olarak geliştirilmesi ve paylaşılması amaçlanmaktadır. Programın ana hedefi, günümüzde kullanılmakta olan III. ve III+.nesil reaktörlere kıyasla, yüksek güvenlik (safety), düşük maliyet (low cost), sürdürülebilirlik (sustainability), ve güvenilirlik (reliability and safeguards), ihtiyaca göre ölçeklenebilir (scalable) olma gibi üstün özelliklere sahip ve nükleer silahların yayılmasına karşı direnç ile fiziksel koruma konularında iyileştirmeler içeren reaktörleri 2030 yılına kadar ticari hale getirmektir. Bu hedef sayesinde geçmişte meydana gelen nükleer kazaların (Three Mile Island, Chernobyl, Fukushima) önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.

X"GIF platformu, 130 aday reaktör tasarımını incelemiş ve sonuç olarak 6 reaktör tasarımının geliştirilmesi hususunda karar birliğine varılmış ve bu reaktörlerin tasarımlarının özellikle güvenlik açısından koşulları tam olarak karşılayabilme potansiyelleri olduğu öngörülmüştür. Bu reaktörler aşağıda verilmektedir:

1. Gaz soğutmalı hızlı reaktörler (Gas-cooled Fast Reactor - GFR),
2. Kurşun soğutmalı hızlı reaktörler (Lead-cooled Fast Reactor - LFR),
3. Ergimiş tuz reaktörleri (Molten Salt Reactor - MSR),
4. Sodyum soğutmalı hızlı reaktörler (Sodium-cooled Fast Reactor - SFR),
5. Süper kritik su soğutmalı reaktörler (Supercritical Water-cooled Reactor - SCWR),
6. Çok yüksek sıcaklık gaz reaktörleri (Very High Temperature Gas Reactor – VHTR).



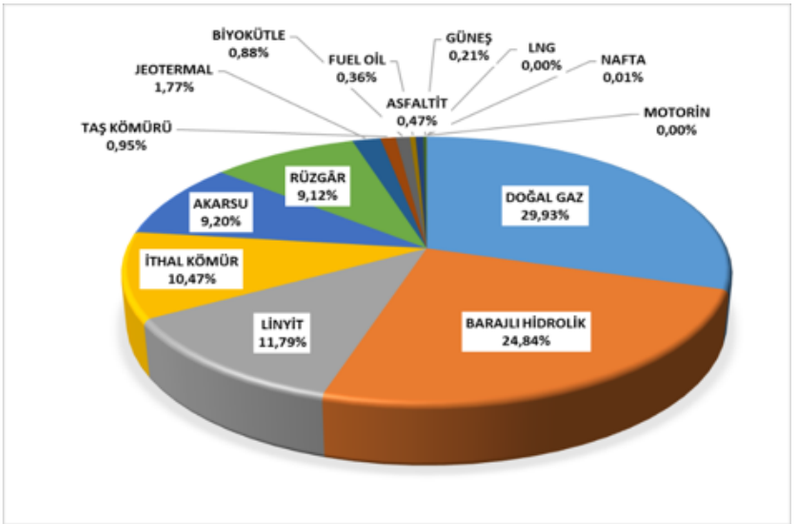
Bu reaktörler üzerine çalışmalar farklı teknoloji hazırlık seviyeleri aşamalarında devam etmekle birlikte; Ergimiş Tuz Reaktörleri(ETR), GIF programında kabul görmüş olan altı çeşit dördüncü nesil tasarım arasında teknolojik olarak gelişmiş, kavramsal ispatı yapılmış olarak değerlendirilen reaktör teknolojisidir. Ergimiş Tuz Reaktörlerinin (ETR) daha yüksek sıcaklıkları, gelişmiş güç dönüşüm verimlilikleri sağlamakta ve düşük basınçta çalışma sistemleri reaktör bileşenlerinin maliyetini düşürmeye yardımcı olmaktadır. ETR'ler, mevcut reaktörler gibi büyük güçte olduğu kadar, modüler reaktörler gibi küçük güçlerde de imâl edilebileceğinden ekonomiklik ve güvenlik açısından caziptir. Ayrıca aynı tasarım dahilinde bile kullanılabilen yakıt çeşitliliği açısından avantajlıdır. Bunun en önemli sebebi ise, 1955-1974 yılları arasında bu teknolojinin ABD Enerji Bakanlığı'na bağlı araştırma enstitülerinden Oak Ridge National Lab (ORNL)'da denenmiş ve altı yıl boyunca küçük ölçekte de olsa enerji üretiminde kullanılmış olmasıdır. Ayrıca son yıllarda bu teknolojiye dayalı nükleer güç santrali geliştirme çalışmaları başta ABD, Kanada, Rusya, Çin ve Hindistan'da olmak üzere pek çok ülkede başlatılmış ve bu alanda özel teşebbüsler kurulmuştur. Ergimiş Tuz Reaktörlerinin en önemli özelliklerinden birisi de; bu reaktörlerde yakıt olarak toryumun, uranyum veya kullanılmış yakıtlardan elde edilen aktinitlerle birlikte kullanılabilmesidir. Diğer yandan, yüksek sıcaklık üretebilen yeni nesil nükleer reaktörler (Ergimiş Tuz Reaktörleri gibi) doğalgaz santrallerinden daha düşük maliyetlerle yüksek kaliteli buhar üretebilmektedir. Üretilen hidrojen, buhar-metan reforming süreci dâhil, demir ve çelik üretim tesisleri, petrokimya, petrol arıtma ve gıda endüstrisi gibi birçok endüstriyel işlemlerde, sabit yakıt hücrelerinde güç üretimi için, kara, hava ve deniz taşımacılığında kullanılan yakıt hücreli araçlara yakıt sağlamak için ve gübre fabrikaları (amonyak üretimi) gibi daha birçok üretme tesislerinde kullanılabilmektedir.

Ülkemizde Nükleer Teknolojiler Mevcut Durumu.

Ülkemizin son yıllarda göstermiş olduğu ekonomik büyümeye paralel olarak görülen nüfus artışı, beraberinde iç enerji talep artışını da getirmektedir. Şekil 38'de yer alan grafikte, 2020 yılı Haziran sonu itibarıyla mevcut kaynakların, elektrik üretimine olan katkısı gösterilmiştir. Türkiye'de yıllık enerji talep artışı %7-8 civarında olup, ülkemiz bu alanda dünyada Çin'den sonra ikinci sırada, Avrupa'da ise birinci sırada yer almaktadır. 2020 yılı Haziran sonu itibariyle Türkiye'de ithal edilen doğal gaz ve kömürün ülkenin elektrik üretiminde payı %40,7 iken; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisindeki üretim payı ise yalnızca %11,1'dir. Bu bağlamda ülkemiz, birincil enerji kaynakları bakımından %40,7 oranında dışa bağımlıdır. Bunun yanında;

ülkemizde 2027-2037 yılları arasında elektrik tüketiminin iki katından daha fazla artması beklenmektedir (Şekil 40). Son yıllarda rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji ile bu talebi karşılamaya çalışsa da bu kaynaklardan yeterli miktarda enerji üretme potansiyeli oldukça düşüktür. Ayrıca, rüzgâr enerjisi tesisi ve güneş enerjisi santralinden gelen elektrik enerjisinin üretimi, güneşe ve rüzgârın oluşum şartlarına bağlıdır. Bütün bunlar göz önüne alındığında, ülkemizin mevcut enerji kaynaklarına nükleer enerjinin de eklenmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Ülkemiz tarafından 22 Nisan 2016'da imzalanan Paris anlaşması ve Avrupa Birliği İklim Aksiyonu ve Yeşil Mutabakat (EU Climate Action and Green Deal), temiz enerji üretimi, düşük karbondioksit ve diğer sera gazları salınımı konusunda üye ülkeler ile üye olma aşamasındaki ülkeler için önemli yükümlülükleri beraberinde getirmektedir. Bunlar arasında özellikle, 2030 yılına kadar sera gazı salımının %55 oranında azaltılması ve 2050 yılına kadar salınımın iklim değişikliğine neden olamayacak seviyelere indirilmesi en dikkat çekici yükümlülüklerdendir. Rüzgâr, güneş enerjisi, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinin beraberinde getirmiş olduğu dezavantajlar düşünüldüğünde; bu yükümlülüklerin tek başına bu kaynaklar ile karşılanması mümkün gözükmemektedir.



Şekil 40. *2020 Yılı Haziran Ayı Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı (%)(EPDK, 2020)*

Dünyada enerji arzının karşılanması amacıyla nükleer teknoloji araştırmalarının yaygınlaşması Türkiye'yi de harekete geçirmiş ve 1955'ler gibi oldukça erken başlamış olduğu bu yarışta maalesef günümüze kadar gelen süreçtegerekenkonumunda yer alamamıştır.

Akkuyu ve Sinop'a nükleer güç santrali kurulma kararı alınarak, Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında Mersin-Akkuyu sahasında bir nükleer güç santralinin tesisine ve işletimine dair işbirliğine ilişkin anlaşma 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanmıştır. İlk ünitesi 2023 yılında devreye girmesi beklenen nükleer reaktör, yap-sahip ol-işlet modeliyle (BOO) Rusya Federasyonu tarafından işletilecek ve yerlilik ve millilik oranı sınırlı ölçüde var olacaktır. Nükleer teknolojinin enerji yanında başta tıp olmak üzere askeri ve sivil uygulamaları düşünüldüğünde; ülkemizde bu teknolojileri içeren uygulamaların yaygınlaştırılarak millileştirme yönünde adım atılması, teknoloji edinmeye yönelik araştırma ve geliştirme çalışmalarının ivedilikle yapılması, ileri medeniyetler seviyesindeki ülkeler ile bu alanda yarışabilmek adına oldukça önemlidir.

Nükleer teknoloji altyapı geliştirme faaliyetleri için büyük önem taşıyan araştırma reaktörleri, tıpta ve endüstride kullanılan radyoizotopların üretimi, malzeme testleri, nükleer yakıt analizi, element karakterizasyonu, eğitim ve araştırma gibi pek çok alandan da kullanılan nükleer tesislerdir. Ülkemizdeki nükleer teknolojinin altyapısının gelişimi için önemli rolü olan araştırma reaktörlerinden iki adet bulunmaktadır. Bunlardan ilki, TENMAK, Nükleer Enerji Araştırma Enstitüsü (NÜKEN) İstanbul Yerleşkesinde (mülga TAEK'e bağlı mülga ÇNAEM) kurulu bulunan 5 MW gücündeki TR-2 araştırma reaktörü, diğeri ise İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) kurulu bulunan 250 kW gücündeki TRIGA MARK II araştırma reaktörüdür. Hali hazırda ülkemizin en büyük nükleer tesisi konumunda bulunan TR-2 araştırma reaktörü kapalı durumdadır. Binanın depreme karşı güçlendirilmesi projesi ve reaktörün modernizasyonu tamamlanmıştır, yeniden hizmete açılabilmesi için Nükleer Düzenleme Kurumu'ndan (NDK) işletme

lisansı beklenmekledir. Eğitim ve araştırma amacıyla kullanılmakta olan İTÜ TRIGA MARK II araştırma reaktörü ise işler durumdadır ve özellikle nötron aktivasyon analizi, öğrenci deneyleri ve bilimsel amaçlı malzeme ışınlamaları uygulamaları konusunda talep görmektedir.

TR-2 araştırma reaktörü 5 MW gücünde açık havuz tipi bir malzeme test reaktördür. Geçmişte TR-2 araştırma reaktöründe nükleer tıpta ve endüstride ihtiyaç duyulan radyoizotoplar üretilmiş, nötron aktivasyon analizi yöntemiyle malzeme karakterizasyonu uygulamaları yapılmış, nükleer mühendislik, fizik mühendisliği gibi bölümlerin öğrencileri için staj imkânları sağlanmış ve de lisansüstü düzeyde tez araştırmalarına yardımcı olunmuştur. TR-2 araştırma reaktöründe izotop üretimi ve diğer çalışmalar 1995 yılına kadar devam ettirilmiştir. 1995'ten 2009 yılına kadar deprem riski sebebiyle düşük güçte çalışmalar sürdürülmüştür. 2009 yılı sonunda eski yakıtların taze yakıtlarla değiştirilmesi için reaktörün çalışmalarına ara verilmiştir. Reaktörün yeniden işletmeye alınabilmesi için gereken lisanslama süreci kapsamında, reaktör binasının depreme karşı dayanıklılığını artırmak üzere başlatılan güçlendirme projesi 2013 yılı sonunda tamamlanmıştır. Reaktörün güvenlik analiz raporu hazırlanarak 2017 yılında düzenleyici otorite NDK'ya yakıt yükleme izni almak üzere sunulmuş olup değerlendirme sonucu beklenmektedir.

TR-2 Araştırma Reaktörünün tekrar devreye alınması halinde öncelikli olarak ülkemizin nükleer teknoloji geliştirme çalışmalarının yanı sıra nükleer tıp ve endüstriyel alanda kullanılan radyoizotoplardaki dışa bağımlılığını azalacak, nükleer enerjiye geçiş aşamasında bulunan ülkemizdeki yetişmiş insan gücünün ve nükleer alandaki bilimsel araştırmaların artmasına katkı sağlayacaktır. TR-2 araştırma reaktöründeki ışınlama rejimleri ve radyoizotop üretim tekniklerinde yapılabilecek geliştirmeler ile radyoizotop üretimi kapasitesinin artması ve dışa bağımlılığın minimize edilmesi sağlayacaktır.

Türkiye'nin ilk ve tek lisanslı radyoaktif atık tesisi olan, 1989 yılında kurulan Radyoaktif Atık Yönetimi Tesisi TENMAK-NÜKEN İstanbul yerleşkesinde bulunmaktadır. Söz konusu tesiste, düşük aktiviteli radyoaktif atıkların toplanması, sınıflandırılması, işlenmesi, depolanması, radyoaktif atık yönetimi uygulamalarında ulusal ve uluslararası mevzuata uygun olarak işlemlerin yürütülmesi, yüksek aktiviteli atıkların teslim alınıp geçici depolanması ve fiziksel güvenliklerinin sağlanması ayrıca yüksek düzeyli radyoaktif atıkların işlenmesi ve depolanması ile alakalı faaliyetleri yürütmek ve ilgili konularda araştırma yapmaktadır.

Bunların yanı sıra Ankara Üniversitesi Gölbaşı yerleşkesinde Türk Hızlandırıcı ve Işınlama Laboratuvarı (Turkish Acceleration and Radiation Laboratory, TARLA) bulunmaktadır. TARLA, Orta Avrupa'da 12 sinkrotron ve 7 SEL tesisi arasında Polonya'daki SOLARIS ve Ürdün'deki SESAME sinktrotron tesisleri arasında tek hızlandırıcı tabanlı ileri araştırma altyapısı olup, AB-13 ve Doğu Akdeniz ülkeleri arasındaki coğrafi boşluğu tamamlayacak ülkemiz ve bölgemizde tek araştırma ve ışınım kaynağı tesisidir. Küresel ölçekte rekabet edebilecek bir araştırma altyapısı olarak TARLA'da ilk etapta, süper-iletken teknoloji ile hızlandırılan parçacıklar yüksek akılı polarize Gama ışını (>1010 ph / cm2 /MeV) ve kızıl-ötesi bölgesinde yüksek parlaklıkta Serbest Elektron Lazeri (5-350 m, 1 MW peak, 100 W ortalama) üretilmesi amaçlanmaktadır. 2020 yılı itibariyle kademeli olarak devreye alınmakta olan TARLA tamamlandığında, bünyesinde bulunan elektron demeti ve ışınım kaynakları ile başta, savunma teknolojileri, enerji, uzay ve nükleer teknolojiler, malzeme bilimi, izotop üretimi, sağlık bilimi ve teknolojileri gibi alanlardaki modern araştırmaların ülkemizde de yapılmasını olanaklı kılacaktır. Tesisin birçok donanımı ülkemizde genç mühendisler tarafından tasarlanmış olup, proje kapsamında çok sayıda kişi tasarım ve kurulum sürecinde eğitilmiştir.

Ülkemizde elektron hızlandırıcı teknolojisine dayalı uygulamalar, ikisi özel sektör olmak üzere (mülga TAEK-SANAEM tesisle beraber) üç tesiste yürütülmektedir. Özel sektörün kurduğu elektron hızlandırıcısı tesisleri Ankara ve Bursa'dadır. Bunların yanı sıra; Abant İzzet Baysal Üniversitesi-Nükleer Radyasyon Dedektörleri Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (NÜRDAM); radyasyon dedektörleri ve teknolojileri alanında milli ve yerli ürünlerin geliştirilmesine yönelik ürünler geliştirilmeye çalışılmaktadır. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi'nde yeni kurulan Nükleer Algılayıcılar ve Robotik Uygulama ve Araştırma Merkezi'in (NAR) amacı yüksek radyasyon alanında çalışabilir nükleer radyasyon algılayıcıları sistemleri ve robotik uygulamaları, algılayıcılarda kullanılan kristallerin üretilmesi alanlarında çalışmalar yapmaktır.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) bünyesinde yer alan Hızlandırıcı Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi (İVME-R) 15 Nisan 2019 tarihinde faaliyete geçmiştir.

İVME-R' hâlihazırda Parçacık Fiziği ve Nükleer Fizik Araştırmaları, Malzeme Bilimi ve Uygulamaları, Yüksek Enerji Fiziği, Uzay ve Hızlandırıcı Sektörü, Savunma ve Güvenlik Sektörü,Yaşam Bilimleri ve Medikal Uygulamalar alanlarında faaliyet göstermektedir. İVME-R'e temel teşkil eden "Parçacık Radyasyonu Testleri Oluşturma Laboratuvarı Projesi", Strateji ve Bütçe Başkanlığı (SBB) tarafından desteklenmekte olup, proje kapsamında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Proton Hızlandırıcı Tesisi (PHT)'nin Ar-Ge çalışmaları için planlanan hızlandırıcı çıkışı Avrupa Uzay Ajansı (ESA) standardını karşılayacak hale dönüştürülerek işletilmektedir.

Ülkemiz, 2018 yılında GIF'e üyelik ve teknoloji geliştirme çalışmalarında uluslararası işbirliklerine dâhil olmak için başvuruda bulunmuştur. Günümüze kadar yapılan karşılıklı müzakereler ve teknolojik yeterlilik değerlendirmeleri neticesinde, GIF yönetim kurulu ülkemizin üyeliğine olumlu yaklaşmış fakat bu alanda bir ülke planının oluşturulması gereğini öne sürmüştür. Dolayısı ile dördüncü nesil reaktörler konusunda ülkemizin yol haritasının kabul görmesi ile üyelik başvuru sürecimizin tamamlanması mümkün kılacaktır.

Ülkemizde ETR teknolojileri konusunda hedef odaklı deneysel çalışmalar henüz başlamamış olmakla farklı kurumlar bünyesinde farklı çalışmalar yürütülmektedir. Başta İTÜ ve Hacettepe Üniversitesi (HÜ) olmak üzere akademik çevrelerde ve TENMAK-NÜKEN'de nükleer mühendislik bilgisayar kodlarıyla çalışmalar yürütülmektedir. Ayrıca, 16 Haziran 2016 tarihinde resmi olarak Ulusal Nükleer Teknoloji Geliştirme Programı (UNUTEP) TÜBİTAK MAM'ın önderliğinde başlatılmıştır ve halen devam etmektedir. TÜBİTAK MAM'ın "Nükleer Teknoloji Programı" çerçevesinde hem TÜBİTAK MAM'daki, hem de ülkemizdeki mevcut nükleer alt yapı değerlendirilmiş, hangi altyapı ihtiyacının bulunduğunu ortaya çıkaracak inceleme yapılmış olup nükleer reaktör teknolojileri konusunda fizibilite raporu hazırlanmıştır. Dünyada en kapsamlı toryumlu ETR teknolojisi geliştirme çalışması yapan AB Horizon-2020 kapsamında SAMOFAR (Safety Assessment of the Molten Salt Fast Reactors) projesinde aktif gözlemci statüsünde yer alan Türk şirketi FİGES ile TÜBİTAK, 2019 Temmuz'unda tamamlanan proje kapsamında ETR'nin birincil ısı değiştiricisinin tasarımını gerçekleştirmiştir.

Diğer taraftan, III ve III + Nesil, günümüzde işlevsel ya/ya da kurulum aşamasındaki reaktörler sınıfını temsil etmektedir. Bu reaktörler, güvenliği artırılmış, maliyeti nispeten düşürülmüş ve II. Nesil reaktörlere göre çalışma ömrü uzatılmış reaktörler olup; bunların içerisinde Hafif Su Reaktörleri (LWR) günümüzde esasen en olgun seviyeye

ulaşmış teknolojilerdir. III ve III+ nesil, ileri hafif su reaktör teknolojileri kullanan küçük boyutlu modüler reaktörler (Small Modular Reactors-SMR) son yıllarda nükleer teknoloji alanında önde gelen ülkeler tarafından yaygın bir şekilde geliştirilmekte ve ticarileştirilmektedir. Ülkemiz gibi nükleer teknoloji alanına yeni adımlar atmakta olan ülkeler için nükleer enerjiden elektrik enerjisi üretilmesi için düşük ilk yatırım sermayesi gerektiren, ileri nükleer teknolojilerin kullanıldığı, düşük güçlü (300 MWe'a kadar), Basınçlı Su Reaktörü (Pressurized Water Reactor-PWR) temelli SMR teknolojisine ilişkin bilgi ve teknoloji birikimine ve altyapıya sahip olunmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Ülkemizde Nükleer Teknolojilerin Geleceği.

Elektrik üretiminde büyük ölçüde Doğal Gaz ithaline bağımlı olan ve linyitli santrallardan da İklim değişikliği taahhüdü dolayısıyla vazgeçecek olan Türkiye'nin elektrik ihtiyacını karşılamasında yaygın Küçük Modüler reaktör (SMR) sınıfına giren Ergimiş Tuz Reaktörlerine ihtiyacı olacaktır. Bu reaktörlerin en büyük avantajları

a) basınçlı su kullanmaması,

b) soğutma için çok az suya ihtiyaç duyması,

c) basınç altında çalışmadığı için çok güvenli olması ve dolasıyla

d) hemen her yerde kurulabilmesi (depremsellik açısından),

e) ülke içinde üretilmesi mümkün olan toryumu yakıt olarak kullanabilmesi,

f) yüksek derecede (550-600 oC) ısı üretebilmesi ve dolayısıyla

g) elektriğin yanısıra ucuz hidrojen üretmeye elverişli olmasıdır.

Özellikle son 5 yıldır, AB ülkeleri içinde 4 şirket (2 Danimarka, 1 Fransa, 1 İngiltere) ABD'de 7 şirket, Çin Devlet şirketi ETR konusunda hızla çalışmakta ve prototiplerini bitirme aşamasına gelmiştir. Bu konuda daha genel bilgi: http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/molten-salt-reactors.aspx Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının IAEA İleri ve yeni Nesil reaktörlere ilişkin çeşitli analizleri, teknik raporları mevcuttur.

11. Kalkınma Planı dönemi için Enerji başlığı altında Nükleer Güç Santrallerinin (NGS) elektrik enerjisi üretim portföyüne dâhil edilmesi, nükleer enerjinin elektrik enerjisi üretimindeki payının artırılmasına ilişkin çalışmalar sürdürülmesi ve kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi [Madde-488] politika olarak kabul edilmiştir. Yeni Ekonomi Programı 2021-2023'nda Eylem ve Projeler kısmında "Yerli ve Yenilikçi Üretim" başlığında, Nükleer teknoloji alanında Ar-Ge çalışmaların yapılarak ülkemizde nükleer alanda yerli yenilikçi teknolojiler geliştirilecektir" hedefi yer almaktadır.

Ulusal hedefler doğrultusunda, Türkiye'nin sahip olduğu geniş Toryum (Th) rezervleri de göz önüne alındığında, Toryum tabanlı ve diğer yakıt çevrimlerine uygun, Ergimiş Tuz Reaktör kurulumuna en kısa sürede başlanılmasının önemli olduğu değerlendirilmektedir. Türkiye'nin bu teknolojiye girişi ile birlikte;

- Konvansiyonel nükleer reaktör teknolojisinde kaçırdığı fırsatı yakalama imkânı veren 4. nesil ileri nükleer reaktör teknolojisine giriş yapılacak;
- Millî ileri reaktör tasarımını ve yapımını gerçekleştirilecek;
- Yurtdışına bağımlılığı azaltacak olan toryumun nükleer enerji kaynağı olarak kullanılması gerçekleştirilecek;
- Nükleer enerjiden üretilen ısıdan yararlanarak hidrojen ve alternatif yakıtlar üretilerek enerji anlamında dışa bağımlılık büyük ölçüde azaltılacak;
- Türkiye'nin, tarihinde ilk defa nükleer teknoloji üreten bir ülke olarak uluslararası toplumda hak ettiği itibarlı noktaya erişmesi sağlanacaktır.

Hedeflenen ETR, Toryum yakıt çevrimli olacak ve yakıt taşıyıcı ve soğutucu olarak ergimiş tuz kullanacak ve tercihen hızlı nötron spektrumu kullanacaktır. Hızlı spektrum ETR yanında termal spektrum seçeneğinin de incelemelere esas alınması kararlaştırılmış olup; Türkiye kendi reaktör ve nükleer yakıt teknolojisini edinme ve geliştirmeyi 2023 hedefleri arasına koymuştur. Bu bağlamda kurulacak olan nükleer reaktörlere parça, malzeme ve hizmet tedarikinin olabildiğince yerli kaynaklardan karşılanması ve yeterli işgücü yetiştirilmesi hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra olabildiğince bağımsız yeni ve yenilikçi, toryumlu yakıt çevrimini de içeren, bütün aşama ve adımları Türkiye'nin altyapısına rahatlıkla uyum sağlamış bir nükleer yakıt çevrimi teknolojisine sahip yeni ve yenilikçi reaktöre kavuşmak en temel amaçlardan biri olarak ortaya çıkmaktadır.

Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu Yeni Nesil Nükleer Teknolojiler Çalışma Grubu tarafından ülkemizde yeni nesil nükleer teknolojilerin geliştirilmesine yönelik olarak yürütülen çalışma kapsamında belirlenen politika önerileri aşağıda belirtilmiştir.

- Nitelikli insan kaynağı ihtiyacına yönelik olarak nükleer enerji konusuna odaklanacak ve yüksek kalitede eğitim verecek akademi ve araştırma enstitüsü kurulması; ayrıca mevcut enstitülerin eşgüdümlü çalışmalarının sağlanması,

- GIF ve EURATOM üyelik süreçlerinin tamamlanması; GIF başvurusu için gerekli milli Ergimiş Tuz Reaktörü (ETR) yol haritasının resmi devlet politikası olacak şekilde onaylanması,

- ETR üretimini ve paydaşlar arasında eşgüdümü sağlayacak ilgili özel ve kamu kuruluş ve kurumlarının katılımıyla bir millî nükleer reaktör şirketi kurulması,

- Mevcut nükleer teknoloji araştırma altyapılarının kapasiteleri güçlendirilmesi ve yenilerinin kurulması

- Kamu destek programlarının nükleer alana odaklanması ve eşgüdüm içinde planlanmasının yapılması; Nükleer Enerji Programının oluşturulması ve mevcut diğer ulusal kalkınma programları arasında uyumun sağlanması

- ETR'ye özel nükleer güvenlik kriterlerinin belirlenmesi, reaktör kurulum aşamalarına uygun lisanslama/sertifikasyon mevzuatının oluşturulması ve standartları belirlenmesi,

- Nükleer enerjinin kullanımının toplumda kabul görmesine yönelik tanıtım ve halkla ilişkiler faaliyetlerinin yapılması,

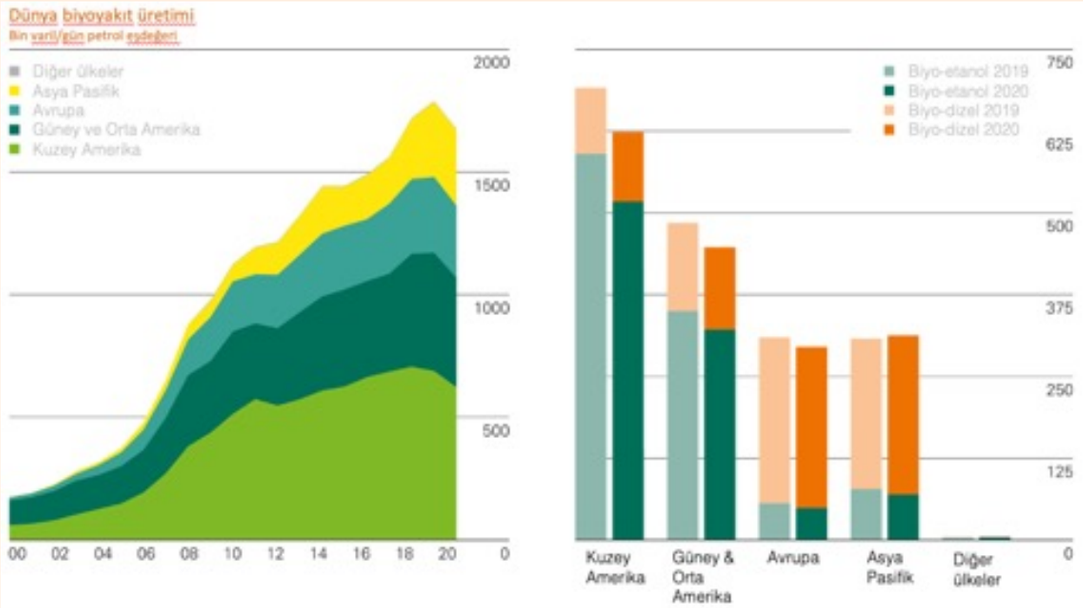
- Ulusal sürdürülebilir iklim politikaları uygulanması ve nükleer enerjinin alternatif olarak belirtilmesi,

- İleri teknoloji 3 ve 3+ teknolojilere dayalı Küçük Modüler Reaktörlerin araştırma ve üretim imkânlarının incelenmesi çalışmalarına başlanmasıdır.

2.7. Biyoyakıt Teknolojileri

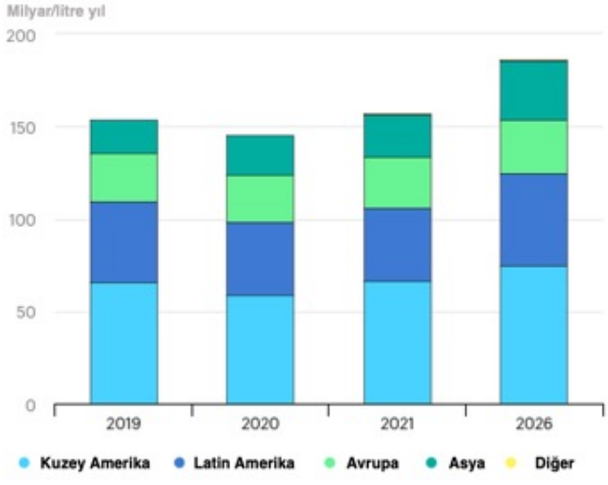
Dünyada Mevcut Durum.

Güncel duruma bakıldığında dünyada günlük 1.68 milyon varil biyoyakıt kullanılmakta olup, bu miktarın yaklaşık %60'lık kısmı biyo-etanol, kalan kısmı ise biyo-dizelden oluşmaktadır (Şekil 41). COVID-19 pandemisi ile küresel taşıma sektöründeki biyoyakıt tüketiminde %6 oranındaki genel düşüşe rağmen, 2021 yılından itibaren biyoyakıt talebinin tekrar artması ve 2026 yılında 186 milyar litreye ulaşması beklenmektedir ("Bioenergy - Fuels & Technologies - IEA", 2022). 2021 yılında hacimsel olarak ABD'de 66.3 milyar, Latin Amerika ülkelerinde 39.5 milyar, Avrupa'da 27.6 milyar ve Asya ülkelerinde 23.2 milyar litre biyoyakıt kullanmıştır.



Şekil 41. *Dünya Biyoyakıt Üretimi (Sol) ve Biyodizel & Biyoetanol Kullanmları (Sağ) BP, 2021)*

Önümüzdeki beş yıllık kısa dönemde Asya ülkelerinin Avrupa'yı geçerek küresel biyoyakıt talebinin %30'unu oluşturması beklenmektedir, (Şekil 42). Bu durum ağırlıklı olarak ulusal ülke politikalarında (Hindistan-biyoetanol, Endonezya ve Malezya'da biyodizel, vb.) biyoyakıt konularında atılan önemli adımlara bağlı olup özellikle Hindistan 2026 itibariyle dünyada üçüncü büyük biyoetanol sağlayıcısı olmayı hedeflemektedir.



Şekil 42. *Küresel Biyoyakıt Talepleri (IEA, Global biofuel demand by region, 2019-2026, 2021)*

Biyoyakıt piyasasında 2010-2019 yılları arasında yıllık yaklaşık %5'lik büyümeye rağmen, 2050 yılı net-karbon nötr hedeflerinin tuttutulabilmesi için bu büyüme oranının 2030 itibariyle en az yıllık %14'lük seviyelere gelmesi gerekmektedir (IEA, 2021d). Biyoyakıtlar özellikle kamyon, tır, gemi vb. ağır yük taşımacılığı ve sivil havacılık gibi yolcu taşımacılığı sektörlerinde düşük-karbon emisyonlarının yakalanması için yüksek önem arz etmektedir. Karbon emisyonlarının azaltılması için özellikle gıda tohumlarıyla rekabet etmeyen mikroyosun, atık yağ, vb. biyokütle kaynaklarından faydalanılması gerekmektedir.

Yolcu ve yük taşımacılığı sektörlerinde dekarbonizasyon hedeflerinin tutturulabilmesi için biyoyakıt kullanımlarının artırılması ve 2050 yılı net-karbon nötr hedef senaryosu çerçevesinde biyoyakıt kullanımının taşımacılık sektöründe 2030 yılına kadar %64'lük kullanım seviyelerine gelmesi gerekmektedir (IEA, Liquid biofuel production, 2020, and in the Net Zero Scenario, 2030, 2021). Ancak güncel durumda maalesef biyoyakıtlar taşımacılık sektörünün sadece %3'lük bölümünü karşılamakta olup, atılacak acil adımlar ve politika değişiklikleri ile birlikte ivmelenme beklenmektedir. Yine COVID-19 pandemi koşulları sebebiyle hammadde tedariklerindeki zorluklar sera gazı salınım azaltımı ve biyoyakıt kullanımı konularındaki politika değişikliklerini yavaşlatsa da, normalleşme süreçleri ile birlikte tekrar hız kazanması beklenmektedir. Esasen, Avrupa, Kuzey Amerika ve bir çok Asya ülkesi biyoyakıt kullanımını hızlandıracak adımları atmaya başlamıştır [129]. Bu kapsamda belirli örnekler şu şekildedir:

Avrupa (Fit for 55 programı): Uygulamaya alınan Fit for 55 programı 2030 yılına kadar taşımacılık sektörü kaynaklı sera gazı salımlarında %14'lük bir azaltım hedeflemektedir. Avrupa Komisyonu bu plan çerçevesinde 2030 yılına kadar taşımacılık sektöründe biyoyakıt kullanımının %28 seviyelerine çekilmesini ve ileri düzey biyoyakıt (3. ve 4. nesil) kullanımının asgari %2.2 olmasını hedeflemektedir.

Kuzey Amerika (ABD Yenilenebilir Yakıt Standartı ve Kanada Temiz Yakıt Standartı): ABD'de Çevre Koruma Ajansı tarafından sunulan Yenilenebilir Yakıt Standartının 2023 hedefleri doğrultusunda güncellenmesi beklenirken, Amerikan hükümeti tarafından 2030 yılına kadar 11 milyar litre sürdürülebilir havacılık yakıtı (SAF) kullanımının teşvik edecek programlar devreye alınmıştır.

Kanada'da ise Temiz Yakıt Standartı'nın 2022 yılında aktifleşmesi ile birlikte 2030 yılına kadar taşımacılık sektöründe biyoyakıt kullanımının iki katına çıkarılarak sera gazı emisyonlarının 2016 seviyesinin %13 altına çekilmesi hedeflenmektedir.

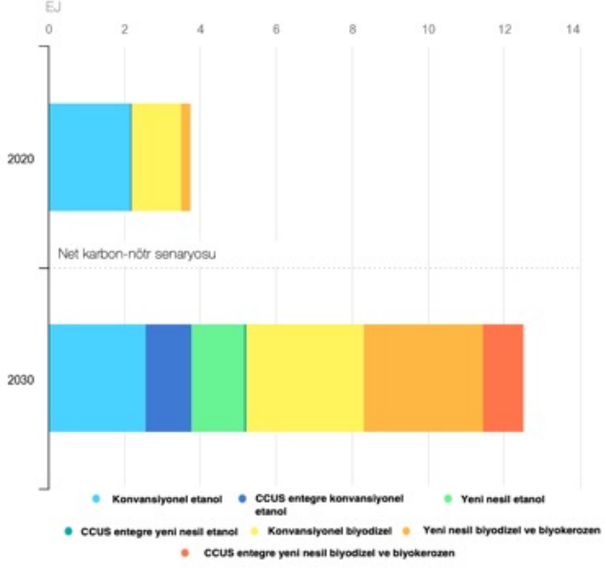
Asya: Asya'daki önemli ekonomilerden Hindistan, 2030 yılı için benzinde %20 oranında biyoetanol harmanlama hedefini 2025 yılına çekip, biyoetanol üretim kapasitesini iki katına çıkarmayı hedeflemektedir. Çin ise 14. beş yıllık kalkınma planı çerçevesinde biyoyakıt hedeflerini henüz yayınlamamış olmakla birlikte, Uluslararası Enerji Ajansı analizlerine göre sera gazı azaltımı çerçevesinde sıvı biyoyakıt kullanımını 2030 yılına kadar üç katına çıkarması gerekmektedir (IEA, Liquid biofuel production, 2020, and in the Net Zero Scenario, 2030, 2021).

Latin Amerika (RenovaBio): 2019 yılında yürürlüğe giren RenovaBio programı ile birlikte Brezilya sera gazı salımlarını azaltmayı hedeflemekte ve ulusal biyoetanol kullanım oranlarını 2030 yılına kadar %25-50 oranlarında artırmayı planlamaktadır.

Biyoyakıt arz-talep dengesinin oturması ve sırasıyla 2030 ve 2050 hedeflerinin tutturulabilmesi için ülkelerin uygun politika çerçeveleri ile yönetmelik düzenlemeleri, düşük karbon zorunlulukları, biyoyakıt vergi istisnaları, karbon vergilendirmeleri gibi farklı araçlar ile sektörü teşvik etmesi gerekmektedir. Özellikle sürdürülebilirlik hedefleri çerçevesinde ölçeklendirilebilir, sosyal, ekonomik ve çevresel anlamda üst düzey fayda sağlayabilecek, yaşam döngü analizleri ile konfirme edilmiş sera gazı salımlarını azaltabilecek teknolojilerin desteklenmesi gerekmektedir.

Biyoyakıtlarda Hammadde Tedariği.

Biyoyakıt hammadde tedariği konusunda dünyada Net Sıfır Senaryosu (NZS) çerçevesinde özellikle gıda tohumlarıyla rekabet etmeyen (tarıma uygun olmayan arazilerde yetiştirilen kaynaklar gibi), atıklardan, mikroyosunlardan faydalanılması ve bu kaynaklardan elde edilecek biyoyakıtların 2020'de tahmini %7 olan kullanım oranlarının 2030'da %45'ini oluşturması beklenmektedir. Güncel durumda atık yemeklik ve atık hayvansal yağlar, biyoyakıt üretimi için gıda dışı hammadde stoklarının çoğunu sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu hammaddelerin üretimi ve toparlanmalarının sınırlı olduğu göz önüne alındığında, biyoyakıt üretimini genişletmek için gıda tohumu olmayan yeni teknolojilerin ticarileştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, tarımsal üretim ve ormancılık atıklarından gelen selülozik etanol ve biyokütleden sıvıya dönüştürme teknolojilerine dayanan 2. nesil biyoyakıtlar ile karbon yakalama ve değerlendirme sistemleri (CCUS) ile entegre olabilen mikroyosun (siyanobakteriler dahil) tabanlı 3. nesil biyoyakıtların ulaşım sektöründe kullanılmak üzere düşük karbonlu hammadde kaynakları olarak taşımacılık sektöründe kullanımı gerekmektedir. Ortalama üretim maliyeti hala fosil yakıtlara göre iki-üç kat seviyelerinde olsa da, önümüzdeki on yılda %25-30 seviyelerinde düşmeleri beklenmektedir. Özellikle gen mühendisliği ve gelişen moleküler tekniklerle birlikte mikroyosun, siyanobakteri, mantar, vb. mikroorganizmalardan elde edilecek 4. nesil biyoyakıtların orta vadede başta denizcilik ve havacılık sektörleri olmak üzere yük ve insan taşımacılığında kullanılan fosil tabanlı yakıtların yerini alması beklenmektedir, (Şekil 43).



Şekil 43. *Güncel Ve Net Karbon-Nötr Senaryosunda 2030 Yılı Biyoyakıt Kullanımları (IEA, Liquid biofuel production, 2020, and in the Net Zero Scenario, 2030, 2021)*

Biyoyakıt Kullanımları.

Biyoyakıt kullanımı konusunda tüm Dünya'da özellikle 'drop in' olarak tabir edilen akaryakıt pompa satışına uygun, mevcut altyapılar ile lojistik sistemlere entegre olabilecek sıvı yakıtların üretimi gündemde olup, biyo-etanol standart benzinli araçlarda %10-15 oranında, "flex-fuel vehicle" olarak adlandırılan ve yakıt sistemleri etanolün çözücü özellikleri dayananıklı araçlarda ise %85 oranında harmanlanarak kullanılmaktadır. Benzer şekilde 2000 yılı ve sonrası üretilen dizel motorlarda herhangi bir modifikasyon gerektirmeden biyo-dizel %7-20 aralığında petrol dizeli ile harmanlanarak kullanılmaktadır. %100 biyo-dizel ile çalışan traktör, kamyon vb. ağır iş araçları ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Benzer şekilde havacılık sektöründe sürdürülebilir havacılık yakıtı (SAF) olarak tabir edilen ve biyolojik kaynaklardan elde edilen biyokerozen uluslararası standartlarda belirtilen spesifikasyonlara (ASTM D7566) uygun olarak petrol tabanlı Jet-A1 ile %50 oranlarına kadar harmanlanarak (harmanlama sonrası ASTM D1655 standartı gözetilmek kaydıyla) kullanılmaya başlanmıştır.

Türkiye'de Mevcut Durum.

Türkiye'nin enerji portfolyosunun yüksek oranda ithal fosil yakıtlara dayalı olması, sahip olduğumuz yenilenebilir enerji çeşitliliğimizden şu ana kadar istenen düzeyde faydalanılamaması ve enerji tasarrufu için önemli düzeyde fırsatların mevcudiyeti, enerji geleceğimizde bir değişim sağlanması için Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerini önemini yansıtmaktadır. 2020 yılı verilerine göre yıllık toplam 32.57 milyon ton ham petrol arzının 29.37 milyon tonluk kısmı ithalat yoluyla karşılanmaktadır, (EPDK, 2021b).

Rafinerizasyon işlemleri sonrası iç piyasaya arz edilen yakıtların %86'lık büyük kısmı 22.6 milyon tonluk hacmi ile dizel olup, benzin kullanmı ise 2020 yılında 2.34 milyon ton olarak gerçekleşmiştir, (Tablo 5). COVID-19 pandemisi sebebiyle özellikle havacılık yakıtlar sektöründe %40 daralma yaşanmış olup 2020 yılı satış miktarları yaklaşık 700 bin ton seviyesinde kalmıştır.

Tablo 5. 2019 ve 2020 yılı Yurtiçi Toplam Rafineri Ürün Satış Miktarları (EPDK, 2021b)

Ürün Türü	**2019**		**2020**	
	Miktar (Ton)	Pay (%)	Miktar (Ton)	Pay (%)
Benzin Türleri	2.399.341,118	8,97	2.339.549,109	8,87
Motorin Türleri	22.535.057,252	84,28	22.657.543,776	85,91
Fuel Oil Türleri	348.440,139	1,30	299.669,349	1,14
Havacılık Yakıtları	1.176.047,987	4,40	699.482,107	2,65
Denizcilik Yakıtları	40.298,560	0,15	41.825,743	0,16
Gazyağı	2.383,820	0,01	2.100,479	0,01
Diğer Ürünler	236.181,019	0,88	332.117,283	1,26
Toplam	26.737.749,895	100	26.372.287,845	100

Türkiye'nin mevcut büyüme potansiyeli göz önünde bulundurularak ham petrol ve yakıt üretimindeki dışa bağımlılığın azaltılmasına yönelik EPDK, benzin ve motorin türlerine yerli üretim etanol ve biyodizel harmanlaması konusunda kanun düzenlenmesi yapmış ve resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe sokmuştur. Böylelikle Türkiye'de biyoyakıtların petrol türevli yakıtlar ile kullanımı 2018 yılında 30098 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren yönetmelik itibariyle başlamış olup benzinde %3 oranında biyoetanol, dizel ise %0.5 oranında biyodizel ile harmanlanmaktadır. Dünyada biyoyakıt kullanım oranları olan biyoetanolde %10-15, biyodizelde ise %7-20'lik harmanlama Tablo 5'de sunulan satış miktarları nezdinde arz dengesizliği yarattığından biyoyakıt kullanım oranları mevcut durumda düşük kalmaktadır.

Türkiye'de özellikle dizel tüketiminin yüksek olduğu gözönünde bulundurulduğunda biyodizel üretiminde yüksek oranlarda yağ biriktirme kapasitesine sahip biyokütle kaynaklarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Dünyada ağırlıklı olarak çoğunlukla soya fasulyesi ve palmiye tercih edilmektedir (Tablo 6). Bu bitkilerin dışında atık kızartma yağları da değerlendirilerek alternatif biyodizel üretim yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Tablo 6. Biyodizel Üretiminde Tercih Edilen Yaygın Enerji Bitkilerinin Ortalama Verimlerinin Mikroyosunlar İle Karşılaştırılması (US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Biomass Program, 2010)

Biyokütle cinsi	Biyodizel üretim verimi (ton/km2)
Soya fasulyesi	38
Kolza tohumu	100
Jatropha bitkisi	159
Palmiye	501
Mikroyosun	947-7888*

**Kullanılan mikroyosun türüne bağlı olmak üzere*

Özellikle son yıllarda ise geniş tarım alanları gerektirmeden sınırlı kaynaklarla kısa zamanda üretilebilen mikroyosunlar Türkiye'de biyodizel üretiminde ivme kazanmıştır. Yeni nesil (3. ve 4.) enerji organizmaları olarak değerlendirilen mikroyosunlar, soya fasulyesi ve diğer enerji bitkileri ile karşılaştırıldığında fotosentetik verimlilik açısından (ışık ve karbondioksit özümsenmesinde) avantaj göstermekte ve tipik bir bitkinin 3-8 aylık büyüme süresine karşılık 2-3 haftalık bir süreçte biyodizel üretimi için yeterli oranlarda yağ biriktirebilmektedir (Tablo 6). Bu üstün özelliklerinin yanında tuzlu suda büyüyebilen ve yine yüksek oranda yağ sentezleme kapasitesine sahip mikroyosun türleri diğer bitki türleri gibi sulama gerektirmediğinden taze su kaynaklarının korunması açısından ayrıca avantaj sağlamaktadır. Tüm bu avantajlarının yanında mikroyosun kullanılarak biyodizel elde edilmesinin yaygınlaşmasında ülkemizde sınırlı miktarda ilerleme kaydedilmiştir. Özellikle üretim maliyetlerinin petrol bazlı motorin ile karşılaştırıldığında yüksek olması mikroyosun tabanlı biyoyakıt teknolojilerinin önündeki en büyük engeldir. Bunun yanında mikroyosunlar ökaryotik organizmalar olmaları dolayısıyla karmaşık hücre yapısına sahip olup, metabolik ve genetik sistemlerine yönelik çalışmalar oldukça yavaş ilerlemektedir.

Mikroyosun tabanlı biyodizel ve bio-jet yakıtı teknolojilerinin önündeki en büyük engel üretim maliyetlerine bağlı ekonomik rekabet düzeyinin yetersiz olmasıdır. Bu temel sorun karşısında birim hacim bazında mikroyosun biyokütlesinin ve hücre içinde depolanan yağ miktarının arttırılması ve biyorafineri modellerinin geliştirilmesi stratejik bir çözüm önerisi olarak görülmektedir. Bu bağlamda, özellikle yenilenebilir enerji destekli, karbon yakalama ve değerlendirme sistemleri (CCUS) içeren, çoklu değer zinciri yaratabilecek biyorafinerilerde optimize edilmiş fotobiyoreaktör (FBR) ve kültür büyütme koşullarına

maruz bırakılan mikroyosunların moleküler tekniklerle iyileştirilerek fotosentetik üretkenliklerinin ve yağ birikiminin maksimize edildiği koşulların oluşturulması sağlanmalıdır.

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

Türkiye'de TÜBİTAK Katip Çelebi-Newton Fund programı kapsamında İngiltere (Cambridge Üniversitesi) ortaklığında iki adet biyoyakıt odaklı proje tamamlanmıştır ("First recipients of prestigious Newton Advanced Fellowships announced | Royal Society", 2022; "Boğaziçi University - Cambridge University partnership for a future focused on bioeconomy", 2022). Avrupa Enerji Araştırma Topluluğu (EERA)'nın biyoenerji alt grubuna TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Boğaziçi Üniversitesi ve Ege Üniversitesi Biyokütle Enerji Sistemleri ve Teknolojileri Merkezi tam üyedir (Bioenergy, 2022).

Biyoyakıtların Türkiye'de kullanımı için kritik öneme sahip biyorafineri modelleri son dönem Avrupa Birliği programlarında ve Ufuk Avrupa proje çağrılarında önemli yer bulmaktadır. Türkiye'de Boğaziçi Üniversitesi, mikroyosun hammadesinin biyoyakıt ve diğer katma değerli ürünlerin elde edilmesi için ilk biyorafineriyi 2021 yılı itibariyle kurmuştur (Independent, 2022). Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti mali işbirliği çerçevesinde finanse edilen ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yürütülen Rekabetçi Sektörler Programı kapsamında inşa edilen biyorafineri rüzgar enerjisi destekli olarak çalışmakta olup, fotosentez koşulları altında karbon dioksit destekli büyüyen mikroyosun hammadesi üretimi ile Avrupa'nın ilk karbon-negatif biyorafinerisine Türkiye'de ev sahipliği yapmaktadır. Toplam 11 adet ürün endüstriyel geliştirilmekte olup biyonerji sektöründe biyo-jet yakıtı, biyodizel, biyohidrojen, biyometan ve biyoetanol bulunmaktadır. Biyorafineriler, biyoyakıtların petrol türevli fosil yakıtlara kıyasla ekonomik uygulanabilirliğini artırabilecek önemli stratejilerden biri olarak önümüzdeki 20-30 yıllık süreç için yüksek önem taşımaktadır. Mikroyosun biyokütle kaynakları dışında özellikle selülozik etanol üretilebilecek hammadde girdileri işleyen biyorafineriler (tarımsal atıklar, orman atıkları, gibi) kurulmaya ve işletilmeye devam etmekte olup Sustainable Aviation Fuel (SAF) üretimi yapan biyorafineriler yakın dönem içinde kurulmaya başlanacaktır.

Türkiye'nin ham petrol ithalatının yüksek olması, özellikle ağır iş sınıfındaki araçlarda (tır, kamyon, otobüs, gemi gibi) yüksek dizel kullanım oranları (yıllık 25 milyon ton civarı), Türkiye'de sıvı biyoyakıt kullanımının bir müddet daha devam edeceğini göstermektedir. Araçların ticari ömür süreleri ve elektrik araç sektörünün ağır motorlara dönüşümünün gerçekleşme süreleri gözönünde bulundurulduğunda Türkiye 15-20 yıllık bir dönem için biyoyakıt ihtiyacı bulunmaktadır. Türk Hava Yolları biyo-jet yakıtı kullanımına 2022 içinde başlayacak olup, Uluslararası Hava Taşımacıları Derneği (IATA) zorunlulukları gereği 2030 ve 2050 yılları için biyo-jet yakıtı harmanlama oranları artırılacaktır. Yenilebilir enerji alanında yakaladığımız ivmenin biyoyakıtlar ile birlite artarak devam edebilmesi, Ar-Ge ve yenilik yoluyla bir dönüşümün sağlanabilmesinin ve kendi enerji kaynaklarımızın değerlendirilmesi için yerli biyokütle kaynaklarından biyoyakıt üretebilen bir konuma gelinmesinin önemine işaret etmektedir. Dünya örneklerine bakıldığında, çeşitli ülkelerin biyoyakıt geleceklerinde Ar-Ge ve yenilik eksenli bir dönüşüm gerçekleştirebildiğini veya gerçekleştirmekte olduğunu görmek mümkündür. Bu örneklerin ortak noktaları arasında stratejik çerçevenin iyi çizilmiş olması ve heves verici hedeflerin belirlenmesi yer almaktadır. Bu çerçevede, Türkiye'de 2023 hedeflerimiz ile bütünleşmiş, bu hedeflerin gerçekleştirme yolunu Ar-Ge ve yenilik ile çizen ve enerji teknolojileri alanında gerçekleştirilebilecek atılımlarla bu hedeflerin ötesine geçmeyi teşvik eden bir stratejinin hayat bulmasına yönelik platform yapıların, kamu-üniversite-sanayi-STK iş birliğini kurabilen Ar-Ge merkezlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda, biyoyakıt alanında oluşturulacak ulusal Ar-Ge ve yenilik stratejisinin önemini bir kez daha vurgulanmaktadır. Ülkemizin strateji ve politika belgelerinde özellikle taşımacılık sektöründe dekarbonizasyon ve biyoyakıt arz güvenliğinin sağlanması, dolayısıyla biyokütle kaynaklarında çeşitliliğin sağlanması en önemli hedef olarak ön plana çıkmaktadır. Bu hedef doğrultusunda yerli üretim koşullarına uygun hammadde tedariğinin sağlanması son derece önemlidir.

Bu kapsamda, Türkiye özelinde referans noktası niteliğinde sırasıyla pilot tesisler, uygulayıcılar ve ardından referans noktası niteliğinde biyoenerji çevrim teknolojilerinin biyokütle kaynaklarından geniş çaplı ve sürdürülebilir şekilde yararlanmasını hızlandırmak gerekmektedir. Bu amaçla kurulacak olan biyorafineriler, biyokütleden sürdürülebilir bir şekilde ileri düzey biyoyakıt ve yüksek verimli ısı ve güç üretimi için esnek termo-kimyasal ve biyo-kimyasal yöntemlerle en elverişli teknolojilerin ve değer zincirlerin ticari açıdan en iyileşmesini sağlarken, biyokütle hammadde kullanılırlığının değerlendirilmesi, üretilmesi, yönetilmesi ve hasat edilmesine yönelik faaliyetlere katkıda bulunacak ve Türkiye'nin biyoyakıt sanayisini desteklemek amacıyla uzun vadeli Ar-Ge ve uygulama çalışmaları geliştirilecektir.

2.8. Enerji Sistemleri

Günümüzde kullanımı gittikçe yaygınlaşan yenilenebilir enerji kaynaklarının belirsiz üretim karateristiği ile enerjiye duyulan ihtiyacın artması, bu kaynakların verimli ve sürdürülebilir kullanımını bir zorunluluk haline getirmiştir. Örneğin Almanya ve Danimarka gibi ülkelerin, ihtiyaçlarının çok üstünde rüzgar enerjisine dayalı üretim yaptıkları zaman dilimlerinin olduğu bilinmektedir. Bu durum tam tersi de geçtiğimiz yıl A.B.D. Teksas'da yaşanmış, ihtiyaç duyulmasına rağmen buzlanma sebebiyle rüzgar enerjisinden elektrik üretilememiştir. Bu iki uç durum da şebeke işletmecilerinin güvenilir arz sağlamaları açısından büyük problemelere sebebp olmaktadır. Üstelik artan güç elektroniği temelli sistemler işletmesel karar süreçlerinin geçmişe nazaran çok daha hızlı bir şekilde tamamlanması gereğini doğurmaktadır. Bu zorunluluk 'akıllı şebeke' anlayışının doğmasına sebep olmuştur. Bu kapsamda ülkemizde ve dünyada başta yenilenebilir enerji kaynaklarının izlenmesi ve buna dayalı tahminleme sistemlerinin geliştiirlmesi olmak üzere, enerji ağlarının dayanıklılığını ve güvenilirliğini arttırmak üzere çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Akıllı enerji yönetimi başlangıçta son kullanıcı seviyesine odaklanmış olsa da yıllar içinde bütüncül yaklaşımların önemi ortaya çıkmıştır. Elektrik şebekesi özelinde 10 yıl önce dağıtım şebekesine ve müşterilere odakalanan çalışmalar bugün iletim ve dağıtım sistemlerini ısı enerjisi, ulaşım ve su dağıtım sistemleriyle birlikte ele alır hale gelmiştir. Bunun en büyük sebebi bu sistemlerin hepsinin ortak paydasının insan olmasıdır. Dolayısıyla geçmişteki fiziksel bileşen bazlı teknik bakış açısı yerini sosyal-fiziksel-siber sistem anlayışına bırakmıştır. Bu anlayış akıllı şehirler anlayışının doğmasına da vesile olmuştur.

Enerji ihtiyacı duyan, enerji üreten ve enerjiyi depolayan sistemlerin bir uyum içinde enerji arzını güvenilir hale getirerek durum farkındalığını arttıran ve karar desteği sağlayan enerji yönetim sistemleri bütün dünyada çalışılan bir konudur. Problemin stratejik öneminin yanında teknik zorlukları (siber güvenlik, büyük veri, veri anlitiği, vb.) konuya olan ilginin başlıca sebeplerindendir.

Enerji sistemleri, neredeyse gerçek zamanlı çalışan karar destek ve kontrol sistemlerinin yanı sıra, bu kararların gerçleşmesini sağlayabilecek, enerji arzının güvenilirliğini arttıracak yeni saha birimlerine de ihtiyaç vardır. Örneğin mikroşebekelerin kesintisiz bir şekilde ana şebekeye bağlanıp ayrılabilmeleri için gerekli donanımlar halen standartlaşmamıştır.

Günümüz ihtiyaçlarını karşılayacak enerji yönetim sistemleri ile donanımlarının geliştirilmesi dünyada da hem akademik hem endüstriyel anlamda devam etmektedir. Birçok firma ve araştırma merkezi tek odaklı çözümler sunmaktadır, fakat bu çözümler günümüzün başlıca problemi olan sürdürülebilirlik sorununa çözüm bulamamaktadır. Bu sorunun temel çözümü bütün faktörlerin beraber ele alınmasıyla elde edilebilir.

Kısacası sistemlerin sistemi anlayışı günümüzde sistem-merkezli yaklaşımın yerini almaktadır. Bu durum halşen kullanılan enerji izleme ve yönetim sistemlerinin güncellemesi gereğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda hem enerjinin iyi kullanılabilmesi için sahada şebekelerin güncellenmesi (donanımsal anlamda) hem de merkezde işletmeciye hem de müşterilere destek olacak enerji yönetim sistemlerinin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de Önde Gelen Üniversiteler ve Araştırma Merkezleri.

Bu konudaki çalışmalar birçok üniversitede ve merkezde devam etmektedir. Bunlardan birkaçı

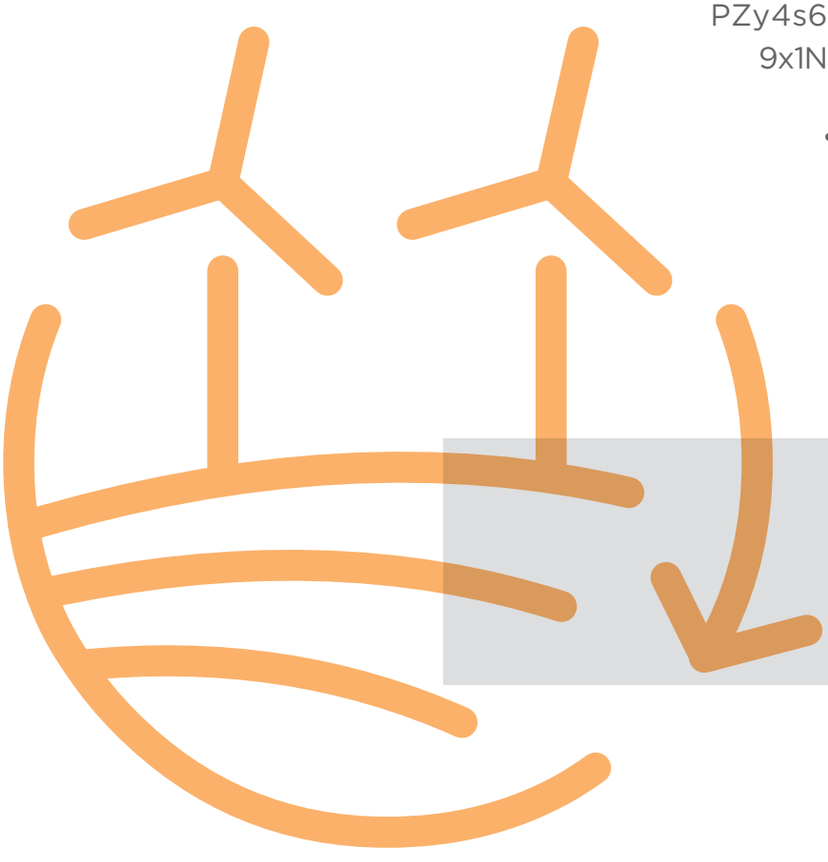
- EPRI (https://www.epri.com),
- EnergyVille (https://www.energyville.be/en),
- DTU-PowerLab (https://www.powerlab.dk),
- CURENT (https://curent.utk.edu),
- Oak Ridge National Laboratory (https://www.ornl.gov),
- Pacific Northwest National Laboratory (https://www.pnnl.gov),
- Lawrence Livermore National Laboratory (https://www.llnl.gov),
- EPFL(İsviçre),
- ETH (İsviçre),
- Politechinco di Torino (İtalya),
- KU Leuven (Belçika),

- Univeristy of Manchester (İngiltere),
- Texas A&M (A.B.D.),
- Technical University of Denmark (Danimarka),
- İTÜ,
- ODTÜ, vb.

Yenilenebilir enerji başta olmak üzere karbonsuz enerji kaynakları üzerine çalışan hemen her merkez ve üniversitede enerji sistemleri yönetimi konusunda da çalışmalar yapılmaktadır.

Bu alanda çalışmakta olan başlıca şirketler:

- GE(https://www.ge.com/digital/applications/transmission/advanced-energy-management-system-aems?utm_medium=Paid-Search&utm_source=Google&utm_campaign=Grid-AEMS-ALL-MOF-GLOB-Search-Q42021&utm_content=smart%20energy%20management%20system&gclid=Cj0KCQiApL2QBhC8ARIsAGMm-KFEphM7V_PZy4s6PciBtbA6zg5xnzDWj8-bB2o17NuGJF-9x1Na6YMaAvAiEALw_wcB)
- Siemens (https://new.siemens.com/global/en/products/energy/topics/smart-grid.html)
- Tesla (https://www.tesla.com/support/energy/tesla-software)



Dünya'daki ve Türkiye'deki Akademik Birikim ve Yayın Hacmi.

Web of Science taramasına göre 36729 yayın "smart grid" anahtar sözcüklerini kullanmıştır. Bunlardan 599 tanesi Türkiye'dendir.

IEEE veri tabanında (ieeexplore.ieee.org) "smart grid" ifadesi aratıldığında 9667 makale ve 37711 bildiri sonucu çıkmaktadır. Ayrıca sadece bu anlayışın ele alındaığı IEEE Transactions on Smart Grid isimli bir dergi ve Innovative Smart Grid Technologies isimli bir konferans serisi bulunmaktadır.

YÖK Akademik veri sitesinde (https://akademik.yok.gov.tr/) "akılllı şebeke (smart grid)" ifadesi aratıldığında, 1 patent, 74 proje, 312 bildiri, 259 makale, 19 kitap, 94 tez bulunmaktadır.

MDPI tarafından Akıllı Şebekeler için Akıllı Enerji Yönetimi isimli bir özel sayı çıkarmıştır (https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/Smart_Grids).

ÖNEMLİ: Bu alandaki çalışmalar hesapsal yöntemler, SCADA, durum kestirimi, siber güvenlik, büyük veri, güç sistemleri, enerji sistemleri, güç elektroniği gibi anahtar kelimeleri de kapsamaktadır. Fakat bu anahtar kelimeler konuyla ilgisiz yayınları da içerdiğinden bu istatistikler verilmemiştir.

Dünyadaki ve Türkiye'deki Teknolojik Birikim ve Fikri Mülkiyet Havuzu.

Dünyada bu konuda bir prototip çalışması olabilecek başlıca örnek DTU tarafında Danimarka Hükümetiyle yürütülen projedir (https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/139062795/WJET_2017101016173894.pdf). Proje kapsamında rüzgar ile üretilen fazla elektriğin ısıya çevrilmesi ve ısınma amacıyla kullanılması hedeflenmektedir.

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri

- RİTM
- Milli Güç Kalitesi Projesi
- TÜBİTAK-QNRF ortak çağrıları

- EPDK Ar-Ge Fonu'yla Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Yol Haritası (https://www.akillisebekelerturkiye.org)
- Milli Akıllı Sayaç Sistemleri Projesi
- TÜBİTAK tarafında geçmiş yıllarda akıllı şebekeler konusunda bir 1003 çağrısı yapılmıştır.
- Ayrıca konuda birçok 1001 projesi halen devam etmektedir.

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Küresel ve Ülkemize Yönelik Öngörüler.

1. Yenilebilir enerji sistemlerinin yaygınlaşması sebebiyle dağıtım sistemlerinde izleme ihtiyacı artmıştır. Başta akıllı sayaçlar olmak üzere alçak gerilim ve orta gerilim şebekelrini izlemek için kullanılacak düşük maliyetli ölçüm/izleme cihazlarına talebin kısa vadede artması olasıdır.

2. Verimli enerji kullanımı doğrultusunda, karbonsuz enerji üretim birimlerinin, enerji depolama sistemlerinin ve elektrikli araçların sayısının artması beklenmektedir. Bu bağlamda öncelikle hane/ev seviyesinde sonrasında da şebeke işletmecilerince bu bileşenlerin efektif kullanımını sağlayacak durum farkındalığı ve karar destek sistemleri geliştirilecektir.

3. Şebekede enerji arz güvenilirliğini arttıramak üzere mikro-şebeke yapıları yaygınlaşacak, bu sistemler için özel donanım ve yazılım geliştirlmesi söz konusu olacaktır.

4. Farklı enerji ve kaynak şebekeleri/sistemleri birbiri ile etkileşim halindedir. Bu etkileşimi ele alan, enerji verimini ve sürdürülebilirliğini maksimize edecek sistemlerin sistemi anlayışına sahip kontol/izleme yapıları ve bunları gerçeleştirebilecek saha ekipmanları geliştirilecektir.

5. Artan sistem boyutu ve veri miktarı ile çeşitliliği büyük veri analizini gerekli hale getirecek, siber güvenlik konusunda çalışmalara sebep olacaktır.

IEA, IPCC, OECD, Avrupa Birliği Çalışmalarında/Yayınlarında/Raporlarında İlgili Teknolojiye veya Uygulamaya Yapılan Atıflar.

Yeşil Mutabakatta konuyla ilgili maddeler:

- Başta Rüzgar, Güneş ve Jeotermal Olmak Üzere Temiz, Yerli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Mevcut Enerji Sistemleri ile Entegrasyonunlarının Sağlanmasına ve Bu Sayede Sera Gazı Emisyonlarının Azaltımına Yönelik Uygulamalar

- Elektrikli ve Hibrit Araç Teknolojileri ile Şarj Ekosistemi ve Araç Alt Yapısının Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar

Ayrıca Avrupa Birliği Horizon Europe Programı dokümanı 8. Paketinde İklim, Enerji ve Hareketlilik kavramlarını beraber ele alarak sistemelerin sistemi anlyışının önemini göstermiştir (European Commission, 2021).

Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

Bu konudaki önemli ve bir bakıma açıklayıcı projelerden biri Danimarka'da DTU önderliğinde yapılmakta olan, rüzgar enerjisi entegrasyonunu arttırmayı amaçlayan projedir (Zong & ark., 2017). Danimarka 2050 yılına kadar fosil yakıt ihtiyacını sıfıra indirmeyi hedeflemekte. Elektrik ve ısıtma sektörlerinde bu hedefe daha önce erişilmesi planlanmakta. Bu amaca erişmek için de elindeki enerji kaynaklarını verimli bir şekilde kullnamsı gerekli. Bu bağlamda, proje kapsamında yenilenebilir kaynaklar ve biyo kütleyle elde edilen elektrik enerjisinin depolanması, elektrik olarak kullanılması ve binalarda kullanılmak üzere ısıya dönüştürülmesi hedeflenmekte. Proje kapsamında hem bu süreçleri koordine edecek enerji yönetim sistemi geliştirilecek hem de enerji çevrimini sağlayacak sistemlerin geliştirilmesi tamamlanacaktır.

İzleme sistemlerinin önemine vurgu yapan bir başka büyük çaplı proje ise A.B.D. Enerji Bakanlığınca fonlanmış olan Senkrofazör Teknolojisinin İlerletilmesi Projesidir (US Department of Energy, 2016). Bu proje kapsamında gerçek zamanlı izlemeye olanak sağlayan senkfazör teknolojisi çalışılmış, izleme sistemleri, büyük veri, siber güvenlik ve saha yerleşimi başta olmak üzere çeşitli alt başlıklar ele alınmıştır. Proje 2016 yılında tamamlansa da kapsamın iletim sistemiyle limtlenmiş olması halen bu konuda eksiklerin olmasına sebep vermiştir. Ayrıca Horizon Programı dışında da bu alana özelleşmiş proje fonları mevcuttur (https://eurogia.eu). Horizon kapsamında ülkemizde birçok proje yürütülmüştür.

2.9. Yaklışık Sıfır Enerjili Bina Teknolojileri

Yüksek kentleşme hızı, artan nüfus, yükselen iç mekan konfor beklentileri, kapalı mekanlara artan talep ve hane başına düşen kişi sayısının azalması, artan elektrikli cihaz kullanımı gibi faktörler, binalara olan ihtiyacın ve bina enerji tüketiminin artmasına sebep olmaktadır. Küresel olarak bina sektörünün enerji tüketimindeki payı % 30, elektrik tüketimindeki payı % 50, karbon salımlarını % 30'dur. Ayrıca binalarda iklimlendirme (ısıtma ve soğutma) için kullanılan enerjinin toplam tüketimdeki payı %70-80 civarındadır. Binalar insan kaynaklı CO_2 salımlarında yüksek yüzdeye sahip olmaları ve önemli enerji tasarrufu potansiyeli barındırmaları nedeniyle iklim değişikliği azaltımında yüksek öncelikli alanlar arasındadır. İklim değişikliği kaynaklı aşırı hava olayları, binalara enerji tedariğinde aksamalara sebep olarak temel enerji ihtiyaçlarına erişimi engellemekte, ayrıca artan enerji fiyatları enerji yoksulluğuna ve özellikle düşük gelirli hane halklarının olumsuz etkilenmesine sebep olmaktadır.

Türkiye'de şu anda 9.3 milyon bina bulunmaktadır, ve bunlardan 1.3 milyon tanesi 2001-2015 arasında yapılmıştır. Yani Türkiye'deki mevcut bina stoğu yaşlıdır ve şu anda geçerli olan bina standartlarından önce yapıldığı için enerjiyi verimli kullanmamaktadır. Toplam bina sayısının %86'sı konut binasıdır. Türkiye'nin 2018 doğalgaz tüketiminin ¼'ü ve elektrik tüketiminin %23'ü konutlarda gerçekleşmektedir. ABD'de ise bina sektörü, elektrik kullanımının yaklaşık %76'sını ve tüm ABD birincil enerji kullanımının ve ilgili sera gazı (GHG) emisyonlarının %40'ını oluşturmaktadır. AB'de ise binalarda (konut ve konut dışı) enerji kullanımının %36'sını gaz enerjisi oluşturur. Isıtmaya harcanan enerji %68'dir; daha ılıman iklime sahip Akdeniz ülkeleri dışında ısıtmaya harcanan enerji, bina toplam enerji tüketiminin %60-80'ini oluşturmaktadır. Avrupa'da mevcut bina stoğu oldukça yaşlı, ve yeni binaların mevcut eski binalara oranı oldukça düşüktür.

Bina enerji kullanımının ve sera gazı salımlarının azaltılmasına yönelik faaliyetlerin orta ve uzun vadede iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir etkisinin olacağı konusunda geniş bir fikir birliği vardır. Bina, iki farklı açıdan enerji arzı konusunda önemli rol oynamaktadırlar:

- Enerji verimliliği: Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin düşüşüne yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması. Bunun için hem pasif sistemler (yüksek performanslı malzemeler, mimari tasarım kriterleri, arazinin doğru kullanımı) hem de aktif sistemler (enerji verimli ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemleri)

önemli rol oynar.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının binalara etkin biçimde entegrasyonu: binaların sadece enerji tüketen değil, aynı zamanda kend, elektrik enerjisini üretebilen, bina elektrik enerji ihtiyacını üretilen bu enerjiden karşıladıktan sonra fazla enerjiyi (akıllı) şebekeye dinamik ve güvenli bir şekilde geri besleyebilen bir duruma gelmesidir. Şu anda Türkiye'de çatı üstü fotovoltaik kapasitesi kurulumu için 14,9 GW'lık teknik potansiyel görünmektedir.

Türkiye'de ise «İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023" kapsamında "2017 yılından itibaren yeni binaların yıllık enerji ihtiyacının en az %20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik", Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından hazırlanmış ve Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Buna göre 1 Ocak 2023'ten sonra inşa edilecek büyük binalarda (5000 m2'den büyük) bina enerji tüketiminin en az yüzde 5'inin güneş enerjisi paneli, rüzgar enerjisi, ısı pompası gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması zorunlu hale getirilmiştir. Ayrıca yine büyük binalarda Enerji Kimlik Belgesinde belirtilen enerji performans sınıfının en az B seviyesinde olması zorunluluğu getirilmiştir ve bina cephelerinde kullanılacak yalıtım kalınlığının artırılarak ısıtma enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir.

AB'nin Yeşil Mutabakat (Green Deal) çağrısındaki kategorilerden biri olan "Yenileme Dalgası" (Renovation Wave), binalarda enerji verimliliğinin artırılması, iklim değişikliğinin azaltılması ve binaların iklime uyumunu güçlendirecek aksiyonların hayata geçirilmesini gerektirir. AB Yenileme Dalgası girişimi, 35 milyon binanın enerji-nötr hale getirilmesi için yenilemesine fon sağlayacaktır. Türkiye'de ise binalarda enerji tasarruf potansiyelinin hayata geçirilmesi amacı ile "Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerinin Uygulanmasına İlişkin Tebliğ", 15 Nisan 2021 tarihinde yayınlanmıştır. Bu sözleşmeye göre bağımsız firmalar, binalarda enerji verimliliğini (EV) hayata geçirmek için proje geliştirmek ve finanse etmekle görevlidir ve uygulama sonucu oluşacak tasarruflarla yapılan harcamaların ödenmesi söz konusudur. Bu sayede bina enerji verimliliğini hayata geçirmek, kamudan özel sektöre transfer edilmektedir ve EV hizmetleri büyük bir pazar payına ulaşmaya başlamaktadır. Şu anda hala çok yeni ve küçük olan EV hizmetleri piyasasının, özellikle Paris Antlaşması'nın imzalanması sonrası büyümesi ve çok geniş ölçekte hem yeni hem de mevcut binaların enerji verimli hale getirilmesi için harekete geçmesi beklenmektedir.

Binalarda enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji entegrasyonu, dünyada ve Türkiye'de oldukça gündemde olan araştırma ve uygulama alanlarıdır. Bu konulardaki teknolojiler belirli bir ivme ile gelişmekte olmakla birlikte, farklı enerji verimli bina teknolojilerinin verimli ve sinerjetik çalışması, düşük maliyetli, tasarım esnekliği olan, yüksek performanslı, güvenilir ve estetik bina teknolojilerinin binalara özgü çözümler getirmesi, enerji tüketim / üretim dengesinin sağlanması ve akıllı grid ile entegre edilmesi, özellikle iklim değişikliği bağlamında yeni çözüm alanları açmayı gerektirmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de Önde Gelen Üniversiteler ve Araştırma Merkezleri.

Yaklaşık sıfır enerjili bina teknolojileri alanında AB, ABBD ve Türkiye'de çok farklı kuruluşlar ve araştırma merkezleri çalışmaktadır. Üniversitelerde ise bu alanlarda mimarlık, inşaat mühendisliği, makina mühendisliği bölümlerinde araştırma faaliyetleri, tüm dünyada devam etmektedir. Bu alanda çalışan başlıca kuruluşlar aşağıdaki gibidir:

Lawrence Berkeley National Laboratory - Environmental Energy Technologies Division: enerji teknolojilerinin iyileştirilmesine ve enerjiyle ilgili olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasına yol açan analiz, araştırma ve geliştirme gerçekleştirir.

Oak Ridge National Laboratory (ORNL) Buildings Technology Center (BTC): binaların

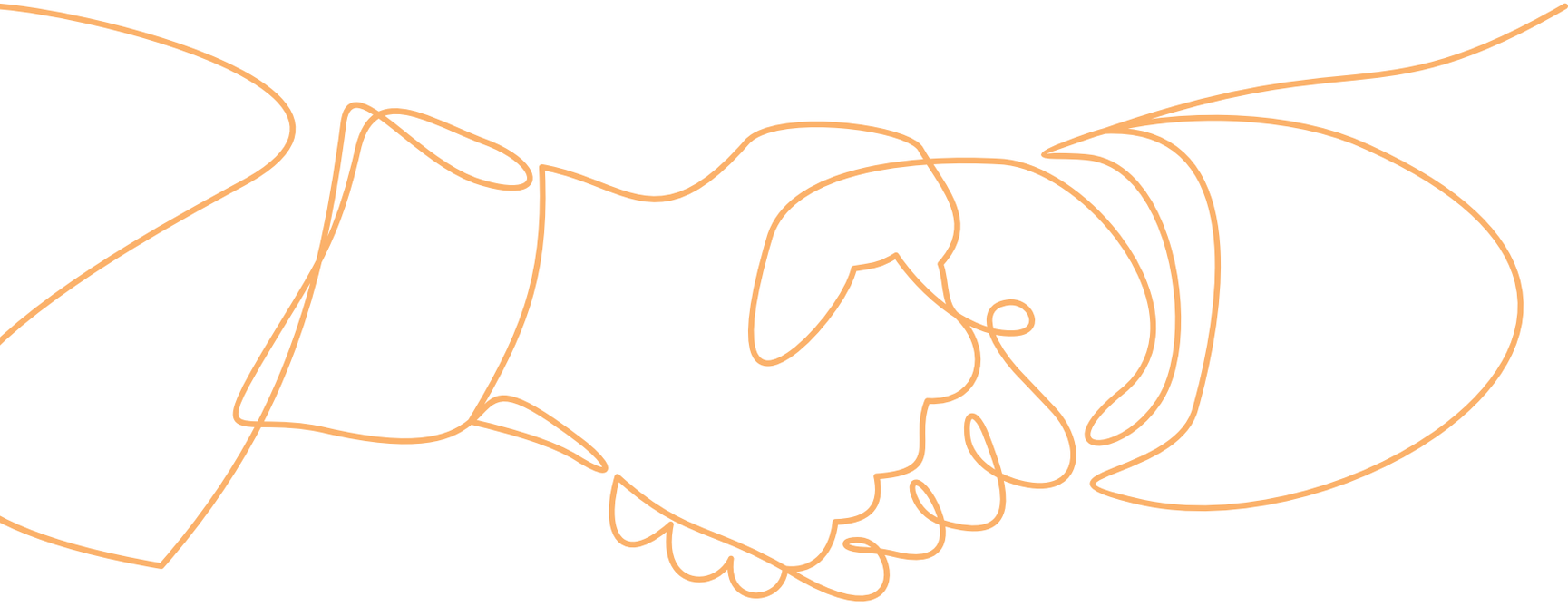
enerji verimliliğini ve çevresel uyumluluğunu iyileştiren teknolojilerin geliştirilmesini desteklemektedir.

National Renewable Energy Laboratory (NREL): yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, enerji sistemleri araştırma ve geliştirme konusunda uzmanlaşmıştır.

Pacific Northwest National Laboratory (PNNL): ülke binalarının enerji verimliliğini artıran çok disiplinli çözümler geliştirir. PNNL, DOE'nin enerji kodları ve standartları için önde gelen ulusal laboratuvardır.

Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO): Binalar dahil enerji verimliliği ve sıfır enerjili teknolojilerin geliştirilmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Diğer araştırma merkezleri aşağıda sıralanmıştır.

- Buildings Performance Institute Europe
- Fraunhaufer - Energy-Efficient Buildings
- Texas A&M University - Building Energy and HVAC&R Research Group
- Carnegie Mellon University - Building Performance & Diagnostics
- Georgia Institute of Technology - High Performance Building Lab
- TU Delft - Architectural Engineering + Technology
- ODTÜ
- İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü



Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

Enerji Performans Sözleşmeleri

Binalarda enerji tasarruf potansiyelinin hayata geçirilmesi amacı ile "Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerinin Uygulanmasına İlişkin Tebliğ", 15 Nisan 2021 tarihinde yayınlanmıştır. Bu sözleşmeye göre bağımsız firmalar, binalarda enerji verimliliğini (EV) hayata geçirmek için proje geliştirmek ve finanse etmekle görevlidir, ve uygulama sonucu oluşacak tasarruflarla yapılan harcamaların ödenmesi söz konusudur. Bu sayede bina enerji verimliliğini hayata geçirmek, kamudan özel sektöre transfer edilmektedir ve EV hizmetleri büyük bir pazar payına ulaşmaya başlamaktadır. Şu anda hala çok yeni ve küçük olan EV hizmetleri piyasasının, özellikle Paris Antlaşması'nın imzalanması sonrası büyümesi ve çok geniş ölçekte hem yeni hem de mevcut binaların enerji verimli hale getirilmesi için harekete geçmesi beklenmektedir.

Binalarda Enerji Performans (BEP) Yönetmeliği: 2009 yılında binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasına ve çevrenin korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemek amacı ile uygulamaya alınmıştır. Bina Enerji Kimlik Belgesi, "binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasını, enerji israfının önlenmesini ve çevrenin korunmasını sağlamak için asgari olarak binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, sera gazı salımı seviyesi, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren belgedir". Mevcut ve yeni binalarda enerji kimlik belgesi hazırlanmasına ve uygulanmasına ilişkin hesaplama metotlarına, standartlara, yöntemlere ve asgari performans kriterlerine ilişkin uygulamaları kapsamaktadır. BEP-TR yöntemi ile performansı belirlenmeyen binaların alım-satım ve işlemleri yapılmamaktadır ve bu sebeple hem ullanıcının farkındalığı artmakta, hem de kademeli olarak enerji harcamaları ve maliyetinin düşmesi planlanmaktadır.

Küresel ve Ülkemize Yönelik Öngörüler.

Binalarda daha güvenli, temiz ve esnek enerji sistemleri sunmak ve buna paralel enerji verimliliği politikalarının hayata geçirilmesi için dijital araçlardan giderek daha fazla yararlanılacağı öngörülmektedir.

Binalar gibi çok farklı teknoloji alanlarının bir araya geldiği binalarda, bina sistemlerini verimli ve sinerjetik entegrasyonu ve verinin etkili kullanımı kritik bir önem arz edecektir.

Yaklaşık sıfır enerjili binalar için özellikle dijital teknolojiler ile izleme, bina / sistem modelleme, simülasyon tabanlı performans hesaplama, makine öğrenme yöntemleri ile tahminleme, veri-temelli yöntemler ile büyük veri setlerinin oluşturulması ve buna dayalı karar destek sistemlerinin geliştirilmesi gerekecektir.

Kullanıcı odaklı, yüksek teknolojilerin kullanıldığı ve dijital kontrol ve karar verme sistemlerinin etkin rol oynadığı akıllı binalar, gittikçe yaygınlaşacaktır.

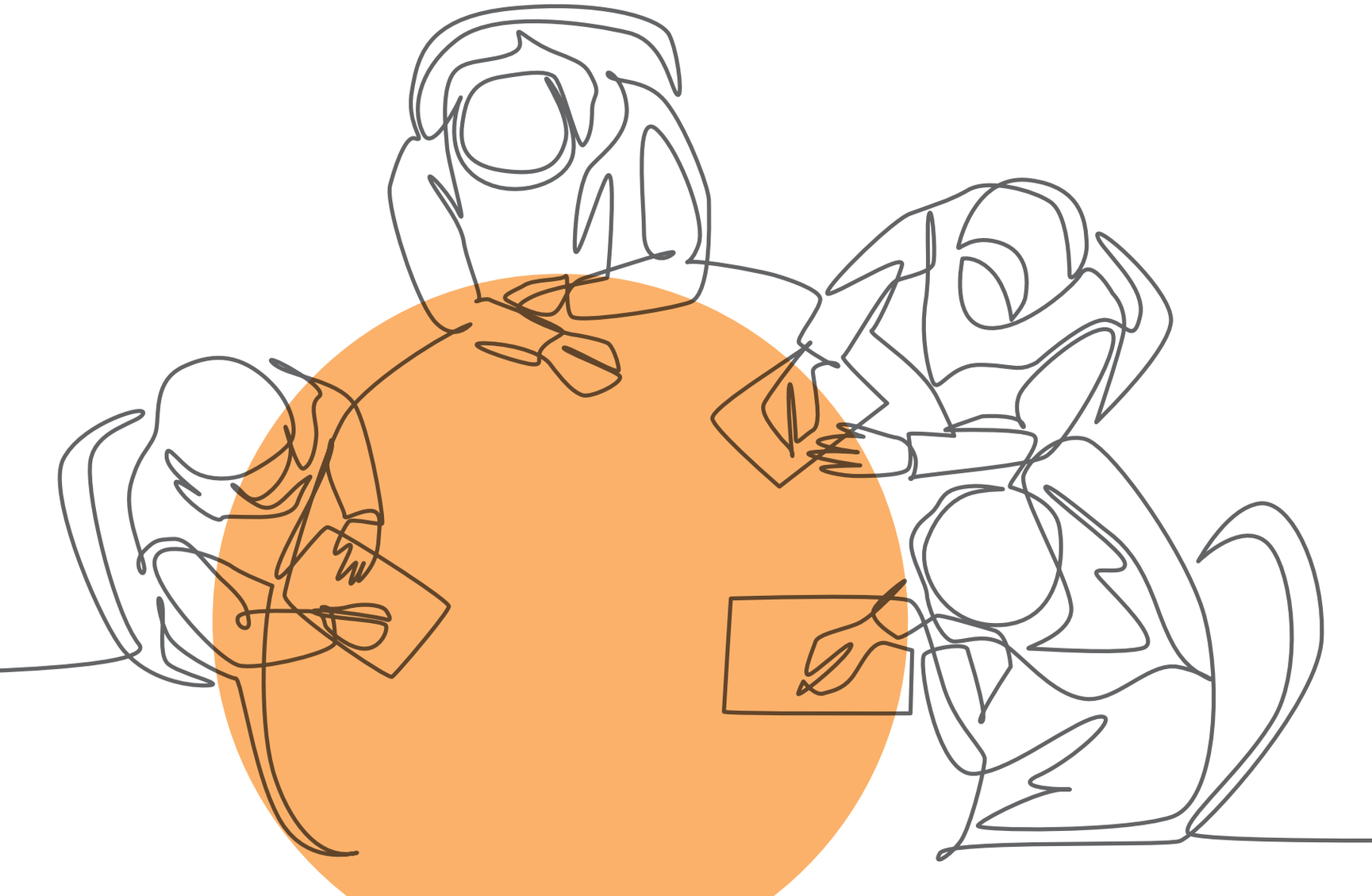
Yenilenebilir enerji sistemlerinin binalarda kullanımı artacak, binalar elektrik üreten, akıllı şebekeye güvenilir ve uygun fiyatlı enerji sağlayan ve gittikçe yaygınlaşması öngörülen elektrikli araçların şarj istasyonları ile entegre çalışan enerji-aktif varlıklar olarak çalışacaktır.

Bina enerji verimliliği konusunda teknoloji geliştirme, performans denetleme, uygulama ve izleme hizmetlerinin Pazar payının büyümesi ve yeni iş alanları oluşturması beklenmektedir.

IEA, IPCC, OECD, Avrupa Birliği Çalışmalarında/Yayınlarında/Raporlarında İlgili Teknolojiye veya Uygulamaya Yapılan Atıflar.

IEA'nın raporuna göre enerji verimliliği, enerji ihtiyacını karşılamanın hala en temiz ve en ucuz yolu olduğu için "ilk yakıt" olarak görülmelidir. Binalarda ve Topluluklarda Enerji Araştırma programı (EBC TCP) kapsamındaki faaliyetler, enerji verimli ve sürdürülebilir teknolojilerin sağlıklı binalara ve topluluklara entegrasyonuna odaklanılmasının kritik bir azaltım aktivitesi olduğundan bahseder. Avrupa Yeşil Mutabakat çağrısında yapılı çevre, dört temel misyondan biridir ve binaların enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji sistemleri ile entegrasyonu, çağrıda vurgulanmaktadır. Ayrıca

Paris İklim Antlaşması'nda bina kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliği azaltma ve iklim değişikliğine uyum aktivitelerinin önde gelenleri arasında sayılmaktadır. Bina enerji verimliliğinin artmasının, aynı zamanda olumsuz çevresel etkisinin azalması, hava kirliliğinin azalması, özellikle düşük gelir gruplarında enerji yoksulluğunun (energy poverty) azalması, bina kullanıcılarının sağlık ve konforunun sürdürülebilmesi, enerji dönüşümünün hayata geçirilmesi gibi eş-faydaları vardır. Ayrıca enerji verimli binalar, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden "sağlıklı ve kaliteli yaşam", "erişilebilir ve temiz enerji", "sürdürülebilir şehirler ve topluluklar", "sorumlu üretim ve tüketim" ve "iklim eylemi" maddeleri ile ilişkilidir. Sürdürülebilir yapılar, 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı'nda Akıllı Şehir dönüşümünde önemli rol oynayan bileşenlerden biri olarak belirlenmiştir.



Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirliklerive İyi Uygulamalar.

OECD'nin "Building energy efficiency in cities and regions" programı, ülkeleri, bölgeleri ve şehirleri binalarda enerji verimliliği önlemlerinin uygulamalarını geliştirmek için destekler. Şu konulara öncelik verilmiştir: (i) Veri ve analiz: derinlemesine analiz yapmak için şehirlerde binalar, enerji verimliliği ve ilgili politika ortamları hakkında önemli verilerin toplanması; (ii) Öz değerlendirme: Politika yapıcıların uygun politikalar tasarlamasına ve uygulama fırsatlarını ve engellerini belirlemesine yardımcı olacak öz değerlendirme araçları geliştirmek; (iii) Vaka çalışmaları: mekana dayalı bina enerji verimliliği politikaları geliştirmeye yönelik yerel ve ulusal çabaları desteklemek için akran öğrenme fırsatları ve hedefli politika önerileri sağlamak.

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki CalTRACK, enerji verimliliği pazarını ve diğer talep kaynaklarını destekleyen bir analitik platform örneğidir. CalTRACK, enerji kullanımını hesaplamak için enerji tüketimi verilerindeki sayaç değişiklikleriyle birlikte açık kaynaklı yazılım ve analitik teknikleri kullanır. Bu, enerji verimliliği, elektrifikasyon ve diğer dağıtılmış kaynakların tedarikini sağlayarak enerji tasarrufu ve CO_2 azaltım politikalarını desteklemek için kullanılabilir.

SENSEI projesi, Avrupa'da bir P4P finansman planını benimseyen ilk projedir. Model, kamu hizmeti operatörlerinin akıllı sayaçların kurulumu yoluyla gerçek enerji tasarruflarına dayalı bina enerji verimliliği yatırımlarını geri ödemesine olanak tanır. P4P konsepti, yalnızca yeşil ve verimliliği artıran projelere özel finansmanı teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda enerji iyileştirmelerine de katma değer sağlar.

2018'de Birleşik Krallık (İngiltere) hükümeti, Akıllı Sayaç Etkin Termal Verimlilik Derecelendirmeleri (SMETER) İnovasyon Programı kapsamında ev aletlerine uygulanan akıllı sayaç teknolojilerini geliştirmeyi, izlemeyi ve değerlendirmeyi amaçlamaktadırSonuçlar hem teknolojinin performansını değerlendirmeye hem de bölge sakinleri arasında farkındalık yaratmaya katkıda bulunur.

Londra Belediyesi, enerji verilerini bina büyüklüğü, içinde gerçekleştirilen faaliyetler, inşaat malzemeleri ve enerji sistemleri hakkındaki verilerle birleştiren Londra Yapı Stok Modelini geliştirmiştir. Model, hangi binaların bina yönetmeliklerine uygun olduğunu belirlemek ve enerji verimliliği müdahalelerine en çok nerede ihtiyaç duyulduğunu belirlemek için tüm İngiltere'ye genişletilecektir.

Paris İklim Antlaşması'nda bina kaynaklı karbon emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliği azaltma ve iklim değişikliğine uyum aktivitelerinin önde gelenleri arasında sayılmaktadır. Bina enerji verimliliğinin artmasının, aynı zamanda olumsuz çevresel etkisinin azalması, hava kirliliğinin azalması, özellikle düşük gelir gruplarında enerji yoksulluğunun (energy poverty) azalması, bina kullanıcılarının sağlık ve konforunun sürdürülebilmesi, enerji dönüşümünün hayata geçirilmesi gibi eş-faydaları vardır. Ayrıca enerji verimli binalar, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden "sağlıklı ve kaliteli yaşam", "erişilebilir ve temiz enerji", "sürdürülebilir şehirler ve topluluklar", "sorumlu üretim ve tüketim" ve "iklim eylemi" maddeleri ile ilişkilidir. Sürdürülebilir yapılar, 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı'nda Akıllı Şehir dönüşümünde önemli rol oynayan bileşenlerden biri olarak belirlenmiştir.

Kuzey Amerika'da MyHEAT projesi, ısı kayıplarının yaygın olduğu binaları belirlemek için gelişmiş algoritmalarla uzaktan algılama verilerini birleştirmiştir. Uçaktan yüksek çözünürlüklü termal görüntüleme sensörlerinden alınan veriler, sıcaklık, mikro iklim ve yükseklikteki yerel değişiklikler için düzeltilmekte ve karşılaştırmalı bir model oluşturmak için bir şehirdeki tüm binalardan enerjinin nereye kaçtığını göstermek için makine öğrenimi algoritmaları tarafından işlenmektedir.

Singapur şehrinin tam ölçekli bir dijital modeli olan Sanal Singapur'u, şehirdeki her binanın 3D dijital kopyaları dahil olmak üzere yapmıştır. Enerji verimliliğine odaklanan şehir planlamacıları için dijital ikiz, şehirdeki yeni gelişmelerin ve planlama değişikliklerinin güneş ışığı, yol ve yaya trafiği akışları, ısıtma ve soğutma ihtiyaçları dahil olmak üzere bir dizi enerjiyle ilgili göstergeyi nasıl etkileyebileceğini doğru bir şekilde simüle etme yeteneği sağlamaya yaramaktadır. Bu dijital ikiz, gerçek dünyada planlama aksiyonlarını test etmek için son derece faydalı bir alternatif sunmaktadır.

2.10. Hidroelektrik Teknolojileri

Hidroelektrik alanı yaklaşık 150 yıldır yenilenebilir elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Ülkemizde kurulan ilk hidroelektrik santral 1902 yılında devreye alınmıştır. Diğer yenilenebilir teknolojilere göre olgunlaşmış bir alan olan hidroelektrikte dünyada ve ülkemizde akademi, kamu ve özel sektörde geliştirme, alt yapı, yayın konularında ciddi bir birikim oluşmuştur.

Hidroelektrik Altyapılar.

- TOBB ETU Hidro Su Türbini Test Merkezi
- TEMSAN Hidrolik Türbinler Model Test Laboratuvarı

Türkiye'deki Önemli Projeler ve İşbirlikleri.

- Sarıyar HES (4x40 MW) Bileşenlerinin Yerli Olarak Tasarımı ve Üretimi Projesi - (EÜAŞ-TÜBİTAK MAM-TOBB ETU)
- Keban HES (8x160 MW) Kontrol Sistemleri Geliştirme Projesi - (EÜAŞ-TÜBİTAK MAM)
- Digitalization of water supply infrastructure to optimize the Water-Energy Nexus (ERA-NET Cofund, Türkiye, Avusturya, Çekya, İzlanda, TR: İZSU, TUBİTAK MAM)
- İçme Suyundan Elektik Üretmek için İnsansız İşletilen Konteyner Tipi HES'lerin Geliştirilmesi - DESKİ Pilot Tesisi (TENMAK-TUBITAK MAM-TOBB ETU-TEMSAN)
- EERA JP Hydropower Tam Üyelik (TUBITAK MAM)
- Akım Tahmin ve Havza Optimizasyon Modeli (ATHOM) Projesi - (DSI-TUBITAK)
- TUBITAK MAM – TOBB ETU - Yenileme projelerinde türbin ve mekanik yardımcı sistemler tasarımı
- TUBITAK MAM – TEMSAN - Yenileme projelerinde elektriksel yardımcı sistemler tasarımı, saha söküm ve kurulum işleri

Belirtilen Teknolojide veya Uygulamada Ülkemize Yönelik Öngörüler.

2023 yılından itibaren Avrupa'da Kurulu hidroelektrik gücü ile 1. olması beklenen ülkemizde ana havzalardaki büyük rezervuarlı santral kurulumlarının sonuna gelinmektedir. Hidroelektrikte önümüzdeki yıllarda kullanılmayan hidroelektrik potansiyelin ortaya çıkarılması için düşük veya ultra düşük düşülü HES'ler kurulacağı, içme suyu, sulama kanalı, arıtma tesisi gibi basınç düşüşü içeren noktalarda kurulu gücü görece düşük santraller kurulacağı öngörülmektedir.

Teknoloji odaklı bakıldığında ülkemizdeki hidroelektrik alanında yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri 4 konuda gruplanabilir:

1- Yenileme ve modernizasyon çalışmaları

2- Kritik alt sistemlerin yerlileştirilmesi, örneğin büyük ölçekli türbin ve generatör

3- Hidroelektrikte dijitalleşme

4- İçme suyu şebekelerine ve tarımsal sulama sistemlerinden elektrik elde etme çalışmaları

5- Havza optimizasyonu ve akım tahmini

Küresel Öngörüler.

Hidroelektrik üretimi 2020'de 124 TWh (+%3) artarak 4418 TWh'ye ulaşmıştır. Bu şekilde hidroelektrik dünyada en büyük yenilenebilir elektrik kaynağı olmuştur ve diğer tüm yenilenebilir teknolojilerin toplamından daha fazlasını üretmiştir. Art arda beş yıllık düşüşün ardından, hidroelektrik kapasite ilaveleri 2020'de toparlanmış ve Çin ve Türkiye'de birkaç büyük santralin devreye alınması sayesinde hidroelektrik kurulu güç artışı 21 GW'a ulaşmıştır.

2050'ye kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosunda, hidroelektrik, 2020 ile 2030 arasında yıllık ortalama %3'lük bir üretim büyüme oranını koruyarak yılda 5870 TWh elektrik sağlamaktadır. Bu seviyeyi karşılamak için, bu süre zarfında yıllık ortalama 48 GW'lık yeni kapasitenin şebekeye bağlanması gerekmektedir. Böylesine güçlü bir kapasite büyümesi elde etmek için, özellikle regülasyonlar ve proje sürdürülebilirliği için daha güçlü çabalara ihtiyaç vardır [139].

Teknoloji odaklı bakıldığında dünyadaki hidroelektrik alanında yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri 6 konuda gruplanabilir:

1- Hidroelektrikte Esneklik

a. Düşük düşü ve ultra düşük düşüde çalışma

b. Sık duruş ve kalkış için yıpranmayı önleyici çözümler

c. Hidroelektrik enerji depolama

2- Hidroelektrikte Dijitalleşme

3- Enerji depolama ve değişken devirli türbinler

4- Akım kontrollü ikaza sahip generatörler

5- Yenilikçe küçük-ölçekli hidroelektrik teknolojileri

6- Çevre ve balık dostu hidroelektrik teknolojileri [140-141]

IEA, IPCC, OECD, Avrupa Birliği Çalışmalarında/Yayınlarında/Raporlarında İlgili Teknolojiye veya Uygulamaya Yapılan Atıflar.

- https://read.oecd-ilibrary.org/energy/hydropower-special-market-report_07a7bac8-en#page9
- https://read.oecd-ilibrary.org/energy/climate-impacts-on-african-hydropower_7f8fc476-en#page1
- https://www.oecd.org/daf/inv/investment-policy/CleanEnergyInfrastructure.pdf
- https://www.iea.org/reports/hydropower
- https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/energy-research-and-innovation/hydropower_en

Dünyadaki Önemli Projeler, İşbirlikleri ve İyi Uygulamalar.

- Hydropower Extending Power System Flexibility - https://xflexhydro.net/
- Increasing the value of hydropower through increased flexibility - https://www.h2020hydroflex.eu/
- Augmenting Grid Stability Through Low Head Pumped Hydro Energy Utilization and Storage - https://alpheus-h2020.eu/
- EERA JP Hydropower - https://www.eera-hydropower.eu/

3. TESPİT EDİLEN TEKNOLOJİK SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı teması kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir:

1. Fotovoltaik Güneş Enerjisi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
1.1 Yüksek verimli güneş enerjisi teknolojileri	Tek malzemeden oluşan güneş hücresi veriminin teorik sınıra yaklaşmış olması	En az iki malzemeden oluşan maliyet-etkin tandem güneş hücresi geliştirilmesi (Dünya THS 5, Türkiye THS 3)
	Güneş panellerinin ağır ve esnemeyen yapıda olması nedeniyle uygulama alanlarının dar ve kurulum maliyetlerinin yüksek olması	Güneş panellerinin kurulum maliyetlerini azaltılmasına ve kullanım alanlarının artmasına izin verecek şekilde esnek ve hafif olmasının sağlanması amacıyla 100 mikron altındaki silisyum veya ince film (örn., perovskit, CdTe, organik, kuantum nokta, CIGS) güneş hücre teknolojilerinin geliştirilmesi
	Fotovoltaik panellerin veriminin teorik limite göre düşük olması	Amorf silisyum veya kuvantum tünelleme elektron ve delik iletimi sağlayan pasive edilmiş kontaklı hücrelerin geliştirilmesi ile teorik limite daha da yaklaşılabilir ve de tek soğurucunun getirdiği temel limiti aşmak için CdZnTe, GaAs ve perovskit ile tandem güneş hücrelerin geliştirilmesi ile birim alanda verim artırılması
	Fotovoltaik panellerin yaygın kullanım için maliyetinin yüksek olması	serigrafi ile kaplanan gümüş miktarının azaltılmasına veya elektroplating gibi yöntemlerle bakır kaplanmasına yönelik araştırmalar yapılması
	Güneş panellerinden elde edilen elektriğin fiyatı hızla düşmüş olmasına rağmen bina, tarım, fabrikalar ve araçlar gibi yaygın alanlara entegre edilememiş olması	Hafif, dayanıklı, yüksek verimli, esnek, maliyet-etkin, ergonomik güneş hücre ve panellerinin geliştirilmesi ve uygulama alanları ile sinerjistik entegrasyonu (Dünya THS 7, Türkiye THS 5)
	Güneş panellerinin yaşam süresinin ekonomik olarak avantajlı (>30 yıl) olmasına rağmen CO_2 hedeflerine göre artırılması gerekliliği	CO_2 emisyonunu hedefleri doğrultusunda güneş panellerin 50 yıl mertebesinde sahada kalması optimum olacaktır. Bu bağlamda, geri dönüşüme izin veren ve aynı zamanda hücreleri 50 yıl mertebesinde koruyabilecek su geçirmeyen, yalıtkan ve güneş altında bozulmayan enkapsülant malzemelerinin geliştirilmesi (Dünya THS 6, Türkiye THS 1)
	Güneş santrallerinde ani arızaların oluşması	Panellerin termal, optik veya güç sistem algoritmaları yöntemleriyle izlenmesi ile ani arızanın tahmin edilmesine yönelik araştırmalar yapılması
	Mevcut silisyum tabanlı güneş hücrelerinin üretiminde yüksek sıcaklık proseslerinin kaçınılmaz olması, mevcutta bu sıcaklıkların fosil yakıtlardan elde edilmesi	Katkılama istemeyen yük taşıyıcı tabakaların silisyum teknoloji ile birleştirilmesi veya alternatif güneş hücre teknolojileri geçilmesi (Dünya THS 5, Türkiye THS 4)
	İnce filmlerden üretilen fotovoltaik hücrelerin verimlerinin teorik limitten uzak olması	Soğurucu malzeme ile elektron veya delik geçirgen malzemenin enerji bant uyumumun anlaşılması için temassız ve hızlı sonuçlar veren yöntemlerin geliştirilmesi Soğurucu malzemelerin yüzeylerinde elektron-delik birleşimlerinin sınırlandırılması için kusur içermeyen bağ yapılarının anlaşılması için deneysel yöntem geliştirilmesi ve hızlı atomik modellemelerin yapılması

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	Henüz hiçbir malzemenin tandem güneş hücresinde kullanımı için yeterince iyi özelliklere (yüksek verimli, ağır metal içermeyen, kararlı, maliyet-etkin gibi) sahip olmaması Silisyum teknoloji ile tandem kullanıma uygun yeni malzemelerin araştırılması	Henüz hiçbir malzemenin tandem güneş hücresinde kullanımı için yeterince iyi özelliklere (yüksek verimli, ağır metal içermeyen, kararlı, maliyet-etkin gibi) sahip olmaması Silisyum teknoloji ile tandem kullanıma uygun yeni malzemelerin araştırılması

2. Isıl Güneş Enerjisi ve Endüstriyel Isı

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
2.1 Isıl güneş enerjisi ve endüstriyel ısı	Isıl güneş sistemleri, Türkiye'de su ısıtmada yaygın kullanılmasına rağmen ısıtma, soğutma, iklimlendirme ve sanayi alanlarında yaygın olarak kullanılmamaktadır. Yüksek kapasitelerde farklı amaçlar için ısıl güneş enerji sistemlerinin kullanılması sağlanmalıdır.	Tekno-ekonomik analizlerin farklı ve hibrit kullanım amaçları için yapılması, fizibilite çalışmalarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Diğer geleneksel ve yenilenebilir sistemlerle hibrit çözümler geliştirilebilir (Dünya: THS 6, Türkiye: THS 3).
2.2 Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden üretilen ısıl enerjinin fiyatının düşmesi ve veriminin artırılması gerekmektedir (Diğer yenilenebilir enerji sistemlerine göre daha yüksek kapasitelerde kurulması ve yer ihtiyacı olmasından dolayı).	Verimliliğin artması için yansıtıcı yüzey kaplamalarının yansıtma oranları yaklaşık %92'dir. Metal oranı düşük özel kaplamaların geliştirilmesi, yansıtma oranlarının artırılması gerekmektedir (Dünya: THS 7-8, Türkiye: THS 5). Üretilen ısıl enerji hidrojen üretiminde de kullanılabilir. Jeotermal, kojenerasyon gibi sistemlerle hibrit hale getirilebilir. Üretim maliyetleri için üretim hacmine bağlı olarak ekonomik analizler yapılması ve ortaya farklı senaryoların çıkarılması gerekmektedir. Ayrıca farklı yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin (parabolik oluklu, lineer Fresnel, kule tipi, vb.) ülkenin farklı bölgelerindeki güneş enerjisi potansiyeline bağlı olarak hedeflenmesi ve elektrik üretimi fizibilite çalışmalarının yapılması gerekmektedir.
	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin yüksek sıcaklık gerektiren (çimento, cam, vb.) endüstri sektörlerine uygun olarak adapte edilememesi	Daha verimli ve yüksek sıcaklıklara (600 °C ve üzeri) dayanıklı akışkanlar geliştirilmesi gerekmektedir (hem ısı transfer ortamı hem de depolama malzemesi olarak). (Örneğin, mikro veya nano-partikül içerikli akışkanların geliştirilmesi) (Dünya: THS 6, Türkiye: THS 3).
	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin yüksek sıcaklık gerektiren (çimento, cam, vb.) endüstri sektörlerine uygun olarak adapte edilememesi	Farklı sanayi kolları veya OSB'ler ele alınarak ısıl enerji üretilmesi veya doğrudan güneş enerjisinin malzeme dönüşümü için kullanılmasına imkân kılacak yüksek sıcaklıklara (600 °C ve üzeri) dayanıklı alıcıların geliştirilmesi gerekmektedir. İkincil yansıtıcılı sistemlerin (örneğin, aşağı yansıtmalı kule tipi yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemi) optik odaklama özelliklerinin geliştirilmesi de bu konu altında incelenmelidir (Dünya: THS 5, Türkiye: THS 2)..
	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisinin diğer (kesikli) yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrikten daha pahalı olması	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin, kesikli yenilenebilir enerji sistemlerinden farklı olarak şebekeye etkileri farklıdır. Bu etkilerin depolama sistemleriyle birlikte ele alınması gerekmektedir (Dünya'da ticari uygulamaları var, Türkiye'de ısıl üretim için iki tane sistem kurulumu denendi ama ticarileşme yok THS:7). Hibrit sistemler açısından PV, jeotermal gibi diğer sistemlerle entegre edilebilir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	Az yoğun güneş enerjisi veya atık ısı sistemleriyle birlikte çalışabilecek, düşük sıcaklıklarda çalışacak termodinamik çevrimlerin geliştirilmesi gerekmektedir.	Organik Rankine çevrimleri (Dünya THS: 8-9) ve süperkritik CO_2 (Dünya THS: 6-7) sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Atık ısı, endüstriyel ısı, jeotermal ile bu çevrimler çalışabilir. sCO_2 çevrimleri için turbomakine, eşanjör geliştirilmesi gerekmektedir.
	ORC (Organik Rankine Çevrimi) sistemleri, büyük kapasiteli ve nispeten yüksek basınç ve sıcaklık gerektiren klasik Rankine Buhar çevrimlerine kıyasla, orta-düşük sıcaklıklardaki ısıdan enerji üretmek için kullanılır. Çevrim akışkanı olarak hidrokarbonlar, HCFCS, polisiloksanlar gibi yüksek moleküler ağırlıklı ve düşük sıcaklıkta faz değiştirebilen organik sıvıları kullanır. Termodinamik çevrim performansını optimize etmek için ısı kaynağının sıcaklığına göre akışkan seçimi yapılmaktadır. Bu tür sistemler güneş ve jeotermal enerjiye dayalı ısı kaynakları, biyokütle ve endüstriyel proseslerden ısı geri kazanımı yaparak elektrik üretimi amaçlı olarak kullanılır. Ayrıca, genellikle termal enerjinin 60-90 °C sıcaklıkta sıcak su şeklinde kullanımının uygun olduğu kojenerasyon uygulamaları için kullanılır. Buna göre ORC'ler 100-400 °C arasında değişen çok çeşitli ısı kaynağı sıcaklıklarına uygulanabilmektedir. Sistem verimleri, ısı kaynağı ve proses parametrelerine bağlı olarak yaklaşık olarak %18-24 aralığında değişir. Mevcut durumda, bu tür sistemler dünyada halen endüstriyel atık ısı geri kazanımı, jeotermal, güneş enerjisi ve biyokütle enerji santralleri dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda dünya çapında kurulu gücü 1.5 GWe mertebelerinde olsa da yüksek verimlilik elde etmek ve maliyetleri düşürebilmek için çeşitli ısı kaynaklarına uygun organik çevrim akışkanları, uygun proses konfigürasyonları ve bunlara uygun sistem ekipmanlarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.	Uygun bir ORC çevrim akışkanı; düşük özgül hacim, viskozite, toksisite, yanıcılık, ozon tüketme potansiyeli, küresel ısınma potansiyeli ve maliyet gibi olumlu fiziksel, kimyasal, çevresel, güvenlik ve ekonomik özelliklerin yanı sıra uygun yüksek termal ve ekserjetik verimlilik göstermelidir. Hidrokarbonlar, hidroflorokarbonlar veya siloksanlar içeren farklı çok bileşenli karışım türleri, karışım performansı ve kısıtlamaları esas alınarak ısı kaynaklarına uygun organik çevrim akışkanları, uygun ORC proses konfigürasyonları ve bunlara uygun sistem ekipmanlarının geliştirilmesi. Dünya THS: 7-9; Türkiye THS: <4-5
	Fotovoltaik görünür ve yakın kızıl ötesi bölgelerindeki ışığı verimli bir şekilde elektriğe çevirebilmektedir ancak morötesi ve kızılötesi bölgelerdeki performansı zayıftır. Fotovoltaiğin elektrik yoğunlaştırılmış ısıl enerjinin sıcak su/tuz, vb. ürettiği sistemler güneş enerjisinin daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır.	Fotovoltaik ve yoğunlaştırılmış ısıl enerjinin ortak çalışabildiği sistemlerin geliştirilmesi (Dünya 4, Türkiye 2)
	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi sistemlerinin sürekli ve yüksek verimle üretilebilmesi için ısıl olarak depolanması	Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santrallerinde ticari olarak eriyik tuzlar halen kullanılmaktadır (THS 7-9), ancak bu tuzlar akış hatlarında donabilmekte ve tank, boru vb malzemelerde korozyon sorunlarına sebep olabilmektedir. endüstriyel yan ürünler, endüstriyel fırın cürufları, inşaat ve yıkıntı atıkları ve diğer kentsel atıklar, duyulur ısı depolama malzemesi
	Elektriğimizin önemli bir kısmını (%37) ürettiğimiz kömür termik santallerinin daha verimli çalıştırılarak CO_2 emisyonlarıın azaltılması	Kömür santrallerinde üretim sırasında çeşitli sıcaklıklarda ısı atılmaktadır. Bunların yanı sıra santralin tam yükle çalışamadığı gece saatlerindeki atık ısı da depolanarak, talebin yüksek olduğu zamanlarda kullanılarak yakıt tüketimi ve CO_2 azaltılabilir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		Düşük sıcaklıklarda (<140 °C) depolanan atık ısılar "Organik Rankine Cyle" da değerlendirilirken (THS Dünya: 7-9, Türkiye: 6-7) , yüksek sıcaklıklardaki (>550 °C) ön-ısıtmada (THS Dünya: 6-7, Türkiye: 2) değerlendirilebilir.
2.3 Endüstriyel ısı - termik santraller	Demir-Çelik, Çimento, Tekstil, Aluminyum ve nükleer reaktörlerden çıkan ısıların kullanılması	Döngüsel ekonomiye uygun olarak endüstriyel yan ürünler, endüstriyel fırın cürufları, inşaat ve yıkıntı atıkları ve diğer kentsel atıklar, duyulur ısı depolama malzemesi olarak kullanılması araştırılmaktadır (THS Dünya: 4, Türkiye:4). Geliştirilen bu malzemeler yüksek sıcaklıklarda prosesleri olan endüstri ve kömür termik santrallerde atık ısıların geri kazanılmasında da kullanılabilir (THS Dünya: 4, Türkiye:2).

3. Rüzgar Enerjisi Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
3.1 Rüzgar enerjisi teknolojileri	Rüzgar santrallerindeki türbülanslı akış simülasyonları	Kanat geometrisinin aerodinamik ve aeroelastik bir şekilde çözümlenebildiği, karmaşık topoğrafya üzerindeki rüzgar santralinin santralin Large Eddy Simulation yöntemleri ile çözümleri. İleri seviyede (exascale) yüksek başarımlı hesaplama altyapısı ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yazılımları geliştirilmesi gerekmektedir. (Dünya THS: 3 Türkiye THS: 2)
	Birbirlerine yakın olarak kurulan rüzgar santraller arası iz bölgesi etkileşimlerinin doğru modellenmesi	Birbirlerine yakın olarak kurulan santraller, birbirlerinin elektrik üretim performansını etkilemektedir. Bu etkilerin doğru olarak modellenebilmesi için uygun yaklaşımlar ve modellerin geliştirilmesi ve validasyon çalışmalarının yapılması (Dünya THS: 6 Türkiye THS: 4)
	Rüzgar türbinlerinin sağanaklı akışlar (ing. gust conditions) altında tepkileri	Kontrollü laboratuvar koşulları altında (rüzgar tünelleri gibi) atmosferdeki sağanak koşullarına benzeyen sağanaklı akışların yaratılması ve türbinler üzerindeki çeşitli etkilerin incelenmesi (Dünya THS: 4 Türkiye THS 3)
	Kanat yüzeylerinin kirlenmesi veya erozyonundan dolayı meydana gelen kanat profil değişikliklerinden dolayı olan performans kayıplarının modellenmesi	Kanat yüzey kirliliği veya kanat hücum kenarı erozyonu ile ilgili modeller geliştirilmesi. Aerodinamik performans üzerine etkisinin numerik ve deneysel olarak araştırılarak performans kayıplarının doğru tahmin edilmesi. Bu etkilerden daha az etkilenecek kanat profil geometrilerinin tasarlanması (Dünya THS: 3 Türkiye THS: 2)
	Kanatlar üzerinde akış kopmalı bölgelerin bulunması	Yenilikçi akış kontrol teknikleri ile akış kopmalı bölgelerin engellenmesi (Dünya THS :3 Türkiye THS 2)
	Çok daha verimli ve ucuz yüksek kapasiteli rüzgar enerji sistemlerinin eksikliği	Yenilikçi yeni rüzgar enerji sistemleri geliştirilmesi. Uçan rüzgar enerji sistemleri tasarımı, optimizasyonu ve testleri (airborne wind energy) (Dünya THS: 5 Türkiye THS 2)
	Rüzgar santrallerinde yenilikçi kontrol sistemleri uygulamalarının eksikliği	Yenilikçi kontrol sistem algortimaları geliştirilerek santrallerdeki türbin yüklerinin azaltılması ve üretimin artırılması (wake steering, thrust clipping gibi ve daha yenilikçi yöntemler) (Dünya: THS 5 Türkiye THS: 2)
	Rüzgar türbinlerinde kullanılan sensör ve algoritmaların yetersizliği. Bu yüzden türbinlerin yüksek yüklere maruz kalması ve düşük performanslı çalışması	Yenilikçi ve daha yüksek teknolojili sensör sistemlerinin ve kontrol algortimalarının geliştirilmesi (kule titreşim sönümlenmesi, bireysel hatve kontrolü, lidar tabanlı kontrolcüler, vs). Akıllı rotorlar geliştirilmesi. Yapay zeka uygulamaları (Dünya THS:5 Türkiye THS: 2)

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	10 MW - 15 MW türbinlerin açık deniz kurulumlarındaki problemler. Ağırlık merkezi yukarıda kalıyor, kule yüksekliğinden kaynaklanan taşıma problemleri oluşuyor.	Tasarım değişikliği yapılabilir. Yada sistemi asansör vb. uygulamalar ile kurulum sahasına taşınabilir. https://sensewind.com/offshore-floating-deep-water-video/ (Dünya: THS 5 Türkiye THS: 2)
	Açık deniz yüzer sistemlerde kullanılan çapa sistemlerinin maliyetinin yüksek olması ve sistemlerin açık denizde kurulumlarında gereğinden fazla zaman alması.	Açık deniz yüzer sistemlerin çapalarında (anchoring) kullanılan malzemelerde değişiklik yapılabilir. Farklı malzemeler kullanılabilir. Ayrıca TLP gibi sistemlerde sistemin kendisinin taşıyabileceği şekilde çözümler geliştirilebilir. (Dünya THS: 4-5 Türkiye THS: 2)
	Açık deniz yüzer sistemlerin ağırlıklarının çok olması ve azaltılması gerekmektedir.	Tasarım değişikliği yapılabilir. (Dünya THS: 4-5 Türkiye THS: 3)
	Açık deniz yüzer türbin sistemlerinin üretim problemi. Gemi yapımında tersanede bir yada tersane kapasitesine bağlı olarak birden fazla üretim aynı anda yapılabilmektedir. Ancak; açık deniz rüzgar türbin sistemleri denizde kurulacak santralde çok sayıda olacağından sistemlerin bir tersanede seri bir şekilde üretilmesi ve kurulum alanına taşınması pek mümkün değildir. Ayrıca oil and gas sanayindeki üretim teknikleri de aynı değildir. O tekniklerin gelişmesi ve standartlaşması için uzun yıllar geçmiştir. Benzer şekilde açık deniz rüzgar sistemlerinin de seri bir şekilde üretimi ve sahada kurulumu için tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir.	Sistemlerin seri bir şekilde üretilmesi ve kurulum alanına kolay taşınabilmesi için modüler tasarım gerekmektedir. Platformlar belirli limitler içinde tasarlanmalı ve üretilmelidir. Taşıma problemini elimine edecek modüler sistem tasarımları ile tersanede üretime ihtiyaç duyulmadan üretim gerçekleştirilebilmelidir. Dünya'daki uygulamalardan GICON modüler tasarıma örnek verilebilir: Modüler daire elemanlar üretilerek rahatça taşınabilmektedir. (Dünya THS: 4-5 Türkiye THS: 2-3)
	Açık deniz rüzgar türbinlerinde dünyada şu anda sabitlenmiş bir sistem bulunmamaktadır. Geliştirilen/kurulumu olan tüm sistemler hala geliştirilmekte ve performansı arttırılmaya çalışılmaktadır. Platform geometrilerinin sabitlenmesi gerekmektedir. Oil and Gas sanayisi için kullanılan platform geometrilerinin sabitlenmesi yaklaşık 50 seneyi bulmuştur.	Açık deniz yüzer türbin sistem tasarımlarının geliştirilmesine ve performans analiz çalışmalarına devam edilerek platform geometrisinin sabitlenmesi mümkün olacaktır. (Dünya THS 4-6 Türkiye THS:2-3)
	Açık deniz rüzgar türbinlerinin bakım onarım sıkıntıları hala mevcuttur. Hangi hava koşullarında, hangi gün, hangi araçla (tekne, helikopter, insanlı-insansız hava aracı) kimin gideceği ve nasıl müdahale edeceği belirlenmesi zor ve maliyeti yüksektir.	Açık deniz rüzgar türbinlerine bakım onarım için giden teknelerin türbine yaklaştıklarında çalışacak kişinin sorunsuz bir şekilde platforma geçebilmesi için teknenin iyi tasarlanması ve seakeeping (deniz araçlarında zor hava şartlarına ve uzun fırtınalara dayanıklılık) analizlerinin yapılması gerekmektedir. (Dünya THS: 4-5 Türkiye THS:2-3)
	Açık deniz rüzgar sistemleri doğaya ne tür zararlar veriyor çok net belli değil. Bu zararların belirlenmesi ve azaltılması gerekmektedir.	Örneğin: Üç kanadın birisi siyaha boyanarak kuş ölümleri azaltılabiliyor. Verilen zararlar tespit edildikten sonra bu zararları azaltacak yada ortadan kaldıracak çözümler geliştirilebilir. (Dünya THS:4-5 Türkiye THS: 2-3)
	Rüzgar türbin sistemlerinde aktif ve pasif yük azaltma teknolojilerinin geliştirilmesi.	Rüzgar türbinlerinin boyutları giderek artmaktadır. Aeroelastik etkiler nedeni ile kanatlarda meydana gelen yüklerin azaltılması büyük türbin tasarımının vazgeçilmez bir parçası olacaktır. Pasif ve aktif yöntemler ile yük azaltılmasına yönelik araştırma çalışmaları yapılmaktadır; ancak uygulamada eksiklikler bulunmaktadır. Yenilikçi yaklaşımlar ile yük azaltma yöntemlerinin sadece araştırma çalışmalarında değil uygulamada da etkin bir şekilde kullanılmasına yönelik çalışmalar gelecekte önem arz edecektir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	Kompozit rüzgar türbin kanatlarının değişken yükler altında dayanımının farklı ölçeklerdeki modelleme yaklaşımları belirlenmesi	Kompozit yapıların değişken yükler altında dayanımı konusu üzerinde çalışan bir konudur; ancak bu konu hala daha çok çalışma gerektiren bir konudur. Düşük ölçekli modelleme çalışmaları vasıtası ile rüzgar türbin kanadı gibi büyük ölçekli yapıların dayanımının belirlenmesi henüz etkin bir şekilde yapılamamaktadır.
	Turbin kanatlarında yorulma ve statik yüklerin altında kırılma ve bozulma gelişimini ve tahmin etme yöntemlerinin geliştirilmesi.	Kompozit kanatlarda bozulma ve kırılma uzun suredir çalışılmasına rağmen, yöntemler sahadaki kırılmaları öngörecek derecede gelişmemiştir. Özellikle yorulma konusunda yetersiz kalmaktadır. Türbin kanatlarında yorulma ve statik yüklerin altında kırılma ve bozulma metodolojilerin geliştirilmesi ve bu yöntemle bilgisayar ortamında dijital ikiz modelleri geliştirilmesine katkıda bulunmak.
	Hybrid kompozit (karbon fiber ve cam fiber) kullanımın türbin kanatlarındaki yapısal performansın belirlenmesi.	Hybrid kompozit (karbon fiber ve cam fiber) kullanımın türbin kanatlarındaki yapısal performansa etkisini modellemek.
	Türbin kanadın yapısal bütünlüğünü bilgisayar aracıyla real-time takip edebilmek ve böylece katastrofik arıza olmadan önce tahmin edebilmek.	Yapısal bütünlük için structural health monitoring ile kanatların performansını takip etmek ve bilgisayar ortamında dijital ikiz modelleri ile türbin kanadının yapısal sağlığını ve bütünlüğünü takip edebilmek.
	Yapısal testler ile rüzgâr türbin kanatların dayanımı ve karakterizasyonu belirlemek.	Rüzgar türbin kanatları ve komponentleri için deneysel yöntemlerin geliştirilmesi ve yapılması. Bunun için daha detaylı full-field ölçümlerin uygulanması ve sonuçların simülasyonları doğrulaması için gereklidir.
	Big Data ve AI kullanarak rüzgâr türbinlerin yapısal performansını tahmin ve takip edebilmek.	
	Kanat yüzeylerin yağmur ve öteki etkenlerden dolayı erozyon oluşması ve yapısal performansa ve bozulmaya etkisi.	Kanat yüzeylerin yağmur ve öteki çarpmalardan dolayı pürüzlülüğünün gelişimi ve yüzey/kompozit kırılmalara maruz kalmasının modellenmesi ve deneysel olarak incelenmesi
	Deniz üstü rüzgar türbin destek yapıları için hem yerleştirme (installation) aşamasında, hem de deprem etkileri, düzensiz deniz/fırtına koşulları ve tekrarlı (cyclic) yükler altında, deniz tabanı zeminleri ile dinamik zemin-yapı etkileşimi davranışının doğru tahmini ve risk değerlendirmesi için kabul görmüş bir yöntem bulunmamaktadır.	Tasarım yöntemi geliştirilmesine/verifikasyona, ve risk değerlendirmesine yönelik araştırmalar yapılmalıdır. Araştırmalarda sayısal modelleme yöntemleri, fiziksel modelleme (lab ölçeği ve model ölçek/santrifüj) ve bir test sahasında pilot imalat ve testleri ile enstrümantasyon, sensörlerle ölçümler kullanılabilir. (Dünya THS: 3-4, TR THS: 1-2)
	Rüzgar türbinleri türbülanslı havalarda büyük yüklere maruz kalmaktadır. Bunun azaltılması içi bağımsız pala hatve kontrolü önerilmiştir. Palalar çok büyük olduğu için bu yaklaşımın etkinliği tartışmalıdır.	Türbin palalarının çok parçalı firar kenarı kanatçıkları ile kontrolü önerilmektedir. Böylece her bir palaya gelen yükler kanadın kaldırma kuvvetini bölgesel olarak değiştirerek yük pala yükünün azaltılmasının sağlanması önerilmektedir.
	Arazi koşulları nedeni ile yere yakın bölgelerde rüzgar hızı oldukça düşüktür. 300 m ye kadar varan yüksek irtifalardaki rüzgar hızından yaralanmak amacıyla uçak, uçurma, zeplin gibi sistemlerle rüzgar enerjisi üretimi önerilmektedir. Bu tip enerji üretiminin yerleşim yerlerinden uzakta ve bağımsız enerji üretimine ihtiyaç duyulan bölgelerde (askeri tesisler, araştırma tesisleri gibi) gerekli olduğu değerlendirilmektedir.	Uçan yapılarla rüzgâr üretimi konusunda dünyada pek çok çakılma mevcuttur. Muhtelif firmalar prototiplerini geliştirmiş ve başarımlarını göstermiştir. Dünyadaki THS seviyesi bu nedenle 8-9 civarındadır. Ülkemizde ise bu konuda tek bir çalışma yürütülmektedir.

4. Jeotermal Enerji Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
4.1 Jeotermal kaynakların doğrudan enerji eldesi amaçlı kullanımı	Kentsel ısıtmada enerji verimliliğinin artırılması konusunda teknik sorunlar (akışkanın taşınımında borular, kabuklaşma ve korozyon gibi)	Kentsel ısıtmada enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin, ısı kayıplarının azaltılması için yeni ve yenilikçi malzemelerin geliştirilmesi, korozyon ve kabuklaşma problemlerine ilişkin detay araştırmaların yapılması, özellikle yüksek sıcaklığa ve basınca dayalı komposit malzemelerin kullanılması (Dünya THS: 4-5, TR THS: 2-3)
4.2 Jeotermal ile soğutma teknolojilerinin gelişmesi	Jeotermal ile soğutma teknolojileri bilimsel olarak yeterince gelişmemiştir. Bu nedenle, şu an kurulum maliyetleri yüksektir.	Atık ısı, güneş enerjisi, jeotermal enerji ve kojenerasyon sistemleri ile desteklenen absorbsiyonlu çevrimlerin, düşük sıcaklıklara soğutmada kullanılması enerji tüketimini azaltmakta, önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri ozon tabakasına zarar veren soğutucu akışkan kullanımının azaltılması, atık ısı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilebilmesinden dolayı cazip bir seçenek haline gelmiştir. Özellikle, harici ve ucuz uygun bir ısı kaynağının bulunması durumunda absorbsiyonlu sistemler konvansiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında akışkanın sıkıştırılması için daha düşük güçlere gereksinim duyduklarından daha avantajlı duruma geçmektedirler. Ülkemizde İzmir Jeotermal A.Ş. Binası jeotermal akışkanın ısı kullanılarak soğutulmaktadır. Buna ilişkin teknolojilerin ve araştırmaların geliştirilmesi gerekmektedir (Dünya THS: 6-7, TR THS: 5-6)
4.3 Düşük sıcaklıklarda enerji üretilmesi	Düşük sıcaklıklarda enerji üretilmesi günümüzde teknolojik olarak yetersiz ve maliyeti yüksektir. Ancak buna yönelik bilimsel çalışmalar son yıllarda artmıştır	150 oC daha düşük sıcaklıklarda enerji üretimine ilişkin teknolojiler pahalıdır ve şu an verimlilikleri düşüktür. Ancak, buna ilişkin araştırmalara ile bu geliştirilebilir. Ülkemizde şu an 100 oC enerji üretimi gerçekleştirilmeye (Denizli Kızıldere jeotermal sahası, Afyon jeotermal sahası) başlanmıştır. Dünya'daki İlk uygulamalar İzlanda'da başlamıştır. (Dünya THS 7-8; Türkiye THS 6-7)
4.4 Jeotermalde akışkan yerine gazların kullanılması	Jeotermalde akışkan yerine gazların kullanılması konusunda çalışmalar ve teknolojiler yeterince gelişmemiştir.	Su kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda gazlar kullanılabilir, buna ilişkin araştırmaların artırılması gerekmektedir. Bu konuda ABD, Avrupa ve Avusturalya'da çalışmalar artmıştır. (Dünya THS: 3-4, TR THS: 1-2)
4.5 Sıcak kuru kayadan enerji eldesi	Sıcak kuru kayadan elde edilecek enerjilere ilişkin araştırmalar ve buna ilişkin teknolojilerin yetersizliği	Dünya da kuru kaya ile ilgili çalışalar artmıştır, ülkemizde 341 derece ulaşmış sıcaklıklar bulunmaktadır. Ancak buna ilişkin ülkemizde çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu konudaki hem yer bilimsel hem de teknolojik çalışmalar artırılırsa bu sorun çözülebilir (Dünya THS: 6-7, TR THS : 2-3)
4.6 Jeotermal akışkana ilişkin çatlatma teknolojilerin geliştirilmesi	Jeotermal akışkanın geliştirilmesine ilişkin çatlatma teknolojilerin yetersizliği, bu durum akışkanın sürdürebilirliği için problem yaratmaktadır	Akışkanın artırılmasına ilişkin yerbilimsel çalışmalar dünyada son dönemlerde artmıştır. Çatlatma teknolojileri için, gazlar, kimyasallar, su kullanılmaktadır. Dünya'da buna ilişkin çalışmalar gün geçtikte artmaktadır. Ancak ülkemizde bu konularda çalışmalar sınırlıdır. (Dünya THS: 7-8, TR THS: 3-4)
4.7 Kapalı sistemlerin geliştirilmesinin	Kapalı sistemlerin geliştirilmesinin yetersizliği	Kuru kayadan daha fazla ısı alınmasına ilişkin Avrupa ve Amerka'da yeni çalışmalar artmıştır. Bu konudaki çalışmaların geliştirilmesi gerekmektedir. (Dünya THS: 4-5, TR THS: 1-2)
4.8 Sondaj teknolojilerinin geliştirilmesi	Sondaj teknolojilerin yetersizliği	Günümüzde sondajlarda plazma teknolojileri, eğimli sondajlar gibi ileri teknolojiler gün geçtikte artmaktadır. ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde bu teknolojilerin gelişimi hızlanmış durumdadır. Buna ilişkin çalışmaların artırılması gerekmektedir. (Dünya THS: 7-8, TR THS: 3-4)
4.9 Jeotermal sera teknolojilerin geliştirilmesi, verimliklerin artırılması	Jeotermal sera teknolojilerin geliştirilmesi, verimliklerin artırılması konusundaki teknik sorunlar	Sıcak bölgelerde jeotermal seraların verimliliğinin artırılması için soğutma ve verimliklerinin artırılması ile ilgili çalışmalar, hem enerji verimliği hem de daha fazla ürün elde edilmesi açısından önemlidir. (Dünya THS: 6-7, TR THS: 3-4)

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
4.10 Jeotermal akışkandan değerli minerallerin (Li, Sr gibi) ayrıştırılması.	Jeotermal akışkan bir çok değerli mineraller (Li, Sr gibi) içermektedir. Bu minerallerin kazanımına ilişkin araştırmaların ve teknolojilerin yetersizliği	Jeotermal akışkandan Lityum kazanımına ilişkin çalışmalar, ABD, Almanya ve Fransa'da başlamıştır. Ülkemizdeki bazı sahalardaki akışkanda Lityum konsantrasyonu yüksektir. Ancak bu minerallerin kazanımına ilişkin çalışmalar son derece azdır.(Dünya THS: 3-4, TR THS: 1-2)
4.11 CO_2'nin Jeotermal kullanımı	CO_2 yakalamadan elde edilen CO_2'nin Jeotermal kullanımı	Hem çevredeki CO_2 yakalanması, hemde jeotermal kaynaklı CO_2 rezervuarlara rejenere edilmesi çevresel açısındaki problemleri minimize edebildiği gibi, akışkanın basıncının artmasına da katkı sağlamaktadır. Buna ilişkin çalışmalar İzlanda'da pilot düzeyde yapılmaktadır. Ülkemiz içinde son derece önemli olan bu konulara ilişkin çalışmalar gündemdedir (Dünya THS: 5-6, TR THS: 2-3)

5. Hidrojen Enerjisi Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
5.1 Hidrojen Üretim/ Elektrolizör Teknolojleri	Mevcut durumda hidrojen, yaklaşık olarak %74 oranında doğal gazdan, %24 oranında kömürden ve %2 oranında ise elektrolizör yolu ile elektrik enerjisinden üretilmektedir. Elektroliz yoluyla üretilmiş hidrojenin üretim ve sistem maliyetleri fosil kaynaklı hidrojene oranla yüksek (üretim maliyeti yaklaşık 6-10 USD/kg H2, sistem maliyeti 1000-2000 USD/kg)tir. Günümüzde, elektrolizör kapasitesi (PEM kapasitesi <20 MW, AEL kapasitesi <100 MW), verimi (<%70) ve basıncı (<40 bar) nispeten düşüktür. Bu değerlerin iyileştirilmesi gerekmektedir.	• Yenilenebilir elektrikten elektroliz yolu ile yeşil hidrojen üretimi teknolojilerinin geliştirilmesi (Solar [fotovoltik]---> H2, Rüzgar---> H2 , Dalga---> H2, Jeotermal---> H2 vb.) • Elektrolizör yolu ile hidrojen üretimi için üretim ve ilk yatırım maliyetlerinin düşürülebilmesi için elektrolizör sistemlerinde verimin yükseltilmesi (>%80), kapasitenin arttırılması (>100 MW), basıncın yükseltilmesi (>100 bar) kapsamında yenilikçi elektrolizör bileşenlerinin (elektrokatalizör, membran, plaka, conta vb.), modülün ve sistemlerin geliştirilmesi. • Yenilenebilir enerji kullanılıp yeşil hidrojen üretilen hidrojen çiftliklerinin kurulması çalışmaları (Dünya THS: AEL:9, PEMEL:6-7, SOEL: 4-5, AEMEL:3, PCCEL:3; TR THS: Tüm elektrolizör türlerinde <3-4)
5.2 Hidrojen Üretim/ Kömür, doğalgaz, biyokütle	Doğal gaz, kömür ve biyokütleden termokimyasal yöntemler ile hidrojen üretim maliyetleri CCUS hariç yaklaşık olarak 1.6-2.5 USD/kg H2 seviyesindedir. Net-sıfır hedefi doğrultusunda karbon tutma ve değerlendirme dahil edildiğinde maliyet etkin ve rekabetçi hidrojen üretimi proseslerinin ve sistem bileşenlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, yerli fosil kaynaklarımızdan linyitin hidrojen üretimi için özgün, çevreci ve yerlileştirilmiş teknolojiler ile değerlendirilmesi önemlidir.	• Linyit, biyokütle ve organik atıkların gazlaştırılması ve karbondioksitin tutulması ile hidrojen üretilmesi konusunda teknolojilerin geliştirilmesi • Termokimyasal yolla yeşil ve mavi hidrojen üretimi için verimi (>%65) ve sistem basıncı yüksek (>40 bar) eleman, ekipman, unite ve alt sistemler dahil entegre sistemlerin geliştirilmesi. • Düşük kalorili, yüksek kül ve kükürt içeren Türk linyit kömürleri için uygun gazlaştırıcılar, gaz temizleme sistemleri ve katalizörleri geliştirilmeli, CCUS sistemleri ile entegre edilmelidir. Oxy-gazlaştırma teknolojileri geliştirilmelidir. Dünya'da çoğunlukla Çin'de kömürden hidrojen eldesi için ticari tesisler bulunmaktadır. (Dünya THS: 9, TR THS: 5)

Elektrolizör teknolojisi seçilirken, Türkiye'de geliştirilecek sistemlerin yerli olarak bulunmayan nadir elementlere bağımlılığı en az olan teknolojileri olması önemlidir. Aynı zamanda, doğru destekler ve uzmanlıkların bir araya getirildiği bir model ile tek bir özel sektör kuruluşunun üzerine bu sorumluluğu vermeden, güçlü devlet iştiraki ile yerli elektrolizör ihtiyacı sorunu bir kaç yıl içerisinde çözülebilir.

Kömür, biyokütle ve doğalgazdan hidrojen üretiminin ülkemizdeki teknoloji hazırlık seviyesi gereken kararlar alınıp destekler sağlanırsa üç sene içinde 7-8 seviyesine ulaşabilir. Burada enerji sektörü şirketleri, EUAŞ, TKİ, TÜBİTAK MAM ve akademi ortaklıkları gerekmektedir. Burada unutulmaması gereken maliyeti ne olursa olsun önemli olanın kritik teknolojilere sahip olmak olduğudur. Ayrıca, hidrojen üretiminde koşullandırma ve temizleme konularındaki Ar-Ge çalışmalarının desteklenmesi gerekmektedir. Ek olarak, bu konularda ülkemizde çalışan KOBİ ölçeğindeki şirketlerin büyük ölçekli şirketlerle ortaklıkları sağlanabilirse ilgili teknolojilerde daha hızlı ilerlenebilir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
5.3 Hidrojen Üretim/ Doğalgaz/Biyogaz pirolizi	Doğalgazdan piroliz yoluyla hidrojen üretiminde, proses esnasında oluşan karbon birikintileri ve sürekli yüksek sıcaklık girdisi	• Doğalgaz/metan/biyometan pirolizi yoluyla hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi, proses yan ürünü karbondan, aktif karbon, grafit/grafen, karbon fiber, karbon nanotüp vb. katma değerli ürünler geliştirilmesi, kok ikamesi olarak kullanılabilme potansiyelinin değerlendirilmesi, • İlk yatırım maliyetini azaltmak ve teknolojik sorunları çözmek amacıyla, katalizör geliştirme konusunda çalışmalar gerçekleştirilmesi (Dünya THS: 3-6, TR THS: 1-3)
5.4 Hidrojen Üretim/ Modüler	H2 depolama zorluklarını ve risklerini en aza indirmek için kullanım yerinde istenildiği zaman istenildiği kadar H2 üretim teknolojilerinin geliştirilmesi.	• Hidrojenin talep edildiği yerde üretilmesini sağlayan küçük ölçek (100-300 Nm3/hr) CCUS ile entegre buhar metan reformlama (SMR) teknolojilerinde maliyeti azaltıcı uygulamalar (Türkiye'de uygulaması yoktur) • Hafif metallerin (alüminyum vb.) hidrolizi ile kullanma yerinde, istenildiği zaman ve miktarda hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi
5.5 Hidrojen Üretim/ Yenilenebilir enerji	Elektroliz gerektirmeyen hidrojen üretim yöntemlerinin geliştirilmesi	• Termoliz, fotoelektrokimyasal, fotoelektroliz, fotoelektrokatalitik, fotobiyoliz, sonik/ultrasonik yöntemler ile hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi • Mikrodalga ile hidrojen üretimi (Dünya THS: 7, TR THS: 5)
5.6 Hidrojen Depolama	Maliyet etkin ve güvenli olarak hidrojenin depolanması ve taşınması halen geliştirilmeye açık birçok alan içermektedir. Fiziksel, kimyasal ve kiriyojenik yollar ile hidrojen depolamada günümüzde ağırlık olarak %2.8-5.8, hacimsel olarak %16-28 aralığında kapasiteler söz konusudur. Hafif araçlar için depolama sistem maliyetleri ise 350 USD/kg H2 mertebesindedir.	• Hidrojen depolama teknolojilerinin geliştirilmesi (yüksek basınçlı hidrojen depolama sistemleri, LOHC, bor hidrür bileşikleri, metal hidrürler, zeolit, karbon temelli adsorbanlar, vb. (Dünya THS: 5-6; TR THS: 3-4) • Araç uygulamaları için maliyet etkin ve güvenli olarak hidrojenin depolanması kapsamında yukarıda bahsi geçen depolama teknolojilerinde, ağırlıkça hidrojen depolama kapasitesi %7, sistem maliyetleri ise <250 USD/kg H2 değerlerini elde etmek amaçlı depolama sistemlerinin geliştirilmesi.
5.7 Hidrojen Taşıma	Hidrojen/doğalgaz karışımının mevcut altyapıya uyumluluk sorunlarının olması.	• Mevcut altyapı değişiklikleri ve dönüşümüne yönelik (taşıma, depolama, dolum istasyonları vb.) gerekli teknolojilerin geliştirilmesi (Dünya THS: 5-7, TR THS: 1-3) • Doğalgaz hatlarına hidrojen enjeksiyonu konusunun çok paydaşlı pilot uygulamalar ile desteklenmesi.(Dünya THS: 8, TR THS: 6) • Mevcut boru hatlarının hidrojenin etkilerine karşı dayanımının geliştirilmesi için malzeme ve teknikleri ortaya konması, hidrojen karıştırılmış doğal gaz kullanımı için alt yapının uygunluğunun incelenmesi ve uygulanması, doğalgaz ve hidrojen karışımları kullanan evsel ekipmanların dönüştürülmesi veya geliştirilmesi, testleri, doğalgaz ve hidrojen karışımları kullanan sanayi ekipmanların (kazan, türbin) dönüştürülmesi veya geliştirilmesi, testleri gerçekleştirilmesi
5.8 Hidrojen Kullanımı	H2 karışımlarının yanma teknolojilerinin geliştirilmesi Hidrojen veya doğalgaz/hidrojen karışımı yakıtla çalışan gaz turbin ve jet motorları (hydrogen fueled gas turbines) karbon salınımsız motorlarda ve itki sistemlerinde kullanımı	• Doğal gaza hidrojen ilave edilmesi durumu için gaz türbini, kazan ve brülör geliştirilmesi (Dünya THS: 6-7, TR THS: 4-5) • %100 oranında hidrojen kullanılması durumu için gaz türbini, kazan ve brülör geliştirilmesi (Dünya THS: 6-7, TR THS:-) • %100 oranında yeşil amonyak kullanılması durumu için içten yanmalı motor, gaz türbini ve kazan geliştirilmesi (Dünya THS: 6-7, Türkiye uygulaması yok) • Gaz türbini yanma odası başta olmak üzere, tüm rotor şaft ve kontrol sistemi gibi birçok sistemde hidrojen için değişiklik yapılmasını sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
5.9 Hidrojen Kullanımı/ Ulaşım Uygulamaları	Dünyada, hidrojenin ulaşım uygulamalarında kullanımı giderek yaygınlaşmakla birlikte, yakıt pilli araçların maliyetleri önemli ölçüde yakıt hücresi maliyetlerinden kaynaklı olarak halen yüksek ve altyapılar yeterli değildir.	• Hidrojenin araç uygulamaları için maliyet etkin yakıt hücresi sistemlerinin (<50 USD/kW) ve bu kapsamda uygun bileşenlerin geliştirilmesi. (Dünya THS: 8-9; TR THS: 5) Hidrojenin kullanımı esnasında güvenlik oldukça önemli. Güvenliği artırıcı çalışmalar gerçekleştirilmeli.
5.10 Hidrojen Kullanımı/ Hammadde	Kimya sektörünün fosil yakıtlara bağımlılığının temiz hidrojen yardımıyla azaltılması, bu konuda maliyet-etkin teknolojilerin geliştirilmesi zorunluluğu.	• Hidrojenin hammadde olarak kullanımıyla, alternatif yakıtlar ve kimyasalların üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (yenilenebilir metan, metanol, etanol, DME vb.) (Dünya THS: 3-6, TR THS: 3) • Hidrojenin hammadde olarak kullanılması ve havadaki azotun ayrıştırılması ile amonyak üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (katalizör geliştirilmesi dahil) (Dünya THS: 3-6, TR THS: 3) • Enerji yoğun sektörlerde CO_2 azaltma ve/veya değerlendirme amacıyla hidrojen kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi (Dünya THS: 4-5, TR THS: 2-3)
5.11 Hidrojen Kullanımı/ Yerleşik uygulamalar	Telekom ve acil durum güç sistemleri gibi güç ihtiyacı olan yerlerde kullanılmak üzere yakıt pilli mikrokojenerasyon sistemleri ile yerleşik elektrik ve ısı ihtiyacının karşılanması için yakıt pilli yüksek kapasiteli (>100kW) kojenerasyon sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.	• Hidrojenli yakıt pili teknolojilerinin evsel ve taşınabilir uygulamalarda kullanıma imkân verecek teknolojilerin geliştirilmesi • Bu sistemler için teknik hedefler: Ömür: > 40.000 saat PEMYP sistem CAPEX: < 5.000€/kW PEMYP elektriksel verim: > %50 PEMYP modül üretim fiyatı : < 200€/kW PEMYP degredasyon (1000 saatte): < %0.6 KOYP sistem CAPEX: < 3.500€/kW KOYP elektrksel verim : > %45 (toplam verim : >%85) KOYP modül üretim fiyatı: < 1000€/kWel KOYP degredasyon (1000 saatte): < %0.6 Yerleşik uygulamalarda CAPEX azaltılması, Seri üretime uygun proses geliştirilmesi, artırılmış ömür, esnek işletim Sistem CAPEX:<10.000€/kW Elektriksel verim: >%50 (Dünya THS: 6-9, TR THS: 5)
5.12 Güvenlik	Üretim sonrası hidrojenin kullanıma hazır hale getirilmesinde ihtiyaç duyulan teknolojilerdeki yetersizlikler.	• Çeşitli proseslerden üretilmiş hidrojenin temizlenmesi, ayrıştırılması, koşullandırılması için teknolojilerin geliştirilmesi (Dünya THS: 7-8, TR THS: 3-5) • Hidrojen enerji sistemleri için yardımcı ekipmanlar ve elemanların (kompresör, sensör, valf, sızdırmazlık ekipmanları, akış ölçme ve kontrol bileşenleri vb.) geliştirilmesi (Dünya THS: 6-8, TR THS: 3) • Hidrojen saflaştırma sistemleri ve sıvı-gaz ayrım sistemleri geliştirilmesi, hidrojen-oksijen karışımı güvenliğine odaklanan çözümler üretilmesi ve sensör teknolojileri geliştirilmesi. (Dünya THS: 7, TR THS: 4)

Hidrojenin yerinde üretilmesi veya taşınma problemlerinin çözülmesi teknolojinin yaygınlaştırılmasında önemlidir.

6. Nükleer Enerji Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
6.1 Yeni nesil ileri nükleer reaktörler	Genel İhtiyaçlar 1. Nükleer teknolojiler alanında çok disiplinli insan kaynakları eksikliği 2. Ulusal ve uluslararası işbirliklerin sorumlu kurum çatısı altında toplanması için paydaşlar kurulu kurulması ve bütün bileşenler için tedarik zincirinin oluşturulması 3. "İdari yapılanma ve dördüncü nesil nükleer reaktör teknolojilerinin edinilmesi ve yerlileştirilmesi için uluslararası işbirliklerinin yapılması (GIF, EURATOM, IAEA vb. anlaşmaları) 4. Özel sektöre ve KOBİ'lere yönelik özendirici teşvik programlarının yürürlüğe konulması II. Altyapı İhtiyaçları 5. ETR'de kullanılacak yapısal ve ergimiş tuz malzemelerinin radyasyon ile etkileşiminin incelenmesi için; 5.1.TR-2 Araştırma Reaktörünün aktif hale getirilmesi 5.2. Destekleyici faaliyet olarak TENMAK-NÜKEN bünyesinde çok amaçlı kullanıma uygun yüksek nötron akılı (en az 1014 n/cm2/sec) yerli bir araştırma reaktörü tasarlanması ve kurulması 6. Nükleer Teknoloji Ar-Ge Merkezi veya tasarım, mühendislik ve bileşen üretimi için bir Nükleer Teknolojiler Araştırma Enstitüsü kurulması 7. Nükleer yakıt ve malzeme teknolojileri altyapısının geliştirilmesi ve kapasitesinin artırılması III. Teknik İhtiyaçlar 8. Yakıt tuzları, süper alaşımlı malzeme teknolojisi altyapısının geliştirilmesi ve kapasitesinin artırılması 9. Reaktör güvenliğinin geliştirilmesi 10. Millî yakıt olarak toryumu kullanacak teknolojiye ve tasarıma sahip yeni nesil nükleer reaktörün alt özelliklerinin belirlenmesi (örnek: Molten Salt Fast Breeding Reactor using Thorium - MSFBR-Th)	Nükleer enerji OECD/NEA ve IAEA tarafından önde gelen temiz enerji kaynakları arasında belirtilmektedir. Ülkemiz tarafından 22 Nisan 2016'da imzalanan Paris anlaşması ve Avrupa Birliği İklim Aksiyonu ve Yeşil Mutabakat (EU Climate Action and Green Deal), temiz enerji üretimi, düşük karbondioksit ve diğer sera gazları salınımı konusunda üye ülkeler ile üye olma aşamasındaki ülkeler için önemli yükümlülükleri beraberinde getirmektedir. Bunlar arasında özellikle, 2030 yılına kadar sera gazı salınımının %55 oranında azaltılması ve 2050 yılına kadar salınımın iklim değişikliğine neden olamayacak seviyelere indirilmesi en dikkat çekici yükümlülüklerdendir. Rüzgâr, güneş enerjisi, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinin beraberinde getirmiş olduğu dezavantajlar düşünüldüğünde; bu yükümlülüklerin tek başına bu kaynaklar ile karşılanması mümkün gözükmemektedir. 2000 yılında uluslararası işbirliği ile oluşturulan IV. Nesil Uluslararası Forum (Generation IV International Forum-GIF), ülkeleri daha çevreci, güvenli ve düşük maliyetli nükleer teknolojierin geliştirilmesine yönlendirmek amacıyla başlatılmış bir programdır. Programın ana hedefi, günümüzde kullanılmakta olan III. ve III+ nesil reaktörlere kıyasla, yüksek güvenlik (safety), düşük maliyet (low cost), sürdürülebilirlik (sustainability), güvenilirlik (reliability and safeguards) ve ihtiyaca göre ölçeklenebilir olma gibi üstün özelliklere sahip reaktörleri 2030 yılına kadar ticari hale getirmektir. Bu hedef sayesinde geçmişte meydana gelen nükleer kazaların (Three Mile Island, Chernobyl, Fukushima) önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Ergimiş Tuz Reaktörleri (ETR), GIF programında kabul görmüş olan altı çeşit dördüncü nesil tasarım arasında teknolojik olarak gelişmiş, kavramsal ispatı yapılmış olarak değerlendirilen reaktör teknolojisidir. Bunun en önemli sebebi ise, 1955-1974 yılları arasında bu teknolojinin ABD Enerji Bakanlığı'na bağlı araştırma enstitülerinden Oak Ridge National Lab (ORNL)'da denenmiş ve altı yıl boyunca küçük ölçekte de olsa enerji üretiminde kullanılmış olmasıdır Ayrıca son yıllarda bu teknolojiye dayalı nükleer güç santrali geliştirme çalışmaları başta ABD, Kanada, Rusya, Çin ve Hindistan'da olmak üzere pek çok ülkede başlatılmış ve bu alanda özel teşebbüsler kurulmuştur. ETR'lerin en önemli özelliklerinden birisi de; bu reaktörlerde yakıt olarak toryumun, uranyum veya kullanılmış yakıtlardan elde edilen aktinitlerle birlikte kullanılabilmesidir. 1. Nitelikli insan kaynağı ihtiyacına yönelik olarak nükleer enerji konusuna odaklanacak ve yüksek kalitede eğitim verecek akademi ve araştırma enstitüsü kurulmalıdır. Ayrıca mevcut enstitülerin eşgüdümlü çalışmaları sağlanmalıdır. Bu kapsamda yurt dışı beyin göçünün önüne geçilecek ve tersine beyin göçünü sağlayacak destek programlarının oluşturulması ve nükleer teknolojilere yönelik olarak temel bilimlerin ve mühendislik bilimlerinin yer alacağı bir akademinin kurulması ve bu akademide yer alacak yurt içindeki ve yurt dışındaki bilim insanlarının desteklenmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir. Nükleer (reaktör) fiziği ve matematik konuları ağırlıklı olmak üzere, yeni nesil nükleer reaktörler kapsamında eğitim vermek üzere tasarlanmış, hedefleri kesin ve kolay erişilebilen bir şekilde belirlenmiş, yönetimi sade (büroksiye fazla boğulmayan) bir enstitünün kurulumu, gerekli insan kaynağının hızla yetiştirilmesini sağlayacaktır. Bu enstitüde teorik çalışmaların yanında deneysel çalışmaların da yapılacağı laboratuvarlar yer almalıdır. Temel mühendislik dallarında eğitim gören/görmüş olan kişilere nükleer mühendisliğin temellerinin öğretileceği hızlandırılmış eğitim programlarının hem üniversiteler, hem de TÜBİTAK ve TENMAK gibi kurluşların ortak işbirliğiyle hazırlanması ve yürürlüğe konulması nükleer teknolojiler alanındaki insan kaynağı açığının kapatılmasına yardımcı olacaktır.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	11. ETR'lerin ısı ve elektrik enerjisi çıktılarından yararlanacak hidrojen üretimi, yerleşim yerleri ve tarım için ısıtma, metanol ve amonyak üretimi gibi başka yenilikçi teknolojilerin desteklenmesi 12. Reaktör/yakıt geliştirme kritiklik tesisi (criticality facility) kurulması 13. Nükleer güvence (safeguards) özelliklerine uygun tasarım geliştirilmesi 14. İleri Teknoloji Küçük Modüler Reaktörlerin (KMR) araştırılması	2. IV. Nesil Uluslararası Forum (GIF) ve Avrupa Atom Enerjisi Topluluğuna üyelik süreçleri tamamlanmalıdır. GIF başvurusu için gerekli milli Ergimiş Tuz Reaktörü (ETR) yol haritası resmi devlet politikası olacak şekilde onaylanmalıdır. Bu üyelikler ileri reaktörler alanında araştırma ve geliştirme yapan diğer uluslararası çalışma gurupları ile işbirliği ve bilgi paylaşımı imkânı sağlayacaktır. 3. ETR üretimini ve paydaşlar arasında eşgüdümü sağlayacak ilgili özel ve kamu kuruluş ve kurumlarının katılımıyla bir millî nükleer reaktör şirketi kurulmalıdır. Kamu ve özel kuruluşların konsorsiyumu hâlinde, özel bir yasal düzenleme ile kurulacak bu şirketin hedefi, millî ETR üretimini gerçekleştirmek ve ileri teknoloji küçük modüler reaktörlerin yapım imkânlarını araştırmak olmalıdır. Şirket, hedeflenen ETR'nin kurulumuna yönelik plan, program, uygulama, gözetim ve değerlendirmelerin etkin olarak yapılmasını sağlayacak ve bütün paydaşların eşgüdüm içinde çalışmalarını yönetecek şekilde yapılanmalıdır. Şirketin bünyesinde (a) Proje Eşgüdüm Kurulu ve (b) Proje Yönetim Ofisi ve (c) Halkla İlişkiler Ajansı olmalıdır. 4. Nükleer enerjinin kullanımının toplumda kabul görmesine yönelik tanıtım ve halkla ilişkiler faaliyetleri yapılmalıdır. Dördüncü nesil nükleer santrallerin üretim ekonomisi, enerji güvenliği, çevresel faydaları ve olası riskleri konularında bilinçli bir kamuoyu oluşturulması, Türkiye'nin nükleer enerji teknolojileri alanında gelişebilmesi için önemlidir. Bu politika önerisi ile toplumun nükleer enerjiye güvensizliği azalacak, nükleer risk algısı düzeltilecek ve nükleer enerji santrallerinin toplumsal kabulü sağlanacaktır. 5. Ulusal sürdürülebilir iklim politikaları uygulanmalı ve nükleer enerji alternatif olarak belirtilmelidir. Düşük karbondioksit salınımının sağlanması, ülkemizin dâhil olduğu Paris Anlaşmasının gereklerindendir. Ayrıca, AB yeşil enerji hedefleri de (European Commission 2030 Green Deal) karbondioksit salınımında kısa vadede çok önemli kısıtlamalar getirmektedir. Bu konudaki taahhütlerimizin sadece güneş ve rüzgâr enerjisiyle karşılanması mümkün değildir. Nükleer enerji üretimi gerekli olmaktadır. 6. Kamu destek programları nükleer alana odaklanmalı ve eşgüdüm içinde planlanmalıdır. Nükleer enerji programı oluşturulmalı ve mevcut diğer ulusal kalkınma programları arasında uyum sağlanmalıdır. Orta ve büyük ölçekli firmaların nükleer enerji üretimi ekosistemine dâhil edilmeleri ve teşvik edilmeleri sektörün gelişmesi için önemlidir. Bu maksatla, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, KOSGEB, TUBITAK, TENMAK, Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı gibi destek ve teşvik sağlayan devlet kurumlarımızın eşgüdüm içinde programlarını yürütmeleri gereklidir. 7. Mevcut nükleer teknoloji araştırma altyapılarının kapasitelerinin güçlendirilmesi ve yenilerinin kurulması gereklidir. Bu kapsamda; malzeme ve yakıt bileşenlerinin testleri için, TR-2 Araştırma Reaktörünün tekrar hayata geçirilmesine ve/veya uygun nötron akısına sahip araştırma/test reaktörüne ihtiyaç vardır. Yakıt davranışlarını simüle etmek ve ETR simülatörünü yapmak için gerekli yazılım ve donanım kurulmalıdır. ETR'de yakıt (fuel) ve soğutucu (coolant) olarak kullanılacak tuzların geliştirilmesi için altyapı kurulmalıdır. ETR'de kullanılacak nikel bazlı alaşımların üretiminde kullanılacak altyapı kurulmalıdır. Radyoaktif malzeme ve tuzların geliştirileceği, sıcak hücrelerin (hot cell) bulunduğu laboratuarlar kurulmalıdır.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		8. ETR'ye özel nükleer güvenlik kriterleri belirlenmeli; reaktör kurulum aşamalarına uygun lisanslama/sertifikasyon mevzuatı oluşturulmalı ve standartları belirlenmelidir. ETR'lerin aşırı güvenlik önlemleri alınmasını gerektirmeyen, yenilikçi teknolojisi, ETR'lerin düşük maliyetle üretimini sağlamaktadır. Bununla birlikte, ETR teknolojisi, geleneksel nükleer reaktör teknolojisinden farklıdır. Özellikle kaza senaryoları ve alınması gereken güvenlik önlemleri, bilinen nükleer güvenlik kriterlerinden farklıdır. ETR'ye özel nükleer güvenlik kriterleri, Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK) ile koordinasyon içinde tanımlanmalı ve gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır.
	Yeni nesil nükleer reaktör teknolojisi aynı zamada 4. nesil reaktör teknolojisi kavramıyla birlikte anılmaktadır. 4. Nesil Milletlerarası Forum'unun belirlediği 6 "yeni nesil nükleer reaktör" teknolojisinde Türkiye'nin şartlarına en uygun olarak Ergimiş Tuz Reaktörü (ETR) seçilmiştir. Karşılaşılan en büyük teknolojik zorluklar üç ana başlık altında toplanabilir: I) Reaktör fiziği; II) Tuz kimyası ve malzeme bilimi; III) Mühendislik tasarım ayrıntıları. Reaktör fiziği alanında, 1) mültifizik simülasyon yazılımların ve deneysel doğrulama konusu; 2) Modelleme ve ışınlama deneyleri; 3) Yüksek duyarlıklı simülasyon; 4) Yakıt tuzları ve soğutcu malzeme doğrulanmış veritabanı özellikleri hakkında eksiklikler; 5) Çalışma şartlarına uygun dinamik simülasyon geliştirilmesi sayılabilir. Tuz kimyası ve malzeme bilimi alanında, 1) 650-700 oC flüorür (veya klorür) tuz karışımı bileşiminin çalışma koşullarında belirlenen sınırlar dâhilinde sabit tutulması; 2) Ergimiş tuz ortamında tuzun anyonlarının oksitleme derecesinin kontrolü ve düzeltilmesi için redoks potansiyelinin kontrolü; 3) Yüksek sıcaklık elektrokimyasal kontrol ve düzeltme yöntemlerinin deneysel olarak gerçekleştirilmesi. Mühendislik tasarımında, 1) yapısal malzeme (kor, borular, vanalar, pompa) etkileşim dayanıklılık, korozyon deney çevrimlerinin gerçekleştirilmesi; 2) Toryum ve uranyum flüorürleri ile tuz karşışımında kullanılan Li-7'ce zneginleşitirilmiş Lityum flüorür üretimi; 3) Sistem ölçüm ve izleme sistemlerinin tasarımı ve güvenirliği (vanalarda, pompalarda korozyun), ergimiş tuzla temas etmeyen ölçüm sistemlerinin (sıcaklık, basınç, akışkalık, vb.) geliştirilmesi; 4) Reaktör çalışırken yapılması zorunlu olan gaz temizleme işlemi: gaz ile sürürklenen katı parçacıkların filtreleri tıkama problemi gibi...	ETR'lerde korozyona dayanıklı nikel esaslı Hastelloy-N türü alaşımlar geniş ölçüde kullanılmış ve tuz ektisiyle ile ışınlamaya karşı dayanıklıkları test edilmiştir. Bu testlerle ilgili çok sayıda araştırma sonuçları yayınlanmıştır. Bu çalışmaların sonuçlarna göre uygun alaaşım bileşimleri de ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla malzeme seçiminde seçenekler oldukça azaltılmıştır. Türkiye'de de nikel esaslı alaşımlar üzerinde yeterli olmamakla beraber önemli çalışmalar mevcuttur. Mültüfizik simülasyon ve modelleme yazılımları üzerinde çalışacak özel şirketlerde ve kamusal (akademik) kurumlarda uzman ekipler mevcuttur. Tuz kimyası ve elektrokimyasal çalışmalar henüz yeterli değilir. Üniversitilerin uzman laboratuvarlarında tuz kimyası ve ergimiş tuz ortamında elektrokimyasal çalışmalar, redoks ölçümleri ve kontrolü alanında teşvikler verilmelidir. Yurt dışında da (Danimarka, ABD- Idaho National Laboratory-Oak Ridge National Laboratory...; Çin-SİNAP; Fransa-CNRS laboratuvarları-Karlsruhe JRC; İsviçre-Paul Scherrer Instiute; Çekya- Rez Araştırma Merkezi; Rusya-Kurçatov Enstitüsü...) tuz karışımları, malzeme etkileşimi, alaşım geliştirme konularında oldukça önemli bilgi birikimi oluşmuştur. Türkiye'de THS 2-3 düzeyinde; yurt dışında ise ortalama THS:4-5 seviyesinde olduğu söylenebilir. Ancak bazı ülkeler de daha yüksek THS seviyelerine erişilmiştir (Çin için THS:6-7; Danimarka Seaborg Technologies ve Copenhagen Atomics için THS: 5-6; gibi örnekler verilebilir).
	1. Kurulmakta olan ve kurulacak olan NPP'lar yerlilestirme oranlarının artırılması (Akkuyu icin bu bize 65%'e kadar imkân vermesine ragmen, bizim katkilar cok dusuk.). 2. SMR teknoloji ve kabiliyetlerinin geliştirilmesi	Bu kapsamda politika önerileri: • İnsan kaynagi yetistirme, • ihtiyac duyulan yerli teknolojilerin gelistirilmesi • Ekosistemin geliştirilmesi ve işletilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	3. Nukleer kojenerasyon ve multijenerasyon seceneklerin gelistirilmesi (boylece elektrigin yanisira, fayadlı ısıyı da cekip ısıtma, sıcak su, temiz su, hidrojen ve alternatif yakit üretme amaçlı kullanma). 4. Nukleer enerji sistemlerinin yenilenebilir enerji sistemleriyle entegrasyonu (ozelikle bolgesel uygulamalar için) 5. Advanced NPPs ve arastırma reaktörü kurma ve kabiliyet geliştirme 6. Medical izotop amacli nükleer teknolojilerin ihtiyaclarımızı karsılayacak şekilde kurulması 7. Gıda ışınlama teknolojilerinin iyileştirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması 8. Tarihi eserlere yönelik görüntüleme teknolojilerinin iyileştirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması 9. Nükleer atık yonetim teknolojilerinin geliştirilmesi	• Sürdürülebilir fonlama mekanizmalarının ve teşviklerin kurulması • Teknolojik ürün önceliklerinin belirlenmesi • paydasların biraraya getirilmesi • Teknoloji geliştirme onceliklerini kurma • Sektör imalat kabiliyetlerini artırma

7. Biyoyakıt Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
7.1 Biyo-yakıtlar (biyo-dizel, biyo-etanol, biyo-jet yakıtı, biyo-metan, vb.)	Biyokütle temininde yaşanan zorluklar: 2. nesil enerji bitki ekimi olmaması	Hali hazırda tarım arazisi niteliğini yitirmiş alanlarda o bölgenin coğrafi koşullarına uygun enerji bitkisi ekimi yapılması ve işleyebilecek tesislerin kurulması.
7.2 Biyoyakıtlar (Mikroalg temelli):	Mikroalg temelli biyoyakıt üretiminde, yukarı akış proseslerinde birim hacim başına elde edilen biyokütle ve yağ miktarlarındaki düşük rekolte değerleri nedeniyle yüksek verimli reaktör sistemlerine gereklilik duyulmaktadır. Aşağı akış proseslerinde ise ağırlıklı olarak hasatlama ve yağ işleme sistemlerinde maliyet azaltımı gerekmektedir.	• Biyorafinerilerde kullanılacak (foto)biyoreaktör verimlerinin artırılması (çok fazlı akışkanlar mekaniği, ışığın kaynaktan temini ve soğurulması teknolojileri, vd.); ile enerji verimli, ölçeklendirilebilir biyokütle ayırma, parçalama, kurutma, vd. biyoproses teknolojilerinin geliştirilmesi (Dünya THS:3-5, TR THS: 1-3)

Özellikle ağır vasıta/ağır iş (kamyon, otobüs, gemi, uçak) motorları için mevcut yakıt dolum tesislerindeki altyapıya uygun (drop-in olarak tabir edilen) sıvı biyoyakıt üretimi önümüzdeki 15-20 yıllık dönemde ham petrol ithalatı yüksek olan Türkiye için önem taşımaktadır.

•Mikroyosunların bazı önemli özellikleri

• Çok çabuk büyüyen, gıda için gerekli tarım alanlarıyla çakışmayan, ihtiva ettikleri yağ ve protein gibi bileşenlerinin birçok değer zincirine dâhil olma imkânına ve karbondiyoksit tutma kabiliyetine sahip olan ve alternatif sıvı yakıt (özellikle sustainable aviation fuels, SAF) üretimi için kullanılabilen hammaddelerdir.

• Türkiye'de bilgi birikimi ve iklim koşulları açısından ölçeklendirme potansiyelleri bulunmaktadır; üretim teknolojilerinin ülkemizde iyileştirilmesi mümkündür (özellikle reaktör teknolojilerinin verimliliklerinin iyileştirilmesi, çok fazlı akışkanlar mekaniği, ışığın kaynaktan temini ve soğurulması teknolojilerinin geliştirilmesi, vb.)

• Çeşitli organik atıkların bertarafına imkan vermektedirler, örneğin atıksu arıtma tesislerinden çıkan çamurun hidrotermal karbonizasyon yoluyla katı yakıta (linyit vari) dönüştürülmesi sırasında ortaya çıkan proses suyu kullanarak mikroyosun yetiştirilebilir. Böylelikle proses suyunda bulunan azot, fosfor vb. miktarları düşer ve su deşarj edilebilir. Benzer teknoloji, aynı şekilde başka çok ıslak organik atıklara da uygulanabilir.

• Süperkritik su gazlaştırılması ile hidrojen üretimi potansiyelleri bulunmaktadır.

Dünya'da (bilhassa Çin'de) üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır ve halen küresel pazardan pay alma imkânı olan bir teknolojidir.

• Mikroyosun üretiminde azot, fosfor gibi nutrient kullanımı gerektiğinden atıksu arıtma tesisi, gıda üretim fabrikaları vb. yerlerde oluşan atıkların döngüsel ekonomi kapsamında değerlendirilmesi mümkündür. Aynı şekilde, mikroyosun üretiminde gerekli olan CO_2, tüm yüksek emisyon salımı olan endüstrilere (çimento, petrokimya, vb) entegre edilerek biyokütle hammadde temini sırasında karbon yakalama ve değerlendirme sistemine (CCUS) dahil olabilir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
		• Mikroyosun türlerinin moleküler iyileştirme teknikleri (CRISPR, RNAi, vd.) kullanılarak 4. nesil biyoyakıtlar ve yüksek katma değerli biyoteknolojik ürünlerin üretimi için geliştirilmesi (Dünya THS 3-5, TR THS 1-3) • Foto(biyo)katalitik yöntemlerle yapay fotosentez proseslerinin geliştirilerek biyoyakıt ve biyohidrojen üretiminde kullanılması (Dünya THS 3, TR THS 1)
7.3 Biyokütle kaynaklarından (tarım, orman, evsel, endüstriyel organik atıklar) gazlaştırma, piroliz gibi termokimyasal yöntemlerle biyorafineri teknolojileri ve uygulamalarının geliştirilmesi	Entegre sistem verimi yüksek teknolojilerin %45 üzerine çıkacak şekilde geliştirilmesi.	• Atıksu arıtma tesislerinde ortaya çıkan çamur, tarım, orman, hayvancılık ve sanayi kaynaklı diğer atıkların biyokimyasal (enzimatik, mikrobiyal çevrimler dahil), termokimyasal (piroliz, gazlaştırma (plazma destekli teknolojiler dahil)) ve hidrotermal (hidrotermal sıvılaştırma, karbonizasyon, kritik üstü gazlaştırma vb.) teknolojilerle yenilenebilir katı, sıvı, gaz yakıtlara ve hidrojene dönüştürecek (katalitik iyileştirme dahil) teknolojilerin geliştirilmesi (Dünya THS 6-7, TR THS 5-6) • Hidrotermal proses suları dahil atık suların ihtiva ettiği azot ve fosfor besi maddeleri ile karbon yoğun proseslerden ve/veya doğrudan havadan yakalanan CO_2'i kullanarak mikroyosun üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (Dünya THS 5-6, TR THS 5-6)
7.4 Biyoyakıtların petrol tabanlı fosil yakıtlar ile ekonomik açıdan rekabet edebilmesi için aynı biyokütle kaynağından biyoyakıt eldesi dışında ek katma değerli ürünlerin çıkartılmasının entegre biyorafineri sistemleri içinde değerlendirilmesi	Mikroalg'ler özelinde biyoyakıt üretimi için kullanılacak yağ çıkartılması sonucunda oluşan posanın tehlikeli solventlerden ayrıştırılarak biyogübre, hayvan yemi gibi uygulamalarda kullanılmasının sağlanması	Mikroyosun ve/veya yenilenebilir biyo kaynaklardan çeşitli sektörlerin kullanımı için sıvı yakıt (sivil havacılık ve denizcilik yakıtları dahil) ve değer zinciri yaratacak ürünleri (protein, biyoplastik, biyogübre, vb.) üretme amaçlı, sıfır atık, döngüsel ekonomi ve çoklu ürün eldesine yönelik, yenilenebilir enerji destekli entegre biyorafineri teknolojilerinin geliştirilmesi (Dünya THS 5-6, TR THS: 3)
	"Üçüncü nesil biyorafineri" konseptinde, ligninin değerlendirilmesi (Biyorafinerilerde biyokütlenin selüloz ve hemiselüloz fraksiyonları değerlendirilmekte, ligninin ise atık olarak kabul edilmektedir)	Ligninin hidroliz, sıvılaştırma, karbonizasyon, piroliz, gazlaştırma gibi farklı termokimyasal dönüşüm yöntemleri ile biyoyakıt, kok benzeri ürün, hidrokarbon, fenol ve kresol gibi değerli ürünlere dönüştürülmesi, bu amaçla seçici heterojen katalizörlerin geliştirilmesi
7.5 Organik atıklardan elde edilen biyogazın biyometan veya biyobütanol olarak yükseltilmesini (upgrading) sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi	Dünyada biyometanizasyon sistemlerinde elde edilen biyogazın ve fermente ürünler iyileştirilerek katma değeri yüksek ürünlerin eldesi giderek yaygınlaşmaktadır. Döngüsel ekonomi, yeşil mutabakat, katma değer vb. açılardan önemli bir potansiyel içeren bu alanda, ülkemizdeki teknolojik yeterlik ve uygulamalar yeterli değildir.	Biyogaz sistemi belirli nem, sıcaklık ve anaerobik koşullar altında biyobozunur organik maddelerin bakteriler yardımı ile biogaza dönüştürülme prosesleridir. Reaktörler kuru, yaş ve yarı yaş gibi farklı koşullarda işletilmekte ve sindirme sürecinde ortam koşullarına bağlı olarak farklı bakteri türleri kullanılabilmektedir. Reaktörden alınan gazın enerji içeriğinin yüksek (metan ve hidrojen oranı), gübre olarak kullanılması öngörülen katı ve sıvı ürünlerin patojen içeriğinin de mümkün mertebe düşük olması istenmektedir. Bu kapsamda, fermenterin çalışma koşulları önem arz etmektedir. Örneğin kuru proses ve daha yüksek sıcaklığa dayanıklı termofilik özellik gösteren bakterilerin kullanılması durumunda, çıkan sıvı ürünün ısıl işlemi için daha az enerji gereksinimi olacaktır. Bu kapsamda, biyogaz sistemlerinde gaz dönüşüm verimleri yüksek ve patojen içeriğinin düşük olduğu reaktörlerin, elde edilen biyogazın biyometan veya biyobütanol olarak yükseltilmesini (upgrading) sağlayan teknolojilerin, biyogaz saflaştırma, temizleme ve reformlama sistemlerinin (CO_2, sülfür bileşikleri ayırma, siloksanların giderimi vb.) geliştirilmesi ve uygulamaya alınması.

Biyometanizasyon konusunda Türkiye'de belli sayıda uygulama olmakla birlikte, sistemlerin emre amadeliği, verimi, katı ve sıvı atıkların gübre vb olarak kullanımı konusunda geliştirilmeye açık alanlar vardır. Bu kapsamda, entegre biyometanizasyon, biyometan ayrıştırma / karbon tutma ve kalan katı malzemeyi hidrotermal karbonizasyon ile katı yakıta dönüştürme ve de patojen yükünü azaltma sistemleri geliştirilmelidir.

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
7.6 Entegre biyoenerji sistemleri (örn. güneş enerjisi ile entegre olabilecek biyoenerji sistemleri)	Biyogaz + mikroalg (CO_2 yakalama) - biyometan üretimi için (upgrading): Biyogaz'ın içeriğinde problem yaratan hidrojen sülfür biyolojik veya kimyasal desülfürüzasyon yöntemleri ile ayrıştırılmakta, CO_2 ise yosun biyokütle üretiminde kullanılmaktadır. Bu sistemdeki desülfürüzasyon sonucu oluşan sülfürük asit kaynaklı pH problemleri üzerinde çalışmalar devam etmektedir.	Asidofilik mikroorganizmalar ile hidrojen sülfürün ayrıştırılması, ekstromofilik yosun türleri ile CO_2 yakanabilmesi amaçlı teknolojilerin geliştirilmesi.
	Jeotermal + mikroalg (CO_2 yakalama için): Jeotermal sistemlerde ortaya çıkan CO_2 bertarafı.	Jeotermal kaynaklarda ortaya çıkan CO_2 emisyonlarının santral bölgesinde kurulacak yosun reaktörleri ile yakalanarak yosun biyokütle üretiminde kullanılabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesini ve ısı sistemleri yardımıyla reaktörlerin verimli çalışmasını sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi. İtalya'da çalışan örnek sistemler bulunmakta ancak Türkiye'de örneği henüz yoktur.

8. Enerji Sistemleri ve Elektrik Şebekesi (Akıllı Enerji Yönetimi Teknolojileri)

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
8.1 Enerji sistemleri ve elektrik şebekesi	Mevcut dağıtım şebekelerinin pasif (üretim olmayan ya da çok az olan) şekilde tasarlamış olması, dolayısıyla dağıtık üretimin artmasıyla birçok işletmesel problemin (gerilim regülasyonu ve hat kapasite aşımı başta olmak üzere) ortaya çıktığı gözlemlenmektedir.	Dünyada bu problem için otonom ve yerel çözümler kullanılmaktadır, fakat bu durum üretim kapasitesinin kısıtlanmasına sebep olmaktadır. Bunun yerine çok katmanlı bölgesel ya da doğrudan merkezi çözümler/karar destek algoritmaları geliştirilmelidir.
	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kesintili ve belirsiz üretim karakteristiği.	- Depolama sistemleri ve V2G ile beraber ele alınmalıdır. - Düşük maliyetli izleme birimleri
	Elektrikli araçlar gibi teknolojiler ve talep tarafı yönetimi gibi yeni anlayışlarla talep tarafının bilinen profillerden farklılaşması (dağıtım siteminin büyüklüğü ve gerçek zamanlı izleme altyapısının eksikliği ile ilintili)	- Düşük malyetli izleme birimleri - Büyük veri işleyecek karar destek sistemleri - Müşteri ve üretici arasında köprü sistemeler (iletişim, alışveriş, vb.)
	Enerji depolama birimlerinin optimum/efektif kullanımı	- Yenilenebilir kaynaklarla birlikte ele alınmalı - Ekonomik işletimi sağlayacak gerektiğinde teknik problemleri çözecek kontrol algoritmaları geliştirmek. - Çok amaçlı/kabiliyetli güç elektroniği devreleri
	Araçtan şebekeye (Vehicle-to-Grid - V2G) teknolojlerinin geliştirilmesi	
	Elektrik şebekesinin kendi başına değerlendirilmesi, çevresel sistemler ile ilişkisinin göz ardı edilmesi	- Sistemler arası iletişim, etkileşimlerin modellenmesi, karar destek sistemlerinin geliştirilmesi.
		Talebi ve arzı aynı anda izleyip değerlendirebilecek, alt sistemlerin davranışlarını göz önüne alacak akıllı karar destek sistemleri geliştirilmelidir. Bu doğrultuda donanım ve yazılım çalışmaları yapılmalıdır. Literatürde alt sistemler için ayrı ayrı çözüm önerileri sunulmuş olsa da bütüncül yaklaşımlar eksiktir.

9. Yaklaşık Sıfır Enerjili Bina Teknolojilerinin Geliştirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
9.1 Yaklaşık sıfır enerjili bina teknolojileri	Binaların hala konvansiyonel, düşük teknolojili manuel/dijital yöntemler ve araçlar ile tasarlanması, inşa edilmesi, işletilmesi, yenilenmesi	Yapılı çevrede gelişmiş modelleme, izleme (monitoring), simülasyon, yapay zeka, büyük veri analizi, temelli ve akıllı kontrol, otomasyon ve karar verme araç ve yöntemlerinin geliştirilmesi
	Farklı iklim koşullarında bulunan binaların iklim değişikliğinden nasıl etkileneceklerinin sayısal olarak ifade edilmemiş olması	Veri-temelli yöntemler ile Türkiye çapında binalarda iklim değişikliği etki analizi: enerji tüketimi, karbon ayak izi, risk analizi (aşırı-ısınma, çevresel etki vb.) hesaplanması ve haritalanması, gelecek projeksiyonlarının oluşturulması
	Binaların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrikli ekipman kaynaklı enerji tüketimlerinin ve CO_2 emisyonlarının yüksek olması Küresel ısınma sebebi ile binalarda soğutma enerjisinin yükselmesi, klimasız evlerde ise kullanıcıların aşırı-ısınma riskin tehlikeli seviyelere varması ve ciddi bir sağlık tehdidi olması	Enerjiye gerek duymayan pasif bina sistemlerinin (yüksek verimli yalıtım ve pasif ısı depolama malzemeleri, cam sistemleri vb.) ve aktif bina sistemlerinin (buharlaşmalı soğutma, aktif ısı depolama, ısı geri kazanımı, ısı pompası, radyan ısıtma/soğutma, Güneş enerjili su ısıtıcısı vb) geliştirilmesi Kullanılmış malzemelerin geri dönüşümü, yeniden kullanımı için teknolojiler geliştirilmesi (circular economy / döngüsel ekonomi)
	Binalarda enerji üretimi için yenilenebilir enerji sistemlerinin verimli kullanılmasında istenilen seviyeye ulaşılamamış olması. Örneğin Güneş panellerinden elde edilen elektriğin fiyatının düşmüş olmasına rağmen güneş panellerinin bina elemanı olarak kullanılması konusunda çalışmalar eksiktir.	Başta güneş panelleri olmak üzere yenilenebilir enerji sistemlerinin (YES) binalarda yenilikçi, efektif uygulamalarının geliştirilmesi (ör. yalıtım performansı, estetik, gölgeleme, yeşil çatı entegrasyonu, ağırlık vb. kriterler ile); YES sistemlerinin konvansiyonel bina sistemleri ve şebeke ile entegrasyonu
	Enerji Depolama Sistemleri'nin (EDS) omurgası olan depolama birimlerinin binalarda bulunmaması. Binalarda genellikle fosil yakıtlı mekanik jeneratörler bulunmaktadır, bu jeneratörler bakım ihtiyacı duyan, kesintilere belli bir gecikme ile karşılık verebilen ve kesintiden oluşan gecikmeden binayı korumak için kesintisiz güç kaynağına ihtiyaç duyan sistemlerdir. Bu hantal yapılar sadece kesinti anlarında kullanılan atıl maliyetlerdir.	EDS ve DC-AC dönüştürücüden oluşan sistemler geliştirilerek yasal zorunluluk gereği binalarda/fabrikalarda bulunan mekanik jeneratörler ile değiştirilmesi gerekir.
	Binalarda artan elektrik enerjisi tüketimi; elektrikli araçlar ile ortaya çıkan elektrik ihtiyacı (bina-entegre elektik şarj istasyonları) ve bina-entegre yenilenebilir enerji sistemlerinin yaygınlaşması. Bu sistem içinde şebekelerin verimlilik, sürdürülebilirlik, esneklik, güvenilirlik ve güvenliğinin artırılması	Akıllı şebeke, bina / şebeke modellemesi, bina-şebeke entegrasyonunu sağlayacak akıllı sayaçlar; birbirleri ile konuşan bina sistemleri, şebeke otomasyonu
	Mevcut yenilenebilir enerji, yüksek verimli iklimlendirme / aydınlatma ve enerji etkin ısı geri kazanım sistemlerinin binalara efektif entegrasyonunda problemler	Binalarda iklim değ. azaltım ve uyumuna dair aksiyon senaryolarında hesaplamalı, dijital karar destek sistemlerinin geliştirilmesi Yapılı çevrede gelişmiş modelleme, izleme (monitoring), simülasyon yöntemlerine entegre, yapay zeka temelli kontrol ve karar verme araç ve yöntemlerinin geliştirilmesi Akıllı ve veri-temelli bina izleme sistemleri, kullanıcı dostu otonom bina kontrol sistemleri, karar destek sistemleri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	İklim değişikliğine bağlı anlık risk durumlarına (ör. ısı veya soğuk dalgası, sel) karşı binaların ve kentlerin dirençliliğinin arttırılması	Anlık riskleri önceden tahmin etmek, bunlara hazırlanmak ve bunlardan korunmak için uyarı sistemlerinin geliştirilmesi
	Bina içinde aydınlatma için kullanılan LED'lerin telekominikazyosyon için kullanılması ile Li-Fi teknolojisi gelişmektedir. Bu teknolojinin bina içeresinde çalışabilen güneş hücreleri ile kullanılması ile hem iletişim hem de enerji üretimi aynı anda yapılabilir.	Karanlık akımı ve şant direnci rekor düşük sevilerde olan güneş hücrelerinin geliştirilmesi karanlık sayılabilecek odalarda iletişimi mümkün kılacaktır. (Dünya THS 4, Türkiye THS3)

10. Hidroelektrik Enerji Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
10.1 Hidroelektrik Teknolojileri	Yağış rejimindeki değişiklikler neticesinde göl seviyelerinin tasarım seviyelerinin (nom*0.9) altına düşmesi nedeniyle su türbinleri işletilememekte veya verimsiz işletilebilmektedir.	Değişken devirli türbin işletmesi ile su seviyesine göre en iyi çalışma noktasında çalışma: Su türbini çark kanadı tasarım (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5), değişken devre uygun güç elektroniği DC back-to-back sistemler (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5), koruma ve kontrol sisteminin uyumlandırılması (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5)
	İçme suyu, arıtma suyu, su kanalları gibi hidrolik yapılardaki saklı hidroelektrik potansiyeli kullanılamamaktadır.	Düşük ve çok düşük düşüler için su türbini tasarımı (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5), şebeke ile hidroelektrik arasına güç elektroniği temelli komponentler konması (Dünya THS: 7-9, TR THS: 7-9), insansız işletim ve anormallik algılama ile CAPEX ve OPEX maliyetlerinin aşağı çekilmesi (Dünya THS: 7-9, TR THS: 5-7)
	Rezerv ihtiyacı nedeniyle şebekeye daha fazla güneş ve rüzgar bağlantısı ve şebeke esnekliği konusunda sıkıntı yaşanmaktadır.	Hidro ünitelerin şebekeye daha sık gir-çık yapması durumuna hazırlık yapılması (Dünya THS: 7-9, TR THS: 3-5), ünite yatak ve diğer sistemlerinin sık dur-kalklara uygun tasarlanması, dijitalleşmenin artırılması (Dünya THS: 5-7, TR THS: 3-5), şebeke sekonder frekans kontrolüne dahil edilmeleri için gerekli altyapının ve algoritmaların oluşturulması (Dünya THS: 7-9, TR THS: 7-9), pompa-depolamalı HES'lere şebekede yer verilmesi (Dünya THS: 7-9, TR THS: 3-5)
	İklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan yağış rejimi üretim planlaması yapılmasını mümkün kılmamaktadır.	Öğrenen tahmin algoritmaları ile akış tahmini yapılması (Dünya THS: 7-9, TR THS: 5-7)

4. POLİTİKA VE EYLEMLER

Ülkemizin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum sürecinde fırsat yaratacak çığır açıcı teknolojilerde ivme kazanmasına yönelik teknoloji tabanlı 8 politika ifadesi ve her politikaya özel hedeflenmesi önerilen Ar-Ge ve yenilik konu başlıklarını içeren eylemler belirlenmiş olup belirlenen Politikalar ve Eylemler aşağıda verilmektedir:

Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 1.

Yüksek verime ve yaşam ömrüne sahip, hafif, esnek ve maliyet-etkin; bina, araç, tarım ve su yüzeyi gibi uygulamalara sinerjik ve ergonomik olarak entegre edilebilecek fotovoltaik hücre, panel ve sistemleri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Fotovoltaik panellerin ömrünü 50 yılın üzerine çıkarmak için güneş altında dayanıklı enkapsülasyon polimer malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Güneş panellerinin kurulum maliyetlerini azaltılmasına ve kullanım alanlarının artmasına izin verecek şekilde esnek ve hafif olmasının sağlanması amacıyla 100 mikron altındaki silisyum veya ince film (örn., perovskit, CdTe, organik, kuantum nokta, CIGS) güneş hücre teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Amorf silisyum veya kuvantum tünelleme elektron ve delik iletimi sağlayan pasive edilmiş kontaklı hücrelerin ve tek soğurucunun getirdiği temel limiti aşmak için CdZnTe, GaAs ve perovskit ile tandem güneş hücrelerin geliştirilmesi ile birim alanda verim artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Güneş panellerinin maliyetini ve CO_2 salımını artıran iki temel unsurdan biri olan gümüş kullanımını azaltmak amacıyla; serigrafi ile kaplanan gümüş miktarının azaltılmasına veya elektroplating ile bakır kaplanmasına yönelik araştırmalar yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Güneş panellerinin binalar ile sinerjik ve ergonomik olarak entegre edilebilmesi için panellerin renklendirilmesi ve yalıtım gibi bina malzemelerinin standartlarına ulaştırılmasına yönelik araştırmalar yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Güneş panellerinin araçlar ile sinerjik ve ergonomik olarak entegre edilebilmesi için panellerin renklendirilmesi, aerodinamik ve yalıtım gibi araçlara has standartlara ulaştırılmasına yönelik araştırmalar yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Fotovoltaik panellerin tarım ile entegrasyonunu sağlamak amacıyla, yeterli güneşlenmeye izin veren, bitki türlerine ve yıllık beklentilere uygun, suyun verimli kullanımını da artıran boşluklu silisyum ve ince film veya şeffaf organik paneller geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Fotovoltaik panellerin su yüzeyi uygulamalarında ekosistemle uyumlu, tuzlu suya ve dalgalara dayanıklı, mavi ekonomi ile hibrit kullanıma sahip fotovoltaik panellerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Soğurucu malzeme ile elektron veya delik geçirgen malzemenin enerji bant uyumumun anlaşılması için temassız ve hızlı sonuçlar veren yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

10. Soğurucu malzemelerin yüzeylerinde elektron-delik birleşimlerinin sınırlandırılması

için kusur içermeyen bağ yapılarının anlaşılması amacıyla deneysel yöntem geliştirilmesi ve hızlı atomik modellemelerin yapılması

Vade: Uzun (2053)

11. Organik kurşun halojenür perovskite alternatif olabilecek mevcut silisyum teknoloji ile tandem kullanıma uygun yeni malzemelerin araştırılması

Vade: Uzun (2053)

12. Güneş enerjisi arzını daha etkin maliyetlere çekebilmek için işçilik maliyetlerini düşürmek ve sistemi etkin olarak kullanabilmek için panellerinin sahaya montajı, işletmesi, idamesi ve bakımı ile ilgili otonom/yarı otonom teknolojilerin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 2.

Yüksek verimli yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri geliştirilecektir.

- Spektral yansıtıcılığı yüksek (>99%) aynalar
- Üstün kaplama teknolojileriyle ve faz değiştiren malzemelerin entegre edildiği, yüksek soğurucu ve düşük enerji kaybı özelliklerine sahip alıcılar
- Yüksek özgül enerjiye sahip ve termofiziksel özellikleri yüksek sıcaklık dalgalanmalarına dayanıklı ısı transfer ortamı
- Yüksek sıcaklıkta faz değiştiren maddelerle desteklenmiş, kaskatlı termal enerji depolama sistemleri

Eylemler

1. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi termal enerji depolama sisteminin güç santralleri, hidrojen ve endüstri (Demir-Çelik gibi) uygulamalarının yapılabilmesine yönelik araştırmalar

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi termal enerji depolama sisteminin ısı, güç ve hidrojen üretiminde kullanıldığı sektörler arası entegre enerji sistemi (konutlar, sanayi, ulaşım, tarım sektörleri arasında) araştırmaları

Vade: Uzun (2053)

3. Demir ve kalay gibi malzemeler içermeyen ve spektral yansıtma oranı güneş enerjisinin spektral dağılımına uyumlu şekilde %99 oranına çıkarılmış ayna ve kaplama teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Doğrusal odaklı sistemlerde kullanılan içi boşaltılmış tüplerin enerji kayıplarının azaltılması, görünür spektrumda soğuruculuğu yüksek (%95 ve üzeri), kızılötesi spektrumda ışınım yayınılırlığı (%5 ve altı) düşük malzemeler ve/veya kaplamalar geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

5. Alıcı tüplerin içerisine yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve atık malzemeler kullanılan faz değiştiren malzemelerin entegre edilmesi; güneş enerjisinin değişken özelliğinin ısıl enerji üretimine etkisinin kaldırılması ve emre amadeliğin (dispatchability) artırılması
Vade: Uzun (2053)

6. Düşük yoğunluk, yüksek özgül ısıl sığası ve vizkositeye sahip bütünleşik nano-malzemeler içeren ısı transfer ortamının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Emre amadelik için termal enerji depolama sistemlerinin ısıl güneş enerjisi sistemlerine entegre edilmesi

Vade: Uzun (2053)

8. Rankine çevriminin çok düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarından elektrik üretebilmesi için süperkritik CO_2 çalışmalarının yürütülmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 3.

Yüksek verime ve düşük enerji maliyetine sahip, içinde bulunduğu habitat ile daha uyumlu ve uygun tasarımlarla çok amaçlı kullanılabilen karaüstü, denizüstü ve uçan (airborne) rüzgar enerjisi sistemleri ile hibrit yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Eylemler

1. 10 MW üstü yüzen türbin sistemlerinde ağırlık azaltıcı, stabilite arttırıcı, lojistik kolaylaştırıcı, yenilikçi ve modüler tasarımların geliştirilmesi ve performanslarının iyileştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Açık deniz yüzen sistemlerin çapalarında yenilikçi malzemelerin kullanılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Açık deniz yüzen sistemlerin bakım onarım faaliyetlerine özel tasarlanmış deniz araçlarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Yüzen sistemlerin kuruldukları habitat ile etkileşimlerinin belirlenmesi ve ekosisteme olası zararının en aza indirgenmesi amacıyla teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Özellikle 10 MW üstü türbinlerde aktif ve pasif yük kontrolü ve yük azaltma yöntemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Kompozit rüzgar türbin kanatlarının zamana göre değişken yükler altında dayanımının fiziksel olarak modellenmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Denizüstü sabit rüzgar türbinlerinde dinamik zemin-yapı etkileşiminin yüksek hassasiyetle tahmin edilebilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Karaüstü veya denizüstü santrallerde bütün türbin geometrisinin çözümlenebildiği yüksek başarımlı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği simülasyon kabiliyeti yaratılması (yazılım ve donanım olarak)

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Birbirine yakın konumlanan karaüstü veya denizüstü santrallerin birbirlerini bloke etme özelliklerinin modellenerek enerji kayıplarının yüksek hassasiyetle tahmin edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

10. Karaüstü veya denizüstü türbinlerin hamleli rüzgar akışı altında (gusty wind conditions) üzerlerinde oluşan yüklerin yüksek hassasiyetle tahmin edilebilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. Karaüstü veya denizüstü türbinlerde kanat erozyonu ve kanat kirlenmesinin doğru olarak modellenmesi ve türbin performansına etkilerinin incelenmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Yenilikçi akış kontrol yöntemleri geliştirilerek türbinlerin daha yüksek enerji üretimi yapmasının sağlanmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

13. Rüzgar türbin ve santrallerinde yapay zeka temelli kontrolcü sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

14. Akıllı santral ve türbin sistemlerinde kullanılmak amacı ile yenilikçi sensör teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

15. Rüzgar türbinlerinde kırılma ve bozulma gelişimini tahmin etme yöntemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

16. Rüzgar türbin kanatlarında kullanılan hibrit kompozit (karbon fiber ve cam fiber) yapıların modellenmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

17. Türbin kanatlarında yapısal bütünlüğün gömülü sensörler ve dijital ikizler kullanılarak takibi

Vade: Kısa/Orta (2035)

18. Büyük veri ve yapay zeka kullanılarak rüzgar türbinlerinin yapısal performansının tahmini ve takibi

Vade: Kısa/Orta (2035)

19. Denizüstü türbin sistemlerinin yakınında (kıyıda veya denizde) deniz suyu kullanan elektrolizör sistemleriyle hidrojen üretimi sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

20. Yenilikçi, kolay kontrol edilebilen, yüksek verimli çalışabilen uçak, uçurtma ve zeplin rüzgar enerji sistemleri geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

21. Yüksek irtifada çalışabilecek yenilikçi tasarımların geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

22. Çok amaçlı (hibrit sistemler) yüzer platformlardan üretilecek enerji miktarının artırılmasına yönelik çalışmaların yapılması

Vade: Uzun (2053)

23. Her türlü enerji üretim sahasında hizmet verecek maliyetleri düşürmek için insan mevcudiyetini azaltacak, enerji verimliliğini artıracak kurulum ve bakımdan sorumlu iş makinaları otonom / yarı otonom sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 4.

Jeotermal enerji alanında derin sondaj ve yönlü sondaj teknolojileri, diğer enerji kaynaklarıyla kaskatlı olarak entegre edilebilecek ve farklı sektörlerdeki ihtiyaçları karşılayabilecek sistemler, sıcak kuru kaya teknolojileri gibi yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Eylemler

1. Sondaj kuyularının tasarımlarının ekosistemlere ve tarım alanlarına olumsuz etkilerini gidermeye yönelik yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yüksek sıcaklık, yüksek basınç, korozyon ve kavitasyona dayanıklı malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

3. Derin ve yönlü sondaj teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Derin jeotermal sistemlerdeki enerjiden yararlanmak ve jeotermal sondajların maliyetlerini düşürmek için yeni sondaj teknolojilerinin (kapalı döngü, milimetrik dalga teknolojisi, plazma teknolojisi gibi) geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

5. Çökme, mikrosismisite problemlerine çözüm olacak modeller ile jeotermal kaynaklı sismiklerin ölçülmesi ve izlenmesine yönelik teknolojilerin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Jeotermal akışkanlardan minerallerin elde edilmesi ve; jeotermal akışkanda bulunan ve batarya teknolojisinde kullanılan lityum ve lityumun yerini alabilecek alternatif minerallerin eldesi için yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

7. Jeotermal akışkanın farklı sektörlerde (konut, endüstriyel, tarım, hayvancılık,

hizmet, sağlık vs gibi) elektrik eldesi, soğutma uygulamaları, temiz su eldesi, hidrojen, alternatif yakıtlar ve kimyasal üretimi amacıyla etkin, verimli ve kaskatlı kullanılabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

8. Jeotermal akışkanın deniz suyu arıtımında kullanımına ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Jeotermal kaynaklı ısı pompaları ile yeraltı enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması için teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

10. Sığ jeotermal sistemlerden daha efektif yararlanmak için yöntemlerin geliştirilmesi Vade: Uzun (2053)

11. Yer kabuğuna ilişkin ayrıntılı ısı haritaları oluşturma yöntemlerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

12. Düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynaklardan elektrik üretimini sağlayacak organik rankine çevrimli sistemlerin ve gerektiğinde sıcaklık seviyelerini yükseltecek (heat upgrading) teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

13. Jeotermal enerjinin, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre bir şekilde kullanımına imkan verecek teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

14. Sıcak kuru kayaların ve bu kayalarda akışkan yerine gazların kullanımına ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 4.

Hidrojenin enerji taşıyıcısı, yakıt ve değerli kimyasalların eldesinde hammadde olarak kullanılmasına yönelik değer zincirinin her aşamasında öncü teknolojilerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

- Yenilenebilir ve diğer düşük karbonlu enerji kaynaklarından, linyit, biyokütle ve organik atıklardan karbon tutma teknolojileri ile bütünleşmiş hidrojen üretimi teknolojileri
- Bor hidrür bileşikleri, metal hidritler, sıvı organik hidrojen taşıyıcıları gibi depolama teknolojileri
- Kriyojenik soğutma ile sıvı hidrojen gibi taşıma teknolojileri
- Sanayinin ihtiyaç duyduğu amonyak, metanol vb. katma değerli ürünlerin eldesi;
- Enerji yoğun sektörlerde CO_2 azaltma ve/veya değerlendirilmesi,
- Ulaşım, mobil ve evsel alanlarda yakıt pili uygulamaları yönelik teknolojiler

Eylemler

1. Doğalgaz/metan/biyometan pirolizi yoluyla hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)
2. Termoliz, fotoelektrokimyasal, fotoelektroliz, fotoelektrokataliz, fotobiyoliz, sonik/ultrasonik yöntemler ile hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

3. Karadeniz dip sularındaki H2S'den H2 üretimi için ekolojik ve ekonomik teknolojilerin geliştirilmesi Vade: Kısa/Orta
4. Hafif metallerin (alüminyum vb.) hidrolizi ile kullanım yerinde hidrojen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Linyit, biyokütle ve organik atıkların gazlaştırılması ve karbondioksitin tutulması ile hidrojen üretilmesi konusunda teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Yenilenebilir enerjiden elektroliz yolu ile maliyet etkin yeşil hidrojen üretimi teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Hidrojen taşıma teknolojilerinin geliştirilmesi (kriyojenik soğutma ile sıvı hidrojen, boru hatları vb.)

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

8. Mevcut altyapı değişiklikleri ve dönüşümüne yönelik (taşıma, depolama, dolum istasyonları vb.) gerekli teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Hidrojen ve hidrojen karışımlı yakıtlar için yakma sistemleri teknolojilerinin (yakıcılar, gaz türbini vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

10. Yüksek basınçlı hidrojen depolama sistemleri, bor hidrür bileşikleri, metal hidrürler, zeolit, karbon temelli adsorbanlar, LOHC vb. hidrojen depolama teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

11. Çeşitli proseslerden üretilmiş hidrojenin temizlenmesi, ayrıştırılması, koşullandırılması için teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Hidrojenli yakıt pili teknolojilerinin farklı uygulamalarda (ulaşım, evsel, taşınabilir uygulamalar) kullanımına imkân verecek teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

13. Enerji yoğun sektörlerde CO_2 azaltma ve/veya değerlendirme amacıyla hidrojen kullanım teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

14. Hidrojenin hammadde olarak kullanımıyla, alternatif yakıtlar ve kimyasalların üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (yenilenebilir metan, metanol, etanol, DME vb.)

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

15. Hidrojenin hammadde olarak kullanılması ve havadaki azotun ayrıştırılması ile amonyak üretim teknolojilerinin geliştirilmesi (katalizör geliştirilmesi dahil)

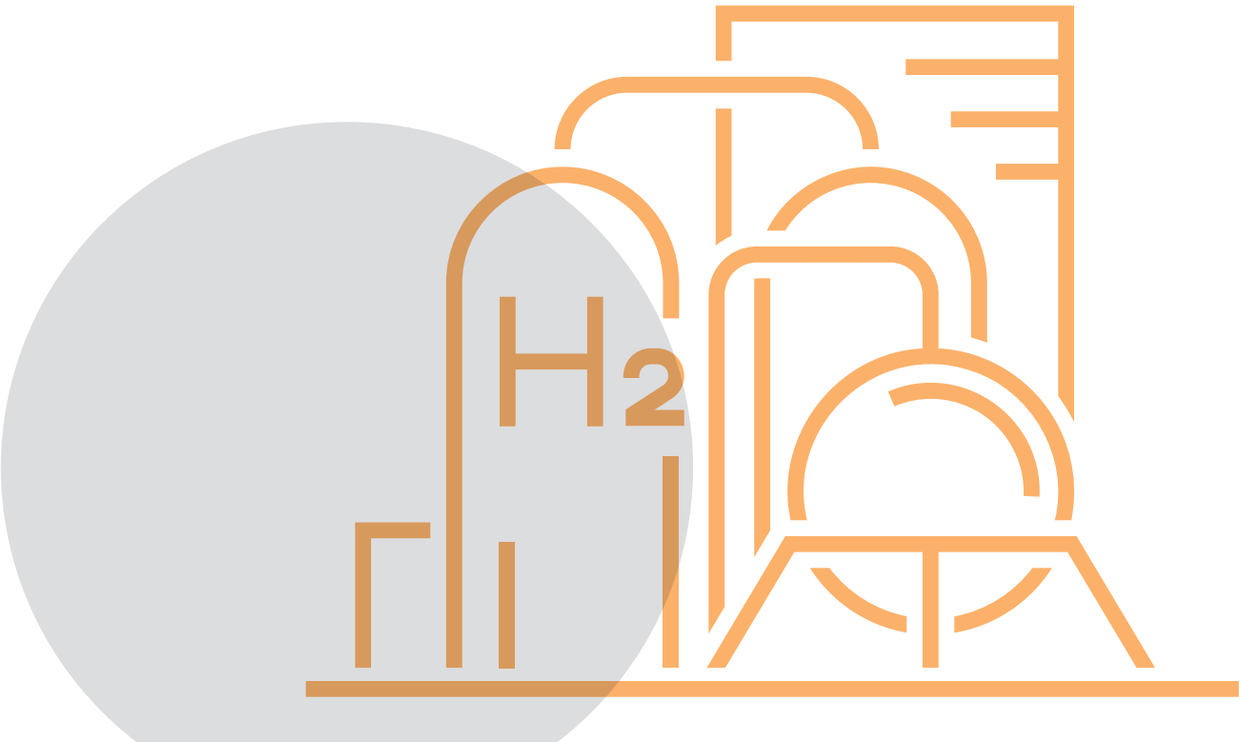
Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

16. Hidrojen enerji sistemleri için yardımcı ekipmanlar ve elemanların (kompresör, sensör, valf, sızdırmazlık ekipmanları, akış ölçme ve kontrol bileşenleri vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

17. Yenilenebilir enerji kullanarak maliyet etkin bir şekilde yeşil hidrojen üretilen hidrojen çiftliklerinin kurulması çalışmaları

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)



Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 6.

Temiz ve güvenli nükleer enerji teknolojilerinde çığır açıcı yaklaşımlardan olan Yeni Nesil Küçük Modüler Reaktör teknolojilerinin geliştirilmesi; Küçük Modüler Reaktörlerin yenilenebilir enerji kaynakları ile entegrasyonu; elektriğin yanında diğer faydalı çıktıları (ısı, temiz su, hidrojen, alternatif yakıtlar gibi) üretebilecek entegre sistem teknolojilerinin ve nükleer atık yönetim teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

Eylemler

1. Çeşitli seçeneklerin öne çıktığı (hafif su, hızlı nötron, grafit moderatörlü yüksek sıcaklık ve ergimiş tuz) küçük modüler reaktör teknolojilerine yönelik çalışmaların yapılması ve ülkemiz için önem ihtiva eden toryuma dayalı nükleer santral teknolojilerinin geliştirilmesi

2. Küçük modüler reaktörlerin güvenliğinin geliştirilmesi çalışmaları: Sayısal hesaplama alt yapıları, termal / hidrolik – nötronik, yakıt ve malzeme performansı kodları temini ve geliştirilmesi, teorik hesaplamaların ve simülasyon çalışmalarının yapılması

3. Radyasyon ölçme, izleme ve uyarı sistem teknolojilerinin geliştirilmesi ve kurulması

4. Reaktör kontrol sistemleri ve ilgili enstrümantasyon, kontrol, ölçüm teknolojilerinin geliştirilmesi

5. Dijital ikiz ve reaktör simulatörü geliştirilmesi

6. Küçük modüler reaktörlerin ısı ve elektrik enerjisi çıktılarından yararlanarak hidrojen üretimi, metanol ve amonyak gibi yakıtların geliştirilmesi ve bu çıktıların gemi taşımacılığı ve tarım gibi uygulamalarda değerlendirilmesi

7. Yapısal malzemelerin üretimi: Süper Alaşımlı Malzemeler Teknolojisi Geliştirilmesi (Nikel tabanlı süper alaşımlar ve diğer malzemelerin geliştirilmesi ve performans testlerinin yapılması)

8. Nükleer atık yönetim sistem teknolojilerini geliştirilmesi

9. Generation IV International Forum (GIF) ve ITER gibi uluslararası işbirliği çalışmalarına katılım sağlanması

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 7.

Katma değer potansiyeli yüksek organik atıkların ve mikro alglerin biyokimyasal, termokimyasal ve hidrotermal teknolojilerle biyoyakıtlar (katı, sıvı, gaz) ve hidrojen gibi ürünlere dönüştürülmesine yönelik sıfır atık, döngüsel ekonomi ve çoklu ürün amaçlı, yenilenebilir enerji destekli entegre biyorafineriler ve yenilikçi teknolojiler geliştirilecektir.

Eylemler

1. Foto(biyo) katalitik yöntemlerle yapay fotosentez proseslerinin geliştirilerek biyoyakıt ve biyohidrojen üretiminde kullanılması

Vade: Uzun (2053)

2. Biyo kaynaklar kullanılarak foto(mikrobiyal)-enzimatik yakıt pili teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

3. Mikroalg ve/veya yenilenebilir biyo kaynaklardan çeşitli sektörlerin kullanımı için sıvı yakıt (sivil havacılık ve denizcilik yakıtları dahil) ve değer zinciri yaratacak yan ürünleri (protein, biyoplastik, biyogübre, vb.) üretme amaçlı, sıfır atık, döngüsel ekonomi ve çoklu ürün eldesine yönelik, maliyet-etkin yenilenebilir enerji destekli entegre biyorafineri teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Biyorafinerilerde kullanılacak (foto)biyoreaktör verimlerinin çok fazlı akışkanlar mekaniği, ışığın kaynaktan temini ve soğurulması teknolojileri, vb yöntemlerle artırılması; enerji verimli, ölçeklendirilebilir biyokütle ayırma, parçalama, kurutma, vd. biyoproses teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Mikroalg türlerinin moleküler iyileştirme teknikleri (CRISPR, RNAi, vd.) kullanılarak 4. nesil biyoyakıtlar ve yüksek katma değerli biyoteknolojik ürünlerin üretimi için geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

6. Elektrokimyasal, termokimyasal ve fotonik yöntemler ile CO_2'in değerlendirilmesi kapsamında biyoyakıt ve değerli kimyasalların üretimi ve biyorafineri uygulamalarına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

7. Hidrotermal proses suları dahil atık suların ihtiva ettiği azot ve fosfor besi maddeleri ile karbon yoğun proseslerden ve/veya doğrudan havadan yakalanan CO_2'i kullanarak mikro alg üretim teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Atıksu arıtma tesislerinde ortaya çıkan çamur, tarım, orman, hayvancılık ve sanayi kaynaklı diğer atıkları biyokimyasal (enzimatik, mikrobiyal çevrimler dahil), termokimyasal (piroliz, gazlaştırma vb.) ve hidrotermal (hidrotermal sıvılaştırma, karbonizasyon, kritik üstü gazlaştırma vb.) teknolojilerle yenilenebilir katı, sıvı, gaz yakıtlara, biyopestisitlere ve hidrojene dönüşterecek (katalitik iyileştirme dahil) teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 8.

Siber-Fiziksel-Sosyal katmanlardan oluşan enerji sistemlerinde:

- değer zincirindeki tüm faaliyetlerin verimli ve maliyet etkin şekilde çalışmasını amaçlayan,
- dijital teknolojilere dayanan,
- ölçeklenebilir,
- sistemlerin sistemi yaklaşımıyla sistemler arası etkileşimleri dikkate alarak enerji verimliliği sağlayan

otonom enerji yönetim sistemlerinin ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Plazma destekli teknolojiler dahil
Arz, talep, üretim, dönüşüm, iletim, dağıtım ve depolama

Eylemler

1. Bina enerji performansı hesaplama ve tahminleme için ileri dijital teknolojilerin (enerji modelleme, oyunlaştırma, yapay zeka, büyük veri analizi, karar-destek sistemleri, tasarım araçları) geliştirilmesi;

Vade: Kısa/Orta (2035) Uzun (2053)

2. Binaların ve kentlerin, entegre enerji sistemleri ile birlikte dijital ikizlerinin modellenmesi; binalara ve yapılı çevreye dair büyük veri setlerinin oluşturulması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Kritik amaçlı binalardan (kamu, hastane, askeri gibi) başlamak üzere tüm binaların iklim değişikliğine, afet durumlarına ve enerji kesintilerine dirençliliğinin artırılması için sensör ağları ile gerçek zamanlı izleme ve müdahaleyi mümkün kılan otomasyon teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Kentlerin iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı 4D (3D mekan + zaman) risk haritalarının oluşturulması, kentsel ısı adalarındaki yığının tespiti ve acil tehlike durumlarında müdahaleleri destekleyecek karar destek sistemlerinin geliştirilmesi

5. Yapay zeka teknolojilerinin yanı sıra numerik analizleri de içeren büyük veri analiz yöntemlerinin her bir sistem (elektrik şebekesi, binalar, ulaşım, su şebekesi vb.) ve sistemler arası için geliştirilmesi,

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. SCADA ve gerçek zamanlı izleme sistemleri ile akranlar arası enerji ticareti uygulamaları için siber güvenlik (blokzincir yapıları, anomali tespiti, siber saldırı, yanlış veri, kaçak kullanım vb.) üzerine yöntemlerin geliştirilmesi.

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Farklı SCADA ve izleme sistemlerinin birbirleri ile entegre çalışmasının sağlanması Vade: Uzun (2053)

8. Sistemlerin sistemi anlayışına uygun (farklı sistemlerin birbirine etkilerini gözeten) karar destek sistemlerinin ve otonom enerji yönetim sistemlerinin ölçeklenebilir olarak tasarlanması

Vade: Uzun (2053)

9. Maliyet-etkin yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinin ve sistemlerinin, depolama ünitelerinin, elektrikli araçların, akıllı bina sistemlerinin yönetilmesine yönelik algoritmaların geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

5. ŞURA KARARLARI

Temiz, Erişilebilir ve Güvenli Enerji Arzı

Şura Kararı 1. Yüksek verime ve yaşam ömrüne sahip, hafif, esnek ve maliyet-etkin; bina, araç, tarım ve su yüzeyi gibi uygulamalara sinerjik ve ergonomik olarak entegre edilebilecek fotovoltaik hücre, panel ve sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 2. Yüksek verimli yoğunlaştırılmış ısıl güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri geliştirilecektir.

- Spektral yansıtıcılığı yüksek (>99%) aynalar
- Üstün kaplama teknolojileriyle ve faz değiştiren malzemelerin entegre edildiği, yüksek soğurucu ve düşük enerji kaybı özelliklerine sahip alıcılar
- Yüksek özgül enerjiye sahip ve termofiziksel özellikleri yüksek sıcaklık dalgalanmalarına dayanıklı ısı transfer ortamı
- Yüksek sıcaklıkta faz değiştiren maddelerle desteklenmiş, kaskatlı termal enerji depolama sistemleri

Şura Kararı 3. Yüksek verime ve düşük enerji maliyetine sahip, içinde bulunduğu habitat ile daha uyumlu ve uygun tasarımlarla çok amaçlı kullanılabilen karaüstü, denizüstü ve uçan (airborne) rüzgar enerjisi sistemleri ile hibrit yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Şura Kararı 4. Jeotermal enerji alanında derin sondaj ve yönlü sondaj teknolojileri, diğer enerji kaynaklarıyla kaskatlı olarak entegre edilebilecek ve farklı sektörlerdeki ihtiyaçları karşılayabilecek sistemler, sıcak kuru kaya teknolojileri gibi yenilikçi teknolojilerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Şura Kararı 5. Hidrojenin enerji taşıyıcısı, yakıt ve değerli kimyasalların eldesinde hammadde olarak kullanılmasına yönelik değer zincirinin her aşamasında öncü teknolojilerin geliştirilmesi sağlanacaktır.

- Yenilenebilir ve diğer düşük karbonlu enerji kaynaklarından, linyit, biyokütle ve organik atıklardan karbon tutma teknolojileri ile bütünleşmiş hidrojen üretimi teknolojileri
- Bor hidrür bileşikleri, metal hidritler, sıvı organik hidrojen taşıyıcıları gibi depolama teknolojileri
- Kriyojenik soğutma ile sıvı hidrojen gibi taşıma teknolojileri
- Sanayinin ihtiyaç duyduğu amonyak, metanol vb. katma değerli ürünlerin eldesi;
- Enerji yoğun sektörlerde CO_2 azaltma ve/veya değerlendirilmesi,
- Ulaşım, mobil ve evsel alanlarda yakıt pili uygulamaları yönelik teknolojiler

Şura Kararı 6. Temiz ve güvenli nükleer enerji teknolojilerinde çığır açıcı yaklaşımlardan olan Yeni Nesil Küçük Modüler Reaktör teknolojilerinin geliştirilmesi; Küçük Modüler Reaktörlerin yenilenebilir enerji kaynakları ile entegrasyonu; elektriğin yanında diğer faydalı çıktıları (ısı, temiz su, hidrojen, alternatif yakıtlar gibi) üretebilecek entegre sistem teknolojilerinin ve nükleer atık yönetim teknolojilerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

Şura Kararı 7. Katma değer potansiyeli yüksek organik atıkların ve mikro alglerin biyokimyasal, termokimyasal ve hidrotermal teknolojilerle biyoyakıtlar (katı, sıvı, gaz) ve hidrojen gibi ürünlere dönüştürülmesine yönelik sıfır atık, döngüsel ekonomi ve çoklu ürün amaçlı, yenilenebilir enerji destekli entegre biyorafineriler ve yenilikçi teknolojiler geliştirilecektir.

Şura Kararı 8. Siber-Fiziksel-Sosyal katmanlardan oluşan enerji sistemlerinde:

- değer zincirindeki tüm faaliyetlerin verimli ve maliyet etkin şekilde çalışmasını amaçlayan,
- dijital teknolojilere dayanan,
- ölçeklenebilir,
- sistemlerin sistemi yaklaşımıyla sistemler arası etkileşimleri dikkate alarak enerji verimliliği sağlayan otonom enerji yönetim sistemlerinin ve karar destek sistemlerinin geliştirilmesi sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

Akkuş, I., Akıllı, H., Ceyhan, S., Dilemre, A.& Tekin, Z. (2005). Türkiye Jeotermal Kaynaklar Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü Envanter Serisi-201, Ankara.AEE INTEC (2022). "Solar Heat for Industrial Processes (SHIP) Plants Database". http://ship-plants.info

Agalit, H., Zari, N., & Maaroufi, M. (2017). Thermophysical and chemical characterization of induction furnace slags for high temperature thermal energy storage in solar tower plants. Solar Energy Materials And Solar Cells, 172, 168-176. doi: 10.1016/j.solmat.2017.07.035

Alva, G., Lin, Y., & Fang, G. (2018). An overview of thermal energy storage systems. Energy, 144, 341-378. doi: 10.1016/j.energy.2017.12.037

Augustyn, A., Gawlik, L., & Pepłowska, M. (2019). Power to Gas – an innovative energy conversion and storage solution. IOP Conference Series: Earth And Environmental Science, 214, 012041. doi: 10.1088/1755-1315/214/1/012041

Ay Misyonu için ilk Ateşleme - Türkiye Uzay Ajansı. (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://www.tua.gov.tr/tr/haberler/ay-misyonu-icin-ilk-atesleme

Baba, A., Chandrasekharam, D., (2022). Geothermal resources for sustainable development: A case study, Int J Energy Res. 2022;1–18.

Baba, F. Şaroğlu, I. Akkuş, N. Özel, M.İ. Yeşilnacar, M.T. Nalbantçılar, M.M. Demir, G. Gökçen, Ş. Arslan, N. Dursun, T. Uzelli, H. Yazdani, (2019). Geological and hydrogeochemical properties of geothermal systems in the southeastern region of Turkey, Geothermics, Volume 78, 255-271, ISSN 0375-6505, https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2018.12.010.

Basic Hydrogen Strategy Determined (METI). Meti.go.jp. (2022). Retrieved 14 April 2022, from https://www.meti.go.jp/english/press/2017/1226_003.html.

Best Research-Cell Efficiency Chart. (2021). Retrieved 12 April 2022, from https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html.

Bioenergy - Fuels & Technologies - IEA. (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy

Bioenergy (2022). Members EERA | EERA Bioenergy. EERA Bioenergy | European Energy Research Alliance. Retrieved 12 April 2022, from https://www.eera-bioenergy.eu/members/.

Boğaziçi University - Cambridge University partnership for a future focused on bioeconomy. Boğaziçi University News. (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://haberler.boun.edu.tr/en/news/bogazici-

university-cambridge-university-partnership-future-focused-bioeconomy.

Borçelik'e 10 milyon euroluk yeşil kredi. (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://www.dunya.com/finans/haberler/borcelike-10-milyon-euroluk-yesil-kredi-haberi-633104

BP. (2021). Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition. Retrieved from https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf

Cabeza, L., Galindo, E., Prieto, C., Barreneche, C., & Inés Fernández, A. (2015). Key performance indicators in thermal energy storage: Survey and assessment. Renewable Energy, 83, 820-827. doi: 10.1016/j.renene.2015.05.019

Cam Üretimi Sektörel Uygulama Kılavuzu, (2022). "Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi". T. C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2022). Retrieved from https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler//06_cam-uret-m--20200103075113.pdfhttps://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler//06_cam-uret-m--20200103075113.pdf

Crespo, A., Barreneche, C., Ibarra, M., & Platzer, W. (2019). Latent thermal energy storage for solar process heat applications at medium-high temperatures – A review. Solar Energy, 192, 3-34. doi: 10.1016/j.solener.2018.06.101

CSPFocus (2020). Generation from Spain's Existing 2.3 GW of CSP Showing Annual Increases. In: CSP News Briefs (03.03.2020), SolarPACES/ iea Energy Technology Network.

Denholm, P., & Hand, M. (2011). Grid flexibility and storage required to achieve very high penetration of variable renewable electricity. Energy Policy, 39(3), 1817-1830. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.019

Dii (2013), The Economic Impacts of Desert Power: Socio-economic Aspects of an EUMENA Renewable Energy Transition. Dii GmbH, München.

Dinçer, İ., Eroğlu, İ., & Öztürk, M. (2021). Türkiye için Hidrojen Teknolojileri Yol Haritası. İstanbul: Hidrojen Teknolojileri Derneği. Retrieved from https://www.hidrojenteknolojileri.org/HTD/Turkiye_icin_Hidrojen_Teknolojileri_Yol_Haritasi_Raporu_2021.pdf

DLR (2021). "Solar thermal power plants: Heat, electricity and fuels from concentrated solar power", German Aerospace Center (DLR) Institute of Solar Research, Cologne

"DRI Teknolojisi ile Dünyanın En Yeşil Çeliğini Ürettik". (2020). Retrieved 12 April 2022, from http://www.demircelikstore.com/-1-11618-dri-teknolojisi-ile-dunyanin-en-yesil-celigini-urettik.html

Energy and the Green Deal. (2020). Retrieved 14 April 2022, from https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/energy-and-green-deal_en

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), (2020). Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, Ankara. Retrieved from https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyillik-sektor-raporu

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), (2021a). Doğal Gaz Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu. Ankara. Retrieved from https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94/dogal-gazyillik-sektor-raporu

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu), (2021b). Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu. Ankara. Retrieved from https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94/dogal-gazyillik-sektor-raporu

EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-122/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-destekleme-mekanizmasi-yekdem

European Commission. (2020). A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe.

European Commission. (2021). Horizon Europe Work Programme 2021-2022 8. Climate, Energy and Mobility. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2021-2022/wp-8-climate-energy-and-mobility_horizon-2021-2022_en.pdf

European Parliament. (2014). DIRECTIVE 2014/89/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 July 2014.

EBRD, (2020). Early Stage Geothermal Support Framework: (PLUTO)-Cumulative Impact Assessment Report of "Cumulative Impact Assessment of Geothermal Resources in Turkey". European Bank for Reconstruction and Development, www.jeotermaletki.com.

First recipients of prestigious Newton Advanced Fellowships announced | Royal Society. Royalsociety.org. (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://royalsociety.org/news/2015/06/newton-advanced-fellowships/.

Ford Otosan. (2020). Ford Otosan 2020 Faaliyet Raporu.
Retrieved from https://www.fordotosan.com.tr/doc/ViWjx7iV4cMSFGqguSYbdZE8NUFkfZYm8OA2EvG1PUnJ1c0JEt8cjgvsQcc64SKVbWAwUZQDBfg5Y_jDpMRDdz1yUTQcMN9OFpg8ga5q_0_kUuWYBeFxMxGRUxiykbf3tS4Po1IjMvWSjVvu3gMBlQ2

Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. (2020). Global Trends in Renewable Energy Investment. Retrieved from https://www.fs-unep-centre.org/wp-content/uploads/2020/06/GTR_2020.pdf

Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). (2021). European Photovoltaics Industry is Booming – Fraunhofer ISE Collaborates in Andalusian 5-Gigawatt Project. Retrieved from https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/press-releases/2021/0421_ISE_e_PR_European-PV-Industry-is-booming.pdf

Fraunhofer ISE Photovoltaics Report (2021), Retrieved 13 April 2022, from https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf

German Solar Association. (2022). "Solar Payback Project | Solar Heat for Industrial Processes". https://www.solar-payback.com/

Gil, A., Medrano, M., Martorell, I., Lázaro, A., Dolado, P., Zalba, B., & Cabeza, L. (2010). State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 1—Concepts, materials and modellization. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 14(1), 31-55. doi: 10.1016/j.rser.2009.07.035

Global Photovoltaic Power Potential by Country. (2020). Retrieved from https://documents1.worldbank.org/curated/en/466331592817725242/pdf/Global-Photovoltaic-Power-Potential-by-Country.pdf

Green, M., Hishikawa, Y., Dunlop, E., Levi, D., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., & Ho-Baillie, A. (2018). Solar cell efficiency tables (Version 53). Progress In Photovoltaics: Research And Applications, 27(1), 3-12. doi: 10.1002/pip.3102

Greenway Mersin'de Kule Tipi Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Santrali Kurdu - Enerji Portalı. (2022). Retrieved 13 April 2022, from https://www.enerjiportali.com/greenway-mersinde-kule-tipi-yogunlastirilmis-gunes-enerjisi-santrali-kurdu/

Güneş - Enerji İşleri Genel Müdürlüğü - T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Enerji.gov.tr. (2022). Retrieved 14 April 2022, from https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes.

HM Government. (2021). UK Hydrogen Strategy.

Home - SolarPACES. (2022). Retrieved 13 April 2022, from https://www.solarpaces.org/

Hydrogen Council, 2020 Hydrogen Council. (2020). Path to Hydrogen Competitiveness: A Cost Perspective.

IEA (2021a), Turkey 2021, IEA, Paris Retrieved from https://www.iea.org/reports/turkey-2021

IEA (2021b), Net Zero by 2050, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050

IEA (2021c), Patents and the Energy Transition, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/patents-and-the-energy-transition

IEA (2021d). IEA Transport Biofuels. Paris. Retrieved from https://www.iea.org/reports/transport-biofuels

IEA (2021e), Concentrated Solar Power (CSP), IEA, Paris https://www.iea.org/reports/concentrated-solar-power-csp

IEA SHC (2016). Task 49. Retrieved 13 April 2022, from https://task49.iea-shc.org

IEA, Global biofuel demand by region, 2019-2026. (2021). [Image]. Retrieved 12 April 2022, from https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-biofuel-demand-by-region-2019-2026.

IEA, Liquid biofuel production, 2020, and in the Net Zero Scenario, 2030. (2021). [Image]. Retrieved 12 April 2022, from http://liquid-biofuel-production-2020-and-in-the-net-zero-scenario-2030.

IEA. (2019a). Renewables 2019. Paris. Retrieved from https://www.iea.org/reports/renewables-2019

IEA. (2019b). IEA The Future of Hydrogen. Paris. Retrieved from https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen

IEA. (2021). Hydropower, IEA. Paris. Retrieved from https://www.iea.org/reports/hydropower

IICEC (İstanbul International Center for Energy and Climate, Sabancı University. (2020). IICEC Turkey Energy Outlook. Retrieved from https://iicec.sabanciuniv.edu/sites/iicec.sabanciuniv.edu/files/inline-files/TEO.pdf

Independent. Independent.boun.edu.tr. (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://independent.boun.edu.tr/.

Integrated Photovoltaics – Areas for the Energy Transformation - Fraunhofer ISE. (2022). Retrieved 13 April 2022, from https://www.ise.fraunhofer.de/en/key-topics/integrated-photovoltaics.html

Intellectual Property Office. (2021). IPC Offshore wind power. Retrieved from https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1031124/Offshore-wind-power.pdf

International Energy Outlook 2019. (2019).

International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV) (12th Edition). 2021. Available online: https://itrpv.vdma.org/

IRENA (2020), Green Hydrogen: A guide to policy making, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

IRENA (2021a), Renewable Power Generation Costs in 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA (2021b), Green hydrogen supply: A guide to policy making, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA Coalition for Action (2021), Decarbonising end-use sectors: Practical insights on green hydrogen, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Isaac, T. (2019). HyDeploy: The UK's First Hydrogen Blending Deployment Project. Clean Energy, 3(2), 114-125. https://doi.org/10.1093/ce/zkz006

Koçak, B., & Paksoy, H. (2019). Using demolition wastes from urban regeneration as sensible thermal energy storage material. International Journal Of Energy Research, 43(12), 6454-6460. doi: 10.1002/er.4471

Koçak, B., Fernandez, A., & Paksoy, H. (2020). Review on sensible thermal energy storage for industrial solar applications and sustainability aspects. Solar Energy, 209, 135-169. doi: 10.1016/j.solener.2020.08.081,

Konuklu, Y., Paksoy, H., & Unal, M. (2015). Nanoencapsulation of n-alkanes with poly(styrene-co-ethylacrylate) shells for thermal energy storage. Applied Energy, 150, 335-340. doi: 10.1016/j.apenergy.2014.11.066

Kougias, I., Aggidis, G., Avellan, F., Deniz, S., Lundin, U., & Moro, A. & ark (2019). Analysis of emerging technologies in the hydropower sector. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 113, 109257. doi: 10.1016/j.rser.2019.109257

Kömür İşletmeleri Kurumu, T.C.Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2021). Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2020. Ankara

Lepage, T., Kammoun, M., Schmetz, Q., & Richel, A. (2021). Biomass-to-hydrogen: A review of main routes production, processes evaluation and techno-economical assessment. Biomass And Bioenergy, 144, 105920. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105920

Lucida Solar (2022). Solar Industrial Process Heat Unit. Retrieved 14 April 2022

Mehos, Mark; Price, Hank et. al. (2020). Concentrating Solar Power Best Practices Study. Technical Report NREL/TP-5500-75763, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden (Colorado), USA.

Melskens, J., van de Loo, B., Macco, B., Black, L., Smit, S., & Kessels, W. (2018). Passivating Contacts for Crystalline Silicon Solar Cells: From Concepts and Materials to Prospects. IEEE Journal Of Photovoltaics, 8(2), 373-388. doi: 10.1109/jphotov.2018.2797106

Morton, O. (2006). A new day dawning?: Silicon Valley sunrise. Nature, 443(7107), 19-22. doi: 10.1038/443019a

Motte, F., Falcoz, Q., Veron, E., & Py, X. (2015). Compatibility tests between Solar Salt and thermal storage ceramics from inorganic industrial wastes. Applied Energy, 155, 14-22. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.05.074

National Grid Future Energy Scenarios Workbook (2018). Retrieved 14 April 2022, from http://fes.

nationalgrid.com/fes-document/.

New Energy Outlook 2021 | BloombergNEF | Bloomberg Finance LP. BloombergNEF. (2022). Retrieved 11 April 2022, from https://about.bnef.com/new-energy-outlook/.

OMV Aktiengesellschaft. (2015). Factsheet - research project wind2hydrogen, Retrieved 14 April 2022, from https://www.klimafonds.gv.at/assets/Uploads/Presseaussendungen/2015/Erffnung-Wind2Hydrogen/150817Factsheet-Wind2HydrogenEN-FINAL.pdf.

Ong, S., Campbell, C., Denholm, P., Margolis, R., & Heath, G. (2013). Land-Use Requirements for Solar Power Plants in the United States.Technical Report NREL/TP-6A20-56290,. Golden (Colorado), USA: National Renewable Energy Laboratory (NREL). Retrieved from https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56290.pdf

Orta Vadeli Program (2022-2024), Resmi Gazete, 5 Eylül 2021 Pazar, Sayı: 31589

Ortega-Fernández, I., Calvet, N., Gil, A., Rodríguez-Aseguinolaza, J., Faik, A., & D'Aguanno, B. (2015). Thermophysical characterization of a by-product from the steel industry to be used as a sustainable and low-cost thermal energy storage material. Energy, 89, 601-609. doi: 10.1016/j.energy.2015.05.153

Ozturk, M., Midilli, A., & Dincer, I. (2021). Effective use of hydrogen sulfide and natural gas resources available in the Black Sea for hydrogen economy. International Journal Of Hydrogen Energy, 46(18), 10697-10707. doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.12.186

Palacios, A., Barreneche, C., Navarro, M., & Ding, Y. (2020). Thermal energy storage technologies for concentrated solar power – A review from a materials perspective. Renewable Energy, 156, 1244-1265. doi: 10.1016/j.renene.2019.10.127

Quarton, C., & Samsatli, S. (2018). Power-to-gas for injection into the gas grid: What can we learn from real-life projects, economic assessments and systems modelling?. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 98, 302-316. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.007

REN21. (2021). Renewables 2021 Global Status Report. Paris. Retrieved from https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf

Renewable (green) hydrogen - What is it and how is it used? | Repsol. (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://www.repsol.com/en/energy-and-innovation/technology-lab/emissions-reduction/renewable-hydrogen/index.cshtml

Schnitzer, I., Yablonovitch, E., Caneau, C., & Gmitter, T. (1993). Ultrahigh spontaneous emission quantum efficiency, 99.7% internally and 72% externally, from AlGaAs/GaAs/AlGaAs double heterostructures. Applied Physics Letters, 62(2), 131-133. doi: 10.1063/1.109348

Schöniger, F., Thonig, R., Resch, G., & Lilliestam, J. (2021). Making the sun shine at night: comparing the

cost of dispatchable concentrating solar power and photovoltaics with storage. Energy Sources, Part B: Economics, Planning, And Policy, 16(1), 55-74. doi: 10.1080/15567249.2020.1843565

Schwarzwälder Bote, G. (2021). Dotternhausen: Räte befürworten Agri-Solarpark. Retrieved 13 April 2022, from https://www.schwarzwaelder-bote.de/inhalt.dotternhausen-raete-befuerworten-agri-solarpark.398c483d-907e-4957-a80d-ed34fb6e1950.html

Shell. (2022). Shell Scenarios Sky, Meeting the Goals of the Paris Agreement. Retrieved from https://www.shell.com/promos/business-customers-promos/download-latest-scenario-sky/_jcr_content.stream/1530643931055/eca19f7fc0d20adbe830d3b0b27bcc9ef72198f5/shell-scenario-sky.pdf

Shockley, W., & Queisser, H. (1961). Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells. Journal Of Applied Physics, 32(3), 510-519. doi: 10.1063/1.1736034

Six emerging hydropower technology trends. (2022). Retrieved 11 April 2022, from https://www.hydropower.org/blog/six-emerging-hydropower-technology-trends

Solar Power Europe. (2021). EU Market Outlook for Solar Power 2021-2025.

Şanal, İ. (2018). Significance of Concrete Production in Terms of Carbondioxide Emissions: Social and Environmental Impacts. Journal Of Polytechnic. doi: 10.2339/politeknik.389590

Şener T., Akgün F., (2007). Hydrogen and Biogas distribution through existing Natural Gas Pipelines, Int. Nat. Gas Congress and Exhib. Ankara, Turkey

T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı. (2020). Demir Çelik Sektör Raporu. Retrieved from https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/Demir%C3%87elikSekt%C3%B6rRaporu2020.pdf

TEİAŞ. (2022). Retrieved 12 April 2022, from https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri

The Federal German Government. (2020). The National Hydrogen Strategy. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy.

The World Bank. (2020). Technical Potential for Offshore Wind in Turkey [Ebook]. Washington DC. Retrieved from https://documents1.worldbank.org/curated/en/694551586852099074/pdf/Technical-Potential-for-Offshore-Wind-in-Turkey-Map.pdf

TSKB (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası). (2021).Hidrojen Enerjisi Bilgilendirme Notu, Enerji Çalışma Grubu.

TÜPRAŞ. (2020). TÜPRAŞ Sürdürülebilirlik Raporu. Retrieved from https://tprstaticfilessa.blob.core.windows.net/assets/uploads/srrapor/2020_surdurulebilirlik_raporu.pdf

Uluslararası Hidrojen Stratejileri Raporu - Dünya Enerji Konseyi | Türk Milli Komitesi. Dünya Enerji Konseyi | Türk Milli Komitesi. (2020). Retrieved 14 April 2022, from https://www.dunyaenerji.org.tr/uluslararasi-hidrojen-stratejileri-raporu/.

United Nations Framework Convention on Climate Change (COP21) Paris Agreement 2016. (2016).

US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Biomass Program. (2010). DOE National Algal Biofuels Technology Roadmap. Retrieved from https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/algal_biofuels_roadmap.pdf

US Department of Energy. (2016). Advancement of Synchrophasor Technology in Projects Funded by the American Recovery and Reinvestment Act of 2009. Retrieved from https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/03/f30/Advancement%20of%20Sychrophasor%20Technology%20Report%20March%202016.pdf

Wei, Q., Pang, X., Zhou, J., & Chen, C. (2018). High temperature spectral selective TiC-Ni/Mo cermet-based coatings for solar thermal systems by laser cladding. Solar Energy, 171, 247-257. doi: 10.1016/j.solener.2018.06.074

Wind to Gas Suedermarsch. (2018). Wind to Gas Energy, Retrieved 14 April 2022, from http://www.w2g-suedermarsch.de

World Bank. (2021). Concentrating Solar Power: Clean Power on Demand 24/7. Washington, DC. Retrieved from https://pubdocs.worldbank.org/en/849341611761898393/WorldBank-CSP-Report-Concentrating-Solar-Power-Clean-Power-on-Demand-24-7-FINAL.pdf

World Energy Investment 2019 – Analysis - IEA. IEA. (2022). Retrieved 11 April 2022, from https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2019.

World Energy Outlook 2021 – Analysis - IEA. IEA. (2022). Retrieved 11 April 2022, from https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021.

World Intellectual Property Organization. (2009). Patent-based Technology Analysis Report – Alternative Energy. Retrieved from https://www.wipo.int/edocs/plrdocs/en/landscape_alternative_energy.pdf

Yablonovitch, E., Gmitter, T., Harbison, J. P., & Bhat, R. (1987). Extreme selectivity in the lift-off of epitaxial gaas films. Applied Physics Letters, 51(26), 2222–2224. https://doi.org/10.1063/1.98946

Zhao, Y., Boccard, M., Liu, S., Becker, J., Zhao, X., & Campbell, C. & ark (2016). Monocrystalline CdTe solar cells with open-circuit voltage over 1V and efficiency of 17%. Nature Energy, 1(6). doi: 10.1038/nenergy.2016.67

Zong, Y., Ahmed, A., Wang, J., You, S., Træholt, C., & Xiao, X. (2017). Enhancing Wind Power Integration through Optimal Use of Flexibility in Multi-Carrier Energy Systems from the Danish Perspective. World Journal Of Engineering And Technology, 05(04), 78-88. https://doi.org/10.4236/wjet.2017.54b009

EK: Komisyon Üyeleri

ADI	ÜNVANI	KURUMU	GÖREV
Selçuk YERCİ	Doç. Dr.	Güneş Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (GÜNAM)	Çalışma Grubu
Işıl Işık GÜLSAÇ	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM	Çalışma Grubu Raportörü
Fehmi AKGÜN	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM	Çalışma Grubu Raportörü
İskender GÖKALP	Prof.Dr.	ODTÜ	Temsilci Üye
Ahmet Turan ÖZDEMİR	Doç. Dr. / Özel Sektör	Erciyes Üniversitesi / ASPİLSAN	Temsilci Üye
Reşat UZMEN	Dr.	FİGES A.Ş	Temsilci Üye
İskender GÖKALP	Prof.Dr.	ODTÜ	Temsilci Üye
Raşit TURAN	Prof. Dr.	Güneş Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (GÜNAM)	Temsilci Üye
Berat Zeki HAZNEDAROĞLU	Doktor Öğretim Üyesi	Boğaziçi Üniversitesi	Temsilci Üye
Fatih COŞKUN	Özel Sektör	Yedic Mühendislik	Temsilci Üye
İbrahim DİNÇER	Prof. Dr.	Yıldız Teknik Üniversitesi	Temsilci Üye
Mehmet Nurullah ATEŞ	Dr.	TÜBİTAK RUTE	Temsilci Üye
Oğuz UZOL	Prof. Dr.	Rüzgar Enerjisi Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi	Temsilci Üye
Orkun HASEKİOĞLU	Prof. Dr.	TENMAK Başkan Yardımcısı	Temsilci Üye
Halime PAKSOY	Prof. Dr	Çukurova Üniversitesi	Temsilci Üye
Onur TAYLAN	Doç. Dr.	ODTÜ	Temsilci Üye
İpek Gürsel DİNO	Doç. Dr.	ODTÜ	Temsilci Üye
Alper BABA	Prof. Dr.	İzmirYüksek Teknoloji Enstitüsü	Temsilci Üye
Doğan GEZER	Dr.	TÜBİTAK MAM	Temsilci Üye
İlker ÖZATA	ETK Uzmanı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı - Enerji İşleri Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
Elif OĞUZ	Doç. Dr.	ODTÜ	Temsilci Üye
Hande ALPASLAN	Daire Başkanı	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı	Çalışma Grubu Sorumlusu

BİLİM VE TEKNOLOJİ KOMİSYONU YEŞİL VE SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM: ÇİFTLİKTEN SOFRAYA DAHA ADİL, SAĞLIKLI VE ÇEVRE DOSTU BİR GIDA SİSTEMİ ÇALIŞMA GRUBU İKLİM ŞURASI RAPORU

1. GİRİŞ

Tarih boyunca iklim şartlarında dünyanı ekosistemde radikal yeniden düzenlenmeler meydana getirebilecek boyutta değişimler birçok kez olmuştur. Sanayinin gelişimine kadar olan değişiklikler doğal kaynaklı iken 19. yüzyıldan itibaren bu değişimlere insanların katkısı dikkate değer boyutlara ulaşmıştır. Hızlı ve düzensiz sanayileşmenin, yanlış tarım uygulamalarının bir sonucu olarak sera gazı birikimi artmış ve bunun sonucu olarak da küresel sıcaklık artışı ortaya çıkmıştır. Mevcut yanlış uygulamalara devam edilmesi, değişen şartlara uyumu sağlayacak önlemlerin alınmaması durumunda tüm ekosistemin geri dönüşümü olmayan hasarlar alması kaçınılmaz gözükmektedir, (Şekil 1)..

Şekil 1. *21. Yüzyılda Gıda Tedarik Zincirine Etki Eden Genel Küresel Değişimler ve Tüketici Eğilimleri*

Açlık ve yoksulluk sorunları

- Çocukların %22'si kötü ve yetersiz beslenmektedir.
- Kırsal nüfusun %80'i aşırı yoksulluk içindedir.

Gıda arzı güvenliği riskleri

- Ülkelerin %50'si kendi kendine yetememektedir.
- Tarımsal üretimin %75'i 4 ürüne odaklıdır (buğday, mısır, patates, pirinç).

Yanlış beslenme kaynaklı küresel sağlık krizi

- 2 milyardan fazla insan gerekli mikro besinleri yeterince alamamaktadır.
- Dünya nüfusunun %75'i aşırı kilo kaynaklı sağlık sorunları yaşamaktadır.

İklim değişikliği ve sürdürülemez küresel gıda sistemi

- Küresel CO_2 emisyonunun %23'ü gıda sisteminden kaynaklanmaktadır.
- Tarım arazilerinin %75'i zarar görmüş durumdadır.

Birçok sektörü kapsayan insan faaliyetleri nedeniyle ortaya çıkan ve atmosferde birikmeye başlayan başta CO_2 (karbondioksit) olmak üzere CH4 (metan), N2O (diazot monoksit), O3 (ozon), CFC5 (kloroflourkarbon) ve H2O (su buharı) gibi gazlar sera etkisi oluşturmakta ve küresel sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Sera gazı emisyonlarındaki artış özellikle 1800'li yıllardan itibaren, yani sanayi devriminden günümüze kadar geçen sürede açıkça gözlenmektedir. Küresel sıcaklıktaki çok küçük artışlar bile ekosistemin dengesinde büyük değişikliler yaratır. Küresel sıcaklık artışının tarım sektöründeki en büyük yansıması ise kuraklıktır. Kuraklığın sürdürülebilir tarım üzerine olumsuz etkileri aşağıda sıralanmıştır (Tagem, 2001).

- Üründe kayıp
- Ürün kalitesinde düşüklük
- Bitki hastalıkları

- Böcek istilâsı
- Pestisit ve herbisit kullanımının artması
- Bitki alanlarının zarara uğraması
- Hayvancılıkta kayıp
- Hayvanlar için su ve besin temin edilememesi
- Otlakların verimliliğinin azalması
- Tarım alanlarında tuz stresinin artması
- Topraktaki su ve rüzgâr erozyonu
- Yeni ve ilâve su kaynaklarının geliştirilmesindeki pahalılık
- Su kalitesinin bozulması
- Gübreleme ve ilaçlama sorunları
- Sürdürülebilir gıda güvenliği sorunları
- Yiyecek üretiminde düşüş, yiyecek stoklarında azalma
- Enerji üretiminde azalma

- Çiftçi gelirlerinde kayıplar
- Tarımsal üretimin doğrudan bağlı olduğu endüstriler de kayıplar

Tarım sektörü bir yandan iklim değişikliğinden etkilenirken, diğer yandan da iklim değişikliğine olumlu ve olumsuz yönde etki eder.

İklim Değişikliklerinin Tarım Üzerindeki Etkileri.

Tarımsal üretimi etkileyen en önemli faktörlerden biri iklimdir. İklimin doğrudan ya da dolaylı etkileri aşağıda özetlenmiştir.

i. Bitkisel Ürün Miktarı ve Verimliliği; sıcaklık, yağış, atmosferdeki CO_2 içeriği ve diğer ekstrem olayların sıklığı ürün rekoltesi ve verimini, hasat zamanını ve çayır-meralar açısından otlatma zaman ve verimini değiştirmektedir. Kuraklık ya da aşırı yağışların sıklığı ve şiddeti çoğaldıkça, tarımsal kayıplar artmaktadır. Aşırı sıcaklıklar, toprakta zararlı mikroorganizmaların üremesine neden olmakta, fotosentezi yavaşlatmakta bunun sonucu olarak, bitki büyümesi ve döllenme yeteneği azalmaktadır. Ayrıca bahçe ve ormanlarda yangınlar, toplu ağaç kurumaları ve hastalık salgınları görülmektedir. Aşırı yağışlar sonucu topraktaki su doygunluğunun artması, topraktaki oksijen miktarının azalmasına ve nem artışına bağlı bitkilerde böceklenme ve hastalıkların çoğalmasına sebep olmaktadır.

ii. Toprak Yapısı; sıcaklık ve yağışın yanı sıra toprağın nemi, nem depolama kapasitesi ve verimliliği, bitki gelişimi ve kalitesi için önemli faktörler arasında yer almaktadır. Sıcaklıkta ortaya çıkan artışlar, topraktaki nem seviyesini dengelemek için sulama işleminin yapılmasını gerektirmektedir. Aşırı sıcaklık toprağın azot miktarı, pH değeri ile mikroorganizma kompozisyonunu değiştirmekte ve böylece, topraktaki besin elemanlarını olumsuz yönde etkileyerek üretim potansiyelini düşürmektedir. Verimli arazilerin azalması, ülkelerin ekonomik dengelerinin değişmesine, yaşam kalitesinin düşmesine, organik besinlerin azalmasıyla birlikte beslenme nitelik ve niceliğinin zayıflamasına yol açmaktadır. Bu olumsuzlukların uzun dönemdeki etkisi, insanoğlunun sıkıntı, açlık ve sefalete düşmesine neden olabilecektir.

iii. Hayvansal Üretim ve Verim; sıcaklık artışı hayvanlarda ölüm oranları, yem ve ilaç tüketim miktarları, hastalık ve parazitlerin artması, canlı ağırlık, et-süt üretim ve verimi ile gebelik oranları üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. İklim değişiklikleri yaban hayatını da olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle belirli yaşamsal aktiviteleri başlatmada zamansal uyarılara ihtiyaç duyan birçok canlı için mevsim değişiklikleri önemli sorunlar yaratabilmektedir.

iv. Su Kaynakları Üzerindeki Etkiler; sıcaklık rejimindeki değişiklikler, yağmur, kar yağış zaman-miktarını ve dolayısıyla yeraltı ve yerüstü su miktarını etkilemektedir. Sıcaklıktaki artış buharlaşmayı hızlandırmakta ve bu durum da, sulama suyu hacminin düşmesine neden olmaktadır. Asya, Afrika ve Amerika kıtalarındaki büyük kuyular ve akiferler kurumakta, taban suyu seviyeleri düşmekte, sulak ve bataklık alanlar giderek yok olmaktadır. Buna karşın buharlaşmanın artması sonucu yeryüzünde daha nemli bir hava hakim olacak ve buna bağlı olarak yağışlarda artış gözlenecektir. Aşırı yağış koşulları, sel ve su taşkınları riskini de artırmaktadır. Ayrıca yağışların çoğaldığı bölgelerde aşırı sıcaklık nedeniyle buharlaşmadaki artış, buraların kuraklaşmasına neden olacaktır. Küresel ısınmanın doğrudan etkisi, su sıcaklığındaki yükselme şeklinde ortaya çıkmaktadır. Deniz suyunun ısınması başta balıkçılık olmak üzere, deniz ve okyanuslarda yaşayan pek çok türün yaşamını tehdit etmektedir. Dünyadaki toplam su miktarı 1,4 milyar km3 olup, bu suyun % 97,5'i tuzlu su, geriye kalan % 2,5'i tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Dünyadaki nüfus artışı ile birlikte kişi başına kullanılabilir su miktarı da giderek azalmaktadır. Temiz ve içilebilir su kaynaklarının kirlenmesi ile birlikte her geçen gün su kıtlığı giderek artmaktadır. Su en fazla tarım, sanayi ve enerji üretiminde kullanılmaktadır. Sıcaklık ve nüfus artışına bağlı olarak suya olan küresel talebin artması, su konusunda etkin bir talep yönetimi ve politikalarının gerçekleştirilmesini zorunlu hale getirmektedir.

v. Diğer Etkiler; iklim değişikliklerinin bu doğrudan etkilerin yanında tarımsal üretimi dolaylı olarak etkileyen faktörler de mevcuttur. Buzulların erimesine bağlı oluşan deniz seviyesindeki artışlar veya aşırı yağışlar tarımsal alanlarda sel baskınlarına yol açmaktadır, ozon seviyesi ya da UV ışınlarının bitki büyüme sürecinde yarattığı olumsuz değişiklikler, toprak erozyonu ve çölleşme gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. İklim değişikliğinin bu olumsuz etkilerinin yanı sıra olumlu etkileri de vardır. Örneğin; atmosferdeki CO_2 oranının artması bazı bitkilerin daha fazla karbon alımı sonucu verimliliğini artırmaktadır. Sıcaklık artışı bitki büyüme

dönemlerini kısaltmakta, erken ekim ve hasat imkanı ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık artışları bitki büyüme dönemlerini kısaltmakta, erken ekim ve erken hasat ortaya çıkmaktadır. Sıcak bölgelerde yetişen bitkilerin ılıman bölgelerde de yetişmesine olanak vermektedir. Ayrıca, emisyon ticareti tarımsal faaliyetlerle uğraşanlara yeni bir gelir kaynağı imkanı vermektedir.

Tarımın İklim Değişikliğine Etkileri:

Tarımın İklim Değişikliğini Artıran Yönü: Tarımsal faaliyetler sonucu (enerji tüketimi, hayvan yetiştirme, çeltik üretimi, gübreleme ve ilaçlama vb.) çeşitli sera gazları ortaya çıktığından tarımsal üretim, iklim değişikliğinin başlıca sebepleri arasında yer almaktadır. Günümüzde et-süt sığırcılığı, kümes hayvancılığı ve süt endüstrisinin yoğunlaşmasıyla birlikte, hayvansal üretim yapan işletmelerin yarattığı çevre kirliliğinde önemli bir artış gözlenmektedir. Çiftlik hayvanlarından ortaya çıkan amonyağın asit yağmurlarına, CH4 gazının sera etkisine yol açarak küresel sorunlara neden olduğu ifade edilmektedir. Geviş getiren hayvanlar, sindirim sürecinde mide fermantasyonları aracılığıyla sera gazı salınımı yapmaktadırlar. Su altında yetişen çeltik ise, üretimi boyunca CH4 salınımı yapmaktadır. Çeltik ekim alanları çoğaldıkça sera gazı salınımı da artmaktadır. Gübre, toprak içinde çözündükçe ya da toprak işleme sırasında toprakta tutulan CO_2'nin dışarı çıkmasıyla yine atmosferdeki sera gazı salınımı artmaktadır. Dünyada sera gazı emisyonlarının %26'sı enerji tüketiminden, %19'u sanayi faaliyetlerinden, %17'si arazi kullanımı değişikliklerinden, %14'ü tarımdan, % 13'ü ise ulaşımdan kaynaklanmaktadır. Tarımın İklim Değişikliğini Azaltan Yönü: Çeşitli tarımsal faaliyetler sera gazları ortaya çıkarırken bitkisel üretim sera gazı emisyonlarını azaltma özelliğine sahiptir. Yeşil bitkiler fotosentez aracılığı ile atmosferdeki karbonu tutmaktadırlar. Yine toprakta karbon depolanmaktadır. Tarımın iklim değişikliğini azaltmada ikinci katkısı biyoyakıtlardır. Fosil yakıtlar yerine biyoyakıtların kullanımının tercih edilmesi, atmosfere sera gazı salınımını azaltmaktadır. Atmosferde artan CO_2 konsantrasyonunun, belirli tarım ürünlerinin yetişmesinde olumlu katkısı olacağı beklenmektedir. Pirinç ve buğdayın içinde bulunduğu C3 sınıfı olarak nitelenen bitkiler (yüksek CO_2 konsantrasyonuna ve düşük sıcaklığa ihtiyaç duyan, ışık şiddetini kullanma yeteneği düşük, ılıman bölge bitkileri), artan CO_2 miktarından olumlu etkileneceklerdir. Buna karşılık mısır, şeker kamışı gibi C4 sınıfı bitkiler (düşük CO_2 konsantrasyonuna ve yüksek sıcaklığa ve düşük oranda suya ihtiyaç duyan, mevsimsel kuraklığa dayanıklı, başlangıçta 4 karbon atomu içeren organik molekülleri bağlayan, ışık şiddetini kullanma yeteneği yüksek bitkiler), artan CO_2 miktarından olumsuz yönde etkileneceklerdir. (Baykaç & Doğan, 2015)

Artan dünya nüfusuna ek olarak iklimsel değişikliklerin getirdiği olumsuzlukların acil ve etkili çözümü için gelişen teknolojinin tarım ve gıda sektöründe uygulamaya geçirilmesi ve ülke ihtiyaçları göz önüne alınarak yeni teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

M.Ö. 9500 yıllarında hayvanların evcilleştirmesi ve bitkilerin kültüre alınma çalışmaları ile başlayan yerleşik tarım faaliyetleri günümüzde bilişim teknolojileri, yeni nesil mekanizasyon ve biyoteknolojik uygulamalarla farklı bir boyuta taşınmıştır. 21. yüzyıl ve sonrasını kapsayan ve IV. Tarım Devrimi olarak adlandırılan dönemde tarımsal üretim; emek yoğun bir süreçten, bilgi yoğun bir sürece, doğal risklere açık bir üretimden, planlama ve kontrollü koşullarda yapılan bir üretime dönüşecektir.

IV. Tarım devrimi iki temel bileşene dayanmaktadır.

1. Bilişim teknolojileri ve yeni nesil mekanizasyon:

a. Dijital tarım: Veri toplama

b. Akıllı tarım-Hassas tarım: Hassas uygulamaları

2. Biyoteknoloji: GDO, CRSPR, Hücre kültürü, doku kültürü vb.

Tarımın ekonomik kalkınma için oynadığı kritik rol ve gıda güvenliğini sağlamak için bilgi iletişim teknolojileri ile güçlendirilmesi gerekmektedir. Böylece üretken teknoloji odaklı ve küresel olarak rekabetçi tarımsal üretime kavuşulmuş olacaktır. FAO verilerine göre 2050 yılına kadar dünya nüfusunda %40 (9-10 milyar), gıda talebinde %60-70, sera gazı salınımı %160, küresel ısınma 40C, hastalık ve zararlı baskısında artış gerçekleşecekken, bitkisel biyoçeşitlilikte %36, kişi başına arazi varlığında %24, tarımda kullanılan suda %24, birim alandaki verimde %8 azalma olacaktır. Dolayısı ile birim alandan daha fazla ürün almak ve maliyeti optimize etmek çok önemli bir unsurdur.

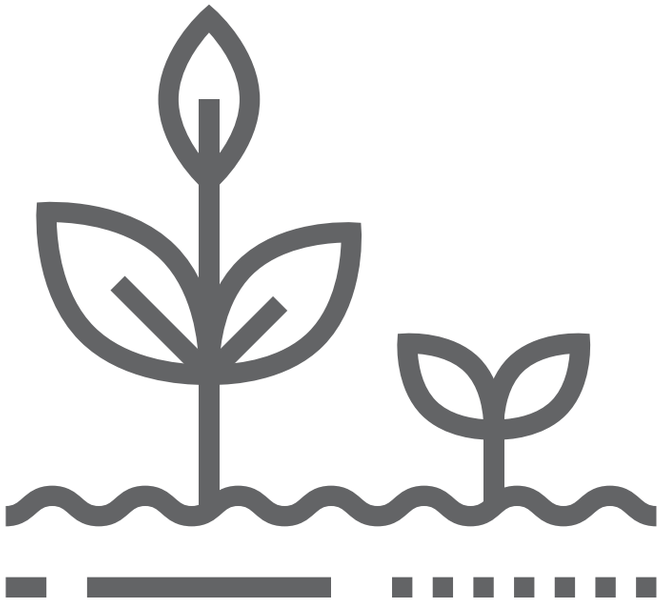
Dünya tarımındaki küresel eğilimler bireysel gereksinimlerin karşılanmasından çok toplumsal gereksinimlerin karşılanmasına yöneliktir. Küresel rekabet gelişiyor, özellikle Çin ve Hindistan'ın bu değişimde başrol oynuyor olması diğer ülkelerin tarımsal hedeflerine ulaşmada bilgi iletişim teknolojilerinin potansiyelinden yararlanmayı gerekli kılmaktadır. Ayrıca kırsal nüfusun azalıyor olması, iklim değişikliği, tarım yapan

nüfusun yaşlanması, göçlerin artması, israf ve kayıpların artması, toprak bozumu ve tarımsal suların kirlenmesi gibi nedenlerle; tarımsal üretimde alışılagelmiş üretim teknikleri ve bunlara ait araçların terk edilerek, çağdaş üretim teknolojilerine geçilmesi ve bunlara uygun araçların kullanılması zorunludur.

Bilgi işleme ve kullanma süreçlerine ilişkin, birçok araç ve gereç hâlihazırda geliştirilmiş olup piyasada mevcuttur. Bazı tarım 4.0 uygulamaları aşağıdaki gibidir.

1. Drone teknolojisi
2. Tarım robotları
3. Sulama otomasyonları
4. Değişken oranlı gübreleme sistemleri
5. Otomatik hayvan sağım-besleme sistemleri
6. Sera iklimlendirme otomasyonları
7. Zararlılar için tahmin ve erken uyarı sistemleri
8. Akıllı çiftlik uygulamaları

Bitkisel üretimde akıllı makinalarla değişken oranlı uygulamalar gerek toprak işlemede gerekse ekim, gübreleme, ilaçlama ve sulama da yapılmaktadır. Özellikle son yıllarda robot teknolojisinin tarımsal alanlarda kullanımının artmasıyla birlikte, değişken oranlı tarımsal uygulamalar konusu öne çıkmaktadır.



Tarımsal işlemlerde, insan işgücü yerine, konuşlandırılmış robotlar prototip çalışmaları gerek özel sektör gerekse akademik saha da devam eden ve üzerinde yapılan Ar-Ge çalışmalarının hızla artığı yarı/tam otonom araçlardır. Bu araçlar özellikle meyve ve sebze hasadında etkin bir şekilde kullanılabilmektedir. Üzerlerinde kamera ve GPS donanımları mevcuttur. Hasadı otomatik olarak yapan işleyici organlar sahiptir.

İklim Şurası, Bilim ve Teknoloji Komisyonu, Yeşil Ve Sürdürülebilir Tarım: Çiftlikten Sofraya Daha Adil, Sağlıklı ve Çevre Dostu Bir Gıda Sistemi Çalışma Grubu Çalışma Grubu faaliyetlerine 24 Ocak 2022 tarihinde gerçekleştirilen ilk toplantı sonrasında başlamış olup, çalışma grubu çerçevesinde ele alınması hedeflenen konular 10 başlık altında toplanmıştır:

Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım: Çiftlikten Sofraya Daha Adil, Sağlıklı ve Çevre Dostu Bir Gıda Sistemi

- Tarımsal Üretimde Sera Gazı Salımının Azaltılması Amacıyla Düşük Karbon İzine Sahip Robotik Teknolojileri

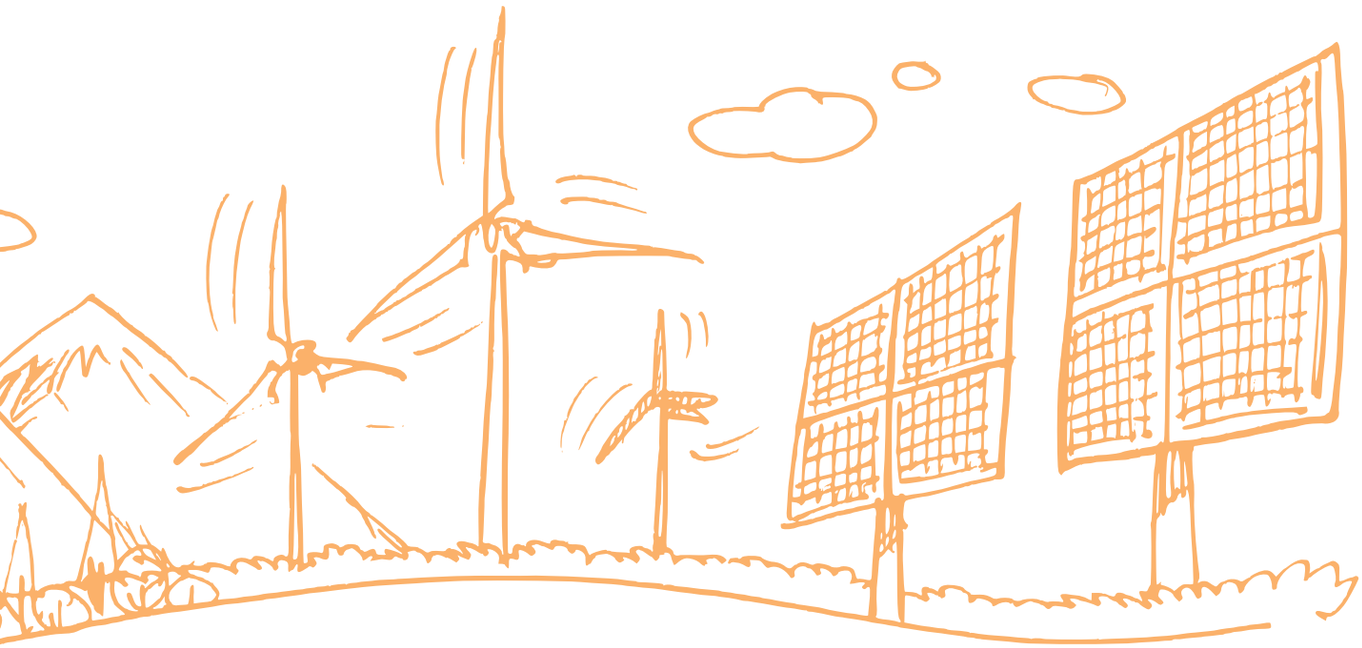
- Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İçin Tutulan Karbon Miktarının ve Karbon Stoklarındaki Değişimlerin İzlenmesine Yönelik Çözümler, Çölleşme ve Arazi Tahribatıyla Mücadele Çalışmalarında Karbon Depolama Uygulamaları

- İklim Değişikliğiyle Uyumlu Tarımsal Üretim Planlamalarının Yapılabilmesi Amacıyla Büyük Veriye Dayalı Bilgi-İletişim Teknolojileri

- Yenilikçi Sulama Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Su Yönetimi İçin

Marjinal Suların Tarımsal Sulamada Kullanımına Yönelik Çözümler

- Tarımsal Üretimde Kimyasal Gübre Kullanımının Azaltılmasına Katkı Sağlayacak Çözümler
- Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Kuraklığa Dayanıklı Tohumların ve Alternatif Gıda Kaynaklarının Geliştirilmesine Yönelik Çözümler
- Tarımsal Üretimde Tehlikeli Pestisitlerin, Anti-Mikrobiyallerin Kullanımının Azaltılması Amacıyla Kültürel Önlemler ile Yenilikçi Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele Yöntemleri Geliştirilmesi
- Organik Tarım Üretiminin Yaygınlaştırılması Amacıyla Yenilikçi Biyolojik Mücadele Yöntemleri, Omiks Teknolojileri Yardımıyla Organik Gıdaların Otantik Kompozisyon Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik İleri Analiz Yöntemleri ve Bulut Tabanlı Organik Gıda Kontrol Sistemleri
- Tarımsal Üretimde ve Gıda Sektöründe Atık ve Artıklarının Geri Dönüştürülerek Yakıt, Isı, Elektrik, Organomineral Gübre, Biyoaktif Madde, Biyomalzeme Gibi Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Birlikte Elde Edildiği Biyorafineri Teknolojileri
- Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Parmak İzi Niteliğindeki Gıda Kalite Özelliklerinin İzlenebilmesine Yönelik Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri, Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Yenilikçi Üretim ve Ambalajlama Teknolojileri



2. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Bilişim Teknolojileri ve Yeni Nesil Mekanizasyon

Tarımda bilgi-işlem teknolojilerinin kullanımı, aynı zamanda daha çevresel olarak sürdürülebilir ve aynı zamanda esnek bir gıda üretiminin yaratılmasını desteklerken, gıda talebinde öngörülen artışı yönetmenin birkaç umut verici yolundan biridir. Birçok rapor, teknolojik çözümlerin bu bu amaçla önemli bir rol oynaması gerektiğini vurgulamıştır. Bunların bazı örnekleri aşağıda belirtilmiştir;

- IMechE, toprak, enerji ve su üzerinde sürekli artan baskılar bağlamında gıda sistemindeki yüksek atık seviyelerini (%50'den fazla kayıp) vurgularken, teknolojinin bunu azaltmada önemli bir rolü olduğunu savunmaktadır (IMechE, 2013).

- FAO, "emtia ve borsa fiyat bilgisi ve analizi, meteorolojik veri toplama, çiftçilere tarımsal yayım için danışmanlık hizmetleri, erken uyarı" ile ilgili yeniliklerle sonuçlanan cep telefonları gibi nispeten basit teknolojilerin önemini belirtmektedir (FAO, 2013).

- Dünya Bankası, küçük toprak sahipleri için tarımda üretkenliği artırmada, toprak kalitesini iyileştirmede, atıkları azaltmada bilgi-işlem teknolojilerinin rolüne vurgu yapmaktadır. Örnek uygulamalar arasında tarımsal riski azaltan hava tahmini, mera hasarını önlemek için çiftlik hayvanlarının izlenmesi, sığır hastalıklarını önlemek için RFID kullanımı, uydu verilerinin sulama sistemleriyle birlikte kullanımı, mahsul sigortası ve sertifikalı çiftçi grupları için tarla veri toplama araçları sayılabilir (Dünya Bankası, 2017).

- Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin desteklenmesi için bilgi-işlem teknolojileri ve dijital tarımın rolü üzerinde önemle durulmaktadır. Dijital tarımın, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşılmasına yardımcı olma konusunda büyük bir potansiyele sahip olduğu kabul edilmektedir (UN Global Compact, 2016). Bu rapordan bazı uygulama örnekler aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 2).

Şekil 2. *Bilgi-İşlem Teknolojileri Ve Dijital Tarımın Uygulama örnekleri (UN Global Compact, 2016).*

Dijital tarımın önemi veya daha sürdürülebilir uygulamaları desteklemek için tarımda bilgi-işlem teknolojilerinin kullanımının önemi konusunda yaygın bir anlaşma var gibi görünse de, katma değeri (özellikle küçük ölçekli çiftçiler için) göstermek ve benimsemeyi teşvik etmek de dahil olmak üzere birçok zorluk bulunmaktadır.

AB Tarım ve Gıda sistemlerinde Bilgi-İşlem Teknolojileri ve Eğilimleri.

Donanım Teknolojileri

- Uydu Seyir Sistemi
- İnsansız Hava Araçları
- Proksimal Sensörler / Kara Tabanlı Sensörler
- Radyo Frekansı Tanımlama (RFID)
- Nesnelerin İnterneti (IoT) / Kablosuz Sensör Ağları

Yazılım Teknolojileri

- Çiftlik Yönetim Bilgi Sistemleri
- Karar Destek Sistemleri / Araçları
- Açık Veri / Bağlantılı Veri / Büyük Veri / Veri Standartları
- Yapay Zeka
- Makine Öğrenmesi / Derin Öğrenme
- Blokzincir Teknolojileri

ICT-AGRI, (Information and Communication Technologies-AGRICULTURE) tarım sektörü için bilgi-iletişim teknolojileri ve robotik alanındaki Avrupa araştırmalarının koordine edilmesine yardımcı olmayı ve ortak önceliklere dayalı ortak bir stratejik araştırma ve yenilik gündemi geliştirmeyi amaçlayan bir ERA-NET'tir (European Research Area-NETwork). ICT-AGRI, 2009'dan beri rekabetçi, sürdürülebilir ve

çevre dostu bir tarım için bu yeni teknolojilerin geliştirilmesini ve uygulanmasını desteklemektedir.

Avrupa Komisyonu 7. Çerçeve Araştırma Programı kapsamında ICT-AGRI 1 başlıklı ERA-NET projesini finanse etmiştir. ERA-NET desteklerinin amacı, belirli alanlarda bölgesel, ulusal ve Avrupa araştırma programlarını koordine etmek için pratik girişimleri kolaylaştırarak Avrupa Araştırma Alanı'nı geliştirmek ve güçlendirmektir. ICT-AGRI'nin amacı, hassas tarımın çeşitli alanlarında Avrupa araştırmalarını güçlendirmek, tarımda bilgi-iletişim teknolojileri ve robotik ile ilgili ortak bir Avrupa araştırma gündemi geliştirmek ve katılımcı ülkelerin ulusal fonlarından gelen fonlara dayalı çağrıları takip etmek olmuştur.

ICT-AGRI 1 tarafından 2012'de yayınlanan Stratejik Araştırma ve Yenilik Gündemi belgesinde küresel gıda güvenliği, sürdürülebilir kaynak yönetimi, enerji tüketimi, gıda kalitesi ve güvenliği, iklim değişikliği, sosyal talepler, gıda zincirindeki israfı azaltmak, gübre ve pestisit kullanımını optimize etmek gibi bu zorlukların üstesinden gelmek ana hedefler arasında yer almıştır. ICT-AGRI hedefleri hem bitkisel hem de hayvansal üretim sektörlerini kapsayacak şekilde genel çiftlik yönetimi bağlamında ele alınmış ve sonraki ICT AGRI çağrılarının konusunu tanımlamak için kullanılmıştır.

ICT-AGRI 1 Stratejik Araştırma ve Yenilik Gündemi belgesinin yayınlanmasından bu yana tarımda kullanılan yeni teknolojilerin, sensörlerin, yönetim sistemlerinin ve uygulamaların sayısındaki artışla birlikte büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Tarım sektöründe dijital dönüşümün küresel çevresel zorlukları da ele alarak birincil üretimde devrim yaratması beklenmektedir.

Verilerin, özellikle de büyük verilerin gıda ve tarım sektöründe yeni paydaşlara yeni gelir modelleri ve güç imkânları sağlayacağı öngörülmektedir. Tüm bu değişiklikler, veri sahipliğine ilişkin yeni politika ve düzenlemelere duyulan ihtiyaçları ve enformasyona dayalı endüstrilerin tekel eğilimlerinden kaçınma mekanizmaları da dâhil olmak üzere yeni zorlukları beraberinde getirecektir (Wu, 2010).

Dijital tarım, tarımsal üretimin çevresel etkisi gibi sorunlara gerçekten çözüm sunacaksa, o zaman en büyük zorluklardan biri teknolojinin benimsenmesi olacaktır. Örneğin, 2016'da Fransız çiftliklerinin yalnızca %63'ü internete bağlıyken, Fransız hane halkının %86'sı bağlıdır. Hollanda'daki çiftliklerin yalnızca %30'u sağım robotları kullanmaktadır. Bu oran ABD için %2'ye düşmektedir. Yeni teknolojilerin kullanımı,

ancak çiftçiler ve diğer gıda üreticileri için net değer sağladığı ve tüm paydaşların bu değişikliklere uyum sağlayabildiği takdirde artacaktır.

ICT-AGRI 2'nin Stratejik Araştırma ve Yenilik Gündemi belgesinde dijital tarımı (başka bir deyişle dijital gıda sisteminin) mevcut durumu, Avrupa Birliği'nde dijital tarımın gelecekteki gelişimi ve finansmanı, tarım ve gıda sistemlerindeki teknoloji kullanımı ve eğilimler, dijital teknolojilerin daha fazla benimsenmesine engel teşkil eden mevcut ve gelecekteki zorlukları tanımlamaktadır. Belge, rekabetçi, sürdürülebilir ve çevre dostu bir gıda ve tarım sistemi için yeni teknolojilerin kullanılmasını sağlamak üzere 10 yıl boyunca araştırma ve proje önceliklerine referans olmayı amaçlamaktadır.

Sürdürülebilir Bir Küresel Gıda ve Tarım Sistemi İçin Mevcut ve Gelecekteki Zorluklar.

Mevcut küresel gıda ve tarım sisteminin bir dizi cephede krizde olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. İklim değişikliği, nüfus artışı, çevre kirliliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, ormansızlaşma ve toprak kaybı, obezite ve yetersiz beslenme ve su çatışmaları gibi küresel sorunların büyük bir kısmı kısmen veya tamamen mevcut gıda ve tarım sistemi uygulamalarıyla ilişkilendirilebilir. Birçok farklı kuruluş, son beş ila on yıl içinde, tarım sektörü nedeniyle insanlık için mevcut veya ortaya çıkan varoluşsal zorlukları tanımlayan raporlar üretmiştir. Bu raporların bazılarına aşağıda özetle değinilmiştir;

- Birleşik Krallık hükümetinin öngörü raporu, 9 milyarı aşacağı tahmin edilen artan bir nüfusu beslemek zorunda olan gıda sistemi üzerindeki baskıları, küresel kaynaklar (toprak, su, enerji) için rekabet ve iklim değişikliğine uyum sağlama zorunluluğu açısından ele almaktadır. Rapor, diğer zorlukların yanı sıra, dünyayı beslerken biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetlerini sürdürmenin yanı sıra iklim değişikliğini azaltmak için gıda sistemini yönetme ihtiyacını vurgulamaktadır (Government Office for Science, 2011).

- FAO 2017 yılında yayınladığı Gıda ve Tarımın Geleceği hakkındaki raporunda, tarımsal verimliliğin 1960'tan bu yana üç katına çıktığını, ancak bu başarının ormansızlaşma, yeraltı suyunun tükenmesi ve biyolojik çeşitliliğin azalması şeklinde çevreye ağır bir maliyeti olduğunun altını çizmektedir. Raporda, büyük oranda ormansızlaşmaya, su kıtlığına, toprak tükenmesine ve yüksek düzeyde sera gazı emisyonlarına neden olan yüksek girdili ve kaynak yoğun tarım sistemleri ile sürdürülebilir tarım ve gıda üretimi sağlanamayacağı ifade edilmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini karşılayan sürdürülebilir bir gıda ve tarım sistemine ulaşmak için ele alınması gereken zorluklar

belirlenmektedir (FAO, 2017).

- ABD Hükümeti Küresel Gıda Güvenliği Stratejisi raporu, diğer nedenlerin yanı sıra iklim değişikliğinin etkisi ve ekosistemler, toprak, su ve doğal kaynaklar üzerinde yarattığı stres nedeniyle küresel gıda güvenliğine yönelik önemli zorlukları belirlemekte, tarımsal verimliliği artırmaya ve doğal kaynakları izlemeye yönelik yeni araçların ihtiyacına vurgu yapmaktadır (US GOV, 2016).

- Barilla Vakfı tarafından Ekonomist İstihbarat Birimi'ne hazırlatılan Gıdaların Onarılması adlı raporda tarımın neden olduğu çevresel hasarın (emisyonlar, toprak kirliliği, ormansızlaşma) azaltılmasının yanı sıra gıda kayıp ve israfına dikkat çekilmektedir. Erozyon ve aşırı kullanımdan dolayı dünyanın ekilebilir arazilerin tükenmekte olduğu belirtilmektedir. Tarım sektörünün hem ormansızlaşmayı hem de gıda olarak kullanılmayan mahsullerin tarımını azaltması gerektiği vurgulanmaktadır (EIU, 2016).

- IPES tarafından yayınlanan "Tekdüzelikten Çeşitliliğe" başlıklı rapor 20. yüzyılda gıda sisteminin bir yandan mahsul verimliliği, gıda işleme ve dağıtımındaki büyük başarılarına ve küresel olarak aç kalan insanların yüzdesindeki azalmaya dikkat çekerken; diğer yandan tarımın küresel antropojenik sera gazının %29'una katkıda bulunduğunu, tüm suyun %70'inin tarım sektörü tarafından tüketildiğini, toprakta ve suda nitrat, fosfor, pestisit, toprak tortusu ve patojen kirliliğinden sorumlu olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, pestisit kullanımı ve mahsul üretkenliği için temel bir zorluk oluşturan habitat kaybı nedeniyle tozlayıcılardaki küresel düşüşe dikkat çekilmektedir. Tarımın birçok sorunu ve olumsuz etkisi, gübre, böcek ilacı ve antibiyotiklerin yaygın olarak kullanıldığı "endüstriyel tarım" modeline atfedilmektedir (IPES-Food, 2016).

- Paris Anlaşması'nın 2 oC'den az ısınma hedefleri dahilinde kalınması için et tüketiminde %90'dan fazla gerekli olduğu gösterilmektedir (Springman ve ark., 2018). Et ve süt ürünleri tüketiminin azaltılması ihtiyacı başka raporlarda da ifade edilmektedir (Poore & Nemecek, 2018).

İklim değişikliğinin, toprak kaybının, su ve diğer kaynakların tükenmesinin, endüstriyel monokültürlerin hassas genetik temelinin ve kimyasal ajanların genişleyen kullanımının dünya gıda arzı güvenliğine zarar verdiği açıktır. Önümüzdeki on yıllar içinde, dünya gıda sistemi değişen koşullara hızla uyum sağlamak zorundadır. Bu, ulusal ve uluslararası paydaşların sürdürülebilir bir tarım ve gıda sistemi için Ar-Ge ve yenilik çalışmalarına yönelik büyük yatırımlar ile sağlanabilecektir.

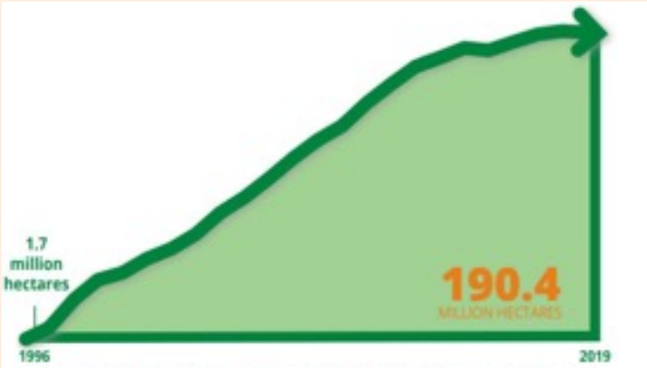
2.2. Biyoteknolojik Faaliyetler

Tarımsal biyoteknolojide sağlanan avantajların kısa sürede somut kazanımlara yol açması, artan nüfusun gıda gereksiniminin klasik yöntemlerle karşılanamaması, yoğun pestisit ve herbisit kullanımının insan ve tüm ekosistem için büyük riskler yaratması ve iklim değişikliğinin getirdiği diğer sorunlar bu alandaki çalışmaları teşvik eden önemli etkenleri oluşturmaktadır.

Biyoteknolojik ürünlerin tüketiciye sunulmadan önce sıkı denetimlerden geçmesi gerekmektedir. İnsan ve çevre için risk yaratmadığının raporlanması zorunludur. GDO içeren tarımsal ürünlerin ticari olarak üretilmesini ve pazara sunulmasını ABD'de Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration, FDA), AB ülkelerindeyse Avrupa Gıda Güvenliği Yönetimi (European Food Safety Authority, EFSA) yönlendirmektedir. 2012 sonu itibarıyla FDA'nın değerlendirme yaptığı ve ABD'de pazara sunulmasında sakınca görmediği tarımsal amaçlı GDO sayısı 98, EFSA'nın AB ülkelerinde ekimini onayladığı tarımsal amaçlı GDO sayısı ise 47'dir.

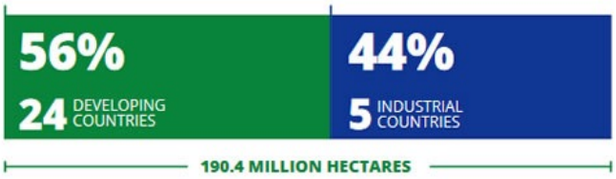
Bugüne kadar bitkilerde gerçekleştirilen biyoteknolojik uygulamalar özellikle pestisit ve herbisit kullanımını azaltmak, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı koruma sağlamak, verimi artırmak ve raf ömrünü uzatmak gibi amaçlarla tasarlanmıştır.

Biyoteknolojik mahsullerin ticarileştirilmesinin 24. yılı olan 2019'da, 29 ülkede 17 milyona yakın çiftçi tarafından 190,4 milyon hektar biyoteknolojik mahsul ekilmiştir. İlk biyoteknolojik mahsulün ticarileştirildiği 1996 yılından 2019 yılına kadar yaklaşık 112 katlık bir artış söz konusu olmuştur, (Şekil 3). Bu nedenle, biyoteknolojik mahsuller, modern tarım tarihinde en hızlı benimsenen mahsul teknolojisi olarak kabul edilmektedir (ISAAA,2019).



Şekil 3. *Biyoteknolojik Tarımsal Mahsüllerin 1996 Yılından 2019 Yılına Kadar Olan Gelişimi (Milyon Hektar, ISAAA, 2019).*

2011 yılından bu yana gelişmekte olan ülkeler sanayileşmiş ülkelerden daha fazla biyoteknolojik bitki tarımı yapmıştır, (Şekil 4). 2019 yılında, 24 gelişmekte olan ülke, küresel biyoteknolojik ürünlerin hektar olarak %56'sını dikerken, 5 sanayi ülkesi %44'lük payı almıştır. Güney yarımkürede biyoteknolojik mahsulleri benimseyen ülkelerin sayısının artması ve çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde yetiştirilen pirinç gibi yeni biyoteknolojik mahsullerin ticarileşmesi nedeniyle bu eğilimin ileriki yıllarda da devam etmesi beklenmektedir.



Şekil 4. *Sanayileşmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Biyoteknolojik Mahsüllerin Dağılımı (ISAAA,2019).*

2019 yılında biyoteknolojik ürün tarımı yapan 29 ülkeden 19'u, 50.000 hektar veya daha fazla büyüyen biyoteknoloji mega ülkeleri olarak kabul edilmiştir (Tablo 1). ABD, 2019'da 71,5 milyon hektar ekerek dünyanın en büyük biyoteknolojik mahsul üreticisi olmaya devam etmiş, Brezilya ise 52,8 milyon hektarla ikinci sırayı almıştır.

Tablo 1. Ülkelere Göre 2018 ve 2019'da Küresel Biyoteknolojik Mahsul Alanı (milyon hektar)

Sıralama	Ülke	2018	2019
1	ABD	75	71.5
2	Brezilya*	51.3	52.8
3	Arjantin*	23.9	24
4	Kanada*	12.7	12.5
5	Hindistan*	11.6	11.9
6	Paraguay*	3.8	4.1
7	Çin*	2.9	3.2
8	Güney Afrika*	2.7	2.7
9	Pakistan*	2.8	2.5
10	Bolivya*	1.3	1.4
11	Uruguay*	1.3	1.2
12	Philippinler*	0.6	0.9

Sıralama	Ülke	2018	2019
13	Avustralya*	0.8	0.6
14	Myanmar*	0.3	0.3
15	Sudan*	0.2	0.2
16	Meksika*	0.2	0.2
17	İspanya*	0.1	0.1
18	Kolombiya*	0.1	0.1
19	Vietnam*	<0.1	0.1
20	Honduras	<0.1	<0.1
21	Şili	<0.1	<0.1
22	Malawi	---	<0.1
23	Portekiz	<0.1	<0.1
24	Endonezya	<0.1	<0.1
25	Bangladeş	<0.1	<0.1
26	Nijerya	---	<0.1
27	Eswatini	<0.1	<0.1
28	Etiopya	---	<0.1
29	Kosta Rika	<0.1	<0.1
	Toplam	191.7	190

**50.000 hektar veya daha fazla büyüyen biyoteknoloji mega ülkeleri*
*** En yakın yüz bine yuvarlanmıştır.*
Kaynak: ISAAA, 2019.

2019 yılında en fazla ekilen biyoteknolojik ürünler soya fasulyesi, mısır, pamuk ve kanola olmuştur. Biyoteknolojik soya fasulyesi ekiminde %4'lük bir azalma olmasına rağmen, küresel biyoteknolojik mahsullerin %48'ini oluşturan 91,9 milyon hektarlık ekim alanı ile yüksek benimseme oranını korumuştur. Bu alan, 2019 yılında dünya genelindeki toplam soya fasulyesi üretiminin %74'ünü oluşturmuştur.

Biyoteknolojik mısır, 2019 yılında küresel mısır üretiminin %31'ini oluşturan 60,9 milyon hektarlık ekim alanında yetiştirilmiştir. Biyoteknolojik pamuk, 2019 yılında küresel pamuk alanının %79'unu oluşturan 25,7 milyon hektarlık alanda üretilmiştir. Biyoteknolojik kanola 2019'da 10,1 milyon hektarlık alanda yetiştirilmiş ve bu da dünya çapındaki toplam kanola üretiminin %27'sini oluşturmuştur.

Soya fasulyesi, mısır, pamuk ve kanola dışında, farklı ülkelerde tarımı yapılan diğer biyoteknolojik ürünler; yonca, şeker pancarı, şeker kamışı, papaya, aspir, patates, patlıcan, kabak, elma ve ananas olmuştur.

The Business Research Company'nin genetiği değiştirilmiş mahsul pazarına ilişkin araştırma raporuna göre, küresel genetiği değiştirilmiş mahsul pazar büyüklüğünün 2020'de 20.09 milyar dolarken 2021'de 21.47 milyar dolara çıkması beklenmektedir (The Business Research Company, Haziran 2021).

Hayvan Biyoteknolojisi.

Hayvan biyoteknolojisi iki yönde ilerlemiştir:

1. Et veya süt üretimini artırmak için yapılan uygulamalar

2. Kanlarında veya sütlerinde biyomedikal olarak faydalı proteinler üreten hayvanlar üretmeye yönelik uygulamalar.

Çiftçiler ve araştırmacılar uzun süredir gıda amaçlı olarak hayvan ıslahı çalışmaları yapmaktadır, ancak günümüze kadar genetik mühendisliği ticari olarak hayvan ıslahında kullanılmamıştır. Suni tohumlama gibi teknikler DNA'nın keşfinden çok önceye dayanmaktadır ve embriyo transferi bile yaklaşık bir asır önce geliştirilmiştir. Çiftlik hayvanları üzerinde transgenik araştırmalar yaygın olarak yürütülmemektedir ve ilerleme kaydedilmektedir.

Hayvanlarda yapılan transgenik çalışmalar bitkilere göre nispeten daha yavaştır. Bu durumun çeşitli nedenleri vardır. Çiftlik hayvanlarının, bitkilerden çok daha uzun üreme döngüleri vardır; bu nedenle herhangi bir üreme yeniliğinin sonucunu görmek çok daha uzun sürer. Süperovulasyon, yumurta geri kazanımı, in vitro fertilizasyon, nükleer transfer, klonlama ve embriyo transferi teknikleri düşük başarı oranlarına sahiptir; bu nedenle hayvanlara genetik mühendisliği uygulamak verimsiz ve maliyetlidir.

Türkiye'deki Mevcut Durum.

Türkiye'nin iklim değişikliğinden en fazla etkilenmesi beklenen Akdeniz Havzasında bulunması ve tarım sektörünün ekonomik ve sosyal açıdan ülkedeki önemi nedeniyle iklim değişikliği için alınacak tedbirler büyük önem taşımaktadır. IPCC'nin 4. değerlendirme raporuna göre, gelecek yüzyılda Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz

Havzasında sıcaklığın artacağı, daha yoğun sıcak dalgalarının olacağı, yağışlarda %20 dolaylarında azalma olacağı, toprak neminin azalacağı, deniz seviyesinin yükseleceği tahmin edilmektedir.

Türkiye'de 24 milyon hektar olan tarım arazisinin yaklaşık 5 milyon hektarında sulu tarım yapılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, tarım arazilerinin %80'inde kuru tarım yapılmakta, yani yağışa bağlı üretim gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle olası bir yağış azlığı, üretim miktarı üzerinde olumsuz yönde etki yaratabilecektir. Akdeniz bölgesindeki yarı kurak ve suptropik alanlarda sıcaklık artışının, yağış rejimindeki değişikliklerden daha fazla olacağı, sel, kuraklık gibi ekstrem hava olaylarının daha yoğun ve sık yaşanacağı belirtilmektedir. Bu değişikliklerin tarım alanlarında kayıplara ve tahribatlara, ürün verimliliğinde azalmalara neden olacağı tahmin edilmektedir.

Türkiye küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından, riskli ülkeler arasında yer almaktadır. Coğrafik konumu nedeniyle farklı iklim koşullarını kapsayan Türkiye, bu nedenle küresel iklim değişikliğinden farklı düzeylerde etkilenecektir. Sıcaklık artışından en fazla etkilenmesi beklenen bölgelerin Güney doğu, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgeleri olacağı beklenmektedir (Türkeş 1998). Olası iklim değişikliğinin ülkemizdeki sonuçlarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

1. İklim değişikliğinin ülkemizdeki doğal ekolojik sistemlerin bileşimini ve üretkenliğini bozacağı ve biyolojik çeşitliliği azaltacağı kaçınılmaz olacaktır. Her bir tür iklimdeki değişikliğe ve bozulan iklimsel koşullara farklı düzeyde ve farklı biçimde tepki vereceğinden, birçok ekosistemin yapısı, bileşimi, üretkenliği ve coğrafî dağılışı değişecektir. İklim değişiklikleri ve onunla bağlantılı tüm değişiklikler madde ve besin döngüsünü, atık kalitesini, akarsu rejimini ve akışını, toprak erozyonunu, hava kalitesini ve iklimi kontrol ederek mal ve hizmet üretimine katkı sağlayan ekosistemleri etkileyecektir.

2. Tarım alanlarının korunması pek çok ülkede, ulusal güvenlik kaygılarından biri hâline gelmiştir. Tarım alanlarının kötü kullanımı, su yönetim eksiklerine bağlı su baskınları, tuzlanma, çoraklaşma, aşırı pestisit ve gübre kullanımına bağlı kirlenme bunların başında gelmektedir. Ülkemizin bazı önemli hububat

üretim merkezlerinde ürün kayıplarının %40-50 oranına ulaştığı gözlenmektedir (TAGEM, 2001). Türkiye'de yağış rejiminde meydana gelen azalışların ve yağış rejimindeki sapmaların, tarımsal üretimde olumsuz etkisi, kışlık ekimde daha fazla olmaktadır. Yağış rejiminin bahar aylarına doğru kayma göstermesi, yazlık ekimlerde bir avantaj gibi görülebilirse de üretim açısından önemli riskleri de beraberinde taşıdığı düşünülmektedir Tarımsal üretimde meydana gelen değişmeler topraktaki kullanılabilir suyun miktarı ile doğrudan ilişkilidir. TAGEM, 2000-2001 yılı ekim dönemi ile ilgili olarak, mayıs ayı başı itibarıyla yaptığı incelemeler sonucunda; Konya, Karaman, Yozgat illerinde yetersiz yağışlar nedeniyle ekim yapılan alanlarda %80- 90 oranında kuraklığa bağlı zararın meydana geldiği, daha birçok ilin de %27- 62 oranında kuraklıktan etkileneceği belirtilmiştir. Meydana gelecek iklim değişiklikleri tarımsal faaliyetlerde, hayvan ve bitkilerin doğal yaşam alanlarında değişikliklere yol açacak; yaşam alanları daralacak, büyük göçler yaşanabilecek, yeni koşullara uyum sağlayamayan çok sayıdaki bitki, böcek ve kuş türü ortadan kalkacaktır. Yeni iklim değişiklikleri, çiftçilerin ürettikleri ürünleri değiştirmeye zorlayacak, ekim ve dikim tarihlerinde ve ürün türlerinde önemli değişiklikler olabilecektir. İklimde meydana gelen değişme, sulanan ve sulanmayan alanlarda özellikle buğday, mısır, soya fasulyesi gibi daha birçok ürünün üretiminde verim düşüklüğüne neden olacaktır. Dünya genelinde 2 oC' sıcaklık artışının tahıl verimliliğinde %5, 4 oC sıcaklık artışının ise, verimde %10 azalmaya neden olacağı ve Akdeniz Bölgesinde verimdeki azalışın %25-35'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2007).

3. Türkiye'nin özellikle çölleşme tehlikesi bulunan İç Anadolu, Güney Doğu Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri gibi yarı kurak ve yarı nemli bölgelerinde tarım, ormancılık ve su kaynakları açısından olumsuz etkilere yol açabileceği uyarıları yapılmaktadır. Araştırmacılara göre, iklim kuşakları yer kürenin jeolojik geçmişinde olduğu gibi, ekvatordan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabilecek, bunun sonucunda Türkiye, bugün Orta Doğu ve Kuzey Afrika'da hâkim olan sıcak ve kurak iklim kuşağının etkisine girebilecektir. Mevsimler ve yıllık yağışlarda görülecek değişimler hem su kaynaklarının depo edilmesi hem de topraktaki nem rejiminin düzenlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bitkilerin çiçeklenme, tozlanma, meyve oluşumu ve tane dolumu sırasında meydana gelebilecek su yetersizliği verimin önemli ölçüde düşmesine neden olacaktır.

4. Türkiye, son yıllarda en kurak mevsimlerini yaşamaya başlamıştır. Kuraklık trendinin artacağına ilişkin tahminler ilgili kuruluşlarca yapılmaktadır. Kuraklık; normalin altında yağış, düşük toprak nemi, sıcak kuru hava gibi birçok faktörün bileşiminin bir sonucudur. Ülkemiz genelinde görülen yağışın miktar ve dağılımındaki sapmaların, yer altı ve yer üstü su rezervlerinde olumsuz sonuçlar meydana getirdiği görülmektedir. Türkiye'de, uzun yıllar yağış ortalaması 631 mm iken, yağış miktarı, 1999 yılında %15 oranında, 2000 yılında ise %7 oranında azalmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün analizlerine göre, iklimdeki bu sapmaların bir süreklilik arz ettiği gözlenmektedir.

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin ülkemizde artık görünür hale gelmesi, acil çözüm yollarının belirlenmesi ve bunların ülke politikası haline getirilmesi ihtiyacını doğurmuştur.

Tarım ve Orman Bakanlığı Strateji Eylem Planında (2018- 2022); küresel iklim değişiklikleri, tarımsal çevre, kuraklık, çölleşme, diğer tarımsal afetler ve tarım sigortası ile ilgili hizmetleri yürütmek, tabi afetlerden zarar gören çiftçilere özel mevzuatında yer alan esaslar çerçevesinde yardım yapmak şeklinde görev tanımlaması yer almıştır. Strateji Planında ayrıca Ar-Ge başlığı altında iklim değişikliğinin tarım sistemleri üzerine olası etkilerini ölçmek ve tedbir almaya yönelik öneriler ve geliştirme konuları tanımlanmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı; iklim değişikliği konularıyla doğrudan ve dolaylı ilişikli olarak yapılan başlıca yasal düzenlemeler ve uygulamaya alınan önemli destekleme politikaları aşağıda verilmiştir.

A. Yasal Düzenlemeler

- Mera Kanunu .....(28.02.1998, Kanun No. 4342)
- Organik Tarım kanunu .....(03.12.2004, Kanun No. 5262)
- Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu.....(03.07.2005, Kanun No. 5403)
- Tarım Sigortaları Kanunu .....(21.06.2005, Kanun No.2582)
- Tarım Kanunu .....(25.04.2006, Kanun No. 5488)
- Biyogüvenlik Kanunu .....(26.03.2010, Kanun No. 5977)

- Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda .....(30.04.2014, Kanun No. 6537) Değişiklik Yapılması Hk. Kanun

B. Destekleme ve Yönlendirme Politikaları

- Organik tarım ve iyi tarım uygulamaları,
- Analize dayalı gübre kullanımı ve kontrolü,
- Su tasarrufu sağlayacak modern sulama sistemlerinin desteklenmesi,
- Toprak İşlemesiz ve az işlemeli tarım ile alan bazlı desteklenmesi,
- Çevre amaçlı tarım arazilerini korunması programı destekleme kapsamına alınmıştır.
- Türkiye Tarım Havzalarının Üretim ve Destekleme Modeli uygulamaya konulmuştur.
- Arazi toplulaştırma ile optimum işletme büyüklüğü ve tarla içi geliştirme hizmetleri,
- Çiftçi özlük bilgileri olmak üzere tüm destekleme kayıt ve verileri ile Tarım Bilgi Sistemi oluşturuldu. Sistem tarımsal kaynaklı sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve kontrolünde gerekli olan tüm envanterleri sağlamaktadır.

Ülkemizde 2007 yılında yaşanılan kuraklık olayından sonra TOB tarafından İklim değişiminin en önemli göstergelerinden olan kuraklık konusunda, "Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı uygulamaya konulmuştur. Eylem planı ilk kez 2008-2012 yıllarında uygulamaya konulmuş ve 2013-2017 ve 2018-2022 yıllarını kapsamak üzere iki kez güncellenmiştir. Tarımsal kuraklık eylem planı, ülkemizde olması muhtemel kuraklığın etkilerini azaltmak üzere, alınması gereken tedbirler karşısında bütün kurum kuruluş ve su kullanıcılarının ortak tutum sergileyip, tedbirlerin uygulanması noktasında tamamının katılımları ile tarımda kuraklıktan dolayı meydana gelecek olan problemleri çözmeyi amaçlamaktadır. Tarım Sigortası Kanunu ile üreticilerin kanunda belirtilen riskler nedeniyle uğrayacağı zararların tazmin edilmesini temin etmek üzere, tarım sigortaları uygulamasına ilişkin usul ve esasların belirlenmiştir. Kanun ile Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) oluşturulmuş çiftçinin ödeyeceği sigorta priminin %50'si desteklenmiştir. Son iki yılda sel, don, yangın vs. yanında kuraklık afeti de sigorta kapsamına alınmıştır.

İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planında (2011-2020) Uyum Bölümü altında Tarım Sektörü ve Gıda Güvencesi başlığı yer almaktadır. Bu başlık altında; iklim değişikliğinin etkilerine uyum yaklaşımının tarım sektörü ve gıda güvencesi politikalarına entegre edilmesi, tarımda iklim değişikliği etkilerinin belirlenmesi ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için Ar-Ge çalışmalarının ve bilimsel çalışmaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması; tarımsal su kullanımının sürdürülebilir bir şekilde planlanması; toprak ve tarımsal biyoçeşitliliğin iklim değişikliğinin etkilerine karşı korunması ve tarımda uyum seçenekleri konusunda Türkiye'de kurumsal kapasite ve kurumlar arası işbirliğinin geliştirilmesi olarak bildirilmiştir.

2.3. Araştırma-Geliştirme Çalışmaları ve Uygulamaları

Başta, Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı Tarımsa Araştırmalar genel Müdürlüğü olmak üzere TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, üniversiteler ve özel firmalarda iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ile başa çıkmak ve uyumu sağlamak üzere yapılmakta olan çok sayıda araştırma mevcuttur.

TAGEM bünyesindeki, Konya-Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsünde 2010 yılında "Bitkisel Kuraklık Test Merkezi" kurulmuştur. Merkez, kuraklığa toleranslı bitki çeşitleri geliştirmek üzere çalışmalar yapmakta ve uluslararası işbirlikleri yürütmektedir.

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki olası etkilerini dikkate alarak tohum üretimine yönelik araştırmalar yapmak üzere özellikle tahılların soğuğa dayanıklılığını belirleyecek ve yeni çeşitler geliştirilecek "Soğuğa Dayanıklı Test Merkezi" Erzurum'da 2017 yılında faaliyete geçirilmiştir. Ar-Ge kapasite geliştirme faaliyetleri kapsamında; Ankara'da Türkiye Tohum Gen Bankası ve Antalya'da "Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Merkezi" kurularak faaliyete geçirilmiştir.

Bilişim Teknolojileri ve Yeni Nesil Mekanizasyon.

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de, tarım 4.0 uygulamalarının iki temel bileşeninden biri olan bilişim teknolojileri ve yeni nesil mekanizasyon uygulamalarına önem verilmektedir. Özellikle TAGEM Bünyesinde akıllı tarım uygulamalarına Ar-Ge desteği verilmektedir. TAGEM tarafından Akıllı Tarım Teknolojileri üç başlık altında

çalışılmaktadır: “Bitkisel Üretimde Akıllı Tarım Uygulamaları”, “Hayvansal Üretimde Akıllı Tarım Uygulamaları” ve “Tarımda Robotik Uygulamalar”.

A. Hayvansal Üretimde Akıllı Tarım Teknolojileri Alanındaki Önemli TAGEM Projeleri:

• Küçükbaş Hayvan Islahına Yönelik Akıllı Ölçüm Platformu Prototipinin Geliştirilmesi: Projede, küçükbaş hayvanların kimliklendirilerek izlenmesi, ağırlık ve vücut ölçüleri gibi hayvan ıslahına yönelik verilerin bir kayıt sistemi oluşturularak toplanması amacı doğrultusunda akıllı ölçüm platformu prototipi geliştirilecektir. Geliştirilecek sistemde, hayvanların en az irritasyonla ve güvenilir olarak özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin kayıt altına alınması hedeflenmiştir. Geliştirilecek sistem ile zeminin engebeli, meyilli ya da düz olmasına gerek kalmaksızın doğru ölçümü yapabilecek bir sistem tasarlanarak meralarda, yaylalarda kullanılması planlanmıştır.

• Otonom Gübre Sıyırma Robotları: Tarım ve hayvancılık alanında gün geçtikçe kullanımı yaygınlaşan tarım robotları, çiftçinin iş yükünün azalmasında büyük rol oynamaktadır. Hayvancılık sektöründe en önemli konulardan olan hayvan sağlığı ve refahı için tasarlanması hedeflenen robotlar hayvan dışkısını, yapılan yerden sıyırma/toplama işlemleri için kullanılmaktadır. 2022 yılı itibariyle başyatılan proje kapsamında tam otonom gübre sıyırma işlemleri görecek robotların tasarlaması amaçlamaktadır.

• Gezen Hibrit Sağımcı; Hayvan sağımında çiğ süt kalitesini artırmak, sağım işini kolaylaştırmak, birden fazla üreticinin ihtiyacının aynı sağım sistemiyle karşılanmasıyla ilk yatırım maliyetinin ve önemli oranda yenilenebilir enerji destekli olmasıyla da işletme giderlerinin azaltılması, sistemdeki soğutma ünitesiyle sütün sağım yerlerinden süt işleme merkezlerine taşınmasına olanak sağlanmasıyla üretici daha yüksek gelir elde edecektir.

B. Bitkisel Üretimde Akıllı Tarım Teknolojileri Konusunda Devam Eden TAGEM Projeleri

Değişken oranlı gübreleme ve ilaçlama: Proje ile gereğinden fazla kimyasalların kullanımı ile oluşacak çevre kirliliği, planlı programlı ve analize dayalı bir girdi kullanımı ile azaltılacaktır. Yüksek maliyetli tarımsal girdilerin çiftçi üzerinde oluşturduğu ekonomik baskılar analize dayalı girdi kullanımı ile engellenecektir.

• Bağcılığa Uygun Tarımsal Otonom Robot Tasarımı (RoboTAGEM) için Atölye

Çalışmaları: Üzüm bağlarında çeşitli araştırmalarda kullanıma uygun hareketini elektrik motorları ile sağlayan ve enerji kaynağı olarak lityum iyon batarya kullanan yerli ve milli otonom robot tasarım ve imalatı yapılacaktır. Robotun her bir tekerleği birbirinden bağımsız 360o dümenleme sağlayabilen servo DC elektrik motoru ile tekerleğin tahriki ise fırçasız DC motorla sağlanacaktır. Prototip bağcılıkta gelecekte uygulanabilecek ilaçlama, gübreleme, toprak işleme vb. kültürel faaliyetlerde kullanılmak üzere tasarlanacak uygun cihazlarla birlikte çalışmak üzere üniversal yapıda tasarlanacaktır. Prototipin otonom hareketini sağlayacak yazılım da prototip gibi %100 yerli olacaktır.

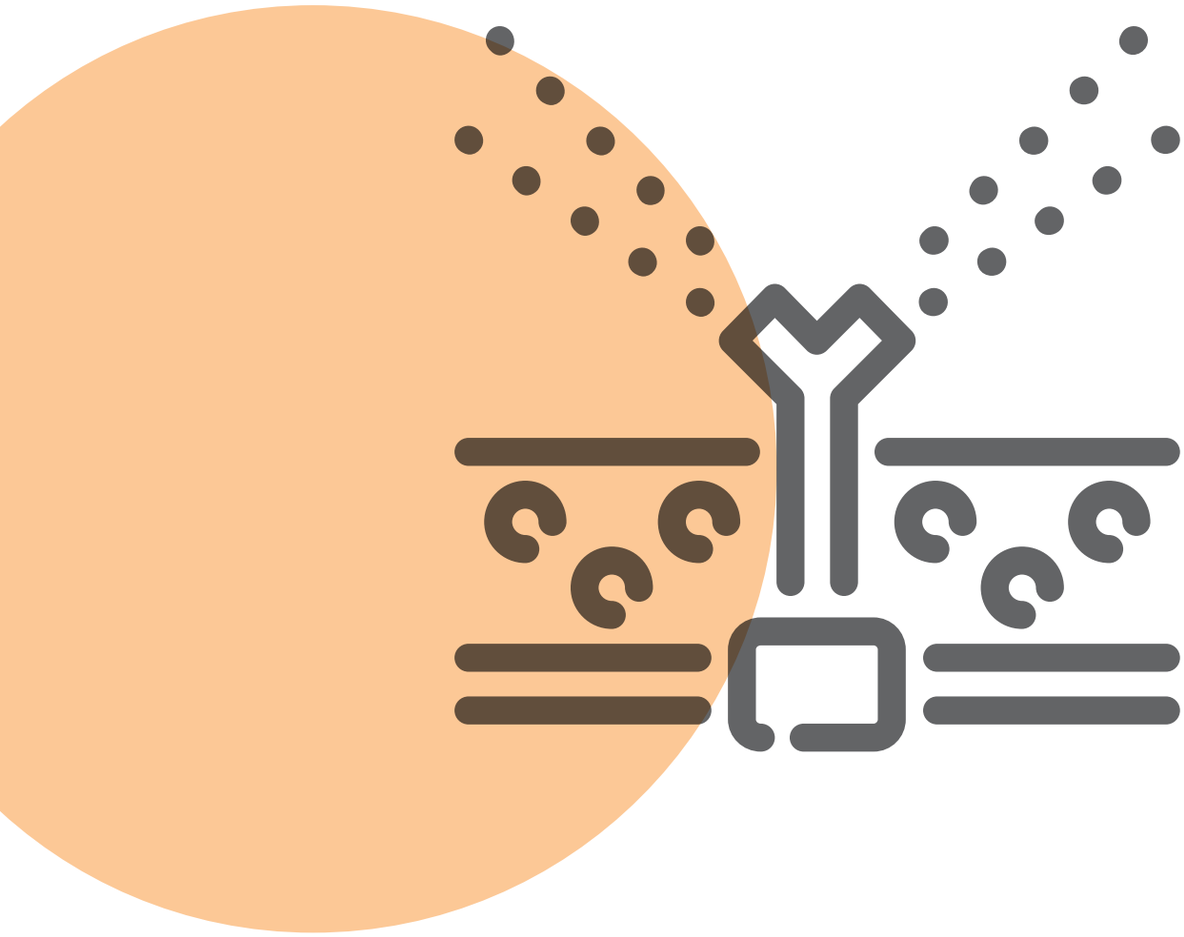
• Tarla Tarımında Kullanılmak Üzere Otonom İlaçlama Robotu atölye ve yazılım çalışmaları: projeye ait ilk deneysel çalışmaları buğday pas hastalıklarında karşı uygulanacak, ilerleyen dönemlerde ise farklı tür bitkilerde çalışmalar sürdürülecektir. Hastalık bulaşmış alanların ve hastalık şiddetinin tespiti, insansız hava aracına (İHA) takılacak multispektral kameralar ile belirlenecek ve tarla yüzeyi için bir ilaçlama programı oluşturulacaktır. İlaçlama robotu, koordinatları öğretilmiş alanlarda GPS ve navigasyon sistemleri ile sürücüsüz olarak verilen programında ilaçlama yapacaktır.

• Hassas tarımda akıllı uçuş sistemlerine sahip, insansız hava aracı (İHA) ve İHA üzerine takılabilecek çalkalanma önleyicili depo ile değişken oranlı püskürtme ve en az sürüklenme (DRIFT) etkisine sahip ilaçlama pülverizatörü geliştirilmesi: Proje, hassas tarımı desteklemek maksadıyla özel olarak geliştirilmesi planlanan akıllı uçuş ve ilaçlama planlama kabiliyetine sahip İHA ve alt sistemlerinin geliştirilmesidir. Bu alt sistemlerin birincisi; yüksek kapasiteli ve çalkalanmaya karşı dayanımlı ilaçlama deposu, ikincisi ise değişken oranlı ve uçuş planlama rotasına göre ayarlanabilecek ilaçlama bumudur. Bumun aynı zamanda havadan ilaçlamada en büyük sorunlardan biri olan ilacın hava şartları ve İHA'nın seyir koşullarına göre değişiklik gösteren bozucu etkilerden dolayı meydana gelen sürükleme etkisini en aza indirir nitelikte olması planlanmaktadır. Proje kapsamında, üretilmesi planlanan İHA ve zirai donatımlar için, yerli ve kolay kullanımlı yer kontrol istasyonu yazılımı geliştirilmesi planlanmaktadır. Bu yazılım sayesinde ilaçlanacak bölgeler, derin öğrenme teknikleri ile belirlenip pülverizatörün doğru zamanda istenilen oranlarda ilaç uygulaması sağlanacaktır. Projenin test, analiz ve doğrulaması, Kuzey [Exserohilum turcicum (Pass.) K.J. Leonard & Suggs] ve Güney [Bipolaris maydis (Y.Nisk. & C. Miyake) Shoemaker] mısır yaprak yanıklığı hastalığı özelinde yapılacaktır. Proje 2022 yılı itibari ile başlatılmıştır.

• İnsansız Küçük Ölçekli Tarımsal İlaçlama Helikopteri; İnsanlı hava araçları ile yapılan havadan ilaçlama, ilaçlama tekniğine uygun ilacın doğru yöntem ve doz ile

uygulanmaması halinde, çevre-insan ve hayvan sağlığı ile doğal denge üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır." Bu nedenle birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de havadan ilaçlama yasaklanmıştır. Havadan ilaçlamanın bir ihtiyaç olması, oluşan bu boşluğu döner kanatlı insansız ilaçlama platformları ile doldurmaya başlamıştır. Havadan ilaçlama için kullanılabilecek sistemlerin, ilgili yönerge ve kanunlara uygun, onaylı ürün olmaları gerekmektedir. Bu proje ile İnsansız, Küçük Ölçekli, Tarımsal İlaçlama Helikopteri (TARKOPTER) yapılacaktır. Proje 2022 yılı itibari ile başlatılmıştır.

• Dijital Sulama Yönetim Sisteminin (DiSU) Geliştirilmesi Projesi; Proje, 6 farklı bölge ve üründe yürütülmek üzere gündeme alınmıştır. Proje ile uzaktan algılama ile elde edilen verilerin, bitki su tüketimine (ETc) dayalı olarak sulama, kuraklık ve verim tahmini çerçevesinde değerlendirilmesi için bir dijital su (DiSU) sisteminin kurulması hedeflenmiştir. Bu amaçla belirlenen bölgelerde ilgili enstitülerde buğday ve buna ek olarak yaygın bir diğer bitki için tarla denemelerinin kurulması, denemelerin İHA+multispektral kamera+termal kamera sistemi ile izlenmesi ve yer verilerinin izlenmesi (toprak su içeriği, verim vb.) faaliyetleri yürütülecektir.



C. Bitkisel Üretimde Akıllı Tarım Teknolojileri Alanındaki Önemli TAGEM Projeleri

• Elektrikli Traktör Prototipi Geliştirilmesi Projesi; Ülkemizin ilk yerli ve milli tarla sınıfı diye anılan 105 BG gücünde, 4 teker tahrikli (4x4) manevra ve dümenleme kabiliyeti sınıfındaki traktörlere göre iyileştirilmiş Elektrikli Traktör Prototipi ortaya çıkmıştır. Elektrikli Traktör Prototipi 236 adet prizmatik LiPO4 (Lityum İyon Batarya) seri bağlanarak bir araya getirilmesi ile 78 kWh batarya kapasitesine ulaşmıştır. Toplamda 84 kW / 112 BG motor gücüne kadar çıkabilen elektrikli traktör, sürekli torku 380 Nm %30 rezerv ile 494 Nm torka ulaşarak tarladaki en zor işlerin bile üstesinden gelmektedir. Üretilen prototipin en büyük avantajı ise üzerinde bulunan şarj grubu ile 50kW gücündeki platform dışı şarj istasyonlarında, %10'dan - %90'a şarj süresi 45 dakikadır. Prototipimizin üzerinde bulunan tüm özel yazlımlar yerli mühendisler tarafından yapılmış olup, %100 yerli ve millidir. Batarya şarj sistemi, kablolu şarj fişi (PLUG – IN) bağlantısına uygun olup ulaşılabilirliği kolaydır. Şarj ünitesi traktörün bünyesinde olup, şarj için trifaze piriz yeterlidir. Trifaze priz olmadığı durumlarda monofaze prizlerde de şarj edilebilmektedir. Motor sürücüsü, mikroişlemci tabanlı komut ve kontrol birimi ile kontrol edilebilmektedir.

• 65 BG Elektrikli Traktörün Atölye çalışmalarında son aşamaya geldik; Proje kapsamında özgün şasi tasarlanmış olup dış tasarım ile ilgili tasarımcı ile çalışılmaktadır. Sonuç olarak 65 BG prototipin atölye aşaması tamamlanmak üzeredir. İşletme maliyetlerinin elektrikli traktör ile birlikte 20'de 1 seviyelerine düşmesi beklenmektedir.

• Yerli Otomatik Traktör Dümenleme ve Kontrol (OTAK) Sistemini ve Çiftlik Yönetim Sistemi Yazılımı Geliştirdik; OTAK ile %12'ye varan oranlarda yakıt tasarrufu, gece çalışma imkanı, üst üste ekim, ilaç ve gübre uygulamasını engeller ya da ekilmemiş, ilaçlanmamış ya da gübrelenmemiş yer bırakmaz. Çiftlik yönetim sistemi ile tarlada yapılan tüm işler kayıt altına alınarak, traktör ve çalışılan ekipman rahatlıkla uzaktan kontrol edilebilmektedir.

• Buğday Hasadında Dane Kayıplarının İzlenmesi Ve Takibine Yönelik Sistem: Biçerdövere monte edilen sensörler ve 'GPS' Sistemi ile bir ana modüle bağlı 'GSM/GPRS' Sistemi üzerinden, uzaktan izleme merkezine veri aktarımı gerçekleştirilmiştir. Sistem, internet tabanı ile entegre olarak bir merkezden hizmet verecek şekilde hazırlanmıştır. Bu projenin ardından, devamı niteliğinde olan '' Bulut Tabanlı Verim Görüntüleme, Haritalama ve Takip Sisteminin (ülkemizde kullanılan biçerdöverler için) Geliştirilmesi Projesi'' de yürütülmektedir. Hasatta dane kaybının önüne geçilerek ekonomiye kazandırılacaktır.

• Seyyar Güneş Pili Sulama Sistemli Prototip: Projede, sulamaya dönük olarak diğer enerji kaynaklı sulama sistemlerindeki yaşanan sorunlara çözüm amaçlanmıştır. Bu amaçla, mobil (seyyar) güneş pili destekli prototip makine geliştirilerek arazide kurulumu yapılmıştır. Bu sistemle alternatif enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin güneş pili vasıtasıyla sulamada kullanılabilirliğini deneysel veriler kullanılarak; arazi ve sistem performansları teknik ve enerji maliyeti yönlerinden diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslayarak bu sistemin etkinliği araştırılmıştır.

• E-tarım (Digital Tarım) Projesi: FAO Ulusal E-Tarım Stratejisi Geliştirilmesinin Desteklenmesi projesi Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) desteğiyle E- tarım (Dijital Tarım, Akıllı Tarım) konusunda gerekli teknolojik dönüşümlere hız kazandırmak için bu proje hayata geçirilmiştir. Bir yıl sürmesi planlanan proje ile ülkemizin dijital tarım envanterinin çıkarılması ve bir "Dijital Tarım Strateji Belgesi" hazırlanması planlanmaktadır. Çiftçiler tarafından kullanılan dijital uygulamalar hakkında bir sözlük hazırlanmıştır.

• Akıllı Bahçe Pülverizatörü: Değişken düzeyli hassas kimyasal ilaçlama uygulamalarına olanak veren, ilaçlama memeleri tek tek kontrol edilebilen ve üzerinde yer alan kameraları sayesinde ağaç kanopisi algılanarak ilaçlama yapabilen, elektrostatik yüklemeli, Android tabanlı 7/24 takip sistemine sahip ve seri üretime hazır bağ-bahçe ilaçlamasında kulllanılabilecek akıllı bir bahçe pülverizatörü geliştirilmiş, modellenmiş ve prototipi üretilmiştir. Geliştirilen makinanın kullanımıyla pestisit uygulamalarında en az %30-40 oranında tasarruf yapılabileceği ön görülmektedir.

• Tarımsal Ürünler İçin Kontrollü Atmosfer Kasası Takip ve Bilgi Sistemi: Proje özel sektör ile yapılmış olup; hasat sonrası ürün kayıplarını azaltmak ve ürünlerin muhafaza sürelerini uzatmak amaçlanmıştır. Kontrollü atmosfer muhafaza kasalarındaki sıcaklık, nem, oksijen, karbondioksit gazlarının seviye bilgilerinin otomatik olarak görüntülenmesi, kaydedilmesi ve kablosuz ağ teknolojileriyle kara destek birimine iletilmesi suretiyle ürün depolama sürecinin yönetilmesi amaçlanmıştır.

• Avrupa Sünesi (Eurygaster maura) Mücadelesinde Tahmin Uyarı Projesi: 2013-2019 yıllarında proje çalışmaları tamamlanarak süne mücadelesinde tahmin uyarı çalışmalarının uygulanabilir olduğu ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler kullanılarak prototip bir tahmin uyarı modeli oluşturulmuş, çalışmanın yürütüldüğü Aksaray ve Kırşehir illerinde çalışmanın yürütüldüğü alanlarda iki yıl süre ile test edilerek tahminlerin doğruluğu belirlenmiştir. Süne mücadelesinde kullanılacak tahmin uyarı

sisteminin pilot uygulamasının yürütülmesi Konya ilinde 2020 yılında yapılmıştır. Tahmin uyarı sisteminin ilk önce tüm Orta Anadolu Bölgesinde sonra ise diğer bölgelerde uygulanması amaçlanmaktadır.

• Görüntü İşleme ve Makine Öğrenmesi Teknikleri İle Üzümde ve Zeytinde Verim ve Hasar Tespiti Projesi: Proje TAGEM Özel AR-GE Destek kapsamında 2018-2020 yılları arasında TAGEM koordinasyonunda özel sektör işbirliği ile yürütülmüştür. Projenin genel hedefi, üzüm ve zeytin bitkilerinin temel sağlık durumunun, hastalık, zararlı etkilerinin ve ürün rekoltesinin yüksek doğrulukta tespit edilebileceği bir yapay zeka ürününün geliştirilmesidir. Bu hedef için uydu görüntüleri kullanılmakla birlikte çözünürlük problemi bitki özelinde sağlıklı bir sonuç üretmek için yeterli görülmemektedir. Bu nedenle proje de özellikle insansız hava araçları kullanılarak büyük tarım alanlarında üzüm ve zeytin bitkilerinin tüm yıl boyunca multispektral verilerinin kullanılması hedeflenmiştir. Alınan multispektral görüntüler birleştirilerek ortofotoların elde edilmesinden sonra üzüm ve zeytin bitkilerinin fizyolojik özellikleri, dikim tekniklerine bağ ve zeytinliklerin karakteristik özelliklerine göre öncelikle görüntü işleme algoritmaları geliştirilmiştir. Bu sayede her bir üzüm sırası veya zeytin ağacı her tür gürültü, gölge, toprak ve yabani ot görüntüsünden arındırılabilmektedir. Bu algoritmalar üzüm ve zeytin için geliştirilmiş olmakla birlikte tüm ağaçsı bitkiler için de kullanılabilmektedir. Bu uygulamalar sonucunda verim/rekolte, ağaç sayımı, çeşit ayırma ve her bir hastalık veya zararlı etkisi için yeterli öğrenme verisi bulunabildiğinde %83 ila %99 aralığında doğruluk oranına ulaşan birer fonksiyon bulunmuştur. Elde edilen hastalık veya zararlı etkisi bilgisi araştırmanın temel bilimsel metodu olan etiketli makine öğrenmesi metoduna temel etiket bilgisini oluşturmuştur. Bu metot AVEO firması tarafından patentlenmiştir.

• TAGEM-SUET (Dijital Bitki su Tüketim Rehberi):"Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketim Rehberi" ve "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Sulama Teknikleri Rehberi" kamu kurum ve kuruluşları üniversite ve özel sektör tarafından kullanılmaktadır. 2021 yılında daha geniş kullanıcı profiline ulaşması için sektörden gelen talep ve öneriler doğrultusunda, çok paydaşlı katılımcı bir yaklaşımla hazırlanarak "bir karar Sulama destek sistemi aracı" olarak Sulama Yönetimi ve Bitki Su Tüketimi Sistemi (TAGEM-SuET) adıyla geliştirilmiş ve dijital ortama taşınmıştır. TAGEM-SuET programına ve kullanım kılavuzuna

https://tagemsuet.tarimorman.gov.tr/pages/login adresinden ulaşılabilmektedir.

Biyoteknolojik Faaliyetler.

Ülkemizde bitki ve hayvanlarda genetik müdahalelere Ar-Ge çalışmaları açısından kısıt olmamasına rağmen, Biyogüvenlik Kanunu nedeniyle uygulamaya geçilememektedir. Türkiye'de GDO'lar ve GDO içeren ürünlerle ilgili esasları düzenleyen 5977 sayılı "Biyogüvenlik Kanunu" 26 Eylül 2010 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Kanun ve yönetmeliklerle oluşturulan düzenin başlıca kuralları şöyle özetlenebilir:

- GDO ile ilgili araştırma yapmak izne bağlı değildir, ancak bakanlığa bilgi verilmesi zorunludur.
- Genetiği değiştirilmiş bitki ya da hayvan üretimi yasaktır.
- GDO'ların ya da GDO içeren ürünlerin ithalatı, ihracatı, piyasaya sunulması, taşınması, depolanması, işlenmesi Biyogüvenlik Kurulu'nun iznine bağlıdır.
- İzin kararları, her başvuru için ayrı ayrı yapılan risk değerlendirmesi ve sosyogüvenlik değerlendirmesi sonucunda verilir.
- İzin verilen üründeki GDO içeriğinin ürün etiketinde belirtilmesi zorunludur
- Bebek mamaları, devam mamaları, bebek ve çocuk ek besinlerinde GDO kullanımı yasaktır.

- Tıbbi ürünlerde ve kozmetik ürünlerinde GDO kullanımı Sağlık Bakanlığı'nın iznine bağlıdır.

Kurul, içinde %0,9 ve altında GDO bulunan gıda ürünlerinin GDO'lu gıda olarak değil GDO bulaşık gıda olarak sınıflandırılmasına karar vermiş ve bunların Türkiye'ye girişini serbest bırakmıştır.

Türkiye'de sektörün gelişmemiş olması nedeniyle tarımsal biyoteknoloji alanında faaliyet gösteren özel firma sayısı da son derece azdır. Türkiye'de tarımsal biyoteknoloji alanındaki toplam 23 şirketin 20'si bitki tarımına yönelik çalışmaktadır. Bu 20 şirketin içinde doku kültürü koşullarında fide üretimi, mikro çoğaltmayla klonal anaç üretimini gerçekleştiren şirketler ve hibridlemeyle tohum ıslahı üzerine çalışan şirketler çoğunluğu oluşturmaktadır. Diğer 3 şirket ise hayvan tarımına yönelik çalışmaktadır.

Biyoteknoloji sanayisine yönelik insan kaynağını üretmek amacıyla üniversitelerde moleküler biyoloji, genetik ve biyomühendislik dallarında lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimi verilen programların sayısı sürekli artmaktadır. Ancak ne yazık ki çalışmalar akademik skalada kalmakta ve sektöre aktarılmamaktadır.

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde iklim değişikliği ve bu değişikliğin getirdiği dolaylı sorunlara çözüm sağlayabilmek üzere tamamlanmış ve devam etmekte olan ulusal/uluslararası projeler yürütülmektedir. Bunlardan bazıları:

- Ayçiçeğinde İleri Moleküler Yaklaşımlar Kullanılarak Kuraklığa Toleransı Yüksek Ebeveyn Hatların Geliştirilmesi: Kuraklığın yoğun olarak görüldüğü bölgelerde yetiştirilebilecek ve ekonomik öneme sahip, özel ve genel kombinasyon yetenekleri yüksek ve kurağa toleranslı ayçiçeği ebeveyn hatlarını geliştirmek üzere Yeni Nesil Dizileme (NGS) teknolojisinin kullanılarak kuraklık markörlerinin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

- Zeytin Bitkisinde (Olea europaea L.) Kuraklık Stresi Yanıtında Epigenetik Regülasyon: Agronomik değeri yüksek zeytin bitkisinde kuraklığın epigenetik regülasyonunu aydınlatmak amacıyla transkriptom, ChIP-seq ve proteom çalışmalarının yapılması hedeflenmiştir. Kuraklık stresi altında zeytin bitkisinde ChIP-Seq çalışmasıyla tüm genom düzeyinde metilasyon ve asetilasyon bölgeleri RNA-seq çalışmasıyla da stres yanıt genleri tespit edilmiş olacaktır. Yapılacak proteom çalışmalarıyla da farklı anlatım yapan proteinlerin belirlenmesi mümkün olacaktır.

- Buğdayda Kuraklık Stresiyle İlgili Genlerin Microarray Analizi ve İşlevsel Karakterizasyonu: Ekmeklik buğdayda kompleks kuraklık yanıtında rol oynayan genlerin işlevsel özelliklerinin belirlenmesi, daha az su koşullarının olduğu ortamlarda verimi yüksek buğday çeşitlerinin eldesi için yardımcı olacaktır. Çalışma, microarray teknoloji kullanılarak kuraklığa karşı fenotipik farklılık gösteren Türkiye kökenli ekmeklik buğday çeşitlerinde kuraklıkla düzenlenen genlerin belirlenmesi ve önemli olan bazılarının tam uzunluktaki cDNA dizilerinin belirlenmesi üzerine odaklanmıştır. Elde edilecek verilerin, kuraklık koşullarında yaşayabilen iyileştirilmiş bitkilerin elde edilmesinde daha iyi stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Kuraklığa toleransı sağlayan tespit edilen genlerin buğday ıslah programları için kullanımları mümkün olacaktır.

- Böceklere ve Herbisitlere Dayanıklı Transgenik Mısır Bitkilerinin Geliştirilmesi: Proje kapsamında yoğun pestisit ve herbisit kullanımının azaltılması hedeflenmiştir. Ülkemiz mısır tarımında büyük kayıplara yol açan zararlı böceklere (Lepidoptera ve Coleoptera) ve herbisitlere karşı dayanıklı 4 farklı transgenik mısır hattı geliştirilmiştir.

- Haşhaş Bitkisinde Hücre Süspansiyon Kültürü ile Alkaloid Üretimi: İlaç sanayiinde büyük öneme sahip morfin, kodein, noskapin ve tebain alkaloidlerinin haşhaş hücrelerinin üretildiği biyoreaktörlerden pilot ölçekli olarak elde edilmesi hedeflenmiştir. TMO tarafından desteklenen proje kapsamında morfin içeriği yüksek yerli TMO ofis-1 çeşidinin biyoreaktörde, hücre süspansiyon kültürü üretilerek morfin elde edilmiştir. Normal şartlarda haşhaş tarımı, hasadı, çiftçiden kapsüllerin toplanması ve Afyon Alkaloid Fabrikasında morfinin ekstrakte edilmesi bir yılı alan bir süreçtir. Ayrıca biyotik ve abiyotik stres faktörleri nedeniyle her yıl değişen miktarlarda ürün elde edilmektedir. Öte yandan her zaman aynı koşulların sağlandığı steril biyoreaktörlerde bu stres faktörleri söz konusu olmamakta ve yaklaşık 30 günlük süreçlerde ürün alınabilmektedir.

3. TESPİT EDİLEN TEKNOLOJİK SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir.

1. Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Üretim, Ambalajlama ve Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Üretim, Ambalajlama ve Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri	Tarım sektörü bir taraftan iklim değişikliğinden etkilenirken, diğer taraftan iklim değişikliğinin önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilen sera gazı emisyonuna yol açmaktadır. Tarımsal üretimde en yaygın karbon salınımı, hayvancılık faaliyetlerinde ve açık tarla tarımında yaşanmaktadır. Bilinçsiz ve teknolojik uygulamalardan yoksun yapılan tarımsal faaliyetler; toprak işleme, gübreleme, ilaçlama ve gıda zincirindeki işlemler, tarım arazilerinin kullanım değişikliği, enerji tüketimi, yetiştirilen hayvanların gübreleri gibi faaliyetler karbon emisyonuna katkıda bulunmaktadır. Tarımsal üretimde tohumdan başlayan ve sofraya kadar olan süreçlerde yoğun olarak fosil yakıtlı araçlar kullanılmaktadır. Bununla beraber gıda üretim tesislerinde kullanılan makinaların enerji tüketimini azaltmaya yönelik etkin düzenlemeler yapılmamaktadır. Kısa vadeli kazanç sağlayan ekonomik çözümler çiftçiler ve gıda üreticileri tarafından daha çok benimsenmekte ve bu çözümler çoğu zaman karbon emisyonunu azaltıcı sonuçlar oluşturmamaktadır. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Robotik teknolojilerin tarımsal üretimimizde etkin bir şekilde kullanılamıyor olması, 2. Toprak işleme ekipmanlarının uygun olmaması, 3. Değişken oranlı gübreleme ve ilaçlamanın yapılamaması, 4. Hasat zamanı için koordinat temelli teknik verilerin kullanılamıyor olması, 5. Karbon salınımını artıran hasat sonrası kültürel işlemlerin kontrol edilememesi, 6. Hayvansal ve bitkisel atıkların etkin bir şekilde bertarafının ve değerlendirilmesinin yapılamaması, 7. Tüm süreçlerde yoğunluklu olarak fosil yakıt tüketen araçların kullanılması,	Tarımsal üretimde fosil yakıt kaynaklı sera gazı salımının azaltılması amacıyla yaygın olarak kullanılan tarım makinalarının enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayacak teknolojiler geliştirilmelidir. Tarımda düşük enerji gereksinimi olan robotik teknolojilerin geliştirilmesi hedeflenmelidir. Robotik teknolojilerin geliştirilmesi kadar bu teknolojilerin çiftçilere ulaştırılmasının da desteklenmesi gerekmektedir. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Günümüzde otonom-elektrikli araç teknolojisini destekleyen yapay zeka ve görüntü işleme teknolojileri ile tarımsal üretim ve sonraki süreçlerde kullanılabilecek düşük karbon izine sahip robotlar geliştirilmektedir. Tarlalarda yabancı bitkileri kimyasal kullanmadan yok eden teknolojilerden, ekim alanını en doğru şekilde hazırlamaya yarayan dümenleme teknolojilerine, optimum girdi ile verimli ilaçlama yapan ZIHA'lara kadar çok farklı alanlarda düşük karbon izine sahip teknolojiler geliştirilmelidir. (Kısa vadede robotik teknolojilerin çiftçilere ulaştırılabilmesi için destekleme politikaları oluşturulmalıdır.) 2. Sera gazı salımı azaltılmış toprak işleme ekipmanları Türkiye'de geliştirilmeli ve üretilmelidir. 3. Değişken oranlı gübreleme makineleri geliştirilmeli ve üretilmelidir. 4. Koordinat bazlı hasat verimlerinin ölçümü ve verime dayalı gübreleme programlarının uygulanmasına yönelik çözümler geliştirilmelidir. 5. Özellikle hububat üretimi sonrasında anız yakma olaylarının önüne geçmek amacıyla uydu destekli takip mekanizmaları geliştirilmelidir. 6. Yaygın olarak kullanılan tarım makinalarının enerji ihtiyaçlarının en uygun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilmesi için gerekli teknolojiler araştırılmalıdır. 7. Gıda üretimi yapan işletmelerde enerji tasarrufuna yönelik düşük enerji kullanan sistemler geliştirilmelidir. Gıda işletmelerinde enerji kayıplarını önlemek amacıyla üretim

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	8. Gıda üretiminde kullanılan makinaların enerji tüketimlerinin yüksek olması ve fabrika içi üretimin enerji maliyeti düşünülmeden rastgele yerleştirilmesi.	hatlarının optimal reorganizasyonuna yönelik çözümler geliştirilmelidir. 8. Hayvansal ve bitkisel atıkların değerlendirilmesi

2. Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İçin Tutulan Karbon Miktarının ve Karbon Stoklarındaki Değişimlerin İzlenmesine Yönelik Çözümler, Çölleşme ve Arazi Tahribatıyla Mücadele Çalışmalarında Karbon Depolama Uygulamaları

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Sürdürülebilir Arazi Yönetimi İçin Tutulan Karbon Miktarının ve Karbon Stoklarındaki Değişimlerin İzlenmesine Yönelik Çözümler, Çölleşme ve Arazi Tahribatıyla Mücadele Çalışmalarında Karbon Depolama Uygulamaları	Karasal ekosistemlerde en büyük karbon havuzuna sahip olan toprak, mutlaka korunması gereken en duyarlı kaynaklardan birisidir. Toprağın büyük miktarlarda karbon bağlama potansiyeli bulunmaktadır. Buna karşın hayvancılık, bitkisel üretim ve örtü altı üretime dayalı havza bazlı karbon tutma kapasitelerinin tespit edilemiyor olması önemli bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Akıllı toprak yönetimi uygulamaları ile iklim değişikliğinin arzu edilmeyen etkilerinin azaltılması mümkündür. Çölleşme ve arazi tahribatıyla mücadele amacıyla karbon depolama çalışmaları yürütülmelidir. Sürdürülebilir arazi yönetimi için tutulan karbon stoklarının ve karbon emisyonlarının ölçülmesi ve değişimlerin izlenmesi için verilerin gelişmiş teknolojiler kullanılarak toplanması ve işlenmesi gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Tarım alanlarında tutulan karbon miktarlarının, değişimlerinin ve karbon stok durumlarının bilinmemesi, 2. Çölleşmeyi ve arazi tahribatını önlemeye yönelik olarak karbon depolama uygulamalarının yapılmayışı, 3. Karbon emisyon sertifikasyonunun yaygınlaştırılamaması ve karbon borsasının ülkemizde olmaması.	Sürdürülebilir arazi yönetimi tarımsal mekanizasyon, karbon yönetimi, karbon ayak izi, iklim değişikliğine uyum ve etkilerinin azaltılması, kısıtlı sulama uygulamaları, su tasarrufu sağlayan yüzey ve yüzey altı sulama sistemlerinin kullanımı, kurağa dayanıklı çeşitlerin kullanımı, su ayak izi, ekim nöbeti ve djital teknolojileri içeren alt bileşenlerin uygulamaya aktarımını gerektiren çok boyutlu bir konudur. Uygun tarımsal mekanizasyon araçlarının kullanımı toprağın korunması ve CO_2 emisyonunun azaltılmasına önemli bir role sahip olmasının yanı sıra, azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemesiz tarım tekniklerine geçilmesinde de avantaj sağlayacaktır. Tarım arazilerinin verimli ve etkin kullanımı amacıyla değişkenlikleri dikkate alan hassas tarım teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Toprağın karbon depolama kapasitesini, su tutma kapasitesini, organik madde miktarını artırmaya yönelik ürünlerin geliştirilmesi de önemli görülmektedir. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Farklı ürün tipleri için uygun tarımsal mekanizasyon uygulamaları geliştirilmelidir. 2. Farklı arazi ve iklim şartlarına bağlı olarak kısıtlı sulama şartları belirlenmelidir. 3. Su tasarrufu sağlayan yüzey ve yüzey altı sulama sistemleri geliştirilmelidir. 4. Çölleşme ve arazi tahribatıyla mücadele amacıyla toprakta karbon depolama uygulamaları geliştirilmelidir. 5. Tarım alanlarının karbon kapsamlarının, değişimlerinin ve stok durumlarının takip edilmesine yönelik dijital teknolojiler geliştirilmelidir. 6. Tarım arazilerindeki değişkenlikleri dikkate alan hassas tarım teknolojileri geliştirilmeli ve pratiğe aktarılmalıdır. 7. Toprağın karbon depolama kapasitesini, su tutma kapasitesini, organik madde miktarını artırmaya yönelik ürünlerin geliştirilmelidir.

3. İklim Değişikliğiyle Uyumlu Tarımsal Üretim Planlamalarının Yapılabilmesi Amacıyla Büyük Veriye Dayalı Bilgi-İletişim Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
İklim Değişikliğiyle Uyumlu Tarımsal Üretim Planlamalarının Yapılabilmesi Amacıyla Büyük Veriye Dayalı Bilgi-İletişim Teknolojileri	İklim değişikliği nedeniyle meteorolojik faktörlerin zamansal ve mekânsal olarak büyük değişiklikler göstermesi tarımsal üretimde ciddi dalgalanmalara neden olmaktadır. İklim değişikliği ile uyumlu bir tarımsal üretim planlaması için doğru veriye doğru zamanda uygun teknoloji kullanılarak ulaşılması gerekmektedir. Ülkemizde ve dünyada tarımsal üretimin takibine yönelik coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri geliştirilmelidir. Bu tür teknolojiler yardımıyla özellikle ithal ve ihraç ettiğimiz ürünlerdeki durumu önceden bilebilmenin ülkemiz açısından stratejik bir kazanım olacağı değerlendirilmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. İklim değişikliği nedeniyle meteorolojik faktörlerin zamansal ve mekânsal olarak büyük değişiklikler göstermesi, 2. İklim değişikliği ile uyumlu bir tarımsal üretim planlaması için doğru veriye doğru zamanda ulaşabilecek teknolojilerin bulunmaması, 3. Tarım arazilerini farklı tarımsal parametreler açısından detaylı bir şekilde kapsayan ve sıklıkla güncellenen coğrafi bilgi sistemlerinin olmaması, 4. Ülkemizde ve dünyada tarımsal üretimin takibine yönelik uzaktan algılama teknolojilerinin olmaması.	İklim değişikliğine uyumda tarım sektörünün veriye dayalı ihtiyaçlarını karşılayacak güçlü bir bilgi altyapısının oluşturulması önemlidir. Dijital teknoloji uygulamaları ile iklimsel bilgi, veri ve parametrelerin üretilmesi, kontrol edilerek kayıt altına alınması ve güvenilir iklim projeksiyonları ve modeller ile analizleri yapılıp iklim koşullarına göre stratejilerin geliştirilmesi, tarım sektöründe iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuzlukların izlenmesinde ve azaltılmasında oldukça etkili olacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda; meteoroloji istasyonları, eddy covariance sistemi (atmosfer ve yeryüzü üzerindeki su akı, karbondioksit, ve enerji akılarını ölçmek üzere), iklim değişikliğinin önemli sonuçlarından olan tarımsal kuraklığı belirlemek ve izlemek üzere toprak nem sensörleri, iklim simülasyonlarını oluşturmak ve sonuçlarını izlemek için iklim odaları, bitkilerin bölgesel ve detaylı sınıflandırmalarını yapmak, bitki hastalık ve zararlılarını belirlemek, ürün rekolte tahminleri için akıllı tarım teknolojilerinden yararlanmak üzere insansız hava araçları (drone), iklim değişikliği araştırmalarında kullanılacak olan modellerin parametrelerini belirlemek üzere Yaprak Alan İndeksi, yaprak sıcaklığı ölçüm alet ve cihazları ile tarımsal kuraklık çalışmalarında kullanılan uydu görüntülerinin doğrulamasını yapmak için multi-spektral termal kameraların kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Dijital teknolojiler yardımıyla farklı iklim projeksiyonlarının yapılmasına olanak veren güvenilir modeller geliştirilmelidir. Böylece değişen iklim koşullarına göre stratejilerin oluşturularak tarım sektöründe iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuzluklar izlenmeli ve azaltılmalıdır. 2. Ülkemizde ve dünyada tarımsal üretimin takibine yönelik coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojileri geliştirilmelidir. 3. Tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için bölge ve ürün bazında değişen iklim koşullarında ekonomik ve ekolojik açıdan sorunsuz yetiştirilebilmesine yönelik coğrafi bilgi sistemleri oluşturulmalıdır. 4. İklim değişikliğinin önemli sonuçlarından olan tarımsal kuraklığı belirlemek ve izlemek üzere toprak nem sensörleri geliştirilmelidir. 5. Tarım arazilerindeki bitkilerin bölgesel ve detaylı sınıflandırmalarını yapmak, bitki hastalık ve zararlılarını belirlemek ve ürün rekolte tahminleri için zirai insansız hava araçları ve akıllı tarım teknolojileri geliştirilmelidir. 6. Tarımsal kuraklık çalışmalarında kullanılan uydu görüntülerinin doğrulamasını yapmak için multi-spektral termal kamera teknolojilerinin kullanımına dayalı uygulamalar geliştirilmelidir.

4. Yenilikçi Sulama Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Su Yönetimi İçin Marjinal Suların Tarımsal Sulamada Kullanımına Yönelik Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Yenilikçi Sulama Teknolojilerinin Geliştirilmesi ve Sürdürülebilir Su Yönetimi İçin Marjinal Suların Tarımsal Sulamada Kullanımına Yönelik Çözümler	Değişen iklim koşulları ve nüfus artışına bağlı olarak dünya genelinde tatlı su kaynaklarına olan baskı giderek artmaktadır. Sulama suyu kaynakları zaman içerisinde kalite ve miktar olarak olumsuz etkilenmiştir. Kullanılmış ve arıtılmış suların tarımda kullanımı artmaktadır. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, sulama suyunun sınırlı kaynak koşullarında etkin biçimde yönetimini gerekli kılmaktadır. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Su kaynaklarının yetersiz olması, 2. Su kaynaklarına erişimin zor olması, 3. Sulama suyunun etkin ve sürdürülebilir kullanımına yönelik yeni sulama teknolojilerin ülke koşullarında geliştirilmesi, uygulanması ve yönetimi konularında çalışmaların yetersiz olması, 4. Tarımsal üretimde kullanılan sulama suyunun havza bazından başlayarak tarla bazına kadar takip sistemlerinin sağlıklı oluşturulamaması, 5. Değişen iklim koşulları ve nüfus artışına bağlı olarak tatlı su kaynaklarına olan baskının artması neticesinde sulama suyu kaynaklarının kalite ve miktarının olumsuz etkilenmesi	Su kaynaklarının etkin kullanımı sürdürülebilir tarım için en önemli konular arasında yer almaktadır. Tarımda su kullanımının azaltılabilmesi için toprakta nemin korunmasını sağlayan arazi ıslah ve drenaj çalışmalarının yapılması gerektirmektedir. Suyun etkin yönetiminde sulamadan dönen ya da arıtılmış atık suların tekrar kullanımına yönelik kalite parametrelerinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Sürdürülebilir su yönetimi amacıyla, tarımda tasarrufu sağlayan sulama teknik ve teknolojilerin kullanımına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. 2. Toprakta nemin korunmasını sağlayan arazi ıslah ve drenaj çalışmalarının etkinliğini artıracak malzemeler ve yöntemler geliştirilmelidir. 3. Sulamadan dönen ya da arıtılmış atık suların tarımda tekrar kullanımına yönelik teknolojiler geliştirilmelidir. 4. Tarımda kullanılan farklı sulama suyu kaynaklarının kalite parametreleri çevresel etkilerinin yanı sıra toprak, bitki, nihai ürün ve insan sağlığı üzerine etkileri dikkate alınarak belirlenmelidir. 5. Belirli kalite parametreleri izlenerek marjinal suların sulamada kullanımına yönelik uygulamalar geliştirilmelidir.

5. Tarımsal Üretimde Kimyasal Gübre Kullanımının Azaltılmasına Katkı Sağlayacak Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Tarımsal Üretimde Kimyasal Gübre Kullanımının Azaltılmasına Katkı Sağlayacak Çözümler	Kimyasal gübre kullanımının azaltılması sürdürülebilir tarımın önemli sorunları arasında yer almaktadır. Tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımın azaltılması toprakta bulunan organik madde miktarının arttırılmasına, değişken oranlı gübreleme tekniklerinin uygulanmasına, azaltılmış toprak işleme tekniklerinin uygulanması ve havza bazında toprak haritalamalarının yapılarak NDVI destekli gübreleme programlarının çıkartılmasına bağlıdır. Ülkemiz gübre açısından dışa bağımlı durumdadır. Bu durum yüksek girdi maliyeti nedeniyle gübre kullanımını ve tarımsal üretimi etkilemektedir. Toprağın korunması ve verimlilik açısından tarımda organik ve organomineral gübrelerin kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Toprak yapısı ile uyumlu bitki çeşitlerinin kullanılmaması, 2. Kimyasal gübreye alternatif olabilecek ürünlerin çeşit ve miktar olarak sınırlı olması, 3. Genel olarak tarım yapılan alanlardaki toprak karakteri belirlenmeden gereğinden fazla ya da uygun olmayan tipte kimyasal gübre uygulanması.	Tarımda kimyasal gübre kullanımının azaltılmasına yönelik çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Geleneksel ve/veya biyoteknolojik yöntemler kullanarak azot kullanım etkinliği yüksek çeşitlerin geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmaları yapılmalıdır. 2. Kimyasal gübre kullanımını azaltmaya yönelik sensörler, yarı ve tam otomatik dümenleme cihazları ve değişken oranlı gübrelemeye olanak veren tarım araçları geliştirilmelidir. 3. Toprakta azot fikse eden ve fosfor çözen mikrobiyal gübrelerin üretimine yönelik biyoteknolojik uygulamalar geliştirilmelidir. 4. Organik madde bakımından zengin tarım ve gıda sektörü atık ve artıklarından kompost ve organomineral gübre elde edilmesine yönelik üretim teknolojileri geliştirilmelidir. 5. Toprağın hangi tür gübreye ihtiyacı olduğu konusunda hızlı çözüm ve öneri oluşturacak toprak analiz-öneri sistemleri geliştirilmelidir.

6. Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Kuraklığa Dayanıklı Tohumların ve Alternatif Gıda Kaynaklarının Geliştirilmesine Yönelik Çözümler

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Kuraklığa Dayanıklı Tohumların ve Alternatif Gıda Kaynaklarının Geliştirilmesine Yönelik Çözümler	Sürdürülebilir tarımsal üretim için yüksek verimli, kaliteli, hastalıklara dayanıklı, değişen iklim koşullarına uygun, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. İklim değişikliği sonucunda bazı hastalıkların / zararlıların etkisinin artmasına, soğuk ve aşırı yağışlara bağlı olarak verim düşüşleri yaşanmaktadır. Çeşit geliştirmede ıslah sürelerinin uzun olması sürecin uzamasına sebep olmaktadır. Artan nüfusun taleplerini karşılamak üzere alternatif gıda ve yem kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinde yurt dışına bağımlı olunması, yerli ve tescilli bitki çeşidi bulunmaması, 2. Klasik ıslah yöntemleri ile çeşit geliştirme çalışmalarının uzun yıllar alması, 3. Alternatif gıda ve protein kaynaklarının tüketiciye yeteri kadar sunulamaması.	Kuraklığa dayanıklı tohumların ve alternatif gıda kaynaklarının geliştirilmesine yönelik çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Geleneksel ve biyoteknolojik yöntemler kullanarak su kullanım etkinliği yüksek, kuraklığa dayanıklı, değişen iklim koşullarına uyumlu, yüksek kaliteli ve verimli çeşitler ıslah edilmelidir. 2. Islah sürecini kısaltan, ıslaha yardımcı olan biyoteknolojik yöntemler geliştirilmelidir. 3. Alternatif gıda, yem ve protein kaynakları geliştirilmelidir. 4. Hastalıklara, soğuğa ve su basmasına dayanıklı tahıl çeşitleri geliştirilmelidir.

7. Tarımsal Üretimde Tehlikeli Pestisitlerin, Antimikrobiyallerin Kullanımının Azaltılması Amacıyla Kültürel Önlemler ile Yenilikçi Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele Yöntemleri Geliştirilmesi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Tarımsal Üretimde Tehlikeli Pestisitlerin, Antimikrobiyallerin Kullanımının Azaltılması Amacıyla Kültürel Önlemler ile Yenilikçi Biyolojik ve Biyoteknik Mücadele Yöntemleri Geliştirilmesi	Zararlı organizmalar ile mücadelede kullanılan pestisitler insan ve çevre sağlığının yanı sıra biyolojik çeşitliliğe de zarar vermektedir. Yoğun kimyasal kullanımı sonucu faunadaki biyolojik çeşitliliğimiz azalırken, toprakta, suda, üründe kalıntı meydana gelmektedir. Kalıntı problemi nedeniyle ihracatta yaşanan sorunlar ülke ekonomisini de olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle zararlı pestisitlerin ve antibiyotiklerin kullanımının azaltılması amacıyla çevre dostu biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.	Zararlı pestisitlerin ve antibiyotiklerin oluşturduğu riskleri azaltmak için hastalık, zararlı ve yabancı otlar ile mücadelede biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemleri (biyolojik ajan, biyopestisit, tuzak gibi) geliştirilmelidir.

8. Organik Tarım Üretiminin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Organik Tarım Üretiminin Yaygınlaştırılmasına Yönelik Uygulamalar	Organik ürünlerde otantisite kontrollerinin etkin şekilde yapılamaması ve tüketici güveninin tam olarak tesis edilememesine bağlı olarak organik ürünler ulusal ve uluslararası pazarda değerinin karşılığını bulamamaktadır. Ülkemizde gelişmekte olan organik tarım uygulamalarının artırılmasına yönelik olarak sektörün ihtiyaçlarını çözmek ve uluslararası alanda rekabet gücümüzü artırmak amacıyla Ar-Ge faaliyetlerinin artarak devam etmesi gerekmektedir.	Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Organik üretimin genişletilmesine yönelik organik yetiştirme teknikleri geliştirilmelidir. 2. Köy popülasyonlarının ıslahta çoğaltma materyali olarak kullanılmalı ve organik ürünler çeşitlendirilmelidir. 3. Organik tarımda kullanılmak üzere gelişen teknolojiden yararlanılarak yeni biyolojik mücadele yöntemleri geliştirilmelidir. 4. Organik ürünlerin yüksek katma değerli ve coğrafi işaretli olarak tescil edilmesi amacıyla parmak izi

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Mevzuat ve kontrol mekanizmasının yetersiz olması, 2. Organik ürünlerde otantisite kontrollerinin etkin şekilde yapılamaması, 3. Organik ürün çeşitlerinin sınırlı olması, 4. Organik ürünlere olan talebin düşük olması, organik ürünlerin pazarda değerinin karşılığını görmemesi, 5. Organik tarıma yönelik bitki koruma ve bitki besleme girdilerinde eksiklikler olması.	niteliğindeki kimyasal kompozisyon verileri omiks teknolojileri kullanılarak oluşturulmalıdır. 5. Organik ürünlerin parmak izi niteliğindeki kompozisyon verileri büyük veri olarak bulut sistemlerinde veri tabanı olarak yapılandırılmalıdır. Organik gıdaların otantisite kontrolleri, bulut veri tabanında tutulan büyük veri yardımıyla yapay zeka algoritmaları ve makine öğrenmesi yaklaşımlarıyla gerçekleştirilmelidir.

9. Tarımsal Üretimde ve Gıda Sektöründe Atık ve Artıklarının Geri Dönüştürülerek Yakıt, Isı, Elektrik, Organomineral Gübre, Biyoaktif Madde, Biyomalzeme Gibi Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Birlikte Elde Edildiği Biyorafineri Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Tarımsal Üretimde ve Gıda Sektöründe Atık ve Artıklarının Geri Dönüştürülerek Yakıt, Isı, Elektrik, Organomineral Gübre, Biyoaktif Madde, Biyomalzeme Gibi Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Birlikte Elde Edildiği Biyorafineri Teknolojileri	Bitkisel ve hayvansal atıklar çevre kirletici ve sorun olarak görülmektedir. Hasat sonu bitkisel atıklar anız yakma ile kayba uğramaktadır. Tarım topraklarının organik madde içeriği %70 eksik durumdadır, Hayvansal atıklar çevreye kontrolsüzce atılmakta ve çevre için hastalık kaynağı sular için kirletici ve insan sağlığı için zararlı olmaktadır, Hayvan yemi ve organik gübre açığımız bulunmaktadır. Tarımsal kullanımı açısından risk taşıyan atıkların (biyogaz tesisi sıvı fermente atığı, zeytin karasuyu gibi) karakterizasyonu ve kirletici içerik analizleri yaygın olarak yapılamamaktadır, toprakta uzun dönemli etkileri bilinmemektedir. Hal ve pazar atıkları 2021 yılı Ekim ayında sıfır atık kapsamına alınmış olmasına karşın ülkemizde henüz büyük ölçekte hal ve pazar atıklarının biyometanizasyon ve kompostlanmasına yönelik teknolojiler bulunmamaktadır. Hayvansal atıkların kompost ya da biyametanizasyona yönlendirilebilir miktarı 100 milyon ton civarındadır. Bu konularda tek başına yerel sistemlerin çalıştırılabilmesi amacıyla teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Enerjide arz güvenliği, gübre kullanım oranlarının azaltılması, toprak-yer altı sularının korunması, arazi bozulmasının önüne geçmek, karbon depolamak için bu teknolojilerin geliştirilmesinde yarar bulunmaktadır. Amaç sadece elektrik üretmek yerine termal enerji kaynağı olarak biyobozunurların kullanılması önemli görülmektedir. Biyogaz tesisleri pahalı yatırımlar olmakla beraber gerek en pahalı kısımlarının gaz motoru olması (aynı zamanda dışa bağımlı), gerekse enerji altyapımızın bunların yaygınlaşmasına engel olması bakımından değerlendirildiğinde, üretilen gazın enerjiye dönüştürülmesinin dışında alternatifler üretilmesi daha doğru olacaktır. Mevcut maliyetler göz önüne alındığında, devletin teşvik sisteminin olmadığı durumlarda bu tarz tesislerin fizibıl olmadığı görülmektedir. Fakat elektriğe dönüştürülmesi dışında alternatifler oluşturulduğunda yatırım maliyetleri ve işletme giderleri ciddi oranda düşecek ve aynı zamanda enerji altyapımıza da ekstra bir yük oluşturmayacaktır. Örneğin, üretilen gazın, örtü altı tarımında kullanılmasının desteklenmesi, her biyogaz tesisinin etrafında organize sera bölgelerinin kurulmasına ve böylece açık tarla tarımında oluşan karbon emisyonunun da azalmasına sebep olacaktır. Ya da biyogaz tesislerinin	Biyorafineriler çeşitli kimyasal ve fiziksel dönüşüm süreçleri ile biyokimyasallar, biyomalzemeler ve biyoyakıtlar gibi farklı endüstriyel ürünlerin eldesini mümkün kılmaktadır. Üretilecek biyoyakıtların kaynaktan tüketime dek temiz yaşam döngüsü ile kullanımda olmasının nasıl sağlanacağı önemli bir faktördür. Biyorafinerilerin sürdürülebilir olması için kurulacak bölgelerin tespiti en önemli faktör olarak düşünülmektedir. Biyorafineriler tarım işletmeleriyle tümleşik yapıda olmalı ve lojistik masraflar azaltılarak enerji üretim maliyetleri düşürülmelidir. Küçük aile işletmelerinin enerji ihtiyaçları içinde özellikle hayvansal üretim yapan işletmeler için portatif biyogaz tesisleri ile ilgili çalışmalar arttırılmalıdır. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Hal ve pazar atıklarının biyometanizasyon ve kompostlanmasına yönelik teknolojiler geliştirilmelidir. 2. Düşük maliyetli biyogaz üretim teknolojileri geliştirilmelidir. 3. Gıda kompozisyonu veri tabanının, farklı gıdaların üretimi ile ilgili süreçleri dikkate alarak ortaya çıkan atık ve artıkların

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
	daha çok kırsal alanlarda olduğunu düşünürsek, üretilen gazın kırsal bölgede yaşayan insanların ısınmasında kullanılması, fosil yakıtlara olan ihtiyacın azalmasına sebep olacaktır. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Büyük miktarda gıda atığı oluşan noktalarda (haller, yemek firmaları, zincir marketler gibi) artıkların değerlendirilememesi, 2. Hal ve pazar atıklarının biyometanizasyon ve kompostlanmasına yönelik teknolojilerin bulunmaması, 3. Tarımsal üretim ve gıda sanayinden açığa çıkan yenilebilir atıkların ileri ürünler işlemeye uygun kalitede olmaması, 4. Biyogaz tesislerinin yatırım maliyetlerinin yüksek olması, 5. Tarımsal üretimde ve gıda sektöründe atık ve artıkların miktar ve kompozisyon bilgilerinin eksik olması, 6. Atık ve artıkların alternatif değerlendirme yöntemlerinin fizibilitelerinin eksik olması.	miktarı ve kompozisyonu açısından güncellenmelidir. 4. Miktar ve kompozisyonlarına göre farklı atık ve artık kategorilerinin oluşturulması, farklı kategoriler için potansiyel biyoyakıt, biyogübre, biyokimyasal ve biyomalzeme üretimine yönelik biyorafineri tasarımları geliştirilmelidir.

10. Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Üretim, Ambalajlama ve Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Gıda Zincirinde Birincil Üretimden Tüketime Kadar Her Aşamada Gıda Kayıplarını ve İsrafını Azaltmak Amacıyla Üretim, Ambalajlama ve Blokzincir Temelli İzlenebilirlik Teknolojileri	Dünyada üretilen gıda kaynaklarının yaklaşık olarak üçte birlik kısmı gıda zincirindeki kayıplar ve israf nedeniyle değerlendirilemeden kaybolmaktadır. Buna karşın artan nüfusun gıda ihtiyaçlarının gelecekte daha büyük açlık sorunlarına neden olacağı öngörülmektedir. Gıda kaynaklarının artan nüfus ve değişen iklim koşullarında daha etkin biçimde değerlendirilebilmesi amacıyla gıda zincirinin her aşamasında kayıpların ve israfların azaltılması gerekmektedir. Bunun için dijital teknolojilerin daha etkin şekilde kullanılması gerekmektedir. Teknolojik sorun alanları şu şekilde sıralanabilir; 1. Çiftlikten sofraya gıda zincirinin her aşamada gıda kayıplarının izlenememesi, gıda kaybı verilerinin doğru olarak tespit edilememesi, 2. Bazı gıdalara ait evsel israf oranlarının çok yüksek olması, 3. Gıda zincirinde kullanılan izlenebilirlik teknolojilerinin yetersiz olması, 4. Gıda depolama tesislerinde, lojistik dağıtım merkezlerinde, dağıtım araçlarında, market depolarında ve evsel ortamlarda gıda bozulmalarını erken evrede tespit edecek teknolojilerin bulunmaması.	Gıda zincirinin izlenebilirliği, bozulmaların tespiti ve önlenmesine yönelik çözümler kritik öneme sahiptir. Blok zincir günümüz koşullarında gıda zincirinde izlenebilirliğin sağlanması amacıyla kullanılabilecek etkili bir yöntemdir. Blok zincir tarımsal üretimde şeffaflığı ve izlenebilirliği sağlayarak değer zincirindeki aracıları ortadan kaldırarak risklerin azalmasına ve verimliliğin artmasına olanak sağlamaktadır. Çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir; 1. Blok zincir teknolojisinden yararlanılarak gıda zincirinde yeni nesil ve daha etkili izlenebilirlik yaklaşımları geliştirilmelidir. (Döngüsel Ekonomi) 2. Hububat ve bakliyat hasat makinalarında hasat miktarını doğru ölçümleyebilen sensör sistemleri geliştirilmelidir. 3. Taze meyve-sebze ürünlerinin taşınmasında lojistik kayıplarının ve taşıma maliyetlerinin azaltılması için soğuk zincir donanımlı demiryolu taşımacılığı geliştirilmelidir. (Akıllı Ulaşım) 4. Gıda israfının azaltılmasına yönelik yenilikçi raf-ömrü belirleme ve ambalajlama teknolojileri geliştirilmelidir. 5. Son kullanıcı düzeyinde buzdolabı gibi ev ekipmanlarının gıda kayıplarını sınırlandırmaya olanak veren teknik donanıma sahip olarak imalatı, görüntü işleme teknolojileri yardımıyla bozulmaya duyarlı gıdalarda kayıplara neden olan değişimlerin erken evrede tespit edilerek takılı cihazlar üzerinden kullanıcı/tüketici uyarı sistemleri geliştirilmelidir. 6. Gıda zincirinde ürün kalite ve güvenliği temelli izlenebilirlik sistemlerinin geliştirilmesine yönelik zaman-sıcaklık indikatörler (tti) geliştirilmelidir. 7. Gıda zincirinde bozulmaya neden olan koşulların oluşması halinde devreye giren erken ve hızlı uyarı sistemleri geliştirilmelidir. 8. Son kullanım tarihi yaklaşmış ürünlerin ihtiyaç sahipleri ile buluşturulduğu gıda bankalarının oluşturularak dijital teknolojiler yardımıyla etkin yönetimine yönelik uygulamalar geliştirilmelidir.

4. POLİTİKA VE EYLEMLER

Ülkemizin iklim değişikliği ile mücadele ve uyum sürecinde fırsat yaratacak çığır açıcı teknolojilerde ivme kazanmasına yönelik teknoloji tabanlı 7 politika ifadesi ve her politikaya özel hedeflenmesi önerilen Ar-Ge ve yenilik konu başlıklarını içeren eylemler belirlenmiş olup belirlenen Politikalar ve Eylemler aşağıda verilmektedir:

Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 1.

Farklı iklim etkilerine karşı (kuraklık, sıcak/soğuk hava dalgası, şiddetli yağış, don vb.) karşı tarım desenleri ve yöntemleri (çöl koşullarında tarım, denizde tarım gibi) geliştirilecek, iklim kaynaklı stres koşullarına dayanıklı yeni ve yerli bitki çeşitlerinin ve hayvan ırklarının daha kısa zamanda geliştirilebilmesi için klasik, biyoteknolojik ve moleküler genetik destekli (CRISPR gen teknolojisi gibi) ıslah çalışmaları gerçekleştirilecek ve entegrasyonu sağlanacaktır.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Uzun (2053)

Eylemler

1. CRISPR teknolojisi gibi daha güvenli ve spesifik genetik materyal düzenlemeleri; gıda ve çeşitli sektörlerde kullanılmak üzere biyoreaktörlerde bitkisel metabolitlerin üretimi

Vade: Uzun (2053)

2. Yeni nesil DNA ve RNA dizileme teknolojilerinin kullanımı aracılığıyla iklim değişikliği sonucunda oluşacak abiyotik ve biyotik stres koşulları ile ilişkili genlerin belirlenmesi, moleküler yolakların aydınlatılması ve ıslah için uygun ebeveynlerin seçilmesi

Vade: Uzun (2053)

1. CRISPR teknolojisi gibi daha güvenli ve spesifik genetik materyal düzenlemeleri; gıda ve çeşitli sektörlerde kullanılmak üzere biyoreaktörlerde bitkisel metabolitlerin üretimi

Vade: Uzun (2053)

2. Yeni nesil DNA ve RNA dizileme teknolojilerinin kullanımı aracılığıyla iklim değişikliği sonucunda oluşacak abiyotik ve biyotik stres koşulları ile ilişkili genlerin belirlenmesi, moleküler yolakların aydınlatılması ve ıslah için uygun ebeveynlerin seçilmesi

Vade: Uzun (2053)

3. Hızlı ıslah (Speed Breeding) gibi ıslah sürecini kısaltan yeni yöntemler kullanılarak su kullanım etkinliği yüksek, kuraklığa dayanıklı yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Doku kültürü ile klasik yollarla çoğaltılması güç olan bitki türlerinin in vitro mikroçoğaltımı

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Klasik ve biyoteknolojik yöntemler kullanılarak iklim değişikliği sonucunda oluşacak biyotik ve abiyotik stres koşullarına toleranslı/dayanıklı bitki çeşitlerinin ve hayvan ırklarının geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

6. Virüsten ari bitki fidelerinin moleküler markörler ile seçimi ve çoğaltımı

Vade: Uzun (2053)

7. Yemden yararlanma oranı yüksek ve sera gazı salımı düşük yerli ve kültür ırkı çiftlik hayvanlarının ıslah ve seleksiyon modellerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

8. Akuakültürde hem tür çeşitliliği (alg, kabuklu gibi) hem de kullanılan teknolojiler açısından alternatiflerin; kapalı devre sistem teknolojileri, sualtı kafes sistemleri, multitrofik ve akuaponik gibi yenilikçi yöntemlerle geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilmek için tarımsal ürün deseninde ülkemizde daha önce yaygın üretimi yapılmayan ancak fazla besin isteği ve toprak seçiciliği olmayan kuraklığa dayanıklı (sorgum ve darı gibi) bitki türlerinin ıslah ve adaptasyon çalışmalarının yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

10. Mikroorganizmaların hücresel fabrikalar (cellular factories) olarak yüksek verimli mikrobiyal protein üretiminde kullanımına yönelik biyoteknolojik yöntemler geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. Elzem amino asit kompozisyonu bakımından hayvansal kaynaklı proteinleri ikame edebilecek alternatif bitkisel protein kaynaklarının (soya gibi) geliştirilmesi ve üretimi

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Tarımsal üretimde kuraklıkla mücadele kapsamında farklı kurak ve yarı kurak ekolojik bölgeler ve ürünler için bitki kök bölgesinde suyun uygun tutulmasını sağlayan su hasadı yöntemlerinin (yağmur suyu yönetimi) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

13. Deniz ve çöl gibi daha önce tarım alanı olarak kullanılamayan alanların değerlendirilebilmesi için uygun olabilecek bitki ve hayvan türlerinin, çeşitlerinin belirlenmesi ve uyumu kolaylaştıracak teknolojik çözüm yollarının geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

14. Tarım arazileri ile mera alanlarında iklim değişikliği ve yanlış kullanımlar nedeniyle ortaya çıkan bozulumun engellenmesi, toprakta organik karbon kayıplarının önlenmesi, tarım topraklarında karbon tutulumunun sağlanmasına yönelik tekniklerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

15. Arıtılmış kentsel atık suların tarımda etkin ve verimli kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Not: Ülkemizde bitki ve hayvanlarda genetik müdahalelere Ar-Ge çalışmaları açısından engel olmamasına rağmen, Biyogüvenlik Kanunu nedeniyle uygulamaya geçilememektedir. Bu durum nedeniyle araştırmalar da kısıtlı kalmaktadır. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemiz ihtiyaçlarına çözüm sağlayabilecek biyoteknolojik ürünlerin sıkı kontrol mekanizmalarından geçirilmek kaydı ile uygulamaya aktarılabilmesi için Biyogüvenlik Kanununda değişiklikler yapılmalıdır.

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 2.

Avrupa Birliği gibi hedef pazarlara yönelik tarım ürünleri ihracatının gelecekte ortaya çıkabilecek yasal düzenlemeler nedeniyle sekteye uğramaması için tarımda pestisit bağımlılığını azaltılmasına ve organik tarımın yaygınlaştırılmasına yönelik yenilikçi biyolojik mücadele yöntemleri (faydalı böcekler gibi), biyoteknolojik uygulamalarla hastalık ve zararlılara dirençli bitkiler ve biyopestisitler geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Drone teknolojisinin, zararlı ve hastalık takip ve tanı sistemlerinde kullanımı ve biyolojik mücadele etmenlerinin (parazitoid, predatör ve mikroorganizma) salımına yönelik uygulamaların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Bitki hastalıkları ile mücadelede faydalı organizmaların ve bakteriyofajların üretimi,

formülasyonu, etkin doz ve uygulama yöntemlerinin geliştirilmesi; böylelikle hastalıklardan kaynaklanan ürün kayıplarının azaltılması ve pestisit kalıntısı içermeyen kaliteli ürünlerin elde edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Biyoteknolojik uygulamalarla organik tarıma uygun doğal biyopestisitler geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. İklim değişikliği sonucu oluşacak hastalık ve zararlılara karşı daha az pestisit kullanılması için gerekli ilaç formülasyonlarının, uygulama aletlerinin ve tekniklerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Çevreye duyarlı biyorasyonel preparatların geliştirilmesi ve uygulamaya aktarılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Pestisite alternatif mücadele yöntemleri değerlendirilerek ürün bazında pestisit kullanımını net olarak azaltacak, "Bağda biyolojik mücadele temelli IPM stratejisi" gibi Entegre Zararlı Organizma Yönetimi (IPM) modellerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Pestisit kullanımı olmadan üretimi yapılamayan bitki türlerinde biyoteknolojik yöntemlerle böceklere dayanıklılık geni aktarılmış yeni çeşitlerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

8. Hayvancılıkta ilaç kullanımının azaltılmasına yönelik yenilikçi aşıların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Bitki hastalıklarının uzaktan ve yakından tanısı, tespiti, haritalandırılması amacıyla yüksek çözünürlüklü hiperspektral ve termal görüntüleme teknolojilerinin ve erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

10. Dikey seralarda organik ürün yetiştiriciliğinde kalite güvencesinin sağlanması ve maliyetlerin düşürülmesine yönelik yapay zekâ ve robot teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. İklim değişikliğinin hastalık, zararlı ve yabancı ot popülasyon gelişimine etkilerinin belirlenmesi, izlenmesi ve baskılanmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi; pilot uygulamaların yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Pestisitlerin münavebe bitkilerine ve hedef dışı organizmalara karşı toksisitesi ile tarımsal ürünlerdeki kalıntıları ve izin verilen maksimum kalıntı düzeylerinin (MRL) belirlemesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

13. Zararlı organizmaların pestisitlere karşı geliştirdiği direncin belirlenmesi, izlenmesi, haritalanması

Vade: Kısa/Orta (2035)

14. Herbisit kullanımını azaltmak için yabancı otların tespit, tanı ve mücadelesine yönelik olarak uzaktan algılama, yapay zekâ, insansız hava araçları ve robotik teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 3.

Tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımını azaltabilmek için yeni nesil etkili gübre üretim teknolojileri ve nesnelerin interneti (IoT), yapay zeka ve sensör teknolojileri temelli gübreleme sistemleri geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Azotlu gübre kullanımının azaltılmasına yönelik olarak azot kullanım etkinliği yüksek çeşitlerin klasik ve/veya biyoteknolojik yöntemler kullanılarak geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Gıda atıklarından aerobik ve anaerobik fermantasyon teknikleri kullanılarak toprak için yararlı organomineraller ve probiyotik mikroorganizmalar açısından zengin biyogübre geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Yavaş salınımlı gübrelerin geliştirilmesi ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Gübre sanayinde doğal gaz kullanımına dayalı amonyak üretiminin ve dışa bağımlılığın ortadan kaldırılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları (güneş enerjisi gibi) kullanarak plazma teknolojisine dayalı amonyak üretim prosesi geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Standart kimyasal gübre uygulaması yerine, toprak analizine dayalı hassas tarım teknikleri kullanarak değişken oranlı gübreleme uygulamalarının geliştirilmesi (Bu kapsamda toprakların üretkenliği ve verimliliğine göre özelliklerinin belirlenerek toprak kalite indekslerinin oluşturulması, ürüne özgü uygunluk sınıflarının belirlenmesi ve toprak veri tabanının oluşturulması; toprak kalite parametreleri içerisinde mikrobiyolojik verimlilik ve mikroorganizma çeşitliliğini saptayan indikatörlerin belirlenmesi)

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Toprağın belli bir dalga boyunda parmak izi toplanarak, gübrelemeye esas olacak şekilde makine öğrenimine dayalı hızlı toprak analizi yöntemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. İnsansız hava araçlarının (İHA) hassas tarımın sadece veri toplama işlemlerinde değil, aynı zamanda otonom ve programlanabilme özelliği sayesinde tarlada istenen bölgeye değişken düzeyli kimyasal (pestisit ve gübre) uygulamalarında kullanılmasına yönelik tekniklerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Nesnelerin interneti (IoT) tabanlı toprak analiz ve izleme sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Arazilerin ihtiyacı olduğu alana gübrenin verilmesine yönelik uzaktan algılama uygulamaları, sensör teknolojileri ve yazılımların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 4.

Tarımsal üretim potansiyelinin artırılmasına, tarımı etkileyen iklim koşullarının kontrol altına alınmasına ve kritik girdilerin optimal kullanılmasına yönelik insansız tarım araçları (İTA), otonom ve/veya insansız tarım robotları ve ileri teknoloji çevre dostu tarım makinaları, uzaktan algılama teknolojisini içeren veri odaklı tarım bilgi sistemleri geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Tarımsal üretimde sera gazı salımı düşük robotik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Çiftlik hayvanlarında metan gazı salımının izlenebilmesine yönelik olarak metan ölçüm sensörlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Toprağın sürdürülebilir kullanımına yönelik olarak, bölgenin ekolojik yapısına

uygun ve sosyo-ekonomik gereksinmeleri karşılayabilecek tarımsal arazi kullanım planlaması modellerinin geliştirilmesi ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Otomasyon tabanlı sulama teknolojileri geliştirilmesi ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Meteoroloji uyduları ile bağlantılı hareket edebilen, tarım arazilerinde rutin örnekleme yaparak toprak özelliklerini (karbon miktarı, nem oranı, mineral oranı gibi) tespit edebilen ve buna göre gübreleme, sulama planlaması yapabilen akıllı tarım makinelerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Tarım ekosisteminde çevre dostu ve döngüsel ekonomiyi hedefleyen, aynı zamanda güvenilir gıda temini için ekolojik bölgelere göre özelleşmiş akıllı tarım tekniklerinin geliştirilmesi ve pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. İnsansız hava araçları (İHA) ve uydu sistemlerine entegre sensörler aracılığıyla bitki su tüketiminin belirlenmesi ve yapay zeka teknikleriyle izlenmesine yönelik teknolojik uygulamaların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. İnsansız hava araçları (İHA) ve uydu sistemlerine entegre sensörler aracılığıyla kuraklık takibi, vejetasyon izleme ve verim tahminine yönelik bölgesel düzeyde ve bitkiye göre özelleşmiş modellerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

9. Tarımsal üretim süreçlerinde traktör üzerinden tarlaların gerçek zamanlı takibi, yabani ot tespiti, hastalık tespiti, bitki gelişim ve azot stresi tespiti işlemlerini gerçekleştirebilecek yapay zekâ destekli yerli platformun geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

10. Tarımsal üretim süreçlerinde kullanılmak üzere “toprak işleme, ekim, ilaçlama, gübreleme” işlemlerini gerçekleştirebilecek hassas konumlanma sistemine sahip farklı sensör ve ekipmanlarla çalışabilecek tam otonom kendi yürür robot platformu geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

11. Tarımda suyun sürdürebilir kullanımı için akıllı sulama sistemlerinin ve gelişmiş karar destek mekanizmalarının oluşturulmasına yönelik sensör ağları, büyük veri, su için bilgi ve kontrol sistemleri, ağ iletişimi, dijital ikiz modeller, yüksek performanslı bilgi işlem ve 5G sonrası iletişim gibi ileri teknolojiler ile yarı gerçek zamanlı veri toplama, analiz, modelleme, tahmin ve görselleştirme teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

12. Bireysel tarımsal ürün ihtiyaçlarının kısmen karşılanmasında, evsel üretime uygun, güneş enerjisi destekli dijital topraksız tarım sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 5.

Gıda değer zincirinde (üretim, tedarik ve tüketim) kayıpların ve israfın azaltılmasına yönelik blokzincir temelli izlenebilirlik teknolojileri; gıdaların kompozisyon ve üstün kalite özelliklerinin izlenebilmesine yönelik büyük veriye dayalı veri tabanları, ileri tanı teknolojileri (omiks teknolojileri gibi) geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Organik ürünler, iyi tarım ürünleri ve coğrafi işaretli ürünler gibi katma değer potansiyeli yüksek ürünlerin büyük veri niteliğinde olan ve parmak izi olarak kullanılabilecek bileşim özelliklerinin omiks teknolojileri yardımıyla belirlenmesi

ve gıdaların parmak izi veri tabanı geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Gıdaların orijin ve otantisite kontrollerinin yapılabilmesine yönelik yapay zekâ algoritmalarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Organik tarım ürünlerinin tarladan itibaren izlenmesini, takibini ve kontrolünü sağlayacak dijital sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Kayıplar ve israfın sınırlandırılmasına yönelik olarak blokzincir temelli izlenebilirlik uygulamaları geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Dijital teknolojiler yardımıyla çiftlikten sofraya gıda zincirinde tüm süreçlerin kayıt altına alınarak tüketiciler ve diğer paydaşlar için şeffaf ve güvenilir gıda sisteminin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Kolay bozulabilir ve taze tüketilmesi gereken sebze-meyve gibi ürünlerin, üretim alanlarından tüketicinin yoğun yaşadığı büyük şehirlere kayıpsız ulaştırılmasında, karayolu taşımacılığına alternatif, hızlı ve güvenli demiryolu ve diğer lojistik sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Sıfır atık hedefi doğrultusunda ve gıda kayıplarını önlemeye yönelik GPS, GSM ve farklı sensör bileşenlerinden elde edilen veri akışının derlenmesi ve işlenmesi yöntemleri ile; bulut tabanlı işlem/kayıp durumu bilgilerinin mobil ve web tabanlı uygulama altyapıları ile izlenmesinin sağlanabileceği merkezi dane kaybı izleme ve takip sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

8. Gıda güvenliğini ve güvenirliliğini etkileyen hayvan hastalıklarının kontrol ve mücadelesinde biyoinformatik, erken uyarı sistemleri, modelleme, izleme, büyük veri gibi yeni yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 6.

Tarımsal üretim süreçlerinde oluşan, ülkemize ait dijital verinin konsolidasyonu ve bilgiye dönüşümünü sağlamak; oluşacak veriden edinilecek bilgi ile tarımsal üretimde iklim etkisini en aza indirmek ve hassas tarımı mümkün kılmak amacı ile tarımsal büyük veri havuzu oluşturulacaktır.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. Büyük verinin toplanması, saklanması, anlamlandırılması ve kategorizasyonunu sağlayacak yetenekte bilgi sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Gıda endüstrisi atık ve artıklarının kimyasal bileşim özelliklerinin belirlenmesi ve ortak kullanıma açık veri tabanlarının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Merkezi sisteme veri akışının sağlanacağı veri protokolleri ve kontratlarının, paylaşım esaslarının; tarımsal süreçler ve varlıklarla ilgili veri sözlüğü ile birlikte geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 7.

Sıfır atık hedefi doğrultusunda tarım ve gıda sektöründeki artıklardan ekonomik değeri yüksek biyogübre (kompost, organomineral, mikrobiyal), protein, besinsel lif ve biyoaktif madde üretimine yönelik yeşil ve çevre dostu teknolojiler geliştirilecektir.

Vade: Kısa/Orta (2035)

Eylemler

1. İnsan sağlığı açısından yararlı bileşikler bakımından zengin gıda endüstrisi atık ve artıklarından yeşil ekstraksiyon (süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu gibi) ve saflaştırma teknolojileri (membran ayırma, adsorpsiyon, kromatografi gibi) yardımıyla besin desteği ve ilaç etken maddesi olarak kullanılmak üzere katma değeri yüksek biyoaktif maddelerin üretilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Selüloz, pektin gibi bileşenler bakımından zengin gıda endüstrisi atık ve artıklarından enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar yardımıyla katma değeri yüksek besinsel lif türevlerinin üretilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Protein bakımından zengin gıda endüstrisi atık ve artıklarından geleneksel fermantasyon ve biyoteknolojik yöntemler ile biyoyararlanım düzeyi yüksek, elzem amino asitlerce zengin protein türevlerinin üretilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Gıda atıklarından aerobik ve anaerobik fermantasyon teknikleri kullanılarak toprak için yararlı organomineraller ve probiyotik mikroorganizmalar açısından zengin toprak iyileştirici/geliştirici sıvı gübre ve kompost malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Atıkların toprak iyileştirici/geliştirici olarak kullanımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Gıda işletmelerinde proses çıkışlarında dijital sensörler kullanılarak atık ve kayıplara yönelik doğru istatistiksel verilerin üretimi, depolanması ve analiz edilmesine ilişkin uygulamaların ve yöntemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. ŞURA KARARLARI

Yeşil ve Sürdürülebilir Tarım

Şura Kararı 1. Farklı iklim etkilerine karşı (kuraklık, sıcak/soğuk hava dalgası, şiddetli yağış, don vb.) karşı tarım desenleri ve yöntemleri (çöl koşullarında tarım, denizde tarım gibi) geliştirilecek, iklim kaynaklı stres koşullarına dayanıklı yeni ve yerli bitki çeşitlerinin ve hayvan ırklarının daha kısa zamanda geliştirilebilmesi için klasik, biyoteknolojik ve moleküler genetik destekli (CRISPR gen teknolojisi gibi) ıslah çalışmaları gerçekleştirilecek ve entegrasyonu sağlanacaktır.

Şura Kararı 2. Avrupa Birliği gibi hedef pazarlara yönelik tarım ürünleri ihracatının gelecekte ortaya çıkabilecek yasal düzenlemeler nedeniyle sekteye uğramaması için tarımda pestisit bağımlılığını azaltılmasına ve organik tarımın yaygınlaştırılmasına yönelik yenilikçi biyolojik mücadele yöntemleri (faydalı böcekler gibi), biyoteknolojik uygulamalarla hastalık ve zararlılara dirençli bitkiler ve biyopestisitler geliştirilecektir.

Şura Kararı 3. Tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımını azaltabilmek için yeni nesil etkili gübre üretim teknolojileri ve nesnelerin interneti (IoT), yapay zeka ve sensör teknolojileri temelli gübreleme sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 4. Tarımsal üretim potansiyelinin artırılmasına, tarımı etkileyen iklim koşullarının kontrol altına alınmasına ve kritik girdilerin optimal kullanılmasına yönelik insansız tarım araçları (İTA), otonom ve/veya insansız tarım robotları ve ileri teknoloji çevre dostu tarım makinaları, uzaktan algılama teknolojisini içeren veri odaklı tarım bilgi sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 5. Gıda değer zincirinde (üretim, tedarik ve tüketim) kayıpların ve israfın azaltılmasına yönelik blokzincir temelli izlenebilirlik teknolojileri; gıdaların kompozisyon ve üstün kalite özelliklerinin izlenebilmesine yönelik büyük veriye dayalı veri tabanları, ileri tanı teknolojileri (omiks teknolojileri gibi) geliştirilecektir.

Şura Kararı 6. Tarımsal üretim süreçlerinde oluşan, ülkemize ait dijital verinin konsolidasyonu ve bilgiye dönüşümünü sağlamak; oluşacak veriden edinilecek bilgi ile tarımsal üretimde iklim etkisini en aza indirmek ve hassas tarımı mümkün kılmak amacı ile tarımsal büyük veri havuzu oluşturulacaktır.

Şura Kararı 7. Sıfır atık hedefi doğrultusunda tarım ve gıda sektöründeki artıklardan ekonomik değeri yüksek biyogübre (kompost, organomineral, mikrobiyal), protein, besinsel lif ve biyoaktif madde üretimine yönelik yeşil ve çevre dostu teknolojiler geliştirilecektir.

KAYNAKÇA

Bayraç, H.N, Doğan, E., (2016). Türkiye'de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 11(1), 23- 48.

Brewster, C, Erpenbach, Kelly R., Marchand, F., Rakers, P., Thysen, I., Vangeyte, J., von Haselberg, C., Willener, A. (2019). ERA-NET ICT-AGRI 2 Digital technologies for a sustainable agrifood system: A strategic research and innovation agenda (www.ict-agri.eu)

ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications), (2019). https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/foldable/Pocket%20K16%20(English)%202020.pdf.

Öztürk, K. (2002) Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22 (1) 47-65.

Tekeli, İ., (2020). İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri. TAGEM e-Bülten, (7): 3-27.

The Business Research Company, Genetically Modified Crops Global Market Report, (2021). By Trait (Herbicide Tolerance (HT), Insect Resistance (IR), Stacked Traits (ST)), By Crop (Soybean, Cotton, Maize, Oilseed Rape, Tobacco), COVID-19 Growth And Change. https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/genetically-modified-gm-crops-market-global-report-2020-covid-19-growth-and-change.

Tunçgenç, M., (2014). Dünyada ve Türkiye'de Biyoteknoloji Sanayisine Bakış. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, İzmir.

EK: Komisyon Üyeleri

ADI	ÜNVANI	KURUMU	GÖREV
Vural GÖKMEN	Prof. Dr.	Hacettepe Üniversitesi	Çalışma Grubu Moderatörü
Selma ONARICI	Doç. Dr.	TÜBİTAK MAM	Çalışma Grubu Raportörü
Güzel YÜCEL	Doç. Dr.	Dokuz Eylül Üniversitesi	Temsilci Üye
Cem ÖZKAN	Prof. Dr.	Ankara Üniversitesi	Temsilci Üye
Osman SAĞDIÇ	Prof. Dr.	Yıldız Teknik Üniversitesi	Temsilci Üye
E. Ebru ONBAŞILAR	Prof. Dr.	Ankara Üniversitesi	Temsilci Üye
Batuhan AKGÖL	Özel Sektör	Progen Tohum A.Ş.	Temsilci Üye
Abdullah SEZER	Özel Sektör	Bala Tarım Hayvancılık İşletmesi	Temsilci Üye
Erkan DİLAVEROĞLU	Özel Sektör	TARNET	Temsilci Üye
Bülent SÖNMEZ	Daire Başkanı	Tarım ve Orman Bakanlığı - TAGEM	Temsilci Üye
Melis Yurttagül KOCATÜRK	Müdür V.	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı	Çalışma Grubu Sorumlusu

BİLİM VE TEKNOLOJİ KOMİSYONU SÜRDÜRÜLEBİLİR AKILLI ULAŞIM ÇALIŞMA GRUBU İKLİM ŞURASI RAPORU

ÖZET

İklim değişikliği dünyanın en önemli sorunların biri haline gelmiş, dünyada ve ülkemizde iklim değişikliği ile mücadele kapsamında birçok çalışma yürütülmektedir. Özellikle belirlenecek politikalar ile çevreci uygulamaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması önem arz etmektedir. İklim Şurası kapsamında Sera Gazı Azaltımı, Yeşil Finansman Ve Karbon Fiyatlama, İklim Değişikliğine Uyum, Yerel Yönetimler, Göç, Adil Geçiş, Diğer Sosyal Politikalar İle Bilim Ve Teknoloji Komisyonlarında belirlenecek politikalar ile iklim değişikliği ile mücadelede önemli adımlar atılması planlanmaktadır. Bilim ve Teknoloji Komisyonu, Akıllı ve Sürdürülebilir Ulaşım Çalıma Grubu'nda ise geliştirilecek teknolojiler ile ulaşım kaynaklı emisyonların azaltılması için politikalar belirlemek amaçlanmıştır.

Çalışma sırasında Sanayi ve teknoloji Bakanlığı tarafından hazırlanan Mobilite Sektörleri Yol Haritası, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Tarafından hazırlanan Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından hazırlanan Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı, Avrupa Komisyonu tarafından hazırlanan Akıllı ve Sürdürülebilir Mobilite Eylem Planı, Uluslarası Enerji Ajansı tarafından hazırlanan Temiz Enerji Teknoloji Klavuzu vb. dokümanlardan istifade edilmiştir.

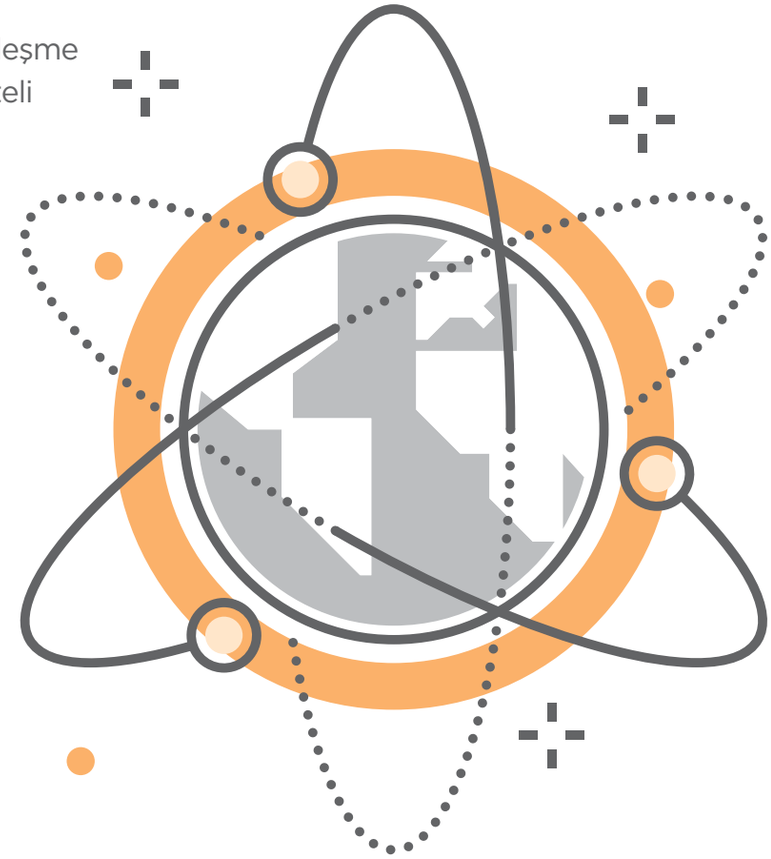
İlk aşamada çalışma alanları belirlenmiştir. Belirlenen çalışma alanlarının ana hatlarını;

- Sürdürülebilir alternatif tahrik/itki ve depolama sistemlerinin geliştirilmesine yönelik uygulamalar,
- Entegre/kombine taşımacılığın geliştirilerek, sürdürülebilir ve yeşil ulaşım modlarının payının arttırılmasına yönelik uygulamalar,
- Ulaşım sektörünün çevre üzerindeki etkilerini dikkate alan, akıllı ulaşım sistemlerinin geliştirilmesine yönelik yenilikçi uygulamalar oluşturmuştur.

Çalışma alanlarında teknoloji odaklı sorun alanları ve çözüm önerileri belirlenmiştir. Sorun ve çözüm önerileri temel alınarak Akıllı ve Sürdürülebilir Ulaşım Teknolojileri odaklı politika önerileri hazırlanmıştır. Önerilen politikalar aşağıdaki gibi olmuştur;

- Yeni nesil akıllı, entegre ve yüksek hızlı şarj teknolojilerine (dinamik şarj, entegre şarj altyapısı vb.) sahip olunması,
- Mobilite uygulamaları için, enerji yoğunluğu yüksek batarya teknolojilerine (Katı Hal, Li-Metal, Li-Sülfür, Li-Hava, Lityum sonrası bataryalar vb.) sahip olunması,
- Batarya teknolojisi ile elektrifikasyonu gerçekleşemeyen ulaşım araçlarında çevreci tahrik ve itki sistemlerinin kullanılması,
- Uçağa alternatif olabilecek Hyperloop, maglev vb. ulaşım sistemlerinin ulaşıma entegrasyonu,
- Açık veri, yapay zeka ve ileri dijital teknolojileri kullanan entegre, verimli, güvenli, çevreye duyarlı akıllı ulaşım sistemlerine sahip olunması,
- Yenilikçi algılama sistemleri, haberleşme sistemleri, yüksek işlem kapasiteli elektronik donanımlar içeren bağlantılı, kooperatif, tam otonom(sürücüsüz) mobilite sistemleri ile ulaştırma ağının dönüşümü,

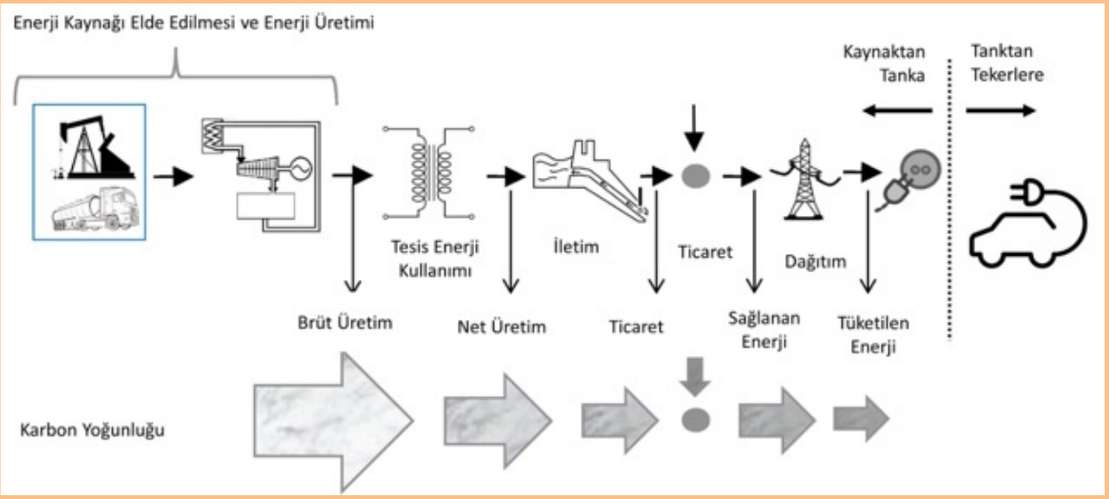
İlgili politika önerileri için eylem planları Orta ve Uzun vade olmak üzere sunulmuştur.



1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca insan, yük ve bilgi hareketliliği çok önemli bir konu olmuştur. Özellikle insan ve yük hareketliliği artan nüfus ile birlikte önemli emisyon kaynaklarından biri haline gelmiştir. Ulaşım dünyada toplam emisyonun yaklaşık dörtte birine sebep olmaktadır. (IEA, 2021) İklim değişikliği ile mücadelede ulaşım kaynaklı emisyonların azaltılması önemli hedeflerden biri olmuştur. Avrupa, Yeşil Mutabakatı 2050'ye kadar mobilitede emisyonların %90'ının azaltılmasını hedeflemektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında bu konu özelinde ihtiyaç duyulan finansman ise benzine verilen sübvansiyon, havacılık sektörüne verilen destekler azaltılarak ve denizcilikte karbon ticareti yaygınlaştırılarak sağlanacaktır. Modlar arasındaki geçişin Avrupa Yeşil Mutabakatı'na uyumlu bir şekilde planlaması, bu süreçteki desteklerden faydalanma ve yaptırımlardan zarar görmemek için çalışmaların tüm modlarda birlikte yürütülmesi önem arz etmektedir.

Literatürde ulaşım kaynaklı emisyonların hesaplanmasında kaynaktan tekere ve yaşam döngüsü boyunca emisyon hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır.



Şekil 1. *Kaynaktan Tekerlere Emisyon (Alberto Moro, 2018)*

Yaşam döngüsü boyunca çevresel etki değerlendirilirken üretim ve geri dönüşüm süreçleri de hesaba dâhil edilmektedir.

Dünya'daki ticaret ve tüketim büyük miktarda karbondioksit (CO_2) salınımlarına ve sera gazı emisyonlarına sebep olmaktadır. Bu salınımlar küresel ısınmayı tetiklemekte ve uzun vadede iklim değişikliklerine neden olmaktadır. Bu nedenle sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik stratejilerde, emisyonların mümkün olan en kısa sürede azalmaya başlaması için hemen uygulanabilecek tedbirler üzerinde anlaşmanın önemi vurgulanmaktadır. Şehirlerde oluşan hava kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri ise karayolu ulaşımı kaynaklı sera gazı emisyonları olduğundan motorlu araçlardan kaynaklanan emisyonun (CO_2, NOX, CO, PM, THC-Hidrokarbon kütlesi, NMHC vb.) asgariye indirilmesine yönelik tedbirler alınmaktadır. Dizel motorlardan yayılan azot dioksit (NO2), şehirlerdeki karbondioksit (CO_2) emisyonu kadar tehlike arz etmektedir.

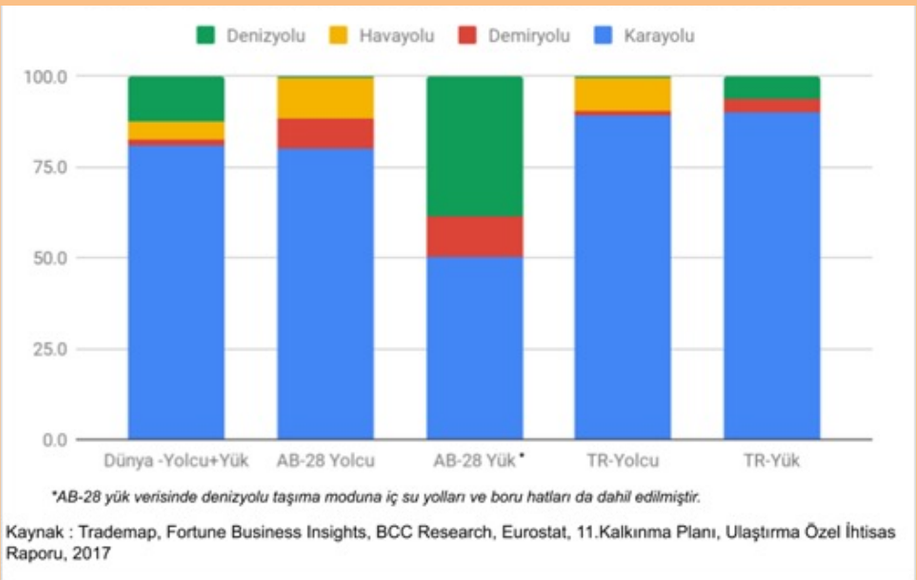
Çevre açısından değerlendirildiğinde, ulaşım kaynaklı emisyonların azaltılması ile yolcu/yük başına emisyon değeri düşük ulaşım modlarının yaygınlaştırılması, temiz enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması, akıllı enerji yönetim sistemlerinin geliştirilmesi önem arz etmektedir.

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ MEVCUT DURUM

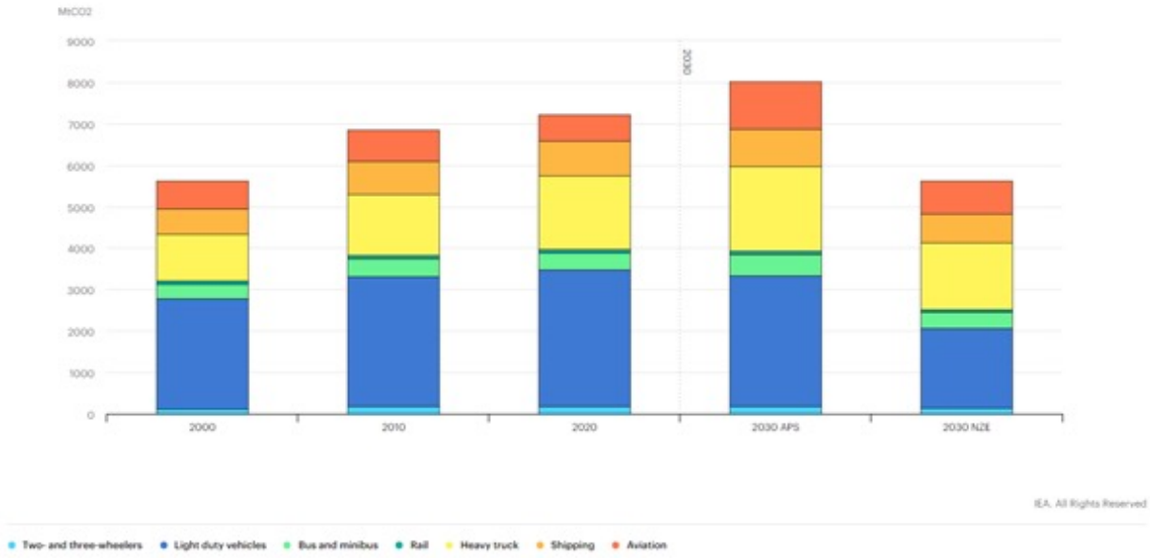
2.1. Dünyada Mevcut Durum

Dünyada yük ve yolcu taşıma oranlarına bakıldığında modlara göre kullanım oranlarını %81,1 karayolu, % 5,3 hava taşıtları, % 12,2 deniz, % 1,4 demiryolları oluşturmaktadır, (Şekil 2).

Mobilite sektörü, enerji üretiminden sonra karbondioksit (CO_2) salınımına neden olan ikinci büyük sektördür, (Şekil 3). Kirliliğin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin artması ile fosil yakıt kullanımından elektrik enerjisine geçiş, mobilite sektörü için dönüştürücü olmaktadır. Günümüz teknolojileri, fosil yakıtları zorunlu bir enerji kaynağı olmaktan çıkarmaktadır. Fosil yakıtların yerine sıfır emisyon salınımlı, çevreci ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ve ürünlere yönelme eğilimi vardır. (TC STB, 2020)



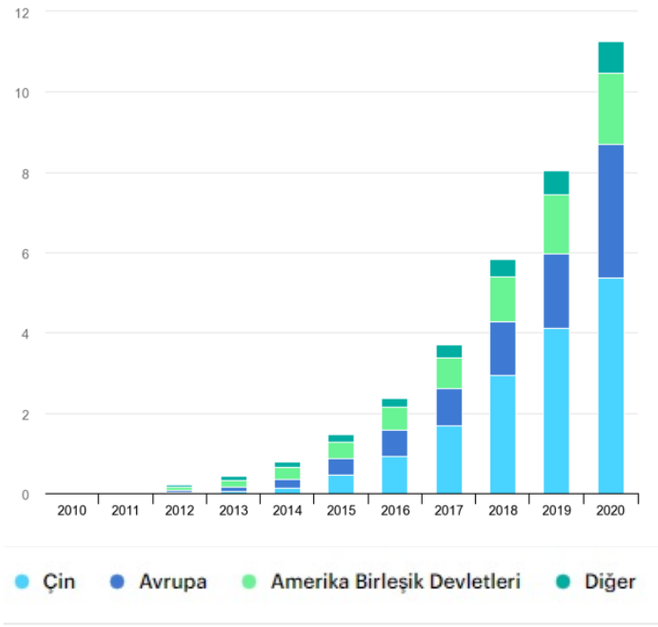
Şekil 2. *Yük ve Yolcu Taşımacılığının Ulaşım Modlarına Göre Dağılımı. (Trade Map, 2022)*



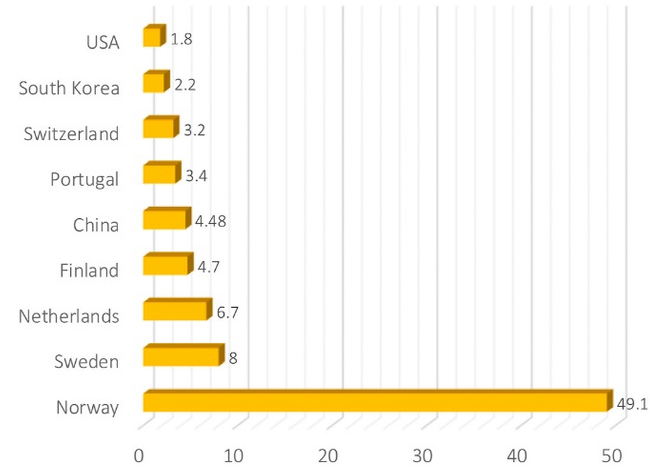
Şekil 3. *IEA, Global Ulaştırmadan Kaynaklanan CO_2 Emisyonları 2000-2030 (IEA, 2022)*

Dünya çapında, enerji kaynağının ve özellikle petrolün yaklaşık yarısının ulaşım sistemleri tarafından kullanıldığı ve Avrupa ülkelerinin en az %96'sının buna bağlı olduğu, yaklaşan ve kaçınılmaz olarak ortaya çıkan endişelerdir. (B. Dalla Chiara, 2016) Enerji sektörünün ve ulaşımın kademeli dönüşümüyle, elektrikli araçlar, karbonsuz bir ortamın gerçekleştirilmesine yönelik yol oluşturmuştur. Pek çok ülke, Paris İklim Anlaşması'nın hedefine ulaşmak için sıfır emisyona geçişe yönelik bir hedef belirlemiştir. Örneğin, İngiltere 2035 yılına kadar benzinli otomobil üretimini durdurmayı, elektrikli araç ve hidrojene geçişi teklif etmiştir, (B. Dalla Chiara, 2016)

Elektrikli araçlara geçiş ile ulaşım kaynaklı emisyonların azaltılması ise ülkelerin enerji kaynaklarına doğrudan bağlıdır. Elektrikli araçların karbon emisyonlarını azaltma potansiyeline tam olarak ulaşması için elektrik üretiminin karbondan arındırılması, elektrikli araçların güç sistemlerine entegre edilmesi, şarj altyapısının oluşturulması ve sürdürülebilir pil üretimi ile bunların geri dönüşümünün ilerletilmesi için kritik ilerleme gerekmektedir, (IEA, 2020). Elektrikli araç satışına ve elektrikli araç stoklarına baktığımızda son yıllarda önemli artış görülmektedir, (Şekil 4).



Şekil 4. *Bölgelere Göre Küresel Elektrikli Araç Stoğu 2010-20208*



Şekil 5. Elektrikli Araçların Pazar payı

Elektrikli otomobil kayıtları, küresel otomobil satışlarının %16 düştüğü, otomobil satışlarındaki pandemi kaynaklı dünya çapındaki düşüşe rağmen 2020'de %41 artmıştır. Geçtiğimiz yılda dünya genelinde yaklaşık 6 milyon elektrikli otomobil satılmıştır ve Avrupa ilk kez dünyanın en büyük elektrikli araç (EV) pazarı olarak Çin Halk Cumhuriyeti'ni geçmiştir, (Şekil 5). Elektrikli otobüs ve kamyon kayıtları da büyük pazarlarda genişleyerek sırasıyla 600.000 ve 31.000 küresel stoka ulaşmıştır, (IEA, 2020).

Geleceği şekillendirecek olan bu araçlar için ABD ve Avrupa'da otoyollarında dinamik şarj pilot çalışmaları ve gelecekte kullanımın yaygınlaşmasına yönelik planlar yapılmaktadır. İngiltere'de şehir içi ulaşımda da kablosuz şarj pilot çalışmaları devam etmektedir.

Mikro mobilite açısından bakıldığında ise mevcut veriler, paylaşımlı scooter'ların ve bisikletlerin özellikle şehir içi kısa yolculuklar için uygun olduğunu göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ortalama 1-3 kilometrelik seyahat ortalama 11-12 dakika sürmektedir. Aynı eğilim Avrupa şehirlerinde de gözlemlenmektedir. (NACTO, 2019) Mikromobilite, aynı zamanda potansiyele de sahiptir. Kısa araba yolculuklarının yerini alacağı ve böylece trafikte sıkışıklığı azaltmaya yardımcı olacağı öngörülmektedir. Dünyada özellikle ilk kilometre-son kilometre uygulamalarında mikro mobilite uygulamaları önem kazanmaktadır.

Havayolu ulaşımında dünyada son 10 yılın gelişimine baktığımızda; ICAO 2010-2019 yılları ücretli-tarifeli yolcu gerçekleşmelerinde 2010 yılından beri istikrarlı bir artış yaşanmıştır. Dünya ücretli-tarifeli yolcu trafiği son 10 yılda yıllık ortalama %6,1 artış ile 1,66 kat gelişmiştir. (DHMİ, 2020) Havacılıkta toplam CO_2 emisyonları payları ilk beş ülke için sırasıyla ABD %24, Çin %13, İngiltere %4, Japonya %3,1 ve Almanya %3 şeklindedir. (Brandon Graver, 2018)

Havayolu taşımacılığı konusunda projeksiyonlara bakıldığında ise Uluslarasarı Hava Taşımacılığı Birliği'nin (IATA) tahminine göre 2036 yılına kadar yolcu sayısının 7,8 milyara ulaşması beklenmektedir. (IATA, 2022) Bu büyümeyi ve artan etkinliği idare etmek için hava trafiği yönetimi daha ölçeklenebilir, izlenebilen ve yönetilebilen dijital bir sisteme geçmektedir. Bu çerçeve, UTM (Unmanned Aircraft System Traffic Management) sistemi ile tanımlanmıştır. UTM, merkezi bir yönetim sistemi yerine, ortak kurallara dayanarak bir araya gelen birbirine bağlı hizmet çerçevesidir. Dünyanın dört bir yanındaki UTM çerçeveleri dağıtılmış otorite ilkesini kullanmaktadır. Dağıtılmış otorite sistemi uygulama olarak hava taşıtlarının artık atanmış hava trafik kontrol merkezi gibi yalnızca tek bir işletme ile iletişim kurması yerine, uçan araçlar, yetkililer tarafından ilgili güvenlik ve performans standartlarına sahip olan hizmet sağlayıcıları ile serbestçe iletişim kurabildiği ve belirli uçuş rotalarına dayalı verimli kararlar almak için ağın geri kalanıyla koordinasyon sağlayabileceği bir sistemdir. UTM sistemlerinin verimliliği havayolu ulaşımının çevreye etkisi açısından önemlidir. Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2030'a kadar 1990 yılı seviyelerine kıyasla en az %50 ve hatta %55 oranında azaltmayı; 2050'de ise '0' karbon salınımı hedefine ulaşmayı amaçlamaktadır. Avrupa İklim Yasası önerilerek aşağıdaki hedefler benimsenmiştir:

- Çevre dostu teknolojilere yatırım
- İnovasyonlar için endüstriye destek
- Özel ve toplu taşımacılıkta temiz, ucuz, akıllı ve sağlıklı yöntemler
- Global çevresel standartları geliştirmek
- Enerji sektörünü karbondan arındırmak

Yapılan çalışmalar ile daha sürdürülebilir, erişilebilir, ekonomik, güvenli entegre ve sorunsuz mobilitenin temelini atmak için yeni altyapı modelleri ve teknolojiler de geliştirilmektedir.

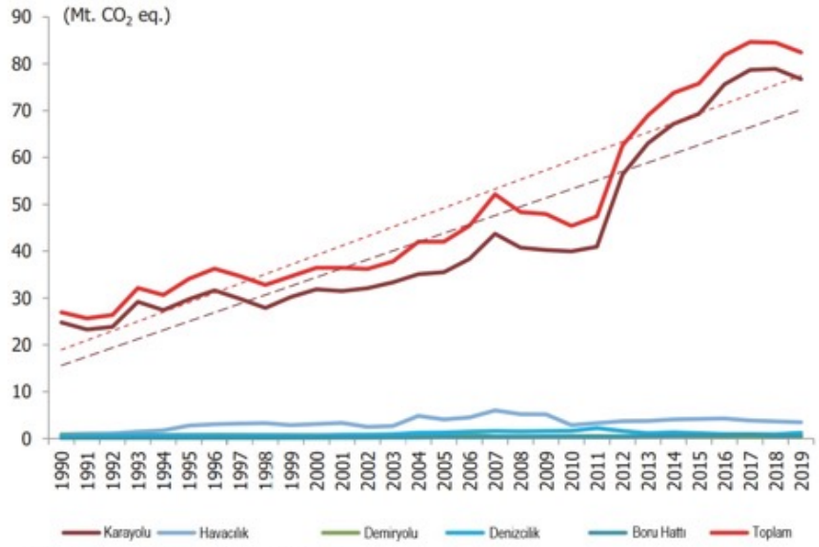
Mobilite merkezleri birden fazla ulaşım hizmetini tek bir yerde konumlandırarak yolcuların birinden diğerine daha sorunsuz hareket etmesine olanak tanımaktadır. Böyle bir merkez, otobüs, tren veya hafif raylı sistem aracılığıyla geleneksel toplu taşıma hizmetleri sağlarken, aynı zamanda yürümeyi teşvik edebilir, otobüs ve trenlerde bisikletler için raflar sağlayabilir, bisiklet ve araba paylaşımı programları sunabilir, bölgesel ve yerel toplu taşıma bağlantılarını etkinleştirebilir. (Deloitte, 2022)

Altyapının çevre odaklı tasarlanması da enerji tüketimi açısından fayda sağlamaktadır. Pittsburgh şehrinde, mevcut koşullara uyum sağlayan yapay zekâ güdümlü bir trafik ışığı sistemi denenmiştir. Bilgisayar görüşü ve radar sistemi, her yönden gelen araçların görülmesini sağlamıştır. Bu sistem seyahat süresini %25, frenlemede %30, rölantide %40'ın üzerinde azaltmaya yardımcı olmuştur.

Verilerin etkin kullanımı da önem arz etmektedir. Ulaşım ajanslarına sunulan devasa veri hacimleri, önümüzdeki yıllarda büyümeye devam edecektir. Bazı tahminlere göre her araba günde 4.000 GB'den fazla veri üretecektir. Bu veriler vatandaşların seyahat modellerini belirlemeye, gecikmeleri azaltmaya ve sıkışıklığı iyileştirmeye yardımcı olmak için kullanılabilir. Dijitalleşmenin sağladığı akıllı trafik yönetim sistemleri ile birlikte mobilite teknolojileri de artan bir öneme sahip olacaktır. Trafik yönetimi ve 'Hizmet olarak Mobilite (MaaS)' çözümleri için akıllı sistemler geliştirilmesi gerekecektir.

2.2. Türkiye'de Mevcut Durum

AB-28 ülkeleri ile karşılaştırıldığında, yurt içi yolcu ve yük taşımacılığında Türkiye'de karayolu taşımacılığı en büyük paya sahiptir. Maliyetlerin azaltılarak artan lojistik ihtiyacının karşılanması, Türkiye'nin Asya-Avrupa-Afrika arasında sahip olduğu stratejik lojistik konumunu etkinleştirmesi için diğer yolcu ve yük taşımacılığının birlikte planlanması önem kazanmaktadır. (TC STB, 2020)



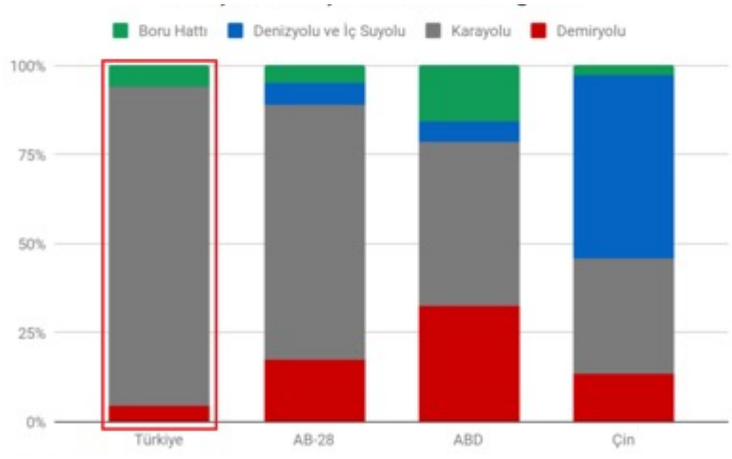
Şekil 6. *Ulaşım/Ulaştırma Modları ve Emisyon*

Ulaşım modları kaynaklı emisyonların %93,1'ini karayolu taşımacılığı, %4,3'ünü havacılık sektörü, %1,5'ini denizyolu sektörü, %0,5'ini demiryolları ve %0,7'sini boru hattı taşımacılığı oluşturmaktadır, (Şekil 6). (TÜİK, 2021)

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından sürdürülebilir, çevreci, verimli, düşük emisyonlu veya emisyon üretmeyen ulaşım sistemlerini içeren, ulusal hareketlilik politikası ve stratejilerine uygun, akıllı ulaşım sistem ve teknolojilerini içeren projeler belirlenerek, hayata geçirilmektedir. Aynı zamanda Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından hazırlanarak 2020 yılında yürürlüğe giren Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı ile ileri bilişim teknolojileri ile çevreci ve insan odaklı ulaşım vizyonu çerçevesinde sıfır karbon emisyonu hedefi kapsamında proje ve araştırma geliştirme çalışmaları yürütülmektedir.

Ulaştırma ve Altyapı, Çevre,Şehircilik ve İklim Değişikliği ile İçişleri Bakanlıkları tarafından çıkarılan Elektrikli Skuter Yönetmeliği ile şahsi araç kullanımı yerine paylaşımlı e-skuter kullanımının yaygınlaştırılmasını sağlamak, paylaşımlı e-skuterlerin diğer ulaşım türleri ile entegre, sürdürülebilir bir ulaşım sistemi içerisinde gelişimini sağlamayı amaçlamaktadır.

Ulaşım modlarına baktığımızda Türkiye'nin hat uzunlukları ve yüzölçümü başına düşen demiryolu uzunlukları incelendiğinde, Avrupa ülkelerine göre demiryolu ulaşım altyapısının daha kısıtlı olduğu görülmektedir. Ülkemizde yeni yapılan yatırımlar ile raylı araç sayısı ve hat uzunlukları her yıl artmaktadır. 10.480 km anahat olmak üzere toplam 13.022 km demiryolu hattı mevcuttur. Yaklaşık 248 km şehir içi ulusal demiryoluna bağlı raylı sistem bulunmaktadır.



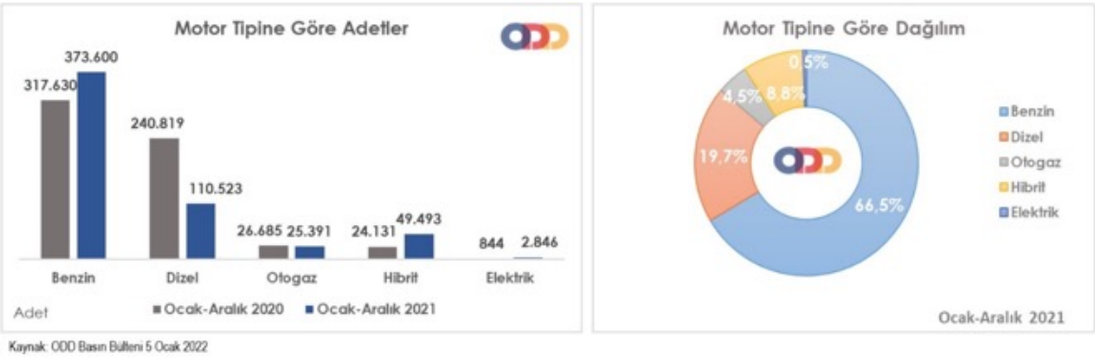
Şekil 7. *Ülke içi Yük Taşıma Dağılımı*

Türkiye, 126 ülkeye 328 noktaya havayolu bağlantısı olan bir ülkedir. Son 5 yılda doğrudan bağlantılarını %26, dolaylı bağlantılarını %21, havalimanı bağlantılarını %23,5, ve merkez bağlantılarını %34,6 geliştirmiştir ve dünyada merkez bağlantısına göre ilk 20 ülke arasında yer alan İstanbul havalimanı son yılda %16,9 oranında büyüyerek 6. sıraya yükselmiştir, (Şekil 7). (SHGM, 2019)

Ülkemizde elektrikli araç satış adetleri ve elektrikli araç stokları AB ve Çin'e göre daha az olmakla birlikte artış eğilimindedir. Otobüs, taksi, servis aracı gibi çok kilometre yapan araçlarda da elektrikli araçlara geçiş eğilimi bulunmaktadır. Ancak, bunun gerçekleşmesi için öncelikle şarj altyapısının yaygınlaşması gerekmektedir. Bu doğrultuda, bu gruptaki araçlar içerisinde öncelikle gün içinde daha az kilometre yapması beklenen şehir içi araçların daha önce elektriklendirileceği öngörülmektedir. 2021 yılı itibariyle yaklaşık 2200 adet şarj istasyonu bulunmaktadır.

Tablo 1. Türkiye'de Motor Tipine Göre Trafiğe Kayıtlı Araç Sayısı 2011-2021 (TÜİK, 2022)

Yıl	Benzin	Dizel	LPG	Elektrikli - Hibrit	Bilinmeyen
2011	3 036 129	1 756 034	3 259 288	47	61 613
2012	2 929 216	2 101 206	3 569 143	228	49 082
2013	2 888 610	2 497 209	3 852 336	436	45 332
2014	2 855 078	2 882 885	4 076 730	525	42 697
2015	2 927 720	3 345 951	4 272 044	889	42 733
2016	3 031 744	3 803 772	4 439 631	1 160	41 691
2017	3 120 407	4 256 305	4 616 842	1 685	40 739
2018	3 089 626	4 568 665	4 695 717	5 367	38 815
2019	3 020 017	4 769 714	4 661 707	15 053	36 558
2020	3 201 894	5 014 356	4 810 018	36 487	36 286
2021	3 481 259	5 152 815	4 917 035	89 619	35 887



Şekil 8. *Türkiye'de Motor Tipine Göre Otomotiv Pazarı 2020-2021 (ODD, 2022)*

Türkiye'de toplu taşıma, araç paylaşımı ve bisiklet gibi paylaşımlı mobilite yanında motosiklet kullanımı da yaygınlaşmaya başlamıştır. Türkiye'de son 10 yıldır her yıl ortalama 171 bin yeni motosiklet trafiğe kaydolmuştur ve ortalama 53 bin motosikletin trafikten kaydı silinmiştir. Türkiye'de paylaşımlı e-bisiklet ve E-skuter girişimleri İstanbul ve bazı illerde faaliyet göstermektedir, (Tablo 1). Mevcutta bulunan 35000 skuterin 2024'e kadar 6 katına çıkacağı öngörülmektedir (Şekil 8) .

Paylaşıma dayalı mobilite uygulamalarının dünyada yaygınlaşmasının yanı sıra müşterilerin birçok ulaşım yöntemine tek platform üzerinden erişebilmesi, mobil uygulama üzerinden mikro ve mini elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması, araç paylaşım ve servis

araçlarıyla toplu taşıma ihtiyaçlarının giderilmesi, şehirlerde mobiliteyi hızlandırmaktadır.

Türkiye Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nda sürdürülebilir akıllı ulaşım hedefi doğrultusunda (TC TB, 2021):

- Ulaşım tür ve yöntemlerinin dengeli gelişmesini destekleyecek şekilde "Kombine Taşımacılık" Yönetmeliği ve "Lojistik Merkezler" Yönetmeliği yürürlüğe konacaktır.

- AB ile Türkiye arasındaki demiryolu altyapısının iyileştirilmesine ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürdürülecektir.

- Yeşil Liman Sertifika Programına ilişkin ulusal mevzuatın hazırlanması ve bu programdan azami fayda sağlanması ve farkındalık oluşturulması amacıyla bilgilendirme ve tanıtım toplantıları gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

- Akdeniz'in SECA (Kükürt Emisyon Kontrol Alanı) ilan edilmesine yönelik çalışmalar kapsamında, ülkemizce uyuma yönelik hazırlık çalışmaları yürütülecektir.

- Denizcilik sektöründen kaynaklanan zararlı emisyonların azaltılması ve yeşil denizciliğin desteklenmesine yönelik çalışmalar yürütülmesi planlanmaktadır.

- Elektrikli araç ve şarj altyapısının geliştirilmesine yönelik strateji geliştirme ve planlama faaliyetleri yürütülecektir.

- Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planında yer alan "4.5. Toplu Taşıma Filolarında ve Hizmet Araçlarında Elektrikli Araçların Kullanılması ve Toplu Taşımanın Teşvik Edilmesi" eyleminin etkin bir şekilde uygulanması takip edilecektir.

- Egzoz emisyonlarının azaltılması ve alternatif yakıtlı, düşük emisyonlu bireysel ulaşım imkânlarının sağlanması amacıyla, bisiklet ve paylaşımlı elektrikli skuter sistemleri gibi mikro hareketlilik araçlarının kullanımının artırılmasına yönelik gerekli mevzuat çalışmaları tamamlanacak, Bisikletli Ulaşım Master Planları hazırlanacak ve bisiklet/e-skuter yolları, park ve şarj istasyonları yapılacaktır.

- Sürdürülebilir kentsel hareketlilik bağlamında bisiklet yolları başta olmak üzere kentsel ulaşım projelerinde IPA fonları kullanılacaktır.

2.3. Strateji ve Eylem Planları

Avrupa Komisyonu, Akıllı ve Sürdürülebilir Ulaşım Stratejisini 2021 yılında yayınlamış, 2030, 2035, 2050 yılları için hedefleri belirlemiş, bununla birlikte önümüzdeki 4 yıl için 82 aksiyon planı açıklamıştır. (EC, 2021)

Şimdiye kadar, ulaşım sektörünün karşılaştığı en ciddi zorluk, emisyonlarını önemli ölçüde azaltmak ve daha sürdürülebilir hale gelmektir. Aynı zamanda, bu dönüşümün daha iyi yaşam kalitesi ve değer zincirleri boyunca Avrupa endüstrisine modernleşme, yüksek kaliteli işler yaratma, kalkınma ve gelişme için büyük fırsatlar sunduğu değerlendirilmektedir.

Toplam AB sera gazı emisyonlarının yüksek oranı göz önüne alındığında, AB'nin 2030 yılına kadar en az %55 sera gazı azaltma (1990 yılına kıyasla) ve 2050 yılına kadar iklim nötrlüğü hedefine, yalnızca ulaşımın fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltmak için sıfır kirlilik çabalarıyla sinerji içinde daha iddialı politikalar getirerek ulaşılacağı belirtilmiştir. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın başarısı, ulaşım sistemi bir bütün olarak sürdürülebilir gerçekleştirme yeteneğine bağlı görülmektedir.

Bu strateji, sürdürülebilir ve akıllı bir gelecek için Avrupa ulaşımını sağlam bir şekilde doğru yola sokmak için bir yol haritası ortaya koymaktadır. Vizyonu gerçeğe dönüştürmek için, yol gösterecek bir eylem planı ile 10 amiral gemisi alanı belirlenmiştir.

2030 iklim hedefi planı ile ortak hedefler doğrultusunda bunun temelini oluşturan senaryolar, doğru düzeyde kararlılıkla, bu stratejide belirtilen politika önlemlerinin kombinasyonunun 2050 yılına kadar ulaştırma sektörünün emisyonlarında %90'lık bir azalma sağlayabileceğini göstermektedir.

Avrupa Birliği, sürdürülebilir, akıllı ve esnek bir mobilite hedeflerine ulaşmaya yönelik Avrupa ulaşım sistemi patikasını aşağıdaki gibi politikalar ile kurgulamıştır. Bunlar;

2030'a kadar:

- Avrupa yollarında en az 30 milyon sıfır emisyonlu araç çalışacak.
- 100 Avrupa şehri iklim nötr olacak.
- yüksek hızlı tren trafiği ikiye katlanacak.
- 500 km'nin altındaki planlanmış toplu seyahatler AB içinde karbon nötr olmalıdır.
- otomatikleştirilmiş mobilite büyük ölçekte uygulanacaktır.
- sıfır emisyonlu gemiler piyasaya hazır hale gelecek

2035'e kadar:

- sıfır emisyonlu büyük uçaklar pazara hazır hale gelecek.

2050 yılına kadar:

- neredeyse tüm arabalar, kamyonetler, otobüsler ve yeni ağır hizmet araçları sıfır emisyonlu olacaktır.
- demiryolu yük trafiği ikiye katlanacak.
- • yüksek hızlı tren trafiği üç katına çıkacak.
- sürdürülebilir ve akıllı ulaşım için donatılmış multimodal Trans-Avrupa Ulaşım Ağı(TEN-T) yüksek hızlı bağlantı ile kapsamlı ağ için operasyonel olacaktır.

Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB'nin 2050 yılına kadar iklim açısından nötr bir ekonomi

haline gelmesi ve aynı zamanda sıfır kirlilik hedefi doğrultusunda çalışması için ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarında %90'lık bir azalma çağrısında bulunmaktadır.

AB, tüm ulaşım modlarını ulaşım sisteminin vazgeçilmez bir parçası görerek hepsinin daha sürdürülebilir olmasını hedeflemektedir. Bunun adımları olarak, karayolu, su, hava ve demiryolu taşımacılığı için düşük ve sıfır emisyonlu araçların yanı sıra yenilenebilir ve düşük karbonlu yakıtların kullanımını artırmayı planlamaktadır. Rekabetçi, sürdürülebilir ve döngüsel ürün ve hizmetler konusunda araştırma ve inovasyonu (R&I) desteklemek, endüstri tarafından doğru araç ve yakıtların tedarik edilmesini sağlamak, gerekli altyapıyı kurmak ve son kullanıcıların talebini teşvik etmek, motorlu araçlardan kaynaklanan emisyonların azaltılması için daha katı emisyon standartları getirilmesi (Euro 7) planlanmaktadır.

Sıfır emisyonları araçlara giden yolda Ufuk Avrupa vb. çerçeve programlarında Bataryalar, Temiz Hidrojen teknolojileri desteklenmektedir. Ayrıca, pillerle ilgili yeni düzenleme, AB pazarına sunulan pillerin tüm yaşam döngüleri boyunca sürdürülebilir ve güvenli olmasını sağlayacaktır. Elektrikli araçların çevresel ayak izini azaltmak için karbon ayak izi ve etik ve sürdürülebilir hammadde kaynakları dahil olmak üzere sürdürülebilirlik ve yaşam döngüsü sonu gereksinimleri önemlidir.

AB'de karayolu taşımacılığı için sıfır emisyonlu çözümler halihazırda devreye girmekte, üreticiler artık akülü elektrikli araçlara büyük yatırımlar yapmaktadır. Kamyonlar ve otobüsler ortaya çıkarken, özellikle şehirlerde kullanılan otomobiller, kamyonetler ve otobüsler için pazar payı büyümektedir. Üreticiler ayrıca, özellikle ticari filolarda, otobüslerde ve ağır hizmet taşımacılığında kullanılmak üzere hidrojen yakıt hücreli araçlara yatırım yapmaktadır.

Bu umut verici seçenekler AB enerji sistemi entegrasyonu ve hidrojen stratejilerinin yanı sıra pillerle ilgili stratejik eylem planı kapsamında desteklenmektedir.

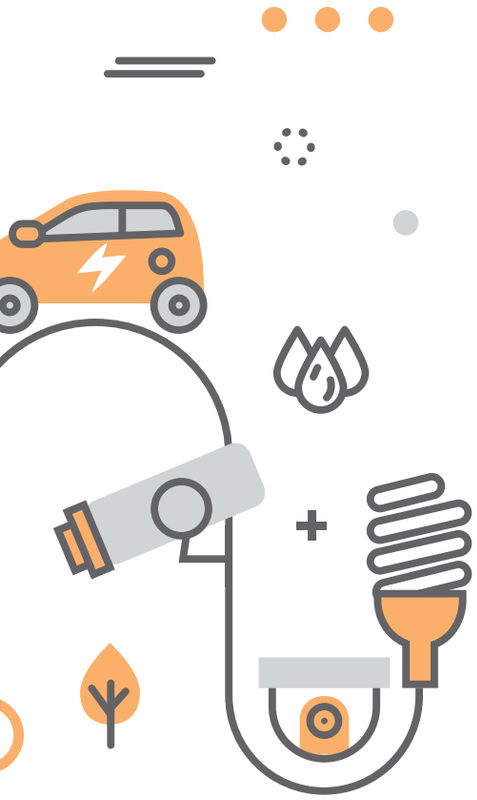
Enerji verimliliği, tüm yaşam döngüsüne bakarak gelecekteki uygun teknolojilerin seçimine öncelik vermek için bir kriter olacaktır. Geçiş teknolojik çözümleri, CO_2 ve kirlilik standartlarına tam olarak uymalıdır. Demiryolu taşımacılığı daha fazla elektrik hattına çevrilmeli; Bunun uygulanabilir olmadığı yerlerde hidrojen kullanımı arttırılmalıdır.

Hava ve su taşımacılığı, önümüzdeki on yıllarda, piyasada hazır sıfır emisyonlu teknolojilerin mevcut olmaması, uçak ve gemilerin uzun geliştirme ve yaşam döngüleri, yakıt ikmali ekipmanı ve altyapısına gereken önemli yatırımlar ve bu alanlardaki uluslararası rekabet nedeniyle daha büyük karbonsuzlaştırma zorluklarına sahip olacaktır.

AB'nin navigasyon ve havacılık kaynaklı uluslararası emisyonları 1990'dan bu yana %50'den fazla artmıştır. Bu modlar, kısa vadede uygun alternatif güç aktarma organları eksikliği olduğundan, ek yenilenebilir ve düşük karbonlu sıvı ve gaz yakıtlara öncelikli erişime sahip olmalıdır.

Enerji verimliliğini artırmak ve uçak ve gemilerin emisyonlarını azaltmak için iddialı tasarım ve işletimi için standartlar teşvik edilmelidir. AB, Paris Anlaşması ile uyumlu bilime dayalı küresel emisyon azaltma hedeflerine ulaşmayı amaçlayan somut önlemler konusunda Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) ve Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) gibi tüm uluslararası örgütlerle yakın bir şekilde çalışmaya devam etmektedir.

Yenilenebilir ve düşük karbonlu yakıtların artan dağıtımı ve kullanımı, tüm modlardaki araçların yaygın kullanımı ile beraber artmalıdır. 2025 yılına kadar amaç, 2030 yılında ihtiyaç duyulacak 1000 hidrojen istasyonunun yarısını ve 3 milyon genel şarj noktasından bir milyonu inşa etmektir.



AB'nin akıllı dijital çözümlerden ve akıllı ulaşım sistemlerinden tam olarak yararlanması gerekmektedir(ITS). Bağlantılı ve otomatik sistemler, tüm ulaşım sisteminin işleyişini temelden iyileştirmek, sürdürülebilirlik ve güvenlik hedeflerine katkıda bulunmak için muazzam bir potansiyele sahiptir. Eylemler, ulaştırma modlarının işleyen birçok modlu sisteme entegrasyonunu desteklemeye odaklanacaktır. Avrupa, bağlantılı, işbirlikçi ve otomatik mobilitenin (CCAM) sunduğu fırsatları değerlendirmeyi hedeflemektedir.

Gerçekten akıllı bir ulaşım sistemi oluşturmak için verimli kapasite tahsisi ve trafik yönetimi, kapasite sıkışıklığını önlemek ve CO_2 emisyonlarını azaltmak için de ele alınmalıdır. Avrupa Demiryolu Trafiği Yönetim Sistemi (ERTMS) ve Tek Avrupa Gökyüzü, Komisyon ve sonraki nesil AB için bir öncelik olmaya devam etmektedir. Tren otomasyonunun yanı sıra hava trafik yönetimi (ATM) sistemlerinin geliştirilmesine yönelik daha fazla çabaya ihtiyaç vardır.

AB, yeni teknolojilerin ve hizmetlerin geliştirilmesi için elverişli koşulları ve bunların doğrulanması için gerekli tüm yasal araçları devreye sokacaktır. Yakın gelecekte acil durumlar ve daha yaygın uygulamalar için dronların (insansız uçaklar); otonom araçlar, hyperloop, hidrojen uçakları, elektrikli kişisel hava araçları, elektrikli su taşımacılığının temiz şehiriçi kargo uygulamalarından başlayarak kentsel lojistik için ortaya çıkmasını ve daha geniş kullanımı beklenmektedir.

Ayrıca, ulaşım sektörünün dijital dönüşümünü gerçeğe dönüştürmek için AB'nin, mobilite için elektronik bileşenler, ağ altyapısı, buluttan uca kaynaklar, veri teknolojileri, yönetim ve Yapay Zeka dahil olmak üzere temel dijital etkinleştiricilerin yerinde olmasını sağlama hedefleri bulunmaktadır.

Amerika Birleşik Devletlerinde Başkanlık, batarya elektrikli, şarj edilebilir hibrit elektrikli veya yakıt hücreli elektrikli araçlar dahil olmak üzere 2030'da satılacak tüm yeni araçların yarısını sıfır emisyonlu araçlar yapmak bir hedef planlamıştır. Bu hedef, aynı zamanda tüketicilerin tasarruf etmesini sağlamak, kirliliği azaltmak, halk sağlığını artırmak, çevre adaletini ilerletmek ve iklim kriziyle mücadele etmek için uzun vadeli yakıt verimliliği ve emisyon standartlarının geliştirilmesini de başlatıyor. (The White House, 2021) Beyaz Saray, iklim değişikliğiyle mücadele ederken aynı zamanda

istihdam yaratmak için düşük karbonlu enerji teknolojileri için Enerji Bakanlığı'ndan 100 milyon dolarlık bir hibe programı ile bir inovasyon gündemi taslağı ve bir inovasyon çabası başlatmıştır. (IEA, 2021) İklim İnovasyonu Çalışma Grubu şunlara odaklanacaktır:

- net sıfır maliyetle net sıfır karbonlu binalar;
- bugünün maliyetlerinin onda biri için enerji depolaması;
- sıfır karbonlu enerji santralleri tarafından desteklenen bir şebekeyi planlamak ve işletmek için gelişmiş enerji sistemi yönetim araçları;
- çok düşük maliyetli, sıfır karbonlu karayolu taşıtları ve toplu taşıma sistemleri;
- uçak ve gemiler için yeni, sürdürülebilir yakıtların yanı sıra verimlilik ve ulaşım yönetiminde genel iyileştirmeler;
- iklim dostu, uygun fiyatlı soğutma, klima ve ısı pompaları;
- çelik, beton, kimyasallar ve diğer önemli endüstriyel ürünlerin üretiminden kaynaklanan emisyonları yakalayan karbonsuz ısı ve endüstriyel süreçler;
- kirletici kaynaklardan elde edilen hidrojenden daha düşük bir maliyetle karbonsuz hidrojen;
- CO_2'yi havadan uzaklaştırmak ve yerde depolamak için yenilikçi toprak yönetimi, bitki biyolojisi ve tarım teknikleri;
- CO_2'yi yakalamak ve alternatif ürünler yapmak için kullanmak veya yeraltında kalıcı olarak saklamak için mevcut endüstriyel ve enerji santrali egzozlarında doğrudan hava yakalama sistemleri ve güçlendirmeler.

Norveç, 2030 yılına kadar ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonları 2005 seviyelerine kıyasla yarıya indirmeyi hedefleyen hükümet, 2022-2033 Ulusal Ulaştırma Planını açıklamıştır. Plan döneminde hükümet, verimli, çevre dostu ve güvenli bir ulaşım sisteminin geliştirilmesine 1.200 milyar NOK tahsis edecek. (Regjeringen, 2021)

Hükümet ayrıca, düşük emisyonlu veya emisyonsuz uçakların aşamalı olarak devreye alınmasını kolaylaştırmayı da amaçlıyor. Bu tür uçakların geliştirilmesi henüz erken bir aşamadadır, ancak 2030 yılına kadar ticari operasyona girebilecekleri tahmin edilmektedir. Bu programda çeşitli ulaşım teknolojileri hedeflenmektedir:

- tamamen elektrikli uçaklar, hibrit elektrikli uçaklar veya hidrojenin doğrudan motorda yakıldığı uçaklar

- İlk sıfır, düşük emisyonlu yolcu uçağı: Mevcut bilgilere dayanarak, havacılığın gelecekte elektriğe ve şarj altyapısına daha fazla erişim gerektirebileceği varsayılabilir. İlk sıfır ve düşük emisyonlu yolcu uçağının nispeten düşük koltuk kapasitesine (19 koltuğa kadar) ve sınırlı menzile sahip olması bekleniyor. 2030 yılına kadar piyasada olabilecekler.

- Daha uzun menzilli daha büyük uçaklar: Mevcut tahminlere göre, daha geniş menzilli daha büyük uçaklar 2030 ile 2035 yılları arasında piyasada olabilecek.

Bu plan dahilinde, Norveç'teki demiryolu hizmetlerinin güçlendirilmesi hedefleniyor. Hükümet, önümüzdeki 12 yıl içinde demiryoluna 400 milyar NOK'a yakın harcama yapmayı planlıyor. Özellikle ulaşım sisteminde önemli bir role sahip olduğu demiryolunu geliştirecek ve güçlendirecek, hedef demiryolu ile çevre dostu bir yolcu ve yük taşımacılığına sahip olmaktır. Bu yatırımların anahtarı, yeni altyapılar, daha iyi bakım ve demiryolu sektörünün dijitalleşmesini geliştirmektir. Yeni bir dijital sinyalizasyon sistemi ve daha iyi ağ kapsama alanı, Norveç demiryolunun modernizasyonunun merkezinde yer alıyor.

Kore Hükümeti, 27 Nisan 2021'deki kabine toplantısında "Çevre Dostu Motorlu Araçların Geliştirilmesi ve Dağıtımının Teşviki ve Dağıtımı Hakkında Kanunun Yürürlükteki Kararnamesi"nde yapılan değişiklikleri onaylamıştır. Böylece; Kamu kurumlarının sadece çevre dostu araçlar satın alması istenecek (mevcut gereksinim tüm araçların %70'i kadardır). Elektrikli araçların standart şarj istasyonlarında uzun süre (14 saatten fazla) park edilmesi, böylece diğer sürücülerin EV'lerini şarj etmesinin engellenmesi cezalara neden olacaktır. (UK MTIE, 2021)

3. TESPİT EDİLEN TEKNOLOJİK SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım teması kapsamındaki tespit edilen teknolojik sorun alanları ve çözüm önerileri alt konu başlarında aşağıda verilmektedir:

1. Sürdürülebilir Alternatif Tahrik/İtki ve Depolama Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Elektrikli Araç Teknolojileri, Şarj Ekosistemi ve Alt Yapısının Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar	3. Elektrikli araç teknolojilerinde şarj istasyonları ağının yeterli olmaması ve verimli kullanılmaması 4. Şarj altyapısın ve batarya kaynaklı uzun şarj olma süreleri	3. Şarj istasyonu ağlarının bir biriyle ve araçlarla entegrasyonunun sağlanması, servis sağlayıcıların daha verimli kullanılmasının sağlanması 4. Daha kısa sürede şarj imkanı sağlayan şarj/batarya sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaların desteklenmesi, Verimli dinamik şarj sistemlerinin geliştirilmesi için yol haritası hazırlanması
Enerji Yoğunluğu Yüksek Çevreci Enerji Depolama Sistemi Uygulamaları	Bataryaların enerji yoğunluğunun fosil yakıtlara(dizel, benzin vb.) göre düşük olması	Enerji yoğunluğu yüksek emniyetli uzun ömürlü batarya geliştirilmesine yönelik çalışmaların desteklenmesi
Alternatif Çevreci Tahrik ve İtki Sistemi Uygulamaları	5. Mevcut teknoloji ile elektrifikasyonu gerçekleşemeyen ulaşım araçları için, fosil yakıtlı tahrik/itki sistemlerinin kullanımı 6. Hibrit sistemlerde (Dizel Elektrik Lokomotif vb.) fosil yakıtların kullanımı 7. Uçaklara alternatif olabilecek hızlı ulaşım modu olmaması 8. Hafriyat taşınması vb. uygulamaların emisyona sebep olması	5. Yüksek güç/enerji ihtiyacı bulunan deniz araçları vb. için küçük modüler reaktörler vb. sistemlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi 6. Orta vadede daha düşük emisyona sebep olan gaz motorlarının geliştirilmesi ve dizel motorların gaz motorlarına dönüşümü konusunda çalışmaların gerçekleştirilmesi 7. Hızlı tren/Maglev/Hyperloop teknolojileri geliştirilmesi konusunda fizibilite/yol haritası hazırlama çalışmalarının yapılması 8. Elektrikli/Alternatif yakıtlı hafriyat uygulamarına yönelik fizibilite çalışması yapılması

2. Entegre/Kombine Taşımacılığın Geliştirilerek, Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Modlarının Payının Arttırılmasına Yönelik Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Entegre/Kombine Taşımacılığın Geliştirilerek, Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Modlarının Payının Arttırılmasına Yönelik Uygulamalar	Ulaşım ağının entegre olmaması	Kullanıcıların akıllı şehir sistemlerindeki farklı altyapılar arasında geçişine imkân veren Ulaşım Yönetim Sistemlerinin geliştirilmesi, Verinin anonimleştirilmesi yoluyla açık kaynak kullanımının artırılması
Ulaşımda Demiryolu ve Denizyolu Taşıma Paylarının Artırılması, Demiryolu Altyapısının İyileştirilmesine ve Geliştirilmesine Yönelik Çözümler	4. Demiryolu ve denizyolu istasyonlarına ulaşımı sağlayan kısa mesafe ulaşım alt yapılarının yetersizliği 5. Demiyolu kapasite kullanım oranının artırılması 6. Yük taşımaclığında yoğun basılı evrak kullanılması	4. İlk mil ve son mil uygulamalara uygun servis ve paylaşımlı araç teknolojilerinin, mikro/mini mobilite ve entegre sistemlerin geliştirilmesi, Yolcu ve yük taşımacılığında farklı modların entegrasyonunu sağlayacak gerekli teknolojik altyapının kurulmasına ve güvenli, etkin, esnek biçimde çalışmasını sağlayacak dijital platformların geliştirilmesine yönelik araştırma çalışmaları yürütülmesi 5. Demiryolu kapasitesinin daha verimli kullanılmasına yönelik akıllı sistemlerin geliştirilmesi 6. Yük taşımacılığında kağıtsız yük taşımacılığının(Paperless Freight Transport) yapılabilmesi için uygun teknoloji ve altyapıların geliştirilmesi
Entegre/Kombine Taşımacılığın Geliştirilerek, Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Modlarının Payının Arttırılmasına Yönelik Uygulamalar	Ulaşım ağının entegre olmaması	Kullanıcıların akıllı şehir sistemlerindeki farklı altyapılar arasında geçişine imkân veren Ulaşım Yönetim Sistemlerinin geliştirilmesi, Verinin anonimleştirilmesi yoluyla açık kaynak kullanımının artırılması

3. Ulaşım Sektörünün Çevre Üzerindeki Etkilerini Dikkate Alan, Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar

Ar-Ge ve Yenilik Konusu	Teknolojik Sorun Alanı	Çözüm Önerisi
Ulaşım Sektörünün Çevre Üzerindeki Etkilerini Dikkate Alan, Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Geliştirilmesine Yönelik Yenilikçi Uygulamalar	Akıllı sistemlerde mevcut verilerin yetersizliği, verilerin etkin ve verimli kullanılamaması	Ulaşımda verimi artırmaya yönelik dijitalleşme; • Mevcut verilerin verimli ve etkin kullanımı • Araç/Altyapıya gerekli veri kaynakları eklenmesi • Akıllı Verimli ulaşım uygulama/yazılımları geliştirilmesi
Bağlantılı, Kooperatif, Otonom Elektrikli Araçlar ve Akıllı Altyapılar İçin Enerji Yönetim Sistemleri	Trafik ve altyapı kaynaklı emisyonların olması	Akıllı şehir altyapısını geliştirmek üzere X2X sistemlerin çalışabileceği ve birbirine entegre olabilir ileri teknoloji sistemlerin tasarlanması, makine öğrenmesi destekli veri temelli ve kullanıcı odaklı karar alma sistemlerinin desteklenmesi, Dijital altyapı ve veri analitiği gerektiren akıllı intermodal sistemlerin geliştirilmesi
Hizmet Olarak Hareketlilik ve Dağıtım (MaaS ve DaaS) Teknolojileri	Servis ve dağıtım ağlarının verimli ve etkin kullanılamaması	Ulaşım ve lojistik ağlarında optimizasyon tabanlı, IoT donanımlı, yapay zeka destekli, dijital platformlarının ve uygulamalarının (MaaS/DaaS) geliştirilmesine yönelik araştırma çalışmalarını desteklenmesi

4. POLİTİKA VE EYLEMLER

Tema 5: Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 1.

Yeni nesil akıllı, entegre ve yüksek hızlı şarj teknolojileri (dinamik şarj, entegre şarj altyapısı vb.) geliştirilecektir.

Eylemler

1. Mevcut teknolojiye kıyasla daha kısa zamanda şarj imkanı sağlayan yenilikçi şarj teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Elektrikli araçlar için akıllı ve entegre şarj sistemleri ve teknolojik altyapının geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Karayollarının elektrifikasyonu ile dinamik şarj teknolojilerinin teknoloji hazırlık seviyesinin yükseltilmesi ve bu alanda yeni teknolojilerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Kablosuz dinamik yüksek hızlı şarj teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 2.

Enerji yoğunluğu yüksek batarya hücre teknolojileri (Katı Hal, Li-Metal, Li-Sülfür, Li-Hava, Lityum sonrası bataryalar, vb.), yüksek verimli batarya üretim süreçleri ve verimli batarya yönetim sistemleri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Mobilite uygulamalarında kullanılmak üzere katı hal Li-Metal batarya hücrelerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Yüksek enerji yoğunluklu ve yüksek çevrim sayısına sahip uzun ömürlü Lityum Sülfür ve Lityum Hava temelli batarya teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

3. Sodyum-iyon, magnezyum-kükürt, sodyum-hava, potasyum-iyon, çinko-iyon gibi çığır açıcı alternatif batarya teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Lityum -iyon sonrası batarya üretimi için, aktif malzemeler, elektrolitler, ayraçlar, bağlayıcılar, akım toplayıcılar, anot/katot malzemeleri geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

5. Yüksek verimli çevreye duyarlı batarya üretim süreçlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Enerjiyi daha verimli kullanma imkânı sağlayacak yüksek verimli batarya yönetim sistemlerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

7. Ülkemizde yoğun olarak bulunan madenlerden batarya bileşenlerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 3.

Batarya teknolojisi ile elektrifikasyonu gerçekleşemeyen ulaşım araçlarına yönelik çevreci tahrik ve itki sistemleri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Orta ve yüksek güçlü fosil yakıtlı motorların yerini alabilecek yeşil hidrojene uyumlu teknolojilerin (Hidrojen ve amonyak yakıtlı motorlar, hidrojen depolama sistemleri vb.) geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Orta ve yüksek güçlü çevreci yakıt pili (Solid Oksit, Ergimiş Karbonat, PEM vb.) teknolojisi ile çalışan tahrik/itki sistemleri geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Sivil uygulamalara yönelik Küçük Modüler Reaktör (SMR) tabanlı tahrik ve itki sistemleri geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Yüksek güçlü motorlarda, yanma ile ortaya çıkan karbondioksitin (metan karışımlı) yakalanarak yeniden yakıt olarak kullanılabilecek hale getirmeye yönelik sistemlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 4.

Havayolu ulaşımına alternatif olabilecek Hyperloop, Maglev vb. ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi ve ulaşıma entegrasyonu sağlanacaktır.

Eylemler

1. Uzun mesafelerde daha kısa sürede ulaşım imkanı sağlayan verimli, ekonomik, emniyetli ve çevreci maglev teknolojilerinin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Maglev sistemlerinde kullanılmak üzere oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda kullanılabilecek süper iletken malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Hyperloop teknolojilerinin ve Hyperloop sistemlerinde kullanılmak üzere alt sistemlerin (Vakumlu ortamlar için soğutma sistemleri, vb.) geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

4. Ses üstü hızlarda çalışmak üzere aerodinamik tasarım ve uygun malzemelerin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 5.

Açık veri, yapay zeka ve ileri dijital teknolojileri kullanan entegre, verimli, güvenli, çevreye duyarlı akıllı ulaşım sistemleri geliştirilecektir.

Eylemler

1. Ulaşımda dijital dönüşümün hayata geçirilmesine yönelik veri kıymetlendirme odağında uygulamalı araştırmalar yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Ulaşım sistemlerinde açık veri uygulamasını destekleyecek teknolojilerin ve destekleyici uygulamaların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Fiziksel internet ile ulaşımda verimliliğin artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Mikro ve mini mobilite teknolojileri ile modlar arası entegrasyonun iyileştirilmesine yönelik araştırmaların yapılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Yenilikçi haberleşme sistemleri ve karar destek sistemleri içeren verimli, güvenli, akıllı yeşil limanların ve havalimanlarının geliştirilmesi ve ulaşım ağına entegre edilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

6. Bağlantılı ve otonom trenler için çok türlü (multimodal) hareketliliğe entegre yenilikçi haberleşme teknolojileri içeren, verimli, emniyetli, akıllı demiryolu trafik sistemi geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

Teknoloji Tabanlı Politika İfadesi 6.

Yenilikçi algılama sistemleri, haberleşme sistemleri, yüksek işlem kapasiteli elektronik donanımlar içeren bağlantılı, kooperatif, tam otonom (sürücüsüz) mobilite sistemleri ile ulaştırma ağının dönüşümü sağlanacaktır.

Eylemler

1. Araç üstünde kullanılabilecek yenilikçi sensörlerin geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

2. Mobilite uygulamalarında X2X sistemleri ve yenilikçi haberleşme teknolojileri (6G vb.) kullanılarak verimliliğin artırılması

Vade: Kısa/Orta (2035)

3. Mobilite uygulamalarına yönelik yüksek işlem kapasiteli elektronik donanımların geliştirilmesi

Vade: Kısa/Orta (2035)

4. Bağlantılı, otonom ve paylaşımlı ulaşım araçları, akıllı yol sistemleri, araç haberleşme sistemleri gibi akıllı ulaşım sistemlerinin kurgulanacağı, uygulanacağı ve test edilebileceği merkezlerin kurulması

Vade: Kısa/Orta (2035)

5. Tüm ulaşım modlarında bağlantılı, kooperatif, tam otonom, net sıfır emisyonlu mobilite çözümlerinin geliştirilmesi

Vade: Uzun (2053)

5. ŞURA KARARLARI

Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım

Şura Kararı 1. Yeni nesil akıllı, entegre ve yüksek hızlı şarj teknolojileri (dinamik şarj, entegre şarj altyapısı vb.) geliştirilecektir.

Şura Kararı 2. Enerji yoğunluğu yüksek batarya hücre teknolojileri (Katı Hal, Li-Metal, Li-Sülfür, Li-Hava, Lityum sonrası bataryalar vb.), yüksek verimli batarya üretim süreçleri ve verimli batarya yönetim sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 3. Batarya teknolojisi ile elektrifikasyonu gerçekleşemeyen ulaşım araçlarına yönelik çevreci tahrik ve itki sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 4. Havayolu ulaşımına alternatif olabilecek Hyperloop, Maglev vb. ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi ve ulaşıma entegrasyonu sağlanacaktır.

Şura Kararı 5. Açık veri, yapay zeka ve ileri dijital teknolojileri kullanan entegre, verimli, güvenli, çevreye duyarlı akıllı ulaşım sistemleri geliştirilecektir.

Şura Kararı 6. Yenilikçi algılama sistemleri, haberleşme sistemleri, yüksek işlem kapasiteli elektronik donanımlar içeren bağlantılı, kooperatif, tam otonom (sürücüsüz) mobilite sistemleri ile ulaştırma ağının dönüşümü sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

Trade Map: https://www.trademap.org/Index.aspx Ocak 2022 tarihinde erişildi

Car-Free Livability Program in Oslo: https://pedestrianspace.org/car-free-livability-program-in-oslo/ Ocak 2022 tarihinde erişildi

Deloitte: https://www2.deloitte.com/tr/tr/pages/consumer-business/topics/transportation-hospitality-services.html?icid=top_transportation-hospitality-services Ocak 2022 tarihinde erişildi

Alberto Moro, L. L. (2018). Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 5-14.

B. Dalla Chiara, M. P. (2016). Sustainable road transport from the energy and modern society points of

view: Perspectives for the automotive industry and production. Journal of Cleaner Production, 1283-1301.

Brandon Graver, P. K. (2018). CO_2 emissions from commercial. International Council on Clean Transport.

DHMİ. (2020). 2020 Havayolu Sektör Raporu. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü.

European Comission. Sustainable&Smart Mobility Strategy.

IATA. (2022). https://www.iata.org/ Ocak 2022 tarihinde erişildi

IEA. (2021). Global Eneryg Review . ıea.org: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2021 Ocak 2022 tarihinde erişildi

International Energy Agency . (2022, Ocak). Transport sector CO_2 emissions by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2030. ıea.org: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/transport-sector-CO_2-emissions-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2030 Ocak 2022 tarihinde erişildi

International Energy Agency. (2020). Tracking Electric Vehicles Global EV Otlook.

Ministry of Trade Industry and Energy. (2021, Mart). https://english.motie.go.kr/en/pc/pressreleases/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=844&bbs_cd_n=2&currentPage=%201&search_key_n=&search_val_v=&cate_n= Ocak 2022 tarihinde erişildi

NACTO. (2019). Cities Taking the Lead https://nacto.org/2022/03/07/nacto-in-2021-cities-taking-the-lead/ Ocak 2022 tarihinde erişildi

ODD. (2022). Otomotiv Distribütörleri Derneği: https://www.odd.org.tr/folders/2837/categorial1docs/3124/ODD%20Bas%C4%B1n%20Bulteni%202%20Mart%202022.pdf Ocak 2022 tarihinde erişildi

Regjeringen.no. Meld. St. 20 (2020-2021). Regjeringen.no: https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-20-20202021/id2839503/ Ocak 2022 de erişidi

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü. (2019). Faliyet Raporu 2019.

TC STB. (2020, Kasım). TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Mobilite Araç ve Teknolojileri Strateji Yol Haritası. Mobilite Sektör Yol Haritası.

TC Ticaret Bakanlığı. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı .

The White House. (2021, Ağustos). whitehouse.gov: https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/05/fact-sheet-president-biden-announces-steps-to-drive-american-leadership-forward-on-clean-cars-and-trucks/ Ocak 2022 tarihinde erişildi

TÜBİTAK. (2022, Şubat). 1501- Tübitak Sanayi AR-GE Projeleri Destekleme.

TÜİK. (2021). Türkiye Emisyon Envanteri. Türkiye İstatistik Kurumu.

Tüik. (2022, Ocak). Motorlu Kara Taşıtları : https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ocak-2022-45704 Ocak 2022 tarihinde erişildi

EK: Komisyon Üyeleri

ADI	ÜNVANI	KURUMU	GÖREV
Mehmet Ali ÇİMEN	Dr. /Enstitü Müdürü	TÜBİTAK RUTE	Çalışma Grubu Moderatörü
Abdülehad ÖZDEMİR	Başuzman Araştırmacı	TÜBİTAK RUTE	Çalışma Grubu Raportörü
Başak Avcı KAYA	Strateji Geliştirme Lideri	TOGG	Temsilci Üye
Burak Kağnıcıoğlu	Ür-Ge Direktörü	Zy Elektrikli Traktör	Temsilci Üye
Bülent ÇATAY	Prof. Dr.	Sabancı Üniversitesi	Temsilci Üye
Cengiz SÜNGÜ	Daire Başkanı	TCDD - Strateji Geliştime Dairesi	Temsilci Üye
Ece SÜRÜCÜ	Sürdürülebilirlik Lideri	TOGG	Temsilci Üye
Esma DİLEK	Genel Müdür Yardımcısı / Başkan	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı - Haberleşme Genel Müdürlüğü / AUSDER	Temsilci Üye
Halil KARA	Ulaştırma Mühendisi	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı - Strateji Geliştirme Başkanlığı	Temsilci Üye
Hatice Funda YERCAN	Prof. Dr.	Piri Reis Üniversitesi	Temsilci Üye
İlhan AYDIN	Doç. Dr.	Fırat Üniversitesi	Temsilci Üye
Kerem ODABAŞI	Genel Müdür	KODECO	Temsilci Üye
Mehmet Gürcan KARAKAŞ	Genel Müdür	TOGG	Temsilci Üye
MUSTAFA İNCİ	GENEL MÜDÜR	VOLTA MOTOR	Temsilci Üye
Selami YAZICI	Daire Başkanı	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı - Akıllı Ulaşım Sistemleri Daire Başkanlığı	Temsilci Üye
Mehmet İmran AKSU	Bilimsel Programlar Uzmanı	TÜBİTAK Bilim Teknoloji Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı	Çalışma Grubu Sorumlusu

YEŞİL FİNANSMAN VE KARBON FİYATLAMA KOMİSYONU FİNAL RAPORU

Yeşil Finansman Alt Komisyonu

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği (European Union)
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
AİKB	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD)
AYM	Avrupa Yeşil Mutabakatı
BCBS	Basel Bankacılık Denetim Komitesi (Basel Committee for Banking Supervision)
BDDK	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
BM	Birleşmiş Milletler (United Nations)
BM SKA	Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
COP	Taraflar Konferansı (Conference of the Parties)
ÇSY (ESG)	Çevresel, Sosyal ve Yönetişimsel (Environment, Social and Governance)
ÇŞİDB	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
FSB	Finansal İstikrar Kurulu (Financial Stability Board)
GSS	Yeşil, Sosyal ve Sürdürülebilirlik (Green,Social and Sustainability)
ICMA	Uluslararası Sermaye Piyasası Birliği (International Capital Market Association)
IFC	Uluslararası Finans Kurumu (International Finance Corporation)
IFRS	Uluslararası Finansal Raporlama Standartları (International Financial Reporting Standards)
IISD	Uluslararası Sürdürülebilir Kalkınma Enstitüsü
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
ISSB	Uluslararası Sürdürülebilirlik Standartları Kurulu (International Sustainability Standards Board)
KPI	Temel Performans Göstergeleri (Key Performance Indicators)
NGFS	Finansal Sistemin Yeşillendirilmesi Ağı (Network for Greening Financial System)
SFDR	Sürdürülebilir Finansal Beyanlar Düzenlemesi (Sustainable Finance Disclosure Regulation)
SLB	Sürdürülebilirliğe Bağlı Tahviller (Sustainability-linked bonds)
SPT	Sürdürülebilirlik Performans Hedefleri (Sustainability Performance Targets)
S&S	Sosyal ve Sürdürülebilirlik (Social and sustainability)
TBB	Türkiye Bankalar Birliği
TCFD	İklimle Bağlantılı Finansal Açıklamalar Görev Gücü (Task Force on Climate-Related Financial Disclosures)
TCFR	İklimle Bağlantılı Finansal Riskler Görev Gücü (Task Force on Climate-Related Financial Risks)
TCMB	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
TSMF	Tasarruf Mevduatı Sigorta Fonu
UNEP FI	BM Çevre Programı Finans Girişimi (United Nations Environment Programme Finance Initiative)
WEF	Dünya Ekonomik Forumu (World Economic Forum)
WWF	Doğal Hayatı Koruma Vakfı (Worldwide Life Fund)

YÖNETİCİ ÖZETİ

Dünya Ekonomik Forumu (WEF) Küresel Riskler 2022 Raporu, gelecek 10 yıl içinde gerçekleşme olasılığı en yüksek riskleri, iklim krizi için atılması gereken adımların atılamaması, aşırı hava olayları, biyoçeşitlik kaybı krizleri olarak sıralamaktadır. Bulaşıcı hastalıklar, insanın çevreye verdiği zararlar, geçim sıkıntısı ve borç krizleri de olasılığı en yüksek riskler arasında yer almaktadır. Bu çerçevede iklim krizinde işbirliğinin güçlendirilmesi, sağlık, eğitim ve finans sektörlerinin güçlendirilmesi ve yeşil ekonomiye geçişin geciktirilmemesi gerekmektedir.

Çevresel, sosyal ve yönetişimsel (ÇSY) kıstaslarını, iş ve yatırım kararlarına dahil eden ürün veya hizmetler olarak tanımlanan sürdürülebilir finans, geleneksel finansmandan farklı olarak kalkınmanın çevresel ve sosyal yönlerine öncelik vermektedir. Çevresel ve sosyal konuların, yatırım değerlendirme kıstaslarının vazgeçilmez bir unsuru olduğu günümüzde, sürdürülebilir finans, ekonomik kalkınmayı desteklerken aynı zamanda çevreyi korumayı ve insani gelişimi sağlamayı hedefleyen yapısıyla kurumlar için daha da önem kazanmaktadır. Bu çerçevede, Paris Anlaşması ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (BM SKA) kapsamında belirtilen öncelikleri karşılamak; iklim dirençli bir toplum ve ekonomi inşa etmek için ihtiyaç duyulan kamu ve özel sektör yatırımları için sürdürülebilir finans çözümlerine acil ihtiyaç duyulmaktadır.

Sürdürülebilir finansmanın bir alt kategorisi olan “yeşil finansman”, doğa dostu, çevreye zarar vermeyen ürünlerin kullanılması, çevreye ve sürdürülebilirliğe olumlu katkı sağlayacak yeşil proje ve yatırımların finansal kuruluşlar, sermaye piyasaları, fonlar vb kuruluşlar tarafından finanse edilmesidir. Düşük faiz oranları, düşük banka masrafları vb. uygulamalar ile müşterilerin “yeşil” finansal ürünler kullanmaları teşvik

edilmektedir. Küresel ölçekte sürdürülebilir kalkınmanın en önemli unsurlarından biri olarak değerlendirilen yeşil finansman, Türkiye'nin "Yeşil Mutabakat Eylem Planı"nın ve "2053 Net Sıfır Hedefi"nin hayata geçirilmesinde kritik bir öneme sahiptir.

Mevcut makroekonomik düzende, Türk Bankacılık sistemi ve genel olarak ulusal finans piyasasının derinlik ve deneyim eksikliğinin, söz konusu finansman ihtiyacının sağlaması ve yönlendirilmesinde en önemli risk olarak değerlendirilmektedir. Finansal istikrarı tehdit edebilecek çevresel ve sosyal riskleri en aza indirmek ve düşük karbon ekonomisine geçisin finansmanında finans sektörü için yönlendirici, kolaylaştırıcı, teşvik edici, güvenilir ve eğitici bir sistem oluşturulması Komisyonun en önemli çalışma alanını oluşturmaktadır.

İklim Şurası için kurulan Yeşil Finansman ve Karbon Fiyatlama Komisyonu kapsamında çalışan Yeşil Finansman Alt Komisyonu, Türkiye'de kullanılan ulusal ve uluslararası yeşil finansman kaynaklarını ve öne çıkan finansman araçlarını, yeşil finansmanın gelişimine dair sorun alanlarını, yeşil finansman kaynaklarının ve araçlarının çeşitlendirilmesini, ulusal bir taksonominin oluşturulmasını değerlendirecektir. Komisyon, Türkiye'nin Avrupa yeşil finans sistemine entegrasyonu, Türk bankacılık, sermaye piyasaları ve sigortacılık sektörünün ve sanayi kuruluşlarının Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) düzenlemelerinin gerektirdiği dönüşümleri gerçekleştirebilmeleri için ihtiyaç duyulan finansmanın sosyal ve çevresel fayda sağlayarak temin edilmesine yönelik girişimler, projeler ve sürdürülebilir finans ekosistemi konularında görüş üretecektir.

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden bu yana gerçekleşen karbon dioksit (CO2) ve diğer sera gazı emisyonlarının atmosferde yoğunlaşması sonucunda gezegenimizin yüzey ısısının ortalama 0.8 ila 1.20C derece arasında artış göstermiş olduğu tahmin edilmektedir. Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF) tarafından yapılan araştırmalarda gezegenimizin yüzey ısısının yüzyıl sonuna kadar en fazla 20C derece artış göstermesinin kabul edilebilir olduğu ve önlem alınmaz ise gezegenimizin iklim düzeninin kalıcı olarak değişime uğrayacağı "bilimsel olarak kanıtlanmış" durumdadır . Daha açık olarak Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri Antonio Guterres tarafından "kırmızı alarm" olarak değerlendirilen IPCC'nin "İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli (Climate Change 2021: Physical Science Basis) Raporu " insanlığın uluslararası kabul gören 1.50 C derecelik geri dönülmez eşik noktasına tehlikeli bir yakınlıkta olduğunun, ısınmanın engellenmesinde mevcut çabaların yetersiz kaldığının altını çizmektedir. IPCC'nin 28 Şubat 2022'de açıkladığı "İklim Değişikliği 2022: Etkiler, Uyum ve Kırılganlık (Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability) Raporu " iklim, biyoçeşitlilik ve insanların birbirine olan bağımlılığını ortaya koyarak; iklim değişikliğine yönelik küresel eylemde daha fazla gecikmenin, yaşanabilir bir geleceği güvence altına almayı imkansız hale getireceğini vurgulamaktadır. Daha açık bir ifadeyle, bugün artık iklim krizi olarak tanımlanan olgunun iklim değişikliği aşamasını geçmiş ve yerküremizde gerçek bir yaşam tehdidine dönüşmüş durumda olduğu belirtilmektedir. Bilim insanları, mevcut tehdidin sadece deniz seviyesinin yükselmesi, COVID-19 benzeri yepyeni bakterilerin ve mikropların üremesi, ısı stresine bağlı işgücü kayıpları, gıda ve su güvenliği riskinin yaratacağı iklim göçü gibi toplumsal sorunların ötesinde; dünyamızda yaşamın top yekûn sona erebileceğini işaret etmektedir .

2021 yılı boyunca iklim krizinin etkileri giderek daha şiddetli bir şekilde hissedilmiştir. Dünyanın pek çok noktası iklim krizinden kaynaklı sıcak hava dalgalarına maruz kalırken Avrupa'da sel felaketleri yaşanmış; ABD'de, Sibirya'da ve Türkiye'nin de dahil olduğu Akdeniz bölgesinde yoğun orman yangınları çıkmıştır. Türkiye'de 2008 ile 2020 yılları arasında her yıl ortalama 20 bin 760 hektarlık ormanlık alan yanarken, bu sayı 2021 yılında Ocak-Ağustos ayları arasında yüzde 755 artarak 177 bin 476 hektara ulaşmıştır. Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre sadece 28 Temmuz-12 Ağustos 2021 tarihleri arasındaki 16 günlük sürede 299 adet orman yangını çıkmıştır .

Küresel ısınmanın kontrolsüz bir şekilde devamının, gezegendeki tüm canlılarının yaşamı için bir tehdit oluşturduğuna ve büyük ekonomik kayıplara neden olacağına dikkat çekilmektedir. Birleşmiş Milletler Afet Riski Azaltma Ofisi'nin (UNISDR) yayınladığı raporda son 20 yılda yaşanan doğal afetlerdeki dramatik artışa dikkat çekilmektedir. Raporda, 2000-2019 yılları arasında gerçekleşen 7 bin 348 doğal afetin 1.23 milyon kişinin yaşamına mal olduğu, 4.2 milyar insanı etkilediği ve yaklaşık 2.97 trilyon ABD doları küresel ekonomik kaybın olduğu kaydedilmiştir. Doğal afetlerden en çok etkilenen bölgenin Asya kıtası olduğu belirtilen raporda, sıcak hava dalgalarının ve kuraklığın gelecek 10 yılda insanlık için büyük bir tehdit oluşturacağı uyarısında bulunulmaktadır. Birleşmiş Milletler'in, hava, iklim ve su konularındaki yetkili organı Dünya Meteoroloji Teşkilatı'nın 31 Ağustos 2021'de açıkladığı rapora göre, 1970-2019 zaman diliminde dünya çapında hava ve iklim bağlantılı felaketlerde beş kat artış; afetler sebebiyle oluşan zararlarda ise yedi kat artış kaydedilmiştir. Raporda hava, iklim ve su bağlantılı afetlerde hayatını kaybeden insanların %91'den fazlasının gelişmekte olan ülkelerde yaşadığına dikkat çekilmekte; can kaybına en çok neden olan hava muhalefetinin de yaklaşık 650 bin ölüm ile kuraklıklar sonucu meydana geldiğini vurgulanmaktadır . Dünyanın en büyük sigorta reasürans şirketlerinden MunichRE, 2018 yılında meydana gelen iklim krizi kaynaklı doğa olaylarının neden olduğu küresel ekonomik zararın en az 280 milyar ABD dolar olduğunu belirtmektedir .

Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında üst üste yayımlanan Küresel Risk Raporları'na göre, etki ve olasılık bakımından dünyanın karşı karşıya kaldığı ilk on risk arasında; iklim değişikliğinin yol açtığı aşırı hava olayları, iklim değişikliği ile mücadelenin başarısızlığa uğraması, iklim değişikliğine yönelik eyleme geçilmemesi, iklim değişikliğine bağlı afetlere uyum çabaları konusunda başarısızlık ve kaynak sıkıntıları, biyoçeşitlilik kaybı ve insan eliyle yaratılan çevre felaketleri bulunmaktadır.

---

https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/, https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_climate__nature_and_our_1_5c_future_report.pdf, 02.11.2021'de erişim sağlanmıştır.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf , 02.11.2021'de erişim sağlanmıştır.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf, 21.03.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://nymag.com/intelligencer/2017/07/climate-change-earth-too-hot-for-humans.html, 02.11.2021'de erişim sağlanmıştır.

https://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/bilim-ve-dusun/978-605-2249-79-6.pdf, 04.02.2022'de erişim sağlanmıştır

Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019), 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.reinsurancene.ws/munich-re-calls-for-urgency-as-re-insured-nat-cat-losses-hit-120bn-in-2021/ , 21.03.2022'de erişim sağlanmıştır.

Küresel Risk 2022 Raporu, iklim için eyleme geçme başarısızlığına, aşırı hava koşullarına, biyoçeşitliliğin kaybına, sosyal uyumun aşınmasına, yaşam için gerekli koşulları elde etmeye yönelik krizlere, bulaşıcı hastalıklara, insanların çevreye verdiği zararlara, doğal kaynak krizlerine, borç krizlerine, jeo-ekonomik zorluklardan kaynaklanacak risklere dikkat çekerken, iklim krizinde işbirliği yapılması, sağlık, eğitim ve finans sektörlerinin güçlendirilmesi ve yeşil ekonomiye geçişin geciktirilmemesi gerektiğine işaret etmektedir . Dünya Enerji Görünümü 2021 Raporu, gelişmekte olan ekonomilerde temiz enerjiye geçişi sağlamak ve karbon emisyonunu azaltmak için en önemli ihtiyacın finansman alanında olduğunu tespit etmektedir .

Şekil 1. *Gelecek On Yılda Küresel Düzeyde En Önemli Riskler*

Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu Küresel Risk Algısı Araştırması 2021-2022

Paris İklim Anlaşması taahhütleri ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın getirmekte olduğu yeni düzenlemeler, üretim süreçlerinin karbondan arındırıldığı yeni bir ekonomi modeline geçişi ve üretimin karbonsuz gerçekleştiğine dair faaliyetlerin denetimini, onaylanmasını, raporlanmasını, vergilendirilmesini ve finansmanını gerektirmektedir. Ekonominin yeşil dönüşümünün gerçekleşmesinde finansman en önemli unsurlardan

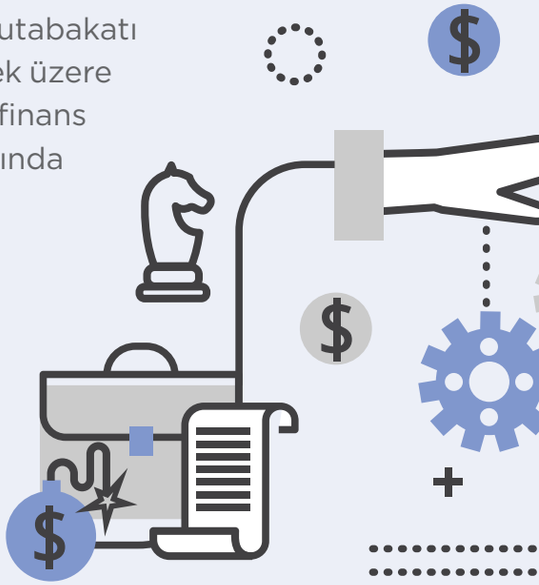
https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf, 14.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021/executive-summary, 03.01.2021'de erişim sağlanmıştır.
https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf, , 14.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

biri olarak kabul edilmektedir. İklim krizi ile mücadele için gerekli kaynağı sağlamak üzere yeşil finansal araçlara yönelik hacim ve çeşitliliğin artırılması suretiyle finansal piyasaların geliştirilmesi gerekmektedir. Reel sektörün yeşil dönüşümünde de finansal sektörün, uluslararası finans kurumlarının, kalkınma finansmanı şirketlerinin, merkez bankalarının ve bankaların dönüştürücü gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Yeşil dönüşümde borçlanma araçlarının ve kredilerin yanı sıra girişim sermayedarları (Venture Capitalists -VC), özel sermaye şirketleri (Private Equity-PE) ve melek yatırımcılar aracılığı ile girişimler ve projelere sermaye yatırımları (ortaklık) da gündeme gelmektedir. Dolayısıyla yeşil finans, bankacılık ve sigortacılık faaliyetleri iklim krizi ile mücadelede kritik bir öneme sahiptir .

1.1. Yeşil Finans Komisyonunun Hedef Ve Amaçları

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın koordinasyonunda düzenlenen İklim Şurası, Türkiye'nin yeşil kalkınma politikası ve 11. Kalkınma Planı'nda da yer alan Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın gerçekleştirilmesi doğrultusunda iklim kanunu taslağı ve diğer mevzuat için politika önerilerinin geliştirilmesini hedeflemiştir. Bu çerçevede, sektörlerin, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğine uyum bağlamındaki sektörlerin stratejik hedeflerinin ve kurumların öncelikli eylemlerinin belirlenmesi öngörülmüştür. İklim Şurası'nın temel çıktıları, "Türkiye'nin 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi", "Ulusal Katkı Beyanı (NDC)" ve "Uzun Dönemli İklim Değişikliği Stratejisi ve Eylem Planı" hazırlığına yönelik görüşlerin temin edilmesi ve Şura Sonuç Bildirgesi'nin hazırlanması olarak planlanmıştır.

Yeşil Finansman Alt Komisyonu, Türkiye'de kullanılan ulusal ve uluslararası yeşil finansman kaynaklarını ve öne çıkan finansman araçlarını, yeşil finansmanın gelişmesine dair sorun alanlarını, yeşil finansman kaynaklarının ve araçlarının çeşitlendirilmesini, finansman kaynaklarına erişim için gerekli uluslararası geçerliliği olan bağımsız raporlama, ölçümleme, doğrulama (assurance) ve kontrol kapasitesinin geliştirilmesini, ulusal bir taksonominin oluşturulmasını, karbon fiyatlama mekanizmalarından elde edilecek gelirlerin muhtemel kullanım alanlarını değerlendirmiştir. Komisyon Türkiye'nin yeşil finans sistemine entegrasyonu ve Türk bankacılık ve sigortacılık sektörünün ve sanayi kuruluşlarının Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) düzenlemelerinin gerektirdiği dönüşümleri gerçekleştirmek üzere ihtiyaç duyulan finansmanın teminine yönelik sürdürülebilir finans ekosisteminin, mevzuat ve araçlarının oluşturulması konularında görüş ve politika önerileri üretmeyi hedeflemiştir.



file:///C:/Users/user/Downloads/BDDK%20S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir%20Bankac%C4%B1l%C4%B1k%20Stratejik%20Plan%C4%B1_BaharOzay%20(1).pdf, 04.01.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.

Yeşil Finansman Komisyonu'nda alınacak kararların, BM SKAlar kapsamında gıda ve su güvenliği riski (SKA 1-3), enerji (SKA 7), göç, eşitliksizlik ve işsizlik (SKA 5, 8, 10) ve işbirliği (SKA 17) amaçlarının gerçekleştrmesine katkı sunacağı düşünülmektedir.

1.2. Yeşil Finans Komisyonunun Kapsamı

Şura için kurulan Yeşil Finansman ve Karbon Fiyatlama Komisyonu altında çalışan "Yeşil Finansman Komisyonu", kamu ve özel sektör bankaları, uluslararası finans kuruluşları, üniversite, sivil toplum ve iş örgütlerinin temsilcilerinden oluşmuştur.

Komisyonun çalışma tasarımı uyarınca temel olarak:

- Ülkemizde kullanılan ulusal ve uluslararası yeşil finansman kaynakları ve öne çıkan finansman araçları
- Yeşil finansmanın gelişmesine dair sorun alanları
- Yeşil finansman kaynakları ve araçlarının çeşitlendirilmesi
- Ulusal bir yeşil taksonominin oluşturulması konularına değinilmiştir.

1.3. Yasal Dayanak

5 Eylül 2012 tarih ve 28402 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Çevre ve Şehircilik Şurası ile Çalışma Gruplarının Oluşumu ve Çalışma Usul ve Esaslarına İlişkin Yönetmelik doğrultusunda, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın kısa, orta ve uzun dönem iklim değişikliği ve ile ilgili stratejilerinin belirlenmesine katkı sağlamak amacıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından İklim Şurası düzenlenmiştir.

29/10/2021 tarihli ve 31643 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 85 sayılı "Bazı Cumhurbaşkanlığı Kararnamelerinde Değişiklik Yapılması Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi" (Resmi Gazete 29/10/2021-31463) ile "İklim değişikliğiyle mücadele ve yeşil kalkınma için gerekli ulusal ve uluslararası finansman kaynaklarını araştırmak, ilgili paydaşların yararlanması ve kapasite geliştirilmesi doğrultusunda çalışmalar yapmak, teşvik mekanizmaları ve hibe programları geliştirmek, uygulamak ve izlemek" hedeflerinin sorumluluğu İklim Değişikliği Başkanlığı'na verilmiştir . Ayrıca, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığınca hazırlanan 11. Kalkınma Planı (2019-2023) Madde 714

"Uluslararası iklim değişikliği müzakereleri ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler ilkeleri ile Niyet Edilmiş Ulusal Katkı çerçevesinde sürdürülecek, ulusal koşullar ölçüsünde sera gazı emisyonuna neden olan sektörlerde iklim değişikliğiyle mücadele edilecek ve iklim değişikliğine uyuma yönelik kapasite artırımı sağlanarak ekonominin ve toplumun iklim risklerine dayanıklılığı artırılacaktır."

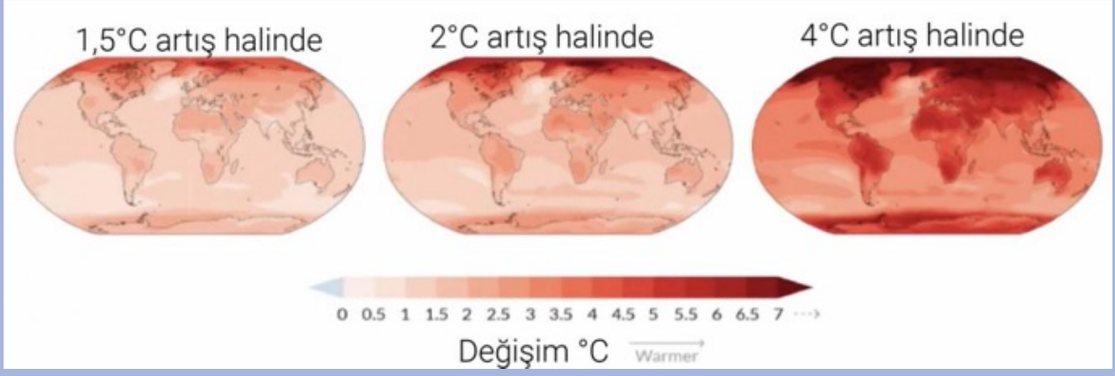
kapsamında Türkiye'de iklim değişikliği ile mücadele konusu ana başlık olarak ele alınmaktadır . Bu yasal dayanaklar kapsamında tesis edilen Şura Yeşil Finansman Alt Komisyonu, Türkiye'nin 2053 net sıfır karbon emisyon hedefi ve yeşil kalkınma politikası doğrultusunda finans alanında faaliyet gösteren paydaşların katılımıyla ve finansal bakış açısıyla sektörel stratejik hedeflerin belirlenmesini, iklim konusunda geliştirilecek mevzuata katkı sağlanmasını, farklı sektörlere yönelik temel politikaların belirlenmesini ve yol haritasının oluşturulması için veri ve bilgilerin, kamuoyu, sosyal paydaşlar ve karar alıcılar ile paylaşımını amaçlamıştır.

---

https://www.lexpera.com.tr/resmi-gazete/metin/RG801Y2021N31643S85/1/madde-39, Başkanlığın görevleri MADDE 792/D-1ı, 15.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

2. İKLİM KRİZİ İLE MÜCADELE ARACI OLARAK YEŞİL FİNANSMAN

Birleşmiş Milletler Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 6. Dönem Çalışma Grubu'nun 14 binden fazla çalışmayı inceleyerek hazırladığı ve 9 Ağustos 2021'de yayımladığı "İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli Rapor"u, önümüzdeki 20 yıl içinde, 1.5°C derecenin aşılacağının altını çizmektedir. İklim krizinin en büyük etmenlerinden biri olan küresel ısınmanın insan kaynaklı ve daha önce görülmemiş bir seviye olduğunu belirten rapor, sera gazı emisyonlarında derhal, hızlı ve büyük çaplı azaltımlar olmazsa, küresel ısınmanın 1,5°C, hatta 2°C ile sınırlamanın imkânsız olacağını bilimsel olarak ortaya koymaktadır. Rapordaki projeksiyonlar, önümüzdeki on yıllarda iklim değişikliğinin yerkürenin tüm bölgelerini etkileyeceğini, küresel ısınmada 1,5°C artışın, daha çok sayıda sıcak dalgası, daha uzun süren ılıman mevsimler ve daha kısa süren soğuk mevsimler anlamına geldiğini; 2°C'lik artışın ise, aşırı sıcaklık olaylarında daha büyük sıklıkla tarım ve sağlık bakımından kritik tolerans eşiklerine gelineceğini ifade etmektedir .



Şekil 2 *İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli Raporu Projeksiyonlar*

Kaynak: Birleşmiş Milletler Türkiye, 2021

https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf, 15.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/presscenter/articles/2021/08/climate-change-intensifying.html, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://turkey.un.org/tr/139350-hukumetlerarasi-iklim-degisikligi-paneli-kuresel-isinma-insan-kaynakli-ve-daha-once, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

Küresel ısınmanın 20C eşiğini aşması ve iklim değişikliği tehdidinin gerçekleşmesi durumunda, deniz düzeyinin yükseleceği ve gelişmekte olan ülkelerde nüfusun %14'ünün olumsuz etkileneceği; yeni tür bakterilerin üreyeceği ve salgın hastalıklara yol açacağı; tarımsal ürünlerde üretkenliğin düşeceği; gezegenimizin ekosisteminin ve biyolojik çeşitliğinin tahrip edilmesi sonucunda dünya gayrı safi gelirler toplamındaki kayıpların 25 trilyon dolara ulaşabileceği (dünya GSYH'sinin yüzde 30'u) belirtilmektedir

Çevre bilimciler söz konusu tehdidi önleyebilmek için yüzyılın sonuna değin gezegenimizin atmosferinde yoğunlaşmış olarak yer alan CO2 miktarının 450 ppm (parts per million: her bir milyon molekül içinde CO2 eşdeğer molekülü) düzeyinde tutulması gerektiğini vurgulamaktadır. Sanayi devrimi öncesinde, atmosferimizdeki CO2 yoğunluğunun 220 ppm düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 1 Küresel Karbon Bütçesi

	Kalan Karbon Bütçesi (2021 itibarıyla)	
Altında gerçekleşme ihtimali	1.5°C	2°C
%50	500 GtCO2	1.350 GtCO2
%66	400 GtCO2	1.150 GtCO2

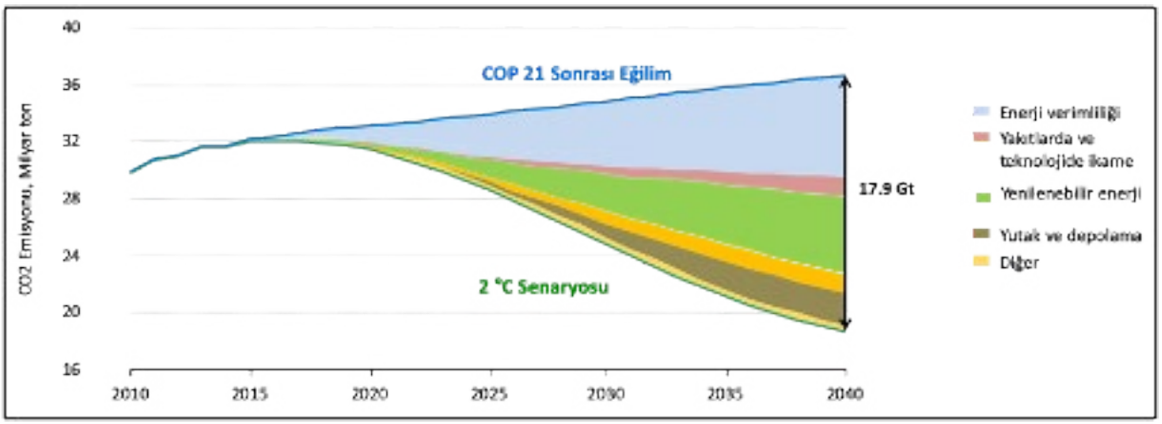
Kaynak: BM Çevre Programı (UNEP) Emisyon Açığı Raporu 2021

Bilim insanları sanayi devriminden bu yana küresel ısınmayı 1,5°C ile sınırlayabilmek için sera gazı emisyonlarını toplam 2,900 milyar ton düzeyinde tutmamız gerektiğini hesaplamaktadır. Bugüne değin bu "bütçenin" 2,340 milyar tonu (%80'i) "harcanmış" yani atmosfere salınmış durumdadır. Dolayısıyla, bundan sonra 1.5°C ile tutarlı küresel emisyon hacmi sadece 500 milyar ton düzeyindedir. Yıllık küresel emisyonların 50 milyar ton CO2 eşdeğeri sera gazı olduğu düşünüldüğünde, geri kalan karbon bütçesinin sadece 10 sene içinde tüketileceği hesaplanmaktadır. Özetlemek gerekirse bilimsel çalışmalar, sürdürülebilir bir yaşam için gezegenin ısınmasına

https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/presscenter/articles/2021/08/climate-change-intensifying.html, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
Yeldan, E. (2019), "2018 Nobel Ekonomi Ödülü: Geniş Perspektifli İktisat
Modelleri", Sarkac.org Yazılarından bir Seçki (Mart 2017-Ekim2018) Bilim Akademisi Yayınları, Sertifika No: 43898, https://sarkac.org/wp-content/uploads/2019/09/Sarkac-Secki-2017-2018-internet.pdf, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
The Heat Is On A world of climate promises not yet delivered, file:///C:/Users/user/Downloads/EGR21.pdf, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

neden olan küresel emisyonların azaltılması gerektiğine, bunun için de "yeşil ve döngüsel ekonomiye geçiş" olarak tanımlanan ekonomik dönüşümün on yıl içinde gerçekleştirilmesi gerektiğini işaret etmektedir.

Buna karşın, iklim değişikliği konusunda uluslararası düzeyde önemli bir adım olan 2015 Paris 21. Taraflar Konferansı'nın katılımcıları ülkelerin verdikleri taahhütlerin söz konusu hedeflerden çok uzakta kaldığını belirtmiştir. Örneğin, Uluslararası Enerji Ajansı Paris Anlaşmasının hemen ardından, 2017'de sunduğu projeksiyonlarda 2010'dan 2040'a kadar geçen süreçte dünyada toplam emisyonların 36 milyar tona ulaşacağını; +2 C0 sınırını aşmamak için toplam emisyonların 18 milyar tona değin düşürülmesi gerektiğini paylaşmıştır. Aradaki 18 milyar tonluk farkın düşürülmesi Paris sonrası iklim mücadelesinin en önemli sorunsalıdır.



Şekil 3 *Paris İklim Anlaşması (2015) Sonrası Dünya Karbon Bütçesi*

Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2017 Raporu

Sorun, bu karbon bütçesinin dünya ekonomisinde nasıl dağıtılacağı ve bu süreçte gerekli finansman mekanizmalarının ve gerekli sektörel düzenlemelerin nasıl uygulanacağı konusunda düğümlenmektedir. Bu sorunun yanıtlanmasında iklim değişikliği için finansal araçların harekete geçirilmesi ve uygulanması bu raporun ana gündemidir. Nitekim BBDK'nın, 2021 yılında yayımladığı 2022-2025 Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı, finans sektörünün bu niteliğini şu sözlerle vurgulamaktadır:

“Finansal sektör, iklim değişikliği ve düşük karbon ekonomisine geçiş süreçlerinde doğrudan ve dolaylı olarak karşı karşıya olduğu riskler ve fırsatların yanı sıra düşük karbon ekonomisine geçiş sürecinde finansör olarak oynadığı yönlendirici ve teşvik edici rol dolayısıyla son derece kritik bir konumda bulunmaktadır .”

İklim krizinin ülke ekonomileri için taşıdığı riskler ve tehditler, devletlerin maliye ve finans otoritelerinin, merkez bankalarının ve bankacılık ve sigortacılık sektörlerinde faaliyet gösteren kurumların ve varlık yöneticilerinin giderek daha önemsediği bir konu haline gelmiştir. Dünyanın en büyük 500 varlık yöneticisi şirketlerinin fonları 100 trilyon ABD dolarını aşmış; yöneticilerin %88’inin “sürdürülebilir yatırım odağı” artmıştır .

Merkez bankalarının ana sorumluluklarından olan fiyat istikrarını ve finansal istikrarı olumsuz etkileme potansiyeline sahip olan iklim krizine bağlı riskler, literatürde “fiziki risk” (physical risk) ve “geçiş riski” (transition risk) başlıkları altında incelenmektedir . TCFD bu risklere ilave olarak “yükümlülük riski”nin (liability risk) de değerlendirilmesini önermektedir. Literatürde iklim değişikliği risklerine karşı koyabilmek için emisyon ticaret sistemi, karbon vergisi ve karbon fiyatlandırması gibi eylem programları tartışılırken, diğer taraftan finans sistemini yeşillendirmenin (greening the financial system) yolları da önemli bir gündem maddesine dönüşmektedir.

Vurgulamak gerekir ki, iklim değişikliği risklerinden korunmak için yalnızca finansal sektörün sürdürülebilir ve yeşil yatırım finansmanında merkezi bir rol oynaması yeterli olmayacaktır. Bunun yanında çevreye zararlı faaliyetlerin finansmanına yönelik fon akışının da kısıtlanması ve durdurulması gerekmektedir. Bu risklerden korunmak için literatürde makro-ihtiyati ve mikro-ihtiyati programlar önerilmektedir. Bu noktada merkez bankaları ile finansal sistemi düzenleyici ve denetleyici otoritelere finansal ve makro-ekonomik istikrarı korumak açısından önemli görevler düşmektedir. Söz konusu kurumların, bu tür riskler ile mücadele etmesi için para politikası, makro-ihtiyati politikalar ve mikro-ihtiyati politika veya bankacılık sisteminin denetimi üç ana araç olarak gündeme gelmektedir.

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurulu (BDDK), 2022-2025 Sürdürülebilir Bankacılık DDK 2021 Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı, Aralık 2021, s.6

https://ekoiq.com/2020/12/22/global-yatirimlar-artik-surdurulebilirlik-ilkelerine-sahip-seffaf-sirketlere-yoneliyor/, 30.01.2022’de erişim sağlanmıştır.

Carney, M. (2015). Breaking the tragedy of the horizon–climate change and financial stability. Speech given at Lloyd’s of London

2.1 Finansal Sektör Ve Sürdürülebilirlik

Dünya genelinde, 1980'li yıllardan itibaren artan endüstriyel faaliyetler beraberinde doğal sermayenin tahribatını ve çevresel problemleri getirmiştir. Bunlara koşut olarak toplumsal farkındalığın artmasıyla birlikte yükselen tepkiler, endüstriyel faaliyetlere finansman sağlayan bankaların, geleneksel bankacılık anlayışından, sorumlu bankacılık anlayışına geçmelerine neden olmuştur.

Finans konusunda ilk sürdürülebilirlik yol haritası 1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda ortaya konulmuştur. Kalkınmada sürdürülebilirliği hedefleyen ve çevresel bozulmayı temel alan küresel bir çerçeve yapı belirlemek için BM Çevre Programı ve küresel finans sektörü işbirliğiyle Birleşmiş Milletler Çevre Programı Finans Girişimi (UNEP FI) kurulmuştur . İnsanlara ve gezegene hizmet eden bir finans sektörünün yaratılmasına yardımcı olmak ve sürdürülebilirliği finans uygulamalarına ve piyasalarına dahil etmek üzere kurulan UNEP FI bugün 450'den fazla banka, sigorta şirketi, yatırımcı ve 100'ün üzerinde destekleyici kurumla birlikte çalışmaktadır. UNEP FI, 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi ve Paris İklim Değişikliği Anlaşması'nın gereklerini yerine getirme potansiyeli taşıyan özel finansmanın yatırımlara yönlendirilmesini ve finansmanın sürdürülebilir olmasını sağlayan kriterleri düzenlemektedir. UNEP FI'nin tek başına veya finans kurumları ile birlikte geliştirdiği ve Türk finans sektörü tarafından da yakından takip edilen girişimler aşağıda yer almaktadır:

1. Sorumlu Bankacılık Prensipleri (Principles for Responsible Banking- PRB), 22 Eylül 2019'da, dünya çapında aktif büyüklükleri 47 trilyon ABD dolarını aşan varlığa bir başka deyişle küresel bankacılık sektörünün üçte birine sahip 130'dan fazla banka ile başlatılmıştır. Haziran 2021 itibarıyla yaklaşık 57 trilyon doları temsil eden 69 ülkeden 223 bankanın imzalamış olduğu Sorumlu

UN Environment Programme, https://www.unep.org/, 13.02.2022'de erişim sağlanmıştır
United Nations Environment Programme Finance Initiative, https://www.unepfi.org/i 13.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.unepfi.org/about/, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.dunya.com/yapi-kredi-ile-e-ticaret/yesil-ekonomiye-geciste-bankalar-cok-onemli-bir-itici-guc-haberi-625831, 13.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

Bankacılık Prensipleri girişimi, bankacılık sektörünü, ülkelerin BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Paris İklim Anlaşması hedeflerini gerçekleştirmelerinde öncü bir rol oynaması için dönüştürmeyi amaçlamaktadır . Birleşmiş Milletler Sorumlu Bankacılık Prensiplerini uygulamayı taahhüt eden bankalar arasında Türkiye'den de Akbank, Garanti BBVA, ING Türkiye,

İş Bankası, Şekerbank, Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, Yapı Kredi ve Türkiye Kalkınma ve Yatırım Bankası yer almaktadır .

2. 2012 yılında UNEP FI tarafından oluşturulan Sürdürülebilir Sigortacılık Prensipleri (Principles for Sustainable Insurance- PSI) bugün dünya sigortacılık sisteminin dörtte biri (dünya priminin %25'i) tarafından uygulanmaktadır. Sürdürülebilir Sigortacılık Prensiplerini uygulamayı taahhüt eden sigorta şirketleri arasında Türkiye'den Anadolu Hayat Emeklilik yer almaktadır .

3. UNEP FI ve BM Küresel İlkeler Sözleşmesi (UN Global Compact) tarafından 2006 yılında oluşturulan Sorumlu Yatırım İlkeleri (Principles for Responsible Investment- PRI), bugün dünyadaki kurumsal yatırımcıların yarısı tarafından uygulanmaktadır . Uzun vadeli değer yaratmak için ekonomik açıdan verimli ve sürdürülebilir küresel bir finans sisteminin gerekli olduğuna inanan PRI imzacıları çevresel, sosyal ve yönetişim konularını, yatırım analizi, karar verme ve mülkiyet politikaları ile ilgili süreçlere ve uygulamalara dahil etmeyi taahhüt etmektedir .

UNEP FI ayrıca 2012 yılında UNCTAD, UN Global Compact ve PRI ile başlatılan ve bugün tüm halka açık sermaye piyasalarını oluşturan 90 borsayı içeren Sürdürülebilir Borsalar Girişimi'ni (Sustainable Stock Exchanges Initiative - SSEI) desteklemektedir. SSE girişimi, borsaların, yatırımcılar, şirketler ve düzenleyiciler ile işbirliği içinde, çevresel, sosyal ve yönetişimsel konularda performansı geliştirmek ve sürdürülebilir yatırımı teşvik

---

https://surdurulebilirlik.garantibbva.com.tr/surdurulebilirlik-blog/turk-finans-sektorunun-alti-bankasi-surdurulebilir-gelecek-icin-oncu-oldu/ ; https://www.dunya.com/ekonomi/surdurulebilir-finansman-bildirgesi-guncellendi-haberi-640393, 13.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.unepfi.org/country/turkey/, 13.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.unepfi.org/about/, 13.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

PRI, Sorumlu Yatırım İlkeleri, https://www.unpri.org/download?ac=10966, 13.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

Gülay, G. (2022), "Borsa İstanbul'un Yeşil Dönüşümde Rolü", 13.01.2022 tarihli TİM Yeşil Finansman Toplantısı Sunumu

a.g.e, https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/borsa-istanbul-surdurulebilir-borsalar-girisimi-turev-borsalari-agina-kurucu-uye-oldu/2402945, 14.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

Dow Jones Sustainability World Index, https://www.spglobal.com/spdji/en/indices/esg/dow-jones-sustainability-world-index/#overview, 13.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

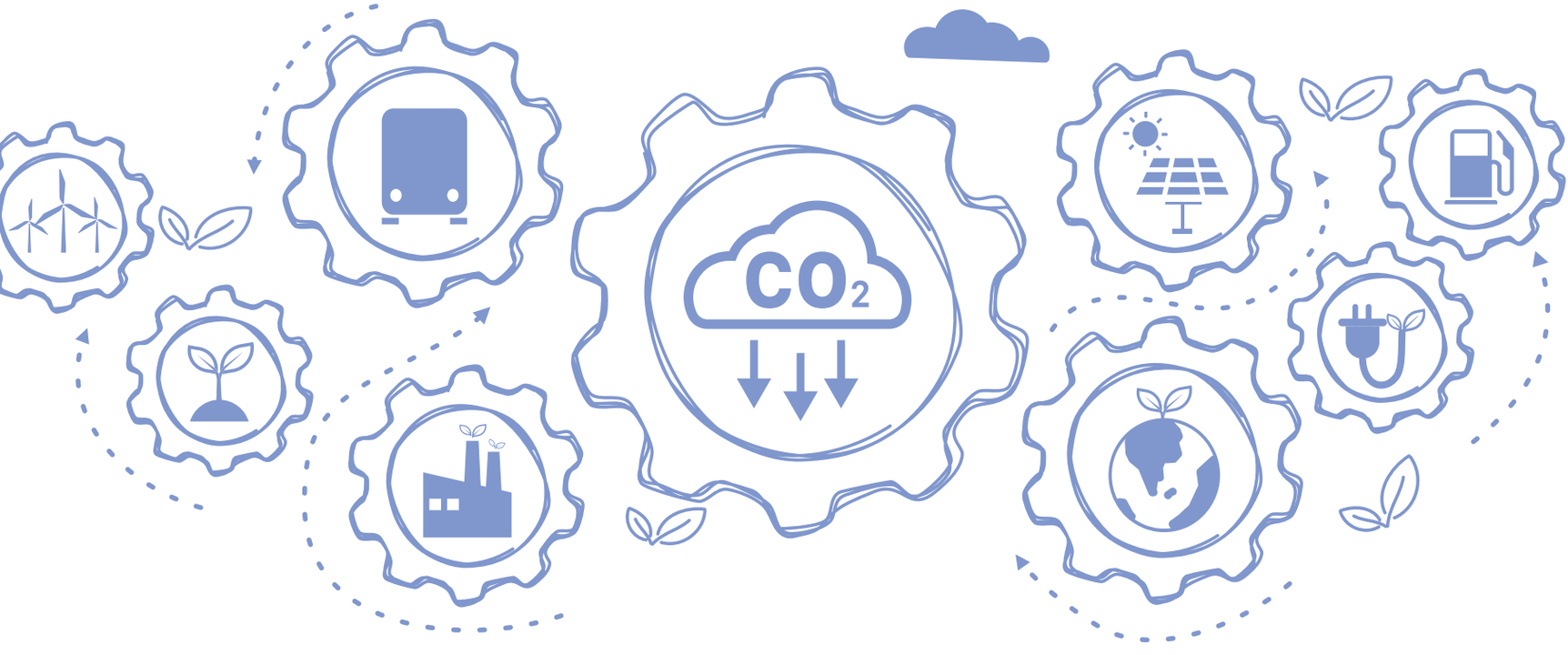
etmek için çalışmaktadır. Borsa İstanbul, Sürdürülebilir Borsalar Girişimi'nin beş kurucu (NASDAQ, B3, JSE, EGX ile birlikte) ve ilk imzacı borsasıdır . Borsa İstanbul, Kasım 2021'de türev ürünler alanında sürdürülebilirlik çalışmalarını yaygınlaştırmak amacıyla Sürdürülebilir Borsalar Girişimi - Sürdürülebilir Türev Borsaları Ağı'nın da kurucu üyesi olmuştur .

Dünyadaki ilk sürdürülebilir performans göstergesi olan Dow Jones Dünya Sürdürülebilirlik Endeksi 1999 yılında faaliyete geçmiştir. Dow Jones Dünya Sürdürülebilirlik Endeksi sürdürülebilirlik konularına önem veren girişimci şirketlere yatırım yapmak isteyen yatırımcılara sistematik bir araç sunması açısından önemli bir yenilik olmuştur. 1990'lı yılların önemli gelişmelerinden bir diğeri 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü'dür. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin içinde yer alan Kyoto Protokolü ile iklim değişikliği konusunda ilk uluslararası çerçeve hayata geçmiştir. 2000'den itibaren Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Hedefleri sürdürülebilir finansmanın gelişimine ağırlığını koymuştur.

Bankaların, finanse ettikleri projelerin, çevresel ve sosyal risklerini yönetebilmeleri için 2003 yılında "Ekvator Prensipleri" adı verilen risk yönetimi çerçeve dokümanı yayımlanmıştır . Yayımlandıktan sonra üç kez güncellenen Ekvator Prensipleri'nin dördüncü sürümü 2020 yılında kamuoyu ile paylaşılmıştır. Bugün itibarıyla 37 ülkede 118 finans kurumu, 10 milyon ABD doları ve üzeri yatırım maliyeti olan projelerin finansmanında Ekvator Prensipleri'ni uygulamaktadır. Bir çerçeve dokümanı olarak Ekvator Prensipleri, bankalara finanse ettikleri projelerin çevresel ve sosyal risklerini nasıl yönetecekleri hakkında bir yol haritası çizmektedir . Dünya Bankası Uluslararası Finans Kurumu 2007'de IFC Performans Standartlarının ilk sürümü yayımlanmıştır . IFC Performans Standartları çevresel ve sosyal risk değerlendirilmesi, iş sağlığı ve güvenliği, toplum sağlığı ve güvenliği, biyoçeşitliliğin korunması, kültürel miras, yerli halklar gibi birtakım standartları içermektedir.

https://equator-principles.com/, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.escarus.com/ekvator-prensipleri-bankalarin-cevresel-ve-sosyal-risk-yonetim-cercevesi, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
International Finance Corporation – IFC
https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/2ee7f9f1-77a3-4739-a9a4-146aa04395e6/PS1_Turkish_2012.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jIApldX, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/corp_ext_content/ifc_external_corporate_site/home, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.icmagroup.org/, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

Finansman süreçlerinde çevresel ve sosyal risk değerlendirmesi yaklaşımı benimsenip geliştirilirken, sürdürülebilir finansın bir diğer unsuru olan çevresel ve toplumsal faydası olan yatırımların finanse edilmesi konusu da eşzamanlı olarak gelişmeye başlamıştır. Sürdürülebilir finansman kaynakları çeşitlendikçe bu alanda da standartlar gelişmeye başlamıştır. Avrupa Yatırım Bankası (European Investment Bank-EIB) 2007'de ilk yeşil tahvil ihracını gerçekleştirmiştir. Uluslararası Sermaye Piyasası Birliği, (International Capital Market Association - ICMA) 2014'te "ICMA Yeşil Tahvil İlkeleri"ni yayımlamıştır . 2015'ten itibaren Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ve Paris İklim Anlaşması sürdürülebilir finansman konusunun hızlanmasına katkı sunmuştur. 2015 yılında ilk sosyal tahvil Instituto de Credito tarafından ihraç edilmiştir. ICMA 2017'de "ICMA Sosyal Tahvil İlkeleri"ni ve "ICMA Sürdürülebilir Tahvil Rehberi"ni yayımlamıştır. Kredi Piyasası Birliği (Loan Market Association-LMA) 2018 yılında "Yeşil ve Sosyal Kredi İlkeleri"ni yayımlamıştır. Şubat 2020'de piyasanın gelişimine katkı sağlamak amacıyla söz konusu yeşil sosyal kredi ilkeleri güncellenmiştir. LMA'nın yeşil ve sosyal kredi ilkeleri de ICMA'nın ilkeleriyle uyum içindedir ve proje kriterleri benzer başlıklar taşımaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında AB Yeşil Tahvil Standartları yayımlanmış ancak henüz yürürlüğe girmemiştir. ICMA 2020'de "ICMA Sürdürülebilirlik Bağlantılı Tahvil İlkeleri"ni yayımlamış; 2021'de "ICMA Yeşil, Sürdürülebilir ve Sosyal Tahvil İlkeleri"ni güncellemiştir .



Çevresel ve sosyal risklerin hem ulusal hem de küresel düzeyde ekonomi ve finans sistemleri için yarattığı tehditlerin son yıllarda daha da belirginleşmesiyle beraber iklimle bağlantılı risklerin tanımlanması, etkin şekilde izlenerek raporlanması, analiz edilmesi ve yönetilmesi amacıyla önemli uluslararası girişimler ortaya çıkmıştır.

G20 platformuna bağlı olarak faaliyet gösteren Finansal İstikrar Kurulu (FSB) bu alanda önde gelen girişimlerden birisidir. Finansal piyasaların iklim değişikliğine ilişkin net, kapsamlı ve yüksek kalitede verilere ihtiyaç duyduğu gerçeğinden hareketle, FSB tarafından 2015 yılında kurulan "İklimle Bağlantılı Finansal Açıklamalar Görev Gücü" (TCFD) 2017 yılında bir Tavsiye Raporu yayımlamıştır. Raporda yer alan tavsiyeler tüm sektörlerde ve ülkelerde faaliyet gösteren organizasyonlar tarafından konvansiyonel finansal raporlama sistemlerine dâhil edilebilecek, iklim değişikliğiyle bağlantılı bilgilerin üretilmesini öngörmektedir. Yönetişim, strateji, risk yönetimi ile ölçümler ve hedefler şeklinde dört tematik alanda yapılandırılmış olan tavsiyeler, raporlama konusunda ulusal ve uluslararası standartların oluşturulmasında önemli bir referans oluşturmakta, 2021 yılsonu itibarıyla 89 ülkeden 2.700'ü aşkın kuruluş tarafından benimsenmiş bulunmaktadır .

Sürdürülebilirlik alanındaki raporlama ihtiyacını karşılamak amacıyla TCFD tavsiyeleri ışığında daha resmi standartlar belirlemek üzere girişimde bulunan bir uluslararası oluşum da Uluslararası Finansal Raporlama Standartları (IFRS) Vakfıdır. 2021 yılında IFRS Vakfı tarafından sürdürülebilirlik alanında yatırımcıların bilgi ihtiyacını karşılayacak standartları belirlemek üzere bağımsız olarak faaliyet gösterecek olan Uluslararası Sürdürülebilirlik Standartları Kurulu (ISSB) oluşturulmuştur. ISSB'ye teknik tavsiyelerde bulunmak üzere oluşturulan Teknik Hazırlık Çalışma Grubu Kasım 2021'de "Sürdürülebilirlikle İlgili Finansal Dipnot Açıklamaları Prototipine ilişkin Genel Gereksinimler" ile "İklimle İlgili Dipnot Açıklamaları Prototipi"ni yayımlamıştır. Söz konusu prototipler standart niteliğini taşımamakta, piyasaya muhtemel gidiş yönüyle ilgili bilgi vermeyi amaçlamaktadır.

Çevre ve iklim riskleri konusunda en kapsamlı ve etkili uluslararası girişimlerden birisi de 2018 yılında faaliyete geçen "Finansal Sistemin Yeşillendirilmesi Ağı" (NGFS)'dır. Finansal sektörde çevre ve iklim risklerinin yönetimine katkıda bulunmayı, iyi uygulamaları paylaşmayı ve sürdürülebilir bir ekonomiye geçiş için finans sistemini harekete geçirmeyi

Gazioğlu, S. (2021), TSPB Türkiye Sermaye Piyasaları Kongresi 2021 Sunumu
TCFD: TCFD Supporters Around the World (https://www.fsb-tcfd.org/), 15.01.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.

amaçlayan NGFS nezdinde 2021 yılsonu itibarıyla Türkiye dahil çok sayıda ülkeden 105 merkez bankası ve finansal denetim otoritesi üye ve 16 gözlemci kuruluş yer almaktadır . NGFS çalışmalarını mikro-ihtiyati/gözetim, makro finansal, yeşil finansın geliştirilmesi, veri açığının giderilmesi ve araştırma başlıklarında toplam beş çalışma grubu aracılığıyla yürütmektedir. Yakın dönemde çevresel risk analiz yöntemlerine ilişkin örnek olay çalışmaları, iklim senaryoları, finansal kuruluş uygulamaları, iklim değişikliğinin makro-ekonomi ve finansal istikrar üzerindeki etkileri gibi konularda çalışmalar yapan NGFS yeşil finans alanında önde gelen bir bilgi paylaşımı ve işbirliği platformu olarak faaliyet göstermektedir .

Bir diğer uluslararası girişim de Basel Bankacılık Denetim Komitesi (BCBS) tarafından 2020 yılında oluşturulan "İklimle Bağlantılı Finansal Riskler Görev Gücü" (TFCR)'dür. BCBS adına iklimle bağlantılı finansal riskler konusunda çalışmalar yürütmekte olan TFCR'nin temel görevi iklimle bağlantılı finansal risklerin azaltılmasına yönelik olarak mevcut inisiyatifleri ortaya koymak, analitik raporlar hazırlamak ve etkili denetim uygulamaları geliştirmektir. Bu çerçevede TFCR, Yapısal Blok 1 (düzenleyici çerçeve), Yapısal Blok 2 (denetim otoritesinin gözden geçirme süreci) ve Yapısal Blok 3 (kamuoyuna açıklama) konularında iklimle bağlantılı finansal risklere ilişkin eksikliklerin belirlenerek giderilmesine yönelik çalışmalar yapmakla görevlendirilmiştir. Görev Gücü tarafından 2021 yılı Eylül ayında "İklimle İlgili Finansal Risklerin Etkin Yönetimi ve Denetimine İlişkin İlkeler" başlıklı taslak rehber görüşe açılmıştır. Malezya Merkez Bankası, Temmuz 2017'den beri Değer Temelli Aracılık (Value-based Intermediation VBI) prensiplerinin ve skor kartlarının kullanımını teşvik etmektedir. 1- SDG Impact Standards (Tahviller, İşletmeler ve PE'ler için ayrı ayrı UNDP bünyesinde hazırlanmıştır), SVI Social Return on Investment (SROI), IFC AIMM (Anticipated Impact Measurement and Monitoring), GIIN IRIS+ öne çıkan küresel standartlar ve metrikler içinde yer almaktadır .

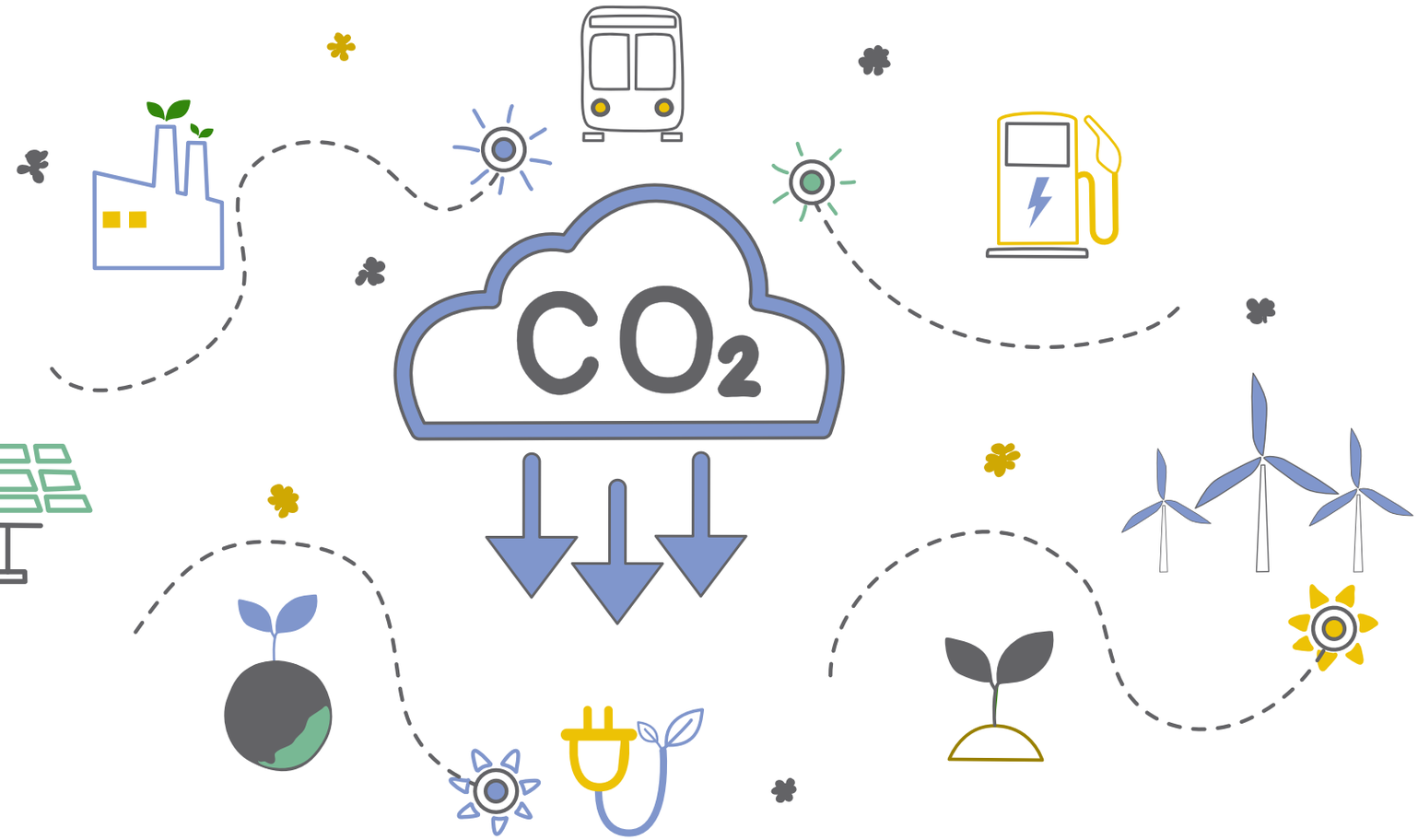
Finansal sektör, iklim değişikliği ve düşük karbon ekonomisine geçiş süreçlerinde doğrudan ve dolaylı olarak karşı karşıya olduğu riskler ve fırsatların yanı sıra düşük karbon ekonomisine geçiş sürecinde finansör olarak oynadığı yönlendirici ve teşvik edici rol dolayısıyla da son derece kritik bir konumda bulunmaktadır .

The Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System (NGFS), https://www.ngfs.net/en/about-us/membership, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.ngfs.net/en, 15.01.2022'de yayımlanmıştır.

İlhan, O. (2022) EYDK "Etki Yatırımında Etki Ölçümlemesi ve Yönetimi Üzerine Çerçeve Metni", Yeşil Finasnman Komisyonu'na iletilen 24 Ocak 2022 tarihli Bilgi Notu

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurulu (BDDK), 2022-2025. Sürdürülebilir Bankacılık DDK 2021, Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı, Aralık 2021, s.6



Finansal kuruluşların maruz kaldığı iklimle bağlantılı risklerden, "doğrudan fiziksel riskler", tipik olarak iklim olayları nedeniyle finansal kuruluşların fiziksel varlıklarının zarar görmesi, hizmetlerin ve sanayide tedarik zincirinin kesintiye uğraması gibi etkileri olan operasyonel risklerdir. "Dolaylı nitelikteki riskler" ise, finansal kuruluşların müşterilerinin ve yatırımcılarının maruz kaldığı riskler dolayısıyla karşı karşıya kaldıkları, likidite, kredi, piyasa ve tazminat riski şeklinde ortaya çıkan risklerdir. Zarara uğrayan firma ve hanehalklarının yoğun şekilde finansal kuruluşlardaki tasarruflarına ve sigorta şirketlerine başvurması, kredi müşterilerinin geri ödeme kabiliyetlerini kaybetmeleri nedeniyle tahsili gecikmiş alacaklarda artış yaşanması, teminat değerlerinde, hisse senedi, borçlanma aracı ve emtia fiyatlarında düşüş en temel riskler olarak görünmektedir. Bir diğer iklim bağlantılı risk türü olan "geçiş riskleri", iklim değişikliğinin yaratacağı yeni iklim düzeni ve ekonomideki değişim nedeniyle oluşacak piyasa kaybı teknoloji değişimi, rekabet ve benzeri riskleri içermektedir. Kısaca iklim temelli hem doğrudan hem dolaylı riskler, sigorta ve bankacılık başta olmak üzere finans sektörü için finansal bir risk olarak görülmekte, bu doğrultuda iklim temelli risklerin finansallaştırılması konusu gündeme gelmektedir.

Sürdürülebilir ve yeşil bir ekonomiye geçiş finans sektörü için aynı zamanda önemli fırsatları da beraberinde getirmektedir. Bunların başında sürdürülebilir bir ekonomiye geçiş için gerekli yatırımların ortaya çıkardığı ilave finansman ihtiyacı gelmektedir. OECD'nin tahminlerine göre; 2030 yılına kadar enerji, ulaştırma, su ve telekomünikasyon altyapısı için yılda ortalama 6.3 trilyon ABD doları tutarında yatırım yapılması gerekmektedir. Kısa ve uzun vadeli büyüme, verimlilik ve refahın istikrarı göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu yatırımların iklime uyumlu gerçekleştirilmesi için 0.6 trilyon ABD doları ilave yatırım ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çerçevede yıllık yatırım açığının 6.9 trilyon ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir . Hâlihazırda yıllık 3-4 trilyon ABD doları civarında seyreden küresel altyapı yatırımları ile karşılaştırıldığında ilave finansman ihtiyacı finans sektörü için önemli bir talep artışı anlamına gelmektedir.

İlave finansman ihtiyacının yanı sıra başta karbon emisyon piyasası olmak üzere ortaya çıkmakta olan yeni pazar, ürün ve araçlar, çevresel ve sosyal duyarlılığa sahip kesimlere yönelik tasarlanacak özel ürünler sayesinde erişilebilecek ilave fon ve likidite imkânları, kamu tarafından sağlanabilecek olası teşvik ve destekler de finansal sektörün bu süreçte dikkate alması ve değerlendirmesi gereken fırsatlar arasında yer almaktadır. Çevresel, sosyal ve yönetişimsel (ÇSY) kıstaslarını, iş ve yatırım kararlarına dahil eden ürün veya hizmetler olarak tanımlanan sürdürülebilir finans, geleneksel finansmandan farklı olarak kalkınmanın çevresel ve sosyal yönlerine öncelik vermektedir. Sürdürülebilir finans yenilenebilir enerji, kaynak verimliliği, etkin atık yönetimi, afet risklerine dayanıklılık, sürdürülebilir turizm, kadının iş ve toplum yaşamında güçlenmesi, dezavantajlı grupların desteklenmesi gibi sürdürülebilirliğin çeşitli boyutlarına odaklanmaktadır.

Çevresel ve sosyal konuların, yatırım değerlendirme kıstaslarının vazgeçilmez bir unsuru olduğu günümüzde, sürdürülebilir finans, ekonomik kalkınmayı desteklerken aynı zamanda çevreyi korumayı ve insani gelişimi sağlamayı hedefleyen yapısıyla kurumlar için daha da önem kazanmaktadır. Bu çerçevede, Paris Anlaşması ve BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nda (SKA) belirtilen öncelikleri karşılayabilmek için iklim nötr ve iklim dirençli, kaynakların verimli kullanıldığı ve adil bir ekonomiye hızla geçişi sağlayacak kamu ve özel sektör yatırımlarını mümkün kılan sürdürülebilir finans çözümlerine acil ihtiyaç duyulmaktadır.

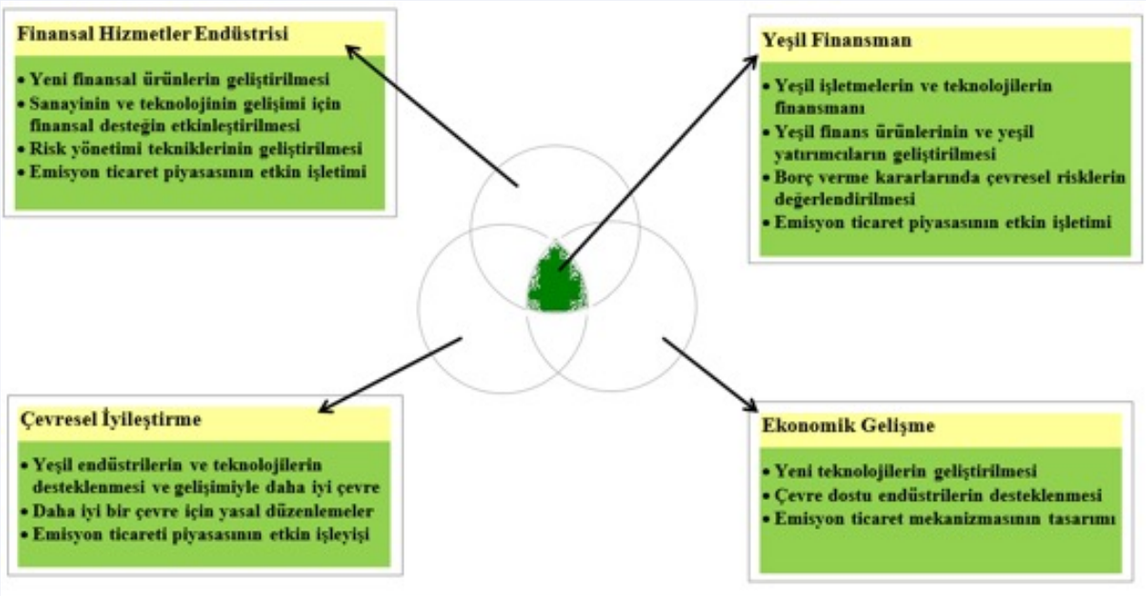
İlhan, O. (2022) EYDK "Etki Yatırımında Etki Ölçümlemesi ve Yönetimi Üzerine Çerçeve Metni", Yeşil Finasnman Komisyonu'na iletilen 24 Ocak 2022 tarihli Bilgi Notu

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurulu (BDDK), 2022-2025. Sürdürülebilir Bankacılık DDK 2021, Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı, Aralık 2021, s.6

OECD: Investing in Climate, Investing in Growth, Paris, (Revised version 2019)

2.2 Sürdürülebilir Finansman Türleri

Kurumların yeşil büyümeyi destekleyecek girişimleri gerçekleştirebilmeleri için fon kaynaklarına ihtiyaç duymaları "yeşil finansman" kavramını gündeme getirmiştir. Genel olarak yeşil finansman, mali sektörün gelişimini, çevrenin iyileştirilmesini ve ekonomik büyümeyi eş zamanlı olarak izleyen geleceğe odaklanmış bir finansman türüdür. Rakić and Mitić (2012)'e göre yeşil finansman, düşük karbonlu yeşil büyümeyi desteklemek amacıyla, çevre, enerji tasarrufu ve kirletici salımların azaltılmasını göz önünde bulunduran yeni teknolojileri, finansal ürünleri, endüstrileri ve hizmetleri içermektedir. Noh (2010), yeşil finansmanı, finans sektörünü geliştiren, çevreyi iyileştiren ve ekonomik gelişmeyi destekleyen finansal işlemler olarak tanımlamaktadır (Şekil 4).



Şekil 4 *Yeşil Finansmanın Tanımı*

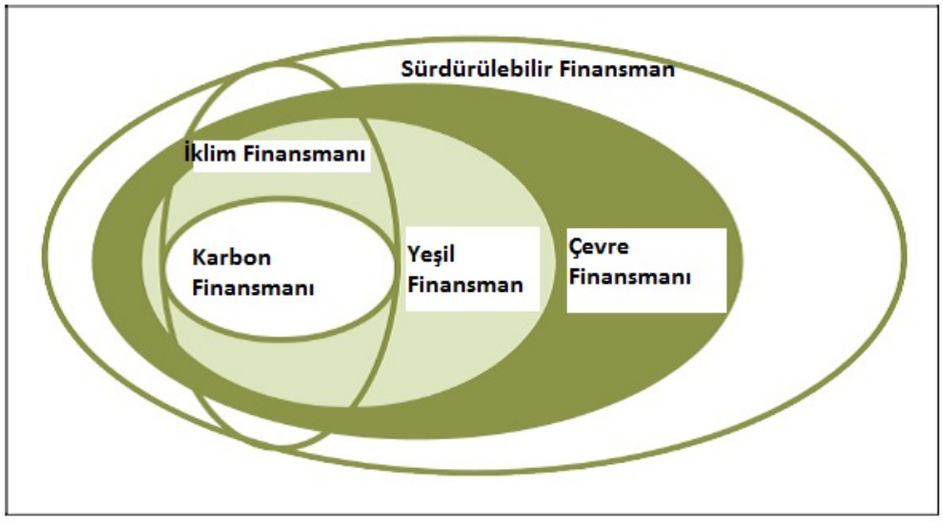
Kaynak: Korea Capital Market Institute

Yeşil yatırımların finanse edilmesinde kullanılan "yeşil finansman" sürdürülebilir kalkınma proje ve girişimlerine, çevresel ürünlere ve sürdürülebilir bir ekonominin gelişimini teşvik eden politikalara akan finansal yatırımları ifade etmektedir (Höhne vd., 2012) .

Noh, H.J. (2010), "Financial Strategy to Accelerate Innovation for Green Growth" Korea Capital Market Institute https://www.oecd.org/sti/ind/45008807.pdf, 14.02.2022'de erişim sağlanmıştır.; Noh, H.J (2018), "Financial Strategy to Accelerate Green Growth", Asian Development Bank Institute Working Paper, https://www.adb.org/sites/default/files/publication/452656/adbi-wp866.pdf, 14.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

Yeşil Finansman Sistemininin Kavramsallaştırılması

Yeşil Finansmanla ilgili birçok kavram bulunmaktadır: Sürdürülebilir Finansman, Çevresel Finansman, Karbon Finansı ve İklim Finansı. Bu kavramlar arasındaki ilişki Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5 *Yeşil Finansman ve Diğer İlgili Finanslarla İlişkiler*
Kaynak: Hee Jin Noh (2014b).

Sürdürülebilir Finansman

Berkeley Universitesi (2017)'ne göre Sürdürülebilir Finansman, zaman içerisinde sürdürülebilir finansal modeller, ürünler ve piyasalar yoluyla, ekonomik ve sosyal değer yaratma uygulamalarıdır. Sadece çevresel yönü değil, aynı zamanda sosyal yönü ve yönetişim konularını da göz önünde bulundurarak daha geniş, kapsamlı ve kapsayıcı yatırımları dikkate alır.

Çevresel Finansman

Çevresel Finansman, ekolojik çevreye (hava, su, toprak v.b.) ilişkin finansman ve yatırımdır. Çevresel Finansman çevre tahribatını finansal risk olarak hesaba katmaktadır. Çevresel finansman altında, çevreye zarar veren veya çevreyi tahrip potansiyeli olan projelerin fonlanması veya finanse edilmesi yasaklanmıştır. Bu kavram, ekonomik büyümeden ziyade, çevrenin korunmasına odaklandığı için Yeşil Finansmandan daha geniştir.

Karbon Finansı

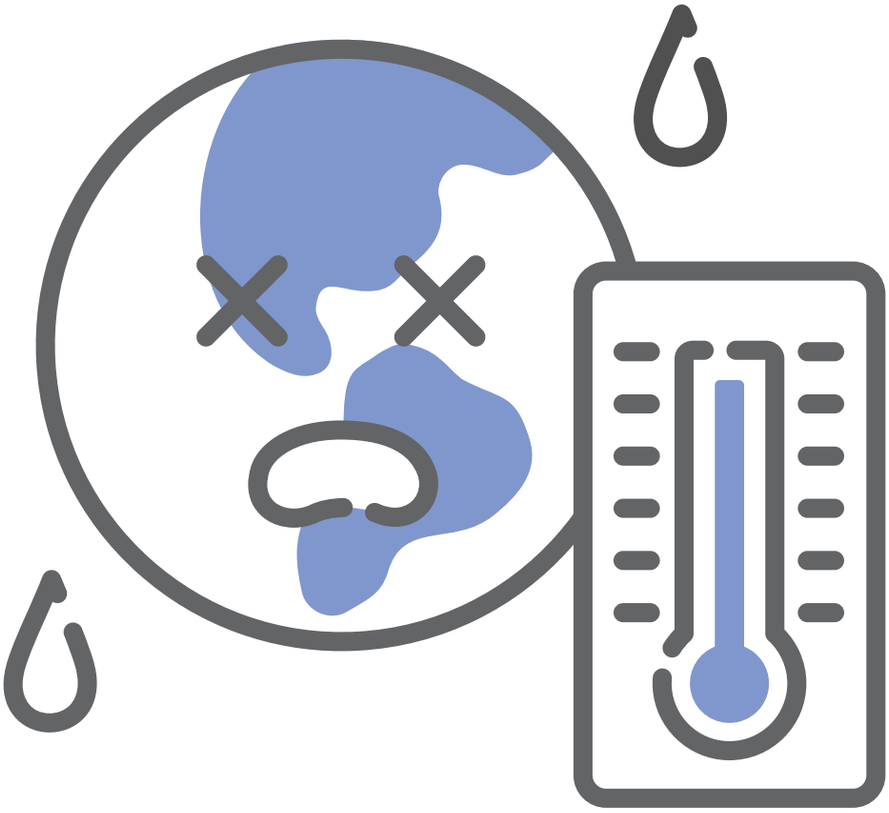
Karbon Finansı, karbondioksit ve diğer sera gazı salımlarını azaltmayı amaçlayan projelere kaynak sağlar. Emisyon Ticareti Piyasası yoluyla, karbon finansı spot ve türev piysalarda çok yönlü bir şekilde tasarlanabilir. Ayrıca, bir karbon fonu aracılığı ile emisyon ticareti piyasasına yatırım da yapılabilir.

İklim Finansmanı

İklim finansmanı, düşük karbon ekonomisine ulaşmak ve iklime dayanıklı kalkınmayı uygulamak için iklim değişikliğine uyum ve azaltım faaliyetlerini desteklemektedir. İklim finansmanı, karbon finansmanına dahil olmayan uyum projelerini de desteklemektedir.

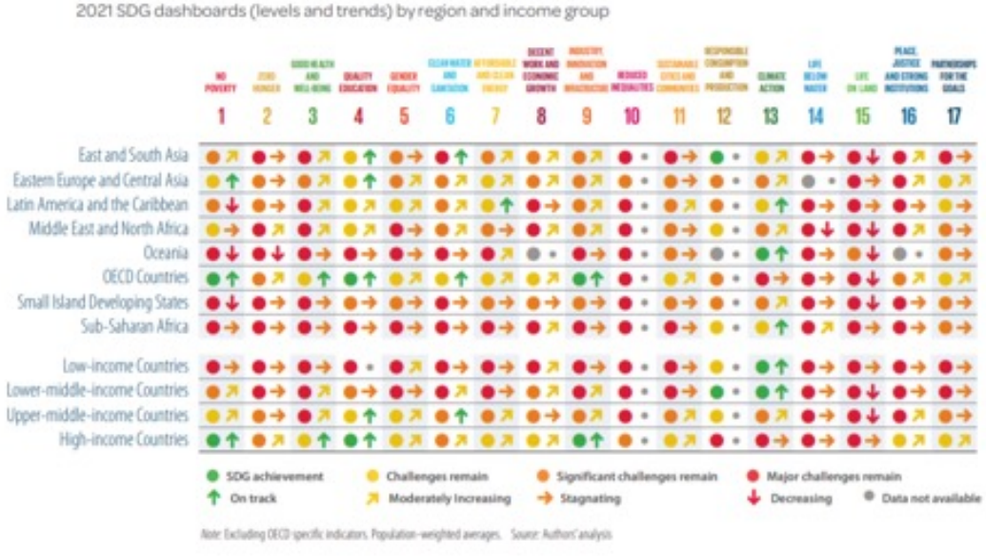
Yeşil Finansal Ürünlere Artan Talep

Ekonomik, toplumsal ve çevresel sorunların günümüze ve geleceğimize etkisinin arttığı bir dönemde, yatırım ekosisteminde ve ekonomik yaklaşımlarda, dünyanın refahı ve güvenli geleceği ve şirketlerin de uzun vadede varlıklarını sürdürebilmeleri için kurumların/şirketlerin kar odaklı yaklaşımdan paydaş odaklı yaklaşıma geçmeleri beklenmektedir. Raporlar, küresel amaçların, 2030 yılına kadar 12 trilyon dolar değerinde ekonomik fırsat yaratacağını ve 380 milyon yeni istihdam imkânı yaratabileceğini işaret etmektedir. BM



Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın gerçekleştirilmesi için ülkeler tarafından yürütülen çalışmalar henüz istenilen hedeflere ulaşılmasını temin edecek seviyede olmasa da, 2020 yılına damgasını vuran pandemi, sürdürülebilirlik ve kapsayıcılık uygulamalarının, iş ve finans dünyası için vazgeçilmez bir öneme sahip olduğunu göstermiştir.

Dünya genelinde kabul görmüş BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nı temeline alan sürdürülebilir finans ve iş modelleri ile kurumların en uygun maliyetle finansman temin edebilmeleri ve çevresel, sosyal ve ekonomik eksenlerde daha sürdürülebilir uygulamalar gerçekleştirmeleri hız kazanmıştır. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nı 2030 yılına kadar gerçekleştirmek için her yıl küresel olarak 5-7 trilyon ABD doları tutarında bir yatırım ihtiyacı bulunmaktadır . SKA yatırımlarında, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler her yıl en az 2.5 trilyon ABD doları tutarında bir finansman açığıyla karşı karşıyadır . Gelişmiş ülkelerde söz konusu yatırımların üçte ikisi bankalar tarafından finanse edilirken, gelişmekte olan ülkelerde bu oranın %90'a çıktığı görülmektedir . Bu çerçevede finans sektörü önemli bir dönüştürücü güce sahiptir.



Şekil 6 *Bölge ve Gelir Gruplarına göre 2021 SKA Performansları*

Kaynak: SDSN Sustainable Development Report 2021

---

https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2021/2021-sustainable-development-report.pdf, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır

UNDP Invest in Turkey (2021), SKA Türkiye Yatırımcı Haritası, file:///C:/Users/user/Downloads/sdg-investor-map-turkey%20v.2%20(2).pdf, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

UNCTAD (2014), World Investment Report 2014, Investing in the SDGs: An Action Plan, https://unctad.org/system/files/official-document/wir2014_en.pdf, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.dunya.com/kose-yazisi/ekonomik-kalkinma-planlari-yesil-iyilesme-uzerine-kurgulaniyor/618429,

Pandemi ile birlikte, Dünya Bankası ve Avrupa Merkez Bankası gibi büyük finans kuruluşları sürdürülebilir finans ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli kararlar almıştır. Dünya Bankası 2020'de gerçekleştirdiği 21,4 milyar ABD doları finansman desteğinin içerisinde karbonsuzlaştırma ve dayanıklılık gibi iklim konuları yer almıştır.

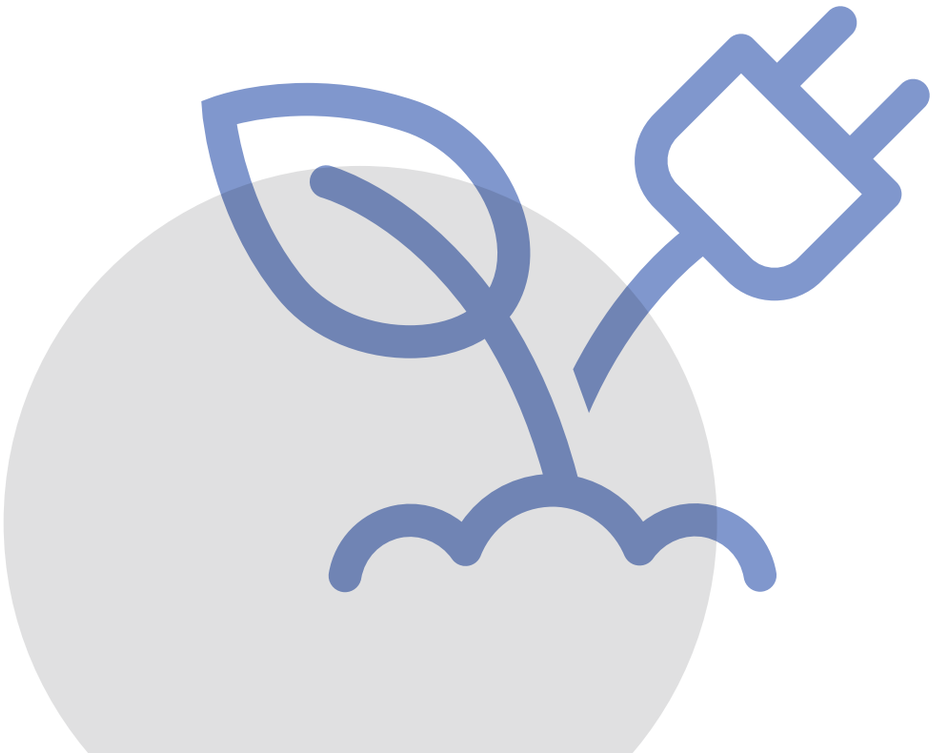
Avrupa Merkez Bankası, 1 Ocak 2021 itibarıyla sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda ihraç edilmiş tahvilleri teminat olarak kabul edeceğini ve bir iklim değişikliği merkezi kuracağını açıklamıştır. Özel sektörde de kaynakların bu alana ayrılması yönünde bir eğilim bulunmaktadır. Dünyanın en büyük varlık yöneticisi Blackrock, iklim değişikliğinin yatırım stratejisinin merkezinde olacağını, gelirlerinin %25'inden fazlasının termal kömürden elde eden şirketlere yatırım yapmayacağını açıklamıştır. BNP Paribas'nın ve Norveç'in 1 trilyon ABD doları tutarındaki varlık fonunun da benzer açıklamaları olmuştur. Bank of America önümüzdeki 20 yılda ESG fonlarında 20 trilyon ABD doları tutarında artış (yaklaşık S&P 500 hacmi) beklemektedir. Goldman Sachs, önümüzdeki 10 yılda sürdürülebilir finansman için 750 milyar ABD doları ayıracağını açıklamıştır. Bank of America düşük karbonlu, sürdürülebilir bir ekonomiye geçişi hızlandırmak için Çevresel İş Girişimi kapsamında 2030 yılına kadar 1 trilyon ABD dolarını harekete geçirme hedefini duyurmuştur. Banka 2019'da ilan ettiği 2030 yılına kadar 300 Milyar ABD doları tutarında sürdürülebilir yatırım hedefini toplamda 1.5 trilyon dolara genişletmiştir .

Dünyada yeşil finansal ürünlere artan talep çerçevesinde finans kuruluşları ürün yelpazelerinde yeşil finansman araçlarını geliştirmektedir. Bu ürünler dört kategoride ele alınabilir: Perakende (Bireysel) Bankacılık, Kurumsal ve Yatırım Bankacılığı, Varlık Yönetimi ve Sigorta.

https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2021/2021-sustainable-development-report.pdf, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır

Perakende (Bireysel) Bankacılık

Yeşil İpotekler	Enerji tasarruflu ev alan müşterilere ve/veya güçlendirmelere, enerji tasarruflu cihazlara ya da yeşil enerjiye yatırım yapan bireysel bankacılık müşterilerine daha düşük faiz oranları sunarlar Bankalar ayrıca bir konutu klasik, alışılagelmiş olandan yeşil enerjiye dönüştürmenin maliyetini karşılamayı, bunun yanısıra ürünün pazarlanması sırasında bu faydanın kapsama alınmasına olanak sağlamayı da teklif olarak sunabilmektedir.
Yeşil Konut Kredisi	Bankalar müşterilerini/ ev sahiplerini konutlar için yenilenebilir enerji teknolojisi tesisatı kurmaya teşvik edecek daha düşük faiz oranı sunabilirler. Bu ürün kapsamında farklı bankalar, teknoloji sağlayıcıları ve çevre ile ilgili STK'larla ortaklıklar kurmuştur.
Yeşil Ticari Bina Kredileri	Geleneksel binalara göre daha düşük enerji tüketimi, atık yönetimi ve daha az kirlilik yaratan yeşil ticari binalara özel düzenleme ve anlaşmalar yapılabilir. Değerleme uzmanları artık azaltılmış işletme giderlerini, iyileştirilmiş performansı ve daha uzun ömürlü yapıları desteklemektedir.
Yeşil Araç Kredileri	Düşük faiz oranı sunan bu krediler, müşterileri yüksek yakıt tasarrufuna sahip otomobiller almaya teşvik etmektedir.
Yeşil Kredi Kartları	Bankalar, kredi kartı sahiplerine, kart sahibinin gerçekleştirdiği her satın alma, bakiye transferi veya nakit avansın yaklaşık yüzde 0,5 denk STK bağışı olarak yapmayı teklif etmektedir.



Kurumsal Bankacılık ve Yatırım Bankacılığı

Yeşil Proje Finansmanı	Bankalar, büyük ölçekli yenilenebilir enerji finansmanı projelerine yönelik hizmet bölümleri veya ekipleri oluşturmaya başlamıştır. Aynı zamanda, büyük ölçekli temiz yakıt ve yenilenebilir enerji projeleri için finansman sağlama yöntemleri geliştirilmektedir.
Yeşil Menkul Kıymetleştirme	Farklı çevresel menkul kıymetleştirme teknikleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Örneğin: Orman tahvilleri.
Yeşil Risk Sermayesi ve Özel Sermaye	Sermaye piyasaları aracılığı ile firmaların finansmanında, çevre sorunlarına daha fazla önem verilmeye başlanmıştır. Bankalar, temiz teknoloji sağlayıcılar, karbon kredisi geliştiriciler ve çevreye yönelik ürünleri ve hizmetleri üreten firmalar, fikri mülkiyet şirketlerine fayda sağlamaktadır. Bankalar, uzmanlaşmış özel sermaye birimleri aracılığıyla çevre projeleri için bir sermaye tabanı da oluşturabilirler.
Yeşil Göstergeler	Bankalar, gelecekteki çevresel fırsatları ve tehditleri değerlendirmek üzere göstergeler geliştirmişlerdir. Örneğin, Merrill Lynch enerji tasarrufu ve talep tarafı yönetimine odaklanan bir enerji verimliliği endeksi geliştirmiştir.
Karbon Ürünler	AB Emisyon Ticaret Sistemi (EU ETS / AB ETP), 12.000'den fazla Avrupa sanayicisini karbon düzenlemesine tabi tutmuştur. Bankalar, müşterilerinin ETS'ye uyumluluk gereksinimlerine hizmet sağlamak veya kendilerine takas edilebilir bir ürün temin etmek için karbon kredisi satın almaktadır.

Sigorta

Yeşil Sigorta	Bu sigorta türü iki alanı kapsar: 1. Sigorta primlerini sigortaya konu riskin çevresel özelliklerine göre farklılaştıran sigorta ürünleri; 2. Temiz teknoloji ve salım azaltıcı faaliyetler için özelleştirilmiş sigorta Örneğin: Enerji tasarruflu binalar için düşük primli yeşil ev sigortası
Karbon Sigortası	Bu sigorta, salım azaltma işlemlerindeki riski düşürmeyi, düşük karbonlu proje değerlendirmelerini ve karbon kredi fiyatı oynaklığını yönetmeyi amaçlamaktadır.

Kahraman, E. (2021), "Akbank Sürdürülebilir Finans" Sunumu
https://newsroom.bankofamerica.com/content/newsroom/press-releases/2021/,04/bank-of-america-increases-environmental-business-initiative-targ.html, 29.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

Varlık Yönetimi

Yeşil Mali (Parasal) Fonlar	Hollanda bankaları 1995 yılında başlatılan bir girişimden yararlanmaktadır. Yeşil bir fondan hisse alan veya mevduatını bir yeşil bankaya yatıran vatandaşlar gelir (sermaye iradı) vergisinden muaf tutulmakta ve gelir vergisinden bir indirim elde etmektedir. Vergi indirimleri sayesinde, yatırımcılar, yatırımlarında daha düşük bir faiz oranını kabul edebilmekte ve/veya bankalar yeşil kredileri daha düşük maliyetler ile müşterilere teklif edebilmektedir.
Yeşil Yatırım Fonları	Yatırım fonları üç düzeyde gelişmiştir: 1. Fonlar yalnızca dışlayıcı sosyal ve / veya çevresel kriterleri kullanır; 2. Fonlar, ilerici sosyal ve / veya çevresel politika ve uygulamalara odaklanan olumlu kriterler kullanır; 3. Fonlar, potansiyel yatırımları değerlendirmek ve seçmek üzere hem dışlayıcı hem olumlu kriterlere başvurur.
Karbon Fonları	Bir karbon fonu, emisyon azaltma projelerinden CO2 emisyon azaltma kredisi satın almak veya CO2 emisyon azaltma kredisi akışı oluşturacak yeni projelere yatırım yapmak için yatırımcılardan para alır. Kyoto ve Paris Anlaşması vb. Uluslararası düzenlemeler, özel karbon fonlarının şirketlere karbon emisyonunu azaltmak üzere uygun maliyetli bir yatırım aracı sunmakta; yatırımcılar ise karbonsuz projelerden getiri sağladıklarının ve sosyal sorumluluklarını (Kurumsal Sosyal Sorumluluk) gerçekleştirdiklerini beyan edebilmekte, raporlayabilmektedir.

İklime Dayalı Türev Araçlar

Faaliyetleri hava durumu ile ilgili koşullara yüksek ölçüde bağlı firmalara, gelirlerindeki değişkenlikle başa çıkmalarında yardımcı olmak amacıyla bir dizi türev ürünü oluşturulmuştur. Goldman Sachs tarafından sunulan iklime dayalı türev araçlar, kötü veya öngörülemeyen hava koşulları ile ilişkili riskleri azaltmak için kullanılabilen finansal araçlardır. Rüzgar enerjisi türevleri de, rüzgar enerjisi üreticilerini olumsuz rüzgar koşullarına karşı korumaya yönelik benzer araçlardır. ABN AMRO, Rabobank, ve Goldman Sachs, vb kurumlar bu piyasalarda etkin çalışmaktadır.

UNEP Fi Inquiry (2016) yeşil finansmanı, sürdürülebilir kalkınmanın çevre boyutunda, iklim değişikliği ile mücadelede emisyon azaltımı ve uyum çabalarının desteklenmesi ve çevrenin korunmasına yönelik geliştirilen faaliyetlerin finansmanında kullanılan kaynak olarak tanımlamaktadır (Şekil 6). İklim finansmanı ve yeşil finansman, sürdürülebilir finansmanın alt kategorileridir. Yeşil finansman, genelde iklim değişikliği ile mücadele,

iklim değişikliğine uyum ve çevresel koruma ile ilgili olan yatırımların finansmanına yönehlik olarak kullanılan finans araçlarıdır. Sürdürülebilirliğin sosyal ve ekonomik boyutundaki yatırımlar, sürdürülebilir finans kapsamında değerlendirilmektedir. İstihdamın artırılması, cinsiyet eşitliği, sosyal altı yapı olarak ifade edilen eğitim, sağlık gibi yatırımların finansmanı ile ihraç edilen tahviller sürdürülebilir finansman bağlamında ele alınmaktadır. Sürdürülebilir finansman, sosyal ve yeşil tahvilleri içeren bir kavramdır.

UNEP Fi (2007)'ye göre en temel yeşil finansman enstrümanları, yeşil krediler, yeşil hisse senetleri ve endeks fonları, yeşil tahviller, yeşil sukuk, yeşil menkul kıymetleştirme (seküritizasyon) ve yeşil sigortacılık başlıklarından oluşmaktadır.

Yeşil Krediler

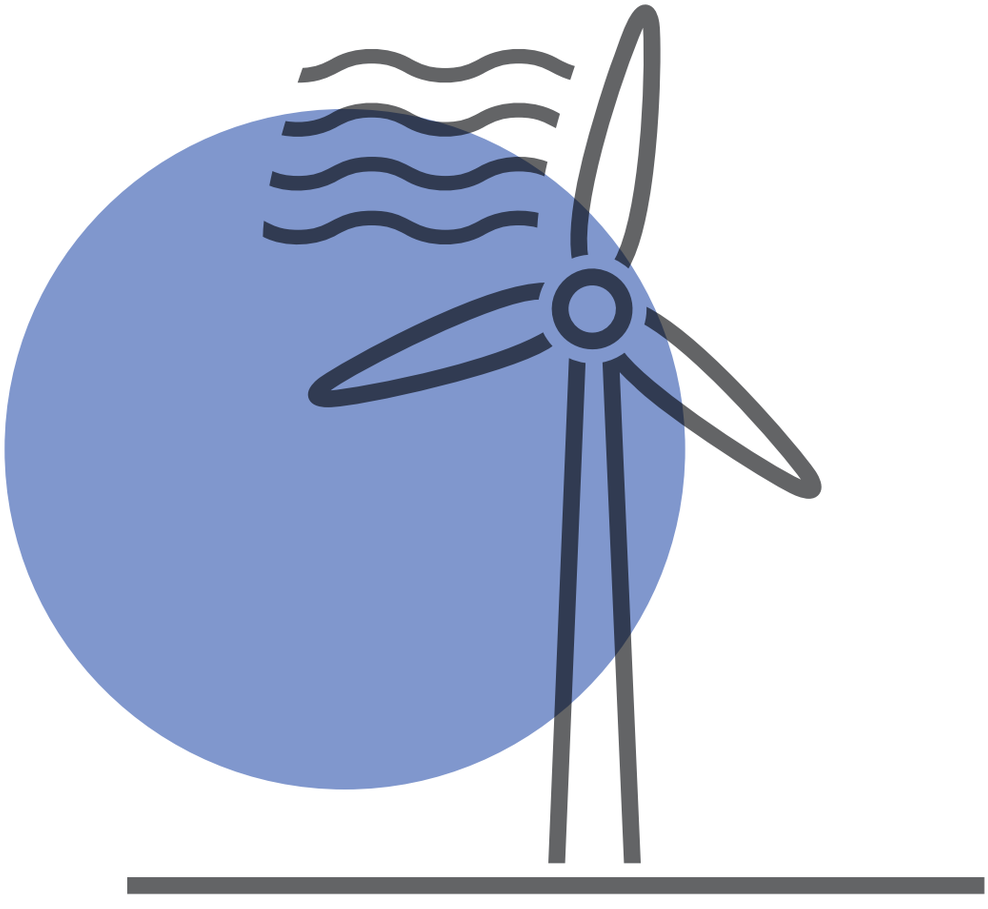
Finans kurumlarının bireysel ve kurumsal ölçekte düşük faiz oranlı ya da olumsuz çevresel performansa sahip projelerin kısıtlanması şeklinde sundukları kredi ürünleridir. Yeşil kredi, finansal kaynak sahibinin dikkat edilmesini talep ettiği çevresel, sosyal, kültürel ve ekonomik bozulmalardan herhangi birinin azaltılmasını taahhüt eden projelere sağlanan bir fon olması yönüyle diğer kredilerden ayrılmaktadır . Yeşil kredi uygulamaları, kullanıcının enerji verimliliği, enerji tasarrufu vb. yeşil performansını değerlendirerek; düşük faiz oranı gibi avantajlar sağlamakta ve müşteriler için bir teşvik mekanizması oluşturmaktadır. Enerji verimliliği kredileri, yeşil mortgage'lar gibi yeşil temalı krediler artmaktadır.

Yeşil Hisse Senetleri ve Endeks Fonları

Temiz enerji, enerji verimliliği ve düşük karbonlu ekonomi alanına destek olan faaliyetler yürüten halka açık şirketlerin hisse senetlerine yatırım yapmak sürdürülebilir finans araçlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Sadece bir şirketin hisse senetlerine yatırım yerine yatırımcılar risk algılarına göre farklı şirket hisselerini içeren endeks fonlarını da tercih edebilmektedir. Temiz endeks ya da yeşil endeksler olarak bilinen bu endekslerin ilk örneği Lüksemburg Borsası'nın 2016 yılında başlattığı Lüksemburg Yeşil Endeksi'dir . Türkiye'de ve özellikle Borsa İstanbul şirketleri arasında sürdürülebilirlik konusundaki anlayış, bilgi ve uygulamaların artması amacıyla Borsa İstanbul'da işlem gören ve kurumsal sürdürülebilirlik performansları üst seviyede olan şirketlerin paylarının yer aldığı Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksi, 4 Kasım 2014 tarihinden beri hesaplanmaktadır.

Yeşil Sukuk

Sukuk, borçlanma aracı olan tahvillerin islami prensiplere uygun bir şekilde yapılandırılması ile ortaya çıkmıştır. İslami tahvil olarak da anılan sukuk, gerçek bir varlık üzerinde mülkiyet hakkı sağlayarak bu varlıktan gelir elde edebilmeyi sağlayan, islami prensiplere uygun bir finansal araçtır. Yeşil tahvilin oluşturduğu altyapı ve tecrübeden istifade eden yeşil sukuk ise İslami yatırımcılara ve çevreye duyarlı geleneksel yatırımcılara hitap etmektedir. Climate Bonds (2017)'a göre yeşil sukuk, yenilenebilir enerji ve diğer çevresel varlıklara yönelik olan ve islami finans ilkeleri ile uyumlu yatırımlardır. İlk yeşil sukuk ihracı, 2017'de Malezya Kudat'ta bir güneş enerjisi projesini finanse etmek üzere Malezya ve Çin ortak girişimi olan Tadau Enerji tarafından gerçekleştirilmiştir. Çevrenin korunması ve islami çevreyi korumakla ilgili gerekliliklerin karşılanması, iklim değişikliği ile mücadele edilmesi, sürdürülebilir kalkınma ve çevre ile ilgili yatırımların finanse edilmesi, yeşil projelerin fonlanmasındaki artışı sağlamak için islami finansal inovasyonların desteklenmesi gibi konular için kullanılan yeşil sukuk finansal piyasalarda ilgi görmektedir .



Yeşil Varlıklara / Projelere Dayalı Menkul Kıymetleştirme (Seküritizasyon)

Menkul kıymetleştirme, likit olmayan varlıklardan elde edilecek gelirlerin ticarete konu finansal araçlara (menkul kıymetlere) dönüştürme sürecini ifade eder. Likit olmayan varlıklar; krediler, proje gelirleri, kiralamalar veya benzeri alacaklar olabilir . Bankaların tüketici kredileri, konut kredileri, araç kredileri, kredi kartı alacakları, finansman şirketlerinin kendi açmış oldukları krediler, finansal kiralamaya yetkili kuruluşların finansal kiralama sözleşmelerinden doğan alacaklar ve benzeri araçlar bu alacaklara örneklerdir .

"Yeşil menkul kıymetleştirme", menkul kıymet işlemine dayanak olan gelirlerin düşük karbonlu varlıklara/projelere ait olması ya da ilgili işlem sonucunda elde edilen gelirlerin düşük karbonlu projelere yatırılmasını olarak tanımlanmaktadır . Sürdürülebilirlik sertifikalarına (LEED: Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik sertifikası vb.) sahip binalar üzerindeki ipotekler, enerji verimliliği iyileştirmeleri için konut finansmanı, elektrikli ya da hibrit araçlar üzerine borçlar ya da kiralamalar, güneş ve rüzgar varlıklarına ilişkin borçlar ya da kiralamalar, enerji verimliliğine yönelik ekipman borçları ya da kiralamaları (elektrikli araç şarj istasyonları vb.), yeşil KOBİ'lere verilen krediler yeşil menkul kıymetleştirmeye konu olmaktadır.

Yeşil Sigortacılık

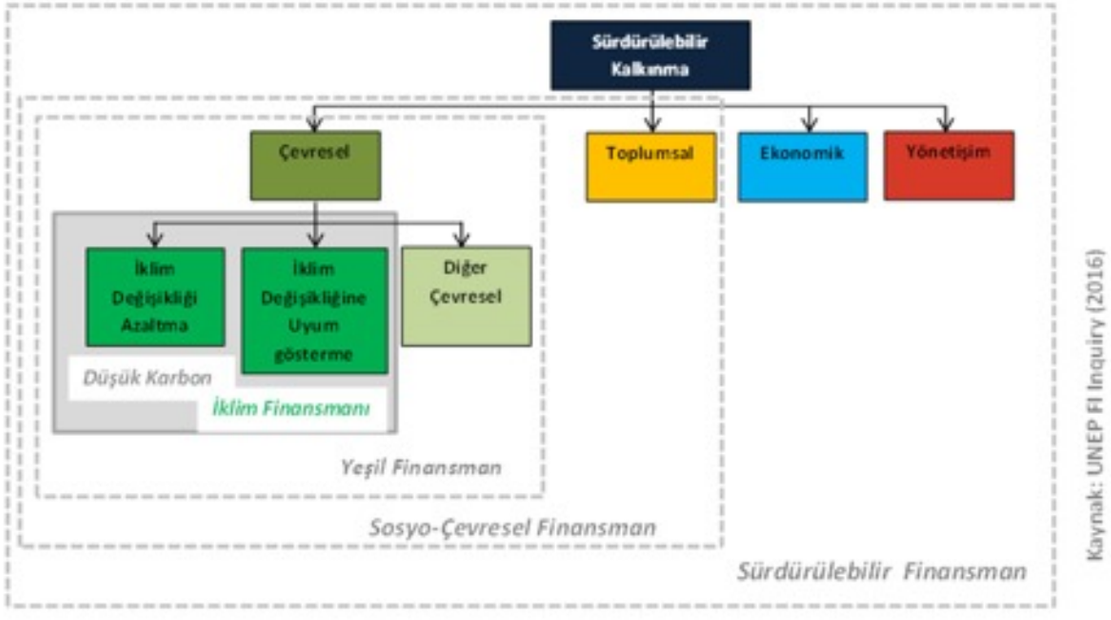
Çevre dostu sigorta olarak da adlandırılan "yeşil sigorta", çevreyi korumaya ve iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olan bir sigorta türüdür. Sigorta şirketleri sürdürülebilir uygulamaları ve teknolojileri teşvik etmek üzere yenilikçi ürünler ve hizmetler tasarlamaktadır. Çevresel risklerin yönetilmesinde kullanılan finansal bir araç olan yeşil sigorta poliçeleri, su, toprak ve havanın kirlenmesinden kaynaklanan potansiyel yükümlülükleri kapsamaktadır. Yüksek çevresel riskler içeren yatırım projelerinin sınırlandırılmasında ve çevresel maliyetlerin azaltılmasında bir araç olarak kullanılmakta olan yeşil sigortacılık kapsamında; araç sigortası, konut sigortası, faaliyet sigortası ve karbon sigortası en sık kullanılan araçlar arasındadır.

Gündoğan, A.C (2018), Değişen Dünyada Fırsatları Yaklamak: Sürdürülebilir Finans Görünümü" https://www.escarus.com/i/content/302_2_S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir%20Finans%20G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BC%202018.pdf, 14.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
a.g.e.
https://www.borsaistanbul.com/tr/sayfa/165/bist-surdurulebilirlik-endeksi, 14.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
Ela, M. (2019), "Yeşil Sukuk ve Türkiye'de Uygulanabilirliği", Yönetim ve Ekonomi, Yıl:2019 Cilt:26 Sayı:1 Manisa Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F., file:///C:/Users/user/Desktop/Erin%C3%A7%20Yeldan_Ye%C5%9FilFinans/out.pdf, 14.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.climatebonds.net/files/files/March17_CBI_Briefing_Green_Securisation.pdf, 14.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
Orçun, Ç. (2019) "Yeşil Finansman: Kavramı, Enstrümanları ve Uygulamaları", Yeşil İşletmecilik, Dokuz Eylül Üniversitesi
https://www.climatebonds.net/files/files/March17_CBI_Briefing_Green_Securisation.pdf, 14.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

Sürdürülebilir Tahviller ve Yeşil Tahviller

2007 yılından itibaren iklim değişikliğinin finansmanı konusuna konvansiyonel kredilerin yerine özel iklim fonları ve yeşil tahviller (ve/veya iklim tahvilleri) olmak üzere yenilikçi, finansal mekanizmalar geliştirilmeye başlanmıştır. Yeşil bankacılık, yeşil yatırım bankaları, yeşil tahviller, yeşil bonolar gibi yenilikçi finansman metotları ağırlıklı olarak iklim ve çevresel sürdürülebilirlik konuları etrafında geliştirilmiştir. Bir sürdürülebilir tahvil türü olan yeşil tahviller, çevreye ve/veya iklime olumlu fayda sağlayan projelerin finansmanında kullanılmaktadır. Bununla birlikte sosyal etkili tahviller gibi sosyal kalkınma odaklı finansman kaynakları da bulunmaktadır (Şekil 7).

Sürdürülebilir tahvil türleri; yeşil tahviller, sosyal tahviller, geçiş tahvilleri, sürdürülebilir tahviller ve sürdürülebilirlik bağlantılı tahviller olarak gruplandırılmaktadır.



Şekil 7 *Sürdürülebilir Finansman ve Yeşil Finansman*

Kaynak: UNEP Fi Inquiry (2016)

- Yeşil Tahviller; iklim değişikliği ve etkileri ile mücadele, enerji ve kaynak verimliliği, kirlilik önleme ve kontrolü, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, biyoçeşitliliğin korunması, döngüsel ekonomi gibi çevresel yararları bulunan yeni ve mevcut projelerin finansmanı için ihraç edilmektedir .

- Sosyal Tahvil ihraçlarından elde edilen kaynak, özellikle istihdam yaratma, kadın erkek eşitliğine katkı, sağlık, eğitim projeleri gibi sosyal problemlerin çözülmesine odaklı projelerin gerçekleştirilmesi için kullanılmaktadır.

- Geçiş Tahvili olarak da ifade edilen iklim geçiş tahvilleri, düşük karbonlu bir ekonomiye geçişi finanse etmeyi amaçlayan yeni sermaye piyasası ürünleridir.

- Sürdürülebilir Tahvil ihraçlarından elde edilen kaynağın kullanım alanı yeşil ve sosyal projelerin birleşiminin finansmanı ya da yeniden-finansmanı olmaktadır. ICMA tarafından yayımlanan Sürdürülebilir Tahvil İlkeleri, Yeşil Tahvil İlkeleri ve Sosyal Tahvil İlkeleri dört temel bileşeni ile uyumludur.

- Sürdürülebilirlik Bağlantılı Tahviller, finansal veya yapısal özellikleri (örneğinin kupon oranı) önceden tanımlanmış sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına bağlı olarak ayarlanan performansa dayalı tahvillerdir. Hedefler, temel performans göstergeleri aracılığıyla ölçülmekte ve sürdürülebilirlik performans hedeflerine göre değerlendirilmektedir.

Nazlıca, A. (2021), TSKB İSO Sürdürülebilir Finans Sunumu, 7 Aralık 2021

Yeşil tahviller, Yeşil Tahvil İlkelerinin (YTİ) dört temel bileşeni ile çerçevelenen, gelirlerin kısmen ya da tamamen, yeni ve/veya mevcut uygun "yeşil projeleri" finanse veya re-finanse etmek için kullanılan tahvil türüdür. Yeşil tahvil, özellikle iklim ve çevre projeleri için para toplamak için ayrılmış sabit gelirli bir araçtır. Bu tahviller genellikle varlığa bağlıdır ve ihraç eden kuruluşun bilançosu tarafından desteklenir; bu nedenle genellikle ihraççılarının diğer borç yükümlülükleri ile aynı kredi notunu taşırlar. 21. yüzyılın ilk on yılına dayanan yeşil tahviller bazen iklim tahvilleri olarak da anılır, ancak bu iki kavram her zaman eşanlamlı değildir. "Yeşil tahviller" ve "iklim tahvilleri" bazen birbirinin yerine kullanılır, ancak bazı yetkililer ikinci terimi özellikle karbon emisyonlarını azaltmaya veya iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmeye odaklanan projeler için kullanırlar. Yeşil tahviller, enerji verimliliği, kirliliğin önlenmesi, sürdürülebilir tarım, balıkçılık ve ormancılık, su ve karasal ekosistemlerin korunması, temiz ulaşım, temiz su ve sürdürülebilir su yönetimine yönelik projeleri finanse etmektedir. Yeşil tahviller ayrıca, çevre dostu teknolojilerin yetiştirilmesini ve iklim değişikliğinin azaltılmasını da finanse ederler. Yeşil tahviller, vergi muafiyeti ve vergi kredileri gibi vergi teşvikleri ile birlikte oluşturulur, bu da onları karşılaştırılabilir vergilendirilebilir tahvillere kıyasla daha çekici bir yatırım haline getirir. Bu vergi avantajları, iklim değişikliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru hareket gibi önde gelen sosyal sorunların üstesinden gelmek için parasal bir teşvik sağlar.

Akbulak, Y. (2021), "Yeşil Tahviller ve Yeşil Tahvil İlkeleri", https://legal.com.tr/blog/genel/yesil-tahviller-ve-yesil-tahvil-ilkeleri/, 16.01.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.

ICMA yeşil ve sosyal tahvil kategorilerini ilişikteki gibi ele almaktadır:

Tablo 2 ICMA Yeşil ve Sosyal Tahvil Kategorileri

ICMA Yeşil Tahvil Kategorileri	ICMA Sosyal Tahvil Kategorileri
Yenilenebilir Enerji	Erişilebilir Altyapı
Enerji Verimliliği	Temel Hizmetlere Erişim
Yeşil Binalar	Erişilebilir Konut
Kirliliğin Önlenmesi ve Kontrolü	İstihdam Yaratma ve İşsizliği Azaltma
Yaşayan Doğal Kaynaklar ve Arazi Kullanımının Çevresel Sürdürülebilir Yönetimi	Gıda Güvenliği ve Sürdürülebilir Gıda Sistemleri
Karasal ve Su Biyoçeşitliliğinin Korunması	Sosyoekonomik İlerleme ve Yetkilendirme
Temiz Ulaşım	
Sürdürülebilir Su ve Atık Su Yönetimi	
İklim Değişikliğine Adaptasyon	
Eko-verimli veya Döngüsel Ekonomiye Uyarlanmış Ürünler	
Üretim Teknolojileri ve Süreçleri	

Kaynak: TKYB

ICMA Yeşil Tahvil Kategorileri, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, yeşil binalar, kirliliğin önlenmesi ve kontrolü, yaşayan doğal kaynaklar ve arazi kullanımının çevresel ve sürdürülebilir yönetimi, karasal ve su biyoçeşitliliğin korunması, temiz ulaşım, sürdürülebilir su ve atık su yönetimi, iklim değişikliğine adaptasyon, eko verimli ve döngüsel ekonomiye uyarlanmış ürünler, üretim teknolojileri ve süreçleri gibi alt proje kriterlerini içermektedir. Sosyal problemlerin giderilmesi amaçlı kurgulanan ICMA Sosyal Tahvil Kategorileri ihraç edilecek sosyal tahvillere konu projelerde erişilebilir altyapı, temel hizmetlere erişim, uygun fiyatlı erişilebilir konut, istihdam yaratma ve işsizliği azaltma, gıda güvenliği ve sürdürülebilir gıda sistemleri, sosyo-ekonomik ilerleme ve yetkilendirme gibi birtakım proje kriterlerini içermektedir.

Avrupa Yeşil Mutabakatının uygulanabilirliğinin artırılması ve yeşil boyamanın (greenwashing) önlenmesi amacıyla ortaya çıkan AB Taksonomisi kapsamında AB yeşil tahvil standartları tasarısı üzerinde çalışılmaktadır. AB Taksonomisi bir projenin sürdürülebilir veya yeşil olarak tanımlanması için olması gereken kriterleri net bir şekilde tanımlayan bir sözlük niteliği

taşımaktadır. Taksonomi üç temel gruba aşağıdaki yükümlülükleri getirmektedir:

- Finansal piyasa katılımcılarına finansal ürünleri hazırlarken yatırımların Taksonomi ile uyumu hakkında beyanda bulunmaları yükümlülüğü.
- Finans dışı ve konsolide finans dışı bildirim yükümlülüğü olan işletmelere, mali tablolarını finans dışı açıklama kısmına, faaliyetlerinin Taksonomi hedefleri ile nasıl uyumlu olduğuna ilişkin bilgileri de dahil etmeleri yükümlülüğü.
- Şirketlere çevresel finansal ürünleri veya şirket tahvillerini düzenlerken Taksonomi uygulamalarına ne kadar uyum sağladıklarına dair beyanda bulunması yükümlülüğü.

Avrupa Birliği Sosyal Taksonomisi geliştirilme aşamasındadır. Yeşil tahviller kapsamında ekonomik aktivitelerin çevresel açıdan değerlendirilmesi için oluşturulan altı adet performans kriteri bulunmaktadır. Bunlar;

- İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması,
- İklim değişikliğine adaptasyon,
- Su ve deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve korunması,
- Döngüsel ekonomiye geçiş, atık önleme ve geri dönüşüm,
- Kirlilik önleme ve kontrol ve
- Sağlıklı eko sistemlerin korunmasıdır.

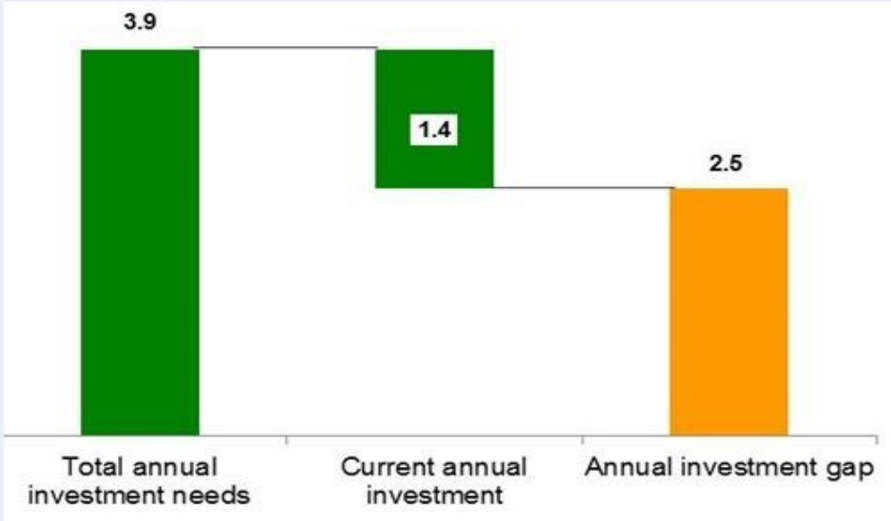
İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması ve iklim değişikliğine adaptasyon kriterleri 1 Ocak 2022 tarihinde yürürlüğe girmiştir; diğer dört kriter ise 1 Ocak 2023 tarihinde yürürlüğe girecektir .

SFDR kapsamında, finansal kuruluşların ve finansal piyasa katılımcılarının yatırımlarının taksonomi ile uyumu hakkında raporlama yapmaları beklenmektedir. Ancak bu beklenti en son yapılan güncelleme ile Ocak 2023'e ertelenmiştir.

Taksonomi ilave olarak, 6 temel başlık altında yeşil finansman olarak sayılabilecek projelerin teknik detaylarını belirlemektedir. Taksonominin şu ana kadar yayımlanan teknik eklerindeki kriter setlerinden anlaşıldığı kadarıyla, Türkiye'deki yeşil/sürdürülebilir olarak tanımlanan projelerin taksonomiye göre "ineligible" olacağını (uygun olmayacağını) veya yeşil finansman olarak kabul edilemeyeceğini göstermektedir. Bu konu, Türkiye'deki mevcut durumun analiz edilmesi, AB Taksonomisine uyumun çalışılması veya Türkiye'ye özgü bir taksonominin kurgulanması vb. hususlara kadar gidebilecek, sürdürülebilir finans başlığı altında oldukça önemli bir sorun olarak değerlendirilmektedir.

2.3 Dünyada Sürdürülebilir Finansmanın Görünümü

IMF'nin Küresel Finansal İstikrar Raporuna göre (2021), 50 trilyon ABD doları tutarında küresel yatırım fonu, özellikle sürdürülebilir fonlar, daha yeşil bir ekonomiye geçişin finansmanında önemli bir rol oynamaktadır. UNCTAD World Investment Report (2014) verileri, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na ulaşabilmek için küresel olarak yıllık 5-7 trilyon ABD doları yatırım gerektiğini belirtmektedir. Rapor, gelişmekte olan ülkelerde 17 Sürdürülebilir Kalkınma Amacı ile ilgili 10 sektörde yıllık 2.5 trilyon ABD doları yatırım yapılması gerektiğini tahmin etmiştir . Fırsat yönünden değerlendirildiğinde özel sektör şirketleri tarafından kalkınmayla ilişkili sektörlere yatırım yapıldığı takdirde, 2030 yılına kadar 12 trilyon dolarlık bir iş hacmi yaratılabilir. Bu sektörler, reel ekonominin yaklaşık %60'ını temsil eden ve SKA'lara ulaşmak için kritik öneme sahip olan "gıda ve tarım", "şehircilik ve mobilite", "enerji ve hammadde" ve "sağlık" sektörleridir.

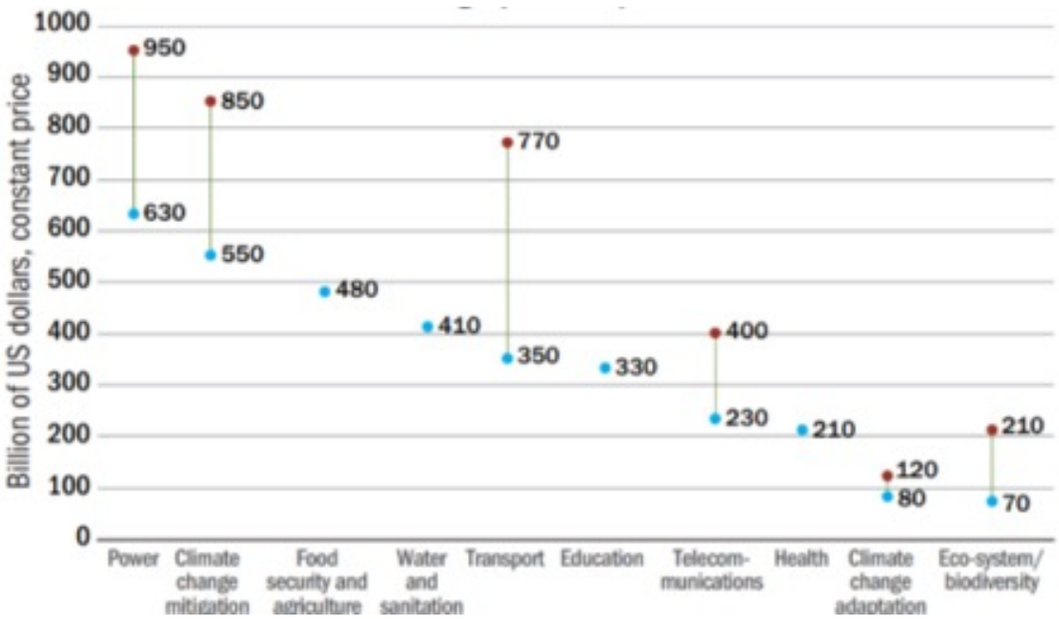


Şekil 8 *Ana SKA sektörlerinde tahmini yıllık yatırım ihtiyaçları (2015-2030)*

Kaynak: UNCTAD, World Investment Report 2014

IMF Blog (2021): "How Investment Funds Can Drive the Green Transition"
https://unctad.org/system/files/official-document/wir2014_en.pdf, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://unctad.org/press-material/developing-countries-face-25-trillion-annual-investment-gap-key-sustainable, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

UNCTAD (2020), 2014-2020 döneminde enerji, iklim değişikliği azaltım, gıda güvenliği ve tarım, su ve sanitasyon, eğitim, sağlık, iklim değişikliğine uyum ve ekosistem/ biyoçeşitlilik sektörlerine yönelik yatırımlara ayrılan fonların 1.2-1.3 trilyon ABD dolarına ulaştığını ancak bu fonların çoğunun gelişmiş ülkelerde, yenilenebilir enerji yatırımlarına yöneldiğini belirtmektedir .



Şekil 9 *SKA'lara Ulaşılması için Sektörel Bazda Yıllık Yatırım İhtiyacı*

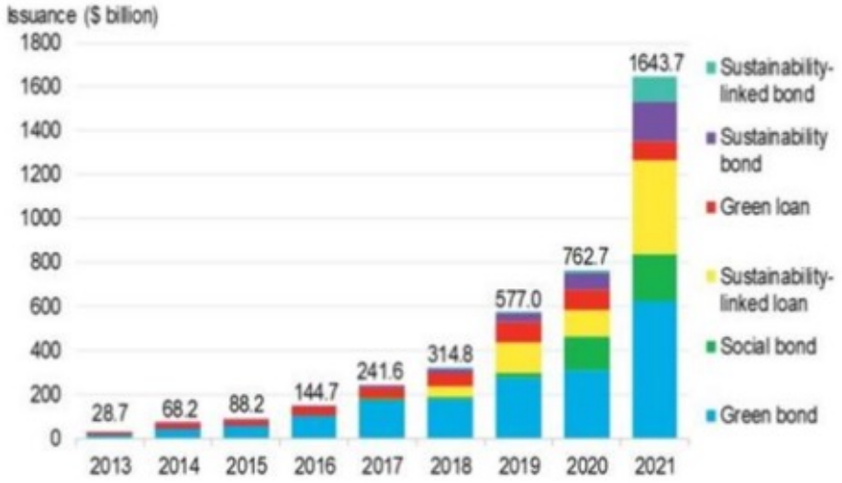
Kaynak: UNCTAD, World Investment Report 2014

Sürdürülebilirlik fonları sayı, çeşitlilik ve hacimsel açıdan hızla büyümektedir. Pandemi ile mücadeleye yönelik küresel çaba, sürdürülebilirlik fonlarının, özellikle sosyal tahvillerin büyümesini artırmıştır. 2020'nin ilk çeyreğinde, COVID-19 kriz yardımı ile ilgili sosyal tahviller, 2019'un tamamında ihraç edilen sosyal tahvillerin toplam değerini aşarak 55 milyar ABD doları'na ulaşmıştır. Borsalar, COVID-19 ile mücadele için ihraç edilen tahvil desteklemiştir. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın gerçekleştirilmesine yönelik ilan edilen "Eylem 10 Yılı"nda, sermaye piyasalarında sürdürülebilirlik temalı ürünlerde artış beklenmektedir.

Sürdürülebilirlik alanında 2016 yılında yürürlüğe giren Paris İklim Anlaşması ile ülkelerin taahhütleri kapsamında iklim aksiyon planlarını oluşturması ve devamında 2050'de karbon nötr olma hedefleri ile -özellikle son 5 yıl içerisinde gerek sürdürülebilirlik fonları gerek sürdürülebilir borçlanma piyasasında ciddi bir ivmelenme yaşanmaktadır. Ekim 2021'de Avrupa Birliği tarafından gerçekleştirilen 12 milyar Avro büyüklüğündeki yeşil tahvil ihracı yatırımcılardan 11 kattan fazla ilgi görmüştür . Avrupa Yatırım Bankasının (EIB) 2007'de gerçekleştirdiği ilk yeşil tahvil ihracından günümüze, sürdürülebilir finans ihraçları küresel ölçekte hızlı bir büyüme sergilemektedir. Pandemi ile birlikte sosyal tahvillerde önemli bir artış görülmüştür. Yeşil ve sosyal kategorilerin birlikte yer aldığı hibrit yapılı "sürdürülebilirlik ile bağlantılı ürünler" daha çok ilgi çekmeye başlamıştır. Küresel piyasalarda hızla devam eden sürdürülebilirlik dönüşümü yatırımcıların da ilgi alanına girmiş olup uluslararası sürdürülebilir borçlanma piyasası da büyümektedir. 67 trilyon dolar büyüklüğünde 102 uluslararası bankanın da dahil olduğu "Net Zero Banking Alliance" girişiminde yer alan küresel bankalar, emisyona sebep olan tüm faaliyetlerini ve portföy kaynaklı emisyonları 2050 yılına kadar sıfırlamayı taahhüt etmektedir .

Bütün bu gelişmeler ışığında, sürdürülebilir borçlanma piyasası her geçen yıl bir önceki yılın çok üstünde bir ivme ile büyüyerek 2020 yıl sonu itibarıyla küresel toplamda 763 milyar dolara ulaşmış ve bir önceki yıla göre %30'un üzerinde bir büyüme kaydetmiştir . 2021'in ilk yarısında gerçekleştirilen sürdürülebilir borçlanma ihracı ise 825 milyar dolara ulaşarak; 2020'nin tamamı boyunca gerçekleştirilen ihraca göre %8'lik bir artışı yakalamıştır. Haziran 2021'de, küresel sürdürülebilir borçlanma (yeşil tahvil) piyasası 3 trilyon dolara varan bir büyüme ile önemli bir dönüm noktasına ulaşmıştır . 2021 sonu itibarıyla sürdürülebilir borçlanma piyasalarında yıl boyu gerçekleşen 1.6 trilyon ABD doları tutarındaki sürdürülebilir borçlanma aracı ihracı ile yeni bir rekor kırılmış; toplam sürdürülebilir borçlanma ihracı ise 4 trilyon doları aşmıştır . Büyüme, iklim finansmanını harekete geçirmek için kamu ve özel sektör aktörleri tarafından COP26 ve sonrasında verilen yenileme taahhütleri ve Net Sıfır için Glasgow Finans Gücü (Glasgow Financial Alliance for Net Zero –GFANZ) gibi girişimler sayesinde hızlanmıştır .

https://unctad.org/system/files/official-document/wir2020_en.pdf#page=199, 05.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
İmer, S. (2022), Garanti Bankası Sürdürülebilir Bankacılık Sunumu
https://www.bloomberght.com/ab-nin-yesil-tahviline-rekor-talep-2289557, 06.02.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.unepfi.org/net-zero-banking/members/, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
2021 yılı itibarıyla sürdürülebilir temalı borçlanmaların toplamının 4 trilyon dolara yaklaştığı hesaplanmaktadır (kredi ve tahviller toplam rakamı).
https://www.bloomberg.com/professional/blog/the-niche-not-so-niche-sustainable-debt-market/, 05.01.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://about.bnef.com/blog/sustainable-debt-issuance-breezed-past-1-6-trillion-in-2021/, 12.03.2022'de erişim sağlanmıştır
https://about.bnef.com/blog/1h-2022-sustainable-finance-market-outlook/, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.



Şekil 10 *Sürdürülebilir Borçlanma Piyasaları*

Kaynak: Bloomberg NEF

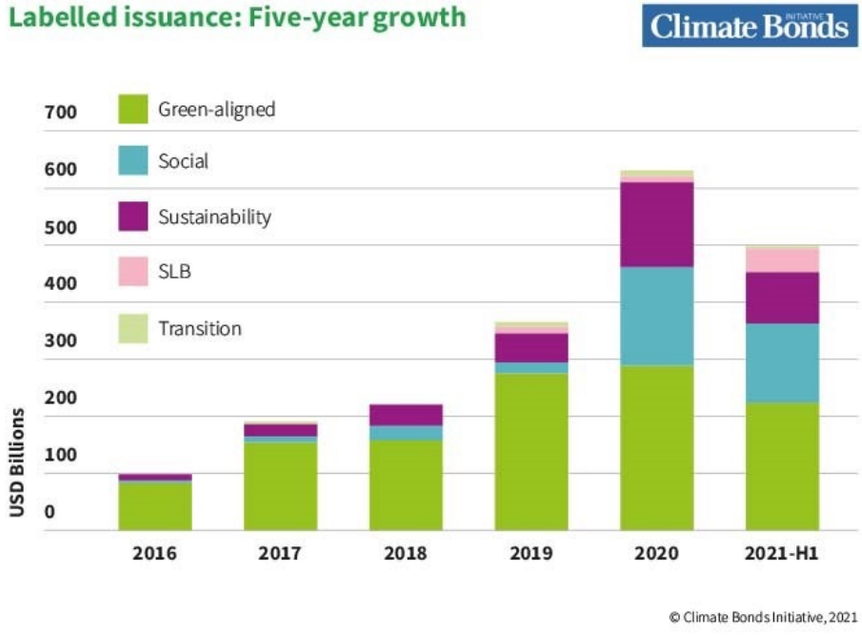
Kamu ve özel sektör bankalarının sağlayacağı finansman, sürdürülebilir borçlanma piyasasının daha etkin hale gelmesi, sürdürülebilir ürün ve hizmet gruplarının yaygınlaşması, iklim değişikliğinin yol açtığı risklerin azaltılması, yeni istihdam alanları açılması ve sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin sağlanması açısından önemlidir. Ancak bahsedilen tutar içerisinde gelişmekte olan ülkelerin payı artmakla beraber, henüz 30 milyar ABD doları seviyesinde seyretmektedir.

2021 yıl sonu itibarıyla tüm dünyada çevresel, sosyal ve yönetişimsel varlıkların toplamının 38 trilyon ABD dolarına, 2025 itibarıyla ise 53 trilyon ABD dolarına ulaşarak dünyada yönetilen varlıkların üçte birini aşacağı tahmin edilmektedir. McKinsey (2021) finansal kuruluşların 510 trilyon dolar seviyesinde finansal varlığa sahip olduğunu ortaya koymaktadır . IFC, kurumların ve hanehalklarının 2019 itibarıyla 268 trilyon dolar seviyesinde finansal varlığa sahip olduğunu, etki ekonomisinin yakın bir gelecekte 27 trilyon dolara ulaşacağı (bu meblağın %10'una yaklaşabileceği) öngörüsünü paylaşmıştır.

https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/financial%20services/our%20insights/the%20rise%20and%20rise%20of%20the%20global%20balance%20sheet%20how%20productively%20are%20we%20using%20our%20wealth/the-rise-and-rise-of-the-global-balance-sheet-nov-2021-full-report_final.pdf), 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://pressroom.ifc.org/all/pages/PressDetail.aspx?ID=17627, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

İklim Tahvil Girişimi'ne (Climate Bonds Initiative) göre, 2021 yılı sonu itibarıyla yeşil tahvillerin toplam ihraç tutarı 452.2 milyar dolar değerinde olup; ihraçların 2023 itibarıyla 1 trilyon ABD dolarına ulaşması beklenmektedir . 2015'ten bu yana birikimli (kümülatif) ihraç tutarı ise 1.56 trilyon ABD doların üzerindedir . Etiketli (labelled) İhraçların son 5 yıllık gelişimine bakıldığında yeşil tahvillerin, sürdürülebilirlik tahvillerinin ve sosyal tahvillerin ilgi gördüğü gözlemlenmektedir.



Şekil 11 *Etiketli (Labelled) İhraçların 5 Yıllık Gelişimi*

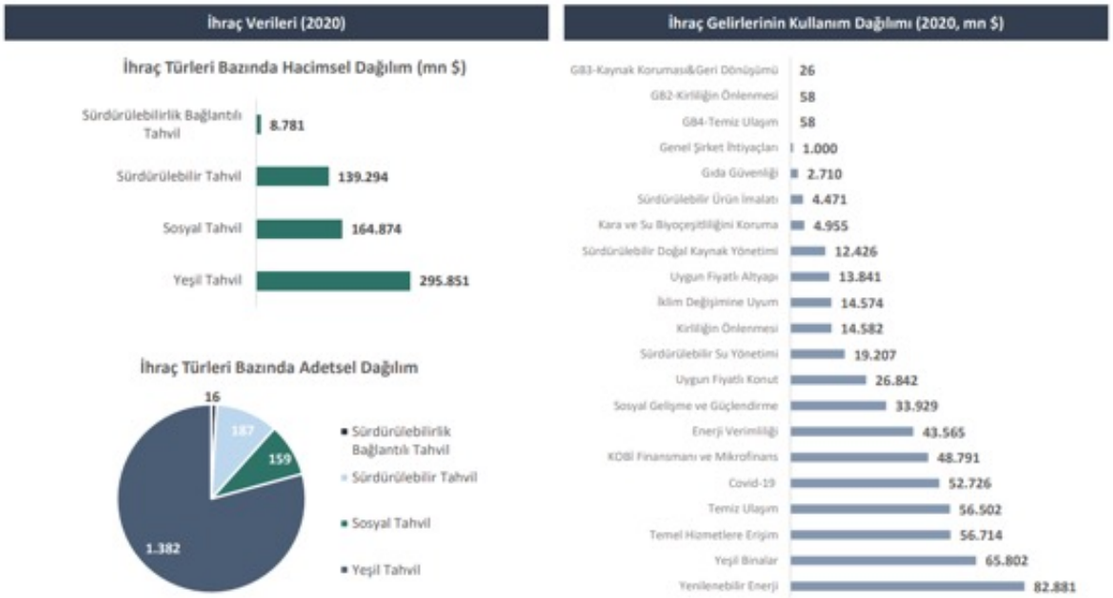
Kaynak: Climate Bonds Initiative, 2021

2020 yılında dünyada hem hacimsel hem adetsel bazda en fazla yeşil tahvil ihracı gerçekleşmiştir (Şekil 12). İkinci sırada ise sosyal tahvil ihraçları tercih edilmiştir. Söz konusu ihraçlardan elde edilen gelirlerin kullanım dağılıma bakıldığında ilk üç sırada yenilenebilir enerji, yeşil binalar ve temel hizmetler yer almıştır. BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın desteklendiği sosyal gelişim, uygun fiyatlı konut, kirliliğin önlenmesi, iklim değişikliği, temiz suya erişim gibi çok farklı alt hedeflere yönelik ihraçlar da gerçekleştirilmiştir .

https://www.climatebonds.net/2021/08/climate-bonds-updates-2021-green-forecast-half-trillion-latest-h1-figures-signal-new-surge, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.climatebonds.net/, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

Pamir, D. (2021), TKYB, TSPB Türkiye Sermaye Piyasaları Kongresi 2021 Sunumu, 16 Kasım 2021



Şekil 12 *2020 Yılı Küresel Sürdürülebilir İhraç Verileri*

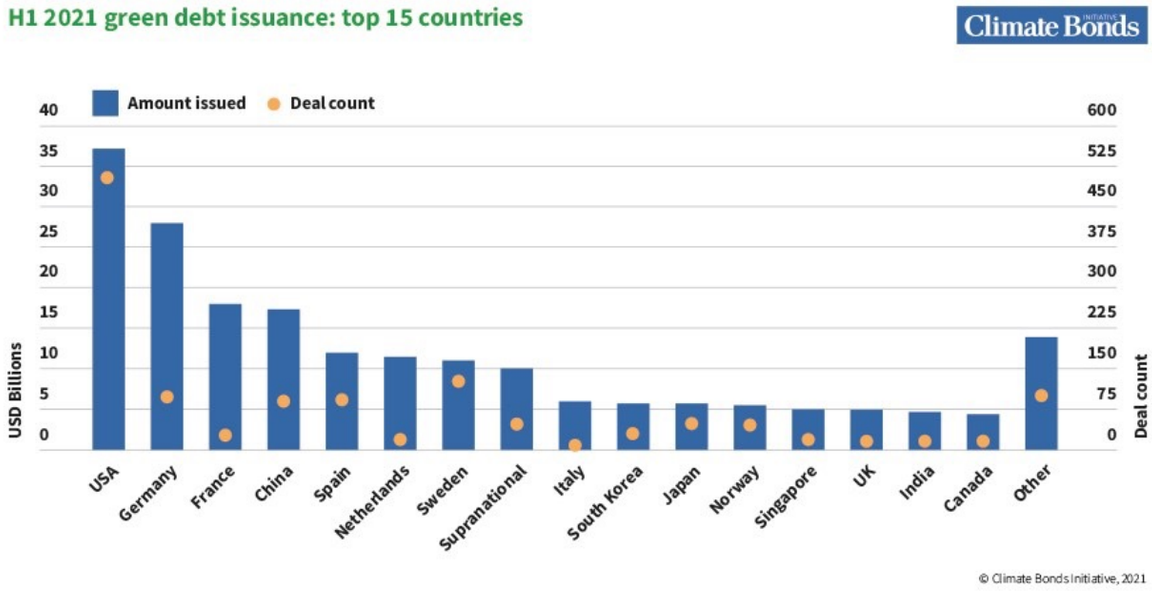
Kaynak: TKYB

2021 yılında ABD'li ihraççılar, hacim (toplam ihraç hacminin %17'si veya 37.6 milyar dolar) ve işlem sayısı (495 adet) itibarıyla en büyük ihraç payını oluştururken, Almanya 28.5 milyar dolar (ihraç hacminin %13'ü) ve 102 adet işlem ile ikinci sırada yer almıştır. Fransa ve Çin, benzer hacimlerle (sırasıyla 22.8 milyar dolar ve 22 milyar dolar, her biri ihraçların %10'unu temsil eder) ancak farklı sayıda anlaşmayla (sırasıyla 20 ve 92) üçüncü ve dördüncü sırayı almıştır.

Ağırlıklı olarak fosil yakıt kullanımına dayalı bir sanayiye sahip olan Çin'in emisyon azaltım hedefi ile yeşil dönüşüm projelerini desteklemek üzere sürdürülebilir ihraçlara önem verdiği düşünülmektedir. İspanya, 11.7 milyar dolar (toplam ihraç hacminin %5'i) ve 34 adet anlaşma ile ilk beş ülke arasında yer almıştır. Toplamda, 47 ülkeden ihraççılar, 2021'in ilk yarısında muhtelif anlaşmalar gerçekleştirmiştir. Dünya çapında gelişmekte olan ülkelere bakıldığında Çin'in yeşil ve sürdürülebilir ihraçlarda 18 milyar dolarlık bir büyüklüğe ulaştığı görülmektedir.

a.g.e

IFC Emerging Market Green Bonds Report 2020, s.11, https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/0fab2dcd-25c9-48cd-b9a8-d6cc4901066e/2021.04+-+Emerging+Market+Green+Bonds+Report+2020+-+EN.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nBW.6AT, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.



Şekil 13 *2021'in İlk Yarısında Yeşil Tahvil İhraççısı İlk 15 Ülke*

Kaynak: Climate Bond Initiative, 2021

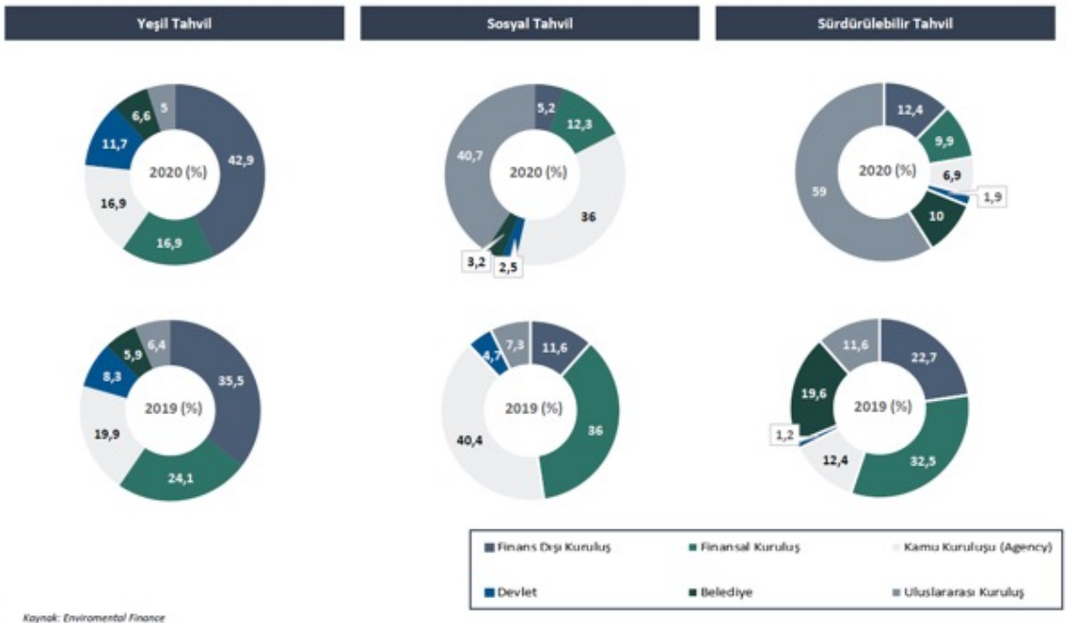
Tablo 3 Gelişmekte Olan Piyasalar 2020 Yılı Yeşil Tahvil İhraçları

Country	Volume (US$ million)	Country	Volume (US$ million)
China	18,076	Panama	289
Chile	3,811	Poland	255
Czech Republic	2,508	Uruguay	253
Hungary	2,192	Georgia	250
Brazil	1,913	Peru	200
Indonesia	1,860	South Africa	200
Saudi Arabia	1,300	Colombia	159
Mexico	1,239	Turkey	115
Romania	1,041	United Arab Emirates	97
Thailand	955	Malaysia	61
Philippines	919	Lithuania	53
India	916	Armenia	50
Egypt	750	Kazakhstan	0.5
Russia	357		

Source: IFC, Bloomberg, Environmental Finance, Climate Bonds Initiative.

Kaynak: IFC Emerging Market Green Bonds Report 2020

Dünya çapındaki ihraçlarda ihraççı türüne göre sürdürülebilir ihraçlar, yeşil sosyal tahvil ve sürdürülebilir tahvillere bakıldığında, yeşil tahvillerde finans-dışı ve finansal kuruluşlarının ağırlığının 2019'dan 2020'ye değişmediği görülmektedir. Ancak sosyal tahvil ve sürdürülebilir tahvil ihraçlarında 2020 yılında özellikle uluslararası kuruluşların ağırlıklarının arttığı gözlemlenmektedir (Şekil 14). Bu ihraçların uluslararası kuruluşların Covid-19'un etkilerini azaltmak üzere gerçekleştirdiği ihraçlar olduğu düşünülmektedir. Dünya çapındaki ihraçlarda öne çıkan aktörlerden bir diğeri belediyelerdir. Önümüzdeki 5 yıllık süreçte BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nın gerçekleştirilmesinde bireye ve topluma hizmet götüren kurumlardan biri olarak belediyelerin de yeşil tahvil ihraçları gerçekleştirmesi beklenmektedir.



Kaynak: TKYB

Uluslararası iyi uygulama örnekleri arasında öne çıkan tasarımlardan olan Sertifikalı İklim Tahvilleri (Certified Climate Bonds), hacim olarak 178 milyar dolar tutarındadır. Sertifikalar 18 ülkeden 33 ihraççıya onaylanmıştır. 2021 yılının ilk yarısındaki en yüksek hacimli sertifikalı anlaşma, 2021 yılı Mart ayında Çin Kalkınma Bankası'ndan gelmiş olup, yaklaşık 3.1 milyar dolar tutarındadır. Diğer yüksek profilli sertifikalar arasında, Nisan ayından itibaren 2.4 milyar dolar tutarında tahvil ihraç eden seri ihraççı Société

du Grand Paris'in en son sertifikaları yer almıştır. Bu kategorideki üçüncü en büyük tahvil, Ocak ayında ihraç edilen 1.8 milyar dolar tutarındaki DNB Group (Norveç) teminatlı tahvil olmuştur.

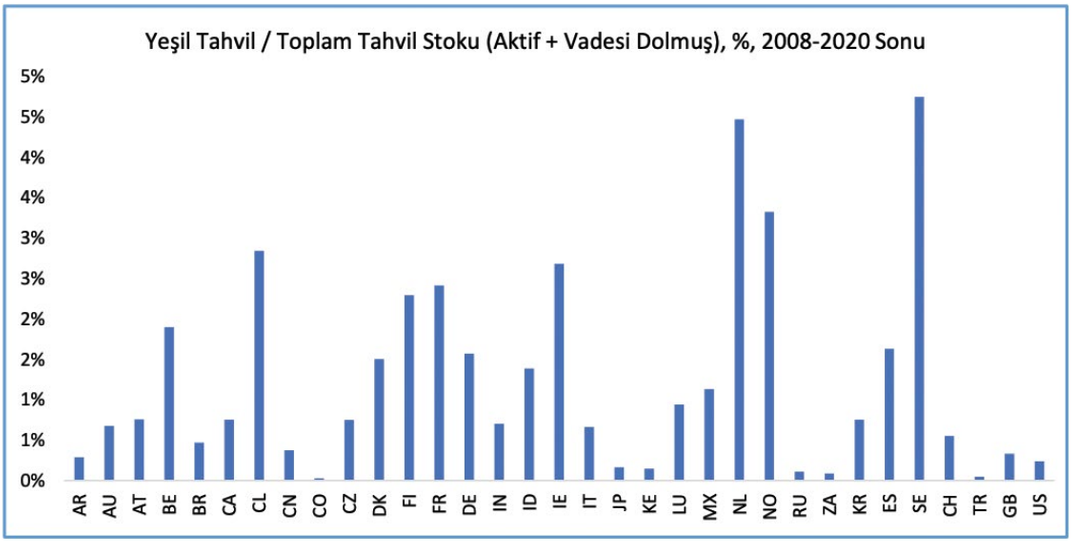
Şekil 15 2021 Yılında İlk 10 Yeşil Finans İhraççıları

Sıra	Kurum	Ülke	Miktar (Milyar USD)
1	Fransa Cumhuriyeti	Fransa	12.8
2	Fannie Mae	ABD	8.6
3	Alman Federal Cumhuriyeti	Almanya	7.3
4	KfW	Almanya	6.8
5	EIB	Ulusötesi	6.1
6	Caixa Bank SA	İspanya	3.1
7	Çin Kalkınma Bankası	Çin	3.1
8	Intesa Sanpaolo	İtalya	3.1
9	SLG Office Trust 2021-OVA	ABD	2.8
10	HSKAR	Hong Kong, Çİn	2.5

Pamir, D. (2021), TKYB, TSPB Türkiye Sermaye Piyasaları Kongresi 2021 Sunumu, 16 Kasım 2021.
Kaynak: Climate Bonds Initiative

Yeşil tahviller, İklim Tahvilleri Taksonomisine göre sınıflandırılırken, sosyal ve sürdürülebilirlik (Social and Sustainability/S&S) tahvilleri, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları yelpazesinde ve özellikle iklimle ilgili hedeflerin ötesinde daha geniş olumlu etkileri olan projeler için fon sağlamaktadır. S&S bonoları, 2021 yılında etiketli borç ihracının %47'sini oluşturmuş ve yılın ilk yarısında ihraç edilen 233.3 milyar dolar ile 2020 yılının ilk yarısındaki 197 milyar dolar rakamına göre yıllık %18 artış göstermiştir. Sonuçta, 2006'dan bu yana toplam birikimli S&S ihracı 867 milyar dolara gelmiştir.

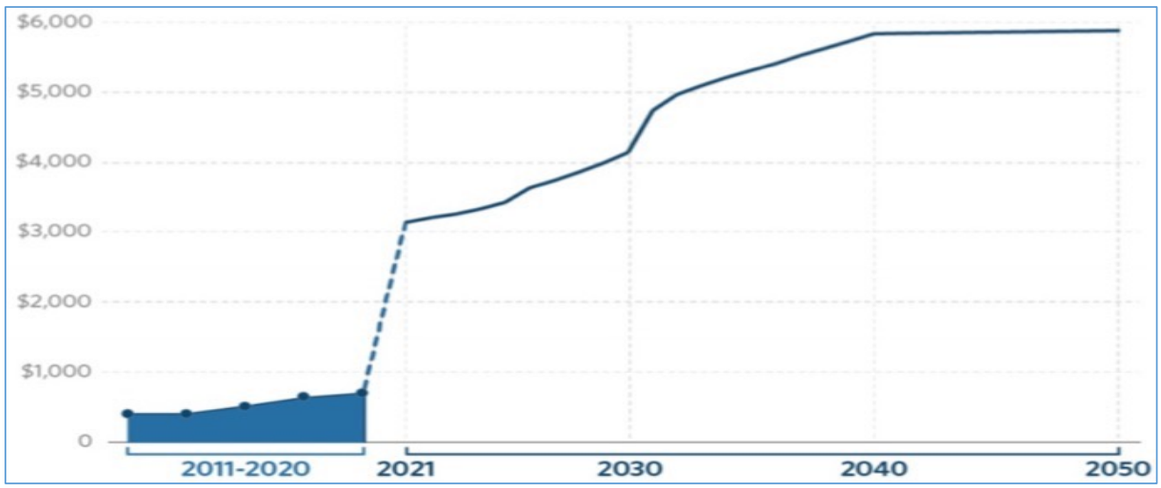
Sürdürülebilirliğe Bağlı Tahviller (Sustainability-linked bonds/SLB), belirli Temel Performans Göstergeleri (Key Performance Indicators/KPI) ve bir bütünlük düzeyinde Sürdürülebilirlik Performans Hedefleri (SPT) ile ihraç edilen ileriye dönük, performansa dayalı borçlanma araçlarıdır. Yeşil, Sosyal ve Sürdürülebilirlik (GSS) tahvilleri, Sürdürülebilirliğe Bağlı Tahviller (SLB) ve Geçiş tahvillerinin toplam hacimleri 2021'in ilk yarısında yaklaşık yarım trilyon (496,1 milyar), SLB ihracı ise 32.9 milyar Amerikan Doları'na ulaşmıştır .



Şekil 16 *Dünyada Yeşil Finansman*

Kaynak: ICP

Bu verilerden hareketle, 1.5 C0 hedefi için gerekecek yeşil finansman boyutunun 2030'da 4 trilyon, 2050'de ise 6 trilyon dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 17 *1.5 C0 Hedefinin Tutması İçin Gerekli Olan Finansman*

Kaynak: ICP

a.g.e

IFC Emerging Market Green Bonds Report 2020, s.11, https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/0fab2dcd-25c9-48cd-b9a8-d6cc4901066e/2021.04+-+Emerging+Market+Green+Bonds+Report+2020+-+EN.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nBW.6AT, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

2.4 AB'de Sürdürülebilir Finansman Alanındaki Çalışmalar ve AB Taksonomisi

Türkiye'de yeşil finansman kapsamında yapılacak yasal düzenlemelerde, AB'deki ilgili mevzuatın da dikkate alınması önem arz etmektedir. Yeşil ve sürdürülebilir finansman konusu ülkelerin politika gündemlerinde giderek daha fazla yer tutmakta ve bu alanda AB'deki mevzuat da değişmekte ve gelişmektedir. Bu kapsamda, AB'nin Taksonomi Tüzüğü, Avrupa Yeşil Tahvil Standardı, Sürdürülebilir Finans Raporlama Tüzüğü gibi yeni mevzuat çalışmalarının yakından takip edilmesi önemlidir.

Avrupa Komisyonu, Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde sürdürülebilir finans stratejisini yenileyerek 6 Temmuz 2021 tarihinde 'Sürdürülebilir Ekonomiye Geçiş için Finansman Stratejisini' açıklamıştır. Yatırımları daha sürdürülebilir teknolojilere ve işletmelere yönlendirmeyi, böylece iklim ve çevre hedeflerine ulaşılmasını desteklemeyi amaçlayan Strateji altı alanda eylemler içermektedir:

1. Dönüşüm finansmanına erişimi kolaylaştırmak için mevcut sürdürülebilir finansman araçlarının genişletilmesi

2. KOBİ'lerin ve tüketicilerin dönüşüm finansmanına erişimi için doğru araç ve teşviklerin sağlanarak kapsayıcılığın artırılması

3. Ekonomik ve finansal sistemin sürdürülebilirlik risklerine karşı direncinin artırılması

4. Finans sektörünün sürdürülebilirliğe katkısının artırılması

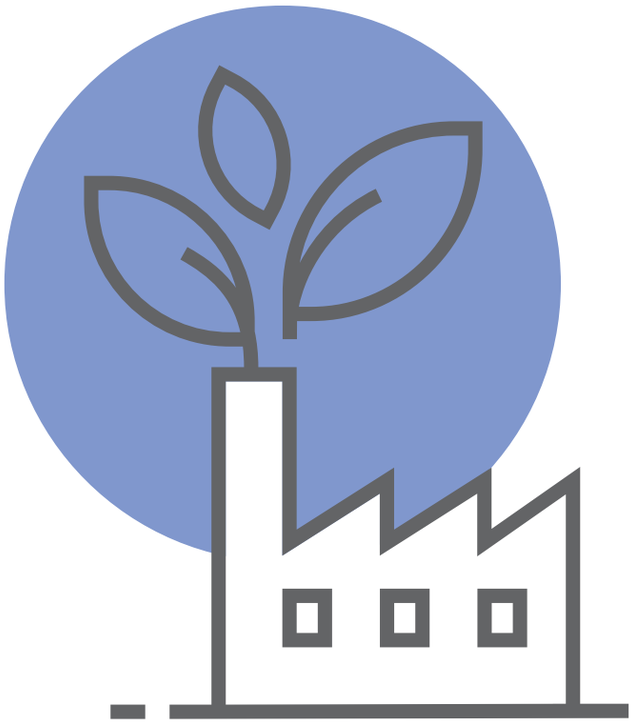
5. AB finansal sisteminin bütünlüğünün ve sürdürülebilirliğe geçişinin sağlanması

6. Sürdürülebilir finans konusunda uluslararası girişimlerin ve standartların geliştirilmesi ve AB'nin ortak ülkelerinin desteklenmesi

AB ile İlişkiler Genel Müdürlüğü Bilgi Notu, Yeşil Finansman Komisyonu'na 27 Ocak 2020 tarihinde iletilmiştir.

İklim değişikliği konusunda artan duyarlılık ve farkındalık sonrası artık birçok fon yöneticisi kaynaklarını iklim değişikliği ile mücadele ve sürdürülebilir çevre amaçlarına katkı sağlayacak yatırım/tasarruf araçlarına yönlendirmeyi tercih etmektedir. Bu durum söz konusu amaçlara hizmet edecek finansal ürünlerin piyasada daha fazla talep görmesine neden olmaktadır. Bu finansal ürünlerin başında ise yeşil tahviller gelmektedir.

AB, yeşil tahvil piyasasının etkinliğini, şeffaflığını ve güvenilirliğini artırmak ve piyasa katılımcılarını Avrupa yeşil tahvillerini ihraç etmeye ve bunlara yatırım yapmaya teşvik etmek amacıyla bir Yeşil Tahvil Standardı (EU Green Bond Standard) oluşturmaya çalışmaktadır. Bu kapsamda, şirketlerin hangi ekonomik faaliyetlerinin çevresel olarak sürdürülebilir olduğunu belirlemelerine yardımcı olmak amacıyla AB tarafından yeşil taksonomi adı verilen bir sınıflandırma sistemi geliştirme çalışmaları başlatılmıştır. Sürdürülebilir yatırımları teşvik etmek ve yeşil yatırımlarda standardizasyonu oluşturmak adına bir AB sınıflandırma sistemi oluşturan AB Taksonomi Tüzüğü, 22 Haziran 2020 tarihinde Avrupa Birliği Resmi Gazetesi'nde yayımlanmış ve 12 Temmuz 2020'de yürürlüğe girmiştir. Yeşil taksonomi, çevresel hedeflere hizmet eden faaliyetleri veya yatırımları belirleyerek sermayenin sürdürülebilir projelere yönlendirilmesine yardımcı olacaktır. Çevreyi kirleten sektörlerden yeşil sektörlere geçişi kolaylaştırmayı amaçlayan AB taksonomisinin, teknolojik gelişmeler çerçevesinde düzenli olarak güncellenmesi planlanmaktadır.



AB taksonomisi yatırım yapmak için zorunlu bir liste olmayıp, sadece çevresel hedeflere önemli ölçüde katkı sağlayacak aktivitelere odaklanmaktadır. Bir yatırımın yeşil olarak sınıflandırılmaması, ilgili yatırımın çevresel açıdan zararlı olduğu anlamına gelmemektedir. AB yeşil taksonomi kapsamında, altı alanda yapılacak yatırımların çevreye zarar vermemesi amacıyla "ciddi zarar vermeme" (do no significant harm) kriterini uygulamaktadır. Bu alanlar, iklim değişikliğiyle mücadelede salım azaltımı, iklim değişikliğine uyum, su ve deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve korunması, döngüsel ekonomiye geçiş, kirliliğin kontrol edilmesi ve önlenmesi, biyoçeşitliliğin ve ekosistemlerin korunması ve restorasyonudur. Bir ekonomik aktivitenin yeşil, yani çevresel açıdan sürdürülebilir olarak tanımlanabilmesi için, belirlenen altı çevresel hedeften en az birine önemli ölçüde katkı yapması ve diğer beş çevresel hedefe ciddi zarar vermemesi gerekmektedir.

Taksonomi Tüzüğü, yetki devrine dayanan tasarruflar (delegated acts) yoluyla Komisyona her çevresel hedef için teknik tarama kriterlerini tanımlayarak çevresel olarak sürdürülebilir faaliyetlerin fiili listesini oluşturma görevi vermektedir. İklim değişikliğine uyum ve iklim değişikliğini azaltma hedeflerine yönelik sürdürülebilir faaliyetlere ilişkin ilk Yetki Devrine Dayanan Komisyon Tasarrufu 21 Nisan 2021'de yayımlanmıştır. Buna ilave olarak sürdürülebilir finans araç kitinin (toolbox), dönüşüm için finansmana erişimi nasıl kolaylaştıracağına ilişkin mesajlar içeren 'AB Taksonomisi, kurumsal sürdürülebilirlik raporlaması, sürdürülebilirlik tercihleri ve güvene dayalı görevler: Finansmanın Avrupa Yeşil Mutabakatına yönlendirilmesi" konulu bir Komisyon Tebliği de yayımlanmıştır. Söz konusu düzenleme, AB içerisinde sürdürülebilir faaliyetlere yönelik para akışını iyileştirmeye yardımcı olmak için 21 Nisan 2021'de açıklanan kapsamlı önlem paketinin bir parçasıdır. Anılan önlem paketi kapsamındaki tedbirler, yatırımcıların yatırımları daha sürdürülebilir teknolojilere ve işletmelere yeniden yönlendirmelerini sağlayarak, Avrupa'yı 2050 yılına kadar iklim nötr hale getirmeye yardımcı olacak ve AB'nin sürdürülebilir finans için standartlar belirlemede küresel bir lider olmasına katkı sağlayacaktır.

Paket kapsamında ayrıca, Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlama Direktifi (CSRD) teklifi sunulmuştur. Söz konusu Direktif teklifi, finansal firmalar, yatırımcılar ve kamuoyunun karşılaştırılabilir ve güvenilir sürdürülebilirlik bilgilerini kullanabilmesi için şirketlerin sürdürülebilirlik raporlamasını daha tutarlı hale getirecek ve kurumsal dünyada sürdürülebilirlik bilgi akışını iyileştirecektir. Böylece, finans piyasası katılımcıları ve büyük firmaların Taksonomi ile ilgili alanlarda beyan yükümlülükleri sayesinde şeffaflık artacaktır.

Covid-19 virüsünün sebep olduğu pandemi nedeniyle yaşanan kriz, sürdürülebilir finans araçlarına duyulan ihtiyacı daha da artırmış ve Covid sonrası dönemde finansal kaynakların sürdürülebilir hedeflere hizmet edecek şekilde yönlendirilmesi için önemli bir fırsat penceresi yaratmıştır. Covid-19 pandemisi, ticaretten turizme, ulaşımdan üretime pek çok kanaldan ekonomileri olumsuz etkileyerek mevcut ekonomik ve sosyal zorlukları daha da artırmıştır. Krize karşı verilen politika tepkisi ve ekonomik iyileşmeyi desteklemek için sağlanan mali yardımlar, daha sürdürülebilir ve yeşil bir ekonomiye geçişte önemli bir rol oynayacaktır.

AB, Covid-19 krizini aşmak için kamu ve özel sektör yatırımlarını AYM hedefleri doğrultusunda yönlendirmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda, AB'nin 2021-27 dönemini kapsayan yeni Çok Yıllı Mali Çerçevesi ve Yeni Nesil AB (Next Generation EU) toparlanma fonu, AB'nin uzun vadede daha sürdürülebilir bir ekonomiye dönüşmesi için kapsamlı ve iddialı taahhütler içermektedir. AB'nin 2021-27 dönemini kapsayan 1,074 trilyon avroluk yeni Çok Yıllı Mali Çerçevesi ve buna ek olarak Covid-19 krizinin yarattığı olumsuz etkilerle mücadele etmek için açıkladığı 750 miyar avroluk Yeni Nesil AB toparlanma paketinin %30'unun iklim değişikliğiyle mücadele için harcanması hedeflenmektedir. Ayrıca, Yeni Nesil AB toparlanma fonunun %30'unun (225 milyar avro) yeşil tahviller aracılığıyla toplanması ve böylece Kovid-19 krizinden toparlanma sürecinde sürdürülebilir yatırımların desteklenmesi hedeflenmektedir.

AB'nin 7 Eylül 2021'de kabul ettiği Yeşil Tahvil Çerçevesi kapsamında, Komisyon'un Yeni Nesil AB toparlanma fonunun %30'una tekabül eden yaklaşık 250 milyar Avro tutarında yeşil tahvili 2026 yılı sonuna kadar piyasalardan ihraç etmesi planlanmıştır. Bu kapsamda, AB genelinde sadece yeşil ve sürdürülebilir yatırımlar için kullanılmak üzere 12 milyar avroluk 15 yıl vadeli ilk tahvil ihracı Ekim 2021'de gerçekleştirilmiş ve bu ihraca 135 milyar avro ile ihraç miktarının 11 kat üzerinde talep gelmiştir. Söz konusu miktar bugüne kadar yapılmış en yüksek yeşil tahvil ihracıdır. Yeşil tahvil ihraçlarıyla, Yeni Nesil AB aracının ana enstrümanı olan Toparlanma ve Dayanıklılık İmkânı (Recovery and Resilience Facility-RRF) kapsamındaki iklimle ilişkili harcamaların finanse edilmesi planlanmaktadır.

Yeşil Tahvil Çerçevesi kapsamında yatırımcılara, yeşil tahvil ihracıyla toplanan fonların yeşil dönüşüm için nasıl kullanılacağı konusunda bilgi sunulacak ve yeşil projelerin çevreye etkileri hakkında Komisyon tarafından düzenli rapor hazırlanarak yatırımcıların bilinçli karar almaları sağlanacaktır.

AB'nin yeşil taksonomi kapsamında uyguladığı "ciddi zarar vermeme" (do no significant harm) kriteri, üye devletler tarafından hazırlanacak kurtarma ve dayanıklılık planlarında da dikkate alınacaktır. RRF Tüzüğü uyarınca, üye ülkeler yeşil projelere yaptıkları tahsisatları ve projelerin etkilerini içeren raporları Komisyona sunacak olup raporlamanın Yeşil Tahvil Çerçevesinde belirlenen dokuz kategoriye göre (yeşil dönüşümü destekleyen araştırma ve inovasyon faaliyetleri, yeşil dönüşümü destekleyen dijital teknolojiler, enerji verimliliği, temiz enerji ve ağ, iklim değişikliğine uyum, su ve atık yönetimi, temiz ulaşım ve altyapı, doğanın korunması, rehabilitasyon ve biyolojik çeşitlilik ve diğer) yapılması planlanmaktadır.

AB'de sürdürülebilir finans konusunda yaşanan bu gelişmelerin yakından takip edilmesi, Türkiye'nin de bu fırsatlardan etkin bir şekilde faydalanabilmesi açısından önem arz etmektedir. Yeşil tahvil piyasası, çoğu gelişmekte olan piyasada olduğu gibi Türkiye'de de hala gelişiminin erken bir aşamasındadır. Türk finans kuruluşlarının yeşil tahvil ihraç etme potansiyelinin, yeşil proje finansmanı portföyleriyle birlikte zamanla daha da genişlemesi beklenmektedir. Sürdürülebilir finansın ülkemizde daha da geliştirilmesi için ilgili tüm kurum ve kuruluşlarının eşgüdüm içerisinde gerekli düzenlemeleri bir an önce hayata geçirmesi önem taşımaktadır.

2.5 İktisat Yazınında Yeşil Finansmanı Teşvik Edici Politika Araçları

Sürdürülebilir fonlara yatırım yapmak fon sahibi yeşil firmalar için daha fazla sermaye demektir ve bu da firmaların tahvil ve hisse ihracını artırmaktadır. Piyasada sürdürülebilir yatırım fonlarının geleneksel emsallerinden daha hızlı büyüdüğünü gösteren yükselen bir trend gözlenmektedir. Sürdürülebilir fonlara net akışlar özellikle 2020'de ciddi seviyelere çıkmış; özellikle iklim temalı fonlar hızla büyümüştür.

Çevre ekonomisi yazınına göre, bu olumlu gidişatı devam ettirmek için atılması gereken şunlardır: i) hem firmalar hem de yatırım fonları için verilerin, aydınlatma metinlerinin ve sürdürülebilir finans kategorilerinin şeffaf ve doğru bir şekilde paylaşılması için uygun ortamın oluşturulması, ii) fon etiketlerinin ve taksonomisinin karmaşıklıktan uzak, tek tip ve anlaşılır bir şekilde yapılandırılması. Böylece bir fonun yatırım stratejisi, katılım ve yönetimine ilişkin genel yaklaşım kolaylıkla özetlenebilecektir.

Az gelişmiş ülkeler (AGÜ) ve gelişmekte olan ülkeler (GOÜ), iklim değişikliğinin yaratacağı risklere gelişmiş ülkelere göre daha fazla maruz kalmaktadır ve kalacaktır. Dünyada bazı AGÜ ve GOÜ'ler kendi ekonomik yapılarına ve geleneksel para politikalarına uygun politikaları uygulamaya koymuşlardır. Bu ülkelerin merkez bankalarının ve ilgili kamu finans kuruluşlarının kullandığı en önemli yeşil politikalar şunlardır:

- Yeşil sektörlere kredi tahsis etme amacıyla yeşil kredi tahsis araçlarının geliştirilmesi ve kullanılması;
- Finansal istikrarı korumak için ihtiyati ve makro-ihtiyati yeşil düzenleyici araçların geliştirilmesi ve kullanılması;
- Yeşil sektörlere finansman sağlamak için yönlendirici ilkelerin belirlenmesi veya yeşil tahvil piyasalarını desteklemeye yönelik faaliyetlerin yürütülmesi.

Bangladeş, Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya ve Güney Kore bu politikaları kullanan ülkelerden altı tanesidir. Özellikle yeşil büyüme ve yeşil sektörlere kredi tahsisi politikaları söz konusu ülkenin mevcut finansal müdahale geleneklerine bağlı olarak şekillenmektedir. Örneğin, Hindistan ve Bangladeş geçmişte merkezileştirilmiş kredi tahsis politikaları yürütmüşlerdir. Bu ülkeler, mevcut öncelikli kredi programlarına

başta yenilenebilir enerji projeleri olmak üzere yeşil projeler için yeni kategoriler eklemişlerdir. Öte yandan, Kore, Brezilya ve Çin'de ulusal kalkınma bankaları, merkez bankasının kahverengi sektörlere verilen kredileri azaltmaya yönelik adımlarıyla yeşil sektörlere daha fazla kredi verilmesinde önemli bir rol oynamıştır. Son yıllarda yeşil tahviller; Çin, Hindistan ve Kore dâhil olmak üzere çoğu zaman merkez bankalarının desteğiyle birçok ülkede yükseliş trendine sahiptir. Brezilya merkez bankası, ticari bankaların kredilerini çevresel ve sosyal (Environmental & Social) risk kriterlerine göre stres testine tabi tutmalarını ve bu risklere karşı ek sermaye bulundurmalarını şart koşmaktadır. Bununla birlikte, iklim değişikliğinin sistemik finansal riskler oluşturduğuna dair görüşler giderek daha fazla kabul görse de, çoğu ülkede yeşil makro-ihtiyati politikalar hala emekleme aşamasındadır. Genel kanıya göre başarılı bir yeşil finans girişimi için çevresel ve sosyal risk yönetimi, yeşil tahvil piyasaları, bireysel bankacılık ve sigorta sistemi dâhil olmak üzere finansal sistemin çeşitli yönleri ele alınmalıdır .

Bunların ötesinde, yalnızca merkez bankalarının değil diğer finansal düzenleyici kurumların da merkezi bir rol oynadığı çok çeşitli politika girişimleri mevcuttur. Nitekim, Volz'a göre ; Merkez Bankalarının yeşil yatırımlarını artırmaya yönelik araçları şunlar olabilir; farklılaştırılmış reeskont oranları, para çarpanını etkileyen farklılaştırılmış sermaye ya da rezerv zorunluluğu. Bu araçlar yeşil kredileri ve diğer bazı geleneksel olmayan politikaları teşvik etmek için kullanılabilir.

2.5.1 Para Politikasında Yeşil Dönüşüm: Düşük Karbonlu Kalkınma Perspektifinden Yeşil Merkez Bankacılık

Artık "varoluşsal bir tehdit" olarak tanımlanan iklim krizinin (Lagarde, Gaspar, 2019), politika yapıcıların karar alma süreçlerini de etkileyen/etkilemesi gereken bir noktaya geldiği bilinmektedir. Yakın zamana kadar İngiltere Merkez Bankası'nın eski başkanı Mark Carney tarafından özellikle finansal istikrara etkileri üzerinden merkez bankacılık ile ifade edilen iklim krizi-para politikası etkileşimi, artık fiyat istikrarı ve sürdürülebilir büyümeyi de kapsayacak şekilde ele alınmaktadır.

New Economic Foundation (2017): Green Central Banking in Emerging Market and Developing Country Economies
Volz U. (2017): "On The Role Of Central Banks In Enhancıng Green Fınance", UN Environment Inquiry/CIGI Research Convening.

2008 Krizi sonrasında çok popüler olan "siyah kuğu" kavramından hareketle, iklim krizi ile bağlantılı, olasılığı düşük ancak yıkıcılığı yüksek risklere "Yeşil Kuğu" adı verilmektedir. Yeşil Kuğu'ları manşete taşıyan Bank for International Settlements, Yeşil Kuğu tarzı gelişmelerin, merkez bankalarının "son kurtarma mercii" olarak sahneye çıkmalarına neden olabileceğini söylerken (Bolton, Despres, Da Silva, Samama, & Svartzman, 2020:1); sorunun finansman boyutu öne çıkmaktadır. Öte yandan, pek çok merkez bankasının en önemli görev tanımı olan fiyat istikrarının iklim krizinin yarattığı arz yönlü şoklardan etkilenmesi de, merkez bankalarının görev tanımları içerisinde iklim krizi ile ilgili riskleri ve etkileri gözetmeleri gerektiğine işaret etmektedir (Ünüvar, 2020). Nitekim politika adımları içerisinde iklim değişikliği ile ilgili risklerin de gözetildiği "Yeşil Merkez Bankacılık" çerçevesi (Dikau, Volz, 2018) giderek önem kazanmaktadır.

Bu yaklaşımlara popüler örnek olarak, Fransa Merkez Bankası Başkanı François Villeroy de Galhau'nun, "iklim değişikliğinin, (merkez bankalarının) fiyat istikrarının sağlama yetkinliklerine olumsuz etkisi" (Villeroy de Galhau, 2021) tespitinin Avrupa Merkez Bankası (AMB) içerisinde karşılık bulduğu örneği verilebilir. Nitekim Temmuz 2021'de yapılan basın açıklamasında Avrupa Merkez Bankası da iklim değişikliği ile ilgili endişelerin para politikası çerçevesine yansıtılacağının altını çizmiştir (AMB, 2021). İngiltere Merkez Bankası (Bank of England, 2017) ise iklim değişikliğine karşı geliştireceği mücadeleyi kategorilere ayırmış ve ilk olarak bankacılık ve sigorta sektörlerinin iklim değişikliği odaklı denetimini, ikinci kategoride de araştırma aktiviteleri, özel sektörün ve uluslararası paydaşların katılımını amaçlayan bir mekanizma kurgulamakta olduğunu ilan etmiştir.

Yeşil Merkez Bankacılığına ilişkin tartışmaların merkez bankalarının rezerv yönetimini de kapsayacak şekilde genişlediği gözlenmektedir. Birçok merkez bankası, uluslararası yeşil finans piyasalarının gelişimini ve bu kapsamda küresel bazda yeşil dönüşümü desteklemek amacıyla rezerv yönetimi kapsamında yeşil finans araçlarına yatırım yapmaya veya bu yönde çalışmalara başlamıştır. Nitekim Bank for International

Settlements tarafından yakın zamanda kullanıma açılan ve toplamda 2 milyar ABD dolarına yaklaşan iki farklı fon, merkez bankalarının rezerv yönetimlerinde yeşil enstrümanları da gözetmesi için ek bir imkan sunmaktadır. (BIS, 2021). Bu nedenle yeşil finans uygulamalarının desteklenmesi, yeşil merkez bankacılık çerçevesinde çok popüler ve isabetli bir araç olarak yerini almaktadır.

Bununla birlikte rezerv yönetimi kapsamında yeşil finansal araçlara yatırımın, birçok merkez bankasındaki güvenli yatırım ve likidite öncelikleri nedeniyle büyük ölçüde devlet ve uluslar-üstü kuruluş ihraçları ile sınırlı kalabileceği ve bunların ihraç hacimleriyle paralel olarak artacağı; ayrıca rezervlerin yurtdışında yatırıma tabi tutulması nedeniyle yurtiçi yeşil finans piyasalarının gelişimine ancak dolaylı bir destek sağlayabileceği de akılda tutulmalıdır.

Yeşil ekonomiye ve düşük karbonlu kalkınmaya geçiş, tek bir kurumun başaramayacağı kadar kapsamlı bir konudur (Ünüvar, 2019). Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar çerçevesinde, her kurumun iklim politikalarından etkileneceği ve iklim politikasına katkı sunabileceği alanları belirlemesi, kurumların kendi performansları kadar ülkenin toplam performansını da yukarı çekecektir. Bu kapsamda, merkez bankalarına düşen rolün de arttığı konusunda genişleyen bir uzlaşı bulunmaktadır. Merkez bankalarının bağımsızlığı ve hedefleri ile çelişmeden, düşük karbonlu kalkınmanın merkez bankalarının değil hükümetlerin görevi olduğu unutulmadan yapılacak olan bir tasarım, merkez bankalarının hızla değişen küresel ekonomiye adaptasyon gücünü de arttıracaktır.

2.6 Gelişmekte Olan Ekonomilerin İklim Değişikliği Konusunda Attığı Adımlar

İklim değişikliği risklerinin ağırlıklı olarak gelişmekte olan ülke ekonomilerini etkileyeceği iktisat yazınında ortak görüştür . Bu risklerden korunmak için merkez bankalarına büyük bir görev düşmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin merkez bankalarının, sürdürülebilir kalkınmayı ve devletin ekonomi politikası gündemini desteklemek adına sahip olduğu görev alanlarını ve etkin piyasa gücünü kullanması en öncelikli konulardandır . İklim değişikliği risklerinden korunmak ve yeşil finans problemini çözmek için alınması gereken önlemler (para politikası, makro ve mikro-ihtiyati politikalar) çeşitli gelişmekte olan ülkeler tarafından uygulamaya alınmıştır.

Merkez bankaları, makro-ekonomik istikrarı koruyarak, yeşil yatırımları desteklemek için borçlanma maliyetini düşürerek, yeşil varlıkların gelişimini kolaylaştırarak, iklim değişikliğinden kaynaklanan finansal risklerin analiz yöntemlerini belirleyerek ve risklerle ilgili finansal sistemdeki bilgi paylaşımını geliştirerek, iklim değişikliğine uyum sürecini destekleyebilirler. .

Literatürde uygulanacak politikaların her ülke için farklı olması gerektiği konusunda görüş birliği olsa da bazı genel politika önerileri ortaya konmuştur. Bu noktada hem maliye politikası hem de para politikası önemli araçlar içermektedir. Maliye politikası fosil yakıt sübvansiyonlarının kaldırılmasıyla yeşil sektörlere teşvik amaçlı mali alan yaratılması, yeşil teknolojilerin gelişmesi için düşük sermaye maliyetleri ile kamu desteği sağlanması, yeşil sektörler için teşvikler sağlanması (vergi indirimleri ve vergi muafiyetleri gibi), kirletici sektörlerin engellenmesi için karbon vergisi veya emisyon ticaret sistemi gibi caydırıcı tedbirlerin uygulanması, yeşil altyapıya sahip enerji ve ulaşım projelerine kamu yatırım desteği sağlanması gibi birçok maddeyle açıklanabilirken; para politikası kanalıyla merkez bankalarının müdahale kabiliyeti ön plana çıkmaktadır. 2008 yılından beri ülkeler mali teşvik politikaları geliştirmektedir.

Örneğin Şili 2013'te Ulusal Yeşil Büyüme Stratejisi'ni; 2011 yılında Etiyopya, İklime Dayanıklı Yeşil Ekonomi Stratejisi'ni (Etiyopya Federal Demokratik Cumhuriyeti, 2011); 2009'da Güney Kore Geleceğimize Giden Yol Planı'nı (Yeşil Büyüme Başkanlık Komitesi, 2009a); 2015'te Endonezya, Endonezya'nın Kalkınması için Yeşil Planlama ve Bütçe Stratejisi'ni (Endonezya Cumhuriyeti, 2015); 2011'de Ruanda Yeşil Büyüme ve İklim Değişikliğine Dayanıklılık ve Düşük Karbonlu Ulusal Kalkınma Stratejisi'ni (Ruanda Cumhuriyeti, 2011); 2011'de Güney Afrika Yeşil Ekonomi Anlaşması'nı (Güney Afrika Cumhuriyeti, 2011); 2010-2013 yılları arasında Fransa Ulusal Sürdürülebilir Kalkınma Stratejisi üzerinde çalışıp 2015 yılında yeşil ve adil bir ekonomiye doğru ve 2015-2020 Sürdürülebilir Kalkınmaya Ekolojik Geçiş Ulusal Stratejisinin bir parçası olarak onaylanan Yeşil Büyüme için Enerji Dönüşümü Yasası'nı (Fransa, 2010, 2016) ; 2013'te 2013-2030 Kamboçya Yeşil Büyüme Ulusal Stratejik Planı'nı (RGC, 2013) ve 2012'de Vietnam Yeşil Büyüme Stratejisi'ni (Vietnam Sosyalist Cumhuriyeti, 2012) kamuoyuna sunmuştur.

Carney, M. (2015). Breaking the tragedy of the horizon–climate change and financial stability. Speech given at Lloyd's of London.
Volz U. (2017): "On The Role Of Central Banks In Enhancıng Green Fınance", UN Environment Inquiry/CIGI Research Convening.
Arndt C., Loewald C., and Makrelov K. (2020). Climate Change and Its Implications for Central Banks in Emerging and Developing Economies. Journals of Economic Issues. South African Reserve Bank Working Paper Series.

Güney Kore, açık yasalarla desteklenen, ulusal düzeyde uzun vadeli bir kalkınma stratejisi ve yeşil ekonomi tasarımı olan 2009-2050 Ulusal Yeşil Büyüme Stratejisi'ni uygulamaya koyan dünyadaki ilk ve tek ülke olmuştur. Kore'nin Yeşil Büyüme Ulusal Stratejisinin ilk Beş Yıllık Eylem Planı, 2009'dan 2013'e kadar uygulanmıştır. Bu süre zarfında Kore, yeşil büyüme programlarına (Yeşil Büyüme Başkanlık Komitesi) yılda 12 ila 15 milyar ABD doları (ülkenin GSYİH'sının yaklaşık %2'si) harcamıştır. Kore, yeşil büyüme politikaları için kurumsal çerçeveyi oluşturmada ve yeşil büyüme lideri olarak uluslararası etkisini pekiştirmede de başarılı olmuştur (GGGI, 2015) .

Kamboçya Krallığı, 2009 yılında Ulusal Yeşil Büyüme Yol Haritasını hazırlamıştır (RGC, 2009). Ulusal Yeşil Büyüme Yol Haritasının politika önerilerini temel alan Kamboçya hükümeti, 2013 yılında Yeşil Büyüme Ulusal Politikasını ve Yeşil Büyüme Ulusal Stratejik Planı 2030'u sunmuştur (GGGI, 2016; RGC, 2014). Kamboçya, "yeşil büyümeyi" henüz "politikaları koordine eden ve finansal ve yetenek boşluklarını kapatan bir kalkınma stratejisi" olarak ana akım haline getirememiştir (GGGI, 2016). Dolayısıyla uygulanmakta olan "Yeşil Büyüme Planı" kapsamındaki mali politikalar sonucunda sektörlerdeki karbon emisyonunda önemli bir iyileşme saptanamamıştır.

Öte yandan, merkez bankaları para politikası kanalıyla üç farklı müdahale biçimi kullanmaktadır:

i) Yeşil sektörlere kredi tahsis etme amacını taşıyan yeşil kredi tahsis araçları yaratmak ve yeşil sektörlere fon akışını kolaylaştırmak,

ii) Finansal istikrarı korumaya yönelik yeşil düzenleyici (ihtiyati ve makro-ihtiyati) araçlar geliştirmek,

iii) Yeşil finansa geçiş için geçiş yönergeleri geliştirmek, yeşil tahvil piyasalarını

Gramkow C. (2020) Green Fiscal Policies: An Armoury of Instruments To Recover Growth Sustainably. United Nations publication.
Republique Francaise (2016), "Energy Transition for Green Growth Act."
(2010), "National Sustainable Development Strategy 2010-2013: towards a green and fair economy."
GGGI (Global Green Growth Institute) (2016), "Cambodia country planning framework 2016-2020."
(2015), "Korea's green growth experience: process, outcomes and lessons learned."
(2011), "Growth in motion: sharing Korea's experience."
NEW ECONOMIC FOUNDATION (2017): Green Central Banking In Emerging Market and Developing Country Economies.
Schuknecht, L. 2017. "Singapore's Role in Deepening Regional Green Finance." Speech by Mr Lawrence Wong, Minister for National Development and Second Minister for Finance, at the G20 Green Finance Conference on 15 November. http://www.mas.gov.sg/news-and-publications/Speeches-and-Monetary-Policy-Statements/Speeches/2017/Speech-by-Mr-Lawrence-Wong-at-the-G20-Green-Finance-Conference.aspx (accessed 30 May 2018).

oluşturmak, desteklemek ve piyasaları geliştirmek adına sinyal etkisi yaratmak gibi diğer yeşil merkez bankacılığı faaliyetlerinde bulunmak.

Bu yöntemlerden en az birini kullanarak yeşil merkez bankacılığına adım atmış birçok ülke vardır. Bunlardan bazıları Bangladeş, Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya, Singapur ve Güney Kore'dir . Singapur Merkez Bankası, yeşil tahvil ihracını teşvik etmek için Yeşil Tahvil Hibesi programını uygulamıştır. Bu politikanın bir sonucu olarak, City Developments Limited ve DBS bankası 2017 yılında ilk yeşil tahvilleri ihraç etmiştir (Schuknecht 2017) . Yeşil yatırımları artırabilecek bir diğer politika, Singapur'un 2019'dan itibaren uygulamakta olduğu karbon vergisidir. Bu politika ile Singapur, başta elektrik santralleri olmak üzere 30'dan fazla büyük kirleticinin, bir ton sera gazı emisyonu başına 7.5 ila 15 ABD doları arasında karbon vergisi ödemesini şart koşmaktadır (BNEF 2017; Düşük 2018). Hükümet gelecekteki enerji endüstrisi ihtiyaçları için yetenek ve becerileri teşvik etmek için eğitime yatırım yapmakta ve bu amaçla Hükümet, eğitim kursları, burslar ve ödülleri teşvik etmek için eğitim kurumlarıyla birlikte çalışmaktadır. Ayrıca yeşil büyüme ve kredi tahsisi ile ilgili olarak, ülkelerin mevcut finansal müdahale gelenekleri ülkenin yeşil ekonomiye olan yaklaşımını da şekillendirmektedir.

Geçmişte merkezi kredi tahsis politikalarıyla meşgul olan merkez bankaları – örneğin Hindistan ve Bangladeş – özellikle yenilenebilir enerji projeleri olmak üzere yeşil projeler için mevcut öncelikli kredi programlarını geliştirmişlerdir. Örneğin Bangladeş'te, nüfusun yaklaşık %10'unun konutuna ev tipi güneş enerjisi sisteminin kurulmasını merkez bankasının yeşil finansman programı tarafından desteklendiği tahmin edilmektedir.

Kore, Brezilya ve Çin gibi diğer ülkelerde, ulusal kalkınma bankaları yeşil sektörlere verilen kredileri desteklemede daha önemli bir rol oynamış ve merkez bankası kahverengi sektörlere verilen kredileri azaltmaya odaklanmıştır. Örneğin, Brezilya merkez bankası, ticari bankaların kredilerini çevresel ve sosyal (E&S) risk kriterlerine göre stres testine tabi tutmalarını ve bu risklere karşı ek sermaye bulundurmalarını şart koşmaktadır. Yeşil tahviller, Çin, Hindistan ve Kore de dahil olmak üzere çoğu zaman merkez bankasının desteğiyle birçok ülkede yükselişe geçmiştir. Bu noktada kurumlar arası işbirliği de önemli bir faktördür. Bankacılık sisteminin ya da sektörün tek taraflı adımlar attığı bir yeşil dönüşüm planının başarıya ulaşamayacağı dünyadaki örnekler ile kanıtlanmıştır.

Avrupa Merkez Bankası (ECB) 27 Ocak 2022'de, bankaların iklim riskine hazırlık durumunu değerlendirmek üzere iklim değişikliği riskine karşı "stres testi" uygulayacağını duyurmuştur. Stres testinin 2022'nin ilk yarısında gerçekleştirileceği, söz konusu testin bankaların iklimle ilgili riskleri yönetirken karşılaştıkları zayıf noktaları, iyi yönetim uygulamalarını ve zorlukları belirlemeyi amaçladığı ifade edilmiştir .

Alttaki tabloda diğer ülkelerin uyguladığı politikaları detaylı bir şekilde incelenmektedir:

Tablo 4 Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Vaka Çalışması Bulguları (2017)

Ülke	Yeşil kredi tahsis politikaları	Yeşil ihtiyati ve makro-ihtiyati politikalar	Diğer yeşil finansal müdahaleler	Etkiler/Sonuç
Bangladeş Merkez Bankası (BB)	• Ticari bankalar ve banka dışı finans kuruluşlarının (NBFI) toplam kredi portföylerinin %5'ini yeşil sektörlere tahsis etmeleri gerekmektedir. • Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği projeleri de dahil olmak üzere, yeşil krediyi sübvanse eden bir dizi yeşil finansman hattı bulunmaktadır.	• Çevresel ve Sosyal (Ç&S) açıdan faydalı projeler için daha düşük öz sermaye marjı gerekliliği.	• Bankaların kredilerine ilişkin kredi riski değerlendirmesine dahil edilecek Ç&S risk yönetimi kılavuzlarının yayınlanması. • Bankalar ve NBFI'ların, KSS (kurumsal sosyal sorumluluk) bütçelerinin %10'unu bir İklim Risk Fonuna aktarmaları gerekmektedir. • Bankaların borçluları çevresel düzenlemeler ve riskler konusunda eğitmeleri gerekmektedir. • Bankalar yeşil yönetim uygulamaları, denetim değerlendirmelerinin bir parçasıdır.	• Nüfusun yaklaşık %10'u için, ev tipi güneş enerjisi sistemi yeşil finansman programı tarafından desteklenmiştir. • Bankalar, yönergeler aracılığıyla banka kredilerinde yaygınlaştırılmış Ç&S risk yönetimi uygulamalarını kullandılar. • Makro-ihtiyati politikaya daha az önem verilmiştir.

https://www.bankingsupervision.europa.eu/press/pr/date/2022/html/ssm.pr220127~bd20df4d3a.en.html?utm_source=ecb_twitter&utm_campaign=220127_pr_climate_stress_test, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

NEW ECONOMIC FOUNDATION (2017): Green Central Banking In Emerging Market and Developing Country Economies.

Ülke	Yeşil kredi tahsis politikaları	Yeşil ihtiyati ve makro-ihtiyati politikalar	Diğer yeşil finansal müdahaleler	Etkiler/Sonuç
Brezilya Merkez Bankası (BCB)	•Amazon gibi iklim değişikliğine duyarlı bölgeler için kredi verme konusunda kısıtlamalar mevcuttur. • Ulusal Kalkınma Bankası (BNDES) yeşil sektörlerde önemli bir yatırımcıdır.	• Bankaların Ç&S stres testi yapmalıdır. • Dahili Sermaye Yeterliliği Değerlendirme Süreci (ICAAP)/Basel Anlaşmaları Sütun 2'ye uygun olarak Ç&S riskini sermaye gereksinimlerine dahil etmesi gerekmektedir. Brezilya Merkez Bankası (BMB), dahil edilmesi gereken risk türleri için genel bir çerçeve belirlemiştir. • Bankalar, test doğrulaması için ICAAP'yi özetleyen bir yıllık raporu BMB'ye sunmalıdır.	• Sosyal-Çevresel Sorumluluk Politikası, faaliyette bulunmaya yetkisi olan tüm finans kuruluşları tarafından uygulanması için ayrıntılı yönergeler merkez bankası tarafından hazırlanmıştır. • Bankaların bunu yönetim yapılarına dahil etmeleri ve 5 yıllık bir süre boyunca çevresel zararlardan kaynaklanan fiili mali kayıplar hakkında veri toplamaları gerekmektedir.	• Makro-ihtiyati ve ihtiyati politikaların büyük ölçüde etkili olduğu görülmüştür. • Büyük bankaların çoğu artık Ç&S riskini raporlama ve risk yönetimi stratejilerine dahil ediyor. • Bunun reel ekonomi kredilerini etkileyip etkilemediğine dair henüz yeterli kanıtlara ulaşılamamıştır.
Çin Merkez Bankası (PBC)	• Çin Kalkınma Bankası, yeşil enerji dönüşümü için en büyük kreditördür. • Çin Yeşil Finans komitesi, kısmen PBC tarafından finanse edilen bir Çin Ekolojik Kalkınma Bankası'nın kurulmasını önermektedir. • Fujian Eyaletinde yeşil kredilerde imtiyazlı faiz oranları sağlanmaktadır. • Merkez bankası, ticari bankalar için döngüsel yeşil finansman kanalları üzerine çalışıyor.	• Ç&S risk yönetimi, ihtiyati, bireysel banka ve kredi bazında değerlendirilir. • Çin Bankacılık Düzenleme Komisyonu (CBRC), karbon ve enerji yoğun sektörlere verilen kredileri bastırmayı ve yeşil projelere kredi verilmesini teşvik etmeyi amaçlayan yönergeler yayınlamıştır.	• Çin yeşil kredi politikası, merkez bankası; bankacılık, menkul kıymetler, sigorta düzenleme kurumları ve Çevre Koruma Bakanlığı (MEP) da dahil tüm ilgili kurumlar tarafından benimsenmiştir. • PBC; kredi, idari cezalar ve finansal olmayan firmaların çevresel uyumuna ilişkin bilgiler hakkında açıklayıcı ve şeffaf bilgiler içeren ulusal bir veri tabanı oluşturmak üzere MEP ile işbirliği yapmıştır. Bankaların, çevresel uygunluk kurallarını ihlal eden firmalara kredi vermelerini kısıtlamaları gerekmektedir. • Bankaları Ç&S risk yönetişim standartları oluşturmaya ve yeşil kredi alanlarını belirlemeye teşvik etmek için CBRC tarafından gönüllü yeşil kredi yönergeleri yayınlanmıştır. • PBC aynı zamanda uzun vadeli sermayeyi yeşil yatırımlara çekmek için yeşil tahvil piyasalarının geliştirilmesi üzerinde de çalışmaktadır. Bu tahvillerin yönlenebileceği projeler için uygunluk kriterleri yayınlamıştır.	• 2010 yılıyla birlikte bankalar çevreyi kirleten projelere ve kirli enerji projelerine kredileri azaltırken yeşil kredi politikalarını ve kurumlar arası koordinasyonu izleyen enerji verimliliğine yönelik kredileri artırmaya başlamıştır. • Kanıtlar ayrıca tüm bankaların yönergeleri benimsemediğini ve yerel düzeyde çevresel kaygılar yerine büyümeye odaklanıldığını söylüyor. • 2015 yılıyla birlikte çoğu ticari banka Ç&S risk yönetimi politikalarını benimsemiştir.

Ülke	Yeşil kredi tahsis politikaları	Yeşil ihtiyati ve makro-ihtiyati politikalar	Diğer yeşil finansal müdahaleler	Etkiler/Sonuç
Hindistan Merkez Bankası (RBI)	• Yenilenebilir enerji şirketlerine verilen krediler, RBI'nin Öncelikli Sektör Kredileri (PSL) programına dahil edilmiştir; net ticari banka kredisinin %40'ı öncelikli sektörleri desteklemelidir.	• RBI, finansal istikrarı ve fiyat istikrarını değerlendirirken tarımsal fiyat gelişmelerinin değerlendirilmesine çevresel riskleri dahil etmeyi değerlendirmektedir.	• Ağırlıklı olarak endüstri tarafından yönlendirilen gönüllü yeşil kredi yönergeleri kullanılmaktadır. • 2015 yılından beri yeşil enerjiyi desteklemek amacıyla yeşil tahvil ihraç edilmektedir.	• Yenilenebilir enerji projelerine verilen krediler, 2009–2014 döneminde toplam kredi büyümesinden daha yüksek oranda büyümüştür. • Bununla birlikte, birçok bankanın yıllık PSL hedeflerinin gerisinde kalması ve aynı zamanda birkaç sorunlu kredi olması nedeniyle RBI'nin PSL'sinin etkisi belirsiz olmuştur.
Endonezya Merkez Bankası (OJK)	• 'Endonezya "Sürdürülebilir Finans için Yol Haritası, 2015-2019" ile yeşil ticari banka kredilerine yönelik iddialı planlara imza atmıştır. Ancak KOBİ'lere verilen desteklere rağmen henüz somut bir müdahale yapılmadı.	• OJK, zorunlu tutulmayan değişimlerin banka kredilerini yönlendirmede etkili olmadığı kanıtlanmış olduğundan, Ç&S riskini makro-ihtiyati çerçevesine dahil etmek için çalışmaktadır.	• Gönüllü yeşil kredi yönergeleri yayımlanmıştır. • Endonezya Bankası ve OJK, finans sektörüyle Ç&S riski ve yeşil krediler konusunda kapasite geliştirme konusunda çalıştaylar düzenledi.	• Yeşil yönergelerin veya diğer müdahalelerin etkisi değerlendirilmemiştir. • Ticari bankaların Ç&S riski veya yeşil kredi ile alakalı ciddi adımlar attığına dair çok az kanıt bulunmaktadır. • İlerleme kaydetmek için ilgili tarafları zorunlu tutmak bir gereksinim haline gelebilir.
Güney Kore Merkez Bankası (BOK)	• Maliye politikası genellikle yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği projelerinin düşük faizli kredilerle teşvik edilmesi yoluyla yeşil finansı desteklemek için kullanılmıştır.	• Kore Merkez Bankası, genel bir biçimde ya da sistemik boyutta yeşil mali politikaları veya Ç&S risk yönetimi konularını tartışmaya açmamış ve herhangi bir ortak görüşle hareket etmemiştir. • BOK, kredilerine Ç&S risk değerlendirmeleri uygulamıştır.	• Devlete ait Kore Kalkınma Bankası (KDB) 2009 yılında yeşil sektörlere yatırım yapmaya başladı ve yakın zamanda yeşil tahvilleri teşvik etmeye başlamıştır. • Hükümet, yeşil ihracat kredileri de dahil olmak üzere yeşil yatırımlar için çeşitli sübvansiyonlar sağlamaktadır. • Kore Kamu İhracat-İthalat Bankası, Asya'da yeşil tahvil ihraç eden ilk finans kuruluşudur.	• Mali düzenleme ve mali sistemin yeşillendirilmesi, şu anda Kore'nin hâlâ iddialı yeşil büyüme stratejisinin merkezinde yer almıyor, bunun sebebi merkez bankasının politika adımlarına dahil edilmemesi olabilir (Para politikası yoluyla). • Maliye politikası ve devlet kalkınma bankaları baskın rol oynamıştır.

Özet olarak, uluslararası yazından elde edilen görüşler, finansal fonları doğru/yeşil/temiz sektörlere ve firmalara yönlendirmek amacıyla merkez bankalarının ve düzenleyici kuruluşların kullanabileceği temel ilkeleri ve politika araçlarını şu şekilde sıralanmaktadır:

i. Kamuyu Aydınlatma Yükümlülükleri (Disclosure requirements): Firmaların iklim değişikliği risklerinden nasıl etkileneceklerine dair bilgi ve verileri şeffaf bir şekilde paylaşmaları gerekmektedir.

ii. Yönlendirilmiş Yeşil Kredi Politika Araçları (Directed Green Credit Policy Instruments): Yönlendirilmiş kredi politikası araçlarının altı ana kategorisi vardır: i) öncelikli sektörler için sübvansiyonlu kredi oranları, ii) farklı re-eskont oranları, iii) doğrudan bütçe sübvansiyonları, iv) kredi tabanları, v) kredi tavanları ve vi) uzmanlaşmış finans kurumlarının yaygınlaştırılması. Bunlardan en yaygın kullanılanı öncelikli sektörler için sübvansiyonlu kredi oranlarıdır.

iii. Farklılaştırılmış Reeskont Oranları: Merkez bankaları, ticari bankaların yeşil sektörlere düşük kredi faiz oranları ile kredi vermesini teşvik etmek için o bankalara özel daha düşük farklı re-eskont oranları kullanabilir.

iv. Yeşil Farklılaştırılmış Rezerv Gereksinimleri (Green Differentiated Reserve Requirements): Rezerv gereksinimleri, bankaların kredi yaratma kabiliyeti ve dolayısıyla bir ekonominin para stoku üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Merkez bankaları zorunlu rezerv miktarını düşürürse, bankalar kredilerini artırabilir. Bankalara ihraççı olarak ihraç ettikleri yeşil menkul kıymetler üzerinde daha düşük zorunlu karşılık oran ayırmaları imkanını sunmak, bankaların yeşil yatırımları geleneksel yatırımlara tercih etmelerinin bir yolu olacaktır. Daha yüksek yeşil kredi payına sahip bankaların daha düşük zorunlu karşılıklara tabi olduğu böyle bir politika, Lübnan merkez bankası Banque du Liban tarafından 2010 yılında uygulamaya konmuştur (BDL 2010).

v. Farklılaştırılmış Sermaye Gereksinimleri (Differentiated Capital Requirements): Sermaye gereksinimleri, bankanın türüne ve verdiği kredilere göre farklılaştırılabilir. Sermaye yeterlilik rasyosu ile asgari gereklilikler ya da farklı varlıkların risk ağırlıkları, bankaların kredi yaratma kabiliyetini doğrudan etkilemektedir .

vi. Karbon Sertifikalarının Ticari Bankaların Yasal Yedeklerine Dahil Edilmesi (Accepting Carbon Certificates as Part of Commercial Banks' Legal Reserves): Rozenberg ve diğerleri , karbon sertifikalarını ticari bankaların yasal rezervlerinin bir parçası olarak

---

Fry, M.J. (1995): "Flexibility in Finance", in Tony Killick (ed.), The Flexible Economy. Causes and Consequences of the Adaptability of National Economies, London: Routledge, 209–326.

Bankaların yeterli öz kaynak bulundurmasına ilişikin usul ve esaslar; Basel II standartları dikkate alınarak Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) tarafından Haziran 2012'de yayımlanan sermaye yeterliliğine ilişkin 28337 no.lu Yönetmelik ile düzenlenmiştir https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120628-17.htm, 21.03.2022'de erişim sağlanmıştır.

Rozenberg, J., Hallegatte, S., Perrissin-Fabert, B. and Hourcade, J.-C. (2013): "Funding Low-carbon Investments in the Absence of a Carbon Tax", Climate Policy 13 (1), 134–141.

kabul edilebilir hale getirip karbon sertifikaları piyasasını geliştirme fikrini ortaya atmıştır. Buradaki fikir, karbon sertifikalarını düşük karbonlu projelere dağıtmak ve onları imtiyazlı kredilerle takas edilebilir hale getirmektir. Bu, düşük karbonlu projeler için sermaye maliyetlerini azaltacaktır. Düşük karbonlu projeler bu yolla 'düzenli' yatırımlar için nispeten daha çekici hale gelecektir.

vii. Yeşil Parasal Genişleme ve Rezerv Yönetimi (Green Quantitative Easing and Reserve Management): QE kapsamındaki varlık alımları, yeşil tahviller gibi yeşil finansal varlıkların satın alınması şeklindeki varlık alımlarına dönüştürülebilir. Bu alımların, yeşil tahvil ihraççıları için borçlanma maliyetlerini düşürerek bu yöndeki yatırımları artıracağı beklenmektedir. Bu kapsamda, İngiltere Merkez Bankası, 2021 yılı Kasım ayında sıfır emisyon hedefini desteklemek amacıyla şirket tahvilleri alım programı kapsamında yeşil tahvil alımlarına başlayacağını açıklamıştır. Avrupa Merkez Bankası da, 2022 yılı sonuna doğru şirket tahvil alımlarına iklim değişikliği kriterini getirmeyi hedeflemektedir.

Rezerv yönetimi kapsamında ise merkez bankaları rezerv varlıklarını sürdürebilir ve sorumlu yatırım standartlarına (NGFS, 2019) göre yönetebilmekte; yeşil finans araçlarına yatırım yaparak yeşil finansmanın gelişimine destek verebilmektedir. Ancak, merkez bankaları, rezervlerinin yeşil finans araçlarına yatırımında bir takım kısıtlarla karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin merkez bankaları, döviz piyasalarındaki rolleri nedeniyle, rezerv yönetiminde güvenli yatırım ve likidite kriterlerini getirinin önünde tutmakta ve yatırımlarında muhafazakâr bir yaklaşım izlemektedir. Bu kapsamda çoğu merkez bankası yalnızca yüksek kredi değerliliğine sahip devlet, devlet garantili kuruluş ve uluslar-üstü kuruluş ihraçlarına yatırım yapmakta; sadece bazı gelişmiş ve yüksek rezerve sahip ülkeler rezerv varlıklarında genelde görece küçük ölçeklerde şirket tahvilleri ve hisse senetlerine yer vermektedir. Bu durum merkez bankalarının yatırım yapabileceği yeşil finans araçlarını önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Söz konusu ihraçların likiditelerine ilişkin endişeler de merkez bankalarının bu araçlara ihtiyatlı yaklaşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, yeşil tahvil ihraçlarının vadeleri, sürdürülebilirlik konusunun uzun erimli stratejik bir hedef olarak değerlendirilmesi nedeniyle ağırlıklı olarak uzun vadeli gerçekleşirken, merkez bankaları likidite kriterleri kapsamında daha kısa/orta

NGFS (2019), "A Sustainable and Responsible Investment Guide for Central Banks' Portfolio Management", Network for Greening the Financial System Technical Document, Ekim 2019

vadeli yatırımlar gerçekleştirmektedir. Tüm bu unsurlar, merkez bankalarının rezerv yönetimi kapsamında yeşil finansman araçlarına yatırım imkânını sınırlandırmaktadır. Öte yandan rezerv yönetimi kapsamında yapılan yeşil yatırımlar uluslararası yeşil finans piyasalarındaki yatırımcı tabanını genişleterek uluslararası piyasanın gelişimine destek olurken, yurtiçi yeşil finans piyasalarının gelişimine genel olarak doğrudan bir katkı sağlamamakta; ancak sinyal etkisi, uluslararası piyasanın gelişiminin yarattığı pozitif dışsallıklar vb. etkilerle dolaylı bir destek sağlayabilmektedir.

Yeşil Finans İlkeleri ve Çerçevesi/Yeşil Düzenleyici Planlama (Green Finance Guidelines and Frameworks/Green Regulatory Planning): Diğer bir seçenek, bankaları daha yeşil kredilendirmeye yönlendirmeyi amaçlayan yeşil kredi yönergelerinin yayınlanmasıdır. Örneğin, Çin Çevre Koruma Bakanlığı, Çin Merkez Bankası ve Çin Bankacılık Düzenleme Komisyonu 2006'dan beri yeşil kredi politikası uygulamıştır. Bu yolla bankalar, kredi talebinde bulunan firmaların bulunduğu sektörlerin çevresel performanslarına dayalı faiz oranları sunmuşlardır. (Schoenmaker ve Schramde, 2019).

ix. Yumuşak Güç (Soft Power): Merkez bankalarının birleştirici rolü ve yumuşak gücü, yeni yeşil pazar alanlarının veya ürünlerinin geliştirilmesini teşvik etmek ve sürdürülebilir finansal piyasa uygulamalarını beslemek için çok önemlidir. Merkez bankalarının iklim ve diğer çevresel sorunları gündemlerine alması, konunun ekonomi ve finansal piyasalar için önemini vurgulayarak diğer piyasa oyuncuları tarafından daha büyük bir ciddiyetle ele alınmasını sağlayabilir (Volz, 2017).

x. Merkez Bankalarının İklim Yükünün Doğrudan Azaltılması (Reducing the direct climate burden of a Central Bank): Merkez Bankaları, kendi fon portföylerinden ve çalışanlarının emeklilik fonlarının diğer kaynaklarından kahverengi varlıklara yapılan yatırımları azaltabilir veya ortadan kaldırabilir.

xi. Finansın Yeşillendirilmesi İçin Kamu Yatırım Fonunun Kullanılması: Özellikle bir diğer önemli görüş, kamu bankalarının yeşil sektörleri önceliklendiren yatırımlar yapmasıdır. Bu görüşe göre iklim değişikliği meselesinde uygulanacak tüm politikaların devlet eliyle yapılması gerekmektedir ve bu konuda yalnızca devletlerin müdahaleci gücü başarılı olacaktır.

Flaherty, E. (2020): "Green Central Banking: Options for the ECB on Climate Change"

3. TÜRKİYE'DE YEŞİL FİNANSMAN

Türkiye, 2015'te kabul edilen Paris İklim Anlaşması'nı 22 Nisan 2016 tarihinde, New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte imzalamış; 6 Ekim 2021'de Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde onaylamıştır . Diğer yandan, 2019 yılı Aralık ayında Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın (AYM) açıklanmasıyla birlikte Türkiye, en önemli ticari ortağı olan ve Gümrük Birliği (Custom Union) nedeniyle diğer ülkelerden farklı bir ilişki içinde bulunduğu Avrupa Birliği'ndeki köklü dönüşümü yakından takip etmeye, yeni politika stratejileri ve alanları geliştirmeye başlamıştır. Türkiye, ilan edildiği ilk andan itibaren dikkatle takip ettiği Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı'na uyum için gereken eylem planını hazırlayıp Temmuz 2021'de devreye almıştır. Eylem Planı'nda karbon fiyatlandırma mekanizmasının değerlendirilmesi, sera gazı emisyonlarının izlenmesine yönelik sistem geliştirilmesi, yeşil dönüşüm için teknolojik altyapının ve finansman erişiminin güçlendirilmesi, rüzgâr ve güneş enerji üretiminin arttırılması gibi birçok hedefler ortaya konulmuştur.

AYM ve yeşil dönüşüm ile ilgili uluslararası ve ulusal eğilimler neticesinde, Türkiye'de finans sektörü ve reel sektörün yeşil projelere ilişkin farkındalığının arttığı ve finansal kurumlarda çeşitli düzenlemelerin hızlandığı görülmektedir.

Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması kapsamında bildirimde bulunmuş olduğu %21'lik ulusal katkı beyanına istinaden özellikle yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve atık yönetimi alanlarında önemli ilerlemeler sağlanmış ve kurulu enerji üretim kapasitesi içerisinde yenilenebilir enerjinin payı %50'yi aşmıştır . Paris Anlaşması'nın TBMM'de onaylanması ve 2053 Net Sıfır Emisyon hedefinin gerçekleştirilmesi için enerji, imalat sanayii, ulaştırma, binalar ve kentsel dönüşüm, tarım, atık ve ormancılık alanlarındaki plan ve politikalar üzerinde çalışılmaktadır. Bu plan ve politikaların gerçekleştirilmesi için iklim risklerini ve fırsatlarını yönetebilen ve sürdürülebilir yatırım ve projelere gerekli finansmanı sağlayabilen güçlü bir finans sektörüne ihtiyaç duyulmaktadır.

---

https://cygm.csb.gov.tr/cevre-yonetimi-genel-mudur-yardimcisi-sn.-sebahattin-dokmeci-sili-nin-santiago-kentinde-duzenlenen-bmidcs-delegasyon-baskanlari-toplantisinda-ulkemizi-temsil-etti-haber-248575, 18.04.2021 erişim sağlanmıştır.

https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf, 18.04.2021'de erişim sağlanmıştır.

https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari, 13.03.2022'de erişim sağlanmıştır.

Yeşil Finansman Komisyonu, çalışmaları kapsamında, ülkenin yeşil dönüşümünü hızlandıracak projeler için gerekli finansman kaynaklarını değerlendirmektedir. Komisyonun çalışmaları kapsamında başvurulabilecek finansman imkanlarından biri de Türkiye-Avrupa Birliği arasındaki mali işbirliğiyle Türkiye'ye sağlanan teknik destek, hibe ve kredilerdir. Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı (IPA-Instrument for Pre-Accession) ve Birlik Programları, kamu, özel sektör ve/veya sivil toplum sektörlerine, iklim değişikliğiyle mücadele ve yeşil dönüşüme yönelik mevzuat uyumu, idari ve teknik kapasite artırımına yönelik projeler için destek sağlamaktadır. AB standartlarında yeşil finansman ortamının oluşturulması, izlenmesi, yeni yeşil finans araçların geliştirilmesi bir projeye konu edilebilir.

3.1 Türkiye'de Yeşil Finansman Üzerine Mevcut Hukuki Durum: Gözlem Ve Değerlendirmeler

Türkiye'nin iklim kriziyle mücadelede birincil yasal dayanağı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 56ncı maddesidir. "Sağlık hizmetleri ve çevrenin korunması" kenar başlıklı maddeye göre "Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir."

Anayasa'nın 90ıncı maddesi bir diğer temel anayasal hükümdür. "Milletlerarası andlaşmaları uygun bulma" kenar başlıklı maddeye göre "Usulüne göre yürürlüğe konulmuş Milletlerarası andlaşmalar kanun hükmündedir. ... Usulüne göre yürürlüğe konulmuş temel hak ve özgürlüklere ilişkin milletlerarası andlaşmalarla kanunların aynı konuda farklı hükümler içermesi nedeniyle çıkabilecek uyuşmazlıklarda milletlerarası andlaşma hükümleri esas alınır."

Türkiye Cumhuriyeti, BM İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması taraflarınca oluşturulmuş "Paris İklim Anlaşması"na 2016 yılında imzalamıştır. Bu sözleşme 2021 yılında TBMM tarafından onaylanmıştır. Anlaşma, 10 Kasım 2021 tarihi itibarıyla Türkiye'de yürürlüktedir. Dolayısıyla Paris Anlaşması'nın Türk hukukundaki yeri kanun düzeyindedir. Bu açıdan, iç hukuk düzenlemelerinin Paris Anlaşması ile uyumlu hale getirilmesi hukuksal bir zorunluluktur.

Ocak 2022 itibari ile Türk hukukunda Paris Anlaşması ile uyumu gerçekleştirecek kanuni düzenlemeler mevcut değildir. Fakat Paris Anlaşması'nın uygun bulunmasından önce yürürlüğe girmiş bazı düzenlemeler bulunmaktadır.

- 2872 sayılı Çevre Kanunu bu çerçevede mevcut kanuni düzenlemelerin en önemlisidir.

- Çevre Kanunu'nun "İlkeler" başlıklı 3 üncü maddesinin 1 inci fıkrasının (h) bendi 2018 yılında genişletilmiştir. Anılan düzenlemeye göre "Çevrenin korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve giderilmesi, sıfır atığın yaygınlaştırılması, döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanması ve iklim değişikliği ile mücadele edilmesi için uyulması zorunlu standartlar ile vergi, harç, katılma payı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve temiz teknolojilerin teşviki, motorsuz veya elektrikli araçların teşviki, atıkların geri kazanımı ile arıtılmış atık suların yeniden kullanımının teşviki, geri kazanım katılım payı, plastik içerikli poşet veya ambalaj ve tek kullanımlık materyallerin kullanımının azaltılması, depozito uygulaması, emisyon ücreti, kirletme bedeli ve kirliliğin önlenmesine yönelik teminat alınması ve sera gazı emisyonlarının takibine yönelik karbon ticareti gibi piyasaya dayalı mekanizmalar ile ekonomik araçlar ve teşvikler kullanılır. Bu bentteki uygulamalara ilişkin usul ve esaslar Bakanlıkça belirlenir"

- Düzenlemede ÇŞİDB'in uhdesine bırakılan alanda çıkartılan düzenleyici işlemlerden biri 2013 yılında çıkarılan "Gönüllü Karbon Piyasası Proje Kayıt Tebliği"dir. Bu tebliğin amacı; sera gazı salımı azaltımı sağlayan ve karbon sertifikası elde etmek amacıyla geliştirilen projelerin kayıt altına alınmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir. Gönüllü karbon piyasası bağlayıcı bir karbon piyasası için hukuki anlamda ilk adımı teşkil etmektedir.

- Bir diğer düzenleyici işlem, 2014 yılında çıkarılan "Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik"tir. Bu Yönetmeliğin amacı; yönetmeliğin ekindeki listede yer alan faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı salımının izlenmesine, raporlanmasına ve doğrulanmasına dair usul ve esasları düzenlemektir. Yönetmelik eki; alüminyum, seramik, cam elyafı üretimi gibi enerji ve karbondioksit salımı yoğun bazı faaliyetleri kapsamaktadır. Yönetmeliğe göre salım ölçümleri akreditasyonları Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından yapılmış doğrulayıcılar tarafından yapılacaktır.

3.2 Türkiye'de Yeşil Finansman Ve Bankacılık Sektörünün Rolü

Türkiye'nin dinamik ekonomik şartlarına uyumlu çalışmakta olan Türk bankacılık sektörü dünyadaki gelişmeleri yakından takip etmektedir. Sektörde bazı öncü bankaların 2000'li yıllardan itibaren çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik alanında strateji ve politikalar geliştirmiş olduğu ve iyi uygulama örnekleri sergilediği görülmektedir. Türk bankacılık sektöründe ve sermaye piyasalarında sürdürülebilirlik alanındaki önemli gelişmeler şu şekilde özetlenebilir:

- 2014 yılında Türkiye Bankalar Birliği (TBB) tarafından "Bankacılık Sektörü İçin Sürdürülebilirlik Kılavuzu" yayımlanmıştır. Söz konusu Kılavuz 2021 yılı Mart ayında güncellenmiştir.

- 2014 yılında Borsa İstanbul (BIST) tarafından "BIST Sürdürülebilirlik Endeksi" oluşturulmuştur. Hâlihazırda Endeks kapsamında sektör payları toplamı %63'ü bulan 9 banka yer almaktadır.

- 2016 yılında Türkiye'de yerleşik bankalarca uluslararası standartlarda ilk sürdürülebilir/yeşil tahvil ihracı gerçekleştirilmiştir.

- 2017 yılında UN Global Compact üyesi 8 banka tarafından "Global Compact Türkiye Sürdürülebilir Finansman Bildirgesi" imzalanmıştır . Kasım 2021'de Bildirge'nin kapsamı ve etki alanı genişletilerek, "kredi değerlendirme süreçlerinde çevresel ve sosyal etkinin dikkate alınması"nın yanı sıra "yenilikçi sürdürülebilir finans prensipleri" de eklenmiştir. Güncellenen Sürdürülebilir Finansman Bildirgesi ile imzacı bankalar yalnızca kredilerin finansman süreçlerinin değil; aynı zamanda sürdürülebilirlik temelli her türlü bankacılık ürününün ve bu piyasanın gelişimine yönelik uygulamanın teşvik edilmesinde de kapsayıcı bir sürdürülebilir finans anlayışının öncüsü olacaklarını beyan etmiştir .

- 2017 yılından bu yana 5 banka TCFD Tavsiyelerinin destekleyicileri arasına katılmıştır.

- 2020 yılından bu yana 8 banka finansal ve sürdürülebilirliğe ilişkin bakış açılarını bir arada içeren entegre rapor yayımlamaktadır.

- 2021 yılında TCFD tavsiyeleri doğrultusunda ilk bağımsız "İklim Riskleri Raporu" yayımlanmıştır.

- 2021 yılında bankalarca ilk kez sürdürülebilir sermaye benzeri kira sertifikası ve ortaklığa dayalı yeşil kira sertifikası ihraçları gerçekleştirilmiştir .

- 2021 yılında bir banka kömürü ve kömürle ilişkili aktiviteleri finanse etmeyeceğini ; bir diğer banka kömür yakıtlı termik santralleri ve kömür madenciliği yapan yeni projeleri finanse etmeyeceğini ; bir sigorta şirketi kömür yatırımlarını sigortalamayacağını ve bu işlerin poliçelerini yenilemeyeceğini beyan etmiştir .

---

https://www.isoyesilblog.com/bankalarin-surdurulebilir-finansman-taahhutleri-gucleniyor/, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.globalcompactturkiye.org/wp-content/uploads/2021/11/GCTR_Surdurulebilir-Finansman-Bildirgesi_2021-1.pdf, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.bddk.org.tr/KurumHakkinda/EkGetir/5?ekId=36 s.9, 05.01.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.

https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/finans/garanti-bbva-komuru-finanse-etmeyecek/663398, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/finans/yapi-kredi-komur-yakitli-termik-santralleri-ve-komur-madenciligini-finanse-etmeyecek/665254, 30.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.allianz.com.tr/tr_TR/faaliyetlerimiz/bizden-haberler/allianz-turkiye-gri-standartlarindaki-ucuncu-surdurulebilirlik-raporunu-yayimladi.html, 07.02.2022'de erişim sağlanmıştır.

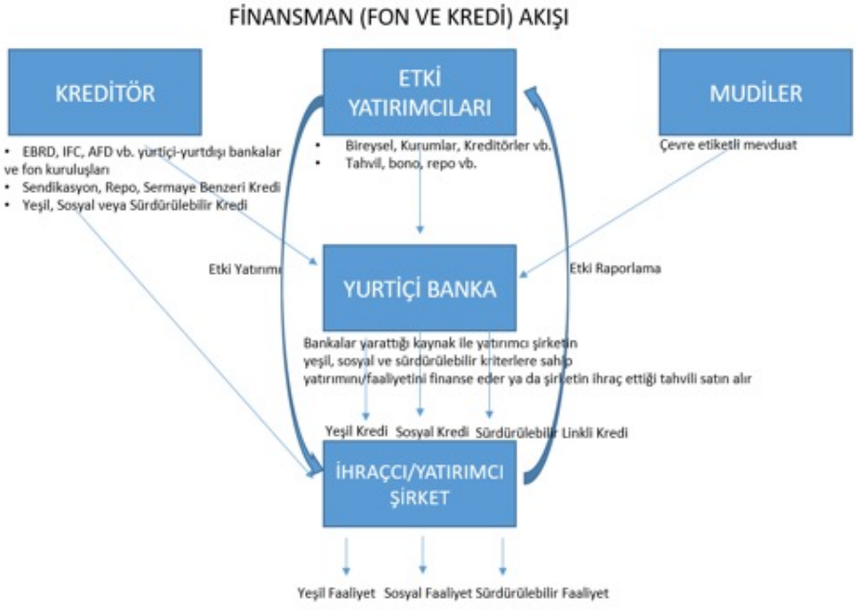
a.g.e., s.9

Türkiye'de birçok banka çevresel ve sosyal risklerin yönetimi konusunda kapasite oluşturmakta ve uygulamalar geliştirmektedir. Sektör payı %62'yi bulan 15 banka tarafından proje ve müşteri özelinde risk değerlendirmesi yapmak üzere çevresel ve sosyal risk değerlendirme sistemi oluşturulmuştur. Büyük ölçekli bankalar başta olmak üzere bazı bankalar, skorlama, ısı haritası, stres testi, senaryo analizi gibi portföy düzeyinde analizler yapmakta ve kapasite geliştirmektedir.

Türkiye'nin iklim değişikliğine kırılganlığı nedeniyle, hidroelektrik üretimi, enerji dağıtım ve ulaştırma altyapısı, tarımsal üretim, gıda sanayii ve bağlantılı sektörler açısından fiziksel risklerle karşı karşıya olan Türk bankacılık sektörü, Paris Anlaşması ve 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi çerçevesinde, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimi, çimento, demir-çelik, alüminyum, gübre, ulaştırma ve inşaat sektörleri ve bunlarla bağlantılı sektörler üzerinden de geçiş risklerini yönetmek durumundadır.

Türkiye'de de sürdürülebilir bankacılığın yaygınlık kazandığı, çok sayıda bankanın kendi faaliyetleriyle ilgili elektronik fatura, internet bankacılığı, mobil ödeme gibi çevre dostu uygulamaları artırırken, sürdürülebilir finans yoluyla özellikle yurt dışından kaynak elde ettiği ve bu kaynakları yurt içinde iklim değişikliğinin sınırlandırılmasına hizmet eden projelere destek olarak sunduğu görülmektedir. Kaynak temini sırasında, sürdürülebilir bankacılık konusunda çeşitli performans kriterlerini belli bir takvime ve belirlenen sürdürülebilirlik kriterlerinin üçüncü bağımsız kuruluşların denetim sonuçlarına bağlı olarak sağlayan bankalar sürdürülebilirlik odaklı sendikasyon kredilerinde maliyet avantajı elde edebilmektedir. Fon kullandırımı kapsamında ise, çevreci ve sürdürülebilirlik bağlantılı krediler, çevre dostu konut projelerine, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji, sürdürülebilir su yönetimi, çevreci taşımacılık, girişimci kadınlara destek gibi alanlarda sağlanmaktadır. Eylül 2021 itibarıyla Türk bankacılık sektörünün yenilenebilir enerji konusunda sağladığı 200 milyar TL (22,6 milyar ABD doları) tutarındaki yeşil finansman, sektörün toplam kredilerinin %4,9'una ve toplam aktiflerin %2,8'ine tekabül etmektedir .

Türkiye'de bankacılık sektörünün yeşil, sosyal ve sürdürülebilir finansmana ilişkin genel işleyiş sürecini anlatan görsel aşağıda verilmiştir.



Şekil 18 *Türkiye'de Yeşil, Sosyal ve Sürdürülebilir Finansmana İlişkin Genel İşleyiş*

Kaynak: Akbank T.A.Ş

Yukarıdaki görselden de görüleceği üzere, uluslararası kreditörler yerel bankalar aracılığı ile kredi/fon sağlayarak reel sektör şirketlerinin yeşil/sosyal/sürdürülebilir faaliyetlerini finanse edebildikleri gibi doğrudan şirketlere de kredi vererek bu faaliyetlere finansman sağlayabilmektedir.

Etki yatırımcıları (sürdürülebilir faaliyetlere finansman sağlayan yatırımcılar) yerel bankaların ihraç ettiği yeşil/sosyal/sürdürülebilir tahvil/bonoyu alarak reel sektör şirketlerinin yeşil/sosyal/sürdürülebilir faaliyetlerini finanse edebildikleri gibi doğrudan şirketlerin kendi çıkardığı yeşil/sosyal/sürdürülebilir tahvil/bonoyu alarak da bu faaliyetleri finanse edebilmektedir. Yeşil/sosyal/sürdürülebilir tahvil/bono ihraççı banka ya da şirket finanse edilen faaliyetlerin etkilerini belirlenen standart metriklere göre yatırımcılara raporlamak durumundadır.

Kahraman, E. (2022), "Türkiye'de Yeşil, Sosyal ve Sürdürülebilir Finansmana İlişkin Genel İşleyiş", Yeşil Finansman Komisyonu'na iletilen bilgi notu

Türkiye'de sürdürülebilirlik temalı (yeşil, sosyal vb.) tahvil/sukuk ihraçları, sürdürülebilir finansmana yönelik fon oluşturma çalışmalarına örneklerdir. TCMB verilerine göre, 2021 yılsonu itibarıyla bankacılık sektörünün 2016 yılından bu yana yaptığı ihraçların tutarı 4 milyar ABD dolarına ulaşmıştır (TCMB) . Uluslararası kuruluşlar ve çok taraflı kalkınma bankaları da sürdürülebilirlik odaklı projelere finansman sağlayabilmekte olup, ülkemizdeki çevreci projelere başta Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) olmak üzere Dünya Bankası, Avrupa Konseyi Kalkınma Bankası, Fransız Kalkınma Ajansı ve Alman Sanayileşme Fonu gibi kuruluşlarca finansman sağlanmaktadır .

Genel olarak bakıldığında, Türk bankacılık sektörünün sürdürülebilirlik alanında farkındalık, kapasite ve uygulamalar açısından homojen bir görünüme sahip olduğunu söylemek güçtür. Bu çerçevede, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik alanındaki etkinlikleri açısından, Türkiye'de faaliyet göstermekte olan bankaların üç grupta değerlendirilmesi mümkün görünmektedir. Birinci grupta yer alan, çoğunlukla büyük ölçekli ve uluslararası piyasalar ile yakın ilişki içerisinde olan bankalar çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik alanında kurumsal kapasite geliştirmiş olup aktif faaliyet göstermektedir. Toplam sektör payı yaklaşık %60 civarında olan bu bankalar bir yandan ölçekleri sayesinde bu alanda kapasite geliştirme imkânına erişirken diğer yandan da sürdürülebilirliği bir itibar, uluslararası fonlara erişim ve yeni yatırım fırsatları alanı olarak değerlendirmektedir.

Toplam sektör payı %15 civarında bulunan ikinci gruptaki bankalar ise, çoğunlukla orta ve küçük ölçekli bankalardan oluşmaktadır. Bu bankalar çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik alanında belli ölçüde bilgi ve farkındalığa sahip olmakla birlikte, kısmi bir varlık göstermekte, uygulamalarını genel olarak uluslararası kuruluşlardan fon temini süreci ile sınırlı tutmaktadır. Toplam sektör payı %25 civarında olan üçüncü grup bankaların ise bu alanda henüz kapasite geliştirmediği ve dikkate değer bir etkinlik göstermediği gözlenmektedir. Türk bankacılık sektöründe sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir finansman konusunda farkındalığı, bilgi ve kurumsal kapasiteyi artırmak üzere Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu çalışmalarına devam etmektedir. Bu kapsamda :

TCMB Mayıs 2021 Finansal İstikrar Raporu'nda Mayıs 2021 itibarıyla ihraç tutarı 2, 7 milyar Amerikan dolarıdır. TCMB Kaynakları Yeşil Finansman Komisyonu'na iletilen 25 Ocak 2022 tarihli not itibarıyla, 2021 yılsonu rakamını 4 milyar Amerikan Doları olarak güncellemiştir. https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/82b86baf-01ad-4eb1-a01d-2210c21fa37d/F%C4%B0R32_TAM+MET%C4%B0N.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-82b86baf-01ad-4eb1-a01d-2210c21fa37d-nCNUPbu, s.16-17, 05.01.2021 tarihinde erişim sağlanmıştır.

a.g.e., s.17

	Garanti BBVA	YapıKredi	AKBANK	TÜRKİYE İŞ BANKASI	QNB FINANSBANK	ING	Standard Chartered	citibank	Deutsche Bank
Yasaklı Faaliyet Listesi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sürdürülebilirlik Yönetişimi	Sürdürülebilirlik Komitesi (YK'ya raporlama)	Sürdürülebilirlik Komitesi (YK'ya raporlama)	Sürdürülebilirlik Komitesi (YK'ya raporlama)	Sürdürülebilirlik Komitesi (YK'ya raporlama)	Sürdürülebilirlik Komitesi (YK'ya raporlama)	İklim Değişikliği Komitesi İcra Komitesi	Marka, Değerler ve Davranış Komitesi	Adaylık, Yönetişim ve Kamu İşleri Komitesi (YK'ya raporlama)	Sürdürülebilirlik Komitesi
Sürdürülebilirlik İçin Genel Koordinasyon Sorumluluğu	Sürdürülebilirlik Ekibi (Sürdürülebilirlik Uzmanları dahil olmak üzere Proje Finansmanı altında)	Sürdürülebilirlik Birimi (Sürdürülebilirlik Uzmanı dahil Kurumsal İletişim altında)	Yatırımcı İlişkileri ve Sürdürülebilirlik Bölümü	Yatırımcı İlişkileri ve Sürdürülebilirlik Bölümü	Sürdürülebilirlik Ekibi (Yatırımcı İlişkileri altında)	Sürdürülebilirlik Departmanı	Sürdürülebilirlik Departmanı	Sürdürülebilirlik Başkanı Sürdürülebilirlik ve ÇSY Ekibi	Sürdürülebilirlik Konseyi & Grup Sürdürülebilirlik Departmanı
Kredilendirme Faaliyetlerinde Ç&S Risk Yönetimi Koordinasyonu	Kurumsal ve Ticari Krediler Risk Yönetimi Koordinatörü	Ç&S Uzmanı (Kurumsal ve Ticari Kredi Yönetimi)	ESIA Ekibi	Ç&S Uzmanı (Kurumsal ve Ticari Kredi Tahsis Departmanı)	Ç&S Uzmanı (Kurumsal ve Ticari Kredi Tahsis Departmanı)	Ç&S Risk Ekibi (Kredi ve Ticaret Risk Departmanı)	Ç&S Risk Yönetimi Ekibi (Sürdürülebilir Finans Ekibi altında)	Ç&S Risk Yönetim Birimi (Bağımsız Risk Yönetimi Bölümü)	Grup Sürdürülebilirlik Departmanı
Kredilendirmede Ç&S Yönetimi Politikası	Çevresel ve Sosyal Kredi Politikaları	Çevresel ve Sosyal Politika	Çevresel ve Sosyal Kredi Politikası	Çevresel ve Sosyal Etki Politikası	Sosyal ve Çevresel Politika	Çevresel ve Sosyal Risk Çerçevesi	Sektörel Tutum Beyanları	Çevresel ve Sosyal Risk Çerçevesi	Çevresel ve Sosyal Risk Çerçevesi
Ç&S Risk Değerlendirme Aracı	Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirme Aracı	Çevresel ve Sosyal Risk Değerlendirme Sistemi	Çevresel ve Sosyal Risk Değerlendirme Modeli	Çevresel ve Sosyal Risk Değerlendirme Modeli (ERET)	Çevresel ve Sosyal Risk Değerlendirme Modeli	Müşteri Ç&S Risk Değerlendirme Aracı	Çevresel ve Sosyal Risk Değerlendirme (ESRA) Aracı	Çevresel ve Sosyal Risk Değerlendirme Sistemi	Ç&S Risk Gözden Geçirme Aşaması
Ç&S Risk Kategorizasyonu	A, B, C	A, B, C	Yüksek, Orta, Düşük	A, B+, B-, C	A, B+, B-, C	Yüksek, Orta, Düşük	A, B, C	A, B, C	A, B, C
Ç&S Risk Değerlendirme Aracı Limitleri	• 2020 yılından itibaren maliyetinden bağımsız tüm proje finansmanı kredileri • Kredinin toplam miktarı ve Garanti BBVA katılımı en az 50 milyon ABD doları ve kredi vadesi minimum iki yıl olan kurumsal krediler • Köprü kredileri	• 10 milyon dolar üzeri tüm yeni yatırım ve proje finansmanı kredileri ve finansal danışmanlık hizmeti verilen projeler	• Yatırım tutarı 10 milyon ABD doları üzerindeki proje finansman kredileri • Yatırım tutarı 10 milyon ABD doları üzerindeki yeni yatırım kredi talepleri	• Toplam yatırım tutarı 10 milyon ABD doları üzerinde olan yeni yatırım projeleri	• 10 milyon ABD doları ve üzeri krediler (Yatırım tutarı, yeni projeler)	• Toplam proje sermayesi maliyeti 10 milyon ABD doları veya daha fazla olan proje finansmanı	• Toplam proje sermayesi maliyeti 10 milyon ABD doları veya daha fazla olan proje finansmanı	• Toplam tutarı proje finansmanı için 10 milyon ABD doları, Ekvator İlkeleri Projesi ile ilgili 50 milyon ABD doları • Kurumsal Krediler	• Toplam proje sermayesi maliyeti 10 milyon ABD doları veya daha fazla olan proje finansmanı
Geçerli Standartlar*	IFC Performans Standartları	IFC Performans Standartları	IFC Performans Standartları	IFC Performans Standartları	IFC Performans Standartları	Ekvator Prensipleri	Ekvator Prensipleri	Ekvator Prensipleri	Ekvator Prensipleri

Şekil 18 *Türkiye'de Yeşil, Sosyal ve Sürdürülebilir Finansmana İlişkin Genel İşleyiş*

Kaynak: Akbank T.A.Ş

- 2015 yılında IFC "Sürdürülebilir Bankacılık ve Finans Ağı"na (SBN) üyelik tesis edilmiştir.
- 2018 yılında "Türk Bankacılık Sektörü Sürdürülebilirlik Araştırması" gerçekleştirilmiştir.
- 2019 yılında enerji performansı yüksek konut finansmanını artırmak amacıyla söz konusu krediler için kredi-değer oranı yükseltilmiştir.
- 2020 yılında Basel Bankacılık Denetim Komitesi "İklimle Bağlantılı Finansal Riskler Görev Gücü"ne (TCFR) üye olunmuştur.
- 2021 yılında "Kredi Tahsis ve İzleme Süreçleri Rehberi" ile iklim risklerine ve çevresel kredilere yönelik politikalar geliştirilmesi konusunda bankalardan beklentiler ortaya konulmuştur.

- 2021 yılında Kurum bünyesinde "Sürdürülebilir Bankacılık Çalışma Grubu" oluşturulmuştur.
- 2021 yılında "Finansal Sistemin Yeşillendirilmesi Ağı"na (NGFS) üye olunmuştur.
- 2021 yılında "Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı" yayımlanmıştır.

AYM düzenlemeleri çerçevesinde havacılık, demir, çelik ve çimento gibi kahverengi sektörlerin dönüşümü için sürdürülebilir finansman çözümlerine yönelik odağın arttığı görülmektedir. AYM sürdürülebilir bir ekonomiye hızlı bir geçişi tetiklemiştir. Bu süreçte Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB), T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı, Sermaye Piyasası Kurulu (SPK), Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) ve Borsa İstanbul gibi kuruluşlar, banka, sigorta ve yatırım fonları gibi finans kurumları ve mali olmayan kuruluşlar ve ilgili ağlar 2021 yılı boyunca çeşitli çalışmalar gerçekleştirmiştir.

TCMB'nin, 31 Mayıs 2021'de yayımladığı 32. Finansal İstikrar Raporu'nda ilk defa iklim değişikliğinden kaynaklanan finansal riskler ve çevreci finans konusu ele alınmıştır. Raporda "İklim değişikliği, uluslararası finansal kuruluşlarca finansal sistem için çeşitli riskler barındıran yapısal bir sorun olarak ele alınmaktadır" ifadesi kullanılmıştır. 21 Ekim 2021 tarihli TCMB Para Politikası Kurulu Toplantısı'nın (PPK) karar metninde ise "Kurul, iklim ve diğer çevre kaynaklı riskleri sınırlandırmak amacıyla, para politikasının ana hedeflerinde bir değişikliğe yol açmadan sürdürülebilir finans uygulamalarını uzun vadeli bir politika olarak destekleme kararı almıştır" ifadeleri ile ilk kez "iklim" konusuna yer verilmiştir. TCMB, 4 Kasım 2021 tarihinde "Yeşil Ekonomi ve İklim Değişikliği Müdürlüğü" adı altında yeni bir birim kurma kararı almıştır. Ayrıca, TCMB 2021 yılı Aralık ayında "Finansal Sistemin Yeşillendirilmesi Ağı" olarak bilinen NGFS'ye üye olarak ilgili uluslararası platformlarda da yer almaya başlamıştır.

Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı Avrupa Yeşil Mutabakat sistemine uyum çalışmaları kapsamında hazırladığı "Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021" dokümanını 16.07.2021 tarihli Resmi Gazetede yayımlanan 2021/15 sayılı Cumhurbaşkanlığı

TCMB Mayıs 2021 Finansal İstikrar Raporu'nda Mayıs 2021 itibarıyla ihraç tutarı 2, 7 milyar Amerikan dolarıdır. TCMB Kaynakları Yeşil Finansman Komisyonu'na iletilen 25 Ocak 2022 tarihli not itibarıyla, 2021 yılsonu rakamını 4 milyar Amerikan Doları olarak güncellemiştir. https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/82b86baf-01ad-4eb1-a01d-2210c21fa37d/F%C4%B0R32_TAM+MET%C4%B0N.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-82b86baf-01ad-4eb1-a01d-2210c21fa37d-nCNUPbu, s.16-17, 05.01.2021 tarihinde erişim sağlanmıştır.

a.g.e., s.17

Genelgesi ile duyurulmuştur . Eylem Planı, AB'nin ve uluslararası kuruluşların taksonomi mevzuatı dikkate alınarak ülkemizde de yatırımların sürdürülebilirliğini belirlemeyi hedefleyen bir mevzuat hazırlığı yürütüleceğini duyurmuştur. Planın Yeşil Finansman bölümünde yeşil dönüşümün finansmanının geliştirilmesi amacıyla ilişik çalışmaların gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir:

- Yeşil dönüşümü desteklemek amacıyla ihtiyaçların belirlenmesi ve AB'de sağlanan teşvik unsurları da dikkate alınarak ulusal teşvik sisteminin gözden geçirilmesi,
- Ulusal Enerji Verimliliği Finansman Mekanizmasının geliştirilmesi,
- Türkiye'de yeşil finansmanın gelişimini sağlayacak ekosistemin güçlendirilmesine yönelik çalışmaların yürütülmesi,
- AB'nin ve uluslararası kuruluşların taksonomi mevzuatı dikkate alınarak yatırımların sürdürülebilirliğini belirlemeyi hedefleyen bir mevzuat hazırlığının yürütülmesi,
- T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından uluslararası sermaye piyasalarında gerçekleştirilmesi muhtemel bir yeşil veya sürdürülebilir tahvil ihracı kapsamında, "Sürdürülebilir Tahvil Çerçeve Dokümanı" hazırlıklarının tamamlanması,
- Yeşil Tahvil Rehberinin ve Yeşil Sukuk Rehberinin hazırlanması,
- Yeşil Sukuk alanında çalışmaların yürütülmesi,
- Sürdürülebilir bankacılığın geliştirilebilmesine yönelik bir yol haritası belirlenmesi,
- Türkiye'nin, yeşil dönüşüme yönelik uluslararası finansmana erişiminin geliştirilmesi amacıyla diplomatik ve teknik çalışmaların yapılması,
- Yeşil dönüşüm konusunda aday ülkelere yönelik AB finansman imkânlarına erişim amacıyla AB ve üye ülkeler nezdinde girişimde bulunulması,
- Çevre ve iklim değişikliği ile bağlantılı olarak uluslararası/AB ve ulusal tüm destek/

https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf, s. 20-24, 04.01.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.

finansman imkânlarına ilişkin bilgilerin derlenmesi,

- Avrupa Yeşil Mutabakatı hedefleri doğrultusunda mevcut finansman olanaklarından azami fayda sağlanması amacıyla bilgilendirme ve teşvik faaliyetlerinin yürütülmesi.

T.C Hazine ve Maliye Bakanlığı ve Bakanlığın ilgili kuruluşları olan SPK ve BDDK Eylem Planı'nda yer alan 81 eylemin dördünden sorumludur. Bu çerçevede Hazine ve Maliye Bakanlığı, Türkiye'de yeşil finansmanın gelişimini sağlayacak ekosistemin geliştirilmesi, uluslararası sermaye piyasalarında gerçekleştirilmesi muhtemel bir yeşil veya sürdürülebilir tahvil ihracı kapsamında Sürdürülebilir Tahvil Çerçeve Dokümanı hazırlıklarının tamamlanması, ilgili kurumu SPK liderliğinde Yeşil Tahvil Rehberi ve Yeşil Sukuk Rehberi hazırlanması, Türkiye'nin yeşil dönüşüme yönelik uluslararası finansmana erişiminin geliştirilmesine yönelik girişimlerde bulunulması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı hedefleri doğrultusunda mevcut finansman olanaklarından azami fayda sağlanması amacıyla bilgilendirme, tanıtım, teşvik faaliyetleri yürütülmesi eylemlerinden sorumludur .

Hazine ve Maliye Bakanlığı bu sorumluluklar kapsamında 2021, 4. çeyreğinde önemli çalışmalar yürütmüştür. Bunların ilki, yeşil dönüşüme yönelik uluslararası finansmana erişimin geliştirilmesi eylemidir. Bu çerçevede Hazine ve Maliye Bakanlığı 22 Ekim 2021 tarihinde Dünya Bankası, EBRD, Almanya, Fransa ve Birleşmiş Milletler ile yaklaşık 3.2 milyar dolarlık bir iklim finansman paketi ile ilgili mutabakat zaptı imzalamıştır. İmzalanan mutabakat zaptı çerçevesinde Bakanlık, 2022'den itibaren özel sektör, belediyeler ve kamu kurumları ile beraber iklim krizi ile mücadeleye yönelik projeler üretecek; ilgili kurumlara ve özel sektöre yol gösterecektir . Bakanlık, 14 Aralık 2021 tarihli "İklim Değişikliği ve Kalkınma Raporu Beyin Fırtınası ve Danışma" toplantısında ilgili bakanlıkları Dünya Bankası ile buluşturarak kurumların iklim krizi ile mücadele için yürütmeyi planladıkları projeleri ve bütçeleri konusunda görüş alışverişi yapılmasını sağlamıştır. Avrupa Yatırım Bankası ile de benzer bir süreç yürüten Bakanlık, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası, Asya Altyapı Yatırım Bankası, Japonya Uluslararası İşbirliği Bankası gibi uluslararası finansal kuruluşlar ile iklim yatırım fonları, küresel çevre fonu gibi çok taraflı iklim fonlarının sunduğu finansman olanaklarından yararlanma imkânları üzerinde çalışmaktadır.

Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın sorumlu olduğu "Sürdürülebilir Tahvil Çerçeve Dokümanı" hazırlıklarının tamamlanması eylemi 12 Kasım 2021 tarihi itibarıyla gerçekleştirilmiştir. Uluslararası "Çevresel, Sosyal ve Yönetişim" tahvil piyasasında borçlanma işlemleri gerçekleştirilmesi amacıyla hazırlanan Sürdürülebilir Finansman Çerçeve Dokümanı Bakanlığın internet sitesinde yayımlanmıştır . Çerçeve Dokümanın, uluslararası sermaye piyasalarında Bakanlıkça gerçekleştirilebilecek yeşil, sosyal veya sürdürülebilir tahvil veya kira sertifikası türünden borçlanma işlemlerinde kullanılması amaçlanmaktadır.

Çerçeve dokümanda, Türkiye'nin iklim değişikliği taahhütlerinden Yeşil Mutabakat Eylem Planı'na kadar çeşitli konularda bilgiler yer almakta; ihraç edilecek yeşil, sosyal ve sürdürülebilir finansman araçlarına ilişkin genel bir çerçeve çizilmiştir. Hazine ve Maliye Bakanlığı Borçlanma Genel Müdürlüğü ihraç faaliyetlerine yönelik çalışmaları yürütmektedir. Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamında Hazine ve Maliye Bakanlığı'nın ilgili kurumu Sermaye Piyasası Kurumu (SPK) sorumluluğunda olan "Yeşil Tahvil ve Yeşil Sukuk Rehberi"nin yayınlanması ile ilgili hazırlıklar devam etmektedir. 3 Kasım 2021'de "SPK Yeşil Borçlanma Aracı ve Yeşil Kira Sertifikası Rehberi" taslak olarak kamuoyunun bilgisine sunularak; paydaşların görüşlerine açılmıştır .

11. Kalkınma Planı, 2021 Ekonomi Reformları Paketi ve Paris İklim Anlaşması öncelik ve eylemleri çerçevesinde, çevresel sürdürülebilirliğe olumlu katkı sağlayacak yatırımların finansmanının teşvik edilmesi için SPK, Sermaye Piyasası Kanunu md. 1 ve md. 128/e hükümleri uyarınca "Yeşil Borçlanma Aracı, Sürdürülebilir Borçlanma Aracı, Yeşil Kira Sertifikası, Sürdürülebilir Kira Sertifikası Rehberi" Kurul Karar Organı'nın i-SPK 128.18 (24/02/2022 tarih ve 10/296 s.k.) sayılı İlke Kararı ile kabul edilerek 24 Şubat 2022 tarihinde yayımlanmıştır. "SPK Yeşil Borçlanma Aracı ve Yeşil Kira Sertifikası Rehberi" ile Türk Sermaye Piyasası'nda yeşil borçlanma aracı ve yeşil kira sertifikası ihraçlarının artması, şeffaflık ve dış değerlendirme (ikinci taraf görüşü/doğrulama gibi) yükümlülüklerinin yatırımcı güvenini pekiştirmesi ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı veren projelere yatırım imkânlarının çeşitlendirilmesi hedeflenmektedir. Rehber, yeşil tahvil alanında finansal piyasalarda en yaygın kabul gören ve küresel standart

---

https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf, s.50-51, 04.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

30 Aralık 2021 Tarihli Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı "İklim Şurası - Komisyon Başkanları ve Başkan Yardımcıları ile Toplantı" (B. Özay Toplantı Notları)

https://ms.hmb.gov.tr/uploads/2021/11/Republic-of-Turkey-Sustainable-Finance-Framework.pdf, 04.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.spk.gov.tr/Duyuru/Goster/20211103/0, 04.01.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.

https://www.spk.gov.tr/Duyuru/Goster/20220224/0 , 20.03.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.

haline gelen "Uluslararası Sermaye Piyasaları Derneği, (ICMA) Yeşil Tahvil İlkeleri" esas alınarak hazırlanmış olup, aşağıdaki konularda düzenlemeler içermektedir:

- Yeşil Borçlanma Araçları ve Yeşil Kira Sertifikaları

- Yeşil Proje

- Yeşil Borçlanma Araçları Çerçeve Belgesi - Yeşil Kira Sertifikası Çerçeve Belgesi

- Dış Değerlendirme Hizmeti Veren Kuruluş

SPK, paydaşlardan gelen görüşler çerçevesinde, Rehberi hazırlamıştır. Rehberde yalnızca yeşil değil sürdürülebilir borçlanma araçları ile kira sertifikaları da kapsama dahil edilmiştir. Ayrıca, yeşil elverişli proje türlerinin belirlenmesinde Rehberde yer alan sınıflamaların yanı sıra başta Avrupa Birliği Taksonomisi olmak üzere, uluslararası kabul görmüş diğer taksonomilerin de ihraççılar tarafından kullanılmasının mümkün olduğuna yönelik düzenleme de yapılmış, bu kapsamda AB Taksonomisine atıf yapan ilk düzenleme de gerçekleştirilmiştir.

Türkiye sermaye piyasalarında sürdürülebilirlik alanındaki diğer gelişmeler ise şöyle sıralanabilir:

- Yukarıda ifade edildiği üzere 2014 yılında Borsa İstanbul tarafından "BIST Sürdürülebilirlik Endeksi" oluşturulmuştur. Endeks, şirketlerin, küresel ısınma, doğal kaynakların tükenmesi, su kaynaklarının azalması, sağlık, güvenlik, istihdam gibi Türkiye ve dünya için önemli olan sürdürülebilirliğe ilişkin meselelere yaklaşımlarını ortaya koymakta, yaptıkları faaliyetlerin ve aldıkları kararların bağımsız bir gözle değerlendirilmesini sağlamaktadır. Mevcut durumda söz konusu endekste 62 şirket yer almaktadır.

- Borsa İstanbul, payları Borsa'da işlem gören şirketlere sürdürülebilirlik konusunda bilgi vermek ve yön göstermek amacıyla 2014 yılında bir rehber hazırlamıştır. 2020 yılında rehber güncellenerek "Gelecekte Var Olmak" temasıyla Şirketler için Sürdürülebilirlik Rehberi hazırlanmıştır .

https://www.borsaistanbul.com/files/Surdurulebilirlik_Rehberi_2020.pdf, 21.03.2022'de erişim sağlanmıştır.
https://www.spk.gov.tr/Sayfa/Dosya/1332, 04.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

- Sürdürülebilirlik alanında yapılan çalışmaların sonuca dönük ve etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi konusunda değerlendirmeler yapmak ve sürdürülebilirlik konusunda birlikte atılabilecek adımların tartışılacağı bir platform kurmak amacıyla Borsa liderliğinde ve ilgili kuruluşların katılımıyla "Sürdürülebilirlik Platformu" oluşturulmuştur.

- Sermaye Piyasası Kurulunca 2020 yılında Kurumsal Yönetim Tebliği'nde yapılan değişiklikle, "Sürdürülebilirlik İlkeleri Uyum Çerçevesi" belirlenmiş ve payları borsada işlem gören ortaklıkların gönüllü nitelikteki bu ilkelere uyup uymadıklarını "uy ya da açıkla" prensibiyle raporlamaları zorunlu hale getirilmiştir. Bu kapsamda, toplam sektör payı %62 olan halka açık 12 banka dahil borsada işlem gören ortaklıklar 2020 verilerini içerecek şekilde 2021 yılı faaliyet raporlarından itibaren raporlama yapmaya başlamıştır.

- 2016 yılından başlamak üzere sermaye piyasalarında, reel sektör şirketleri de dahil olmak üzere ihraççılarca, detayları çalışmanın takip eden bölümlerinde belirtilen, uluslararası standartlarla uyumlu yeşil ve sürdürülebilir borçlanma aracı ve kira sertifikası ihraçları gerçekleştirilmiştir.

- 13 Kasım 2021 itibarıyla Borsa İstanbul, hem İslami hem de sürdürülebilir finans ilkelerini içeren tematik bir endeks olan BİST Sürdürülebilirlik Katılım Endeksi'ni de başlamıştır.

- Türkiye'deki yatırım fonları, yatırım stratejilerini sürdürülebilirlik unsurlarını yatırımlarına entegre edecek şekilde tasarlayabilmektedir. Halihazırda yatırım stratejisi varlıklarının en az %80'ini kalıcı olarak BİST Sürdürülebilirlik Endeksi ve diğer yaygın olarak kabul gören yabancı sürdürülebilirlik endekslerinde yer alan şirketlerin hisselerine yatırmakta olan emeklilik fonları ve yatırım fonları bulunmaktadır. Ayrıca varlıklarının en az %80'ini temiz enerjiye, yenilenebilir enerjiye vb. yatırım yapan özel sermaye fonları da bulunmaktadır.

- Standart Emeklilik Yatırım Fonları için asgari %10 oranında "BIST 100, BIST Sürdürülebilirlik Endeksi, BIST Kurumsal Yönetim Endeksi ve Borsa İstanbul A.Ş. tarafından hesaplanan katılım endekslerindeki ortaklık paylarına yatırımı zorunluluğu bulunmaktadır. Benzer düzenleme Otomatik Katılım Standart fon ve katkı fonları için de mevcuttur.

BDDK'nın sorumlu olduğu Türkiye'de sürdürülebilir bankacılığın geliştirilmesine yönelik yol haritasının belirlenmesi eylemi kapsamındaki "Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı" Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurulunun 24 Aralık 2021 tarih ve 9999 sayılı Kararı ile kabul edilerek BDDK internet sitesinde yayımlanmıştır. Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı kapsamında:

- Paris İklim Anlaşması kapsamında Türkiye'nin taahhütlerinin ve ilan edilen plan ve politikalarının etkili şekilde hayata geçirilebilmesinde iklimle bağlantılı risk ve fırsatları etkin şekilde yönetebilen ve sürdürülebilir yatırım ve projeler için gerekli finansmanı uygun koşullarda sağlayabilen bir finans sektörünün tesis edilmesine,

- Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı ve "55'e Uyum Paketi" uyarınca sınırda karbon düzenlemesi mekanizmasının mali yükümlülükler doğurmaya başlayacağı ve Türkiye'nin ekonomik ve finansal sistemi için önemli bir geçiş tarihi olan 2026 yılından önce Türk bankacılık sektörünün AYM sürecine uyum sağlamasına,

- Başta bankacılık sektörü olmak üzere finansal sistemin giderek daha fazla maruz kalmaya başladığı iklim değişikliğine bağlı "fiziksel riskler" ile düşük karbon ekonomisine geçişe bağlı "geçiş riskleri"nin ölçülmesi, analiz edilmesi ve yönetilmesine yönelik eylemlere yer verilmiş olup;

- Sürdürülebilirlik başlığı altında küresel yatırım stratejilerinde yer alan çevresel, sosyal ve yönetişimsel ölçütlerin Türk bankacılık sektörü tarafından daha fazla dikkate alınması ve bu sayede yurtdışı yeşil finans piyasalarından daha fazla faydalanılması amaçlanmakta olduğu iade edilmiştir .

Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021 kapsamında yeşil dönüşüme yönelik teşviklere ilişkin çalışmalar ile ilgili Türkiye Cumhuriyeti Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın çalışmaları devam etmektedir. Cumhurbaşkanlığı Finans Ofisi'nin Yeşil Sukuk çalışmaları, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın yeşil finansman kapsamında değerlendirilecek başlıklara yönelik "yeşil taksonomi" konusundaki hazırlıkları da devam etmektedir.

---

https://www.bddk.org.tr/KurumHakkinda/EkGetir/5?ekId=36, 04.01.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.
https://www.bddk.org.tr/Duyuru/EkGetir/902?ekId=810, 04.01.2022 tarihinde erişim sağlanmıştır.
Pamir, D. (2021), TKYB, TSPB Türkiye Sermaye Piyasaları Kongresi 2021 Sunumu, 16 Kasım 2021

Türkiye'de daha çok bankalar ve banka dışı finans kurumlarının ağırlıklı olarak sermaye piyasalarından kaynak yarattığı bilinmektedir. Bunun dışında finans dışı denilen reel sektördeki ihraçların da dönemsel olarak arttığı ve genel olarak bir yükseliş trendinde olduğu görülmektedir. 2016 yılından 2020 yılına kadar gerçekleşen borçlanma aracı ihraçlarında bankalarının payının arttığı, banka dışı finans kurumlarının ise payının giderek azaldığı görülmektedir.

Türkiye'de bankaların toplam ihraç tutarlarındaki payı 2016'da %67 seviyesindeyken 2020'de %85'e çıkmıştır. Reel sektörün toplamdaki payı ise 2020 yılında %3 ile sınırlı seviyededir. 2020 yılında 451 yerli fon toplam 40 milyar TL'lik özel sektör borçlanma aracı portföyüne sahipken, toplam yerli yatırımcı, portföy değerinin %41'ine sahiptir . Sürdürülebilir ihraca bakıldığında bankaların geçmiş yıllardan bu yana uluslararası piyasalarda işlem gören sürdürülebilir kaynaklardan borçlandığı gözlemlenmektedir.

Tablo 5 İhraççı Bazında Sürdürülebilir Borçlanma Aracı İhraç Miktarları

İhraççı Bazında Sürdürülebilir Borçlanma Aracı/Sukuk İhraç Miktarları					
	2016	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
Banka	300 mn USD	300 mn USD	75 mn USD	100 mn USD	50 mn USD
Reel Sektör	288 mn EUR	400 mn TL	-	-	555 mn TL
Toplam İhraç İçerisindeki Payı	%0.2	%0.37	%0.04	%0.01	%0.28

Kaynak: TKYB

Türkiye'de yeşil ve sürdürülebilir tahvil piyasasına 2016 gerçekleştirdiği ihracı ile TSKB öncülük etmiştir. TSKB'nin 200 milyon dolarlık bu ilk ihracını aynı yıl 288 milyon dolarlık Rönesans Holding'in ihracı takip etmiştir . Piyasada kamu ve özel sektör bankalarının etkinliği artmaktadır. Türkiye'de sürdürülebilirlik temalı (yeşil, sosyal vb.) tahvil/sukuk ihraçları, sürdürülebilir finansmana yönelik fon oluşturma çalışmalarına örneklerdir.

---

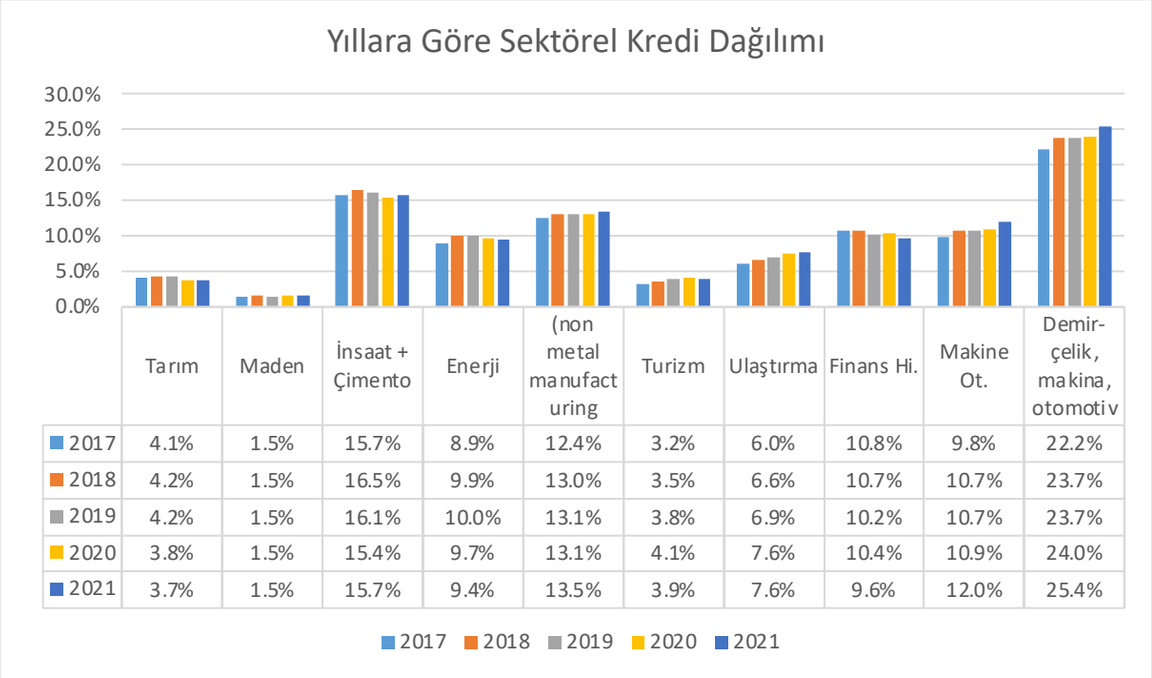
a.g.e

Kanberoğlu, C. (2021), TSKB TSPB Türkiye Sermaye Piyasaları Kongresi Sunumu, 16 Kasım 2021

https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/82b86baf-01ad-4eb1-a01d-2210c21fa37d/F%C4%B0R32_TAM+MET%C4%B0N.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-82b86baf-01ad-4eb1-a01d-2210c21fa37d-nCNUPbu, s.16-17, 05.01.2021 tarihinde erişim sağlanmıştır. Veri TCMB

TCMB verilerine göre bankacılık sektörünün 2016 yılından bu yana yaptığı çevreci/ sürdürülebilir ihraçların tutarı 4 milyar ABD dolarına ulaşmıştır . Bankacılık sektöründe artan çevresel, sosyal ve yönetişim (ESG) odaklı yaklaşımlar ile bu hacmin artması beklenmektedir.

Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı onaylaması, 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi, Avrupa Yeşil Mutabakatı'na uyum çerçevesinde ilan ettiği Türkiye Yeşil Mutabakat Eylem Planı kapsamında kurumların/firmaların mevcut iş ve üretim modellerini, tedarik ve lojistik zincirlerini yeşil dönüşüm ve döngüsel ekonomi bakış ve uygulamalarıyla yeniden yapılandırmaları, ilave istihdam ve teknoloji yatırımları, sürdürülebilir ürün sertifikaları ve temiz üretim gibi konuları gündemlerine almaları gerekmektedir. Sınırda karbon düzenlemesi konusunda AB ile yoğun ticareti bulunan enerji ve kaynak yoğun sektörlerin gecikmeden gerekli adımları atmaları, daha az enerji yoğun sektörlerin de tedarik zinciri yönetimi kapsamında belli standartlarla karşılaşacaklarının farkında olmaları gerekmektedir.



	Tarım	Maden	İnsaat + Çimento	Enerji	(non metal manufacturing	Turizm	Ulaştırma	Finans Hi.	Makine Ot.	Demir-çelik, makina, otomotiv
2017	4.1%	1.5%	15.7%	8.9%	12.4%	3.2%	6.0%	10.8%	9.8%	22.2%
2018	4.2%	1.5%	16.5%	9.9%	13.0%	3.5%	6.6%	10.7%	10.7%	23.7%
2019	4.2%	1.5%	16.1%	10.0%	13.1%	3.8%	6.9%	10.2%	10.7%	23.7%
2020	3.8%	1.5%	15.4%	9.7%	13.1%	4.1%	7.6%	10.4%	10.9%	24.0%
2021	3.7%	1.5%	15.7%	9.4%	13.5%	3.9%	7.6%	9.6%	12.0%	25.4%

Şekil 20 *Türkiye'de Kredi Dağılımı*

Kaynak: BDDK Krediler ve TUİK Emisyon verileri kullanılarak Yeşil Finansman Komisyonu yürütücü ekip tarafından oluşturulmuştur.

3.3 Türkiye'de Sigortacılık Sektörünün İklim Risklerine İlişkin Pozisyonu

İklim riskleriyle ilgili olarak sigortacılık üç şekilde kullanılabilmektedir: Bunlardan birincisi finansman sağlanmasına katkı sunulması, ikincisi iklim olaylarında teşvik mekanizmalarına politik destek sağlanması, üçüncüsü ise ortaya çıkacak zararın sigorta teminatlarıyla giderilmesi şeklinde sayılabilir.

1. Yeşil Finansman

- Sigortacılık sektörü fon toplayan ve tasarrufun artırılmasında önemli fonksiyonu olan bir sektördür. Diğer finans sektörü işletmelerinin fonlarına göre sigortacılık ve bireysel emeklilik fonlarının vadesi daha uzundur.

- Sigorta ve emeklilik şirketleri finansal piyasalarda doğrudan finansal araç ihraççısı olmayıp, ihraç edilen araçlara yatırım yaparak destekleyici pozisyondadır. Bu konuda esas aktörler bankacılık ve sermaye piyasası sektörlerinde faaliyet gösteren işletmelerdir.

- Sigorta ve Reasürans İle Emeklilik Şirketlerinin Teknik Karşılıklarına ve Bu Karşılıkların Yatırılacağı Varlıklara İlişkin Yönetmelikte teknik karşılık olarak ayrılan rezervlerin değerlendirileceği varlıklara ilişkin kısıtlama getiren "Teknik karşılıkları karşılayan varlıklara ilişkin sınırlamalar" başlıklı 13. maddesine 2021 yılının Kasım ayında yapılan ekleme ile Sermaye Piyasası Kurulu tarafından çıkarılan düzenlemelere uygun olarak ihraç edilen yeşil borçlanma araçları ve yeşil kira sertifikaları ve BIST Sürdürülebilirlik Endeksinde yer alan ortaklık payları ile fon toplam değerinin en az %80'i devamlı olarak bu varlıklardan oluşan yatırım fonlarına yapılan yatırımlarda daha az sınırlama oranı konularak şirketlerin yeşil varlıklara yatırım yapmasının teşvik edildiği ifade edilmiştir. İlerleyen dönemlerde bu uygulamalar geliştirilebilir.

2. Sigorta Ürünlerinin Teşvik Mekanizması olarak kullanılması ve Çevreye Duyarlı Sistemlere Yatırım

Sigortacılık piyasasında fiyatlar ve teminatlar serbestçe belirlenmektedir. Ancak, zorunlu

Sigortacılık ve Özel Emeklilik Düzenleme ve Denetleme Kurumu Sektörel Riskler Değerlendirme Dairesi, Yeşil Finansman Komisyonu'na iletilen bilgi notu, 20.02.2022'de iletilmiştir.

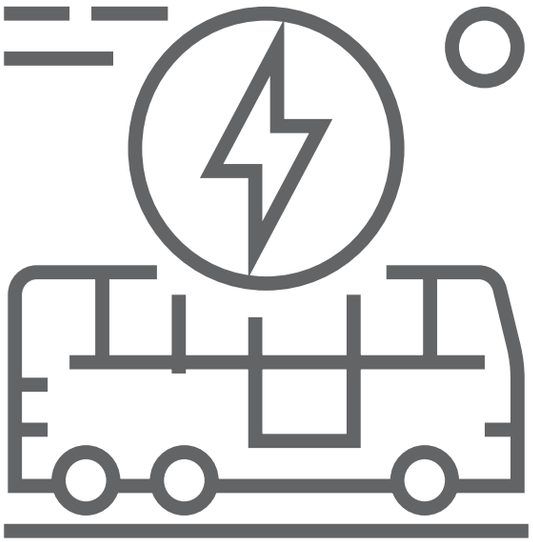
sigortalarda fiyat ve teminat kapsamı kamu tarafından belirlenebilmektedir. Ayrıca, ihtiyari sigortalarda teminatların kapsamına dair genel şartlar yayımlanabilmektedir. Teminat kapsamı ile fiyat mekanizmalarında, iklim riskleri veya çevreye etki sonuçlarının parametre olarak alınması sağlanarak, çevreye daha duyarlı ürünlerin kullanımının teşvik edilmesi sağlanabilir. Bu kapsamda Sigortacılık ve Özel Emeklilik Düzenleme ve Denetleme Kurumu tarafından yürütülen bazı çalışmalar ilişiktedir:.

Araç Sigortaları

- 31 Aralık 2021 tarihinde yayımlanan Karayolları Motorlu Araçlar Zorunlu Mali Sorumluluk Sigortasında Tarife Uygulama Esasları Hakkında Yönetmelikte yapılan değişikliğe göre, araçların yakıt tipine ve emisyon değerlerine göre zorunlu trafik sigortası primlerinde prim indirimi ve artırımı uygulanabilecektir. Türkiye İstatistik Kurumu tarafında yayımlanan istatistiğe göre, ülkemizde 2021 yılsonu itibarıyla trafiğe kayıtlı 13.706.065 adet otomobil bulunmakta iken, elektrikli ve hibrit otomobillerin sayısı 92.949 (%0,7) adettir. Yapılan düzenleme ile amacımız emisyon değerleri sıfır veya benzinli ve dizel araçlara göre daha düşük olan elektrikli ve hibrit araçların kullanımını prim indirimleri yoluyla teşvik ederek, konuya sigortacılık perspektifinden bir açılım getirmektir.

Yeşil Sigorta Ürünleri

- Sigorta ürünlerini düzenleyen genel şartların güncellenmesi projesi kapsamında çevre kirliliği zararlarının kapsama alınmasının yanı sıra yeşil sigortaya ilişkin ürün çeşitliliğinin artırılması ve bu ürünlerin özendirilmesi hususlarında çalışmalar başlatılmış olup, bu çalışmalara katkı sağlaması amacıyla; sigorta şirketleri tarafından halihazırda sunulan ve sunulması planlanan ürünler ile uluslararası alanda yer alan iyi uygulama örneklerini de içerecek şekilde bir çalışma raporu hazırlanmaktadır. Çalışmaya ait ilk taslak Mayıs ayı başında tamamlanmış olacaktır. Taslak üzerinde yapılacak çalışmalar akabinde birlikte Yeşil Dönüşüm Strateji Planı oluşturulacaktır.



Bilgilendirmenin dijital yapılması ve E-poliçe projesi

- Poliçelerin ve sigorta sözleşmesine dair bilgilendirme formalarının basılı olarak verilmesi neticesinde yıllar içinde milyonlarca kağıt çöpe gitmektedir. Örneğin 2021 yılının üçüncü dönemi itibarıyla yaklaşık 58 milyon poliçe düzenlenmiş olup, ayrıca bu poliçeler için de bilgilendirme formu düzenlenmiştir. Gerek bilgilendirme formu gerekse de poliçelerin basılı olarak verilmesi milyonlarca kağıdın israfına neden olmaktadır. Projenin hayata geçmesiyle birlikte bu israfa son verilecek ve ağaçların kesilmesinin önüne geçilecektir.

3. Zararın Azaltılması

Sigorta ürünlerinin asli fonksiyonu, olumsuz bir etkinin giderilmesidir. Bu kapsamda, iklim değişikliklerinin getireceği olumsuz etkilerin giderilmesi için yeni sigorta ürünleri geliştirilebilir. Aşağıda bu kapsamda yürütülen faaliyetler yer almaktadır.

Tarım Sigortaları

- Türkiye'de Devlet Destekli Tarım Sigortaları kapsamında dolu, don, fırtına, kasırga, heyelan, yangın, sel, su baskını, yağmur, sıcak, hava dalgasi, kuraklık, sıcak rüzgâr, kar ağırlığı, dolu ağırlığı gibi iklim değişikliği ile ilgili olan doğal afetler teminat altına alınmaktadır.

- Son yıllarda iklim değişikliği risklerine ilişkin olarak sel, su, fırtına hortum, kuraklık risklerinin zararlarının frekans ve şiddeti artmış, bu risklerin tarımsal varlıklara doğrudan veya dolaylı etkisi de (aşırı sıcaklıktan doğan yangın olayları gibi) sıklıkla görülmeye başlanmıştır.

- Devlet Destekli Tarım sigortaları kapsamında, iklim değişikliklerinden, özellikle meteorolojik kökenli risklerin tarım ürünlerine verdiği zararların yıllar itibarıyla frekans ve şiddetlerindeki değişim takip edilmektedir. Alınan sonuçlara göre yeni teminatlar geliştirilmekte mevcut teminat içerikleri revize edilmekte, ürünlerin teminat başlama evreleri genişletilmekte ve teminat dışı durumlar azaltılmaktadır. Örneğin 2021 yılında, önceden ilçe bazlı olarak uygulanan kuraklık verim sigortası aynı riskler ve ürünler için köy bazlı olarak uygulanmaya başlanmıştır. Yine bitkisel ürün sigortasında, sıcak havanın, altıntop, limon, mandalina, portakal ve üzüm ürünlerine verdiği zararlar kapsama alınmıştır. Bitkisel ürün sigortalarında, 16

yeni ürün dolu, fırtına, hortum, yangın, deprem, heyelan, taşıt çarpması, sel ve su baskını riskleri için ve meyve ürünleri ek olarak don riski için teminat kapsamına alınmıştır. Ek olarak, 2021 yılında Konya İli Cihanbeyli, Kadınhanı ve Karatay İlçelerinde kuru ve sulu tarım alanlarında yetiştirilen buğday ürünü için pilot uygulama olarak başlayan Gelir Koruma Sigortası ile hasat sonrası oluşan fiyat değişimleri ile iklim değişikliği ve benzeri nedenlerle oluşan kuraklık, don, sıcak rüzgâr, sıcak hava dalgası, aşırı nem, aşırı yağış, dolu, rüzgâr, fırtına, hortum, yangın, heyelan, deprem, sel, vahşi hayvanlar gibi riskler nedeniyle meydana gelen verim değişikliklerinden kaynaklanan gelir kaybına karşı teminat sağlanmakta olup söz konusu sigortanın ilerleyen yıllarda ülkemiz genelinde uygulanması planlanmaktadır.

Zorunlu Afet Sigortasına Geçiş

- 2021 yılı tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de doğal afetlerin yoğun olarak yaşandığı bir dönem olarak kayıtlara geçmiş olup, ülkemizde meydana gelen sellerin de sonuçları dikkate alınarak, Zorunlu Deprem Sigortasının kapsamının genişletilmesi suretiyle diğer doğal afetleri de içerecek şekilde bütüncül bir afet sigortasına geçişe ilişkin hususlar Kurumumuzca değerlendirmeye alınmıştır. Deprem dışında kalan diğer doğal afetlerden hangilerine DASK tarafından teminat sağlanabileceği değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, DASK tarafından akademisyenler, aktüerler, çalışan profesyonel sigortacılar, eksperler, onarım firmalarından profesyoneller ve uzmanlardan oluşacak şekilde çalışma grupları oluşturulmuş ve sel haritalarının çıkarılması ile birlikte başta sel olmak üzere, teminat altına alınacak doğal afetler konusunda çalışmalar başlatılmıştır.

- Bu çalışmaların tamamlanmasını müteakip ilgili mevzuatta genel şart, tarife ve talimat düzenlemeleri çalışılacak olup 2023 yılında tüm mevzuat alt yapısı ve hazırlık çalışmalarının tamamlanıp uygulamaya geçilmesi hedeflenmektedir.

3.4 Yatırım Teşvik Sistemi Kapsamında Mevcut Uygulamalar

15.06.2012 tarih ve 2012/3305 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe giren Yatırım Teşvik Sistemi dört farklı uygulamadan oluşmaktadır:

1. Genel Teşvik Uygulamaları,
2. Bölgesel Teşvik Uygulamaları,
3. Öncelikli Yatırımların Teşviki,
4. Stratejik Yatırımların Teşviki

Söz konusu Karar kapsamında Avrupa Yeşil Mutabakatı ile uyum çerçevesinde enerji verimliliğini sağlayan, çevreye olan duyarlılığı artıran, kaynakların verimli kullanılmasını sağlayan, yenilenebilir enerji teknolojilerini destekleyen ve yenilenebilir enerji üretimini artıran yatırımlar desteklenmekte olup başlıca yatırım konuları ve sağlanan destekler aşağıda detaylandırılmaktadır:

Genel Teşvik Uygulamaları Çerçevesinde Desteklenen Yatırımlar

1. Yenilenebilir enerji yatırımları

Biokütleden, güneş enerjisinden, hidroelektrik enerjiden, jeotermal enerjiden ve rüzgar enerjisinden elektrik üretimine yönelik yatırımlar 2012/3305 sayılı Karar kapsamında genel teşvik sistemi çerçevesinde desteklenmekte olup söz konusu yatırımlar için KDV istisnası ve gümrük vergisi muafiyeti destek unsurları sağlanmaktadır.

Öncelikli Yatırım Konuları Çerçevesinde Desteklenen Yatırımlar

1. Enerji verimliliğine yönelik yatırımlar

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının vereceği proje onayına istinaden, yıllık minimum 500 ton eşdeğer petrol (TEP) enerji tüketimi bulunan mevcut imalat sanayi tesislerine yapılacak olan en az % 15 enerji tasarrufu sağlayacak olan enerji verimliliği yatırımlar.

Camcı, N. (2022), "Yatırım Teşvik Sistemi Kapsamında Mevcut Uygulamalar", Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Teşvik Uygulama ve Yabancı Sermaye Genel Müdürlüğü, Yeşil Finansman Komisyonu'na iletilen bilgi notu, 24.01.2022'de iletilmiştir.
https://www.sanayi.gov.tr/mevzuat/diger/mc0403018201

2.Atık ısıdan geri kazanım yoluyla elektrik üretimine yönelik yatırımlar

Atık ısı kaynaklı olarak, bir tesisteki atık ısıdan geri kazanım yolu ile elektrik üretimine yönelik yatırımlar (doğalgaza yönelik üretim tesisleri hariç).

3. Yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelik yatırımlar

Yenilenebilir enerji üretimine yönelik türbin ve jeneratör imalatı ile RES kapsamındaki kanat imalatı yatırımları ile Fotovoltaik Güneş Paneli İmalatı yatırımları

4. Çevre yatırımları

Doğrudan ticari mal üretimine yönelik olmayan, mevcut veya gerçekleştirilecek tesislerin katı, sıvı veya gaz gibi atıklarının temizlenmesine veya yok edilmesine yönelik yatırımlar

5. Çevre lisansına tabi yatırımlar

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği kapsamında;

- Geri Kazanım (Tehlikeli Atık, Tehlikesiz Atık, Bitkisel Atık Yağ, Atık Pil ve Akümülatör, Ömrünü tamamlamış lastik, Ambalaj atığı, Atık Yağ Rafinasyonu),
- Bertaraf (Atık takma ve beraber yakma, İleri termal işlem (Piroliz, Gazlaştırma), Düzenli Depolama, Maden atığı bertaraf),
- Ara Depolama (Atık ara depolama, Bitkisel atık yağ ara depolama, Atık yağ transfer noktası, Atık akümülatör ara depolama, Ömrünü tamamlamış lastik ara depolama),
- Ön işlem (Tıbbi atık sterilizasyon, Ambalaj atığı toplama ve ayrıma, gemi geri dönüşüm, Atıktan türetilmiş yakıt hazırlama, Tanker temizleme, Hurda Metal/ ÖTA işleme, ÖTA geçici depolama, Atık elektrikli ve elektronik eşya işleme, Atık kabul tesisi, Biyo-bozunur atık işleme, PCB arındırma)

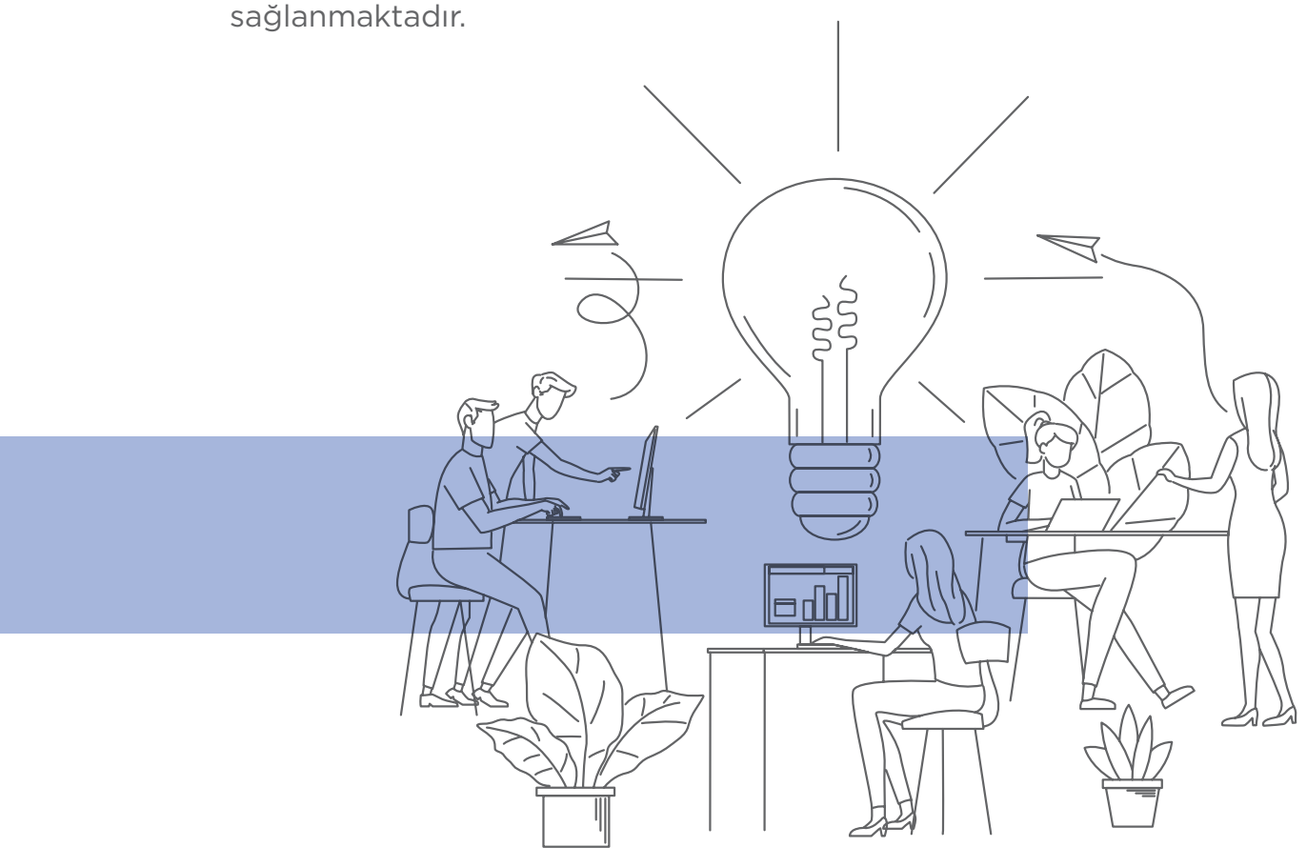
Öncelikli Yatırımlar Kapsamında Sağlanan Destekler

Tablo 6: Öncelikli Yatırımlar Kapsamında Sağlanan Destekler

Destek Unsurları		**Destek Oran ve Süreleri**
KDV İstisnası		Var
Gümrük Vergisi Muafiyeti		Var
Toplam İhraç İçerisindeki Payı		40
Vergi İndirimi	Yatırıma Katkı Oranı (%)	80
	Vergi İndirim (%)	7 yıl
Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği		Var
Yatırım Yeri Tahsisi		5 Puan*
Faiz veya Kâr Payı Desteği	İç Kredi	2 Puan*
	Döviz/Dövize Endeksli Kredi	2 Puan*

Kaynak: DEİK (1.4 Milyon TL'ye kadar)*

Tüm bu destek unsurlarına ek olarak imalat sanayindeki yatırımların, çevre odaklı dönüşümlerinin desteklenmesi amacıyla yatırımcıların sektöre ve yatırım büyüklüğüne bağlı olarak teşvik sisteminde yer alan diğer tüm unsurlardan da faydalanması sağlanmaktadır.



3.5 KOBİ'lerin Finansmana Erişiminde Mevcut Düzenlemeler

Türkiye'de KOBİ'lerin finansmana erişimini sağlayacak farklı kurumlar tarafından verilen bir takım devlet destekleri yer almaktadır. Bu kurumların sağladıkları desteklerin genel çerçevesi aşağıda iletilmektedir. Türkiye'de uygulanan genel teşvik sistemi kapsamında KOBİ'lere yatırım, Ar-GE, üretim, pazarlama, danışmanlık, istihdam, ihracat gibi birçok destek aşağıda yer almaktadır:

3.5.1 KOSGEB KOBİ Finansman Destek Programı

KOSGEB tarafından sağlanan KOBİ Finansman Destek Programı, KOBİ'lerin bankalardan uygun koşullarda kredi temin edebilmeleri için faiz/kar payı tutarlarını desteklemek amacıyla oluşturulmuştur . Program kapsamında işletme kredisi, makine-teçhizat kredisi ve acil destek kredisi olmak üzere üç kredi türü desteklenmektedir.

İşletme ve makine-teçhizat kredisi için belirli limitler ve vadeler belirlenmiştir:

- Girişimci için üst limit 50.000 TL olarak belirlenmiştir. Girişimcinin genç, kadın, engelli, gazi veya birinci derece şehit yakını olması durumunda bu limit 70.000 TL olarak uygulanır.
- Stratejik ve öncelikli sektörlerdeki işletmeler için kredi üst limiti 500.000 TL'dir.
- Tüm işletme türleri için işletme kredilerinde vade 12 ve 18 ay, makine teçhizat kredilerinde 12, 18, 24, 30 ve 36 aydır.
- Acil Destek Kredisi için üst limit KOSGEB bünyesindeki komite tarafından belirlenmekte ve azami vade 36 aydır.

3.5.2 Hazine Destekli Kefalet Sistemi

Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından 28/03/2002 tarihli ve 4749 sayılı Kamu Finansmanı ve Borç Yönetiminin Düzenlemesi Hakkında Kanunun Geçici 20. maddesine istinaden 2009 yılından itibaren Hazine ve Maliye Bakanlığı ile Kredi Garanti Fonu

Karataş, H. (2022), "Yeşil Finansman ve Kobiler", Yeşil Finansman Komisyonu'na iletilen bilgi notu, DEİK
https://www.kosgeb.gov.tr/materyal/KOBIFinansman/story.html, 7.1 2022'de erişim sağlanmıştır.

A.Ş. (KGF) arasında imzalanan Protokol çerçevesinde teminat yetersizliği sebebi ile finansmana erişim sıkıntısı yaşayan işletmelere Hazine destekli kefalet sistemi (Sistem) çerçevesinde kefalet kullandırımı yapılmaktadır. Söz konusu kefalet için gerekli olan kaynak kredi verenler tarafından sağlanmakta, kullandırılan kredilerin tazmin edilmesi durumunda ise Hazine ve Maliye Bakanlığı tarafından yasal kaynak KGF aracılığı ile kredi verenlere aktarılmaktadır.

Sistemin usul ve esaslarının belirlendiği 31/10/2016 tarih ve 2016/9538 sayılı Kredi Garanti Kurumlarına Sağlanan Hazine Desteğine İlişkin Karar kapsamında, işletme kredileri için azami vade 5 yıl, anapara ödemesiz dönem 1 yıl iken yatırım kredilerinde ise azami vade 10 yıl, anapara ödemesiz dönem ise 3 yıl olarak belirlenmiştir.

Sistem çerçevesinde destek paketleri aracılığıyla kefalet limiti tahsis edilmektedir. Bu çerçevede tahsis edilecek kefalet limitleri, yararlanıcı grupları, gruplar bazında azami kefalet limitleri, kefalet oranları, KGF ve kredi verenlerin alacağı komisyon oranları gibi unsurlar Karar'da belirtilen azami limitler dahilinde paketler özelinde belirlenmektedir.

3.5.3 Hazine Garantileri

Hazine ve Maliye Bakanlığı 4749 sayılı Kanun kapsamında proje finansmanı çerçevesinde yurtdışından sağladığı dış kaynakları kamu kurumlarına (özel bütçeli kamu idareleri, KİT'ler, belediyeler) veya ekonomik kalkınmayı desteklemek amacıyla özel kalkınma ve yatırım bankalarına ikraz edebilmekte veya bu kurumların dışarıdan aldıkları borca garantör olabilmektedir.

Bu mevzuatın bir diğer tarafı ister kamu olsun ister özel kalkınma ve yatırım bankaları Hazine'nin bu imkanından faydalanarak KOBİ'lere uzun vadeli proje finansmanı imkânı sağlayabilmektedir. Söz konusu politikaya göre kalkınma ve yatırım bankaları dış finansman kaynağından sağladığı finansman için Hazine'nin garantörlüğünü isteyerek daha ucuza dış borcu temin edebilmektedir. Bankalar bu kaynağı KOBİ'lere proje finansmanı çerçevesinde kullandırmaktadır. Böylece KOBİ'ler daha önce hiç erişemedikleri bir finans kaynağına erişim sağlamış olmaktadır. 2021 üçüncü çeyreği itibarıyla özel kalkınma ve yatırım bankalarının Hazine garantili kredi stoku 3.2 milyar

dolardır . Hazine'nin bu imkânı sadece kalkınma ve yatırım bankaları için geçerli değil KİT'ler belediyeler, fonlar gibi kamu kurum ve kuruşlarını da kapsamaktadır. Ayrıca Hazine'nin bu imkânı her sene merkezi yönetim bütçe kanununda belirlenen yıllık limitler kapsamında kullandırılmaktadır. 7344 Sayılı 2022 Yılı Merkezi Yönetim Bütçe Kanununda söz konusu limit 4.5 Milyar ABD doları olarak belirlenmiştir.

3.6 Türkiye'de Yeşil Finansmanın Gelişiminin Önündeki Engeller

Gerek sektördeki uygulamalar gerekse otoritelerce atılan adımlara rağmen, Türkiye'de sürdürülebilir finansın sektörün gelişmişlik düzeyi, çeşitliliği ve ağırlığı ile paralel bir gelişme kaydedemediği görülmektedir. BDDK Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı (2021) , gelişimin önünde engel teşkil eden hususları yapısal ve kurumsal olarak iki ana kategoride değerlendirmektedir.

Yapısal nitelikteki sorunlar temel olarak makro-ekonomik ortamdaki belirsizlikler, düşük ulusal tasarruf oranı ve bankacılık sektörünün kısa vadeli fonlama yapısı gibi hususları içermektedir. Bu sorunlar bankaların sürdürülebilirlik amaçlı kurumsal kapasite oluşturmalarını, uzun vadeli fonlara erişimlerini ve dolayısıyla sürdürülebilir yatırımlar için elzem olan uzun vadeli finansman sağlama imkânlarını önemli ölçüde kısıtlamaktadır.

Kurumsal nitelikteki sorunların başında ise, ekonomik faaliyetlere yönelik bir yeşil sınıflandırmanın (taksonomi) bulunmaması gelmektedir. Sınıflandırmanın bulunmaması varlık ve yükümlülükler ile finansal enstrümanların yeşil/sürdürülebilirlik açısından etiketlenmesini ve sürdürülebilirlik alanında tutarlı ve sağlıklı veri üretimini önlemekte, değerlendirme yapılmasını ve politika üretilmesini güçleştirmektedir.

Sınıflandırma sorununa paralel olarak başta KOBİ'ler olmak üzere reel sektörde sürdürülebilirlik konusunda standart bir raporlama uygulamasının bulunmaması, özellikle karbon emisyonu verisinin üretilemiyor olması finansal sistem için önemli bir veri açığı yaratmakta, risk yönetimi, finansman ve ürün geliştirme uygulamaları açısından finansal kuruluşlar için çok önemli bir zorluk yaratmaktadır.

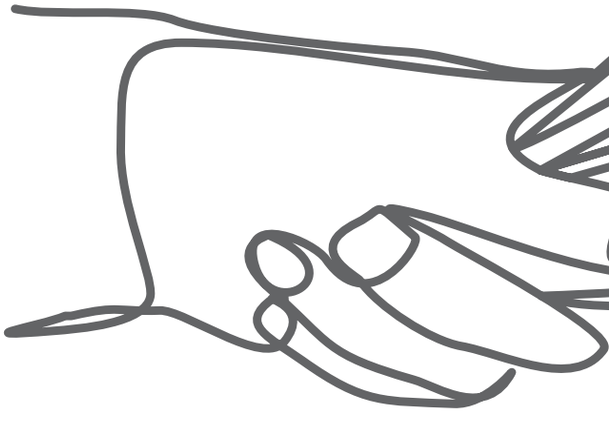
BDDK Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı (2021) s.11-12, https://www.bddk.org.tr/KurumHakkinda/EkGetir/5?ekId=36, 15.01.2022'de erişim sağlanmıştır

Sınıflandırma ve şeffaflık sorunlarıyla çok yakından ilişkili bir diğer sorun da doğrulama sisteminin yeterince gelişmemiş olmasıdır. Reel sektör ve finansal sektör kuruluşlarınca ulusal bir yeşil sınıflandırma sistematiği esas alınarak yapılacak raporlamaları doğrulayacak, yaygın, güvenilir (akredite) ve erişilebilir ikinci taraf görüşü sağlayıcıların olmaması sistemin işleyişini ve uygulamaların uluslararası düzlemde karşılaştırılabilirliğini ve kabul edilebilirliğini azaltmaktadır.

Türkiye'de karbon emisyonunun fiyatlandığı bir karbon piyasasının olmaması da önemli sorunlardan birisini teşkil etmektedir. Karbonun fiyatlanamıyor olması dışsallıkların sayısallaştırılmasını güçleştirmekte ve belli varsayımlar altında diğer ülkelerde oluşan fiyatların esas alınması zorunluluğunu yaratmaktadır.

Özellikle risk yönetimi alanında küresel düzeyde de yeni gelişmekte ve şekillenmekte olan iklim temelli ve ÇSY risklerin ileri düzey yaklaşım ve metodolojilerin takip edilmesi ve içselleştirilmesi konusundaki güçlükler de önemli sorunlardan birisini oluşturmaktadır. Bankacılık ve sigortacılık sektörleri ve finans ve sermaye piyasalarını düzenleyen kurumlar açısından söz konusu yaklaşım ve metodolojilerin gerektirdiği içsel kapasitenin oluşturulması önem taşımaktadır.

Bankacılık ve sigortacılık sektörlerinin yeşil dönüşüm ve iklim krizi nedeniyle taşıdıkları fiziksel riskler ve geçiş riskleri önemlidir. Finansman akışı konusunda bankacılık ve sigortacılık sektörlerinin reel sektörle ilişkileri kapsamında kritik sorumlulukları ve yükümlülükleri bulunmaktadır. İklim krizi daha da büyüdüğünde özellikle sigorta şirketlerinin geri dönülemez sıkıntılarla karşılaşabileceği göz önünde bulundurulmalı; şirketlerin kar odaklı yaklaşımdan paydaş odaklı yaklaşıma geçmeleri desteklenmelidir. Dolayısıyla finans sektörünün ve reel sektörün iklim değişikliği tehlikesi karşısında düzenleyici kurumlar ile birlikte çalışması önem arz etmektedir. Bankacılık ve sigortacılık sektörünün önleyici unsurlar konusunda bilgi, deneyim ve araştırmalarının düzenleyici kurumlar için önemli faydalar sağlayabileceği ve iklim değişikliği konusunda gerekli bankacılık ve sigortacılık konularında mevzuat düzenlemelerinin yapılması gerektiği belirtilmiştir.

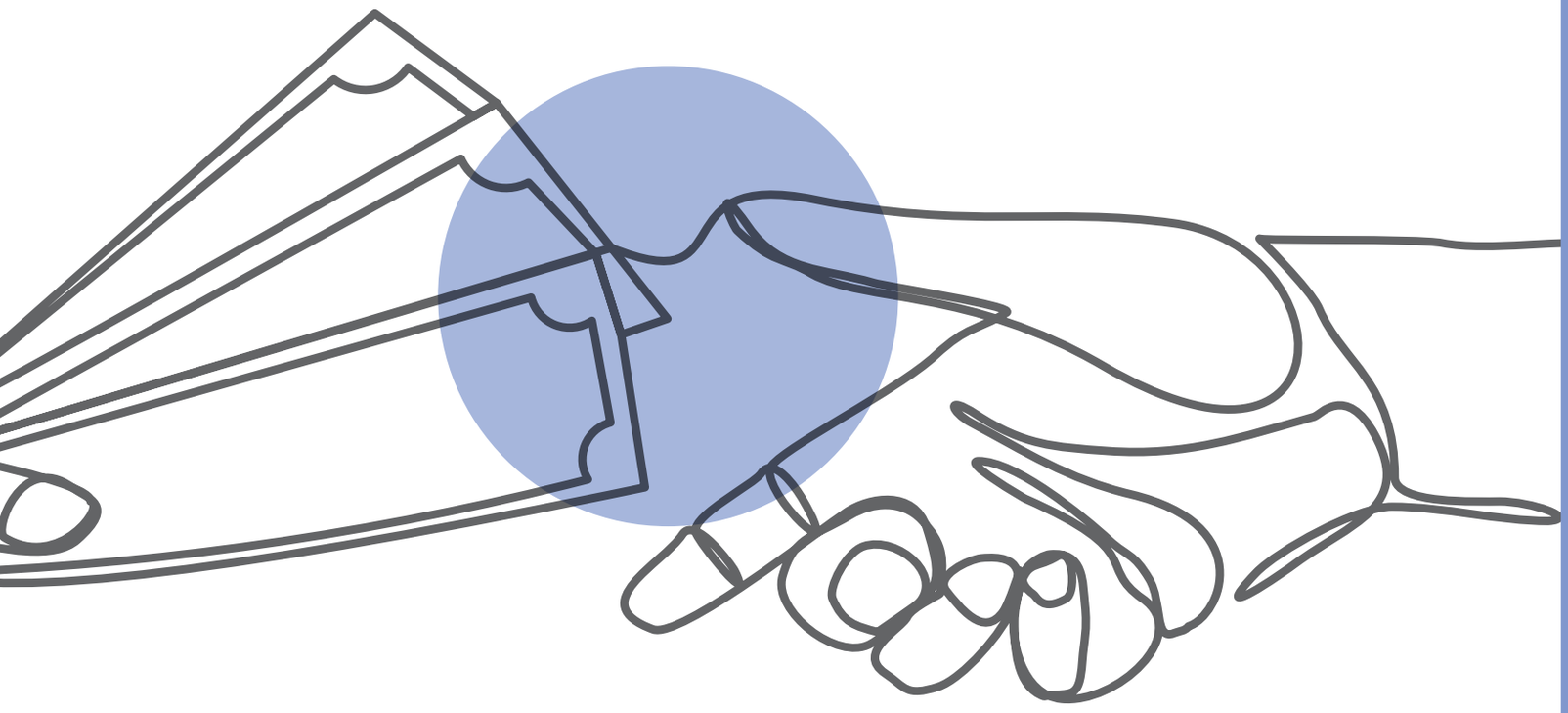


a.g.e., s.11

Sürdürülebilirlik konusunda bir düzenleme ve denetleme çerçevesinin olmaması da uygulamalarda asgari bir standardın oluşumunu engellemekte, belirsizlikleri ve bilgi kirliliğini artırmakta, yeşile boyama (greenwashing) olarak adlandırılabilecek yaklaşımlara imkân vermektedir .

Sonuç olarak Türkiye'de yeşil finansmanın gelişmesinin önündeki engeller ilişikteki gibi özetlemek mümkündür:

- Yeşil yatırımlara dair yüksek risk algısı,
- Proje geliştirme kapasitesindeki eksiklikler,
- Kurum veya şirketlerdeki diğer kapasite eksiklikleri,
- Sermaye piyasalarının yeterince derin olmaması,
- Mevzuat belirsizlikleri veya eksiklikleri,
- Uluslararası yeşil finans standartlarının Türkiye için her seviyede uygulanabilir olamaması



3.7 Engellerin Aşılması Ve Yeşil Finansman Kaynakları Ve Araçlarının Çeşitlendirilmesi İçin Atılması Gereken Somut Adımlar

BDDK Sürdürülebilir Bankacılık Stratejik Planı (2021) yukarıda belirtilen sorunlara ve zorluklara rağmen, Türkiye'de sürdürülebilir finansın geliştirilmesi için acil somut adımlar atılması gerekliliğini şöyle özetlemektedir :

- Giderek belirginlik kazanan iklim değişikliğine bağlı fiziksel riskler ve düşük karbon ekonomisine geçiş çabalarının neden olduğu geçiş riskleri, ülkemizde hem reel hem de finansal sektör üzerinde etkilerini hissettirmektedir. Tarım ve hidroelektrik üretimi ile enerji dağıtım sistemleri başta olmak üzere altyapı üzerinde etkileri özellikle görünür olan fiziksel risklerin yanı sıra geçiş riskleri de çok önemli etkiler yaratma potansiyeli taşımaktadır. 2019 yılında yayımlanan "AB Yeşil Mutabakatı"nın öngördüğü ve aşamalı olarak 2026 yılından itibaren uygulamaya girecek olan sınırda karbon düzenlemesi mekanizması, ihracatının yarıya yakınını AB ülkelerine gerçekleştirmekte olan ülkemiz ekonomisi açısından önemli bir risk oluşturmaktadır.

- Çevresel, sosyal ve yönetişimsel (ÇSY) kriterler küresel yatırım stratejilerinde giderek daha fazla dikkate alınmaktadır. Örneğin ÇSY kriterlerini gözeten yatırım fonlarının büyüklüğü 2015 yılından bu yana küresel olarak üç katına çıkmıştır. Çok yakın bir gelecekte çevresel ve sosyal sürdürülebilirlik kriterlerinin finansmana erişim açısından bir ön şart haline gelmesi beklenmekte olup bu alanda yeterli performansa sahip olmayan firmaların ulusal ve uluslararası piyasalarda finansmana erişimleri giderek daha da güçleşecektir.

- Paris İklim Anlaşması kapsamında ülkemizce verilen taahhütlerin ve ilan edilen plan ve politikaların etkili şekilde hayata geçirilebilmesinde iklimle bağlantılı risk ve fırsatları etkin şekilde yönetebilen ve sürdürülebilir yatırım ve projeler için gerekli finansmanı uygun koşullarda sağlayabilen bir finans sektörünün varlığı kritik önemdedir.

- Fosile dayalı geleneksel enerji kaynakları açısından büyük ölçüde dışa bağımlı olan Türkiye ekonomisinin verdiği ödemeler dengesi açıklarında petrol ve doğalgaz ithalatı önemli bir paya sahip bulunmaktadır. Söz konusu enerji kaynaklarının

---

a.g.e., s.12

uluslararası fiyatlarında yakın dönemde yaşanan dalgalanmalar ülke ekonomisi için önemli yükler ve riskler oluşturmaktadır. Bu bakımdan, yenilenebilir enerji yatırımlarına ve enerji verimliliğine yönelik yatırımlar ülkemizin enerji güvenliği ve ekonomik istikrarı açısından da hayati önemdedir.

- Bankacılık ve sigortacılık sektörlerinin iklim değişikliği tehlikesi karşısında düzenleyici kurumlar ile birlikte çalışması büyük önem arz etmektedir. Sigortacılık sektörünün önleyici unsurlar konusunda bilgi, deneyim ve araştırmalarının düzenleyici kurumlar için faydaları değerlendirilmeli; iklim değişikliği konusunda gerekli mevzuatsal düzenlemelerle birlikte sigortalanabilirlik koşullarına göre düzenlemeler yapılması düşünülmelidir.

- İklim krizinin daha da büyüdüğünde başta bankacılık ve sigorta sigorta şirketleri olmak üzere kurumlar için geri dönülemez sıkıntılarla karşılaşabileceği göz önünde bulundurularak; şirketlerin kar odaklı yaklaşım yerine paydaş odaklı çalışmalarının desteklenmesi faydalı olacaktır.

- İklim değişikliğine yönelik karbon emisyonunu azaltan çalışmalar yapan, enerji tasarrufuna yoğunlaşan vs. işletmelere prim teşvikleri sağlamak önem arz etmektedir.

- Toplumda iklim krizi bilincinin oluşması tüm kurumların çalışmalarının başarılı sonuçlar doğurması için kritik önemdedir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, UNESCO ve OECD tarafından da altı çizildiği üzere sürdürülebilir kalkınma ve iklim krizi ile mücadelede konusunda eğitim sadece "çevre boyutu" ile değil; ekonomik ve sosyal yönünün de erken çocukluktan itibaren ele alınmalıdır. Tüm eğitim sistemi başta sanayi ve tarım olmak üzere sektör dirençliliklerini artıracak şekilde tasarlanmalıdır; 21. Yüzyıl trendlerini başta eğitim camiası olmak üzere tüm topluma bütün eğitim kanalları ile aktarılması ve kapasite artırılması önemlidir.

Tüm bu nedenlerle bağlantılı olarak 16 Temmuz 2021 tarihli ve 31543 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 2021/15 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile yürürlüğe konulan "Yeşil Mutabakat Eylem Planı" kapsamında ülkemizde yeşil finansmanın gelişimini sağlayacak ekosistemin geliştirilmesi hedefi (Hedef No: 3.2.) doğrultusunda Kurumumuzca sürdürülebilir bankacılığın geliştirilebilmesine yönelik bir yol haritasının belirlenmesi (Eylem 3.2.5) öngörülmüştür.

3.8 TCMB Açısından Tasarım Çerçevesi Önerisi

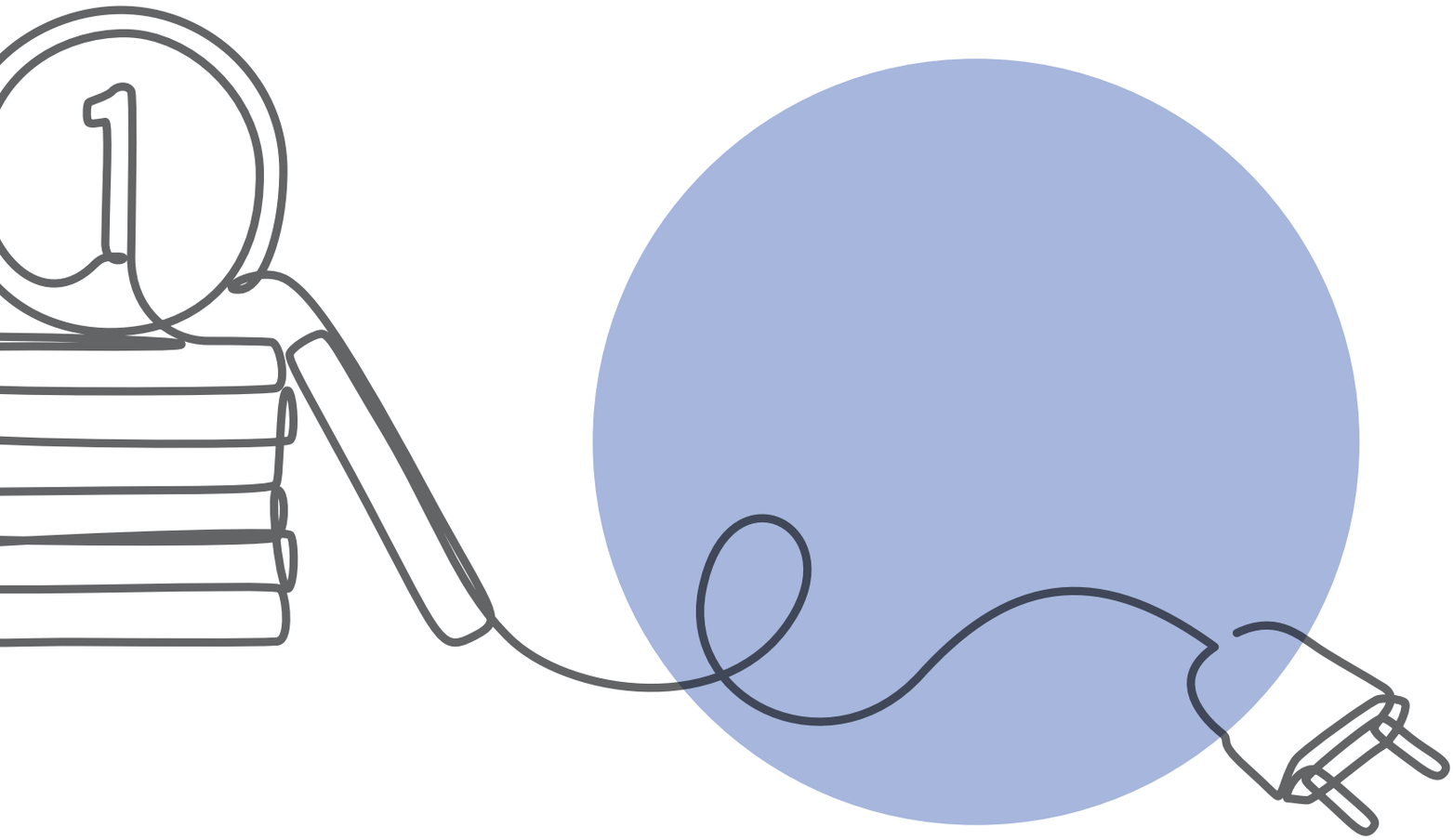
İklim krizi kadar iklim krizi ile mücadele için uygulanan politikalar da, bir çeşit arz yönlü şok olarak kabul edildiği için merkez bankalarının iklim politikalarının etkilerini çalışması önem arz etmektedir (McKibbin, Morris, Panton and Wilcoxen, 2017). Para politikası ve iklim politikalarının makro çıktıları etkileme gücü düşünüldüğünde, bu iki politika grubu arasındaki etkileşimin iyi anlaşılması ve gereken noktalarda birlikte tasarlanması da literatürde öne çıkan tartışmalar arasında yer almaktadır (McKibbin et al, 2017).

İklim krizinin fiyat istikrarı ve finansal istikrar üzerindeki etkileri üzerinde bir uzlaşı olduğu görülmekle birlikte, bunun merkez bankacılığı tarafında nasıl karşılık bulacağı hâlâ tartışılmaktadır. ABD Merkez Bankası FED'ten Rudebusch, iklim krizinin para politikası duruşunu etkileyen yönleri olduğunu kabul etmekle birlikte, merkez bankalarının yeşil dönüşümü desteklemek gibi bir görevi olmadığını belirtmektedir (Rudebusch, 2019). Avrupa Merkez Bankası'ndan Schnabel ise buradaki sınırı daha somut bir şekilde not ederek, merkez bankalarının kendilerine verilen ana göreve ulaşmak için atacakları adımlar içerisinde, eşit etkili iki seçenek içinde iklim-dostu olan adımı seçmeleri gerektiğini altını çizmektedir. (Schnabel, 2021).

Türkiye özelinde bakıldığında, hem frekansı hem şiddeti artan iklim krizi bağlantılı arz yönlü şokların ikincil etkilerine verilecek tepkilerin çalışılmasının ve bu çalışmanın iletişiminin yapılarak beklenti kanalının iyileştirilmesinin; fiyat istikrarına olduğu kadar ülkenin iklim politikalarının tasarlanmasına da destek vereceği düşünülmektedir. Burada uluslararası para politikası tartışması ekseninden ayrılmadan bir yeşil merkez bankacılık çerçevesi çizmek son derece önemlidir. Bu amaçla Türkiye için bir yeşil merkez bankacılık tasarımı sunan çalışmalarında Yeldan ve Ünüvar, üç temel prensibin altını çizmektedir (Ünüvar, Yeldan, 2021):

1. Yeşil dönüşüm, merkez bankalarının değil hükümetlerin görevidir
2. TCMB'nin temel görevi fiyat istikrarıdır
3. Yeşil merkez bankacılık, TCMB'nin araç bağımsızlığı ile çelişmemelidir.

Özellikle Covid-19 sonrası uluslararası kalkınma finansı kuruluşlarının daha fazla gündeme getirdiği "Yeşil İyileşmeye (Toparlanma)", finansal oyuncuları ve finansal araçları yeşillendirmeden ulaşmayı beklemek pek de mümkün görünmemektedir. Bu amaçla makro ve mikro-ihtiyati tedbirlerin, TCMB'nin görev tanımı ve bağımsızlığı ile çelişmeden, yeşil ekonomiyi destekleyici yönde değerlendirilmesi, Türkiye'de sektörlerin yeşil dönüşümünü destekleyerek düşük karbonlu ekonomiye geçişi hızlandırabilecektir. Bu noktada; bankacılık sektöründeki mikro ihtiyati tedbirlerin çoğunun BDDK tarafından alınması; makro ve mikro ihtiyati tedbirlerin sadece TCMB'nin görev tanımında olmaması nedeniyle, literatürde Merkez Bankalarına atfedilen görevlerin Finansal İstikrar Komitesi nezdinde değerlendirilmesi düşünülebilir. Finansal İstikrar Komitesi; Hazine ve Maliye Bakanının başkanlığında, Hazine ve Maliye Bakan Yardımcısı, Finansal İstikrar Komitesi; Strateji ve Bütçe Başkanı, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Başkanı, Sermaye Piyasası Kurulu Başkanı, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu Başkanı, Sigortacılık ve Özel Emeklilik Düzenleme ve Denetleme Kurumu Başkanı ve Tasarruf Mevduatı Sigorta Fonu Başkanından oluşur."



4. YEŞİL FİNANSMAN KOMİSYONU ŞURA KARARLARI

1) 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi doğrultusunda "Ulusal Yeşil Finans Stratejisi" 2023 yılının sonuna kadar hazırlanmalıdır.

2) Ulusal yeşil taksonomi mevzuatının hazırlanması amacıyla bir "Teknik Uzman Grubu" oluşturulmalı ve mevzuat hazırlıkları 2023 yılı sonuna kadar tamamlanmalıdır.

3) Finansal sektöre ilişkin faaliyetlerin çevre ve iklim hedefleriyle uyumlu bir hale getirilmesi için "Yeşil Finans Uzman Çalışma Grubu" tercihen 2022 yılının ilk yarısında oluşturulmalıdır.

4) Yeşil dönüşümün finansmanı ile ilgili teşvik ve desteklere ilişkin rehber niteliğinde olan genel ilke, kriter ve koşullar "Yeşil Finans Uzman Çalışma Grubu" tarafından 2023 yılında hazırlanmalı ve gerektiğinde güncellenmelidir.

5) Yeşil finansman araçlarına (yeşil kredi, yeşil fon, yeşil finansal kiralama vb.) ilişkin olarak uluslararası standartlarla uyumlu düzenleme altyapısı oluşturulmalıdır.

6) İklimle bağlantılı finansal risklerin tanımlanması, ölçülmesi, analiz edilmesi ve yönetilmesi için altyapı 2024 yılına kadar oluşturulmalıdır.

7) Yeşil ve sürdürülebilir yatırımların finansmanının artırılabilmesini teminen yeşil ve sürdürülebilir tahvil, kira sertifikası ve diğer sermaye araçları piyasalarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

8) Finansal kuruluşlar dâhil olmak üzere belirli büyüklükteki işletmeler için iklim, çevre, sosyal ve yönetişim konularına ilişkin finansal ve finansal olmayan bilgilere ait yüksek kaliteli, karşılaştırılabilir ve güvenilir raporlamayı sağlayacak,

https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/05/20210525-12.htm

uluslararası standartlarla uyumlu Türkiye Sürdürülebilirlik Standartları belirlenmeli ve yayımlanmalıdır.

9) Yeşile boyamanın önüne geçmek amacı da dâhil olmak üzere yeşil finansman faaliyetlerine ilişkin bağımsız dış değerlendirme hizmeti veren kuruluşların (ikinci taraf görüşü veren kuruluşlar dâhil) lisanslanması, düzenlenmesi ve denetlenmesi için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

10) Finans kuruluşlarının sağladıkları finansmanlara ilişkin, doğrulanmış iklim ve çevre verilerine erişimleri için kurumlar arası iş birliğinin esaslarını belirleyen bir protokol oluşturulmalıdır.

11) İklim değişikliğinin etkilerine karşı kırılgan sektörler ve potansiyel riskler belirlenmeli, ilgili risklere yönelik özel sigorta teminatları çerçevesi oluşturulmalıdır.

5. KAYNAKÇA

AA Şirket Haberleri (2021, 9 Ocak), "TSKB 350 milyon dolarlık sürdürülebilir eurobond ihracı gerçekleştirdi." https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/finans/tskb-350-milyon-dolarlik-surdurulebilir-eurobond-ihraci-gerceklestirdi/662049.

AA Şirket Haberleri (2020, 18 Temmuz) https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/teknoloji/vestel-turkiye-nin-tl-cinsinden-ilk-surdurulebilir-yesil-tahvil-ihracini-gerceklestirdi/658402.

Acar, S., Kitson, L., & Brindle, R. (2015) Subsidies to coal and renewable energy in Turkey.

Acar, S., Yeldan, E., 2016. Environmental impacts of coal subsidies in Turkey: a general equilibrium analysis. Energy Policy 90, 1–15.

Akbank (2021, 5 Ocak) https://www.akbankinvestorrelations.com/en/images/pdf/akbank-esg-strategy.pdf.

Akbank (2021, 5 Ocak) https://www.akbankinvestorrelations.com/tr/haberler/detay/Akbanktan-daha-surdurulebilir-bir-gelecek-icin-2030a-kadar-200-milyar-TL-destek/592/1390/0.

Avrupa Komisyonu (2020, 14 Ocak). "Financing the green transition: The European Green Deal Investment Plan and Just Transition Mechanism." Erişim tarihi: 24 Ocak 2021, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_17.

Avrupa Merkez Bankası (2021), "ECB presents action plan to include climate change considerations in its monetary policy strategy", basın bülteni, Temmuz. (https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2021/html/ecb.pr210708_1~f104919225.en.html).

Aytaç, O. (2020), Özel Elektrik Üretim Şirketlerine Sağlanan "Özel ve Güzel" Destekler, Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020 içinde. TMMOB, Ankara. ISBN: 978-605-01-1367-9.

Bank of Enland. (2017). The Bank of England's response to climate change. Quarterly Bulletin. https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/quarterly-bulletin/2017/the-banks-response-to-climate-change.pdf?la=en&hash=7DF676C781E5FAEE994C2A210A6B9EEE44879387

Bank of International Settlements. (2021). Press Release: BIS launches second green bond fund for central banks. https://www.bis.org/press/p210125.html.

Bolton, P., Despres, M., Da Silva, L. A. P., Samama, F., & Svartzman, R. (2020). The green swan. BIS Books.

Borsa İstanbul (2020, Temmuz). "Şirketler için Sürdürülebilirlik Rehberi - Çevresel, Sosyal ve Kurumsal Yönetim (ÇSY) Faktörlerinin Raporlanması ve İletişimi 2020", Erişim tarihi: 23 Ocak 2021, https://www.borsaistanbul.com/files/Surdurulebilirlik_Rehberi_2020.pdf.

Dikau, S., & Volz, U. (2018). Central banking, climate change and green finance. ADBI Working Paper 867. Tokyo.

Durmaz, T., Acar, S. ve Kızılkaya, S. (2020). "Enerji Güvenliği, Çevre ve Ekonomi Ekseninde Türkiye Elektrik Piyasası Kapasite Mekanizması", Yıldız TTO ve Greenpeace Türkiye. Yayımlanmamış Araştırma Raporu.

Eurofi (Nisan 2020). "Green Deal: Implications for the Financial Sector", VIEWS | The EUROFI Magazine | April 2020, Erişim tarihi: 24 Ocak 2021,https://www.eurofi.net/wp-content/uploads/2020/04/green-deal-implications-for-the-financial-sector_zagreb_april2020.pdf. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:FO3FOjM8wYoJ:https://www.eurofi.net/wp-content/uploads/2020/04/green-deal-implications-for-the-financial-sector_zagreb_april2020.pdf+&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr).

European Bank for Reconstruction and Development (EBRD) The Green Economy Transition (GET) Approach 2021-25, file:///C:/Users/user/Downloads/GET%202021%20-%202025%20Document.pdf.

European Investment Bank (2019, 14 November). EU Bank launches ambitious new climate strategy and Energy Lending Policy, https://www.eib.org/en/press/all/2019-313-eu-bank-launches-ambitious-new-climate-strategy-and-energy-lending-policy.

European Investment Bank (2019, 12 November). "EIB approves €1 trillion green investment plan to become 'climate bank'". https://www.climatechangenews.com/2020/11/12/eib-approves-e1-trillion-green-investment-plan-become-climate-bank/.

Hoff, H, Häyhä, T., Cornell, S.E and Lucas, P.L. (2017). "Bringing EU policy into line with the Planetary Boundaries" Stockholm Environment Institute Discussion Brief, https://www.researchgate.net/publication/319329326_Bringing_EU_policy_into_line_with_the_Planetary_Boundaries.

McKibbin, W. J., Morris, A. C., Panton, A., & Wilcoxen, P. (2017). Climate change and monetary policy: Dealing with disruption. The Brookings Institution Climate and Energy Economics Discussion Paper.

Northon Rose Fulbright (2020, Aralık). "Global, EU and UK sustainable finance initiatives". Norton Rose Fulbright Publications. Erişim tarihi: 24 Ocak 2021, https://www.nortonrosefulbright.com/en-it/knowledge/

publications/a5848ad7/global-and-eu-sustainable-finance-initiatives.

OECD-IISD (2021). https://fossilfuelsubsidytracker.org/

Rockström, J; et al. (2009), "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity" (PDF), Ecology and Society, 14 (2): 32, doi:10.5751/ES-03180-140232.

Rudebusch, G. D. (2019). Climate change and the Federal Reserve. FRBSF Economic Letter, 9.

Schnabel, I. (2021). From green neglect to green dominance. Greening Monetary Policy – Central Banking and Climate Change online seminar. March, 3.

Rust, S. (2020, Ocak). "Investors react to EU Green Deal. Investment and Pensions" Europe-IPE magazine. Erişim tarihi: 24 Ocak 2021, https://www.ipe.com/esg/investors-react-to-eu-green-deal/10042968.article.

Sabato, S. ve Fronteddu, B. (2020). "A socially just transition through the European Green Deal?", Working Paper 2020.08 European Trade Union Institute (ETUI) , Erişim tarihi: 23 Ocak 2021, file:///C:/Users/user/Downloads/SSRN-id3699367.pdf.

SHURA (2019). Türkiye Enerji Sektöründe Fiyatlandırma ve Piyasa Dışı Fon Akışları Raporu.

Standard Chartered (Haziran 2020. "The EU Green Deal: a purpose-driven plan with global investment impact?" Standard Chartered Insights. Erişim tarihi: 24 Ocak 2021, https://www.sc.com/en/feature/the-eu-green-deal-a-purpose-driven-plan-with-global-investment-impact.

TEİAŞ (2020). Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri. URL: https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri.

Ünüvar, Burcu. (2020); "Yeşil Kuğu", TSKB Yeni Ay, Sayı 28.

Ünüvar, B., Yeldan, E. (2021). "Getting Ready for the Next Battle: Greening the Monetary Policy in Turkey" Paper under review by Ecological Economics, 2021.

Ünüvar, B. (2019). Financing the green economy. In Handbook of Green Economics (pp. 163-181). Academic Press.

Villeroy de Galhau, F. (2021a). How to revisit central banking and financial stability. Speech by Francois Villeroy de Galhau, Governor of the Bank of France. Peterson Institute for International Economics.

Ziolo, M. (2021). Finance and Sustainable Development Designing Sustainable Financial Systems. Routledge International Studies in Money and Banking. Erişim tarihi: 23 Ocak 2021,

Lagarde, C., & Gaspar, V. (2019). Getting real on meeting Paris climate change commitments. IMF Blog, May, 3.

https://www.routledge.com/Finance-and-Sustainable-Development-Designing-Sustainable-Financial-Systems/Ziolo/p/book/9780367819767.

https://buildingtocop.org/2021/11/11/accelerating-deep-collaboration-26-built-environment-climate-action-initiatives-announced-at-cop26.

EKLER

EK-1: Türk Bankacılık Sistemince Borçlanma Piyasasında Gerçekleştirilen Yeşil Faaliyetler

Türkiye'de sürdürülebilir borçlanma piyasası, Garanti BBVA ve Akbank T.A.Ş.'nin iç hesaplamalarına göre mevcut durumda 15 milyar dolara yaklaşmıştır . TSKB'nin öncülük ettiği yeşil tahvil işlemine benzer bir şekilde Türkiye'de ilk yeşil kredi işlemi ve Dünya'da ilk kez piyasaya sunulan Cinsiyet Eşitliği Kredisi Garanti BBVA tarafından oluşturulmuştur . Türkiye'de gerçekleştirilen ihraçlara ve bankaların ihraç tutarlarına ilişkin veri tablosu ilişiktedir.

Tablo Ek-1

Bono ve Tahviller		
Yıl	**Reel Sektör**	**mn USD**
2016	Rönesans Sağlık	301
2017	YDA İnşaat	88
2020	Vestel	15
2021	Aydem	750
2021	Arçelik	350
Toplam		**1,504**

Yıl	**Banka**	**mn USD**
2015	Akbank Covered Bond	139
2017	Akbank Covered Bond	172
2017	Akbank Green Mortgage	142
2019	Akbank Green Mortgage	34
2017	Garanti Green Mortgage	234
2016	TSKB Green Bond	300
2018	Garanti Gender Bond	75
2019	Garanti Green Bond	50
2019	İşbank Green Bond	50

Yıl	Banka	mn USD
2020	Akbank Green Bond	50
2020	Yapı Kredi Green Bond	50
2020	Vakıf Bank Sustainability Bond	750
2021	TSKB Sustainability Bond	350
2021	Ziraat Sustainability Bond	600
2021	Vakıf Bank Sustainability Eurobond	500
2021	İş Bankası Sust-linked. Bond	964
2021	Akbank Sustainable T2	500
Toplam		**4.960**

Krediler		
Yıl	**Reel Sektöre Kullandırılan Krediler**	**mn USD**
2018	Akfen	260
2018	Zorlu	10
2019	Soma 4 (Polat Enerji)	44
2020	Limak	22
2020	Enerjisa	770
2019	Turkcell	50
2020	Turkcell	50
2021	Borusan	52
2021	Borçelik	11
2021	Akkim	33
Toplam		**1.302**

Gül, I. (2021) Garanti BBVA Bilgi Notu, Kahraman, E.(2022), Akbank T.A.Ş Yeşil Finansman Komisyonu Bilgi Notu
Gül, I (2022) Garanti BBVA Yeşil Finansman Komisyonu'na Not, 29.01. 2022

Yıl	Bankalar Aracılığıyla Kullandırılan Krediler	mn USD
2007	Akbank-EIB SME	169
2008	Akbank-KFW SME	87
2008	Akbank-Proparco SME	56
2008	Akbank-EIB SME	394
2009	Akbank-EIB SME	126
2009	Akbank-EIB SME	146
2009	Akbank-KFW SME	23
2010	Akbank-EBRD Turseff	48
2010	Akbank-EBRD Turseff	12
2010	Akbank-EIB SME	79
2010	Akbank-EIB SME	71
2010	Akbank-EIB SME	38,5
2010	Akbank-EIB SME	9,5
2010	Akbank-IFC SME	75
2010	Akbank-IFC SME/Renew	75
2011	Akbank-EIB SME	34
2011	Akbank-EIB SME	8,7
2011	Akbank-EBRD Renew	100
2012	Akbank-EBRD SME	12
2012	Akbank-EBRD Turseff	24
2012	Akbank-EIB SME	113
2013	Akbank-EIB SME	67
2014	Akbank-DFC Renew	125
2014	TSKB - KfW - Energy Efficiency	165
2014	TKB - EIB - Renew	110
2014	Şekerbank - EBRD - Renew	48
2014	Şekerbank - CTF - Renew	12

Yıl	Bankalar Aracılığıyla Kullandırılan Krediler	mn USD
2014	Fibabank - GGF - Renew	15
2015	Akbank - EBRD - Renew	110
2015	ODEA - GGF - Renew	11
2015	Şekerbank - FMO - Renew	115
2015	TEB - EBRD - Women	55
2015	TKB - EIB - Renew	150
2015	Garanti - Midseff 2(EBRD)- Renew	100
2016	Garanti - Proparco - Renew	100
2016	Garanti - Turwib (EBRD) - Women	55
2016-17	("Diğer 2015-17 sayfasından")	735
2016	Akbank - EBRD - Renew	110
2016	Akbank-EIB SME	220
2016	Akbank-DFC Renew	50
2016	Akbank-IFC	250
2016	Akbank-EIB PPP	28
2017	Akbank-EIB PPP	28
2019	Garanti Deal (Refugee Zones)	133
2020	Garanti ESG-linked syndication loan (incl. IFC&EBRD Covid)	700
2020	Akbank-EBRD Covid-19	75
2021	Akbank ESG Linked syndication	1353
2021	Akbank-AIIB Covid-19	100
2021	Akbank-EBRD Turwib	50
2021	Akbank-IFC Refugee Impact	50
2021	TEB (EBRD Covid)	50
Toplam	**Türkiye Toplam (mn USD):**	**6.870,7** **14.636,7**

• **Akbank T.A.Ş.**

Akbank Sürdürülebilir Finansman, İnsan ve Toplum, Ekosistem Yönetimi ve İklim Değişikliği başlıklarında sürdürülebilirlik faaliyetlerine öncelik verdiğini 5 Ocak 2021'de ilan etmiştir. Daha sürdürülebilir bir ekonomi için 2030 yılına kadar şirketlere 200 milyar TL sürdürülebilir kredi finansmanı sağlamayı ve sürdürülebilir yatırım kategorisine giren yatırım fonları bakiyesini 15 milyar TL'ye çıkarmayı taahhüt etmiştir. Bankanın 2021 yılında Uluslararası Finans Kuruluşları Kredileri, Yeşil Bono, ESG (sürdürülebilirlik) temalı sendikasyon kredisi, sürdürülebilir sermaye benzeri tahvil ihracı ve diğer borçlanma işlemleriyle sürdürülebilir finansmana dayalı borçlanma işlemleri 2 milyar doları aşmıştır. Banka ayrıca uluslararası standartlara göre tanımlanan iklim değişikliğinin yol açtığı risklere ve fırsatlara ilişkin bilgilerin çevresel ve/veya teknik raporlarda yer alması için düzenlemeler üzerinde çalışmaktadır.

• **Garanti** BBVA

Garanti BBVA 17 Temmuz 2020'de Vestel Şirketler Grubu'nun 100.5 milyon TL tutarda yeşil tahvil ihracına aracılık etmiştir. Vestel elde ettiği kaynağı su kaynaklarının korunması, karbon azaltımı, enerji verimliliği ve atıkların azaltılması gibi alanlara katkı sağlayan ARGE ve inovasyon çalışmaları ve çevre dostu teknoloji yatırımları için kullanacağını açıklamıştır. Garanti BBVA temiz, yenilenebilir, alternatif enerji teknolojilerinde faaliyet gösteren şirketlerin, sermaye piyasası araçlarına yatırım yapmasına imkân veren Garanti Portföy Temiz Enerji Karma Fonu'nu hizmete sunmuştur.

• **Türkiye Kalkınma Yatırım Bankası (TKYB)**

Türkiye Kalkınma Yatırım Bankası'nın asli görevlerinden birisi Türk Sermaye Piyasalarına yenilik ve derinlik kazandırmaktır. Bu çerçevede TKYB 2021'de Türkiye'nin ilk düşük karbonlu ekonomiye geçiş tahviline (transition bond) aracılık etmiştir. İhraç gelirlerinin düşük karbonlu ekonomiye geçiş amacıyla kullanıldığı bu ihraç türünde TKYB Polgaz'a yeşil kritere sahip olunmasa da sera gazı azaltımı konusunda faaliyet göstermesi için finansman sağlamıştır. Bu ihraç Türkiye'de etki analizi raporlaması yapılmış ilk reel sektör ihracı olduğu için örnek bir işlem olarak değerlendirilmektedir. Etki analizi kapsamında Polgaz Doğalgaz Dağıtım Şirketi, faaliyet gösterdiği bölgede 200 milyon TL'lik bir yatırım yaparak, iki yıllık bir vadede ve 224 km boru hattı döşemesiyle toplamda iki yılın sonunda karbon salımında 1,9 milyon ton düşüşü sağlayacaktır. Böylece şirket karbon salımında % 63'lük bir azalma gerçekleştirecektir. TKYB sosyal bir sukuk işlemine de 2021 içinde aracılık etmiştir. TKYB sahip olduğu Kalkınma Yatırım Varlık Kiralama Şirketi aracılığıyla 50 milyon

TL tutarda Türkiye'nin ilk sukuk ve sosyal sukuk ihracı gerçekleştirmiştir. İhraçtan gelen kaynak tarım sektöründe kullandırılacaktır. Tarımsal ürünün üretimini en başından nihai tüketiciye ulaşmasına kadar tüm süreç aslında sosyal katkısı hedeflenmiş bir iş modeli ile kurgulanmıştır.

Son olarak, AFD Yonetim Kurulu 16 Aralık 2021 tarihinde, iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonuna yönelik Türk yatırımlarını desteklemek için Türkiye Kalkınma ve Yatırım Bankası'nın (TKYB) ilk 100 milyon Euro'luk sürdürülebilir tahvil ihracına yatırım yapmayı onaylamıştır. Anlaşmanın (Private Placement) 2022 yılı içerisinde imzalanması planlanmaktadır.

• Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB)

Tüm bankacılık faaliyetlerini uluslararası kabul görmüş sürdürülebilirlik prensipleri ve BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na uyumlu yürüten Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB), 2020 yılında aldığı ve 2021 yılında önemli iyileşme kaydettiği ÇSY risk notu ile, TSKB düşük risk kategorisinde Türkiye'de ilk sırada, kendi kategorisinde Dünya'da ise en iyi bankalar arasında konumlanmaya devam etmektedir. Bu perspektifi hizmetlerine de entegre eden TSKB 2020 yılında çevresel, sosyal ve yönetişim bağlantılı yenilikçi ürünlere imza atmıştır. Türkiye'de ÇSY risk notuna endeksli ilk krediyi 2020'de temin eden TSKB, ÇSY derecelendirme (rating) notundaki gelişim ile kredi maliyetinde iyileşme sağlanması öngörülen kredisini 2021 yılında notunda hedeflenenin üzerinde bir iyileşme ile kapamıştır. 350 milyon dolarlık 5 yıl vadeli 3. sürdürülebilir tahvil ihracını 8 Ocak 2021'de gerçekleştirmiş olup, 2021 yılı içerisinde, sendikasyon kredisini de sürdürülebilirlik kriterlerine endeksli olarak temin etmiştir. TSKB, 2020'de iştiraki ESCARUS ile geliştirdiği SKA Kredi Modeli'ni de uygulamayı sürdürmektedir. Bu kapsamda SKA Değerlendirme Aracı ile firmaların sosyal, ekonomik ve çevresel konulardaki performansının öz değerlendirmesi yapılmakta ve aksiyon planları belirlenmektedir. Sürecin son aşamasında ise üretilen etkiye bağlı olarak, firmaya finansman maliyetlerinde iyileştirme sağlanmaktadır. Yatırım bankacılığı tarafında ise TSKB 2020 yılında ilk sürdürülebilir kira sertifikası ihracına aracılık etmiştir. TSKB'nin söz konusu fonları sürdürülebilirlik çerçevesi kapsamında yer alan projelerinin refinansmanı ile yeni sürdürülebilirlik yatırımlarının finansmanı için kullanılacağı belirtilmiştir. 2020 yılında Banka hayata geçirdiği SKA Haritalandırma Projesi kapsamında, kredilendirme faaliyetlerinin etkisini SKA'lar kapsamında takip etmektedir. TSKB'nin toplam kaynaklarının %80'i ESG temalı olup, kredi portföyünün de yaklaşık %90'ı BM SKA ile uyumludur. Bununla birlikte, SKA odaklı kredi kullandırımları da gerçekleştiren Banka, örneğin Borusan, Altınmarka, Zorluteks gibi firmalara SKA odaklı kredi kullandırtmıştır. TSKB, ayrıca yatırım bankacılığı

faaliyetleri ile firmaların da sermaye piyasalarında yeşil finansmana erişimine aracılık etmektedir. Zorlu Enerji'nin ilk sürdürülebilir sukuk ihracına aracılık etmiştir. İklim değişikliği ile mücadele ve uyumu stratejik odakları arasında konumlandıran TSKB, Türkiye'de, İklimle Bağlantılı Finansal Beyanlar Görev Gücü'nü (TCFD) destekleyen lider kurumlardan biri olarak, ilk İklim Riskleri Raporu'nu Mayıs 2021'de yayımlamıştır . 2023 yılına kadar kredi portföyünde iklim risklerinin uçtan uca entegrasyonunu sonuçlandırmayı hedefleyen TSKB, 2025 yılına kadar SKA bağlantılı kredilerin toplam portföy içindeki ağırlığını %90 seviyesinde tutmayı önceliklendireceğini açıklamıştır.

Bunlara ek olarak TSKB Ekonomik Araştırmalar, iklim krizini makro-ekonomik perspektiften ele alan çalışmalar ve yayınlar yaparak, paydaşların konu hakkındaki farkındalığının artmasına katkı vermektedir.

• Kuveyt Türk Katılım Bankası

Kuveyt Türk' 16 Eylül 2021'de 350 milyon ABD dolar tutarında 10 yıl vadeli ve 5. yılın sonunda erken itfa opsiyonu olan sürdürülebilir sukuk ihracını gerçekleştirmiştir. Sürdürülebilir sukuk ihracına Kıta Avrupası, Birleşik Krallık, Amerika, Asya ve Körfez dâhil çok geniş bir coğrafi dağılımıyla 4.3 milyar doların üzerinde talep gelmiştir.

Sürdürülebilir sukuktan elde edilen kaynağın yenilenebilir enerji finansmanı başta olmak üzere yeşil ve sosyal proje finansmanlarında değerlendirileceği belirtilmiştir .

• Fransız Kalkınma Ajansı ve PROPARCO (AFD Grubu)

AFD Grubu, daha dengeli, nitelikli ve sürdürülebilir büyüme ve daha düşük karbonlu bir ekonomiye geçiş için çalışmaktadır. İklim değişikliğini azaltma ve ona uyum, kadın-erkek eşitliği konuları Türkiye'de yürütülen tüm projelerin temelini oluşturmaktadır. AFD finansman konularını desteklemek amacıyla teknik destek programları da sunmaktadır.

AFD Gurubu, 2005'ten bu yana Türkiye'ye 3 milyar Avro üzerinde finansman sağlamıştır. Bu finansmanların, 1. 7 milyar Avrosu ise doğrudan finansal sektöre kullandırılmıştır. 2021 yılı itibarıyla Türkiye'ye yapılan 319 milyon Avroluk yatırımın yüzde doksandan fazlası iklim

---

https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/TCFD.pdf, 04.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

https://www.kuveytturk.com.tr/hakkimizda/kuveyt-turk-hakkinda/bizden-haberler/kuveyt-turkten-turkiyenin-ve-dunyanin-ilk-surdurulebilir-sermaye-benzeri-sukuk-ihraci, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

faydası sağlamaktadır. AFD'nin özel sektöre finansman sağlayan bağlı kuruluşu PROPARCO, bugüne kadar Türkiye'deki finansal sektöre 500 milyon Avro'nun üzerinde finansman sağlamıştır. PROPARCO'nun sağladığı finansman kriterlerinde en az %50 oranında iklim faydası sağlanması gözetilmektedir. Hâlihazırda, Proparco'nun Türk şirketleri ve finansal sektöre sağladığı finansmanların yüzde seksenden fazlası yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği projelerini desteklemek içindir.

• Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (European Bank for Reconstruction and Development-EBRD)

Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası, 2021-2025 Yeşil Ekonomiye Geçiş (Green Economy Transition-GET) başlıklı yeni stratejisi ile Türkiye'nin düşük karbon ve iklim dirençli bir ekonomiye geçişini yeşil yatırımları ile destekleyeceğini açıklamıştır. Sürdürülebilir enerji ve alt yapı finansmanı konusunda görevli olan Kılıç, Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 77 ülkenin sahipliğinde uluslar üstü bir kurum olan EBRD'nin amacının faaliyet gösterdiği ülkelerin gelişmesine destek olmak olarak açıklamıştır. Asıl faaliyet alanı finansman olsa da EBRD, finansman konusunu desteklemek amaçlı hem teknik destek hem de kurumların politika geliştirmelerine destek vermek üzere Ankara'da birçok bakanlık ile çalışmaktadır. EBRD Yönetim Kurulu'nun almış olduğu karar istinaden 2023'ten itibaren Paris Anlaşması'na uygun olmayan hiçbir projeye finansman sağlanmayacaktır . Bu çerçevede EBRD'nin Türkiye'deki faaliyetlerine devam edebilmesi için Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı TBMM'de onaylamış olması önemli bir gelişmedir zira Türkiye, EBRD'nin toplam portföyünün %15'ini aktararak en çok finansman sağladığı ülke konumundadır. Bu nedenle Türkiye'nin attığı her adım EBRD'yi yakından ilgilendirmektedir. EBRD ayrıca yaptığı her bir liralık yatırımın yüzde ellisini yeşil olması stratejisini benimsemiştir. Bütün ülkelerde %50 yeşil finansman hedefini tutturma zorunluluğu olan EBRD'nin en iyi performans sergilediği ülkelerden biri -iklim kanunu olmamasına rağmen Türkiye'dir. Mesela 2021 yılı itibarıyla Türkiye'ye yapılan 2 milyarlık Avroluk yatırımın yüzde ellisi yeşildir.

Birçok bakanlık ve düzenleyici idare ile çalışan EBRD, Sermaye Piyasası Kurulu ile yeşil bonoların ve yeşil tahvillerin ihracına yönelik bir kılavuz hazırlamıştır. Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı ile Yenilebilir Enerji Eylem Planı ve yakın bir zaman önce çıkan Enerji Verimliliği Eylem Planı ile birlikte finansman politikalarına yönelik çalışmalarda destek verilmiştir.

https://www.ebrd.com/news/2021/ebrd-announces-full-paris-alignment-by-end2022-.html, 16.01.2022'de erişim sağlanmıştır.

EK 2: KOMİSYON ÜYELERİ

EK-1: Türk Bankacılık Sistemince Borçlanma Piyasasında Gerçekleştirilen Yeşil Faaliyetler

Türkiye'de sürdürülebilir borçlanma piyasası, Garanti BBVA ve Akbank T.A.Ş.'nin iç hesaplamalarına göre mevcut durumda 15 milyar dolara yaklaşmıştır . TSKB'nin öncülük ettiği yeşil tahvil işlemine benzer bir şekilde Türkiye'de ilk yeşil kredi işlemi ve Dünya'da ilk kez piyasaya sunulan Cinsiyet Eşitliği Kredisi Garanti BBVA tarafından oluşturulmuştur . Türkiye'de gerçekleştirilen ihraçlara ve bankaların ihraç tutarlarına ilişkin veri tablosu ilişiktedir.

YÜRÜTME KURULU	
Komisyon Başkanı	Mehmet ARABACI
Komisyon Başkan Yardımcısı	Prof. Dr. Güven SAK
Komisyon Başkan Yardımcısı	Prof. Dr. Alp Erinç YELDAN
Yeşil Finansman Komisyonu Koordinatörü	Elif Gökçe ÖZ
Yeşil Finansman Komisyonu Koordinatörü	Sümeyra TERZİ
Yeşil Finansman Komisyonu Sorumlusu	Hakan ACAR
Yeşil Finansman Komisyonu Sorumlusu	Çağrı UZEL
Raportör	Bahar ÖZAY
Raportör	Sümeyye KARABACAK

Yeşil Finans Komisyonu Üyeleri		
No	**Komisyon Üyesi (İsim-Soy isim)**	**Kurum/Kuruluş**
1	Esra KAHRAMAN	Akbank T.A.Ş.
2	Onur Çağdaş ARTANTAŞ	Hacettepe Üniversitesi
3	Şule KILIÇ	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD)
4	Dr. İlker KOÇ	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK)
5	Bahar ÖZAY	Boğaziçi Üniversitesi
6	Doç. Dr. Sevil ACAR AYTEKİN	Boğaziçi Üniversitesi
7	Selin DÜZ TAN	Borsa İstanbul A.Ş.

Yeşil Finans Komisyonu Üyeleri		
No	**Komisyon Üyesi (İsim-Soy isim)**	**Kurum/Kuruluş**
8	Feyza ELDENİZ	Cumhurbaşkanlığı - Strateji ve Bütçe Başkanlığı - Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Dairesi
9	Öncü TEKEŞ	Dışişleri Bakanlığı, Avrupa Birliği Başkanlığı, Mali İşbirliği ve Proje Uygulama Genel Müdürlüğü
10	İrem ÖZGÜR GÖRGÜN	Dışişleri Bakanlığı, Avrupa Birliği Başkanlığı, Mali İşbirliği ve Proje Uygulama Genel Müdürlüğü
11	Işıl DEĞERLİ	Dışişleri Bakanlığı, Avrupa Birliği Başkanlığı, Ekonomik, Mali ve Sosyal Politikalar Daire Başkanlığı
12	Dr. Hakkı KARATAŞ	Dış Ekonomik Araştırmalar Kurulu (DEİK)
13	Etkin ÖZEN	Dünya Bankası
14	Melis BİTLİS	TSKB Sürdürülebilirlik Danışmanlığı A.Ş. (ESCARUS)
15	Ümit ÇALIKOĞLU	ETKB /Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı
16	Dr. Onur İLHAN	Etki Yatırımı Danışma Kurulu (EYDK)
17	Ahmet CANDAN	Finansal Kurumlar Birliği
18	Seray İMER	Garanti BBVA
19	Irmak GÜL	Garanti BBVA
20	Şevket Altuğ TAŞDEMİR	İlbank
21		
22	Bekir FENDOĞLU	Hazine ve Maliye Bakanlığı/ Dünya Bankası Daire Başkanlığı
23	İbrahim Barış ŞAYLAN	Hazine ve Maliye Bakanlığı/ Dünya Bankası Daire Başkanlığı
24	Osman ORMAN	Hazine ve Maliye Bakanlığı/Uluslararası Sermaye Piyasaları Daire Başkanlığı
25	Emrah BAYDEMİR	İlbank
26	Ünay KARPUZ	Türkiye İş Bankası A.Ş.
27	Sümeyye KARABACAK	Kadir Has Üniversitesi
28	Canan ÖZKAN	TCMB Yatırımcı İlişkileri ve Uluslararası Kuruluşlar Genel Müdürlüğü - Yeşil Ekonomi ve İklim Değişikliği Müdürlüğü
29	Ceyda CESUR	Fransız Kalkınma Ajansı

Yeşil Finans Komisyonu Üyeleri		
No	**Komisyon Üyesi (İsim-Soy isim)**	**Kurum/Kuruluş**
30	Özge Doğanay YAŞAR	TCMB Piyasalar Genel Müdürlüğü
31	Ezgi VAROL	TCMB Bankacılık ve Finansal Kuruluşlar Genel Müdürlüğü
32	Fırat YILMAZ	TCMB Piyasalar Genel Müdürlüğü
33	Mehmet Emre ŞAMCI	TCMB Bankacılık ve Finansal Kuruluşlar Genel Müdürlüğü
34	Kamer GÜNEYSU BALABAN	TCMB Yatırımcı İlişkileri ve Uluslararası Kuruluşlar Genel Müdürlüğü
35	Merve LOĞOĞLU	TCMB Yatırımcı İlişkileri ve Uluslararası Kuruluşlar Genel Müdürlüğü
36	Zergül ÖZBİLGİÇ	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı/Teşvik Uygulama ve Yabancı Sermaye Genel Müdürü
37	Seyran HATİPOĞLU	Sürdürülebilir Enerji ve Finansman Danışmanı (Freelance)
38	Fatma Akgün OLUM	Sermaye Piyasası Kurulu (SPK)
39	Seçil KIZILKAYA YILDIZ	Türkiye Kalkınma ve Yatırım Bankası
40	Erhan ÇALIŞKAN	Türkiye Kalkınma ve Yatırım Bankası
41	Bahar YÜCEL	Türkiye Kalkınma ve Yatırım Bankası
42	Necip Saygın SUNGUR	Türkiye Katılım Bankaları Birliği (TKBB)
43	Burcu ÜNÜVAR	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
44	Gizem ERARSLAN	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
45	Nazlı İpek YILDIZ ÜNAL	Türkiye Sigorta Birliği
46	İmge KOÇ	Türkiye Varlık Fonu
47	Mehmet TÜRK	TSE

Karbon Fiyatlama Alt Komisyonu

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği (European Union)
AYM	Avrupa Yeşil Mutabakatı
BDDK	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Convention on Climate Change)
CDM	Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism)
COP	Taraflar Konferansı (Conference of the Parties)
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ	Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
GSYH	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
IETA	International Emissions Trading Association
ITMO	Uluslararası Transfer Edilebilir Azaltım Çıktıları (Internationally Transferred Mitigation Outcomes)
INDC	Niyet Edilen Ulusal Katkı (Intended Nationally Determined Contribution)
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
JI	Ortak Yürütme (Joint Implementation)
LRF	Lineer Azaltma Faktörü (Linear Reduction Function)
İRD	Sera Gazı Emisyonları İzleme, Raporlama ve Doğrulama (Monitoring, Reporting and Verification)
PİR	Piyasa İstikrar Rezervi (The Market Stability Reserve)
NDC	Ulusal Katkı Beyanı
PMR	Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı (Partnership for Market Readiness)
SKDM	Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (Carbon Border Adjustment Mechanism)
SEDDK	Sigortacılık ve Özel Emeklilik Düzenleme ve Denetleme Kurumu
TÜRKAK	Türk Akreditasyon Kurumu

YÖNETİCİ ÖZETİ

Türkiye'nin 10 Kasım 2021 tarihi itibarıyla Paris Anlaşmasına taraf olmasıyla ivmelenen süreç kapsamında 2053 yılı için net sıfır emisyon hedefi belirlenmiştir. Sera gazı azaltımında önemli bir enstrüman olan ve dünyada pek çok ülkede uygulamaları olan karbon fiyatlama konusunda ülkemizde bir süredir yürütülen hazırlık faaliyetlerinin devamı olarak uygulamanın ilgili tüm paydaşların görüş ve önerileri dikkate alınarak geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu doğrultuda, İklim Şûrası kapsamında karbon fiyatlama ve emisyon ticaret sistemi alt komisyonunda aşağıdaki konu başlıkları tartışılmıştır:

- Emisyon Ticaret Sistemi (ETS); Ülkemizde uygulamaya konulması planlanan Sera Gazı Emisyon Ticaret Sisteminin kapsam, zaman çizelgesi, işleyiş ve yönetimi
- Diğer Karbon Fiyatlama Uygulamaları; ETS kapsamı dışında kalacak sektörler için karbon vergisi gibi diğer alternatif uygulamaların değerlendirilmesi
- Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizmasının ülkemize etkilerinin en aza indirilmesi için uygun mekanizmanın tasarlanması ve uygulama takviminin belirlenmesi
- Gönüllü Karbon Piyasalarının ülkemizdeki işleyişinin değerlendirilmesi
- Ülkemiz ETS piyasası için uygun denkleştirme mekanizmasının tartışılması ve ulusal gönüllü karbon piyasamızı oluşturmak için yapılabilecek çalışmaların görüşülmesi
- Paris Anlaşmasının uluslararası karbon piyasalarını düzenleyen 6. maddesi kapsamında ülkemizin pozisyonu ve yenilenecek Ulusal Katkı beyanı (NDC) çerçevesinde ele alınabilecek karbon fiyatlama uygulamalarının belirlenmesi

Ülkemizde 2015 yılından beri sürdürülen İzleme Raporlama ve Doğrulama (İRD) sisteminin altyapısındaki veriler ışığında tasarlanacak ulusal emisyon ticaret sisteminin ülkemizin uygulanacak karbon fiyatlama uygulamasının en önemli parçası

olacağı düşünülmektedir.

Paris Anlaşması kapsamında raporlama süreçlerinin başlamasıyla birlikte bir karbon fiyatlama yöntemi olan karbon vergisi uygulamalarınında önem kazanması beklenmektedir.

Avrupa Birliğinin 2023 yılı itibarıyla başlatacağı Sınırda Karbon Düzenlemesi Mekanizması doğrultusunda ülkemizin uygun karbon fiyatlama enstrümanlarını kullanması elzemdir. 2021/15 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi çerçevesinde ulusal ölçekte oluşturulan AB Yeşil Mutabakatı Eylem Planı kapsamında yer alan eylemler arasında ülkemizin uygun bir karbon fiyatlama mekanizmasına geçişine yönelik çalışmalar ve karbon fiyatlama konusundaki ülkemiz pozisyonunun belirlenmesi bulunmaktadır.

Bununla birlikte, gelişen küresel konjonktür büyük talep gören gönüllü karbon piyasalarının ülkemize yansımaları ve uygulamaları çerçevesinde teknik ve idari düzenlemelerin yapılması gerektiği ortadadır.

Paris Anlaşmasının en tartışmalı maddeleri arasında yer alan 6. Madde kapsamında ülkemizin söz konusu Anlaşmaya taraf olması ile başlayan sürecin nasıl şekillendirilmesi gerektiği Şûra komisyonunda ele alınmıştır.

Şûra kapsamında, 7 çevrimiçi toplantı ve 21-25 Şubat 2022 tarihlerinde Konya'da 3 gün fiziksel oturum ve 1 gün yuvarlak masa toplantısı gerçekleştirilmiştir. Toplantılar neticesinde öncelikli kararlar şu şekildedir:

- 2053 net sıfır hedefi çerçevesinde güncellenecek olan Ulusal Katkı Beyanı (NDC) ile uyumlu olarak çevresel bütünlüğü de gözeten Emisyon Ticaret Sistemi'nin (ETS) ülkemizde kurulması için çalışmalar hızlandırılarak; ETS, hazırlanacak olan İklim Kanununda, AB mevzuatı gözetilerek tasarlanmalıdır. ETS'nin uygulamaya alınmasına yönelik çalışmalar 2024 yılında tamamlanmalıdır.

- Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan faaliyetler için ETS fazları kademeli olarak 5'er yıllık dönemler şeklinde uygulanmalıdır. Kademelendirmeye ilişkin hususlar ise her dönemin başlangıcından en az bir yıl önce açıklanmalıdır. Sektörlerin ve işleyişin genişletilmesi, ulusal ve uluslararası iklim politikaları dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

- 2053 net sıfır hedefi, güncel karbon fiyatları ve SKDM (Sınırda Karbon Düzenlemesi Mekanizması) gözetilerek, kurulacak ETS'de karbon kaçağı riski dikkate alınarak sektörlere ilişkin ekonomik, mali, sosyal ve teknik etki analizleri yapılmalıdır.

- ETS uygulamaları göz önünde bulundurularak ve mevcut vergiler yeniden değerlendirilerek ilgili vergilerin karbon vergisine dönüştürülmesi konusu ele alınmalı, vergi tutarının belirlenmesi amacıyla ekonomik, sosyal ve mali analizler yapmak suretiyle, kurumlar/kuruluşlar arası kurulacak ortak bir sistem ile ulusal koşullara uygun yol haritası 2025 yılına kadar oluşturulmalıdır.

- ETS kapsamında elde edilecek ihale gelirlerinin tamamı Ulusal Katkı Beyanı gözetilerek ve yeşil kalkınma hedefi doğrultusunda düşük karbonlu ekonomiye adil geçişi de güvence altına alacak şekilde kullanılmalıdır. Bahse konu gelirlerin en az %50'si, reel sektörün yeşil dönüşümünü hedefleyen başta modernizasyon ve inovasyon odaklı faaliyetler olmak üzere sera gazı emisyonlarının azaltımına yönelik faaliyetlerinin desteklenmesine aktarılmalıdır.

- Ulusal denkleştirme mekanizması için gerekli standardizasyon sisteminin kurulmasında uluslararası standartlar göz önünde bulundurularak fizibilite çalışması yapılmalı, ülkemiz için ulusal sistemin yol haritası oluşturulmalıdır. Fizibilite çalışmasında Türkiye'de gerçekleştirilen projelerin uluslararası

platformlardaki kayıtları incelenmelidir. Ulusal kayıtların tutulmasına yönelik bir kayıt sistemi geliştirilmelidir.

- Ülkemiz Ulusal Katkı Beyanı hedefi doğrultusunda Paris İklim Anlaşması 6. Madde kapsamında yer verilecek sektörlerin belirlenmesinde azaltım potansiyeli, marjinal azaltım maliyetlerinin analiz edilmesi neticesinde Madde 6 mekanizmalarından faydalanma hususu değerlendirilerek ulusal pozisyon dokümanı oluşturulmalıdır.

Karbon fiyatlama ve emisyon ticaret sistemi alt komisyonunda alınan Şûra tavsiye kararları, Paris Anlaşması'na taraf olunması sonrasında Türkiye'nin iklim politikalarını yönlendirmede karbon fiyatlama alanında önemli çalışmalar yapması gerekliliğini vurgulamaktadır. Özellikle, emisyon ticaret sistemi kapsamında elde edilecek gelirlerin yeşil kalkınma hedefi kapsamında kullanılması Türkiye'nin iklim politikalarını uygulamada önemli bir etken olacaktır.

Sera gazı salımının azaltımına yönelik yüksek azim hedefi koyan ülkelerin karbon kaçağı riskini azaltmak ve kendi yatırımcısını korumak gayesiyle sınırda karbon düzenleme yöntemlerini ortaya koyması beklenmektedir. Ülkemizin ihracattaki rekabetini koruma hedefi gözetilerek karbon fiyatlama stratejisi belirlenmelidir.

Gönüllü karbon piyasaları ve emisyon ticaret sisteminde kullanılması muhtemel denkleştirme mekanizmaları alanında, Paris Anlaşması 6'ncı madde hükümleri ve kararları gözetilerek güncel politikalar ve beklentiler doğrultusunda ülkemiz özelinde çalışmalar yapılması, mevzuat güncellenmesi ve/veya yeni mevzuat düzenlemeleri yapılması beklenmektedir. Yapılacak düzenlemeler ile birlikte Türkiye'nin yeşil dönüşümünün hızlanacağı tahmin edilmektedir.

1. GİRİŞ

2015 yılında imzalanan Paris Anlaşması ile küresel iklim değişikliği ile mücadele konusunda somut bir hedef ortaya çıktı. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2021) raporu 2050 yılında net sıfır hedefi konusunda mesafe alınmasının küresel ortalama sıcaklık artışını 1,50C'nin altında tutabilmek için elzem olduğunu ortaya koymuştur.

İklim değişikliği ile mücadele politikaları çerçevesinde İklim Şûrası çalışmaları kapsamında yapılan çalışmaların değerlendirilmesi, ülkemizin karbon fiyatlama alanında yol haritasının önerilmesi, özellikle emisyon ticaret sistemi (ETS) aracılığıyla sera gazı emisyonuna karbon fiyatlaması uygulanması konusunda Türkiye için stratejilerin önerilmesine yönelik çalışmalar bu raporda ele alınmıştır.

İklim değişikliği gündemi konusunda 2021 yılı önemli bir kırılma noktası olmuştur. Dünya Bankası'na (2021a) göre, 2020 yılında küresel sera gazı salımlarının %15,1'i bir tür karbon fiyatlaması sistemi ile kapsanıyorken, bu oran 2021 yılı itibariyle, Çin'in ulusal Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) mekanizmasının da kurulmasıyla birlikte %21,5'e yükselmiştir. Ancak, IPCC (2018) raporuna göre 1,50C hedefine ulaşabilmek için karbon fiyatının 40 $/ton düzeyinde olması gerekmektedir. Fiyatın bu düzeyde ve daha üstte olduğu yerler ise toplam karbon salımlarının %3,67'sini oluşturmaktadır.

1.1. Fiziksel Şûra Toplantıları Öncesi Çalışmalar

Karbon Fiyatlama ve ETS Alt Komisyonu tarafından İklim Şûrasının fiziksel toplantı çalışmalarına hazırlık olması amacıyla 10 Ocak 2022, 24 Ocak 2022 ve 16 Şubat 2022 tarihlerinde üç adet çevrim içi komisyon toplantısı düzenlenmiştir. Yaklaşık 20 kurum ve kuruluştan potansiyel ETS tasarımı ve karbon fiyatlama politikaları için yazılı görüş ve öneriler alınmıştır. Alt çalışma konularına ilişkin ise dört adet ayrı toplantı gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışma başlıkları ve yapılan toplantılar Tablo 1'de sıralanmıştır.

Tablo 1. Şûra Alt Çalışma Grup Toplantı ve Tarihleri

Kurum / Kuruluş	Alt Çalışma Konusu	Tarih
Ticaret Bakanlığı	SKDM	17 Ocak 2022
Borsa İstanbul	ETS piyasa uygulaması	17 Ocak 2022
Gelir İdaresi Başkanlığı	Karbon vergisi ve ETS	19 Ocak 2022
PMR Proje Ekibi	PMR sonuçları	22 Ocak 2022

Alınmış olan yazılı görüş ve öneriler ile birlikte alt çalışma toplantılarından derlenen görüşler sonucunda taslak Şûra kararları oluşturulmuş, ilgili kararlar Konya'da gerçekleştirilen Şûra fiziksel toplantılarına aktarılmıştır.

1.2. Karbon Fiyatlamasında Arka Plan

Dünya geneline bakıldığında, 2020 yılı baharından bu yana, Covid-19 pandemisinin ekonomik aktivitede de yol açtığı daralmayla birlikte hem karbon emisyonu hem de karbon piyasalarındaki emisyon tahsisatlarına olan talep azalmıştır (ICAP, 2021a). Bu talep azalmasıyla birlikte karbon piyasalarındaki fiyatlar ve ihale hacimleri düşüşe geçse de kısa bir süre sonra piyasa istikrar kazanmış, gerek karbon fiyatları gerekse tahsisat ticareti pandemi öncesi seviyesine dönmüştür. Bu süreç karbon piyasalarının yapısal olarak sağlam temellere dayanan ve şoklara karşı dirençli olan sofistike tasarımlara sahip olduğunu göstermiştir.

Türkiye'de iklim değişikliğine yönelik yaklaşımı ve dolaylı olarak da karbon fiyatlamasına bakışı etkileyen iki önemli gelişme olmuştur. Bunlardan ilki ve önemli bir itici kuvvet özelliği taşıyan gelişme, Avrupa Birliğinin (AB) Aralık 2019'da açıkladığı 2050 yılında ilk iklim-nötr kıta olma hedefiyle açıkladığı eylem ve stratejilerden oluşan Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) çerçevesidir (Avrupa Komisyonu, 2019). AYM'ye istinaden "Yeşil Mutabakat Eylem Planı"nı hazırlayan Türkiye, bu ivme ile Ekim 2021'de Paris Anlaşmasını TBMM'den oybirliği ile geçirerek onaylamış ve 2053 yılına kadar net sıfır karbon emisyonu taahhüdünü vermiştir (T.C. Resmî Gazete, 2021).

Avrupa Komisyonunun Temmuz 2021'de Paris İklim Anlaşması ile uyumlu olarak açıkladığı 55'e Uyum paketi (Fit for 55) ile gündeme gelen Sınırda Karbon Düzenleme

Mekanizması (SKDM), ihracatının %45'ini AB ülkelerine yapan Türkiye için önemli bir rekabet kısıtı potansiyeli taşımaktadır (Avrupa Komisyonu, 2021). Benzer bir uygulamanın tüm G7 ülkelerine yaygınlaşması ile Türkiye'nin toplam ihracatının %60'ı için benzer bir rekabet kısıtından bahsetmek imkân dâhiline girecektir. 1 Ocak 2026 tarihi itibariyle mali yükümlülükleri içerecek şekilde uygulanmaya başlanacağı öngörülen SKDM'den ülkemiz Rusya ve Çin ile birlikte en çok etkilenecek ülkeler arasında yer almaktadır (ERCST, 2021). Başka bir deyişle SKDM'nin, Türkiye'nin uluslararası rekabet gücünü doğrudan etkilemesi beklenmektedir.

SKDM kapsamında ilk aşamada çimento, demir-çelik, alüminyum, gübre ve elektrik üretimi ihracatında üretim sürecinden kaynaklı karbon salım tutarı (Kapsam 1 – proses emisyonları) dikkate alınarak AB'deki firmalar tarafından üretilen aynı ürünün tabi olduğu karbon maliyetine tabi tutulacaktır.

Taslak düzenlemeye göre, Türkiye'nin Avrupa'da olduğu gibi bir karbon fiyatlaması uygulaması ve firmaların bu maliyete katlanarak üretim yapması durumunda, AB ithalatçıları Türkiye'de ödenen karbon fiyatını SKDM çerçevesinde ortaya çıkan tutardan mahsup edebileceklerdir. Böylece ihracat kapsamında AB'ye daha düşük bir mali kaynak transferi söz konusu olabilecektir.

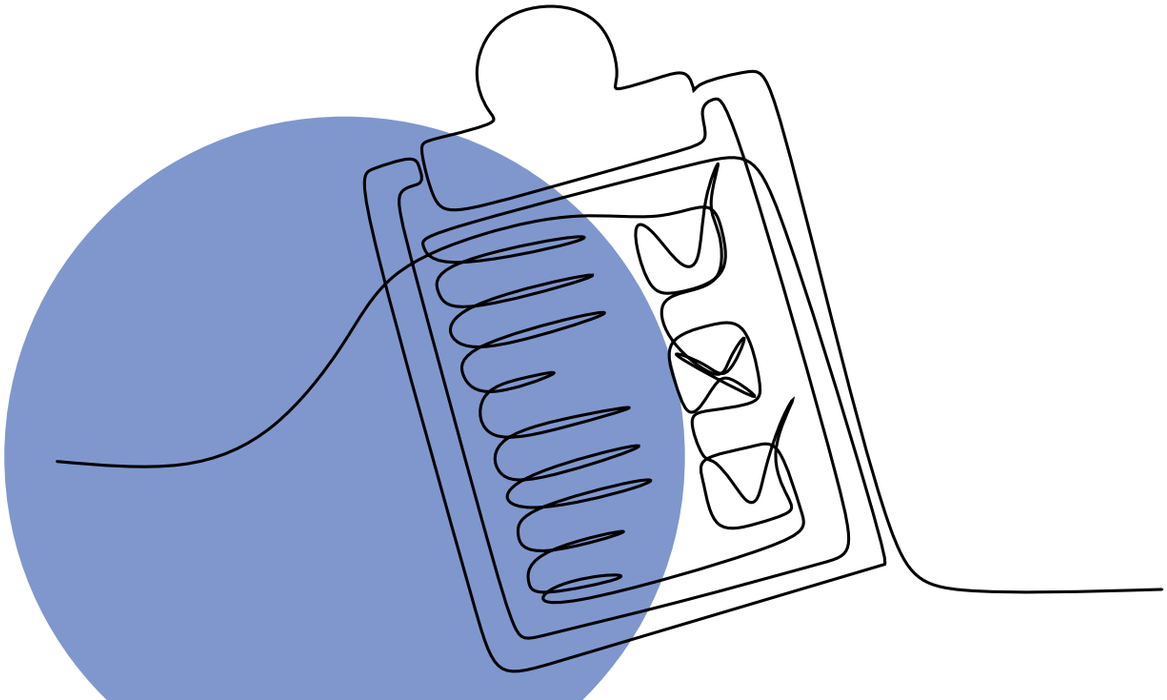
Türkiye'nin 2053 yılında net sıfır sera gazı emisyonu hedefine ulaşabilmesi için atılması gereken önemli adımlardan biri karbon fiyatlama mekanizması olarak değerlendirilmektedir. AB'nin SKDM için bir otorite kurma ve ithal ettiği ürünlerin değer zinciri boyunca öncelikle karbon ve sonra su ayak izini hesaplama hazırlığı içinde olması sistemin nitelik olarak genişleyeceğini göstermektedir. Ayrıca, beş sektördeki ürünlerin karbon ayak izi için atılan ilk adımın yanı sıra hava, deniz ve kara nakliyesinin de ETS'ye dahil edilmesi, Türkiye gibi bölgesinde önemli bir TIR filosuna sahip olan bir ülkenin şimdiden tedbir almasını ve intermodal yeni ulaştırma koridorları tasarlamasını gerektirmektedir.

Bunun yanında, yeşil sanayi devrimi esas olarak sanayi, tarım ve hizmet sektörlerinde kapsamlı bir teknolojik sıçramayı hedeflemektedir. Şirketler için getirilen karbon fiyatlamasının amacı, bu kısıt altında, verimliliği artıracak yeni teknolojilere yönelimi desteklemek ve yeşil-dijital inovasyon sürecini tetiklemektir. Türkiye'nin yeşil sanayi devriminde yerli ve milli teknoloji odaklarını belirleyerek küresel dönüşüm sürecine dâhil olmasını tetikleyecek en önemli faktörlerden biri karbon fiyatlamasıdır.

Türkiye'nin AB ve küresel ekonominin ayrılmaz bir parçası olarak düşünüldüğünde, karbon bazlı olmayan yeni bir üretim ve ticaret bölgesi şekillenmesi ve tüm finansal akımların karbon ve su ayak izi ile atık yönetimi gibi yeni performans kriterlerine bağlanması, Türkiye'nin küresel finansal piyasalardan daha maliyetli bir biçimde yararlanmak zorunda kalması anlamına gelebilecektir. Türkiye'nin yeni şekillenmekte olan yeşil finansman imkânlarından, yeşil tahvil mekanizmalarından faydalanmasında yarar vardır.

Diğer taraftan, Türkiye'nin Paris Anlaşmasına taraf olmasıyla birlikte Anlaşma çerçevesinde uluslararası karbon piyasalarına erişim hakkı elde edilmiştir. Paris Anlaşması'nın 6'ncı maddesi ile düzenlenen iş birliği uygulamaları mekanizmaları ile Taraflar iklim değişikliğiyle küresel mücadele kapsamında sunmuş oldukları Ulusal Katkı hedeflerine ulaşma noktasında iş birliği yapabileceklerdir. Anlaşmanın 6.2 ve 6.4 bölümlerinde piyasa temelli yaklaşımları vurgulanırken, 6.8 bölümünde ise piyasa temelli olmayan iş birliklerine atıf yapılmaktadır.

Karbon fiyatlamanın gelecek dönemde önem kazanacağına yönelik tahminler, devletlerin kalkınma planlarında yeşil seçenekleri ön plana çıkarması, finansman kuruluşlarının yeşil yatırımlara fon sağlama kriterleri geliştirmesi, şirketlerin sera gazı emisyonlarını nötrleme hedeflerini belirtmesi gibi faktörler karbon denkleştirme piyasasında da önemli gelişmeler olacağını göstermektedir. Emisyon ticaret sisteminde esneklik mekanizmalarının tanımlanması, Paris Anlaşması Madde 6 kapsamında küresel ölçekte iş birliği seçeneklerinin sunulması, şirketlerin karbon nötr hedefleri gibi unsurlar karbon denkleştirme alanında ülkemizin de ciddi bir çalışma yapması gerekliliğini adres etmektedir.



2. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Türkiye ve Karbon Fiyatlama Çalışmaları

Türkiye'de karbon fiyatlamasına dair yasal bir altyapı hazırlığı yapılmış olup, ETS henüz yürürlüğe konmamıştır. Türkiye, Dünya Bankası'nın PMR teknik destek programına 2013 yılında dâhil olmuştur. Aynı yıl başlayan Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi, Raporlanması ve Doğrulanması (İRD) Konusunda Kapasite Geliştirme Projesi'yle birlikte 2014 yılında Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik ve Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ ile birlikte yürürlüğe girmiş, 2015 yılında tesis bazlı çevrimiçi veri sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde 2019 yılı itibariyle İRD kapsamında 652 tesis bulunmaktadır (Carbon Turkey, t.y.; MRV Capacity Development Project, 2017; Entegre Çevre Bilgi Sistemi, t.y.). Paris Anlaşması'nın imzalanmasının ardından tüm dünyada olduğu gibi PMR'la birlikte Türkiye'de de olası ETS üzerine çalışmalar ivme kazanmıştır.

Ayrıca, AB'nin, 11 Aralık 2019'da Avrupa Yeşil Mutabakatını açıklaması üzerine Türkiye de Ticaret Bakanlığının koordinasyonunda Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nı (2021) hazırlamıştır. Aynı zamanda Türkiye'de PMR Faz 2 kapsamında Yasal ve Kurumsal Altyapının Geliştirilmesi (2020) üzerine hazırlanan raporla birlikte ETS için yasal çerçeve de hazırlanmıştır (Ricardo, 2020).

Mevcut durumda Türkiye'nin "çevre vergisi" adı altında ifade edilen ve ağırlıklı olarak ulaştırma (akaryakıt üzerinden alınan vergiler) ve elektrik tüketimi üzerinden alınan vergilerin toplamı 2019 yılında GSYH'nin %2,22'si civarındadır ve toplam vergi gelirlerinin de %9,6'sını oluşturmaktadır (OECD, t.y.).

Ancak bu vergilerin tutarlı bir şekilde fosil yakıtları doğrudan hedeflemesi ve hatta Türkiye'nin fosil yakıtlara sağladığı doğrudan ve dolaylı desteklerin toplamının GSYH'nin %16'sını bulması Türkiye'nin iklim odaklı bir karbon fiyatlama mekanizması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Vernon & ark., 2021).

Bu kapsamda, Şûra tavsiye kararları, ETS uygulamaları göz önünde bulundurularak ve mevcut vergilerin yeniden değerlendirilerek ilgili vergilerin karbon vergisine dönüştürülmesi konusunun ele alınmasını, vergi tutarının belirlenmesi amacıyla ekonomik, sosyal ve mali analizler yapmak suretiyle, kurumlar/kuruluşlar arası kurulacak ortak bir sistem ile ulusal koşullara uygun yol haritasının 2025 yılına kadar oluşturulmasını içermektedir. Ayrıca, çifte karbon fiyatlandırmalarından kaçınılması için gerekli önlemlerin alınması da bir Şûra tavsiye kararı olarak yer almıştır.

2.1.1. AB Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM)

AB İklim Yasası ile uyumlu olarak sera gazı emisyonlarının azaltımını sağlamak amacıyla Avrupa Birliği Komisyonu tarafından 2021 yılı temmuz ayında sunulan 55'e Uyum paket taslağı, AB'nin iklim hedeflerine ulaşma çabalarının bir parçası olarak, Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM)'nı da içermektedir. SKDM ile AB'de rekabetçiliğin korunabilmesi ve karbon kaçağı riskinin azaltılması hedeflenmektedir. AB'de oluşabilecek bir karbon kaçağının, yani karbon-yoğun üretim yapan sektörlerin ek maliyetler nedeniyle Avrupa dışına taşınması veya karbon-yoğun ithalatın AB'de üretilmiş ürünlerin yerine geçmesinin önlenmesi için SKDM'nin hayata geçirilmesi amaçlanmaktadır.

Taslak düzenlemeye göre, 2023'te başlayacak olan raporlama döneminin ardından 2026 yılında SKDM'nin yürürlüğe girmesi planlanmaktadır. 2023-2025 yıllarını kapsayan geçiş döneminde, SKDM yalnızca yüksek karbon kaçağı riski taşıyan demir ve çelik, çimento, gübre, alüminyum ve elektrik üretimi sektörlerinde uygulanacaktır (Avrupa Komisyonu, 2021). İlerleyen süreçte, cam ve seramik gibi sektörlerin listeye eklenmesi komisyon toplantılarında tartışılmıştır.

Bu bağlamda, Şûra komisyon tavsiye kararı AB tarafından Sınırda Karbon Düzenlemesi Mekanizmasının (SKDM) takvimi göz önünde bulundurularak, ETS pilot uygulamasının 2024 yılında başlaması ve pilot uygulama döneminin en az bir yıl olarak tasarlanması yönünde sonuçlanmıştır.

SKDM kapsamında karbon sertifikası fiyatlarının, AB ETS tahsisatlarının haftalık ortalama açık arttırma fiyatına bağlı olarak hesaplanması öngörülmektedir. AB'deki ithalatçılar, bireysel olarak, bir temsilci aracılığıyla veya ilgili ulusal SKDM otoritesi

aracılığıyla sertifikaları satın alabileceklerdir. İthalatçılar, her yıl 31 Mayıs'a kadar, önceki yıl AB'ye ithal edilen malların miktarını ve bu mallardaki gömülü karbon emisyon tutarını beyan etmekle ve ürünlerde bulunan sera gazı emisyon miktarına karşılık gelen SKDM sertifikalarının sayısını ibraz etmekle yükümlü olacaktır. Fakat, üçüncü ülke üreticilerinden alınan doğrulanmış bilgilere dayanarak, ithal edilen malların üretimi sırasında bir karbon fiyatının ödendiği ispatlandığında ilgili miktar ödemeleri gereken tutardan mahsup edilecektir.

AB üyesi olmayan tüm ülkelerden yapılan ithalatlar SKDM kapsamında değerlendirilecektir. Bununla birlikte, AB ETS'ye dahil olan veya AB ETS ile tamamen bağlantılı bir ETS'ye sahip olan ülkeler, ilgili karbon sertifikalarını ibraz etmek şartıyla mekanizmanın dışında tutulabilecektir.

Şûra komisyon tavsiye kararlarında AB tarafından SKDM göz önüne alınarak ilgili müktesebatın ülkemizdeki yansımalarına yönelik teknik çalışmalar başlatılması ve bu kapsamda, akreditasyon ile ilgili çalışmalarda Avrupa Akreditasyon Birliği üyesi ve çok taraflı tanınırlık anlaşmasına taraf TÜRKAK'ın mevcut konumunun muhafaza edilmesine yönelik girişimlerde bulunulmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

İklim Şûrası kapsamında yürütülen tartışmalar göstermektedir ki, ilk aşamada yalnızca sanayi prosesleri kaynaklı emisyonları (Kapsam 1) içermesi beklenen SKDM'nin yakın zamanda hem sektör hem de emisyon kapsamının genişletilmesi beklenmektedir. Sektör temsilcilerinden alınan görüşler elektrik talebi kaynaklı emisyonların da (Kapsam 2) SKDM'ye dâhil olmasının beklendiğini ortaya koymaktadır. Bu durumun Türkiye'nin elektrik arzı potansiyelinde değerlendirilmesi diğer sanayi kollarında karşılaşılması muhtemel karbon maliyetlerini azaltmak için önemli bir strateji olarak öne çıkarmaktadır.

2.1.2. Paris Anlaşması ve Ulusal Katkı Beyanı (NDC) Güncellemesi

2015 yılında Paris'te düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 21. Taraflar Konferansı'nda (Conference of the Parties (COP)) kabul edilmiş olan Paris Anlaşması, 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşmayla birlikte küresel ölçekte bütün ülkeler 2020 yılı sonrası için sera gazı emisyon azaltımı taahhüdünde bulunmuştur. Türkiye ise 21 Eylül 2021'de Birleşmiş Milletler Genel Kurulunda Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan tarafından yapılan açıklamayla 2015 yılında ilk imzacılarından olduğu Paris Anlaşmasına taraf olacağını ve 2053 net sıfır emisyon hedefini ilan etmiştir. Ardından, Paris Anlaşması'nın Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun 6 Ekim 2021 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisinde oybirliğiyle kabul edilmiştir (T.C. Resmî Gazete, 2021).

Türkiye'nin 2015 yılında BMİDÇS sekretaryasına sunduğu Niyet Edilen Ulusal Katkı (Intended Nationally Determined Contribution (INDC)) beyanı 2030 yılına kadar %21'e varan emisyon artışından azaltımı öngörmektedir (Türkiye Cumhuriyeti, 2015). Paris Anlaşması'nı onaylamış ve net sıfıra erişmek için 2053 yılını hedef koymuş bir ülke olarak Türkiye'nin NDC güncellemesi için çalışmalar Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı ve Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ortaklığında sürdürülmektedir (UNDP, 2021). Kömürden çıkış ve fosil yakıtlar için teşviklerin durdurulması tartışmalarının ön plana çıktığı Glasgow'da düzenlenen COP 26'da (2021), Paris Anlaşması uyarınca ülkelerin NDC'lerini güncellemelerini hızlandırması gerektiği de vurgulanmıştır.

COP 26 öncesinde yurtdışındaki kömür yatırımlarını finanse etmeyeceğini duyuran Çin'in yurt dışında bulunan ve inşaatı henüz başlamamış kömür yatırımlarını da iptal etmiş olması son derece önemlidir. COP 26 sırasında 30 ülke ve yatırım bankasının 2022 yılı sonuna kadar enerji sektöründe fosil yakıtlara sağlanan uluslararası kamu finansmanını sonlandıracaklarını taahhüt ettikleri Temiz Enerji Geçişi için Uluslararası Kamu Desteği Beyanı (Statement on International Support for the Clean Energy Transition) açıklanmıştır (UNCC, 2021).

Bu bağlamda, Türkiye'nin NDC güncellenmesinde 2053 net sıfır hedefi ile uyumlu olarak düşük karbonlu ekonomiye geçiş konusunu önceliklendirmesi önemli bir adım teşkil edecektir (İstanbul Politikalar Merkezi, 2021; Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği, 2021). Aksi takdirde tüm işletmeler ve toplum üzerinde 2053 net sıfır patikasının yükünün artması beklenmektedir.

2.1.3. Sera Gazı Emisyonları İzleme, Raporlama ve Doğrulama (İRD) Sistemi

Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik ve ilgili tebliğleri olan "Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ", "Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Yetkilendirilmesi Tebliği" ile "Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliği" kapsamında, 2015 yılından itibaren termik santraller ve çimento, demir-çelik, rafineri, seramik, kireç, kâğıt, cam üretimi gibi sanayi sektörlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları tesis seviyesinde izlenmektedir (T.C. Resmî Gazete, 2014a; T.C. Resmî Gazete, 2014b; T.C. Resmî Gazete, 2021; T.C. Resmî Gazete, 2015; T.C. Resmî Gazete, 2017). Yıllar içerisinde bu tesislerin toplam sayısı ve toplam emisyon miktarları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. İRD Kapsamındaki Tesis Sayısı ve Toplam Emisyon Miktarları (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022)

Yıl	Tesis Sayısı	Toplam Emisyon (ton CO2) /yıl)
2015	660	234.184.463
2016	671	244.309.169
2017	679	262.860.905
2018	683	268.453.698
2019	652	246.856.043

İRD mevzuatı çerçevesinde tesis bazlı çevrimiçi bir veri yönetim sistemi kurulmuştur. Entegre Çevre Bilgi Sistemi altında yer alan Sera Gazı İzleme Raporlama ve Doğrulama portalı aracılığıyla işlemler gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda izleme planlarının Bakanlığa (İklim Değişikliği Başkanlığı) sunumu için çevrim içi Sera Gazı İzleme ve Raporlama Sistemi oluşturulmuştur (PMR, t.y.).

Kurulan veri yönetim sisteminde veri akışını sağlıklı bir şekilde gerçekleştirmek amacıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB), işletmeler, doğrulayıcı kuruluşlar ve baş doğrulayıcılar olmak üzere dört aktör belirlenmiştir. Bu kapsamda, ÇŞİDB yetkili merci olarak izleme planlarının onaylaması, gelen verilerin analiz edilmesi, doğrulayıcı ve baş doğrulayıcı yetkilendirmesi ve doğrulanmış emisyon raporlarının kontrolünden sorumludur. İşletmeler izleme planı ve emisyon raporlarının hazırlanması ve Bakanlığa sunulmasından; doğrulayıcı kuruluşlar doğrulama sürecinin sağlıklı yürütülmesinden,

TÜRKAK ise doğrulayıcı kuruluşların akreditasyonundan sorumludur. Bakanlık, İRD sürecinin şeffaf ve sağlık bir şekilde yürütülmesi için mevzuat ve rehber dokümanların hazırlanması (bakınız: İzleme ve Raporlama Tebliği İzleme Planı Kılavuzu, Yıllık Emisyon Raporlama Kılavuzu ve Doğrulama ve Yetkilendirme Tebliği – Doğrulama Kılavuzu) ve İRD verisinin güvenilir olması için gerekli düzenlemeleri ve uygulamaları yürütmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Alman Uluslararası İş birliği Kurumu [GIZ], 2015a; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Alman Uluslararası İş birliği Kurumu [GIZ], 2015b; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Alman Uluslararası İş birliği Kurumu [GIZ], 2015c).

2.1.4. Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı (PMR)

Dünya Bankası, 2011 yılında gelişmekte olan ülkelerde sera gazı emisyonlarının azaltımına piyasa temelli emisyon azaltım mekanizmalarının (market-based instruments) etkin olarak kullanılması yoluyla katkı sağlamak amacıyla "Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı" (Partnership for Market Readiness – PMR) teknik destek programını uygulamaya almıştır (PMR, t.y.). Türkiye'nin 2013 yılında dahil olduğu bu programın 1. Uygulama Fazında, karbon fiyatlandırması ve karbon fiyatlandırma mekanizmalarının kullanılması konularında kapasite geliştirme, farkındalık oluşturma ve eğitim çalışmalarının yürütülmesiyle birlikte, karar verme süreçlerine yönelik analitik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların sonucunda Türkiye için en uygun karbon fiyatlandırma mekanizması olarak emisyon ticaret sistemi tavsiye edilmiştir (PMR, t.y.). Projenin bu fazında yapılan analitik çalışmalar aşağıda belirtilmektedir.

- İRD Sistemi Pilot Çalışmaları,
- Türkiye'de Sera Gazı Emisyon Ticaret Sisteminin Uygunluğunun Değerlendirilmesi,
- Türkiye'de Piyasa Temelli Emisyon Azaltım Politika Seçeneklerinin Değerlendirilmesi,
- Karbon Fiyatlandırma Politikalarının Ekonomiye, Bütçeye ve Sektörlere olan Etkilerinin Değerlendirilmesi,
- Karbon Fiyatlandırma Politikaları Işığında Türkiye'de Karbon Kaçağı Riskinin Değerlendirilmesi,
- Türkiye'de Karbon Fiyatlandırma Politikalarının Uygulanması Konusunda Sentez Raporu.

İkinci Uygulama Fazı'nda ise pilot ETS uygulamasının yapılmasına yönelik yasal ve teknik altyapının oluşturulması amacıyla paydaş görüşleri alınarak yasal altyapı hazırlanmıştır. Projenin bu fazındaki çalışmalar aşağıda belirtilmektedir.

- İklim Değişikliği Kanunu ve ETS yönetmeliklerinin yasal ve kurumsal altyapısının oluşturulması,
- Pilot ETS için emisyon üst sınırı ve tahsisat planlarının oluşturulması,
- ETS simülasyonu uygulaması geliştirilmesi,
- ETS için bir kayıt sistemi yazılımı altyapısının geliştirilmesi,
- Paris Anlaşması Madde 6'nın Türkiye açısından değerlendirilmesi,
- PMR projesinin iletişim stratejisinin oluşturulması.

PMR kapsamında Türkiye'nin farklı azim/iddia seviyelerindeki (düşük-orta-yüksek) emisyon azaltımını mümkün kılacak üç adet mekanizma ele alınmıştır (1) yenilenebilir enerji destekleri, (2) karbon vergisi ve (3) ETS.

a. Yenilenebilir enerji destekleri hidrokarbonların maliyetini artırmak yerine, karbon bazlı olmayan yeni enerji kaynakları ve teknolojilerin maliyetinin ucuzlatılması ve teşvik edilmesine işaret etmektedir. Karbon bazlı olmayan enerji kaynaklarını ve teknolojileri desteklemek açısından anlamlı olsa da, bu tür kaynakların sistem içindeki ağırlığı ve önemi ile kıyaslandığında, iklim değişikliğinin aciliyeti dikkate alındığında iddialı emisyon azaltım hedeflerine ulaşmada tek başına yetersiz kalabilir.

b. Karbon vergisi uygulaması doğrudan hidrokarbon maliyetlerini artırarak hem firmaların hem de kişilerin karbon ayak izi konusunda daha duyarlı davranmalarını sağlamayı amaçlamaktadır. Karbon fiyatının öngörülebilirliği açısından daha avantajlı bir mekanizmadır. (GSYH'taki %1'lik değişim ETS'deki fiyatlarda %10 kadar değişime neden olmaktadır). İRD kapsamıyla sınırlı kalmak yerine, ekonominin genelinde uygulanacak bir karbon vergisinin verimlilik kazançları sağlayabileceği hesaplanmaktadır. Ancak, verginin matrahı dikkate alındığında

ve bu matrahın tespiti konusunda mükemmel bir sistemi hemen tasarlamanın zorluğu ve mümkün olsa bile sürecin daha başında karşılaşılacak olası tepkiler göz önünde bulundurulduğunda başlangıçta amaca uygun olmayabilir. Özellikle ülke ve ekonomi geneli emisyonların ölçümü önemli bir sorun olduğundan arzu edilen emisyon azaltım seviyesine ulaşmak mümkün olmayabilir.

c. ETS bu çerçevede hedeflenen bir emisyon azaltım seviyesine ulaşmanın en etkin ve en uygulanabilir yolu olarak görülmektedir. Öncelikle sınırlı bir alanda ve yalnızca şirketler dikkate alınarak bir sistem tasarlamak söz konusu olacaktır. Ücretsiz tahsisatların ihale yoluyla dağıtılması durumunda sistemden elde edilecek gelirlerin iklim hedefleriyle çelişmeyecek diğer vergi yüklerini hafifletmek üzere kullanılması GSYH'deki kayıpların bir kısmının telafi edilmesini sağlayabilecektir.

Her ne kadar sanayi tarafından bedelsiz kota dağıtılması tercih edilen bir yöntem olsa da, AB ETS'deki deneyimlerden yola çıkılarak bu sistemin getireceği risklerin de göz önünde bulundurulması önem taşımaktadır.

PMR çalışmasının da ortaya koyduğu gibi hesaplanan emisyon azaltım kaynaklı eş-faydalar (co-benefits) sistem maliyetlerinin çok üzerinde çıkmakta, böylelikle karbon maliyetlendirilmesi sonucu ortaya çıkacak net etki pozitif olmaktadır.

Esas olarak ETS, piyasa temelli bir mekanizma olup, sistemin işlerliği emisyon tahsisatlarına ve buna bağlı fiyat oluşumuyla mümkün olacaktır. Bu nedenle önümüzdeki yıl içerisinde hazırlanması planlanan Ulusal Katkı Beyanı (NDC), emisyon tahsisatlarına yön verecek olup, ETS açısından kilit önem taşımaktadır.

PMR ekibiyle yapılan görüşmelerde de belirtildiği gibi Türkiye'de gerçekleştirilecek pilot bir ETS için gerekli yasal altyapı çalışmaları, kayıt sistemi yazılımı ve sektörlerin kullanabileceği ETS simülasyonu proje kapsamında çalışılmıştır. Ayrıca, modelleme çalışmalarında 2030 yılı için karbon vergisi için karbon fiyatları 5 $/tCO2 (düşük azim), 10 $/tCO2 (orta azim) ve 30 $/tCO2 (yüksek azim); ETS için de kapsanan emisyonlarda %10 azaltım (düşük azim), kapsanan emisyonlarda %21 azaltım (orta azim) ve ekonomi genelinde %21 azaltım (yüksek azim) senaryolarıyla çalışılmıştır. Ancak, bu çalışmaların Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefi ve güncel AB karbon fiyatı (75 €) göz önüne alındığında güncellenmesi gerekmektedir (Ember, t.y.).

2.1.5. Yeşil Mutabakat Eylem Planı

AB, 11 Aralık 2019'da Avrupa Yeşil Mutabakatı'nı açıklayarak 2050 yılında iklim nötr ilk kıta olma hedefini ilan etmiştir (Avrupa Komisyonu, t.y.). Bununla birlikte, Avrupa ekonomisindeki bütün sektörleri kapsayan AYM ile birlikte sanayisinin dönüşümünü gerektiren ve destekleyen yeni bir büyüme stratejisi benimseyeceğini ve bu bağlamda tüm politikalarını iklim değişikliği ekseninde yeniden şekillendireceğini de duyurmuştur (Avrupa Komisyonu, 2019).

Özellikle AYM kapsamında SKDM'nin yarattığı büyük etkiyle birlikte Türkiye'nin Gümrük Birliği ve iklim değişikliğiyle mücadele politikaları çerçevesinde şekillenmeye başlayan uluslararası ticaret düzenine adaptasyonu konuları gündeme gelmiştir. Bu bağlamda bir yol haritası oluşturulması hedefiyle Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı koordinasyonuyla kurulan Çalışma Grubu tarafından Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021) hazırlanmıştır (Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, 2021). Oldukça kapsamlı ve detaylı olarak hazırlanan bu Eylem Planı, aşağıda belirtilmiş dokuz ana başlık altında toplam 32 hedef ve 81 eylemi içermektedir.

- Sınırda karbon düzenlemeleri,
- Yeşil ve döngüsel bir ekonomi,
- Yeşil finansman,

- Temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı,
- Sürdürülebilir tarım,
- Sürdürülebilir akıllı ulaşım,
- İklim değişikliği ile mücadele,
- Diplomasi,
- Avrupa Yeşil Mutabakatı bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri

Bu kapsamda, Yeşil Mutabakat Eylem Planı İhtisas Çalışma Grupları da oluşturulmuştur. Çalışma gruplarından bir tanesi de Ulusal Karbon Fiyatlama İhtisas Çalışma Grubu'dur. Şûradaki tartışmalarda bu çalışma gruplarının faaliyetleri ile Şûra kapsamında alınan kararların uyumlu olması gerektiğine dikkat çekilmiştir.

Ayrıca, Yeşil Mutabakat Eylem Planı'nda sınırda karbon düzenlemeleri başlığı altındaki AB SKDM'nin AB ile ticarette ticari bir engele dönüşmemesi gerektiğinin altı çizilerek ve ulusal bir karbon fiyatlandırma mekanizmasına yönelik değerlendirme çalışmalarının sürdürülmesi hedefiyle bu konuda sorumlu kurum ve paydaşlara da işaret eden altı eylem belirlenmiştir.

2.2. Karbon Fiyatlama Seçeneklerinin Değerlendirilmesi

2.2.1. Emisyon Ticaret Sistemi

Sera gazı emisyon salımlarını yönetebilmek için kullanılan oldukça güçlü bir politika aracı olan ETS, karbon vergisine, esnek olmayan komuta ve kontrol düzenlemelerine ve vergi mükellefleri tarafından finanse edilen destek programlarına kıyasla daha çok tercih edilmektedir. ETS, hem belirli bir emisyon azaltma hedefine ulaşmanın ekonomik olarak en verimli yoludur, hem de azaltım yatırımlarını ölçmek için net bir fiyat verebilmektedir (IETA, t.y.). Ayrıca, emisyon üst sınırı ve ticaretiyle (cap and trade) yeni ve mevcut teknolojilerin uygulanması için de bir teşvik sağlamaktadır.

Daha önce de vurgulandığı gibi Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefine ulaşabilmesi için ve Paris Anlaşması taahhüdü olarak küresel ortalama sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyeye göre 1,5^{0}C ile sınırlayabilmek için uygulanabilecek piyasa temelli mekanizmalardan bir tanesi de ETS'dir. Bu mekanizmanın en temel ilkelerinden birisi "kirleten öder" (polluters pay) prensibidir ve buradan hareketle de fayda ve maliyetlerin hakkaniyetle dağıtılmasına katkıda bulunarak adil geçişi tesis edebilmek için önemli bir politika aracıdır (Dünya Bankası ve ICAP, 2016).

Türkiye'de yürütülmüş olan Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı (Partnership for Market Readiness - PMR) projesi kapsamında yapılmış çalışmalar Türkiye'de bir ETS kurulması için gerekli altyapıyı büyük ölçüde oluşturmuştur. Ancak, Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefleri ve Paris Anlaşması uyarınca güncellenecek NDC'ye göre var olan çalışmaların güçlendirilerek ETS tasarımı için yol haritası oluşturulması bu aşamada elzemdir.

2.2.1.1. AB ETS deneyimleri

İklim Şûrası kapsamında komisyon toplantılarında AB ETS'sinin tasarım unsurları, tasarım değişiklikleri ve deneyimlerinden örnekler verilmiş olup, 17 yıldır uygulanan AB ETS deneyimlerinin ülkemizde kurulması planlanan mekanizma için önem taşıdığı belirtilmiştir.

AB'nin iklim değişikliğiyle mücadelede temel enstrümanlarından birisi olan ve 2005 yılında ilk versiyonu tasarlanan AB ETS, şu anda dördüncü aşamasındadır (2021-2030)

(Avrupa Komisyonu, t.y.). Dünyanın ilk uluslararası emisyon ticaret sistemi olan AB ETS, 2021 yılında Çin'de kurulan ETS'nin ardından dünyanın ikinci en büyük karbon piyasasıdır (Dünya Bankası, 2021a).

Kyoto Protokolü'nün (1997) 37 sanayileşmiş ülke için belirlediği yasal olarak bağlayıcı emisyon azaltım hedefleriyle birlikte emisyon azaltımı için çeşitli politika araçlarına ihtiyaç duyulması üzerine AB ETS Direktifi (EU ETS Directive) 2003 yılında kabul edilmiş ve AB ETS'nin üç yıl sürecek pilot uygulaması 2005 yılında başlatılmıştır.

ETS'nin farklı uygulama yaklaşımları olsa da, AB emisyon üst sınırı ve ticareti (cap and trade) mantığını benimsemiştir. Bu yaklaşım sistem içerisinde kapsanan sektörlerin salım yapabilecekleri genel bir toplam sera gazı hacmi (veya sınır) belirler ve bu hacim sınır da AB ETS sektörleri için belirlenen azaltma hedeflerine ulaşmak için kademeli olarak düşürülmesiyle yapılmaktadır (LIFE ETX, 2021). Bu yaklaşımda, sisteme dahil edilecek işletmelere, önceki yıllardaki karbondioksit emisyonları yani tarihsel emisyonları baz alınarak ilgili takvim yılında emisyon miktarını sınırlayan bir kota getirilmektedir. İşletmelerin bir takvim yılı içinde her ton CO2 salımları için emisyon tahsisatına (European Emission Allowance-EUA) sahip olmaları gerekmektedir. Örneğin AB Direktiflerine göre AB ETS'de 2021 yılında toplam emisyon üst sınırı yaklaşık 1,57 milyar EUA olarak belirlenmiştir (Avrupa Komisyonu, 2020). Belirlenen kotayı aşan işletmeler, aşım miktarına karşılık gelen ek emisyon tahsisini ETS içerisinde emisyonlarını azaltabilmiş işletmelerden satın alabilmektedirler. Daha doğrusu ETS içerisinde emisyon tahsis ticareti yapabilmektedirler. Aksi halde, işletmeler uygunsuzluk cezası ödemek zorundadırlar (örn: AB ETS Aşama 1'de uygunsuzluk cezası ton başına 40 €).

AB ETS Aşama 1'in (2005-2008) başlangıcından itibaren emisyon tahsisatları piyasası hızlı bir şekilde gelişti. Bu aşamada, ticaret hacimleri 2005'te 321 milyon tahsisattan 2006'da 1,1 milyara ve 2007'de 2,1 milyara kadar yükselmiştir (Avrupa Komisyonu, t.y.). Buna rağmen, ilk aşamanın başarısız olmasının sebebi işletmeler için belirlenen emisyon üst sınırlarının güvenilir emisyon verilerinin yokluğunda tahminlere dayalı olarak saptanmasıdır. Bu durum, piyasaya sürülen tahsisatların toplam emisyonu aşmasına diğer bir deyişle arzın talebi önemli ölçüde aşmasına sebep olmuştur. Arz talep dengesinin bozulmasıyla birlikte de tahsisatların fiyatı 2007 yılında sıfıra düşmüştür.

Ayrıca, yukarıda da bahsedildiği gibi uygunsuzluk cezasının ton başına 40 € gibi görece düşük bir düzeyde tutulmasının ve emisyon tahsisatlarının yaklaşık 11000 işletmeye ücretsiz dağıtılmasının da bu başarısızlıkta payı olduğunun altını çizmek gerekir. Uygulama esasen önceden belirlenen hedefin ve bu hedef doğrultusunda gerekli raporlama ve ölçmenin, sistemin sağlıklı işleyişi için ne kadar önemli olduğunu göstermiştir.

AB ETS Aşama 2'de (2008-2012) bir önceki pilot aşamadan elde edilen doğrulanmış yıllık emisyon verileri ışığında, işletmeler için belirlenen tahsisat üst sınırı düşürülmüştür (2005'e göre yaklaşık %6,5 daha düşük). Tahsisat üst sınırlarını belirlemede merkezileşme yoluyla ortak kontrolü sağlayabilmek adına ulusal kayıt sistemleri yerine AB kayıt sistemi kullanılmaya başlanmıştır (Union registry replaced national registries). Bu aşamada, AB ETS'ye ilişkin Avrupa Direktifi, üye devletlerin Avrupa'da piyasaya sürülen tahsisatların %10'una kadar ihaleye çıkmasına izin vermiştir (Hepburn, 2006). Yani ücretsiz tahsis oranı Aşama 2'de %90 civarına düşmüştür. Sekiz üye ülkede yapılan ihaleler (Almanya, Birleşik Krallık, Hollanda, Avusturya, İrlanda, Macaristan, Çekya ve Litvanya), toplam tahsisat tahsisinin yaklaşık %3'üne tekabül etmektedir (ICAP, 2021b).

Fakat, 2008 ekonomik krizinin ekonomik faaliyetleri yavaşlatması ve beklenenden daha fazla emisyon azaltımına yol açmasıyla birlikte piyasada tahsisat fazlalığı oluşmuş ve karbon fiyatları yine düşmüştür. Örneğin, 2008 ve 2009 yılları arasında, AB ETS'de kapsanan sektörlerin üretim seviyeleri ortalama %10 düşerken, çimento ve demir-çelik gibi sanayi sektörlerinde daha güçlü düşüşler yaşanmıştır (De Perthuis & ark., 2014). Dolayısıyla AB ETS'nin bir kez daha güncelleme gerekliliği doğmuştur.

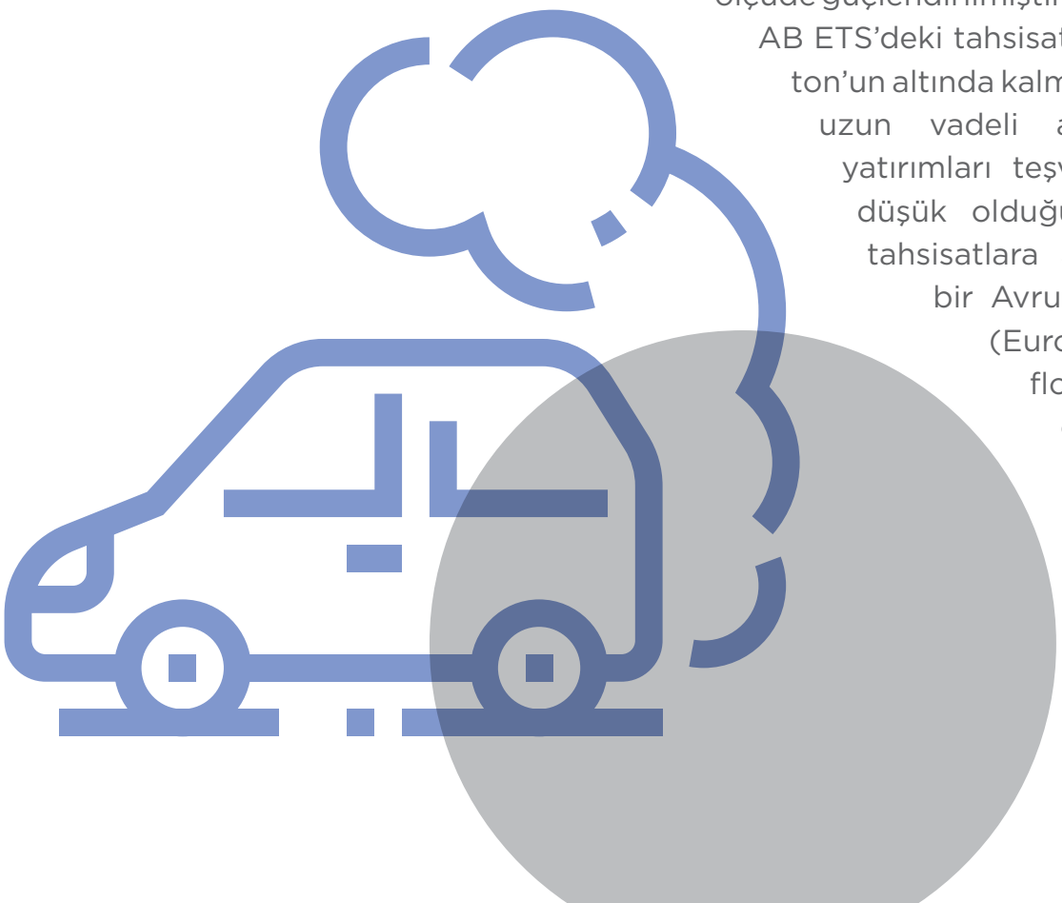
AB ETS Aşama 3 (2013-2020) için ETS çerçevesi önceki aşamalara göre önemli ölçüde değiştirilmiştir. AB ETS'de önceki iki aşama da dikkate alınarak, farklı yasama düzenlemeleriyle mekanizmayı daha işlevsel hale getirmek için bir dizi önemli değişiklik yapılmıştır. Öncelikle ulusal emisyon üst sınırı sistemi yerine, AB çapında tek bir emisyon üst sınırı belirlenmiştir. Merkezi olmayan tahsise sahip ve ulusal tahsisat planlarına dayanan ve yalnızca CO2 emisyonlarıyla ilgilenen 25 ulusal üst sınırın olduğu bir sistemden birkaç sera gazını kapsayan ve her yıl %1,74 oranında (doğrusal azaltım fonksiyonu: linear reduction factor – LRF) süresiz olarak azalan AB çapında bir emisyon üst sınırına sahip merkezi bir sistem oluşturulmuştur (Ellerman & ark., 2014). Varsayılan yöntem olarak ücretsiz tahsisat dağıtımı yerine ihale benimsenerek

daha fazla sektör de sisteme dahil edilmiştir. Diğer bir deyişle, önceki aşamalardaki ücretsiz tahsisin baskınlığı, orta vadeli hedef olarak tüm sektörler için tam ihale ile karbon kaçağı riski altında bulunan sektörler için kıyaslamaya dayalı ihale ve ücretsiz tahsis kombinasyonu olacak şekilde güncellenmiştir.

Ayrıca, "New Entrants Reserve 300" programı aracılığıyla yenilikçi, yenilenebilir enerji teknolojilerinin ve karbon yakalama ve depolamanın yaygınlaştırılmasını finanse etmek için 300 milyon tahsis (piyasa değeri karşılığı) ayrılmıştır. Aralık 2012 ilk çağrı ve Temmuz 2014 yılı ikinci çağrı olmakla birlikte, AB ETS bu program aracılığıyla Avrupa'da 38 yenilikçi yenilenebilir enerji projesine ve bir karbon yakalama ve depolama projesine toplam 2,1 milyar € aktarmıştır (Avrupa Komisyonu, t.y.).

AB ETS Aşama 4 (2021-2030) için mevcut yasal çerçeve, AB'nin 2030 emisyon azaltım hedefleri (1990 düzeyine göre %40 azaltım) doğrultusunda gerekli emisyon azaltımı sağlayabilmek için 2018 yılında revize edilmiştir (Avrupa Komisyonu, t,y.). AB bu kapsamda, emisyon azaltımını hızlandırmak ve yukarıda belirtilen 2030 yılı azaltım hedefine ulaşabilmek için, %1,74 olan yıllık toplam emisyon tahsisi azaltım oranını %2,2'ye indirmiştir (Zaklan & ark., 2021).

AB ETS Aşama 4'te, Piyasa İstikrar Rezervi (The Market Stability Reserve - PİR) önemli ölçüde güçlendirilmiştir. 2012'den 2017'ye kadar, AB ETS'deki tahsisatların piyasa fiyatı 10 €/ton'un altında kalmıştır ve bu fiyat seviyesi, uzun vadeli azaltım teknolojilerine yatırımları teşvik edemeyecek kadar düşük olduğu için algılandığından, tahsisatlara asgari fiyat uygulayan bir Avrupa karbon fiyat tabanı (European carbon price floor) önerisi gayri resmi olarak tartışılmıştır (Hintermayer, 2020).



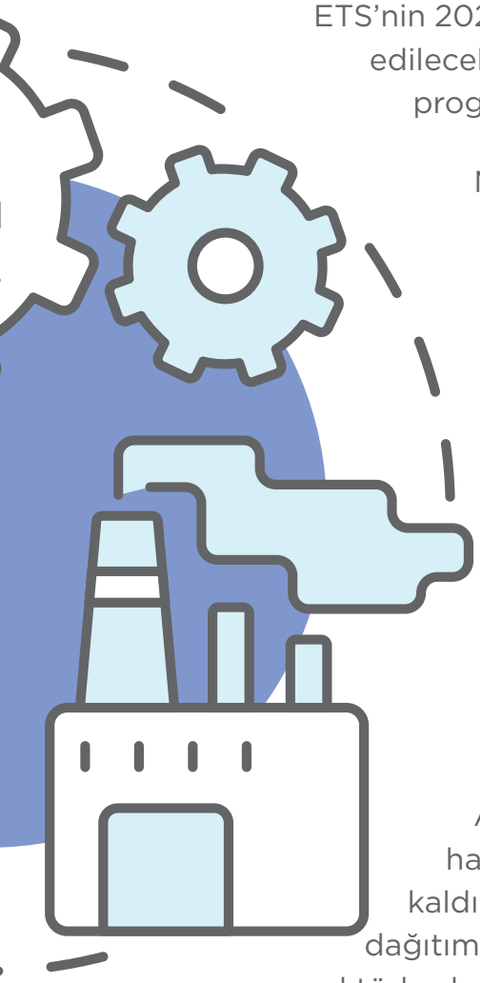
AB, önceki aşamalardaki bu deneyimler ve tartışmalar doğrultusunda, düşük tahsisat fiyatları ve piyasadaki tahsisat fazlalığının önüne geçerek AB ETS'yi şoklara karşı dirençli kılabilmek adına 2015 yılında PİR kurulmasına ve faaliyetine ilişkin karar almıştır (Avrupa Komisyonu, 2015). Bu mekanizmanın fiyat oynaklığına (price volatility) yol açabileceği üzerine gelen çok fazla eleştirinin ardından PİR henüz yürürlüğe girmeden 2018 yılında revize edilmiş ve iptal mekanizması (cancellation mechanism) devreye alınmıştır (Rosendahl, 2019). 2019 yılında faaliyete geçen PİR, piyasada çok fazla tahsisat olduğunda bunları otomatik olarak rezerve aktararak ve çok az tahsisat olduğunda da tahsisatları rezervden piyasaya aktararak çalışır (Dünya Bankası, 2021a). Her iki durumda da, kararlar önceden tanımlanmış eşik değerine göre alınmaktadır. Başka bir deyişle, PİR, dolaşımdaki toplam tahsisat sayısını (total number of allowances in circulation - TNAC) azaltan ve tahsisatları nihai olarak iptal eden bir mekanizma olarak tasarlanmıştır (Osorio, 2021). Artık geçerli olmayan bu tahsisatlar da ihale yoluyla tekrar piyasaya sürülemez.

Karbon kaçağı (carbon leakage) riski altındaki sektörlerin uluslararası rekabet gücünü koruyabilmek adına ücretsiz tahsis dağıtımına devam ederken, ücretsiz tahsisin belirlenmesine yönelik kuralların teknolojik ilerlemeyi yansıtmasına özen gösterilmiştir.

AB, düşük gelirli 10 AB üye ülkesinin (Bulgaristan, Hırvatistan, Çekya, Estonya, Macaristan, Letonya, Litvanya, Polonya, Romanya ve Slovakya) enerji sistemlerini modernize etmek ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla bu ülkeleri desteklemek için 2020 yılında Modernizasyon Fonu adıyla özel bir finansman programını oluşturmuştur (Avrupa Komisyonu, 2021). Bu fon kapsamında yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi ve kullanımı, enerji verimliliği, enerji depolama, enerji ağlarının modernizasyonu (bölgesel ısıtma, boru hatları ve şebekeler dahil olmak üzere) ve adili geçişi sağlayacak işçileri yeniden vasıflandırma ve becerilerini artırma, eğitim, iş arama faaliyetleri ve start-up kurma gibi faaliyetleri desteklenecektir (Avrupa Komisyonu, t.y.). 2021-2030 yılları arasında, başka bir deyişle AB ETS 4. aşamada tahsisat ihalelerinden elde edilecek gelirlerin %2'si bu fona aktarılacaktır.

İnovasyon Fonu, enerji yoğun endüstriler, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji

depolama ve karbon yakalamada yenilikçi düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesine yönelik yatırımları desteklemek için 2019 yılında oluşturulmuştur (Avrupa Komisyonu, 2019). Bu fon kapsamında büyük ve küçük ölçekli projeler olmak üzere yenilikçi düşük karbonlu teknolojileri kullanımı üzerine olan projelere 2020 yılından 2030 yılına kadar yaklaşık 38 milyar € (75 €/tCO2) destek sağlanacaktır (Avrupa Komisyonu, t.y.). AB ETS'nin 2020-2030 yılları arasında toplam 450 milyon tahsisin ihalesinden elde edilecek gelir ve yukarıda da bahsi geçen "New Entrants Reserve 300" programı kapsamında harcanmayan fonlar bu fona aktarılacaktır.

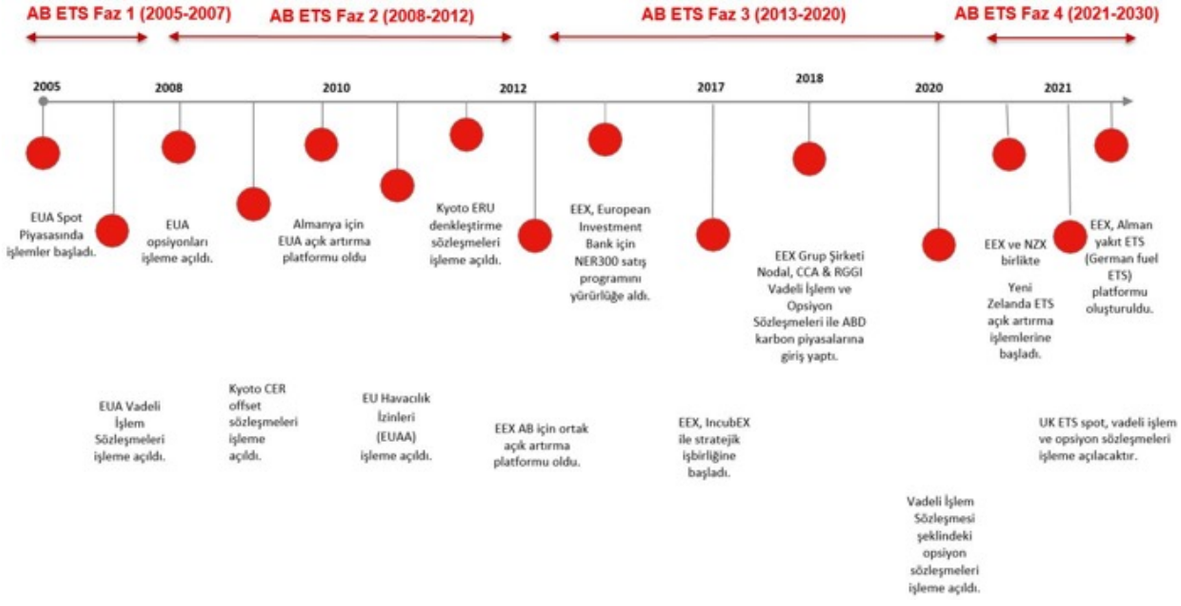


Modernizasyon Fonu, bazı belirli üye ülkelerin enerji sisteminin dönüşümünü için etkili bir araç olabilirken, İnovasyon Fonu tüm AB üye ülkeleri için belirli konudaki projeleri desteklemeyi amaçlamaktadır.

2021 yılı Haziran ayında, AB'nin 55'e Uyum paketi mevzuat önerileri paketi kapsamında AB-ETS'nin, Birliğin yeni 2030 emisyon azaltım hedefine (1990 seviyesine kıyasla %55 oranında azaltım) ulaşmada katkısını artırmak üzere, kapsam dahilindeki sektörlerin, sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 2005 seviyesine kıyasla %61 oranında azaltım yapmaları önerilmiş ve emisyon üst sınırının yıllık emisyon azaltım oranının uygulamada olan %2,2'lik seviyeden %4,2'lik düzeye çıkarılması teklif edilmiştir (Avrupa Komisyonu, 2021).

AB Komisyonu ayrıca, hâlihazırda AB ETS tarafından kapsanan havacılık sektörü için sağlanan ücretsiz tahsisatların kademeli olarak kaldırılmasını ve tahsisatların 2027 yılı itibariyle tamamen ihale usulüyle dağıtımına geçmeyi teklif etmiştir. Bu kapsamda AB Komisyonu yeni sektörlerde de emisyon ticaretini uygulamayı önermiştir. Bu çerçevede deniz taşımacılığından kaynaklanan emisyonları mevcut AB ETS'ye dahil etmeyi, karayolu taşımacılığında ve binalarda kullanılan yakıtlardan (emissions from fuels used in road transport and building) kaynaklanan emisyonlar için ise yeni bir emisyon ticaret sistemi oluşturmayı dile getirmiştir. AB ETS'den ayrı olarak çalışacak bu sistem, ve yeni ticaret sisteminden elde edilen gelirin %25'i, bu yeni sistemden kaynaklanan sosyal etkileri azaltmak üzere tasarlanan "Social Climate Fund"a gidecek şekilde tasarlanmıştır (Avrupa Komisyonu, t.y.).

Benzer hataları tekrarlamamak adına AB ETS'nin süreçteki tecrübelerinden çıkarılan sonuç, piyasa temelli bu mekanizmayı emisyon azaltımı yolunda daha etkili bir araç haline getirmek için ücretsiz tahsislerden kurtulmak, kirletenin ödediğinden (polluter pays) emin olmak, işletmeler için belirlenen üst sınırları hedefle uyumlu olarak ve kademeli olarak (her yıl) daha azimli/iddialı bir şekilde düşürmek gerekliliğidir. Aşağıdaki Şekil 1'de AB ETS'nin karbon piyasası gelişmeleri bir zaman çizelgesiyle sunulmuştur.



Şekil 1. *Avrupa Enerji Borsası (EEX) Karbon Piyasası Gelişmeleri (Borsa İstanbul, 2022)*

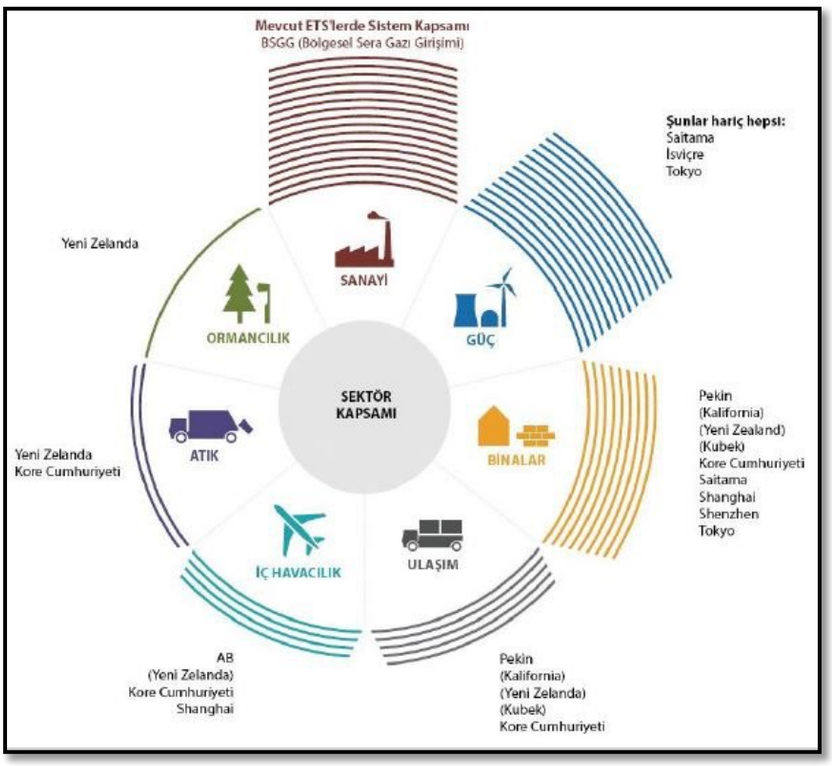
2.2.1.2. ETS kapsamı

ETS tasarımında hazırlık (PMR bu altyapıyı sağlamıştır) ve paydaş iletişimi aşamalarından sonra atılacak ilk adım ETS'nin kapsamına karar vermektir. ETS'nin kapsamına karar verirken aşağıdaki faktörleri göz önüne almak gerekmektedir (Dünya Bankası ve ICAP, 2016):

- Sektör ve sera gazı kapsamı,
- Düzenleme noktası (ETS'nin emisyon maliyetlerini uyguladığı yer kaynak veya tüketici tarafı),

- Eşik (belirli bir büyüklüğün altındaki işletmelerin ETS kapsamına dahil edilmemesi),
- Raporlama yükümlülüğünün seviyesi (şirket veya tesis seviyesi) (Dünya Bankası, 2021).

ETS'nin kapsamı konusunda Şûra çalışmalarında komisyonun çevrimiçi toplantılarında detaylı tartışmalar yapılmıştır. Tartışmaların temelini ETS için sektör ve sera gazı kapsamını belirleme konusu oluşturmuştur. Bu bağlamda mevcut ETS'lerin kapsamını gösteren bir görsel Şekil 2'de sunulmuştur. Görselden de anlaşılabileceği gibi elektrik üretme ve sanayide fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonlar dünya genelindeki ETS'lerde kapsam dahiline alınan faaliyetlerin başında gelmektedir.



Şekil 2. *ETS Kapsamı (Dünya Bankası & ICAP, 2016, s. 32)*

Komisyon toplantılarında ETS'yi AB SKDM sektörleriyle sınırlamak, İRD sektörleriyle pilot aşamayı başlatmak ve sonrasında daha fazla sektörü bu mekanizmaya dahil etmek gibi farklı öneriler yer almıştır. ETS'ye mümkün olduğu kadar fazla sektörün dahil edilmesi gerektiği, aksi takdirde sadece AB SKDM sektörlerinin olduğu bir

ETS'nin piyasa aksaklıklarına (market distortion) neden olabileceği tartışılmıştır. Türkiye'de halihazırda yürürlükte olan İRD'ye ilişkin çerçeve tesis bazındaki emisyonlar için bir kayıt mekanizması olmakla kalmayıp, ETS kapsamı için önemli bir başlangıç noktasını da oluşturmaktadır. Maliyet etkinliğini en uygun hale getirmek ve piyasanın işlerliğini sağlamak için olabildiğince fazla sektörün ve kurumun ETS'ye dahil olması gerektiği vurgulanarak pilot ETS'ye İRD sektörleriyle başlayıp sonrasında özellikle inşaat sektörüyle bağlantılı olan sektörler başta olmak üzere diğer sektörleri de kademeli olarak kapsama dahil etmek gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca, İklim Şûrası'nda AB ETS'nin denizyolu taşımacılığını da kapsıyor olması sebebiyle, İRD sistemine ve kurulması planlanan pilot ETS'ye denizcilik sektörünü de dahil etmek gerektiği tartışılmıştır.

2.2.1.3. ETS işleyişi

ETS'nin kapsamını belirledikten sonra Türkiye'nin emisyon azaltım politikalarından bağımsız olmayan, belirlenen ETS kapsamındaki tesislerin yapabilecekleri bir emisyon üst sınırını belirleme aşaması gelmektedir. PMR kapsamındaki çalışmalar bu evrenin sistemin işleyişinde en belirleyici olan aşama olduğunu ortaya koymaktadır. Çünkü, emisyon üst sınırı iyi belirlenebilirse, sera gazı azaltımının olmadığı bir senaryoda mevcut tahsisatlar da tahsisat ihtiyacından az olacaktır (Neelis & ark., 2016). Bu durum piyasada talep yaratacak ve fiyat buna göre belirlenecektir. Böylelikle emisyon salımını azaltmak için piyasa üzerinden bir teşvik yaratılmış olacaktır.

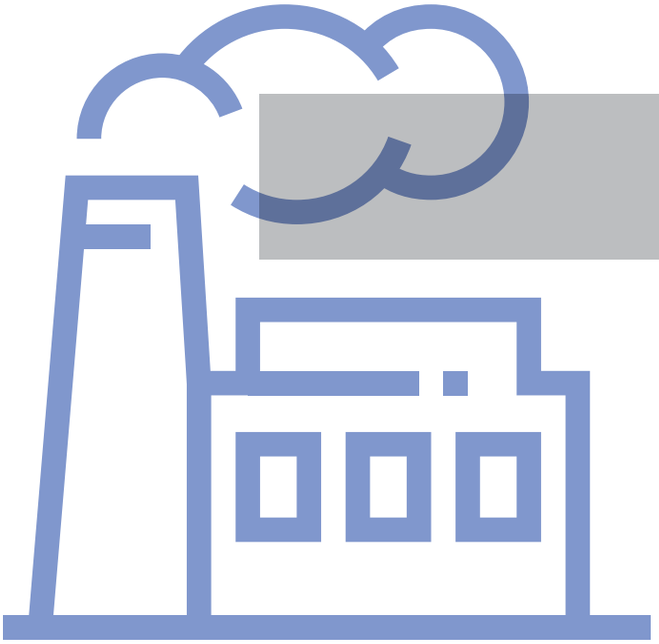
PMR çalışmaları ETS'nin diğer emisyon azaltım politikalarından farklı olarak emisyon azaltımı için en düşük maliyetli seçeneği sunacağını ortaya koymuştur. Bu seçeneğin belirlenen ve sabit bir oranla düşürülen emisyon üst sınırıyla birlikte piyasa tarafından bulunacağını vurgulamak gerekmektedir.

Emisyon üst sınırı iki şekilde belirlenebilmektedir (Neelis & ark., 2016): (a) düzenleyicilere ve piyasa katılımcılarına yararlanabilecek en fazla emisyon tahsisatı sayısı sürecin başında net olarak bildirilir (mutlak emisyon üst sınırı) veya (b) üretim veya girdi birimi başına belirli bir tahsisat sayısı verilmektedir (yoğunluk emisyon üst sınırı). Ayrıca, diğer ETS'lere bağlanırken bağlantı kurulan ETS'nin emisyon üst sınırı yapısının aynı olması bu süreci kolaylaştırmaktadır.

Belirlenen emisyon üst sınırı her yıl sabit bir miktarda azalır ve bu miktar lineer azaltma faktörü (Linear Reduction Function - LRF) ile hesaplanmaktadır. Tahmin edilebileceği

gibi LRF ile iklim azmi (daha doğrusu azim seviyesi) arasında doğrudan bir ilişki vardır; LRF ne kadar yüksek ise emisyonlar da o kadar düşüktür (LIFE ETX, 2021).

Son olarak, emisyon üst sınırı belirlemede bilgiye dayalı karar alınabilmesi için Şûra Komisyon toplantılarında da vurgulandığı gibi veri gereksinimi konusunun altını bir kere daha çizmek gerekmektedir. Tarihsel emisyonlar ve ekonomik veriler, referans değer altındaki emisyonlar için projeksiyonlar, ETS kapsamındaki sektörlerde emisyonları azaltmak için teknik ve ekonomik potansiyel ve mevcut politikalar ile yeni tamamlayıcı politikaların ve azaltım önündeki engellerin rolü bu çerçevede çok büyük öneme sahiptir (Dünya Bankası, 2021b).



Emisyon üst sınırı belirlendikten sonraki aşama ise tahsisat dağıtımıdır. Esasen, ETS azmi ETS'nin emisyon üst sınırına da yansıtıldığı için, tahsisatların dağıtımı üzerinde de doğrudan bir etkiye sahiptir (Neelis & ark., 2016). Uygulamaya bakıldığında tahsisat dağıtımı iki temel yöntemle yapılmaktadır: ücretsiz tahsis (free allocation) ve ihale (auctions) yoluyla satarak (Dünya Bankası, 2021b; Dünya Bankası ve ICAP, 2016). Tahsis dağıtım yöntemleri şu şekilde özetlenebilir.

- İhale - Tahsisatları ihale yoluyla satmak: Bu yöntemde, tahsisat fiyatını belirlemek amacıyla tahsisatlara en yüksek değeri verenlere tahsisat dağıtımı yapılmaktadır.
- Ücretsiz Tahsis - Tarihsel emisyonlara göre tahsisat verme yoluyla (using a grandparenting approach): ETS'ye geçiş döneminde kolaylık sağlayan bu yöntemde ETS'deki şirketlerin tarihsel emisyon seviyelerine göre ücretsiz tahsisat dağıtılmaktadır.

- Ücretsiz Tahsis - Sabit sektör kıyaslaması metoduyla: Tarihsel emisyonlara göre uygulaması daha zor olan bu yöntemde ücretsiz tahsisat miktarı kıyas ölçütünün (benchmark) sabit tarihsel tahsisatına göre belirlenmektedir. Burada belirli bir ürünün tarihsel çıktısı baz alınarak sağlanan ücretsiz tahsisat miktarını standardize etmek için kullanılmaktadır.

- Ücretsiz Tahsis - Güncellenmiş çıktıya dayalı (üretime dayalı) tahsis yöntemiyle: Sabit sektör kıyaslamasında olduğu gibi ücretsiz tahsisatları belirlemek için tarihsel veriler veya üretim çıktı verileri kullanılabilmektedir. Ancak çıktı verileri kullanıldığında bunların güncellenmesi gerekmektedir.

ETS'de tek bir yöntem benimsenebileceği gibi ücretsiz tahsisat dağıtımı ve ihale yöntemleri birlikte de kullanılabilmektedir. Buna karar verirken en kritik noktalardan birisi yine veri gerekliliği hususudur. Bu dört yönteme ait veri gerekliliği aşağıdaki Şekil 3'de incelenebilmektedir.

	Historical emissions	Historical output	Emission benchmark	Actual output
Auctioning	Low	Low	Low	Low
Grandparenting	High	Low	Low	Low
Fixed historical benchmarking	Medium	High	High	Low
Output-based benchmarking	Medium	Medium	High	High

High Medium Low

Şekil 3. *Farklı Tahsis Yöntemleri için Veri Gereksinimleri (Dünya Bankası (2021b), s. 121)*

Tahsisat dağıtımı, 2053 net sıfır hedefi ve yine 2030 için güncellenecek NDC hedefleriyle birlikte sektörlere kısa, orta ve uzun vadede de bir öngörülebilirlik sağlama yol haritasıyla doğrudan ilgilidir. Şûra komisyon toplantılarındaki tartışmalarda sabit sektör kıyaslama metodunun dikkate alınması gerektiği, ancak karbon kaçağı olan riski yüksek olan sektörlere (özellikle AB SKDM uygulanacak sektörleri de gözeterek) ücretsiz tahsisat dağıtımının düşünülmesi gerektiği önemle belirtilmiştir.

Sistemin tasarımında tanımlanacak olan ücretsiz tahsisatların gevşek/yumuşak bütçe kısıtı olarak düşülmemesi için gereken tedbirlerin alınması önem taşımaktadır. AB ETS uygulamasının ilk fazında serbest kotalar çok geniş olarak tanımlandığı için firmaların karbon salımlarındaki bütçe kısıtını algılaması mümkün olmamış, bu yumuşak bütçe kısıtı nedeniyle sistemin işleyişinden beklenen fayda elde edilememiştir. Bu konu Şûra komisyon toplantılarında da birçok kez vurgulanmıştır.

Bu aşamalardan sonra tasarımı tamamlanan ETS'yi işler hale getirmek gerekmektedir. ETS'nin hedefler doğrultusunda işleyebilmesi ve emisyon azaltımını en verimli şekilde sağlayabilmesi için piyasadaki fiyat oluşumunun uzun dönem dekarbonizasyona hizmet edecek seviyede olması istenmektedir (Dünya Bankası, 2021b). Bu bağlamda ETS'de piyasa için en önemli konunun fiyatların belirlenmesi ve sağlıklı fiyat oluşumu olduğu, bu konunun da karbon piyasasındaki önkoşullardan biri olduğu Şûra komisyon toplantılarında açıklanmıştır. Şûrada ise fiyat tespiti üzerine bir komitesi kurulması ifadelerinin tartışmaya açık olduğu çünkü fiyatın piyasada belirlendiği vurgulanmıştır. Ancak piyasa yapıcılık sistemi gereği herhangi bir fiyat oluşmadığı zaman bir komitenin fiyat oluşturması durumu olabileceği vurgulanmıştır.

Ayrıca, komisyon toplantılarında ETS piyasasının likit bir şekilde işlem görüyor olmasını sağlayabilecek ikincil piyasalara ilişkin farklı görüşler de yer almıştır. İkincil piyasa, tahsisatların ihaleden sonra yetkilendirilmiş kuruluşlar aracılığıyla veya doğrudan ETS'de yer alan tesisler arasında ticaretinin yapılmasına olanak sağlayan bir piyasadır. Borsa İstanbul ile yapılan alt komisyon toplantısında Avrupa Enerji Borsası (EEX) ve ICE Futures gibi işlem platformları örnekleri de dikkate alındığında ETS için de geleneksel finansal ürünler için oluşturulan ekosisteme benzer bir yapı oluşturmanın gerekliliği vurgulanmıştır. Ardından önerilerde de yer aldığı gibi emisyon tahsisatlarının yapılmasından sonra elinde tahsisat fazlası bulunanların tahsisatları nakde çevirmek istemesi veya tahsisat ihtiyacı olanların etkin fiyatlama ile tahsisat satın alabileceği organize ve güvenilir bir piyasanın, emisyon tahsisatları ikincil piyasasının da aynı birincil piyasa gibi oluşturulmasının pilot dönem sonrasında devreye girmesinin daha uygun olabileceği tartışılmıştır.

ETS çerçevesinde zamansal esneklik sunmayı sağlayacak ödünç alma (borrowing) ve bankalama (banking) araçlarının yanı sıra uyum süresinin uzunluğuna karar vererek de esneklik sağlanabilmektedir. Bankalama, bir uyum dönemindeki tahsisatların, gelecekteki uyum yıllarında kullanılmak üzere bankalanması veya saklanması; ödünç

alma ise daha erken dönemde kullanmak üzere gelecek yıllarda alınacak tahsisatlardan borç alınması anlamına gelmektedir. Komisyonda iletilen önerilerde ETS kapsamında zamansal esneklik mekanizmalarının (bankalama – ödünç alma) tanımlanmasına imkân sağlanması gerektiği stratejik hedef olarak önerilmiştir. Bu stratejik hedef doğrultusunda uygulama fazları arasında tahsisatların sınırsız bankalanması opsiyonunun emisyon hedefleri doğrultusunda değerlendirilmesi ile temerrüt ve artan belirsizlik ihtimalleri göz önüne alındığında uygulama fazları arasında sınırlı ödünç almaya izin verilmesi öncelikli eylem önerisi olarak da sunulmuştur.

Sonrasında gözetim ve uyum adımında ETS'yi düzenleyecek kuruluşların belirlenmesi gerekmektedir. ETS'nin piyasa işleyişi, piyasa kayıt sistemi, emisyon raporlanmalarının yönetimi, kayıt altında tutulması, doğrulanması, denetimi, gerekli ceza ve yaptırımların uygulanması durumlarının ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından üstlenileceğinin görev tanımlarıyla birlikte mevzuatta yer alarak uygun değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Mevcut mevzuat itibariyle 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu (md 11, f. 8) uyarınca emisyon ticaretine ilişkin hususlar EPDK ve EPİAŞ'ın yetkisinde bulunmaktadır ve belirlenecek yaklaşıma göre, ETS'nin Borsa İstanbul ya da EPİAŞ tarafından işletilerek, piyasa gözetim ve denetiminin SPK ve/veya EPDK tarafından yerine getirilmesi durumu söz konusudur. Bu aşamada belirlenecek yaklaşımla birlikte mevzuatta gerekli değişiklikler ve düzenlemeler yapılacaktır.

ETS içerisinde denkleştirmenin (offsetting) rolüne ve kapsamına ilişkin değerlendirmenin yapılması, denkleştirme mekanizmasının tasarımı da sonraki aşamadır. IETA (2019) denkleştirmeyi emisyon üst sınırına tabi olmayan bir sektörden/bölgeden ton CO2 eşdeğeri olarak ölçülen sera gazı emisyonlarının (tCO2e) azaltımı, uzaklaştırılması veya önlenmesi olarak tanımlamıştır. ETS kapsamında denkleştirme mekanizmalarının kullanılmasına yönelik etki değerlendirmeleri yapılması gerektiği gerek komisyon toplantılarında tartışılmıştır. Ayrıca ETS'nin kuruluş aşamasında piyasada likiditeyi artırmak amacıyla belli limitler dahilinde denkleştirme kullanım yöntemlerinin ve kapsamının belirlenmesi gerektiği, özellikle aynı grubun farklı şirketleri/işletmeleri arasında ya da uluslararası denkleştirme yapmanın emisyon hedefleri açısından ne gibi sonuçlar doğuracağının incelenmesinin önem taşıdığı belirtilmiştir. Bu bağlamda, Şûra tavsiye kararlarında ETS kapsamında denkleştirme kullanımı için denkleştirme mevzuatının, Paris Anlaşması Madde 6, gönüllü sertifika uygulamaları, diğer ülkelerdeki ulusal denkleştirme uygulamaları ve ulusal gönüllü piyasa koşulları dikkate alınarak 2024 yılına kadar kurgulanması gerektiği belirtilmiştir.

Bunun yanında, ulusal bir denkleştirme piyasasının ülkemizde gerçekleşen azaltım projeleri açısından yüksek bir öneme sahip olduğu birçok paydaş tarafından vurgulanmıştır. Bu nedenle, ulusal denkleştirme mekanizması için gerekli standardizasyon sisteminin kurulmasında uluslararası standartların göz önünde bulundurularak bir fizibilite çalışması yapılması gerekliliği Şûra tavsiye kararlarında yer almıştır. Denkleştirme konusunda ülkemiz için ulusal sistemin yol haritası oluşturulmasına ve fizibilite çalışmasında Türkiye'de gerçekleştirilen projelerin uluslararası platformlardaki kayıtlarının incelenmesi de ilgili karara eklenmiştir. Ulusal kayıtların tutulmasına yönelik bir kayıt sisteminin de geliştirilmesi ilgili Şûra kararında vurgulanmıştır.

Son olarak ETS'nin belirli aralıklarla sistem performansının değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi aşaması vardır. Şûra kararlarında da ETS fazlarının kademeli olarak beşer yıllık dönemler şeklinde uygulanması ve kademelendirmeye ilişkin hususların her dönemin başlangıcından en az bir yıl önce açıklanması gerektiği yer almıştır.

2053 net sıfır hedefi ve güncellenecek olan NDC ile uyumlu olarak çevresel bütünlüğü de gözeten ETS'nin Türkiye'de kurulması için çalışmaların hızlanması, hazırlanacak olan İklim Kanununda, AB mevzuatı gözetilerek tasarlanması ve ETS'nin uygulamaya alınmasına yönelik çalışmaların 2024 yılında tamamlanması gerektiği Karbon Fiyatlama Alt Komisyonuna ait Şûra kararlarının ilki olarak listelenmiştir.

2.2.1.4. ETS İhale gelirlerinin kullanımı

ETS gelirlerinin kullanımı konusu çevrim içi toplantılarında ve önerilerde sıklıkla dile getirilmiş, şûrada ise en çok tartışmaya sebep olan konulardan birisi olmuştur. Verginin adem-i tahsis ilkesi (5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu: "Belirli gelirlerin belirli giderlere tahsis edilmemesi esastır.") doğrultusunda karbon vergisinin doğrudan genel bütçeye gideceği durumu göz önüne alındığında, adil geçişin ve yeşil dönüşümün tahsis edilebilmesi için ETS gelirlerinin ve bu gelirlerin kullanım alanlarının net olarak belirlenmesinin önemi ortaya çıkmaktadır (T.C. Resmî Gazete, 2003).

Üçüncü çevrimiçi toplantıda da vurgulandığı gibi AB, ETS'deki tahsisatların ihalesinden elde edilen gelirlerin en az %50'si iklim ve enerji ile ilgili amaçlar için kullanılmak üzere üye devletlere aktarılır. Üye devletler, gelirleri nasıl kullandıkları konusunda Avrupa Komisyonunu bilgilendirmekle yükümlü olup 2019 yılında, ortalama olarak bu gelirlerin yaklaşık %77'sini yurtiçi ve uluslararası iklimle ilgili amaçlar doğrultusunda harcamışlardır (ICAP, 2021b).

ETS sisteminde toplanan kaynaklar veya sistem aracılığıyla elde edilen gelirler farklı dönemlerde çeşitli iktisadi öncelikler için kullanılabilir. Başlangıçta şirketlerin istihdam vergilerinden kaynaklanan yüklerini azaltmak hem istihdamı desteklemek hem de büyüme sürecine ivme kazandırmak için düşünülebilir. Ayrıca Türkiye'de bu tür bir uygulamada dikkate alınması gereken bir diğer mesele firmalarımızın homojen olmamasıdır. Büyük ve küçük, verimli ve verimsiz işletmelerin bir arada olduğu bir ortamda sermaye yoğun bir iktisadi dönüşüm programı olarak tanımlanması gereken yeşil sanayi devrimi tüm bölgeleri, tüm firmaları ve tüm çalışanları aynı biçimde etkilemeyecektir. Bu heterojen etkileri dikkate alan ayrıntılı bir adil geçiş programı ve bütçesine ihtiyaç olacağı da açıktır. Adil geçiş için tasarlanacak bölgesel kalkınma programları ve sosyal koruma mekanizmalarına da kaynak ayrılması gerektiği ortadadır. Bu nedenle, ETS gelirlerinin kullanımı konusunda ilgili Şûra politika önerisi adil geçiş ifadesini de içerecek şekilde güncellenmiş olup, nihai komisyon tavsiye kararı bahse konu gelirlerin en az %50'sinin reel sektörün yeşil dönüşümünü hedefleyen başta modernizasyon ve inovasyon odaklı faaliyetler olmak üzere sera gazı emisyonlarının azaltımına yönelik faaliyetlerinin desteklenmesine aktarılmasını içermektedir.

Dünya genelindeki ETS'ler incelendiğinde tahsisat ihalelerinden elde edilen gelirlerin yetki alanı önceliklerini yansıtan alanlarda kullanıldığı görülmektedir. Yetkili kuruluş bu gelirleri enerji verimliliği, düşük karbonlu ulaşım ve yenilenebilir enerji dahil

olmak üzere çeşitli iklim programlarını kullanmaya meyillidirler. Ayrıca bu gelirler dezavantajlı ve düşük gelirli gruplar ile enerji yoğun endüstrileri desteklemek için de kullanılmaktadır. 2020 yılı sonu itibariyle küresel olarak ETS'ler üzerinden elde edilen gelirler toplamda 103 milyar $'a ulaşmıştır (ICAP, 2021a, s. 31).

2.2.2. Karbon Vergisi

Karbon vergisi, sera gazı emisyonlarının karbon içeriği üzerinden bir vergi oranı tanımlanarak, doğrudan bir karbon fiyatı belirlemektedir. Karbon vergisinin ETS'den temel farkı, karbon vergisiyle karbon fiyatının önceden belirlenmesidir. Söz konusu karbon fiyatına göre piyasa azaltımlarını belirler (Dünya Bankası, t.y.). 2021 yılı itibariyle, 27 ülkede karbon vergisi uygulanmaktadır (Santikarn & ark., 2021).

Karbon vergisi uygulanması firmaların SKDM kapsamında yapmaları gereken ödemelerden muaf tutulmalarını ve üretim altyapısına ve iklim değişikliğinin sosyal maliyetlerini giderici faaliyetlere yatırım yapılabilecek bir gelir akışının sağlanmasını temin edebilir, Ancak, İklim Şûrası kapsamında yapılan komisyon toplantılarında, toplanan karbon vergilerinin Âdem-i Tahsis ilkesi nedeniyle iklim değişikliğiyle mücadele ile ilintili faaliyetlere direkt olarak tahsis edilemeyeceği vurgulanmıştır.

2.2.3. Uluslararası Karbon Piyasaları

2.2.3.1. Gönüllü karbon piyasaları

Temel olarak iki farklı uluslararası karbon piyasası mevcuttur. İlki, Kyoto Protokolü kapsamında belirlenen ve esneklik mekanizmalarına tabi olan piyasalardır. İkinci tip ise bu piyasalara benzer şekilde işleyen, ancak Kyoto Protokolünün esneklik mekanizmalarına konu olmayan gönüllü karbon piyasalarıdır (Can, 2018). Gönüllü karbon piyasası, sera gazı salımlarını gönüllü olarak azaltmak isteyen birey, kurum, kuruluş, sivil toplum örgütlerinin faaliyetleri sonucu olarak, çevresel ve sosyal sorumluluk ilkeleri çerçevesinde ortaya çıkmıştır. Bu piyasaların amacı, sera gazı salımlarını gönüllü olarak azaltımları kolaylaştırmak ve sera gazı emisyonlarını azaltan faaliyetlere finansman sağlamaktır (İklim Gönüllüleri, t.y.).

Dünyada gönüllü karbon piyasasının alıcıları Kyoto Protokolü Ek-A Listesinde yer almayan sektörlerin firmaları, Kyoto Protokolü Ek-B Listesinde yer almayan ülkelerde

karbon salımlarını dengelemek isteyen firmalar ve Kyoto Protokolü ile doğrudan yükümlülük altına girmeyen etkinlik sahiplerinden oluşurken, piyasanın satıcıları Kyoto Protokolüne taraf olmayan ülkelerde, Kyoto Protokolü Ek-B listesinde yer almayan ülkelerde ve Kyoto Protokolüne taraf olan ancak CDM/JI süreçlerinin aşırı maliyetli olduğu sera gazı salımlarının azaltılmasını sağlayan yenilenebilir enerji, enerji tasarrufu ve sürdürülebilir atık yönetimi projelerinde bulunmaktadır.

Türkiye, Kyoto Protokolünde bahsi geçen esneklik mekanizmalarından yararlanamamaktadır. Ancak, 2005 yılından bu yana gönüllü karbon piyasalarında işlem gören sertifikaların geliştirildiği projeler gerçekleştirilmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2014). Ülkemizde, 2013 yılında Gönüllü Karbon Piyasası Kayıt Tebliği yayımlanarak Gönüllü Karbon Piyasası projelerinin ve bu projelerden edinilen sertifikaların kayıt altına alınmasına ilişkin düzenleme yürürlüğe girmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2014).

Türkiye'de 308 adet proje Gönüllü Karbon Piyasalarında işlem görmektedir. Bu projeler sonucu beklenen yıllık sera gazı emisyon azaltımı değeri 20 Milyon tCO2 eşdeğerinin üzerindedir. Söz konusu projelerin dağılımında başta yenilenebilir enerji kaynaklı emisyon azaltımı, enerji verimliliği ve atıktan enerji üretimi projeleri yer almaktadır.

2.2.3.2. Paris anlaşması Madde 6 piyasaları

Uzun yıllar süren tartışmaların ardından COP 26'da Paris Anlaşması Madde 6'nın kurallar kitabı Kasım 2021'de Glasgow'da düzenlenen COP26'da tamamlanmıştır. Paris Anlaşması Madde 6, piyasa ve piyasa dışı yaklaşımlarla anlaşmanın tarafları arasında gönüllü iş birliği ve uluslararası karbon piyasaları için bir çerçeve oluşturmaktadır (ERCST, 2021). Son çalışmalar etkin işleyen Paris Anlaşması Madde 6 kapsamındaki uluslararası iş birlikleriyle yılda ortalama 250 milyar $ tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir (IETA, 2021). Paris Anlaşması Madde 6'da üç farklı operasyonel paragraf mevcuttur:

a. Madde 6.2: Ulusal Katkı (NDC) uyumu için Uluslararası Transfer Edilebilir Azaltım Çıktılarının (ITMO-Internationally Transferred Mitigation Outcomes) transferi yoluyla ülkeler arasında iş birliğini öngörmektedir. Emisyon azaltımlarının İzleme, raporlama ve doğrulama (İRD) ve şeffaflık konularında çok sıkı kurallar getiren bu sistem içerisinde BMİDÇS bulunmamaktadır.

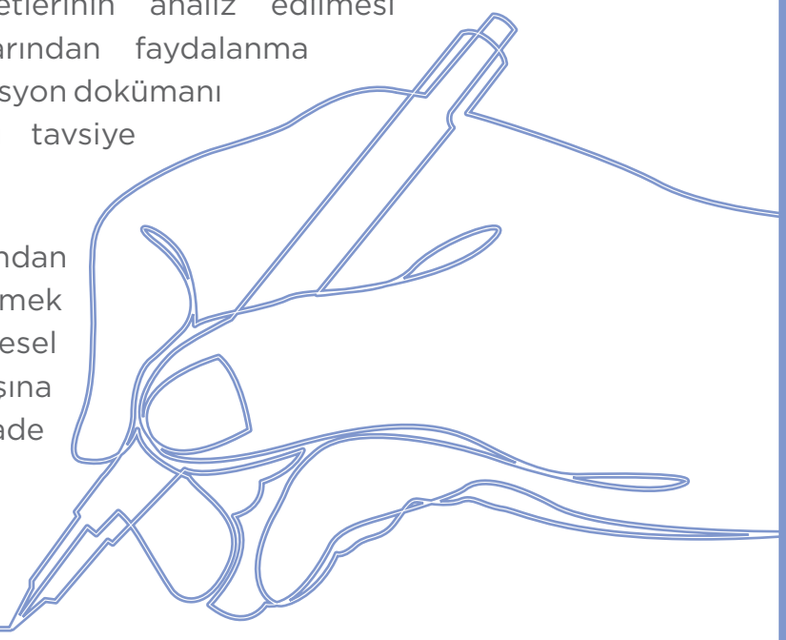
b. Madde 6.4: Azaltıma katkı sunmak ve sürdürebilir kalkınmayı desteklemek için proje temelli bir mekanizmanın oluşturulmasını öngörmektedir. Madde 6.4 ve ilgili işlemleri BMİDÇS sekreteryası tarafından yürütülecek olup kredi transferi için onay alınması gerekecektir.

Madde 6.2 ve Madde 6.4 çerçevesinde ülkeler arası satılan karbon kredileri aracılığıyla yapılan bu azaltımlar krediyi azaltan (host-country) ülkenin NDC yükümlülüğünden düşülmek zorundadır. Başka bir deyişle, çifte sayımı engellemek amacıyla ev sahibi ülke (projenin gerçekleştiği yer) karbon kredisini başka ülkeye sattığında bu transferi yansıtmak amacıyla kendi ülkesinin karbon envanterinden bu azaltımı iptal etmek zorundadır. Bu bağlamda, sürdürülebilir ve şeffaf bir emisyon azaltım mekanizması uygulayabilmek için ülkeler arası karbon muhasebeleşmesini yapacak bir düzenleme (corresponding adjustment) ve kurumları zorunlu kılmaktadır.

c. Madde 6.8: Piyasa dışı yaklaşımlar (non-market approaches) için bir çerçeve oluşturulmasını kapsamaktadır. Ülkeler arasında ETS ve türevleri dışındaki iş birliklerinin nasıl olacağını özetlemektedir. Madde 6 ülkelerin NDC'leri arasında koordinasyonu sağlayarak küresel bir strateji oluşumuna zaman içinde imkân sağlamayı amaçlamaktadır. İklim değişikliği gündeminin ancak küresel iş birliği ile başarılı olabileceği gerçeği ile de bu çerçevede uyumludur.

Bu bağlamda, Türkiye'nin güncellenecek NDC hedefi doğrultusunda Paris Anlaşması Madde 6 kapsamında yer verilecek sektörlerin belirlenmesinde emisyon azaltım potansiyeli, marjinal azaltım maliyetlerinin analiz edilmesi neticesinde Madde 6 mekanizmalarından faydalanma hususunun değerlendirilerek ulusal pozisyon dokümanı oluşturulması gerektiği İklim Şûrası tavsiye kararlarına dahil edilmiştir.

IMF Başkanı Kristalina Georgiyeva tarafından Paris İklim Anlaşması hedeflerine erişmek için bugün 3$ civarında olan küresel karbon fiyatının ton karbondioksit başına 75 $ ve daha yüksek olması gerektiği ifade edilmiştir (IMF, 2021).



2.3. Karbon Kaçağı Riskinin Değerlendirilmesi

Karbon kaçağı, ülkeler arasında karbon fiyatları değişkense veya bir ülkedeki iklim politikalarıyla ilgili maliyetler yüksekse, yüksek düzeyde karbon emisyonu olan sektörlerdeki işletmeler üretimini daha gevşek emisyon kısıtlamaları olan diğer ülkelere aktarması durumudur (Stiglitz & ark., 2017; Avrupa Komisyonu, 2021). Tanımından da anlaşılacağı üzere yüksek düzeyde karbon emisyonu salımı yapan sektörlerde karbon kaçağı riskinin de yüksek olması beklenmektedir. Hangi sektörlerin bu bağlamda desteğe ihtiyacı olduğunu belirlemek için alt sektör düzeyinde daha ayrıntılı bir değerlendirme gerekli olsa da bir ETS içinde karbon kaçağına karşı korumanın en kolay yolu ücretsiz tahsisat sağlanması olarak tanımlanmıştır (PMR, 2018). PMR projesinde kısa vadede İRD sektörlerine karbon kaçağı riskine karşı koruma sağlamak için tarihsel emisyonlara göre ücretsiz tahsis sağlanması önerilmiştir. ETS olgunlaştıkça, daha büyük karbon kaçağı riskleriyle karşı karşıya olan sektörler için üretime dayalı tahsislerle kâğıt gibi kaçak riskinin daha düşük olabileceği sektörlerde sabit sektör kıyasına dayalı tahsis yönetimine geçilebilir. Ancak, sektörel kaçak riskinin tam doğasını anlayabilmek ve tüm İRD sektörlerinin uygun şekilde korunmasını sağlayabilmek için alt sektör düzeyinde daha ayrıntılı bir değerlendirme gerekmektedir.

Bu nedenle, Komisyon toplantılarında ve şûrada yapılan tartışmalar sonucunda 2053 net sıfır hedefi, güncel karbon fiyatları ve SKDM gözetilerek, kurulacak ETS'de karbon kaçağı riski dikkate alınarak sektörlere ilişkin ekonomik, mali, sosyal ve teknik etki analizleri yapılması gerekliliği de şûra kararlarından biri olarak belirlenmiştir.

3. TESPİT EDİLEN SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Komisyon toplantılarında öne çıkan sorun alanları ve ilgili tartışmalar aşağıda belirtilmektedir.

- **Karbon fiyatlamasından elde edilecek gelirlerin kullanımı:**

Karbon fiyatlama mekanizmalarından elde edilecek gelirlerin kullanımı komisyon toplantıları boyunca gündemde uzun süre kalan konulardan biri olmuştur. Sektör temsilcileri, sektörlerin yeşil dönüşüm için finansman ihtiyacı olduğunu ve bu finansmanın kurulacak ETS gelirlerinin reel sektöre döndürülmesinin önem taşıdığını belirtmiştir. Karbon vergisi hususunda ise özellikle Gelir İdaresi Başkanlığı tarafından adem-i tahsis ilkesinin önemi vurgulanmıştır. Belirli bütçe gelirlerinin belirli bütçe giderlerine ayrılmamasının vergi uygulamalarında bir ilke olduğu belirtilmiştir.

ETS tasarımı özelinde ise, ihale gelirlerinin kullanımı üzerine tartışmalar gerçekleşmiştir. İhale gelirlerinin tamamının ETS sektörlerine yeşil dönüşüm amacıyla aktarılmasının elzem olduğu birçok kurum ve kuruluş tarafından vurgulanmıştır. Bunun yanında yeşil dönüşümü destekleyebilecek diğer faaliyetlerin de göz önünde bulundurulması konusunda farklı görüşler dile getirilmiştir. Tartışmaların sonucunda ilgili tavsiye kararı, ETS kapsamında elde edilen gelirlerin tümünün yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda kullanılması hususuna yer vermiştir. Bu gelirlerin en az %50'sinin ise reel sektörün yeşil dönüşüme tahsis edilmesi ibaresi de kararda yer almıştır.

- **Mevcut vergilerin gözden geçirilmesi:**

Özel sektör temsilcilerinin halihazırda ödemekte olduğu çevre merkezli vergilerin gözden geçirilmesi konusu karbon fiyatlama konusunda tespit edilen sorun alanlarından birisi olmuştur. Mevcut vergilerin değerlendirilmesi hususunda Gelir İdaresi Başkanlığı (GİB)'nın çalışma yapacağı bilgisi alınmıştır. Bu nedenle ilgili Komisyon tavsiye kararı ETS uygulamalarını da göz önünde bulundurarak mevcut vergilerin karbon vergisine dönüştürülmesi konusunun ele alınacağını vurgulamakta, ulusal koşullara uygun yol haritasını 2025 yılına kadar oluşturulmasını içermektedir. Ayrıca, mükerrer vergilendirme hususundaki kaygılara dikkat çekildiğinden, çifte karbon fiyatlamayı önlemek adına ayrı bir Komisyon tavsiye kararı da kararlarda yer almıştır.

• **ETS tasarımı:**

Komisyon toplantıları boyunca ETS için emisyon üst sınırının güncellenecek olan NDC doğrultusundaki 2030 hedefi ve 2053 net sıfır hedefimiz ile uyumlu olarak belirlenmesinin gerekliliği vurgulanmıştır.

Kurulacak olan ETS pilot fazının uygulama fazından farklarının netleştirilmesi gerektiği çeşitli paydaşlarca ifade edilerek pilot fazın bir yıldan daha uzun tutulması önerileri yapılarak ETS kurulumuna ilişkin somut bir takvim ve yol haritası belirlenmesi ilgili Komisyon tavsiye kararında yer almıştır.

ETS tasarımı aşamasında AB ETS ile "uyumluluktan" ziyade, AB mevzuatının "gözetilerek" tasarlanmasının daha uygun olacağı konusunda tartışılarak ülkemiz ETS tasarımının herhangi spesifik uygulama yerine ulusal/uluslararası iklim politikaları dikkate alınarak değerlendirilmesine karar verilmiştir.

Kademeli olarak beşer yıllık fazlar şeklinde planlanan ETS için kapsam ve tahsisatlar gibi hususların en az bir yıl önce açıklanmasının gerekli olduğunda mutabık kalınarak ilgili Komisyon tavsiye kararına eklenmiştir.

• **Paris Anlaşması Madde 6'ya ilişkin detaylar:**

Paris Anlaşması Madde 6 kapsamında yer alacak sektörlerin belirlenmesinde marjinal azaltım maliyetlerinin göz önünde bulundurulması ve ulusal bir pozisyon dokümanın oluşturulması hususunda tüm komisyon katılımcıları mutabık kaldığından ilgili tavsiye kararı bu şekilde oluşturulmuştur.

• **Denkleştirme mekanizmaları:**

Denkleştirme konusunun ülkelerin ve şirketlerin yüksek azimli emisyon azaltım hedefleri doğrultusunda her geçen gün önem kazanması beklenmektedir. Özellikle havayolu sektöründe denkleştirme hususu uluslararası derecede bir öneme sahiptir. Şûra kararları çerçevesinde, denkleştirme mekanizması için ulusal bir standart sistemi kurulması yönünde Şûra üyeleri ve katılımcıları mutabık kalmıştır. Bu doğrultuda bir fizibilite çalışması yapılması ve gönüllü karbon piyasa kayıtlarının Paris Anlaşması Madde 6 kararları göz önünde bulundurularak geliştirilmesi tavsiye edilmiştir.

- **Mevcut İzleme, Raporlama ve Doğrulama (İRD) mevzuatının ve sisteminin revizyonu:**

Mevcut İRD mevzuatı ve sistemi ile ilgili gelen görüşlerde Deniz Ticaret Odası (DTO) tarafından AB mevzuatının güncellenecek olması sebebiyle denizcilik sektörünün eklenmesinin önemi vurgulanmıştır. Bunun yanında, Borsa İstanbul (BIST) tarafından kurulması planlanan ETS'de piyasa şeffaflığı açısından İRD sisteminin daha şeffaf hale getirilmesi gerekliliği de belirtilmiştir.

Denizcilik sektörü temsilcileri, AB ETS kapsamında yapılması planlanan yeni düzenlemelere göre ülkemizden AB limanlarına giden her bir geminin emisyonlarının %50'sine yakın bir bedeli AB'ye ödemek zorunda olacağını belirterek kaynakların AB'ye aktarılmasının önlenmesi için denizcilik sektörü özelinde bir İRD sistemi kurulmasının, limanlarımıza ulaşan gemilere karşılıklılık esası uyarınca karbon fiyatlaması uygulanmasının gerekli olduğunu vurgulayarak kaygılarını dile getirmiştir.

İRD sistemi ile ilgili kararlar Karbon Fiyatlama Alt Komisyonu tavsiye kararlarında yer almamış olmakla birlikte, özellikle DTO'nun ifade ettiği potansiyel sorunlar ilgili sorumlu birimler tarafından kayıt altına alınmıştır.

4. ŞÛRA KARARLARI

Komisyon toplantılarının ardından gerçekleştirilen yuvarlak masa toplantılarında taslak kararlar üzerinde karar kılınarak önemli kararlar önceliklendirilmiştir. Bu bağlamda, toplam 11 adet karar ve ilgili mevcut durumlar aşağıda belirtilmiş olup, öncelikli kararlar koyu renkle gösterilmektedir.

1. **2053 net sıfır hedefi çerçevesinde güncellenecek olan Ulusal Katkı Beyanı (NDC) ile uyumlu olarak çevresel bütünlüğü de gözeten Emisyon Ticaret Sistemi'nin (ETS) ülkemizde kurulması için çalışmalar hızlandırılarak; ETS, hazırlanacak olan İklim Kanununda, AB mevzuatı gözetilerek tasarlanmalıdır. ETS'nin uygulamaya alınmasına yönelik çalışmalar 2024 yılında tamamlanmalıdır.**

Mevcut Durum: Emisyon Ticaret Sistemine (ETS) yönelik olarak Ülkemizin 2013 yılında katıldığı PMR projesi (Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı) çıktıları gözden geçirilmiş olup bunun devamı olarak yürütülecek PMI (Karbon Piyasaları Uygulama Ortaklığı) projesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Söz konusu PMR çıktılarında ülkemiz için karbon fiyatlama mekanizmaları arasında en maliyet etkin araç olarak İzleme, Raporlama ve Değerlendirme (İRD) sektörleri kapsamında ETS önerilmiştir. PMR kapsamında ETS yasal ve kurumsal altyapısına hazırlık amacıyla ETS Yönetmeliği ve ETS kayıt sistemi çalışmaları yapılmıştır.

2. AB tarafından Sınırda Karbon Düzenlemesi Mekanizmasının (SKDM) takvimi göz önünde bulundurularak, ETS (Emisyon Ticaret Sistemi) pilot uygulaması 2024 yılında başlamalı, pilot uygulama dönemi en az 1 yıl olarak tasarlanmalıdır.

Mevcut Durum: AB SKDM uygulama yükümlülükleri 2026-2035 yılları arasında geçerli olacaktır. SKDM'ye tabii sektörler demir-çelik, alüminyum, çimento, gübre ve elektrik sektörleridir. Bu bağlamda, çalışmaları devam eden taslak İklim Kanunu ile birlikte yapılacak alt mevzuatlarla oluşturulacak pilot ETS'nin kapsamının belirlenmesi çalışmalarına devam edilmektedir.

3. **Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan faaliyetler için ETS (Emisyon Ticaret Sistemi) fazları kademeli olarak 5'er yıllık dönemler şeklinde uygulanmalıdır. Kademelendirmeye ilişkin hususlar ise**

her dönemin başlangıcından en az bir yıl önce açıklanmalıdır. Sektörlerin ve işleyişin genişletilmesi, ulusal ve uluslararası iklim politikaları dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

Mevcut Durum: PMR projesi ETS'nin beşer yıllık üç faz şeklinde uygulanmasını ve yalnızca halihazırda emisyonları izlenen sektörlerin dahil edilmesini (İRD sektörleri) önermektedir. Her bir fazda daha yüksek azaltım hedeflerinin belirlenmesi beklenmektedir. 2023 yılı itibariyle başlaması planlanan PMI projesi ile kademelendirmeye ilişkin detaylar çalışılacaktır.

4. **2053 net sıfır hedefi, güncel karbon fiyatları ve SKDM (Sınırda Karbon Düzenlemesi Mekanizması) gözetilerek, kurulacak ETS'de (Emisyon Ticaret Sistemi) karbon kaçağı riski dikkate alınarak sektörlere ilişkin ekonomik, mali, sosyal ve teknik etki analizleri yapılmalıdır.**

Mevcut Durum: Ülkemizin 2013 yılında katıldığı PMR projesi çıktıları gözden geçirilmiş olup, söz konusu proje kapsamında Ülkemiz için petrol rafinerileri, metal, seramik, cam, kimya, çimento ve kireç sektörlerinde yüksek karbon kaçağı riski belirtilmiştir. Bunun yanında güncel karbon fiyatları ile çeşitli sektörler için karbon kaçağı riskinin belirlenmesi çalışmaları devam etmektedir.

5. AB tarafından Sınırda Karbon Düzenlemesi Mekanizması göz önüne alınarak ilgili müktesebatın ülkemizdeki yansımalarına yönelik teknik çalışmalar başlatılmalıdır. Bu kapsamda, akreditasyon ile ilgili çalışmalarda Avrupa Akreditasyon Birliği üyesi ve çok taraflı tanınırlık anlaşmasına taraf Türk Akreditasyon Kurumu'nun (TÜRKAK) mevcut konumunun muhafaza edilmesine yönelik girişimlerde bulunulmalıdır.

Mevcut Durum: Taslak AB SKDM düzenlemesinde ürünlerin karbon içeriğini doğrulayan kuruluşların üye ülkelerin akreditasyon kurumlarından olması gerekliliği yer almaktadır. Ulusal akreditasyon kurumumuz olan TÜRKAK'ın bu konuda AB tarafından diğer her alanda olduğu gibi kabul görmesi önem arz etmektedir.

6. **ETS (Emisyon Ticaret Sistemi) uygulamaları göz önünde bulundurularak ve mevcut vergiler yeniden değerlendirilerek ilgili vergilerin karbon vergisine dönüştürülmesi konusu ele alınmalı, vergi tutarının belirlenmesi amacıyla ekonomik, sosyal ve mali analizler yapmak suretiyle, kurumlar/kuruluşlar arası**

kurulacak ortak bir sistem ile ulusal koşullara uygun yol haritası 2025 yılına kadar oluşturulmalıdır.

Mevcut Durum: Mevcut çevre merkezli vergilerin (MTV, ÖTV, vb.) karbon vergisi olarak değerlendirilmesi konusunda Gelir İdaresi Başkanlığı bir çalışma gerçekleştirecek olup, yol haritası bu çalışma baz alınarak belirlenecektir.

7. Çifte karbon fiyatlandırmalarından kaçınılması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Mevcut Durum: Kurulacak ETS'nin kapsamına girecek sektörler için ilave bir karbon fiyatlama mekanizması (vergi) getirilmemesine yönelik araştırmalar ilgili kurum ve kuruluşların görüşleri doğrultusunda yapılmaktadır.

8. **ETS kapsamında elde edilecek ihale gelirlerinin tamamı Ulusal Katkı Beyanı gözetilerek ve yeşil kalkınma hedefi doğrultusunda düşük karbonlu ekonomiye adil geçişi de güvence altına alacak şekilde kullanılmalıdır. Bahse konu gelirlerin en az %50'si, reel sektörün yeşil dönüşümünü hedefleyen başta modernizasyon ve inovasyon odaklı faaliyetler olmak üzere sera gazı emisyonlarının azaltımına yönelik faaliyetlerinin desteklenmesine aktarılmalıdır.**

Mevcut Durum: PMR projesi çıktılarında gelirlerin sektörlere yeşil dönüşüm için harcanması hususu belirlenmiş olup, bu kapsamda AB ETS mevzuatı incelenmektedir. Ayrıca, ETS kapsamında adil geçişin sağlanması hususunda seçenekler araştırılmaktadır.

9. ETS kapsamında denkleştirme kullanımı için denkleştirme mevzuatı, Paris İklim Anlaşması Madde 6, gönüllü sertifika uygulamaları, diğer ülkelerdeki ulusal denkleştirme uygulamaları ve ulusal gönüllü piyasa koşulları dikkate alınarak 2024 yılına kadar kurgulanmalıdır.

Mevcut Durum: Denkleştirme faaliyetleri ve buna ilişkin mevzuat, Paris Anlaşması Madde 6 ile oluşacak uluslararası karbon piyasalarındaki gelişmeler, Ulusal Katkı Beyanı hedefleri ve ETS amaçları doğrultusunda planlanacaktır.

10. **Ulusal denkleştirme mekanizması için gerekli standardizasyon sisteminin kurulmasında uluslararası standartlar göz önünde bulundurularak fizibilite çalışması yapılmalı, ülkemiz için ulusal sistemin yol haritası oluşturulmalıdır. Fizibilite çalışmasında Türkiye'de gerçekleştirilen projelerin uluslararası**

platformlardaki kayıtları incelenmelidir. Ulusal kayıtların tutulmasına yönelik bir kayıt sistemi geliştirilmelidir.

Mevcut Durum: Ülkemiz uluslararası gönüllü karbon piyasasında çoğunlukla yenilenebilir enerji projeleri ile karbon kredisi ihraç etmektedir. Ancak, bu projelerin ülkemizde kaydı bulunmamakta, uluslararası standardizasyon kuruluşları (Gold, Verra, vb.) tarafından kayıtları tutulmaktadır. Bu nedenle, ulusal kayıtların tutulması önem arz etmektedir. Ayrıca, ETS kapsamında tahsisat yükümlülüklerinin belirli bir kısmının gönüllü karbon piyasalarından kredi satın alınarak yerine getirilmesi seçenekleri de değerlendirilmektedir.

11. **Ülkemiz Ulusal Katkı Beyanı hedefi doğrultusunda Paris İklim Anlaşması 6. Madde kapsamında yer verilecek sektörlerin belirlenmesinde azaltım potansiyeli, marjinal azaltım maliyetlerinin analiz edilmesi neticesinde Madde 6 mekanizmalarından faydalanma hususu değerlendirilerek ulusal pozisyon dokümanı oluşturulmalıdır.**

Mevcut Durum: Paris Anlaşması Madde 6 kapsamında oluşturulacak olan uluslararası karbon piyasasının işleyişine yönelik uluslararası müzakereler takip edilmektedir. İşleyişe yönelik detaylar bu yıl düzenlenecek olan 27.Taraflar Konferansında belirlenecektir. Bu husustaki yol haritasının netleştirilmesi için çalışmalar planlanmaktadır.

5. KAYNAKÇA

Climate Volunteers. (t.y.). Gönüllü Karbon Piyasaları. Erişim adresi http://www.climatevolunteers.com/?page=gonulluPiyasalar#:~:text=G%C3%B6n%C3%BCl%C3%BC%20karbon%20piyasas%C4%B1%20bireylerin%2C%20kurum,kolayla%C5%9Ft%C4%B1rmak%20amac%C4%B1yla%20olu%C5%9Fturulmu%C5%9F%20bir%20pazard%C4%B1r

Council of the European Union. (2022). Regulation of the European Parliment and of the council. Erişim adresi https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7226-2022-INIT/en/pdf

De Perthuis, C., & Trotignon, R. (2014). Governance of CO2 markets: Lessons from the EU ETS. Energy Policy, 75, 100-106. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.033

Dünya Bankası, ICAP. (2016). Uygulamada Emisyon Ticareti: Tasarım ve Uygulama El Kitapçığı. Erişim adresi http://documents.worldbank.org/curated/en/541731484292546048/pdf/108879-TURKISH-PUBLIC-ETSHandbookTurkishFullReport.pdf,16.04.2018

Ellerman, A. D., Marcantonini, C., & Zaklan, A. (2014). The EU ETS: Eight years and counting. Robert Schuman Centre for Advanced Studies Research Paper, (2014/04). https://cadmus.eui.eu/bitstream/handle/1814/29517/RSCAS_2014_04.pdf?sequence=1

Ember. Carbon Pricing: Latest data on EU ETS carbon prices. Erişim adresi https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/

Entegre Çevre Bilgi Sistemi. Erişim adresi https://ecbs.cevre.gov.tr/KullaniciIslemleri/Giris

European Commission. (2015). Decision (EU) 2015/1814 of the European Parliment and of the Council. Erişim adresi https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2015.264.01.0001.01.ENG

European Commission. (2019). Commision Delegated Regulation (EU) 2019/856. Erişim adresi https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0856&from=EN

European Commission. (2019, Aralık). The European Green Deal sets out how to make Europe the first climate-neutral continent by 2050, boosting the economy, improving people's health and quality of life, caring for nature, and leaving no one behind. Erişim adresi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_19_6691

European Commission. (2020). Commision Decision (EU) 2020/1722. Erişim adresi https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020D1722&from=GA

European Commission. (2020). Commision Implementing Regulation (EU) 2020/1001. Erişim adresi https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R1001&from=EN

European Commission. (2021). Carbon leakage. Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/carbon-leakage_en

European Commission. (2021). Proposal for a Regulation of the European Parliment and of the Council. Erişim adresi https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52021PC0564

European Commission. (2021). Questions and Answers - Emissions Trading – Putting a Price on carbon *. Erişim adresi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3542

European Commission. (2021, Haziran). European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions. Erişim adresi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3541

European Commission. (t.y.). A European Green Deal. Erişim adresi https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

European Commission. (t.y.). Development of EU ETS (2005-2020). Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en#ecl-inpage-1016

European Commission. (t.y.). Development of EU ETS (2005-2020). Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en

European Commission. (t.y.). EU Emissions Trading System (EU ETS). Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en#ecl-inpage-686

European Commission. (t.y.). Modernisation Fund. Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/funding-climate-action/modernisation-fund_en

European Commission. (t.y.). NER 300 programme. Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/funding-climate-action/ner-300-programme_en#ecl-inpage-1582

European Commission. (t.y.). Policy development. Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/funding-climate-action/innovation-fund/policy-development_en

European Commission. (t.y.). Social Climate Fund. Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/social-climate-fund_enhttps://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/social-climate-fund_en

European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition. (2021). The EU economic transition challenge: EU Sustainable Finance And Taxonomy Developments: Implications For The Economic Transition And Impacts On Other Policies. Erişim adresi https://ercst.org/wp-content/uploads/2021/12/The-EU-Economic-Transition-Challenge.pdf

European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition. (2021). Article 6 Rule Book: A Post Cop26 Assessment. Erişim adresi https://ercst.org/wp-content/uploads/2021/12/The-EU-Economic-Transition-Challenge.pdf

Ferhan, C. (2018). Türkiye'de Uygulanan ve Gönüllü Karbon Piyasalarında Faaliyette Bulunan

Projelerin Paydaş Katılımı Açısından Değerlendirilmesi. Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi, 3(1), 1-17. https://doi.org/10.30784/epfad.408988

Hepburn, C., Grubb, M., Neuhoff, K., Matthes, F., & Tse, M. (2006). Auctioning of EU ETS phase II allowances: how and why?. Climate Policy, 6(1), 137-160.

Hintermayer, M. (2020). A carbon price floor in the reformed EU ETS: Design matters!. Energy Policy, 147, 111905. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111905

International Carbon Action Partnership. (2021a). Emissions Trading Worldwide: Status Report 2021. Berlin: International Carbon Action Partnership. Erişim adresi https://icapcarbonaction.com/en/icap-status-report-2021

International Carbon Action Partnership. (2021b). EU Emissions Trading System (EU ETS). Erişim adresi https://icapcarbonaction.com/en/?option=com_etsmap&task=export&format=pdf&layout=list&systems%5B%5D=43

International Emissions Trading Association. (2021). Effective Article 6 trading rules could save up to $250 billion/yr for climate action by 2030, study finds. Erişim adresi https://www.ieta.org/page-18192/7895908

International Emissions Trading Association. (t.y.). Emission Trading. Erişim adresi https://www.ieta.org/Emissions-Trading

International Emissions Trading Assosiation. (2019). Offsets: The Basics. Erişim adresi https://www.ieta.org/resources/Resources/101s/Offsets.pdf

International Monetary Fund. (2021, Kasım). Remarks by the Managing Director at the Carbon Pricing Leadership Coalition Meeting at COP26. Erişim adresi https://www.imf.org/en/News/Articles/2021/11/03/sp110221-Georgieva-COP26-Carbon-pricing-leadership-coalition

IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty", [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

İstanbul Politikalar Merkezi. (2021). Türkiye'nin Karbonsuzlaşma Yol Haritası: 2050'de Net Sıfır. Erişim adresi https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20220220-22025433.pdf

Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu. (2003). T.C. Resmî Gazete. (25326, 24 Aralık 2003)

Karbon Piyasalarına Hazırlık Ortaklığı (PMR) Programı "Geleceğin Karbon Piyasaları Şekilleniyor". (t.y.). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Erişim adresi https://pmrturkiye.csb.gov.tr/pmr-programi/

LIFE ETX. (2021). EU ETS 101- A beginner's guide to the EU's Emissions Trading System. Erişim adresi https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2022/03/EU_ETS_101.pdf

Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... & Gomis, M. I. (2021). Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (t.y.). Environmental taxation. Erişim adresi https://www.oecd.org/environment/tools-evaluation/environmentaltaxation.htm

Osorio, S., Tietjen, O., Pahle, M., Pietzcker, R. C., & Edenhofer, O. (2021). Reviewing the Market Stability Reserve in light of more ambitious EU ETS emission targets. Energy Policy, 158, 112530. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112530

Our World in Data. (t.y.). When will countries phase out coal power?Erişim adresi https://ourworldindata.org/grapher/coal-phase-out-timeline?country=FIN~POL~SLE

Paris Anlaşmasının Onaylanmasının Uygun Bulunduğuna Dair Kanun. (2021). T.C. Resmî Gazete (31621, 7 Ekim 2021)

Perino, G. (2018). New EU ETS Phase 4 rules temporarily puncture waterbed. Nature Climate Change, 8(4), 262-264. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0120-2

PMR Türkiye, Türkiye'de Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Süreci. (t.y). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Erişim adresi https://pmrturkiye.csb.gov.tr/turkiyede-sera-gazi-emisyonlarinin-takibi-sureci/

PMR Türkiye. (t.y). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Erişim adresi https://pmrturkiye.csb.gov.tr/pmr-turkiye/

PMR. (2018). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. "Synthesis Report".

Republic of Turkey. Intended Nationally Determined Contribution. Erişim adresi https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Turkey%20First/The_INDC_of_TURKEY_v.15.19.30.pdf

Ricardo, (2020). "Compatibility and interaction analysis report Development of Legal and Institutional

Infrastructure for Piloting an ETS", https://pmrturkiye.csb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/12/Compatibility-and-interaction-analysis-report-1.pdf

Rosendahl, K. E. (2019). EU ETS and the waterbed effect. Nature Climate Change, 9(10), 734-735. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0120-2

Santikarn, M., Churie Kallhauge, A. N., Bozcaga, M. O., Sattler, L., Mccormick, M. S., Ferran Torres, A., & Korthuis, A. (2021). State and trends of carbon pricing 2021. Doi: 10.1596/978-1-4648- 1728-1

Santikarn, M., Churie Kallhauge, A. N., Bozcaga, M. O., Sattler, L., Mccormick, M. S., Ferran Torres, A., & Korthuis, A. (2021). State and trends of carbon pricing 2021.

Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Yetkilendirilmesi Tebliği. (2015). T.C. Resmî Gazete (29314, 2 Nisan 2015)

Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliği. (2017). T.C. Resmî Gazete (30258, 2 Aralık 2017)

Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ. (2014). T.C. Resmî Gazete (29068, 22 Temmuz 2014)

Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ. (2021). T.C. Resmî Gazete (31386, 5 Şubat 2021)

Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik. (2014). T.C. Resmî Gazete (29003, 17 Mayıs 2014)

Stiglitz, J. E., Stern, N., Duan, M., Edenhofer, O., Giraud, G., Heal, G. M., ... & Winkler, H. (2017). Report of the high-level commission on carbon prices. https://doi.org/10.7916/d8-w2nc-4103

Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği. (2021). Karbon Nötr Türkiye Yolunda İlk Adım: Kömürden Çıkış 2030. Erişim adresi https://sefia.org/wp-content/uploads/2021/12/komurden-cikis-2030-min.pdf

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Alman Uluslararası İş birliği Kurumu GIZ. (2015). İzleme ve Raporlama Tebliği İzleme Planı Kılavuzu. Erişim adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/%C3%84%C2%B0zleme%20Plan%C3%84%C2%B1%20K%C3%84%C2%B1lavuzu(3).pdf

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Alman Uluslararası İş birliği Kurumu GIZ. (2015). İzleme ve Raporlama Tebliği Yıllık Emisyon Raporlama Kılavuzu. Erişim adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/Y%C3%84%C2%B1ll%C3%84%C2%B1k%20Emisyon%20Raporlama%20K%C3%84%C2%B1lavuzu.pdf

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Alman Uluslararası İş birliği Kurumu GIZ. (2015). Doğrulama ve Yetkilendirme Tebliği – Doğrulama Kılavuzu. (2016). Erişim adresi https://webdosya.

csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/dogrulama_kilavuzu_web_Final.pdf

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2014). Gönüllü Karbon Piyasaları. Erişim adresi https://iklim.csb.gov.tr/gonullu-karbon-piyasalari-i-4391

The World Bank. (t.y.). Pricing Carbon. Erişim adresi https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon#CarbonPricing

Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı. (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021. Erişim adresi https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf

United Nations Climate Change. (2021). Statement on international public support for the clean energy transition. Erişim adresi https://ukcop26.org/statement-on-international-public-support-for-the-clean-energy-transition/

United Nations Climate Change. (t.y.). COP26 Outcomes: Transparency and Reporting. Erişim adresi https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-glasgow-climate-pact/cop26-outcomes-transparency-and-reporting#eq-1

United Nations Development Programme. (2021). UNDP, Türkiye'nin 2053 yılına kadar net sıfır rotası çizmesine destek veriyor. Erişim adresi https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/presscenter/pressreleases/2021/12/2053-net-sifir.html

Vernon, N., Parry, I., & Black, S. (2021). Still not getting energy prices right: A global and country update of fossil fuel subsidies.

Vivid Economics. (2020). "PMR Türkiye Emisyon Üst Sınırının Belirlenmesi ve Tahsisatların Tahsisi: Kapanış ve Öneriler". T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı https://pmrturkiye.csb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/12/ETS-Ust-Sinir-Kapanis_tr.pdf

World Bank. (2021b). Emissions Trading In Practice. Erişim adresi https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35413

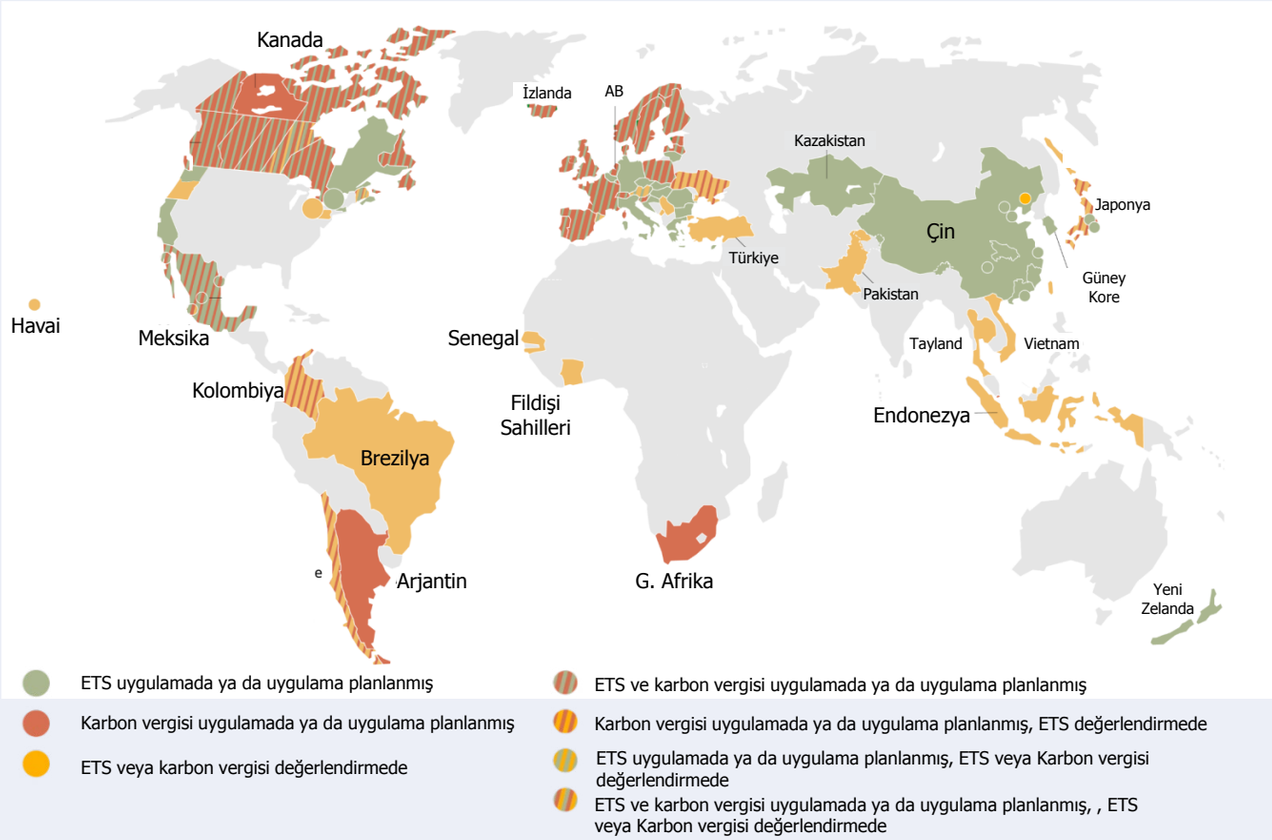
Yeldan, E., Acar, S., & Aşıcı, A. (2020). Ekonomik Göstergeler Merceğinden Yeni İklim Rejimi. TÜSİAD, 114ss. Erişim adresi https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10633-ekonomik-gostergeler-merceginden-yeni-i-klim-rejimi-raporu

Yeşil Mutabakat Eylem Planı. (2021). T.C. Resmî Gazete (31543, 16 Temmuz 2021)

Zaklan, A., Wachsmuth, J., & Duscha, V. (2021). The EU ETS to 2030 and beyond: adjusting the cap in light of the 1.5° C target and current energy policies. Climate Policy, 21(6), 778-791. (1-14). https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1878999

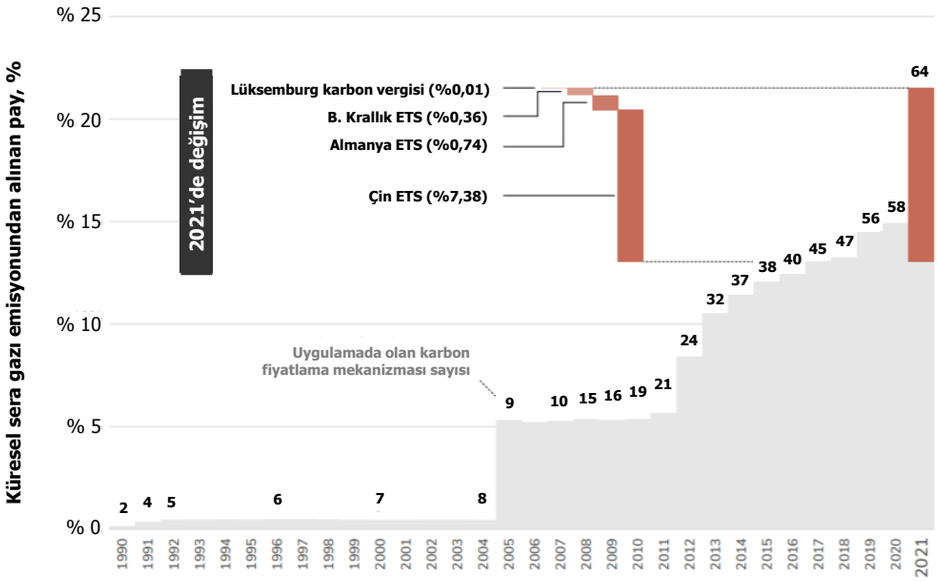
6. EKLER

EK 1: KARBON FİYATLAMA VE ETS HARİTASI



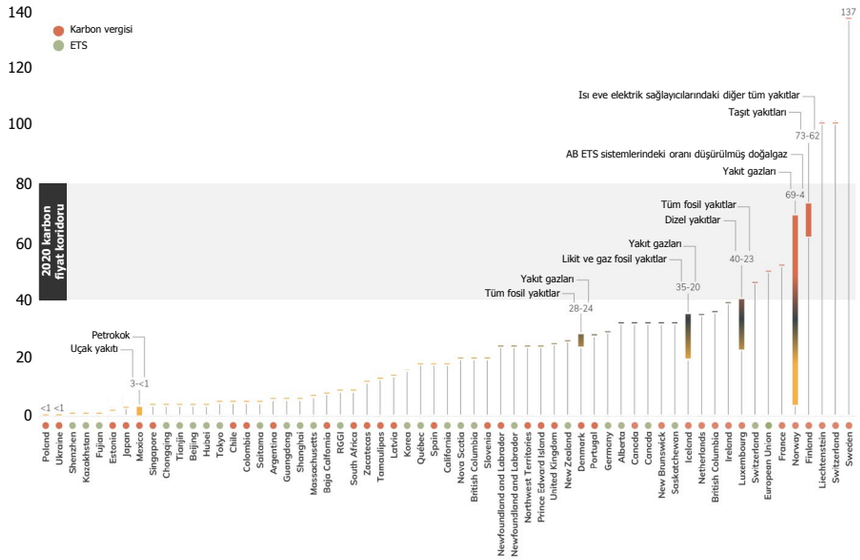
Kaynak: *Dünya Bankası (2021a), s. 22*

KARBON VERGİSİ VE ETS TARAFINDAN KAPSANAN KÜRESEL SERA GAZI EMİSYONLARI



Kaynak: *Dünya Bankası (2021a), s. 23*

KARBON FİYATLARI, 2021



Kaynak: *Dünya Bankası (2021a), s. 26*

EK 2: PRATİKTE ETS UYGULAMASI

Kaynak: *Dünya Bankası (2021b), s. 18*

10 adımda ETS aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Hazırlık: Farklı karbon fiyatlama mekanizmalarının incelenmesi, ekonomik etkisinin ve idari kapasite ihtiyacının belirlenmesi/değerlendirilmesi

2. Paydaş iletişimi: Sistem tasarımıyla ilgili görüş alış-verişi, uygulama için kapasite geliştirilmesi, sahiplik yaratılması ve katılımın artırılması için kamu, özel sektör ve sivil toplum örgütleri ile süreç boyu iletişim

3. Kapsam: ETS'nin hangi kapsamdaki emisyonları içereceğine ilişkin bir çerçevenin oluşturulması. Başlangıç için İRD sistemine dahil olan ya da SKDM kapsamındaki sektörler kapsanabilir ve kapsam daha sonra genişletilebilir.

4. Emisyon üst sınırının belirlenmesi: ETS'nin sağlıklı işleyebilmesi için iddialı bir ulusal emisyon azaltım hedefinin belirlenmesi ve hedefin ETS kapsamına yansıtılması

5. Emisyon tahsisatlarının dağıtılması: Tahsisatların hangi sektörlere hangi mekanizma ile dağıtılacağının belirlenmesi.

6. ETS piyasasının işler hale getirilmesi: piyasanın ve fiyatların oluşumuna ilişkin bir izleme mekanizmasının oluşturulması, müdahale araç ve süreçlerinin belirlenmesi

7. Gözetim ve uyum: Emisyonların raporlanması ve doğrulanması, ETS kayıt sisteminin oluşturulması ve izlenmesi, ceza/yaptırım mekanizmalarının tasarlanması, emisyon izinlerinin takibinin yapılması

8. Dengeleme (Offsets): ETS içerisinde karbon dengelemenin rolüne ve kapsamına ilişkin değerlendirmenin yapılması, dengeleme mekanizmasının tasarımı

9. Bağlantıların kurulması: ETS'nin diğer ETS'lerle, SKDM ile bağlantılandırılması ve Paris Madde 6 kapsamında değerlendirilmesi.

10. Değerlendirme ve İyileştirme: Belirli aralıklarla sistemin performansının değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi.

EK 3: KOMİSYON ÜYELERİ

Karbon Fiyatlama ve ETS Alt Komisyonu - Yürütme Kurulu Üyeleri			
İsim-Soy isim	**Unvan**	**Kurum/Kuruluş**	**Görev**
Mehmet ARABACI	Başkan Yrd.	Hazine ve Maliye Bakanlığı-Gelir İdaresi Başkanlığı	Komisyon Başkanı
Prof. Dr. Güven SAK	Prof. Dr.	TEPAV	Komisyon Başkan Yardımcısı
Eyüp Kaan MORALI	Uzman	İklim Değişikliği Başkanlığı	Koordinatör
Dr. Selin ÖZOKCU	Politika Analisti	TEPAV	Raportör
Bahar Esen ÖZDEMİR	Araştırmacı	TEPAV	Raportör

Karbon Fiyatlama ve ETS - Alt Komisyon Temsilci Üyeler		
No	**Komisyon Üyesi (İsim-Soy isim)**	**Kurum/Kuruluş**
1	Oktay ŞENER	Aksan Hukuk Bürosu
2	Şule KILIÇ	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD)
3	Doç. Dr. Sevil ACAR AYTEKİN	Boğaziçi Üniversitesi
4	Güzhan GÜLAY	Borsa İstanbul
5	Kerem AKSOY	Borsa İstanbul
6	Feyza ELDENİZ	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı
7	Mehmet Tamer ÇOBANOĞLU	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
8	Özgür VARLIK	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
9	Hakkı KARATAŞ	Dış Ekonomik Araştırmalar Kurulu
10	Murat ŞEN	Dışişleri Bakanlığı
11	Burcu ALTINORDU	Dışişleri Bakanlığı AB Başkanlığı
12	Işıl DEĞERLİ	Dışişleri Bakanlığı AB Başkanlığı
13	Etkin ÖZEN	Dünya Bankası
14	Yasemin ÖRÜCÜ	Dünya Bankası
15	Kumru ADANALI	EcoAct Türkiye
16	Ömer DOĞAN	Elektrik Üreticileri Derneği (EÜD)
17	Ümit ÇALIKOĞLU	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
18	Ersoy METİN	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
19	Ömer KIRCALAR	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.(EPİAŞ)
20	Derya ERBAY	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.(EPİAŞ)
21	Taha TAŞDEMİR	Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.(EPİAŞ)
22	Oğuz TOSUN	EnKing International
23	Dr. Onur İLHAN	EYDK
24	Zeren ERİK YAŞAR	Fransız Kalkınma Ajansı (AFD)
25	Ceyda CESUR	Fransız Kalkınma Ajansı (AFD)

Karbon Fiyatlama ve ETS - Alt Komisyon Temsilci Üyeler		
No	**Komisyon Üyesi (İsim-Soy isim)**	**Kurum/Kuruluş**
26	Gediz KAYA	Gaia Climate
27	Seray İMER	Garanti BBVA
28	Ahmet KURT	Gelir İdaresi Başkanlığı
29	Mustafa Cemil KARA	Gelir İdaresi Başkanlığı
30	Esra Erdem ALTINDAL	Gemi İnşa Sanayicileri Birliği
31	Mustafa İNSEL	Gemi İnşa Sanayicileri Birliği
32	İklim ŞAHİN	GIZ
33	M. Kemal DEMİRKOL	GTE Carbon
34	Metin GÜNEŞ	Gübre Üreticileri İthalatçıları ve İhracatçıları Derneği
35	Onur Çağdaş ARTANTAŞ	Hacettepe Üniversitesi
36	Korhan YAZGAN	Hazine ve Maliye Bakanlığı
37	Bekir FENDOĞLU	Hazine ve Maliye Bakanlığı
38	Eren YAVUZ	Hazine ve Maliye Bakanlığı
39	Aydın SARGIN	İklim Değişikliği Başkanlığı
40	Ezgi AKGEDİK	İklim Değişikliği Başkanlığı
41	Mustafa Kemal ARSUNAR	İklim Değişikliği Başkanlığı
42	Okan UĞURLU	İklim Değişikliği Başkanlığı
43	Öykü UYANIK	İklim Değişikliği Başkanlığı
44	Zeynep MEŞE ÇANKAYA	İSDEMİR
45	Prof. Dr. Nurhan YENTÜRK	İstanbul Bilgi Üniversitesi
46	Nesrin ÖZKURT	İstanbul Takas ve Saklama Bankası A.Ş.
47	Mehmet Görkem GÜRBÜZ	KOSGEB
48	Ramazan ASLAN	Life Enerji
49	Gül ÖZCAN	Merkezi Kayıt Kuruluşu
50	Mihrimah KOCABIYIK	MÜSİAD

Karbon Fiyatlama ve ETS - Alt Komisyon Temsilci Üyeler		
No	**Komisyon Üyesi (İsim-Soy isim)**	**Kurum/Kuruluş**
51	Özlem GÜÇLÜER	OSD (Otomotiv Sanayiciler Derneği)
52	Evren TÜRKMENOĞLU	Özel Sektör
53	Tuba DEMİR DOĞAN	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
54	Fatma AKGÜN	Sermaye Piyasası Kurulu
55	Ulaş Güney BİLGİN	Sermaye Piyasası Kurulu
56	Emre ZAİMOĞLU	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
57	Bengisu ÖZENÇ	Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği (SEFİA)
58	Bahar UBAY GÜÇLÜSOY	ŞİŞECAM
59	Erol METİN	TALSAD - Türkiye Alüminyum Sanayiciler Derneği
60	Bahar GÜÇLÜ	Ticaret Bakanlığı
61	Ceren FIRAT	Ticaret Bakanlığı
62	Ezgi YILDIRIMDAL	Ticaret Bakanlığı
63	Nejla TUĞRUL	Ticaret Bakanlığı
64	Deniz DAŞTAN	Türk Hava Yolları (THY)
65	Ahmet Saygın BABAN	TOBB
66	Onur Koray YENİGÜRBÜZ	TSE
67	Mehmet ERGÜN	TSE
68	Canan DERİNÖZ GENÇEL	Türk Çimento
69	Hakan TERZİOĞLU	Türk Müteahhitler Birliği
70	Neslihan ÜNAYDIN	TÜRKAK
71	Furkan AKÇEŞME	TÜRKAK
72	Serpil ÇİMEN	Türkiye Çelik Üreticileri Derneği
73	Nilgün ÖZDEMİR	Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM)
74	Nurşen NUMANOĞLU	TÜSİAD
75	Tuba SEYYAH	UNDP

İKLİM ŞÛRASI UYUM KOMİSYONU FİNAL RAPORU

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği (European Union)
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AK	Avrupa Konseyi
AR	Değerlendirme Raporu (Assessment Report)
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Convention on Climate Change)
ÇAM	Çevre Sağlığı Afet Müdahale
FFGS	Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi
GEF	Küresel Çevre Fonu (Global Environment Facility)
INDC	Niyet Edilen Ulusal Katkı (Intended Nationally Determined Contribution)
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
İDEP	İklim Değişikliği Eylem Planı
MEUS	Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NDC	Ulusal Katkı Beyanı
SED	Sağlık Etki Değerlendirme
SKA	Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (United Nations Development Programme)
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nation Environment Programme)
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change)
YİDEP	Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları

1. GİRİŞ

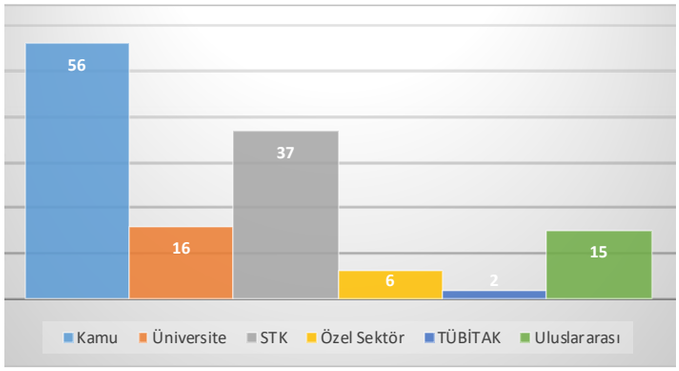
Uluslararası kamuoyunun en önemli gündem maddelerinden biri olan iklim değişikliğinin çevresel, sosyal ve ekonomik sonuçları önem arz etmektedir. İklim değişikliği ile mücadelede iki ana eksen mevcuttur; Sera gazı emisyonlarının azaltımı ve iklim değişikliğine uyum. Uyum ve azaltım eylemleri birbirlerinin alternatifi değil, birbirlerini tamamlayan unsurlardır. Azaltım (mitigation), sera gazı emisyonlarını azaltmak veya sınırlandırmak, uyum (adaptation) ise kırılganlığı azaltarak iklim değişikliğine direnci güçlendirmek ve değişikliğin olumsuz etkilerini asgariye indirmek ve aynı zamanda fayda sağlamak anlamına gelmektedir. İklim değişikliğine uyum, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini öngörmek, bu etkilerin sebep olabileceği zararı önlemek veya asgariye indirmek ve iklim direncini güçlendirmek için ekolojik, sosyal ve ekonomik açıdan uygun önlemleri almak olarak tanımlanmaktadır (UNFCCC, 2011).

Uyum sürecinin çok disiplinli yaklaşımlar içermesi, uyum sürecinin kapsayıcılığı ve başarısını etkileyebilecek önemli faktörlerdendir. Bu çok yönlü bakış açısının uyum sürecinde mevcut durum analizinden, uygulama kararlarının belirlenmesine ve uygulanmasına kadar tüm basamaklarda göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çünkü iklim değişikliğine uyum toplumların ve ekosistemlerin, değişen iklim şartları ile baş edebilmelerine yardımcı olmak için gerçekleştirilen eylemler ve alınan önlemlerdir (IPCC, 2007). Bir diğer deyişle iklim değişikliğine uyum; iklim olaylarının (risklerinin) etkileriyle mücadele etmek, fırsatlardan fayda sağlamak ve etkileri yönetebilmek için stratejilerin güçlendirilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması sürecidir (UNDP, 2005). Bu kapsamda mevcut bilimsel verileri kullanarak; olası etkilere karşı risk ve kırılganlığı azaltmayı, iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkılabilmesi için kapasite geliştirme olanaklarının araştırılmasını ve bu kapasitenin karar ve eylemlere aktarılması uyum eylemleri kapsamındadır (Hepcan, 2021).

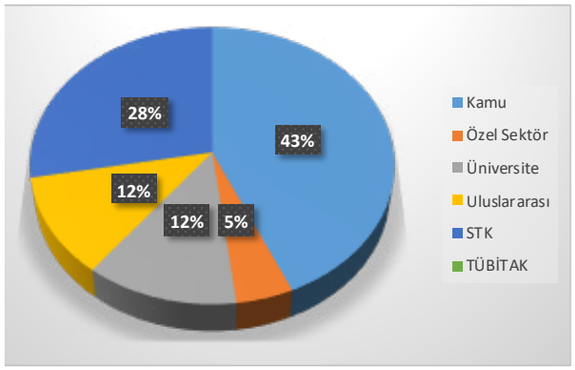
Ülkelerin mevcut durumda sürdürdükleri kalkınma çabaları içinde gerçekleştirdikleri eylemler (yatırım, iyileştirme, destekleme, teşvik, vb. çalışmalar) ile iklim değişikliğine uyum çalışmaları arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Çünkü çoğu uyum önleminin açık ya da kapalı biçimde kalkınma bileşeni bulunmaktadır. Bu nedenle iklim değişikliğine uyum çalışmalarının kalkınma çabalarına dâhil edilmesi gerekmektedir (GIZ, 2014).

1.1. Komisyonun Tanıtımı ve Kapsamına Yönelik Komisyon Genel Çerçevesi

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca düzenlenmiş olan İklim Şûrası kapsamında çalışmaları yürütmek amacıyla yedi komisyon oluşturulmuştur. İklim Değişikliğine Uyum Komisyonu da söz konusu komisyonlardan biridir. Komisyon'da Cumhurbaşkanlığı, Bakanlıklar, kamu kurum ve kuruluşları, uluslararası kuruluşlar, TÜBİTAK, üniversiteler, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları başta olmak üzere tüm paydaşlar değişik sayılardaki temsilcilerle katılım sağlamışlardır. Komisyonda 132 üye yer almıştır. Bu üyelerin kurumsal sayı ve oranları aşağıdaki Grafik 1 ve 2'de yer verilmiştir.



Grafik 1: *Toplantıya kurum ve kuruluşlardan katılan kişi sayıları*



Grafik 2: *Toplantıya katılım sağlayan kurum ve kuruluşlarının dağılımı.*

YÜRÜTME KURULU ÜYELERİ

Komisyon Başkanı	Bilal DİKMEN
Başkan Yardımcısı	Prof. Dr. Erdem GÖRGÜN
Komisyonu Koordinatörü	Doç. Dr. Çiğdem TUĞAÇ
Komisyon Sorumlusu	Emine ÇELEBİOĞLU
Komisyon Sorumlusu	Ömer ÖZTÜRK
Komisyon Sorumlusu	Fatih DEDEOĞLU
Komisyon Sorumlusu	Merve GÜREŞ
Raportör	Fatma POLAT
Raportör	Kadir YILDIZ

Şûra öncesi, Şûra'ya temel oluşturacak konuların tartışılması, politikalar ve öneriler geliştirilmesi hedeflenmiş ve bu çerçevede komisyon dört çevrimiçi toplantı yapmıştır. Bu toplantıların takvimi aşağıda verilmiştir.

İklim Değişikliğine Uyum Komisyonu toplantı takvimi:

- 1. Toplantı: 06.01.2022
- 2. Toplantı: 07.01.2022
- 3. Toplantı: 19.01.2022
- 4. Toplantı: 24.01.2022
- 5. Toplantı: 09.02.2022

Şura öncesinde söz konusu toplantılar belirli bir sistematik çerçevesinde yürütülmüştür. Bu kapsamda birinci ve ikinci toplantılarda; iklim değişikliğine uyumun Türkiye'deki mevcut durumu, sorun ve çözüm alanlarının tespiti konuları müzakere edilmiş, üçüncü ve dördüncü toplantılarda ise politika ve önerilerin tespiti konuları tartışılmıştır. Her toplantı sonrasında komisyon üyeleri toplantıda tartışılan konular hakkındaki görüşlerini ve önerilerini ayrıca yazılı olarak komisyon başkanlığına bildirmişlerdir. Tüm bu çalışmaların sonucunda, raportörlerce hazırlanan toplantı raporları, üyelerin bildirdikleri yazılı görüşleri, komisyon toplantısı öneri formu ve uygulanan anketlerden elde edilen verilerle birleştirilerek üç adet rapor hazırlanmış, bu raporlar tüm üyelere e-posta ile gönderilerek toplantı çıktıları şura öncesi süreçte tüm üyelerle paylaşılmıştır.

Çevrimiçi toplantıların tamamlanması sonrasında İklim Şûrası'ndaki komisyon çalışmalarına temel oluşturacak 20 maddeden oluşan taslak politika önerileri seti oluşturulmuştur. 21-25 Şubat 2022 tarihleri arasında Konya'da yapılan İklim Şûrası'na 79 komisyon üyesi katılmıştır. Şûrada 20 maddeden oluşan taslak politika önerileri seti komisyonun üç günde ve beş ayrı oturumda yapılan oturumlarda müzakere edilmiştir. Bu oturumlar sonunda komisyonun Şûra çalışmalarında politika önerilerinin beş maddesi öncelikli olmak üzere 20 madde olarak belirlenmiş ve taslak politika önerileri Yuvarlak Masa Toplantısına iletilmiştir. Yuvarlak Masa Toplantısında politika önerilerine son şekli verilmiştir.

1.2. Komisyonun Amaç ve Hedefi, Komisyonun Beklenen Çıktıları, Çalışma Alt Konuları

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak, iklim değişikliği kaynaklı riskleri ortadan kaldırmak ve buna yönelik tedbirler almak, risk faktörlerini yönetmek iklim değişikliğine uyum politikalarının ülke politikaları ile bütünleştirilmesine bağlıdır. Bu çerçevede, iklim hassasiyetinin ve kırılganlıkların analiz edilmesi, iklim değişikliğinin ekosistemler ve biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, kuraklık ve çölleşmenin doğal denge üzerindeki etkilerinin tespiti, ormancılık, tarım ve hayvancılık, sağlık, turizm, enerji, sanayi, altyapı ve inşaat, ulaştırma sektörlerinin günümüzdeki görünümü ve gelecekte iklim değişikliğine uyum politikaları ile bütünleştirilmesi bu komisyon çalışmalarının ana çerçevesini teşkil etmektedir.

Bu kapsamda bahsi geçen konularda mevcut durum analizi yapmak ve sorun alanlarını tespit ederek üretilen mevzuat, politika ve eylem önerileriyle İklim Kanunu'na ve güncellenecek ulusal katkı beyanına girdi sağlamak amaçlanmaktadır. Komisyon bu temel amaca bağlı olarak çalışmalarını 14 alt konu başlığı çerçevesinde yürütmüştür. Bu konular:

- Etki ve etkilenebilirlik analizleri (ekonomik, sosyal, çevresel)
- İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi
- Sanayi ve ulaştırmada uyum
- Sürdürülebilir kalkınma
- Uyum için gerekli tarım deseni ve sulama teknikleri
- Hayvancılık, balıkçılık ve gıda güvenliği
- Sürdürülebilir ormancılık ve diğer arazi kullanımı
- Ekosistem hizmetleri, biyoçeşitlilik ve doğa temelli çözümler
- Halk sağlığı ve sağlıklı/dengeli çevrede yaşama hakkı
- Turizm sektöründe uyum
- Enerji güvenliği ve yenilenebilir enerji
- Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı
- Paris Anlaşması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı
- AB İklim Değişikliğine Uyum Politikaları (AB İklim Değişikliği Uyum Stratejisi)

2. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Dünyadaki Durum

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) 2021 yılında yayımlanan azaltım konulu raporunda da ifade edildiği gibi, bugün dünyadaki sera gazı emisyonlarına neden olan tüm faaliyetler durdurulsa bile iklim değişikliği uzun yıllar etkilerini göstermeye devam edecektir. İklim sisteminin tüm bileşenlerinde değişikliklere neden olan ve olmaya devam edecek bu durum, etkilere uyum sağlamanın önemini açıkça göstermektedir. İklim değişikliği sonucu artması, hızlanması ve etki alanını genişletmesi beklenen olumsuz etkilerin doğal süreçleri, ekosistemleri ve hayatı etkileyerek dünya üzerindeki yaşamı olumsuz yönde değiştirmesi artık kaçınılmazdır (IPCC, 2021).

Artan sıcaklıkların bazı bölgelerde ani yağışların fazlalaşması, sellerin sıklaşması ya da diğer bölgelerde yağışların azalması veya yağış takviminin değişmesine sebep olacağı ön görülmektedir. Her iki durumda da tarım alanlarında ve ürünlerde değişiklik yaşanacak, su sorunu büyüyecek, ticari dengeler değişecek ve bu durum tüm ekonomileri etkileyecektir. Fırtına ve kasırga gibi iklim ile ilişkili aşırı hava olayları ile içme suyu sorunu, zarar görmüş ekosistemler ve deniz suyu seviyesi artışları beraberinde göçü hızlandırarak doğal kaynakların adil paylaşımı konusunu tekrar gündeme getirecektir. İklim değişikliğinin neden olduğu meteorolojik ve hidrolojik olaylar sonucu birçok şehir altyapısının yetersiz kaldığı şimdiden görülmektedir (IPCC, 2022).

İklim değişikliği ile mücadele çalışmalarında uyum faaliyetleri tüm dünyada günden güne önem kazanmaya başlamıştır. Paris Anlaşması'yla birlikte uyum sağlama politikalarının emisyon azaltım politikalarına eş değer kazandığı görülmektedir. Paris Anlaşması'nın iklim rejimine getirdiği en önemli yeniliklerden biri iklim değişikliğine uyum sağlamanın politika öncelikleri arasındaki yerinin güçlendirilmesidir. Yeni küresel iklim rejiminde, devletlerin sera gazı emisyon azaltım hedeflerinin yanı sıra, uygulamaları gereken uyum politikalarının yeri oldukça belirginleşmiştir. İklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak aynı zamanda politik, ekonomik, ticari, sosyal, yaşamsal, sosyolojik ve kültürel etkileriyle tüm birey ve toplulukları yakından ilgilendiren toplumsal bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yukarıda da ifade edildiği gibi, iklim değişikliğine uyum; iklim değişikliğinin etkileriyle mücadele etmek ve etkileri yönetebilmek için bu alanda strateji ve politikaların güçlendirilmesi ve uygulanması süreci olarak açıklanabilir. Değişen iklime ayak uydurmak, hem iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak hem de bu etkileri gerektiğinde fırsata dönüştürebilmek demektir. Dolayısıyla uyum sağlamak, birçok karar verme aşamasının bir arada yönlendirilmesine işaret eden dinamik bir süreçtir. Bu süreç; ihtiyaçların, seçeneklerin, maliyetlerin ve risklerin karar vericiler tarafından farklı yönetsel ölçeklerde (ulusal/yerel/bölgesel) ve farklı zaman dilimlerinde bütünleştirilmesini içerir. Bu nedenle de kapsamlı ve koordineli stratejik yaklaşımlara ihtiyaç duymaktadır.

İklim değişikliğine uyum sağlama Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ile kurulan rejimin temel amaçlarından biridir. BMİDÇS kapsamında 2005 yılında Nairobi Çalışma Grubu'nun kurulması ile önemi artan iklim değişikliğine uyum konusu, 2010 yılında Cancun Uyum Çerçevesinin kabulü ve Uyum Komitesi'nin kurulmasıyla birlikte uluslararası iş birliğini teşvik eden güçlü bir yapıya kavuşmuştur.

2015 yılında BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda (Conference of the Parties-COP21) imzalanan Paris Anlaşması ise Madde 7 ile uyum konusunu azaltımla aynı siyasi öneme çekmesiyle tarihi bir dönüm noktası olmuştur.
Aynı yıl benimsenen 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi, uyum konusunda uluslararası amaçların benimsenmesini pekiştirirken, Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi afet risk yönetiminin iklim değişikliği kaynaklı afet riskleri için de kapsayıcı yaklaşım sunmuştur. İklim değişikliğinden kaynaklanan Kayıp ve Zarar (Loss and Damages) konusu Paris Anlaşması kapsamında Madde 8'de uyum ile ilişkisi içinde ele alınmaktadır.

Avrupa Birliği (AB) ölçeğinde ise iklim değişikliğine uyuma yönelik politikaların geliştirilmesine öncülük eden "Avrupa'da İklim Değişikliğine Uyum – AB için Seçenekler" başlıklı Yeşil Kitap'ın 2007 yılında yayınlanmasıdır. Yeşil Kitap Avrupa'nın iklim değişikliği karşısındaki kırılganlıklarına dikkat çekerek uyuma yönelik farklı ölçeklerde politika ve eylem geliştirmenin önemini vurgulamıştır. 2009 yılında yayınlanan "İklim Değişikliğine Uyum: Eyleme yönelik bir Avrupa çerçevesine doğru" başlıklı Beyaz Kitap ile AB uyum stratejisinin çerçevesi kurgulamıştır. 2013 AB Uyum Stratejisi ile AB üye ülkeleri uyum stratejileri geliştirmeye teşvik edilmekte ve uyumun AB'nin politika ve programlarıyla (ör. Çevre Eylem Planı, Ortak Tarım Politikası ve Sağlık Programı) bütünleştirilmesi hedeflenmiştir.

2013 AB Uyum Stratejisi'nin AB'nin 2030 için sera gazı emisyon azaltım hedeflerini artırmayı ve 2050 net-sıfır emisyon vizyonunun yol haritasını ortaya koyan Avrupa Yeşil Mutabakat ışığında daha iddialı olarak 2021 yılında yenilendiği ve AB yeni Uyum Stratejisinin daha hızlı, daha stratejik ve daha akıllı uyum stratejisiyle yayımlandığı görülmektedir (EC, 2021). Yine Avrupa Yeşil Mutabakat kapsamında geliştirilen AB İklim Yasası'nda üye ülkelerin uyum stratejisi geliştirme ve uygulamaları zorunlu kılınmaktadır. Buna ek olarak, "Enerji Birliği ve İklim Eyleminin Yönetişimi hakkında 11 Aralık 2018 tarihli Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 2018/1999 sayılı Yönetmeliği" uyarınca üye ülkeler 2021 yılı ve akabindeki her iki yılda bir, Avrupa Komisyonu'na ulusal iklim değişikliğine uyum stratejileri ve planları ile uyumu kolaylaştırmaya yönelik uygulanan ve planlanan eylemleri hakkında bilgi vermekle yükümlü tutulmuşlardır.

2021 sonu itibariyle AB ülkelerinin hepsi iklim değişikliğine uyum stratejisi veya eylem planı geliştirmiştir. İklim uyum strateji ve eylem planlarının birkaç farklı yaklaşımla geliştirildiği görülmektedir:

(i) Azaltım ve uyum bütünleşik iklim değişikliği strateji ve eylem planları,

(ii) Ayrı uyum strateji ve eylem planı belgeleri

(iii) Uyum stratejilerinin uygulamasını bölgesel veya sektörel uyum eylem planları ile kurgulayan ülkeler bulunmaktadır.

Avrupa ülkelerinin 2013 sonrasında hazırladıkları stratejiler "Uyum Stratejileri Geliştirme Kılavuzu'ndaki ve Climate-ADAPT platformuna da "Uyum Destek Aracı" olarak kurgulanmış olan altı adımı takip etmektedir (Climate-ADAPT, 2022):

1. Uyum için zeminin hazırlanması,
2. Risk ve etkilenebilirliğin değerlendirilmesi,
3. Uyum seçeneklerinin belirlenmesi,
4. Uyum seçeneklerinin değerlendirilmesi,
5. Uygulama
6. İzleme ve değerlendirme.

Bu raporda bu altı adıma dair AB'deki ülkelerdeki deneyimlerin analizlerine yer verilmektedir.

Bu raporda 27 AB üyesi ile İngiltere, İsviçre ve Norveç'ten oluşan 30 Avrupa ülkesinin uyum strateji ve eylem planı belgeleri analiz edilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu temel bulgular şöyledir:

Koordinasyon Yapısı: Avrupa ülkelerinin çoğunda iklim değişikliğine uyum politikalarının koordinasyonundan çevre bakanlıkları sorumludur. 27 AB ülkesi, İngiltere, İsviçre ve Norveç'ten oluşan 30 ülkenin sekizinde uyumdan sorumlu bakanlığın isminde "iklim" vurgusu bulunmaktadır. Bakanlıklar arası yatay koordinasyon yapıları neredeyse tüm ülkelerde görülmektedir. Bu yapıların bir kısmı yerel yönetimler ve özel sektör gibi dış paydaşların katılımını da sağlamaktadır.

Katılımcılık: Avrupa ülkelerinin neredeyse tamamı uyum strateji ve eylem planlarının hazırlanmasında geniş kapsamlı katılımcı süreçler yürütmektedir. Araştırma kurumları ve üniversiteler, özel sektör ve STK'lar bazı ülkelerin koordinasyon yapılarına veya uzman gruplarına dâhil edilerek politika geliştirilme, uygulama ve izleme süreçlerinde aktif rol almaktadır.

Stratejik Amaçların Kurgusu: Avrupa ülkelerinin uyum planı faaliyetlerini AB politikalarının gerekliliğinden çok aşırı hava olayları ve bunlara bağlı hasar maliyetleri tetiklediği, uyum stratejilerinin vizyon ve amaçlarına "risk azaltımı", "dirençlilik artırma" veya "uyum kapasitesini artırma" gibi ifadeler ile yansımaktadır.

Yönlendirici İlkeler: Avrupa ülkeleri stratejilerini sürdürülebilirlikten bilimsel kanıta-dayalı karar vermeye, esneklikten şeffaflığa çeşitli ilkeler belirleyerek bunlar çerçevesinde kurgulamaktadır.

Etki, Etkilenebilirlik ve Risk Analizleri: Etki, etkilenebilirlik ve risk analizleri uyum politikaları için temel yol göstericidir. Hemen hemen her AB ülkesi strateji ve planlarını geliştirirken araştırma kurumları ve üniversitelerin desteğiyle en az bir etki, etkilenebilirlik ve risk analizi yapmıştır. Analitik sürecin yöntemsel yapıtaşları: referans dönem ve mevcut iklim değişkenliği analizi, gelecek iklim değişkenliği (senaryo) analizi, etki analizleri, uyum kapasitesi analizi, etkilenebilirlik analizi ve hasar/kayıp veya eylemsizlik maliyeti analizleridir. AB'de yapılan bu analizlerde biyoçeşitlilik ve ekosistemler, sağlık, tarım, ormancılık, su ve enerji sektörleri öne çıkmaktadır.

Uyum Seçeneklerinin Belirlenmesi: Etki, etkilenebilirlik ve risk analizlerinde öne çıkan biyoçeşitlilik ve ekosistemler, sağlık, tarım, ormancılık, su ve enerji sektörleri strateji ve planlarda tanımlanan çözümlerin de odağını oluşturmaktadır. Uyum çözümleri bilgi üretimine, farkındalık ve kapasite geliştirmeye, yasalar ve mevzuat güncellemesi veya değişikliğine, bütünleştirmeye, finansmana, yönetişime veya yapısal, uygulamaya yönelik olabilmektedir.

Uyum Seçeneklerinin Önceliklendirilmesi: Ülkeler strateji ve eylem planlarını geliştirirken tespit ettikleri uyum seçeneklerini önceliklendirmek için ağırlıklı olarak maliyet-fayda analizi, maliyet-etkinlik analizi ve çok-kriterli analizden yararlanmaktadır.

Uygulama: Uyum politikalarının uygulama süreçleri yönetişim ve kurumsal kapasite, finansman ve izleme değerlendirmeye dair çerçevelerin planlama sürecinde kurgulanmamış olmasından dolayı engellerle karşılaşmaktadır. Dolayısıyla uygulama süreçleri genellikle yavaş ilerlemektedir. Avrupa ülkelerinin çok azı eylemleri için maliyet hesaplaması yapmıştır ve eylemlerin çoğu proje-bazlı olarak kamu kaynaklarıyla finanse edilmektedir.

İzleme ve Değerlendirme: İzleme, raporlama ve değerlendirme sıklıkları ülkelerin plan geçerlilik sürelerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Genellikle raporlamanın yıllık (ör. Estonya) veya 2-3 yıllık (ör. Litvanya ve İspanya) sıklıkta planlandığı görülmektedir. Değerlendirme ise genelde 4-5 yılda bir olarak belirtilmektedir. Plan geçerlilik süreleri ortalama 10 yıl olan ülkelerde hem ilk 4-5 yıl içinde ara-dönem değerlendirmesi hem de plan süresi bitiminde final değerlendirme hedeflenmiştir.

İzleme ve değerlendirmenin etkinliği için doğru göstergelerin belirlenmesi uyum eyleminin geleceği için önem arz etmektedir. Ancak strateji ve planların çoğunda izleme ve değerlendirme göstergeleri bulunmamakta, kurgulanmaları uygulama sürecine bırakılmaktadır. Bu nedenle planların süreçleri sağlıklı takip edilememektedir (Climate-ADAPT, 2022).

2.1.1. Uluslararası Müzakere ve Anlaşmalarda Uyum

Uluslararası iklim müzakereleri kapsamında uyum son on yılda hız kazanmıştır. 1997 yılında imzalanan ve 2005 yılında ancak yürürlüğe girebilen Kyoto Protokolü'nün azaltıma yönelik bağlayıcı olması taraf ülkeler için azaltımı ön plana çıkartmıştır. Buna rağmen, Uyum Fonu (Adaptation Fund) Kyoto Protokolü'ne bağlı olarak 2010'da devreye girmiştir. 2005 yılında Nairobi Çalışma Grubu'nun kurulması ile önemi artan iklim değişikliğine uyum konusu, yine 2010 yılında kabul edilen Cancun Uyum Çerçevesi ve Uyum Komitesi ile uluslararası işbirliğini teşvik eden güçlü bir yapıya kavuşmuştur. 2015 yılında COP21'de imzalanan Paris Anlaşması da Madde 7 ile uyum konusunu azaltımla aynı siyasi öneme çekmeyi amaçlamıştır. Özellikle Madde 7.1 taraf ülkeleri küresel bir uyum hedefine yönlendirmektedir: "İşbu Anlaşma Tarafları uyum kapasitesinin arttırılması, dirençliliğin güçlendirilmesi ve iklim değişikliği karşısında kırılganlığın azaltılması için, sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunma ve Madde 2 kapsamında tanımlanan sıcaklık hedefi açısından uygun bir uyum tedbiri alınmasını sağlamak üzere uyum konusunda küresel bir hedefi belirlemektedirler." (UNFCCC, 2015).

Paris Anlaşması'nın aynı maddesinin 10., 11. ve 12. paragraflarında ülkelerin uyum konusundaki önceliklerini, uygulamaya yönelik ihtiyaçlarını, plan ve eylemlerini BMİDÇS Sekretaryasına düzenli olarak Uyum Bildirimleri şeklinde raporlamaları beklenmektedir (UNFCCC, 2022a). Uyum Bildirimleri'nin çerçevesi Paris Kural Kitabı'nda belirlenmiştir. Uyuma dair amaçlar Paris Anlaşması'ndan önceki süreçte tematik uluslararası protokol ve anlaşmaların kapsamına girmeye başlamıştır. Barselona Sözleşmesi kapsamında 2008 yılında imzalanan "Akdeniz'de Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi Protokolü"nün 2., 5., 8. ve 22. Maddelerinde iklim değişikliğinin kıyı alanlardaki etkilerinin tespit edilmesi, değerlendirilmesi ve azaltılmasına yönelik ifadeler yer almaktadır (UNEP, 2008).

Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi altında 2011 yılında "Aichi Biyoçeşitlilik Hedefleri" kurgulanmıştır. 15. Hedef: "2020 itibariyle, ekosistem dirençliliği ve biyoçeşitliliğin karbon stoklarına katkısı, bozulmuş ekosistemlerin en az %15'inin restorasyonu dahil, restorasyon ve koruma yoluyla artırılmıştır, böylece, iklim değişikliği ile mücadele ve uyum ile çölleşme ile mücadeleye katkı sağlamaktadır" ifadesi ile doğrudan uyum ile ilişkilidir (Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, 2020).

2030 BM Gündemi ve Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA), uyum konusunda uluslararası amaçların benimsenmesini pekiştirmiştir. 2015 yılında, BM üye ülkeleri insanlar ve gezegenin bugünü ve yarını için barış ve refahı amaçlayan 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi'ni kabul etmiştir. Bu gündemin merkezinde Milenyum Kalkınma Amaçlarının deneyiminden geliştirilen 17 Küresel Amaç ve 169 alt hedef belirlenmiştir (UN, 2022). SKA'larndan "13. İklim Eylemi: İklim değişikliği ve etkileri ile mücadele için acilen eyleme geçmek", ülkeleri iklim değişikliği konusunda azaltım ve uyum eylemlerine teşvik etmekte ve bu bağlamda hedefler koymaktadır. Bunun yanı sıra uyuma toplumsal kırılganlıklar için "Amaç 1. Yoksulluğa Son"da; şehirler için "11. Amaç: Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar"da; ekosistemler için "Amaç 14: Sudaki Yaşam" ve "Amaç 15: Karasal Yaşam"da; sektörler için "Amaç 6: Temiz Su ve Sanitasyon," "Amaç 9: Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı," ve "Amaç 12: Sorumlu Üretim ve Tüketim"de değinilmiştir. Doğrudan belirtilmemekle birlikte uyumla ilgili çalışmalarda "Amaç 5: Toplumsal Cinsiyet Eşitliği," "Amaç 10: Eşitsizliklerin Azaltılması," "Amaç 16: Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar" ve "Amaç 17. Amaçlar için Ortaklıklar"ın gözetilmesi gerekmektedir.

Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi afet risk yönetiminin iklim değişikliği kaynaklı afet riskleri için de kapsayıcı yaklaşım sunmuştur. Çerçeve, afet risk yönetim politika ve uygulamalarına kalkınma kazanımlarından ödün vermemeye odaklı yeni bir yaklaşım sunmaktadır (UNDRR, 2015). İklim değişikliğini afet riskini etkileyen dinamiklerden biri olarak değerlendirmekte, dolayısıyla iklim değişikliğine dair vurgular belgenin tamamında geçmektedir (UNDRR, 2015). Afet risklerinin ilgili hükümetler arası süreçlerde anlamlı ve uyumlu bir şekilde azaltılması için bir fırsat olarak değerlendirildiği çerçeve, Paris Anlaşması ve SKA'lar ile birlikte işleyecek göstergelerle desteklenmiştir.

Paris Anlaşması sonrasında uyum eylemini stratejik ve kurumsal olarak destekleyecek çok-paydaşlı yapılar ve girişimler ortaya çıkmıştır.

- Küresel Uyum Merkezi (Global Center on Adaptation-GCA), devletler, özel sektör,

sivil toplum, uluslararası kurumlar ve bilgi üreten enstitülerden oluşan, uyum çözümlerinin geliştirilmesi ve uyum eyleminin hızlanması için kurulmuştur. GCA, 2018'den beri Küresel Uyum Merkezi ve Dünya Kaynakları Enstitüsü tarafından idare edilen ve uyuma yönelik teknoloji, planlama ve yatırım çözümlerinin geliştirilmesini destekleyen çok-paydaşlı bir yapıdır (Global Commission on Adaptation, 2022).

- Talanoa Diyaloğu Platformu, ilk defa COP23'te başlatılmış, Paris Anlaşması sonrasında ülkelerin bildirdiği ulusal niyet beyanlarının hedeflerine ulaşılması için devlet-dışı aktörlerin de kapsayıcılık ve şeffaflık prensiplerinde iklim politikalarına ve eylemine katılımlarını sağlayan bir girişimdir (UNFCCC, 2018).

- Paris Anlaşması hedeflerini ulaşılabilir kılmak adına girişim ve taahhütlerin ilan edildiği 2019 BM İklim Zirvesi'nde uyum ve dirençliliğe yönelik eylemi güçlendirecek de girişimler lanse edilmiştir. 24 ulusal ve bölgesel kalkınma bankasından oluşan Uluslararası Kalkınma Finans Kulübü uyum için 2025'e kadar en az 100 milyon dolar mobilize etmeyi hedeflediklerini açıklamışlardır.

2.1.2. IPCC Raporlarının İklim Değişikliğinin Etkileri, Uyum Süreci ve Kırılganlık Bağlamında Değerlendirilmesi

2014 yılında yayımlanan IPCC 5. Değerlendirme Raporu'nda (AR5) ilk defa %95 kesinlik oranıyla vurgulanan iklim değişikliğinin nedeninin insan faaliyetleri olduğu hususu, Ağustos 2021'de yayımlanan 6. Değerlendirme Raporu (AR6) Çalışma Grubu I Raporu'nda da tekrar ifade edilmiştir. Bu kapsamda çağımızda yaşanan iklim değişikliği "antropojenik (insan kaynaklı)" iklim değişikliği olarak da ifade edilmektedir (IPCC, 2014; 2021; Tuğaç, 2022a). İnsan kaynaklı iklim değişikliği şimdiden dünyanın birçok bölgesinde birçok hava durumunu ve iklim uç noktalarını etkilemektedir. Sıcak hava dalgaları, yoğun yağışlar, kuraklıklar ve tropik siklonlar gibi aşırı uçlarda gözlemlenen değişikliklerin kanıtı ve özellikle bunların insan etkisine atfedilmesi AR5'ten bu yana güçlenmiştir (IPCC, 2021).

2022 yılında IPCC 6. Değerlendirme Raporu Çalışma Grubu II Raporu'na göre, iklim değişikliği her yerde doğayı, insanların yaşamlarını ve altyapıyı etkilemektedir. Tehlikeli ve yaygın etkiler dünyamızın her bölgesinde giderek daha belirgin hale gelmekte, bu etkiler, temel insan ihtiyaçlarını karşılama çabalarını engellemekte ve dünya genelinde sürdürülebilir kalkınmayı tehdit etmektedir. Ekosistemlerden insan uygarlığına kadar dünyadaki tüm yaşam, değişen iklime karşı savunmasızdır. İlk IPCC raporlarından bu yana kanıtlar daha da güçlenmiş olup, küresel ortalama sıcaklıklar artmaktadır. Tehlikeli boyutlarda iklim değişikliği yaşanmakta, aşırı olaylar her yerde doğayı ve insan yaşamını giderek daha fazla etkilemektedir. Bu, okyanusun derinliklerinde ve en yüksek dağların tepesinde görülebildiği gibi şehirlerde ve kırsal alanlarda da görülmektedir. İklim değişikliği etkilerinin kapsamı ve büyüklüğü, önceki değerlendirmelerde tahmin edilenden daha büyüktür. Bu durum doğada ve toplumda ciddi ve yaygın bozulmalara neden olmakta, gıda üretimi veya yeterli temiz içme suyu sağlama yeteneğimizi azaltarak insanların sağlığını ve refahını etkilemekte ve geçim kaynaklarına zarar vermektedir. Özetle, iklim değişikliğinin etkileri milyarlarca insanı farklı şekillerde etkilemektedir (IPCC, 2022).

2014 yılında yayımlanan IPCC 5. Değerlendirme Raporu'ndan bu yana, iklim değişikliğine daha geniş bir etki yelpazesi atfedilebilir. Başka bir deyişle, iklim değişikliğinin bunlara neden olduğuna veya

daha olası hale getirdiğine dair yeni bilgiler vardır. Özellikle artan sıcaklık ve aşırı hava koşulları karadaki ve okyanustaki bitki ve hayvanları kutuplara, daha yüksek rakımlara veya daha derin okyanus sularına doğru itmektedir. Pek çok tür, iklim değişikliğine uyum sağlama yeteneklerinde sınırlara ulaşmakta, uyum sağlayamayan veya yeterince hızlı hareket edemeyen türlerin nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Sonuç olarak, dünyadaki bitki ve hayvanların dağılımı değişmekte, üreme veya çiçeklenme gibi önemli biyolojik olayların zamanlaması değişmektedir. Bu eğilimler ise besin ağlarını etkilemektedir (IPCC, 2022).

Sıcaklık, yağış ve aşırı hava koşullarındaki değişiklikler, vahşi yaşamda, tarımda ve insanlarda hastalıkların sıklığını ve yayılmasını da artırmıştır. Orman yangını mevsiminin uzadığı ve yanan alanlarda artışlar görülmektedir. Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı şu anda, kısmen iklim değişikliği ve sel ve kuraklık gibi aşırı olaylar nedeniyle yılın bir noktasında ciddi su kıtlığı yaşamaktadır. Kuraklık koşulları birçok bölgede daha sık hale gelmiş olup tarımı ve hidroelektrik santrallerden enerji üretimini olumsuz etkilemektedir (IPCC, 2022).

Günümüzde şehirlerde yaşayan insanlar, daha yüksek ısı stresi, orman yangını nedeniyle düşük hava kalitesi, su eksikliği, gıda kıtlığı ve iklim değişikliğinin neden olduğu diğer etkiler ve bunun tedarik zincirleri, ulaşım ağları ve diğer kritik altyapı üzerindeki etkisi ile karşı karşıyadır. Küresel olarak, iklim değişikliği giderek artan bir şekilde yaralanmalara, hastalıklara, yetersiz beslenmeye, fiziksel ve zihinsel sağlığa ve esenliğe yönelik tehditlere ve hatta ölümlere neden olmaktadır. İklim değişikliği sıcak alanları daha da sıcak hale getirmekte ve insanların dışarıda geçirebilecekleri zamanı büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu da bazı açık hava çalışanlarının gerekli saatlerde çalışamayacağı ve dolayısıyla daha az kazanacağı anlamına gelmektedir (IPCC, 2022). İklim değişikliği etkilerinin önümüzdeki süreçte yoğunlaşması beklenmektedir. Aynı zamanda, diğer birçok toplumsal ve çevresel zorlukla etkileşim içinde oldukları da kanıtlanmış bir gerçektir. Artan dünya nüfusu, sürdürülemez tüketim, şehirlerde yaşayan insan sayısının hızla artması, önemli eşitsizlik, devam eden yoksulluk, arazi bozulumu, arazi kullanımı değişikliği nedeniyle biyolojik çeşitlilik kaybı, okyanus kirliliği, aşırı avlanma ve habitat tahribatı ile küresel pandemi bunlar arasındadır (IPCC, 2022).

İnsanlar ve doğanın değişen koşullara uyum sağlaması halinde, iklim değişikliği riskleri ve etkileri sınırlar dâhilinde azaltılabilir. İklim risklerini azaltmaya (adaptasyon) yönelik eylemlerin ölçeği ve kapsamı dünya çapında artmıştır. Farklı toplumsal katmanlar, işletmeler, bireyler ve haneler şimdiden iklim değişikliğine uyum sağlamaktadır. İklim tehlikeleriyle başa çıkmak, insanlar ve ekosistemler için iklim değişikliğinden kaynaklanan riskleri azaltmak istiyorsak, buna uyum sağlamak zorundayız. İklim risklerine ilişkin farkındalık ve bunları azaltmaya yönelik eylemler küresel olarak artmış olmakla birlikte ilerleme eşit değildir. AR6 Çalışma Grubu II Raporu, devam eden çabalar ile mevcut ısınma seviyeleriyle başa çıkmak için gereken uyum arasında, farklı bölgelerde değişen zorluğun ölçeği konusunda büyük boşluklar tanımlamaktadır. Bu boşluklar, örneğin finansman eksikliği, siyasi taahhüt, güvenilir bilgi ve aciliyet duygusundan kaynaklanmaktadır. Bu, en savunmasız insanların ve ekosistemlerin iklim değişikliğinden en fazla etkilenmesine yol açmaktadır. Buna ek olarak, rapor zararı azaltmak için uyumun şart olduğunu, ancak etkili olabilmesi için de uyumun sera gazı emisyonlarında iddialı azalmalarla el ele gitmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır (IPCC, 2022).

IPCC AR 6 Çalışma Grubu II Raporu, Paris Anlaşması'nın ve SKA'ların hedeflerini gerçekleştirmek için doğayı korumak, eski haline getirmek ve aynı zamanda toplumda temel değişikliklerin önemini vurgulamaktadır. Artık küçük, marjinal, reaktif veya artımlı değişikliklerin yeterli olmayacağı açıktır. Rapora göre teknolojik ve ekonomik değişikliklere ek olarak, uyum sınırlarının üstesinden gelmek, dirençlilik oluşturmak, iklim riskini tolere edilebilir seviyelere indirmek, kapsayıcı, eşitlikçi ve adil kalkınmayı garanti etmek ve kimseyi geride bırakmadan toplumsal hedeflere ulaşmak için toplumun birçok alanında değişimler gerekmektedir (IPCC, 2022).

İklim, doğa ve insanlar arasındaki güçlü ve birbirine bağımlı ilişkiler, bu hedeflere ulaşmanın temelidir. Bu, AR6 Çalışma Grubu II Raporu'nda önceki IPCC değerlendirmelerinden daha güçlü bir şekilde vurgulanmaktadır. Artık sağlıklı bir gezegenin dünyadaki insanlar için yaşanabilir bir geleceği güvence altına almak için temel olduğu bilinmektedir. Bu nedenle dünyanın her bölgesinde karar verme ve planlamada iklim, doğa ve yerel toplulukların ihtiyaçlarının birlikte düşünülmesi ve önceliklendirilmesi gerekmektedir (IPCC, 2022).

2.1.3. Paris Anlaşması Süreci ve İklim Değişikliğine Uyuma İlişkin Durum

Paris'te düzenlenen BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. Paris Anlaşması, küresel ve yasal bağlayıcılığı olan bir anlaşmadır. İklim değişikliği ile mücadele ve düşük karbonlu ve sürdürülebilir geleceğe yönelik eylemleri ortaya koyan bu anlaşma tarihsel bir dönüm noktasıdır. Paris Anlaşması ilk kez bütün milletleri tarihi, güncel ve gelecekteki sorumluluklarına dayanan ortak bir hedef etrafında bir araya getirmektedir. Bu evrensel anlaşmanın temel amacı; bu yüzyılda küresel sıcaklık artışını 2°C altında tutmak ve sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üstünde bir artışla sınırlandırabilmek için çaba sarf etmektir. Bu iddialı ve önemli amaca ulaşabilmek için uygun finansal kaynakların devreye sokulması böylelikle, gelişmekte olan ülkeler ile savunmasız ve hassas ülkelerin kendi ulusal hedefleri doğrultusunda daha güçlü eylemlerde bulunmaları hedeflenmektedir (Tuğaç, 2019a; UNFCCC, 2015; UN-HABITAT, 2017).

Anlaşma, üye devletlerin üzerinde anlaşmaya varılan küresel sıcaklık artışını sınırlama hedefini karşılamaları için sağlam bir mimari sağlamaktadır. 4 Kasım 2016'da yürürlüğe giren Anlaşma, ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar, yetenekler ve ulusal koşullar ilkesine dayanmaktadır. Anlaşma, yoksulluğu ortadan kaldırmak ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için diğer öncelikli eylemlerin tanınması yoluyla Sürdürülebilir Kalkınma için Gündem 2030 gibi diğer anlaşmalara dayanmaktadır (UN-HABITAT, 2017).

Paris Anlaşması yerel yönetimlere iklim değişikliği ile mücadelede doğrudan bir atıfta bulunmamakla birlikte Anlaşmada maddeler içinde gömülü olarak yer alan önemli görev ve sorumluluklar vermektedir. Özellikle Anlaşmanın 7. ve 8. maddelerindeki hükümler bu konuda dikkati çeken maddelerdir. Madde 8, COP 21'de kabul edilen Paris Anlaşması'nda yer alan kayıp ve hasarı temel alır. Anlayışı, eylemi ve desteği geliştirmeye yönelik işbirliği ve kolaylaştırma alanları şunları içermektedir:

- Erken uyarı sistemleri ve acil duruma hazırlık;
- Yavaş başlangıçlı olaylar;
- Geri dönüşü olmayan ve kalıcı kayıp ve hasarlar içerebilecek olaylar;

- Kapsamlı risk değerlendirmesi ve yönetimi;
- Risk sigortası tesisleri, iklim risk havuzu ve diğer sigortalar çözümler;
- Ekonomik olmayan kayıplar;
- Toplulukların, geçim kaynaklarının ve ekosistemlerin dayanıklılığı.

Türkiye, Paris Anlaşması'nı, 22 Nisan 2016 tarihinde, New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte imzalamış ve Ulusal Beyanımızda adı geçen Anlaşma'yı gelişmekte olan bir ülke olarak imzaladığımız vurgulanmıştır. Paris Anlaşması 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanı Kararı ile onaylanmış olup, iç hukuk onay süreci tamamlanmıştır. Anlaşma onay belgesi 11 Ekim 2021 tarihinde BM Sekretaryası'na tevdi edilmiştir. Anlaşma 10 Kasım 2022 tarihi itibariyle yürürlüktedir. Ayrıca, ülkemiz için 2053 net sıfır emisyon hedefi ilan edilmiştir.

Paris Anlaşması'nın nasıl uygulanacağına dair hususları içeren Paris Anlaşması Çalışma Programı (Kural Kitabı) 31 Ekim–13 Kasım 2021 tarihlerinde Birleşik Krallık'ın ev sahipliğinde, Glasgow'da düzenlenen COP 26'da tamamlanmıştır. Başka bir deyişle, 2020 sonrası iklim rejimini düzenleyen Paris Anlaşması'na işlevsellik kazandırılmıştır.

Türkiye'nin 2053 net sıfır karbon hedefinin ve yeşil kalkınma politikasının tüm sektörlere yönelik yansımaları olacaktır. Türkiye'nin Paris Anlaşması'na taraf olması, ülkenin sürdürülebilir kalkınma sürecinde mihenk taşı olacağı gibi, ekonomik olarak yeni imkânlar ve yeni fırsatlar sunacaktır. Zira Türkiye'nin Yeşil Kalkınma vizyonuyla Paris Anlaşması'nın örtüşen pek çok yanı vardır. Paris Anlaşması'nın "düşük sera gazı emisyonlu kalkınmanın temin edilmesi ve bunlar gerçekleştirilirken, gıda üretiminin zarar görmemesi" ve "düşük emisyonlu ve iklim dirençli kalkınma yolunda finans akışının istikrarlı hale getirilmesi" yaklaşımları Türkiye'nin Yeşil Kalkınma vizyonu ile örtüşmektedir.

Yeşil ekonomi, sektörleri yeşil enerji, yeşil ulaşım, yeşil tasarım ve inşaat, yeşil tarım, yeşil su ve atık yönetimi ve benzeri gibi yeniden tanımlayarak sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda yeşil enerji ile rüzgâr, güneş, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını, yeşil ulaşım ile yenilenebilir yakıtları, yakıt tasarruflu araçları, elektrikli otomobillerin geliştirilmesini, kamusal ulaşım ve alternatif ulaşım şekillerini geliştirilmek hedeflenmektedir. Yeşil tasarım ve inşaat ile bütünleşik kentsel çevre planlaması, enerji ve su verimliliğinde gelişmeler, yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir ürün, malzeme ve altyapılar; yeşil tarım ile organik tarımın yaygınlaştırılması, tarımsal korumanın sağlanması ve toplum temelli gıda sisteminin oluşturulması; yeşil su ve atık yönetimi ile su ıslahı, atık su ve katı atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü, yağmur suyu toplama sistemlerinin geliştirilip yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Bütün bunlar Türkiye'ye ve bu bağlamda başlangıçta yerel yönetimlere ek maliyetler getirse de önemli sosyo-ekonomik ve çevresel fırsatlar da sunmaktadır.

2.1.4. AB İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi

AB'de iklim politikalarını geliştirmek ve uygulamak Avrupa Komisyonu (AK) İklim Eylemi Genel Müdürlüğü'nün görevidir. 2010 yılında kurulan İklim Eylemi Genel Müdürlüğü AB'nin iklim değişikliğine yönelik çalışmalarını o zamana kadar yürütmekte olan Çevre Genel Müdürlüğü çatısından çıkarılmıştır. Uyumla doğrudan ilgili olan görevleri; iklim politikalarını ve stratejilerini geliştirmek ve uygulamak, AB'nin iklim değişikliğine karşı kırılganlığını azaltmak için diğer politikalarda uyumu yaygınlaştırmak ve uyum çözümlerini teşvik etmektir. Ayrıca azaltım alanında da AB'nin Emisyon Ticaret Sistemini uygulamak, üye ülkelerin ulusal emisyonlarını izlemek ve düşük karbon teknolojilerini teşvik etmekten sorumludur (AK, 2022a).

AB'nin bir uyum politikası geliştirmesi süreci uluslararası iklim müzakerelerinden daha önce başlamasına rağmen azaltım politikalarına kıyasla gecikmeli olmuştur. Kyoto Protokolü, AB ülkelerinde de azaltım hedefleri ve stratejileri geliştirilmesini öncelikli kılmıştır. "Avrupa Birliği'nin İşleyişine İlişkin Antlaşma"nın çevre politikalarını ilgilendiren 191. Maddesi'nde belirtilen hedefler arasına iklim değişikliğiyle mücadele ibaresi eklenmesi ancak 2007 yılındaki 2007 Lizbon Anlaşması'nın güncellemesi sonucunda gerçekleşmiştir (Amanatidis, 2020).

2000 yılında kurulan AB İklim Değişikliği Programı sera gazı emisyonlarını azaltacak politika ve çözümleri tespit etmeyi hedeflemiştir (AK, 2022b). 2005 yılında başlayan İkinci İklim Değişikliği Programı ise ilk defa uyuma dair bir çalışma grubuna yer vermiştir (AK, 2022b). Bu program kapsamında 2007 yılında "Avrupa'da İklim Değişikliğine Uyum – AB için Seçenekler" başlıklı Yeşil Kitap yayınlanmıştır. Yeşil Kitap, Avrupa'nın iklim değişikliği karşısındaki kırılganlıklarına dikkat çekerek uyuma yönelik farklı ölçeklerde politika ve eylem geliştirmenin önemini vurgulayarak AB'de uyumun politika çerçevesine dâhil edilmesinin ilk adımını atmıştır.

2009 yılında yayınlanan "İklim Değişikliğine Uyum: Eyleme yönelik bir Avrupa çerçevesine doğru" başlıklı Beyaz Kitap ile AB uyum stratejisinin çerçevesi kurgulamıştır. Beyaz Kitap, Yeşil Kitap'ın ardından düzenlenen geniş çaplı istişare çalışmaları sonucunda ve Avrupa'da iklim değişikliğinin etkilerinin analiz raporu ile birlikte hazırlanmıştır (AK, 2009a). Beyaz Kitap Avrupa'da bir uyum stratejisinin geliştirilebilmesi için dört alan belirlemiştir:

(i) Uyum için "Takas Merkezi Mekanizması"nın (Clearing House Mechanism) kurulumunu içeren veri tabanının geliştirilmesi,

(ii) Uyumun AB'nin temel politika alanlarıyla bütünleştirilmesi,

(iii) Uyumun verimliliğinin sağlanması için çeşitli politika araçlarının birlikte uygulanması

(iv) Uyum konusunda uluslararası işbirliklerini güçlendirme (AK, 2009b). Her bir alan için 2013 yılında bir uyum stratejisinin adımlarını atan detaylı eylemler tanımlamıştır.

2013 AB Uyum Stratejisi, AB üye ülkeleri uyum stratejileri geliştirmeye ve uyumu AB

politika ve programlarıyla bütünleştirmeye teşvik etmektedir. Avrupa Komisyonu'nun hazırladığı bağlayıcı olmayan strateji üç temel hedeften ve sekiz eylemden oluşmaktadır.

Öncelik 1. Üye ülkelerde uyum eylemlerinin teşvik edilmesi

- Eylem 1. Tüm üye ülkelerin kapsamlı uyum stratejilerini oluşturmalarını desteklemek
- Eylem 2. Avrupa'da uyum kapasitesinin gelişmesini desteklemek ve uyum faaliyetlerini hızlandırmak için LIFE fonu sağlamak
- Eylem 3. AB İklim ve Enerji için Belediye Başkanları Sözleşmesi'ne uyumu dâhil etmek

Öncelik 2. Daha iyi bilgilendirilmiş karar verme süreçlerinin desteklenmesi

- Eylem 4. Bilgi ve veri boşluklarını doldurmak
- Eylem 5. Climate-ADAPT Platformu'nu Avrupa'da uyuma yönelik bilgi için tek-durak (one-stop-shop) olacak şekilde daha da geliştirmek

Öncelik 3. AB eylemlerini iklim-dirençli (climate-proof) kılınması: Hassas sektörlerde uyumun desteklenmesi

- Eylem 6. Ortak Tarım Politikası, Uyum Politikası (Cohesion Policy) ve Ortak Balıkçılık Politikası'nda 'iklim dirençlilik'i bütünleştirmek
- Eylem 7. Altyapıların iklim değişikliğine karşı dirençliliğini sağlamak
- Eylem 8. Dirençli yatırımlar ve iş kararları için sigorta ve finansal ürünlerin teşvik edilmesi

2013 yılı ve sonrasında AB'de uyum diğer strateji ve politikalarla bütünleştirmesi çabaları yoğunlaşmıştır. 2018 yılında yayınlanan değerlendirmeye göre AB'deki iklimsel kırılganlıklar sürmekle birlikte AB Uyum Stratejisi'nde belirlenen hedefler yolunda ilerleme kaydedilmiştir (AK, 2018). Değerlendirme geleceğe yönelik olarak uyumun afet risk yönetimi, halk sağlığı, kıyı alanlar ve Denizcilik ve Balıkçılık Politikası ile ilişkilerinin

güçlendirilmesi; yatırımcı ve sigortacılar için iklim risklerine yönelik araçların geliştirilmesi; uyum için özel sektör finansmanı teşvik edilmesi; ekosistem-bazlı çözümlerin çok-yönlü faydalarının uyum çözümlerinin değerlendirilmesine dâhil edilmesi; yerel ölçekte uyum strateji ve eylemlerinin izleme ve değerlendirmesinin desteklenmesi; iklimsel olaylara karşı sosyal etkilenebilirlik analizlerinin teşvik edilmesi ve azaltım eylemleriyle bağların tüm yönetişim seviyelerinde kurulması önerilerini sunmaktadır.

AB Uyum Stratejisi'nin güncellemesine etkisi olacak iki önemli uluslararası gelişme 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi ve Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi'nin kabul edilmesidir. AB'nin politikaları bu iki uluslararası strateji bağlamındaki taahhütlerini yerine getirmek için yenilenmektedir. Avrupa Komisyonu 2016 yılında tüm AB politikaları için risk-temelli yaklaşıma dair bir eylem planı ve 2017 yılında AB'nin afet yönetimini güçlendirmeye yönelik bildirim hazırlamıştır. AÇA'nın yayınladığı 2020 yılı çevre durum raporunda ise 13. Amaç'ın AB'nin iklim değişikliğine dair politika hedefleri arasında olduğu vurgulanmıştır. 2019 yılının başında ise Komisyon'un yayınladığı "2030'a kadar Sürdürülebilir Avrupa'ya doğru" bildirimi vatandaşlar, üye ülkeler ve ilgili paydaşların 2019-2024 AB Stratejik gündeminin önceliklerini tartışacakları zemini hazırlarken Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nda nasıl ilerlenmesi gerektiğini de kapsama dâhil etmiştir. Bu değişimler AB'nin 2050 vizyonuna şekil vermiştir.

Avrupa Yeşil Mutabakat ile AB için daha iddialı bir yeni uyum stratejisi geliştirilmesi hedeflenmektedir. Avrupa Komisyonu, Yeşil Mutabakat bildirisinde iklim değişikliği kaynaklı streslerin azaltım çabalarına rağmen yaşanacağını vurgulamaktadır. Bu nedenle, uyuma yönelik iklim dirençliliğini güçlendiren ve tüm paydaşların iklim değişikliğini risk yönetim yaklaşımları ile bütünleştirilebilmelerini sağlayan çabaların artırılmasını gerekli görmektedir. Bu kapsamda Yeşil Mutabakatın öncü eylemlerinden biri olarak AB yeni Uyum Stratejisi 2021 yılında yayımlanmıştır. Stratejide daha akıllı, daha hızlı ve daha sistemik uyum hedeflenmiştir. Stratejide, iklimle ilgili riskler ve kayıplar hakkında daha fazla ve daha iyi veri toplanabilmesi için Avrupa uyum bilgi platformu olan Climate-ADAPT'ın geliştirilerek, iklim değişikliğinin sağlık üzerindeki

etkilerini daha iyi izlemek, analiz etmek ve önlemek için özel bir sağlık gözlemevinin de eklenmesine yönelik bir yaklaşım benimsenmiştir. İklim değişikliğinin toplumun tüm seviyelerinde ve ekonominin tüm sektörlerinde etkileri vardır, bu nedenle Strateji'de uyum eylemlerinin sistematik olması gerektiği vurgulanmaktadır. Komisyon, tüm ilgili politika alanlarına iklim direncine ilişkin hususları dâhil etmeye devam edeceğini belirtmiştir. Uyum stratejilerinin ve planlarının daha fazla geliştirilmesini ve uygulanmasını üç kesişen öncelik ile destekleyecektir (EC, 2021):

- Uyumu makro-mali politikaya entegre etmek,
- Uyum için doğaya dayalı çözümler
- Yerel uyum eylemi.

2.1.5. Uyumun Ekonomisi ve Finansmanı

Her yatırımda olduğu gibi, iklim değişikliğine uyum yatırımlarında da finansal sürdürülebilirlik en önemli kriterlerden biridir ve mutlaka sağlanmalıdır. İklim finansmanı, iklim değişikliğini ele alacak azaltma ve uyum eylemlerini desteklemeyi amaçlayan - kamu, özel ve alternatif finansman kaynaklarından sağlanan - yerel, ulusal veya uluslararası finansman anlamına gelmektedir. BMİDÇS, Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması, daha fazla mali kaynağa sahip taraflardan daha az donanımlı ve daha savunmasız olanlara mali yardım çağrısında bulunmaktadır. Bu, ülkelerin iklim değişikliğine katkısının ve onu önleme ve sonuçlarıyla başa çıkma kapasitelerinin büyük ölçüde değiştiğini kabul etmek anlamına gelmektedir. Hem emisyon azaltımı hem de uyum için iklim finansmanına ihtiyaç vardır, olumsuz etkilere uyum sağlamak ve değişen iklimin etkilerini azaltmak için önemli finansal kaynaklara ihtiyaç duyulduğundan, iklim finansmanı uyum için son derece önemlidir.

Tüm hükümetlerin ve paydaşların gelişmekte olan ülkelerin finansal ihtiyaçlarını anlamaları ve değerlendirmeleri gerekmektedir. Bu finansal kaynakların nasıl harekete geçirilebileceğinin belirlenmesi de önemlidir. Kaynakların temin edilirken, uyum ve emisyon azaltma arasında bir denge sağlanmalıdır. Paris Anlaşması mali desteğin şeffaflığına ve öngörülebilirliğine de vurgu yapmaktadır.

BMİDÇS web sitesi, iklim finansmanı sürecini daha iyi anlamak için ve iklim eylemini uygulamak için geliştirilmiş çok yararlı bir platformdur. Gelişmekte olan ülkelerde finanse edilen faaliyetler hakkında bir veri tabanı olarak yardımcı açıklamalar, grafikler ve rakamlar içeren iklim finansmanı veri portalını içermektedir. Finans portalı, her biri Taraflar ve finans kuruluşları tarafından sağlanan bilgileri içeren üç modülden oluşur (UNFCCC, 2022b).

- İlk modül olan "Ulusal İletişim Modülü", BMİDÇS düzenli raporlama bağlamında mali kaynakların sağlanması konusunda katkıda bulunan ülkeler tarafından iletilen bilgileri sunar.

- İkinci modül olan" Hızlı Başlangıç Finansman Modülü", 2010–2012 döneminde yaklaşık 30 milyar ABD doları sağlama taahhütleri bağlamında gelişmiş ülkeler tarafından sağlanan kaynaklar hakkında bilgi içermektedir.

- "Küresel Çevre Fonu (GEF) Tarafından Yönetilen Fonlara" ilişkin üçüncü modül, BMİDÇS sekreteryası ile GEF arasındaki ortak bir çabadır ve Sözleşme'nin mali mekanizmasının çalışan kuruluşlarından biri olarak GEF'in iklim finansmanı akışları hakkında bilgi içerir. . Ayrıca, Uyum Fonu'nun proje ve programları hakkında bilgi finans portalında yer almaktadır. Bu fon, Kyoto Protokolü'ne taraf olan gelişmekte olan ülkelerde somut uyum projelerini ve programlarını finanse etmek için Kyoto Protokolü kapsamında kurulmuştur.

Sonuç olarak, Ülkelerin iklim dostu bir ekonomiye geçiş yapmak ve sürdürülebilir ekonomik büyüme sağlamak için ek kamu ve özel finansman kaynaklarını harekete geçirmeleri gerekmektedir. Uluslararası iklim finansmanı, gelişmekte olan ülkelerdeki yerel kaynakları tamamlayarak, iklime dayanıklı ve düşük karbonlu yatırımları teşvik etmek için bir kaldıraç olarak kullanılmalıdır.

2.2. İklim Değişikliğine Uyum Bağlamında Türkiye'de Yapılan Çalışmalar

Uluslararası sorumluluklar açısından bakıldığında Türkiye, BMİDÇS ve Kyoto Protokolü'ne taraf ve Paris Anlaşmasını onaylamış bir ülke olarak uluslararası taahhütlerinin yerine getirmeye devam etmektedir. Bu çerçevede iklim değişikliği ile mücadele bağlamında iklim değişikliğine uyumu da içeren stratejiler, politikalar ve yönetsel uygulama araçları ile ilgili güncel durumu Ulusal Bildirimler, Ulusal Sera Gazı Envanteri Raporları ve İki Yıllık Raporları ile BMİDÇS Sekretaryasına periyodik aralıklarla iletmektedir. Güncel durumda Türkiye'nin İklim Değişikliği Yedinci Ulusal Bildirimi Aralık 2018 itibariyle BMİDÇS Sekretaryasına sunulmuş olup, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın koordinasyonunda Sekizinci Ulusal Bildirim hazırlık çalışmaları sürmektedir (ÇŞB, 2015).

Türkiye, BMİDÇS Sekretaryasına "Niyet Edilen Ulusal Katkı Beyanı'nı (Intended Nationally Determined Contribution/INDC)" 30 Eylül 20151 itibariyle sunmuştur. Paris Anlaşması'nın kabulü öncesinde sunulan INDC'ler, tüm BMİDÇS Taraflarının yeni iklim rejimini destekleyici mahiyetteki sera gazı emisyonlarını azaltmaya ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamaya dair politikalarını ve somut (rakamsal) hedeflerini içermektedir.

BMİDÇS taraflarının INDC'leri incelendiğinde sadece sayısallaştırılmış sera gazı emisyon azaltım hedefleri değil, aynı zamanda yeni küresel iklim rejimi kapsamında öne çıkan alanlarda iklim değişikliğinin etkilerine karşı uyum planlamaları, kayıp ve zarar için politikalar, iklim dostu teknolojilere geçiş ve finansman politikaları konularında da somut hedefler koyulduğu görülmektedir.

Türkiye'nin INDC belgesinde ulusal iklim değişikliği politikasını destekleyen mevcut stratejiler arasında "Ulusal İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı" yer almamaktadır. Beyanda uyumla dolaylı olarak ilişkilendirilebilecek sektörler tarım ve ormancılıktır. Bu sektörlerde INDC'de belirtilen politikalar doğrudan alıntıyla aşağıda verilmiştir (ÇŞB, 2015):

Tarım:

- Kırsal alanlarda arazi toplulaştırması yoluyla yakıt tasarrufu

- Meraların rehabilite edilmesi
- Suni gübrelerin kullanımının denetlenmesi ve modern tarımsal uygulamaların kullanılması
- Asgari toprak sürme yöntemlerinin desteklenmesi

Ormancılık:

- Yutak alanların artırılması ve arazi bozunumunun önlenmesi
- Ulusal Ağaçlandırma Kampanyası ve Orman Rehabilitasyonu Eylem Planı'nın uygulanması"

BMİDÇS tarafları İki Yıllık Raporları (Biennial Reports) hazırlamakla yükümlüdür. İki Yıllık Raporlar, BMİDÇS'ye Taraf ve EK 1'de listelenen gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyon azaltımı ile azaltım ve uyumu paralel kesen mahiyette yutak alanlarla ilgili verileri ve yönetsel bilgileri içermektedir. Türkiye'nin Birinci, İkinci ve Üçüncü İki Yıllık Raporları BMİDÇS Sekretaryasına sunulmuştur. Dördüncü İki Yıllık Raporun çalışmaları devam etmektedir.

Bununla beraber, Türkiye'nin taraf olduğu bir dizi uluslararası uluslararası/bölgesel anlaşma doğrudan ve dolaylı olarak iklim değişikliğine uyum ile bağlantılıdır. Günümüzde doğa korumaya ilişkin uluslararası antlaşmaların uygulamaları, iklim değişikliği ile mücadele unsurlarıyla birlikte değerlendirilmekte; bu antlaşmalar çerçevesinde uluslararası düzeyde iklim mücadelesi açısından da güçlendirici kararlar alınmaktadır. Türkiye'nin taraf olduğu bu akitler: Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi, Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Hakkında Sözleşme, Avrupa Peyzaj Sözleşmesi, Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma Sözleşmesi, Karadeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunması (Bükreş) Sözleşmesi Avrupa Peyzaj (Floransa) Sözleşmesi, Akdeniz'in Deniz Ortamı ve Kıyı Bölgesinin Korunması (Barselona) Sözleşmesi ve Antarktika Antlaşması- Antarktika Antlaşması Çevre Koruma Madrid Protokolü'dür.

Türkiye'nin taraf olduğu iklim değişikliğiyle doğrudan ve dolaylı ilgili uluslararası anlaşmaların iç hukukta gerekli mevzuat altyapısını oluşturduğu söylenebilir. Türkiye'de

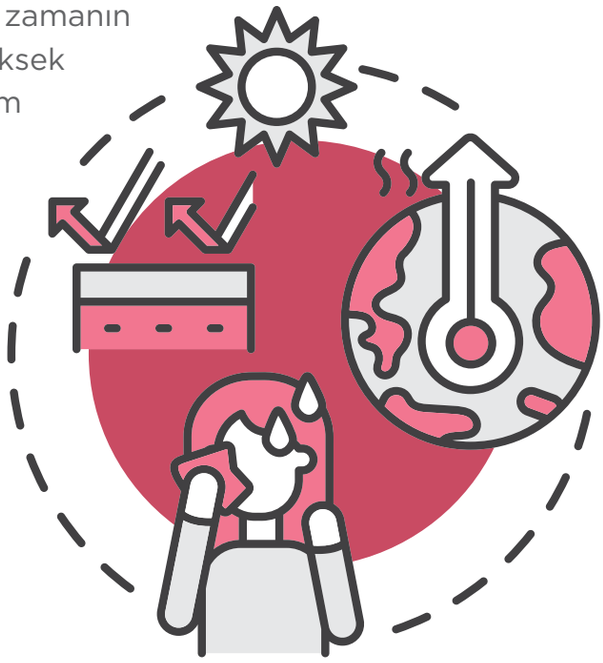
mevzuat, iklim değişikliğini konu edinen ve iklim değişikliğiyle ilgili Taraf olunan uluslararası antlaşmaların gereği olarak bu alandaki mücadeleyi sosyal, ekonomik ve çevresel politikalarında göz önünde tutarak geliştirilmekte olup, yeni düzenlemeler gündemdedir. Ayrıca, uluslararası/bölgesel düzeydeki sorumluluklar çerçevesinde 1999 yılından itibaren Avrupa Birliği'ne aday ülke statüsünde olan Türkiye, AB'nin iklim değişikliği ile mücadele politikalarına uyum sağlamak amacıyla uzun dönemdir yoğun çalışmalar içindedir. Bu çerçevede mevzuatını ve kurumsal yapılarını yenilemekte ve strateji ve politikalarını geliştirmektedir.

2.2.1. İklim Değişikliği ile İlgili Temel Politika Belgeleri

Türkiye'de iklim değişikliği konusundaki çalışmalar, ulusal düzeyde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından koordine edilmektedir. İlgili Bakanlık tarafından uyum çalışmalarına ilişkin veya bunlarla ilişkili hazırlanmış ve yürürlükte olan strateji belgeleri ile eylem planları bulunmaktadır. Bunlar:

- Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi (2010-2023),
- Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı (2011 – 2023),
- Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023)'dır

Türkiye iklim değişikliği stratejisi (2010-2023). İklim değişikliği konusundaki temel politika dokümanı olan Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi/İDES, kamu kurumları, özel sektör temsilcileri, STK'lar ve üniversitelerin katılımı ve etkin bir çalışma süreci içinde hazırlanmış ve Mayıs 2010 tarihinde zamanın Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Yüksek Planlama Kurulu tarafından onaylanmıştır. İklim değişikliği ile mücadele yönünde yapılacaklara dair bir rehber niteliğinde olan Strateji'de, Sözleşme'nin "ortak farklılaştırılmış sorumluluklar" ilkesi çerçevesinde Türkiye'nin ulusal imkânları ve uluslararası finansman ve hibelerin ulaşılabilirliği ölçüsünde gerçekleştireceği azaltım, uyum, finansman ve teknoloji politikaları detaylı bir şekilde yer almıştır.



Türkiye Cumhuriyeti iklim değişikliği eylem planı (2011-2023) (İDEP). Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi ile Dokuzuncu Kalkınma Planı'nın hedefleri doğrultusunda hazırlanması öngörülen İDEP, Türkiye'nin sera gazı salım azaltımı ve iklim değişikliğine uyum politika ve tedbirlerini içermektedir. İDEP temelde iki ana eylem planından oluşmaktadır. Bunlar; Sera Gazı Emisyon Kontrolü Eylem Planı ve İklim Değişikliğine Uyum Eylem Planı'dır. İDEP'te Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi'nde yer alan hedefler için çeşitli alt eylemler yer almış olup, bu faaliyetlerin hayata geçirilebilmesi için sorumlu kurum/kuruluşlar ve zamanlama belirtilmiştir. İDEP; enerji, sanayi, ormancılık, tarım, binalar, ulaştırma, atık ve iklim değişikliğine uyum odak konuları olmak üzere sekiz konu başlığında kısa orta ve uzun vadeli hedefler çerçevesinde detaylı bir teknik içeriğe sahiptir. Bu kapsamda; kurumsal yapılanma ve politika oluşturma, teknoloji geliştirme ve transferi, finansman ve ekonomik araçlar, veri ve bilgi sistemleri, eğitim ve kapasite artırımı alanları ve İDEP'in izleme ve değerlendirme mekanizmalarıyla ilgili eylemler bir araya getirilmiştir.

Türkiye'nin iklim değişikliği uyum stratejisi ve eylem planı (2011-2023). Türkiye'nin iklim değişikliğinin etkilerine uyum kapasitesinin geliştirmesine dair ilk politika dokümanı olan Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı ülke çapında temelde beş konuda etkilenebilirlik alanı belirlemiş ve bu alanlarda son derece kapsamlı hedefler ve eylemler tanımlamıştır. Bu alanlar; i) su kaynakları yönetimi, ii) tarım sektörü ve gıda güvencesi, iii) ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık, iv) doğal afet risk yönetimi ve v) insan sağlığı konularıdır (Talu & Kocaman, 2019).

Bu strateji ve eylem planları Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadelesinde temel politika belgeleri olup yerel düzeydeki uyum çalışmaları da bu çerçevede ele alınmalıdır (ÇŞB, 2016a; 2016b).

2.2.2. Etki ve Etkilenebilirlik/Kırılganlık Analizleri ve Planlama

İklim değişikliğinden her kentler farklı biçimde etkilenmektedir. Günümüzde en temel sorun kentlerin karşı karşıya bulunduğu iklim değişikliği kaynaklı risk ve tehlikelerin doğru bir biçimde tanımlanamamasıdır. Bu bakımdan iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlanması ve afet risklerinin azaltımında kentlerde etki, etkilenebilirlik ve risk değerlendirmelerinin yapılması öncelikli aşamayı oluşturmaktadır. Bu analizler

ışığında kentlerde iklim değişikliğine uyum ve sera gazı azaltımı bağlamında öncelikli eylemleri içeren Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları'nın hazırlanması ve uygulanması da oldukça önemlidir (Tuğaç, 2022b).

İklim değişikliğine uyumdaki ilerlemeyi bölgesel ve küresel olarak değerlendirirken beş sorunun cevaplanması önemlidir. Bunlar:

1. İklim değişikliğinin risklere neden olduğu konusunda bir farkındalık var mı?
2. İklim risklerinin mevcut ve gelecekteki boyutu değerlendiriliyor mu?
3. Bu riskleri azaltmak için uyum önlemleri geliştirildi ve planlamaya dâhil edildi mi?
4. Bu uyum önlemleri uygulanıyor mu?
5. Uygulamaları ve riskleri azaltmadaki etkinlikleri izleniyor ve değerlendiriliyor mu? (IPCC, 2022).

Ulusal ve yerel yönetimlerin yanı sıra şirketler ve sivil toplum, artan uyum ihtiyacını kabul etmektedir. En az 170 ülke ve birçok şehir artık iklim politikalarına ve planlama süreçlerine uyum sağlamaktadır. Farklı sektörlerde pilot projeler ve yerel deneyler uygulanmaktadır (IPCC, 2022). Türkiye'de de iklim değişikliği ile mücadelede bölgesel ve yerel düzeydeki çalışmalar son yıllarda ivme kazanmıştır. Bu çalışmalardan önemli olanlar aşağıda özetlenmiştir.

2.2.3. 11. Kalkınma Planı Doğrultusunda Hazırlanan Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları

BM, SKA'ları temel öncelik olarak benimsemiştir. SKA'nın birçok unsuru, yeşil büyüme ihtiyaçlarını öngören özelliklere sahiptir. Türkiye'de ekonomik büyüme ve iklim gündeminin bir arada ele alınması 11. Kalkınma Planının uygulanmaya başlamasıyla hız kazanmıştır. Yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğinin entegrasyonu, altyapılara yapılacak yatırımlar ve finansman kaynaklarının düşük karbonlu çözümlere doğru kaydırılmasının getireceği makroekonomik faydalar da tartışılmaya başlanmıştır.

11. Planı'nda iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamayla doğrudan/dolaylı ilgili olarak tarım, gıda güvenliği, kırsal kalkınma, afet risk yönetimi, suyun etkin kullanımı, biyolojik çeşitliliğin ve doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımı, ormancılık ve turizm sektörlerinde ve çeşitli tematik alanlarda bir dizi hedef yer almaktadır. Bu hedefler aşağıda (plandaki paragraf numaralarıyla birlikte) belirtilmiştir (SBB, 2019):

"406.5. İklim değişikliği etkileri dikkate alınarak buharlaşma kaynaklı su kayıplarının önlenmesi amacıyla yeraltı su havzaları ve barajlarının oluşturulmasına yönelik çalışmalar yapılacaktır.

410.6. İklim değişikliği ile bağlantılı olarak istilacı türler ve tarımsal patojenlerle mücadeleye yönelik eylem planları hazırlanacaktır.

411.6. İklim değişikliğine uyum sağlamak üzere tarımda ürün deseni değişimi senaryoları oluşturulacaktır.

426.6. İklim değişikliğinin turizm sektörü üzerindeki etkilerinin tespitine yönelik çalışmalar yapılacaktır 714.2. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine uyum sağlama kapasitesini artırmaya yönelik ulusal ve bölgesel uyum stratejilerini içeren planlama, uygulama ve kapasite geliştirme çalışmaları yürütülecektir.

714.3. İklim değişikliğine uyumun sağlanması ve gerekli tedbirlerin alınması amacıyla bölge ve şehir ölçeğinde ihtiyaçlar tespit edilerek çözüm önerileri belirlenecek, başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere 7 Bölgemiz için İklim Değişikliği Eylem Planları hazırlanacaktır.

723.Ülke genelinde iklim değişikliğinin etkilerine ilişkin senaryolar da dikkate alınarak afet tehlike ve risk haritaları hazırlanacaktır." denilmektedir (SBB, 2019). Bu çerçevede Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2020 yılında "Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları" hazırlanmıştır (ÇŞB, 2020). Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları'nda Türkiye'deki yedi coğrafi bölgenin her biri için bölgenin temel özellikleri, iklim ile ilişkili etkiler, iklim değişikliğinin sektörler bazında mevcut ve olası etkileri ile sektörel bazda öncelikli eylemlere yer verilmiştir. Sözü edilen eylem planlarından başka, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı koordinatörlüğünde gerçekleştirilen, Doğa Koruma Merkezi (DKM)'nin teknik danışmanlığında yürütülen, 'Climate Promise' Projesi ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Bu proje çerçevesinde Türkiye için "Sektörel Risk/Etkilenebilirlik Analizleri"ne bağlı olarak "Bölgesel İklim Eylem Planları" hazırlanmaktadır.

CO2
NO2

2.2.4. Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları (YİDEP)

İklim değişikliği konusunda etki ve risklerin yoğun olduğu noktalardaki şehirler, aynı zamanda çözümün önemli bir parçası olabilir. Çünkü şehirler aynı zamanda iklim eylemi için fırsatlar da sağlamaktadır. Sürdürülebilir ve dirençli kent tasarımı ve planlaması, akıllı şehir uygulamaları, doğa temelli çözümler, etkin su yönetimi, kent tarımı uygulamaları, sıfır atık uygulamaları, yeşil ulaşım uygulamalarının tümü daha kapsayıcı ve daha adil bir topluma yol açabilir (UNEP, 2022b).

İklim değişikliğine ilişkin çalışmaların başarısı kentlerde iklim değişikliğine uyum ve sera gazı azatlımı çalışmalarının başarısıyla doğru orantılı olacaktır. Sürdürülebilir bir kente ulaşmak ve o kentte düşük karbonlu ve/veya sıfır karbonlu bir gelişimi yakalamak ve enerji verimliliğini elde etmek ise kentler için yerel çapta farklılık gösteren pek çok unsuru bir arada değerlendirmeyi gerekli kılan zor bir hedeftir. Sürdürülebilir nitelikli kentlere ulaşmanın yolu doğal kaynakların sonsuz olduğunu var sayan ve fosil yakıta dayalı, yenilenebilir enerji kaynaklarını göz ardı eden tutumumuzu değiştirmekten ve kentlerimizi sürdürülebilir nitelikte plan ve tasarımlarla kurgulamaktan geçmektedir (Tuğaç, 2019a; 2019b).

Yalnızca küresel, bölgesel, ulusal ve yerel düzeylerde koordineli bir yaklaşım ve eylemle başarıya ulaşılabilir. Bu nedenle, şehirleri iklim değişikliğiyle mücadelede çözümün ayrılmaz bir parçası haline getirmek çok önemlidir. Birçok şehir, endüstriyel emisyonları sınırlamak için yenilenebilir enerji kaynakları, daha temiz üretim teknikleri ve düzenlemeler veya teşvikler kullanarak zaten çok şey yapıyor. Emisyonların azaltılması aynı zamanda endüstrilerden ve ulaşımdan kaynaklanan yerel kirliliği de azaltacak, böylece kentsel hava kalitesini ve şehir sakinlerinin sağlığını iyileştirecektir (UNEP, 2022).

Şehirleşmeye iklim duyarlı çözümler öneren farklı yaklaşımların temel ilkeleri bir arada değerlendirildiğinde bu ilkelerin bir kısmının bütün dünyada uygulanabilecek genel geçer ilkeler olduğu görülürken, kimi ilkelerin yerele özgü nitelikler gösterdiği görülecektir. Daha sürdürülebilir kentlere ulaşmak için şehir plancıları tarafından sürdürülebilir kentleşme ilkeleri sistemli bir şekilde ele alınmalı ve adapte edilmelidir. Bu ilkeler planlama ölçeğine ve kapsamına göre, planlanacak alanın sorun ve olanaklarına göre uyarlanmalıdır. Sürdürülebilir, enerji etkin ve iklim değişikliğine dayanıklı kentler oluşturulurken tasarım bileşenlerine, kentlerde yer alan tüm kullanım tiplerine bütünleşik bakılmalı asla tek tek değerlendirilmemelidir (Tuğaç, 2019a).

Kentler binalarda, ulaşımda ve sanayi tesislerinde fosil yakıt kullanıldığı için önemli miktarlarda sera gazı salımlarına neden olmaktadır. Ek olarak atıklardan ve yerleşim amacıyla neden olunan arazi kullanım değişiklikleri de sera gazı kaynaklarıdır. Bu nedenle kentlerde alınacak önlemlerle (binaların yalıtılması, toplu ulaşım, atıkların düzenli depolanması, imar düzenlemeleri vb.) sera gazı salımlarını azaltma potansiyeli oldukça yüksektir. Sera gazlarını azaltım olarak adlandırılan bu tür faaliyetlere ek olarak iklim değişikliğinin beklenen etkileri dikkate alınarak uyum çalışmaları yapılması da oldukça önemlidir. Çünkü seller, sıcak hava dalgaları gibi olaylar kentliler için ölümcül dahi olabilmektedir. Kentlerin bu gibi zararlardan daha az etkilenmesi için iklim uyum planlamasına ihtiyaç bulunmaktadır.

İklim uyum planlamasında yerele özgü çözümler geliştirilir. Uyum planlaması için geliştirilen farklı matrisler bulunur. Uyum planlaması etki ve zararların tanımlanması, risk ve kırılganlıkların analiz edilmesi (iklim direncinin ve uyum kapasitesinin belirlenmesi), uyum eylemlerinin tanımlanması (seçeneklerin araştırılması), uyum eylemlerinin değerlendirilmesi (önceliklerin belirlenmesi) ve uyum planının hazırlanması, planın uygulanması (eyleme geçilmesi) ile izleme ve değerlendirme aşamalarını içerir. İklim uyum planlaması bir öğrenme surecidir, zaman ve koşullara bağlı olarak geri besleme ve değişikliklerin yapılmasına olanak sağlayacak esnekliğe sahip olması gerekir (Hepcan, 2021).

Kentlerde iklim değişikliğine uyum bağlamında; sürdürülebilir ve dirençli kent tasarımı ve planlaması; akıllı şehir uygulamaları; doğa temelli çözümler; etkin su yönetimi; kent tarımı uygulamaları; sıfır atık uygulamaları; ulaşımda verimlilik ve yeşil ulaşım uygulamaları; enerji verimliliği; gıda bankacılığı gibi başlıca planlama, strateji ve uygulamalar yerel düzeyde uyum bakımından öne çıkan uyum seçenekleridir (Tuğaç, 2019b).

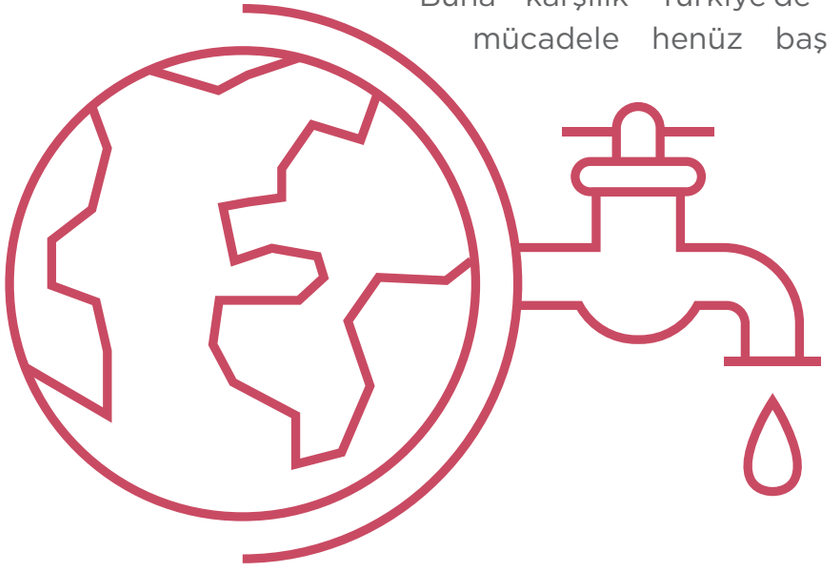
İklim değişikliğine karşı yerel yönetimler öncelikle daha az karbon salımı hedeflemelidir. Bunun için yerel yönetimler öncelikle enerji verimliliğinin desteklemesi, temiz ve yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, sürdürülebilir çevre ve altyapı politikalarının ortaya konulması konularını gündemine almalıdır. Bu çalışmaların sonucunda, yerel yönetimlerin sorumluluğunda olan konut ve iş yerlerinde enerji tüketiminin azaltılmasından, iklim değişikliği konusunda halkı bilgilendirmeye, motorlu taşıtlara alternatif olacak ulaşım politikaları geliştirmeye kadar geniş bir alanı kapsayan bir çalışma programı geliştirilip yürütülmelidir. Ana hedeflerden biri, kent planlaması aracılığıyla enerji tüketiminin asgariye indirgenmesi ve büyük çaplı konut projeleri

ile kentsel dönüşüm projelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının hayata geçirilmesi olmalıdır. Yerel yönetim; merkezi yönetimin dışında, bir topluluğun yerel ve ortak gereksinmelerini karşılamak amacıyla, seçmenlerin karar organlarını doğrudan seçtiği, idari ve mali özerkliğe sahip, kamu tüzel kişiliği olan demokratik bir kuruluştur. Anayasa ve ilgili kanunlara göre yerel yönetimler, il özel idaresi, belediye ve köy idarelerini ifade etmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2014).

Yerel yönetimler, yapıları ve sundukları hizmetler açısından halka en yakın yönetim birimleridir. Küreselleşme sürecinde kamusal hizmetlerin önemli bir kısmının yerel yönetimlere aktarılması bu birimlerin işlevini önemli hale getirmiştir. Yerel ölçekte iklim değişikliği ile mücadele yerel yönetimlerin görev ve sorumlulukları arasındadır.

Yerel yönetimler, afet olduğunda en erişilebilir yönetim otoritesidir. Topluma yakınlıkları göz önüne alındığında, yerel yönetimler, daha yüksek yönetişim yapısındaki kurum ve kuruluşlara göre yerel iklim olaylarına daha hızlı ve daha etkili cevap verme avantajına sahiptir. Yerel yönetimler, doğal afetlere karşı sürekli ve üst düzeyde hazırlıklı olma ve yönetimi sağlama çabalarında, iklim değişikliğinin etkisinin izlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Yerel yönetimler, doğal ve insan yapımı yerel çevre ve yerel toplumun değişen ihtiyaçları ve kapasiteleri hakkında güncel bilgilere sahiptir. Bu bağlamda yerel yönetimler, iklim konusunda merkezi hükümet için hayati ve etkili bir bilgi kaynağı olarak değerlendirilebilir (Commonwealth Secretariat, 2008).

Türkiye'de değişik statülerdeki belediye sayısı 1400'e yaklaşmaktadır. Buna karşılık Türkiye'de yerel ölçekte iklim değişikliği ile mücadele henüz başlangıç aşamasında sayılabilir. Son yıllarda bazı büyükşehir belediyeleri yerel iklim eylem planlarını hazırlamıştır. Bununla birlikte Türkiye'deki özellikle büyükşehir ve il belediyelerinin sayıları dikkate alındığında iklim eylem planı olan belediyelerin sayısının oldukça az olduğu bir gerçektir. Bazı büyükşehir belediyeleri ise bu konuda çalışmalara başlamışlar veya çalışmalarında mesafe kaydetmişlerdir.



2.2.5. Türkiye'de Mevzuatta İklim Değişikliğine Uyum

Ulusal mevzuatta iklim değişikliği konusu, bir bütün olarak tek bir kod kanunda düzenlenmemiştir. İlgili mevzuat ve kurumsal düzenlemeler incelendiğinde, bu düzenlemelerde iklim değişikliğinin azımsanmayacak ölçüde doğrudan ya da dolaylı olarak ele alındığı görülmektedir. İklim değişikliğine uyum sağlamak açısından bakıldığında; doğrudan hükümlerin yer aldığı birincil mevzuat Çevre Kanunu ile Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu'dur. Enerji Verimliliği Kanunu ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanılmasına İlişkin Kanun'da iklim değişikliği doğrudan yer almakla beraber, bu kanunlar emisyon azaltımı ile ilgili hükümler içermekte olup, iklim değişikliğine uyum ile olan bağlar dolaylıdır. Bununla birlikte çeşitli sektörel alanlara dair yürürlükte olan birçok kanun iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamayı destekleyen doğrudan ve dolaylı hükümler içermektedir.

Teşkilat kanunları açısından bakıldığında, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın (AFAD) görev ve yetkilerini düzenleyen hükümlerde iklim değişikliği ifadesi doğrudan yer almaktadır. İklim mevzuatı; bir tek kod kanunla ya da çeşitli kanunlar içerisinde düzenlenmiş olsun, iklim değişikliği konusunun temel bir politika olarak gözetilmesini sağlamanın ötesinde, somut hedefler ve belirlenmiş süreçler, tanımlanmış görev ve sorumluluklar, uygulanabilir, esnek mekanizmalar içerdiği ölçüde anlamlıdır (Kocaman ve Talu, 2019). İklim değişikliği ile mücadelenin Türkiye'de bir kod kanun düzenlemesine konu edilmesi halinde -ki bu konuda güncel çalışmalar yapılmaktadır- söz konusu kanunun temelinde azaltım ve uyumu aynı ağırlıkta ele almak esas olmalıdır. İklim değişikliğiyle mücadelede azaltım ve uyum politikalarına ilişkin ilkelerin, faaliyetlerin ve hedeflerin kod bir kanunla düzenlenmesi, bağlayıcılık ve kararlılık açısından uygulamaya istikrar ve güç kazandırabilecektir. İklim değişikliği konusunun sistemli bir şekilde bir kanunda toparlanması, iklim değişikliğinin çevre sorunları arasında bir sorun olarak görülmekten çıkıp kamu politikalarında stratejik olarak göz önünde tutulması ve dikkate alınması gereken müstakil bir alan olarak değerlendirilmesine vesile olabilecektir. Ancak iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamaya zemin oluşturmuş mevcut mevzuatın işlerliği öncelikli olmalıdır. Faaliyet alanları (sektörel ve/veya tematik alanlar) iklim değişikliğine uyum ile ilgili olan çok sayıdaki kamu kurum ve kuruluşunun mevcut uygulamalarında yaşanan darboğazların çözüm bulmaması halinde yetki karmaşası artacaktır.

Mevzuattaki boşluklar, kısıtlar ve sorunlar açısından bakıldığında; bazı kanunlar ve ikincil düzenlemeler, sera gazı emisyonlarını artırmaya, yutak alanları azaltmaya ve/veya iklim değişikliğine uyumu zorlaştırmaya neden olabilmektedir. Özellikle mali konuları içeren mevzuatta ve çeşitli sektörlere ait düzenlemelerde destek ve teşvik enstrümanlarının iklim değişikliğine uyum sağlamaya yönelik politikalara ve uygulamalara/yatırımlara yoğunlaştırılması önem arz etmektedir. İklim değişikliğinin etkilerine uyum kapsamında, özellikle iklim değişikliğinin neden olduğu meteorolojik afetlerden kaynaklanan mağduriyetlerin giderilmesine yönelik düzenlemelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca turizm, ulaştırma, altyapı, enerji, sanayi, sağlık, sigorta ve inşaat sektörlerinin iklim değişikliğine uyum ihtiyaçları mevzuata yansıtılmalıdır.

2.2.6. Sektörlerde Uyum Faaliyetleri

İklim değişikliğinin etkilerini kategorize ederek uyum faaliyetlerini belirlemek dirençlilik potansiyelini arttıracaktır. İklim değişikliğinin her bir sektöre olan etkileri, kırılganlıkları ve riskleri belirledikten sonra ve bu etkilere uyum eylemlerini belirlemek gereklidir.

Sektörel uyum eylemlerinin belirlenmesi ve uygulanması adımında her bir sektör kendi içerisinde barındırdığı paydaşları dâhil ederek kapsamlı uyum faaliyetleri belirlenmelidir. Bu süreçte sektör temsilcileri, sivil toplum kuruluşları ve kamu kurumlarının bütüncül yaklaşımla ortak çalışmalarda bulunmaları, elde edilecek faydaların boyutunu geliştirecektir.

Sektörel etkilenebilirlik analizi için IPCC tarafından genelleştirilen bazı endeksler olmasına ve genel hatlarıyla etkilenebilirliğin nasıl değerlendirilmesi gerektiğine ilişkin bazı yöntemler önerilmesine karşın, sektörel etkilenebilirlik analizi için dünya çapında kabul görmüş genel geçer bir yöntem bulunmamaktadır. Genellikle gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler IPCC tarafından önerilen yöntemi uygulamaktadır. Diğer taraftan, İspanya, İtalya, Yunanistan, Hollanda, Portekiz gibi bazı Avrupa ülkeleri de IPCC'nin etkilenebilirlik tanımını benimsemişlerdir. (Tanık, 2021).

Türkiye genelinde gerçekleştirilen sektörel etkilenebilirlik çalışmaları incelendiğinde ise iki çalışma ön plana çıkmaktadır. İklim değişikliğinin yüzeysel sular ve yeraltı sularına havza ölçeğindeki etkisinin tespiti ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan "İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İklimSu)" kapsamında, üç pilot havzada (Büyük Menderes, Ceyhan ve Meriç-Ergene) iklim değişikliğinin sektörel etkilenebilirlik analizi havza bazında gerçekleştirilmiştir

Benzeri çalışmaların, bölgesel düzeyde ve ayrıntılı olarak aşağıda sıralanan sektörlerle sınırlı kalmamak koşulu ile etkilenebilirlik analizlerinin hazırlanmaya başlaması gerekmektedir. Bu sektörler;

- İçme ve kullanma suyu
- Tarım
- Sanayi
- Altyapı ve İnşaat
- Turizm
- Ekosistem hizmetleri
- Enerji
- Sağlık
- Göç
- Finans
- Ulaştırma
- Güvenlik

Tüm bu sektörlerin yanı sıra, iklim değişikliği yeni sektörel fırsatları da beraberinde getirerek farklı sektörlerin oluşmasına öncülük edecektir. Bu fırsatların teknolojik ve çevresel AR-GE çalışmaları sektörel uyum faaliyetlerinin başarıya ulaşmasında önemli bir adımdır.

3. TESPİT EDİLEN SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

3.1.Tespit Edilen Sorun Alanları

Komisyon toplantılarında öne çıkan sorun alanları ve ilgili tartışmalar aşağıda belirtilmektedir.

- İklim değişikliğinin sağlık sistemi üzerinde çok farklı açılardan etkileri olacaktır. Ancak sağlık sisteminin iklim değişikliğine uyum sağlayabilmesi için bu etkilerin neler olduğunu gösterebilecek kanıt havuzu boştur. Bazı veri sistemleri mevcut olsa da iklim değişikliği ve sağlık arasındaki ilişkiye dair kanıtları sağlayacak veri setleri oldukça eksiktir.

- İklim değişikliğine uyum konusu tarım, afet yönetimi, enerji, orman sağlığı vb. alanlarda büyük öneme sahiptir ve spesifik eylem planlarına ihtiyaç vardır.

- Tarım ve ormancılık sektörü neredeyse en büyük riskleri barındırmasına rağmen teorik ve pratik bilinçlenme seviyesi yeterli değildir ve iklim uzmanlarına ihtiyaç artmaktadır. Tarımsal ürün arzının sürdürülebilir kılınması için iklim değişikliğinin olası etkilerine karşı orta ve uzun vadeli (2030 ve 2053) tarım politikalarının belirlenmesi gerekmektedir.

- Yüksek sera gazı emisyonlarının da etkisiyle hızlanan iklim değişikliği doğal afetlerin artmasına neden olmaktadır.

- İklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından biri hava kirliliğidir. Buna yönelik önemli bir tehdit, atık depolama alanlarındaki yüksek miktarda salınan metan gazıdır.

- Turizm sektörü iklim değişikliğinden etkilenecek sektörlerin başında gelmektedir, uyum kapasitesinin artırılması amacı ile yeni finansman veya teşvik araçlarının tasarlanması gerekmektedir. Turizm faaliyetlerinden ve tesislerinden kaynaklanan sektörel sera gazı emisyonları dikkate alınmalıdır.

- İklim değişikliğinin farklı toplumsal kesimlere, sınıflara, gruplara ve cinsiyetlere yönelik etkisi farklı düzeylerde gerçekleşmektedir. Ülkemizde iklim değişikliğinin sosyal kalkınma ile ilişkisi yeterince kurulamamış olup, konuya yaklaşımda halen kriz yönetimi anlayışı hâkimdir. İklim değişikliğinin neden olduğu meteorolojik afetler oluştuktan sonra sosyal yardım hizmetlerinin, desteklerin verilmesi risk yönetimi açısından bakıldığında iklime uyum eylemi ile bağdaştırılamamaktadır.

- İklim krizi sebebiyle, kentlerde aşırı sıcaklıklara sebep olan sıcaklık dalgaları meydana gelmektedir. Bu durum toplumun kırılgan kesiminde, özellikle yaşlı insanlarda sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Başta kentler olmak üzere yoğun yerleşim yerlerinde, sıcak hava dalgalarına karşı önlem alınmalıdır.

- İçme suyu ve sulama şebekesi iletim ve dağıtım hatlarında kayıp ve kaçaklar mevcuttur.

- İklim değişikliği neticesinde su potansiyelinde [%20-30] azalma beklenmektedir.

- Tarımsal ürün seçimi politikasında iklim değişikliği projeksiyonları göz önünde bulundurulmamaktadır.

- Atık suyun yeniden kullanımı, geri kazanımı yeterli seviyede değildir.

- Aşırı çekim ve iklim değişikliği gerekçeleriyle yeraltı su seviyeleri düşmektedir

- Kurum/kuruluşların plan, program ve stratejilerinde yer alan faaliyetler iklim değişikliği etkileri göz önünde bulundurularak belirlenmediğinden ve bu eylemler yasal zorunluluk haline getirilemediğinden, uyum faaliyetlerinin hayata geçirilmesinde gecikmeler yaşanmaktadır.

- Ülkemizdeki kurumlarda iklim değişikliğine uyum ile ilgili çalışmalar yetersizdir.

- Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planında yer alan eylemler yeteri kadar uygulanabilir, ölçülebilir ve izlenebilir nitelikte değildir.

- İklim değişikliği, kuraklık, su varlıklarının nicelik ve nitelik olarak korunması bir üst politika haline getirilmemiştir ve kurumlar kendi önceliklerine göre hareket etmektedir. Bu nedenle kamu kurumları ve sektörler arasında iklim politikaları hususunda koordinasyon ihtiyacı vardır.

- İklim değişikliğinin etkileri hususunda farkındalığın yeterince oluşmamış olması gerekli tedbirlerin alınmasını engellemektedir.

- Uyum faaliyetlerinde fayda/maliyet analizlerinin bulunmaması bu faaliyetlerinin önceliklendirilmesinde eksikliklere yol açmaktadır. Personelin kapasite ve sayısının yetersiz olması ise planların hazırlanması ve uygulanmasında aksamalara yol açmaktadır.

- İklim değişikliğinin deniz seviyesi değişimlerine etkisi ve bunun yaratacağı kıyı ve tatlı su kaybının tespit edilememesi; deniz ve kıyı alanları yönetiminde problemlere yol açmaktadır.

- Yetiştirilecek tarım ürünlerinin havzalardaki su potansiyeli dikkate alınmadan seçilmesi; sürdürülebilir su kullanım miktarlarından daha fazla su tüketilmesine ve bu duruma bağlı olarak yeraltı suyu seviyelerinin düşmesine neden olmaktadır.

- Kuraklık, umumi hayata müessir afetler kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir.

- İklim değişikliğinin sucul ekosistemlere ve balıkçılığa etkisinin daha fazla gündeme alınması gerekir. Çünkü iklim değişikliğinden büyük oranda etkilenecek sektörlerden biri balıkçılıktır.

- Tarım sektöründe, endüstriyel işletmelerle küçük işletmelerin bir arada değerlendirilmemesi gerekmektedir. Özellikle aile işletmelerinde kadının rolü ve hakları tartışmasına öncelik verilmelidir.

- Afet yönetimi koordinasyonu büyük önem teşkil etmektedir. Afet yönetimi, kriz yönetimi değil risk yönetimi çatısı altında düşünülmelidir.

- Erken uyarı sistemine yönelik AR-GE çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bununla beraber meteorolojik okur-yazarlığın artırılması büyük önem taşımaktadır.

- Tarımsal Meteorolojik veri tabanına ve hem teknik hem de insan kaynağı altyapısına ihtiyaç vardır. Bir sektörde yapılan değişiklik onunla ilişkili başka sektörleri de büyük oranda etkileyebileceği için sektörel etkilerin iyi saptanması gerekmektedir.

- Sağlık sektörü, meteorolojik verileri okumada yetersiz kalmaktadır. Ayrıca Sağlık Bakanlığı ve sağlık sektörü uzmanlarının İklim Değişikliğinin sağlık sektörüne etkilerini incelemesi gerekmektedir. İklime duyarlı hastalıklarla ilgili özel bir listeleme yapılmalı ve bu hastalıkların izlemesi sağlanmalıdır.

- Sağlık sektöründe uyum süreciyle ilgili bilinçlenmeye yönelik eğitmenlerin eğitilmesi vurgulanmalıdır.

- İnsan kaynağının dönüşümü bu komisyonun çalışma başlıkları içinde yer almalıdır. Mesleklerin uyumu, iklim değişikliği neticesinde gelecekte kaybolacak veya yeni oluşacak meslekler gibi konular ihmal edilmemelidir.

- Sorun alanları belirlenirken sektörel olarak bir sınıflandırma/gruplandırma yapılmalıdır.

- Uyum ve azaltımın birbirine karıştırılmaması için uyum ve azaltım eylemleri arasındaki fark belirginleştirilmelidir.

- Hükümetin ulusal ve alt ulusal seviyelerde bağlantılar kurması ve geniş bir paydaş yelpazesiyle işbirliği ve katılım oluşturması önemlidir. Uyum yönetişimindeki kurumsal boyutlar, planlamadan uyumun uygulanmasına geçişi teşvik etmede kilit bir rol oynamaktadır.

- Orta ve uzun vadeli uyum planları ile acil kısa vadeli konuların zaman skalasındaki farklılık, uyumun önceliklendirilmesinde önemli bir sorun teşkil etmektedir.

- Gıda güvenliği, karasal ekosistemler ve su kaynakları sektörlerinde iklim değişikliği uyum çalışmalarının kalkınma planları ile uyumlu olması gerekmektedir.

- Hayvancılık işletmelerinin kapasite ve verim yönlerine göre iklime uyumlarına yönelik mevzuatlar oluşturulmalıdır.

- Tarımda suyun etkin kullanılmaması önemli bir sorun arz etmektedir.

- İklim değişikliğine uyum sürecinde risk ve fırsatların belirlenmesinde yakın ve uzak çevre analizleri dikkate alınmalıdır. Sektör bazında bu analizlerin yapılması gerekmektedir.

- Kurumlar arası çalışmalar için önceliklendirme yapılmalı ve bu önceliklendirme derinleştirilmelidir.

- Şehirlerin dayanıklılığı iklim değişikliğine uyum sürecinde önemli bir yer tutmaktadır. Şehirlerin dayanıklılığı şehirler özelinde ele alınmalıdır.

- Kamu yönetimi aktörleri arasında kolektif çalışma eksikliği bulunmaktadır ve bu durum uyum sürecinde başarının sağlanabilmesi için giderilmelidir.

- Stratejik hedeflerin belirlenmesinde iklim değişikliği sürecinde ortaya çıkacak fırsatlar değerlendirilmelidir. Bu durum yeşil kalkınma modelleri için de önemli bir sorundur.

- Tarım ürünlerinin seçilmesi aşamasında su potansiyeline dikkat edilmeli; çiftçilerin yaşayacağı gelir kaybı kompanse edilerek ürün planlaması yapılmalıdır.

- Türkiye'de iklim değişikliğine uyum süreci çalışmalarında sosyal kalkınma çalışmaları da yer almalıdır.

- İklim değişikliği sürecinde sanayi için tedarik zinciri çalışmalarına nasıl bakılacağı önemli bir sorundur.

- Uyum stratejileri ve hedefleri ile birlikte tüm iklim değişikliği çalışmalarında terminolojik olarak ortak terim bütünlüğü olmaması sorun yaratabilir.

- Tarım sektörü ile ilgili mevzuatların iklim değişikliğine uyum ile ilişkisinin bilinmemesi ve geleceğe yönelik projeksiyonların olmaması önemli bir sorun teşkil etmektedir.

- Balıkçılık sektörü iklim değişikliğine bağlı olarak kırılganlıkları artacak olan bir sektördür. Sektörün uyum sürecinde tüm riskleri ve etkilerinin göz önünde bulundurularak planlanması gerekmektedir.

3.2. Çözüm Önerileri

Komisyon toplantılarında öne çıkan sorun alanlarına ilişkin çözüm önerileri aşağıda belirtilmiştir.

- Bölgesel ölçekte iklim değişikliğine uyum eylem politika planlaması çalışmaları hızlandırılmalıdır. Bu çerçevede öncelikli sektör ve tematik alanlar önceliklendirilerek çalışılmalıdır. Örneğin, su yönetimi, tarım sektörü ve gıda güvenliği, ekosistem ve biyolojik çeşitliliği korumak gibi. Bu planlar mevcut havza ve bölge ölçeğindeki planlarla entegre olmalıdır (Havza koruma eylem planları, taşkın ve kuraklık yönetim planları, yukarı havza sel kontrolü eylem planları, baraj havzaları yeşil kuşak eylem planları vd.).

- Muhtemel İklim Kanunu taslağında, iklim değişikliğine uyum finansman akışını, Türkiye'de topyekûn tüm politika alanları için -ilgili sektör ve tematik alanlar kapsamında- uygun hale getirecek işaretleri vermelidir; Türkiye İklime Uyum Fonu kurulması gibi. Ayrıca Kanunun iklim değişikliğinin etkilerine uyum konularıyla ilgili yaptırımları ve cezai müeyyideleri içeren hükümleri olmalıdır. Bu hususlar gelecekte karşılaşacağımız iklim davalarına -ki bunlar toplumun sorgulamasında yasal araçlardır- konu olabilecektir.

- İklim değişikliği ile mücadelede bilimsel araştırmaların yapılacağı, politikaların belirleneceği ve takip edileceği "Ulusal İklim Değişikliği Araştırma Merkezi" en kısa zamanda hayata geçirilmelidir. Merkezin faaliyetleri çerçevesinde, iklim değişikliğine sektörel uyum için ihtiyaç duyulan bilimsel araştırmalar stratejik bir çerçeve çizilerek belirlenmeli ve önceliklendirilmelidir (Tarım sektörünün iklime dayanıklılığı, kentlerde iklim afetlerinin risk yönetimi vb.) .

- Görev ve yetkileri kapsamında iklim değişikliğinin etkilerine uyum ile ilgili doğrudan ve/veya dolaylı faaliyet gösteren bakanlıkların düzenledikleri şuraların konu ile ilgili kararları İklim Şurası kararlarıyla örtüşmelidir. Bu şuralardan güncel olanları 1. Su Şurası 3. Tarım Orman Şurası ve Şehircilik Şurası

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, sıcak hava dalgalarına yönelik halkı bilgilendirmek için uyarı sistemi kurabilir. Belediyeler ve/veya valilikler sıcak hava dalgası sırasında toplanma alanları belirlemelidir. Bunlar soğutma sistemli spor salonu veya AVM

ve ağaçlık veya bostan gibi yeşil alanlar olabilir. Sıcak hava dalgalarının kentte üzerindeki etkisinin azaltılması için sokaklarda ağaçlandırma, beton yüzeylerin azaltılması veya kaplanması gibi önleyici pratikler uygulanmalıdır.

- İklim değişikliği sebebiyle gıdaya ulaşım konusunda yaşanan sorunlara çözüm olması adına kentlerde ve mahallelerde bostanlar, ekim dikim alanları açılmalıdır. Vatandaşların mümkün olduğu kadar kendi gıdalarını üretmeleri teşvik edilmelidir. Muhtarlara bu konuda eğitim ve atalık tohum desteği verilmelidir. Senelik raporlama istenilmelidir. Vatandaşların sağlıklı gıdaya ulaşımı için organize olması teşvik edilmelidir. Üretici ile toplu ürün alımı için tüm yasal kolaylaştırmalar ve teşvik edici tanıtımlar yapılmalıdır.

- İklim değişikliğine uyum eylemi birçok alanda yeni nesil IT ekiplerine ihtiyaç duymaktadır. İklim değişikliğine uyum uygulamaları dijital dönüşüm (iklime dayanıklı akıllı kentsel altyapı sistemleri gibi) gerektirmektedir.

- Doğal ekosistemler yüksek turizm potansiyeline sahiptir. Bu nedenle kuş gözlemciliği, botanik turizmi, yürüyüş, dağcılık vb. rekreasyonel turizm potansiyeline sahip kara ve su ekosistemlerinin korunması, bu alanlarda yapılacak tesislerde ekolojik ayak izinin azaltılması ve doğa temelli yaklaşımların belirlenmesi gibi ekosistemlerin yaşanabilirliğini artıracak adımlar atılmalıdır.

- 1 No'lu Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 97/d ve 102/a maddelerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığına verilen görevler, 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 5 ve 8/b maddeleri ve Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği çerçevesinde ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği yapmak suretiyle ekonomik, sosyal politikalar ve çevre politikaları ile stratejilerini mekânla ilişkilendirerek fiziki gelişmeyi ve sektörel kararları yönlendiren Türkiye Mekânsal Strateji Planı (Türkiye MSP) İstanbul Teknik Üniversitesi'nin (İTÜ) danışmanlığında hazırlanmaktadır. Türkiye MSP (2053) Taslağında 10 adet stratejik hedef bulunmakta olup iklim değişikliğine uyum stratejik hedefi başta olmak üzere karbonsuz hareketlilik, ekonomik rekabet ve temiz üretim, afet risklerine karşı dayanıklılık, ekolojik denge gibi pek çok başlık altında iklim değişikliği ile ilgili strateji ve eylemler oluşturulmuş olup, bu eylemler dikkate alınmalıdır.

- IPCC'nin "Etki, Uyum ve Etkilenebilirlik" çalışma grubuna ait 6. Değerlendirme Raporu ışığında ülkemiz ölçeğinde bir iklim değişikliğine uyum raporu oluşturulabilir.

- Tarımsal üretim sistemlerinin iklim değişikliğine uyarlanmasında, uyarlama yöntemlerinin belirlenmesi en temel adımdır. Bu süreçte iki yöntem öne çıkmaktadır; yerel bilgi ve deneyimlerle oluşturulan kısa vadeli uyum stratejileri, bir diğeri ise uzun vadeli, ulusal veya uluslararası uygulanan ve kurumların ortak hareket etmesini gerektiren uyum stratejileridir.

- Tarım sektöründe uyum stratejileri belirlenirken, küçük aile işletmesi olan tarım işletmeleri ile endüstriyel işletme alanlarının birbirinden ayrı değerlendirilmesi gerekmektedir.

- Organik tarım, sürdürülebilir tarımsal üretim için önemli bir rol modeldir. Ancak bütüncül tarım yaklaşımı ile yalnızca üretim değil tüketim modelleri ve optimal kaynak kullanımına da odaklanılmalıdır. Bu sayede organik tarım ile elde edilen faydalar, azaltılmış konsantre yem ve hayvansal ürünler ile azaltılmış gıda israfı, sürdürülebilir ve iklim dostu tarımsal üretim ve gıda sistemi sağlanabilir.

- Tarım sektörü için alınabilecek dolaylı önlemler arasında sulanabilir alanların arttırılması, nadasa bırakılan alanların kontrolü ile üretime katkı sağlanması, organik tarımın yaygınlaştırılması, destekleme ile ilgili politikalar geliştirilmesi, çeltik tarımından kaynaklanan metan salımlarının azaltılması, sulama teknolojilerinin geliştirilmesi, taban suyu derinliğinin, drenaj sistemlerinin geliştirilmesi yoluyla azaltılması, çeltik tarlalarında toprak analizlerinin düzenli olarak yapılması ve bu sonuçlara dayanarak, gübre kullanımının azaltılması, tahıl üretimi sonrasında toprak üzerinde kalan bitkisel atıkların, özellikle Tarım Bakanlığınca yasaklanmış olan anızın yakılmasının engellenmesi sayılabilir.

- İklim değişikliğine uyum sürecinde bölgesel bazda tarım ürünlerinin su ayak izinin belirlenerek üretim planlaması yapılmalıdır; temel tarım ürünlerinde kuraklığa ve sıcaklığa dayanıklı çeşitler belirlenmelidir.

- AFAD tarafından gerçekleştirilen, iklim değişikliğinin etkileri sonucunda ortaya çıkan afet risklerine karşı personeli dirençli hale getirme çalışmaları devam etmekte olan projeleri hedeflemelidir.

- Gerçekleştirilen proje kapsamında AFAD belirlediği pilot büyükşehirlerde, iklim değişikliğinin neden olacağı afetleri yönetmek ve uyum sağlamak için yerel eylem planları hazırlamayı, yerel kapasiteyi ve halkın farkındalığını artırmayı hedeflemelidir.

- Coğrafi Bilgi Sistemleri bütün şehirlerde mevcut halde olmalı ve tüm sektörler bu sistemler üzerinden çalışmalıdır.

- Kentler için sağlık etki değerlendirme çalışmaları yapılarak, kırılganlıklar mevcutsa rezerv alanlar ve acil durumlarda insanların taşınabileceği bölgeler oluşturulmalıdır.

- İklim değişikliğinin sağlık üzerine etkilerini bir bütün olarak ele alacak insan gücüne, zamana, bütçeye ulaşmak ve sürdürülebilir politik kararlılıkla başlamak için mahalle, şehir, bölge düzeyinden başlayarak, uluslararası düzeye kadar gözlenen olaylara yönelik bilimsel çalışmaların başlatılması gerekmektedir. Bu amaçla "Bölgesel İklim ve Sağlık Araştırma Merkezleri" kurulmasında yarar görülmektedir.

- Sağlık sektörünün iklim değişikliğine uyum sürecinde direnç kazanabilmesi için halk sağlığının uyumu ve bakış açısı değişmelidir; çok yönlü bilimsel strateji ve hedefler dinamik olarak iklime uyumlu hale getirilmelidir.

- Tarımda pestisit kullanımının azaltılması ve zararlılardan ve hastalıklardan koruyacak alternatif biyolojik aktif maddeler içeren pestisit geliştirilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması sağlanmalıdır.

- Dünya Sağlık Örgütü'nün katkılarıyla gerçekleştirilen "İklim Değişikliği Eylem Planı Çalıştayı" sonucunda iklim değişikliği uyum ve azaltım stratejilerini içeren "İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Etkilerinin Azaltılması Ulusal Programı ve Eylem Planı" oluşturulmuş olup, bu eylem planı dikkate alınmalıdır.

- Uyum sürecine katkı olabilecek şekilde Sağlık Bakanlığı tarafından 2022-2030 yılları arasında bazı hedefler belirlenmiştir. Bu hedefler; Ülke profili oluşturulması, Sağlık Etki Değerlendirme (SED) sürecine altyapı oluşturulması, Hava kalitesinin sağlık maliyetinin belirlenmesi, Çevre Sağlığı Afet Müdahale (ÇAM) ekiplerinin kurulması ve afet müdahale etkinliğinin artırılması, sağlık çalışanlarının ve halkın bilinç düzeyinin ve farkındalığının artırılması, iklim değişikliğinin sağlık etkilerini izleyebilmek için iklime duyarlı hastalıkların ICD-10 kodlarının belirlenmesi, aşırı hava olaylarının insan sağlığına olan etkisinin azaltılması ve kurumsal kapasitenin artırılmasıdır.

- Turizm sektörünün iklim değişikliğine uyum sürecinde Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından raporlar hazırlanmıştır. Bu raporlar; İklim Değişikliği Ve Turizm İlişkilerinin

Ulusal Ölçekte Kavramsal Çerçevesinin Belirlenmesi Raporu, Turizm Alanlarında İklim Değişikliğine Uyumlu Mekânsal Planlama İlkelerinin Belirlenmesi Raporu'dur.

- Turizm sektörünün uyum sürecine katkıda bulunması için ilgili bakanlık tarafından yapılması düşünülen eylemler ise; Turizmin İklim Değişikliğine Uyum Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı, turizmin iklim değişikliğine uyum kapasitesinin ve farkındalık düzeyinin artırılması, turizmin iklim değişikliğine uyumu kapsamında belirlenen farklı turizm merkezlerinde pilot çalışmaların yapılması, İzleme-Değerlendirme-Planlama-Yönetişim sisteminin oluşturulması ve periyodik izlemenin yapılması, olarak belirlenmiştir.

- İklim değişikliğine uyum sürecinde ani hava olayları ve afetlere karşı erken uyarı sistemleri önem taşımaktadır. Bu gibi durumlarda erken uyarı sistemleri ile müdahale ve yönetimsel kolaylıklar sağlanmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen "MeteoUYARI Sistemi", "Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS)", "Orman Yangınları Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi (MEUS)" erken uyarı sistemleri uyum sürecinde stratejilerin belirlenmesinde etkin olarak kullanılmalıdır.

- Yapılan tüm uyum çalışmalarının (politikaların ve uygulamaların) izleme ve değerlendirme mekanizması olmalıdır. Uyum eylemlerinin etkinliğinin düzenli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi, gerekli durumlarda değişikliklerin yapılması uyum sürecinin başarısı için oldukça önemlidir. Kurumların çalışmaları için yatay kesen ve ortaklaşan izleme ve değerlendirme yöntemleri belirlenmelidir.

- Su kaynaklarının verimli kullanılmasına yönelik iklim değişikliğine uyum faaliyetleri yaygınlaştırılmalıdır.
- Su kaynaklarının yönetiminde sınırsız talepler değil, sınırlı su kaynaklarının yönetiminin esas alınmalı; kurum/kuruluşların plan, program ve stratejilerinde yer alan faaliyetlerin iklim değişikliği etkileri önceliğiyle belirlenmesi hususlarında mevzuat geliştirilmelidir.
- İçme suyu şebekesi iletim ve dağıtım hatlarında kayıp ve kaçaklar asgariye indirilmelidir.
- İklim değişikliğinin etkileri hususunda farkındalığın arttırılmalı; toplumun tüm kesimlerinin sürece dâhil edilmelidir.
- Yeraltı sularının etkin yönetimi sağlanmalıdır.
- İklim değişikliğinin etkileri ve uyum faaliyetlerine ilişkin analizlerin yapılmalıdır.
- Taşkın yönetimi hususunda mevzuatın geliştirilmelidir.
- Ülkemizde taşkın tahmin ve erken uyarı sisteminin geliştirilmeli ve eğitimi verilmelidir.
- Afetler hakkında eğitim ve farkındalığın artırılmalıdır.
- Akarsu yataklarına yapılan müdahalelerin önlenmesi gerekmektedir.
- Taşkın yataklarının ıslah edilmeli ve/veya alt yapının güçlendirilmedir.
- Kuraklık yönetimi hususunda mevzuatın geliştirilmesi gerekmektedir.
- Havza su potansiyeline göre ürün deseni uygulamasına geçilmelidir.
- Depolama kapasitesinin artırılmalı ve suyun verimli kullanımına yönelik çalışmaların yapılmalıdır.
- Kuraklık yönetimi hususunda politika ve stratejiler belirlenmelidir.
- Kuraklık tahmin ve erken uyarı sistemi geliştirilmeli ve eğitimi verilmelidir.

- Kuraklık hakkında kapasite ve bilinçlendirme geliştirme çalışmaları yapılmalıdır.
- Su verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik ulusal stratejilerin belirlenmelidir.
- Kentsel su verimliliğinin sağlanabilmesi için mevzuat düzenlemeleri yapılmalıdır.
- İçme ve kullanma suyunda su kayıpları için belirlenen azaltım hedeflerinin ve su kaynaklarının kullanım verimliliği sağlanmalıdır.
- Tarımsal sulamada su iletim ve dağıtımında randıman artırılmalıdır.
- Tarımsal sulamada tarla içi sulama randımanı ve verimliliği artırılmalıdır.
- Endüstride su verimliliği uygulamaları ve alternatif su kaynakları kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Havza yönetim planlarına entegre edilmiş bütüncül su ayak izi çalışmalarına öncelik verilmelidir.
- Su verimliliğine ilişkin ulusal ve kurumsal düzeyde eğitim, bilinçlendirme, farkındalık, araştırma ve geliştirme çalışmaları artırılmalıdır.
- Su verimliliği konusunda okullarda bilinç ve farkındalık oluşturulması sağlanmalıdır.
- Sektörel bazlı su verimliliği konusunda eğitimler verilmelidir.
- İklim değişikliği uyum eylem planında bulunan eksiklikler IPCC raporlarına paralel olarak yürütülmelidir. Mevcut durum sorunlar ve çözüm önerileri için TBMM İklim Araştırma Komisyonu raporunda yer alan önerilere yer verilmelidir. Mevcut durum tespit çalışmalarında bu komisyon raporundan yararlanılmalıdır.
- Uyum stratejisinin izlenmeli ve havza bazlı projeksiyonların yapılmalıdır. En az iki yılda bir projeksiyon ve politikalar güncellenmelidir. Yönetişim için eylem planlarındaki hedeflerin yerine getirilmesinde akademisyenler ve STK'ların katılımı ile izleme çalışması yürütülmelidir. Hedeflerin uygulanmasında eksik kalan noktaların düzenlenmesi için denetleme çalışması gerçekleştirilmelidir.
- İklim değişikliğine uyum stratejileri arasında ekosistem hizmetlerinin yaygınlaştırılmalı ve doğa tabanlı çözümler geliştirilmelidir.

- Korunan alanlar karasal ve denizel olarak 2030 yılına kadar [yüzde 30] artırılmalıdır. Sektörel uyum ve gıda güvenliği için politikalarda balıkçılık sektörü gibi sektörlere yer verilmelidir.

- Orman, toprak ve mera kanunları, iklim değişikliğine uyumlu halde düzenlenmeli ve bu kanunlar bütüncül olarak ele alınmalıdır.

- Gıda sistemlerine sürdürülebilir üretim politikaları ve doğa temelli çözümler geliştirilmelidir. Gıda atık kaybının azaltılması konusunda yine stratejik hedefler belirlenmelidir.

- Türkiye'nin tarım sektöründe iklim değişikliğine uyum stratejisini "Uyum Fonu" olarak finansal kaynağa ve yatırım planına eşleştirmesi gerekmektedir. Bu fon kamu bütçelemesi içinde tamamen yeni bir kalem olarak geliştirebileceği gibi, var olan tarımsal destekleme bütçelerinin yeniden yapılandırılması olarak da geliştirilebilir.

- Tarım ve gıda sektörlerinin etkilenebilirlik, kırılganlık ve risk analizlerinin ve iklim değişikliğine uyum politikalarının bilimsel yollarla belirlenmesine katkıda bulunacak bir "Tarımda İklim Değişikliği Araştırma ve Uygulama Enstitüsü" kurulmalıdır. Üniversite, kamu kuruluşları, özel sektör ve çiftçilerin dâhil olduğu paydaşlar, bu oluşturulacak kurum ile uyum stratejileri ve hedefleri için uluslararası standartta bilimsel çalışmalar ortaya çıkarabilmelidir.

- Devlet tarafından sağlanan tarımsal destekler, bölge ve ürün bazlı olacak şekilde ayarlanmalıdır. Yapılan destek miktarları bölge, ürün ve üreticilerin iklim değişikliği karşısındaki kırılganlıklarına göre seviyelendirilmelidir.

- Tarımsal sulamada 2030'a kadar sulanan arazinin tamamında modern ve akıllı basınçlı sulama yöntemlerine geçilmeli; açık kanal cazibeli (yerçekimli) sulama sonlandırılmalı ve yeni açılacak tüm sulama alanlarının akıllı ve verimli yöntemlerle sulanması sağlanmalıdır.

- İklim değişikliğine bağlı olarak artan aşırı iklim olayları karşısında iklim bazlı tarımsal sigortacılık uygulamalarının kapsamı ve ölçeği artırılmalıdır.

- Türkiye'de bulunan çiftçilerin, iklim değişikliğine uyum sürecinde etkin rol alabilmeleri amacıyla dinamik bir eğitim modeliyle bilinçlendirme çalışması yürütülmelidir.

- Sektörel uyum politikaları belirlenirken sektörler arası eş-faydaların göz önünde tutulması gerekmektedir.

- Uyum stratejileri coğrafi bilgi sistemlerine uyarlanabilir olmalıdır bu neden teknolojinin kullanımı önceliklendirilmelidir.

- Ekosistemlerin sürdürülebilir yönetim planları oluşturulmalı, bu kapsamda sektörlerin (balıkçılık, akuakültür vb.) uyum kapasitelerini artırıcı eğitim ve koruma faaliyetleri hayata geçirilmeli; mevcut durumun sürekli takip edilerek izlenmelidir.

- Sucul ekosistemlerin sürdürülebilir yönetiminin temelinde ise izleme çalışmaları büyük önem arz ederken; ileriye dönük öngörülerde bulunabilme adına sağlıklı veri akışı ve paylaşımı çok önemli olup, hayata geçirilmesi planlanan politika ve eylem planlarında bütün paydaşların yer alması da ayrıca önemli bir nokta olarak göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

- Gıda sistemlerinin uyumu için sürdürülebilir üretim politikaları ve doğa temelli çözümler geliştirilmeli; gıda atık kaybının azaltılması sağlanmalıdır. Kentlerde ekim dikim alanları açılmalı, vatandaşların kendi gıda üretimi, eğitim ve tohum desteğiyle beraber teşvik edilmelidir.

- IPCC 'Etki, Uyum ve Kırılganlık 'çalışma grubunun 6. Değerlendirme Raporunda belirtilen kavramlar ışığında mekânsal dağılımlar, kademeli etkiler, afet riskinin azaltılması ve risk belirsizlikleri dahil olmak üzere tehlike, maruz kalma ve kırılganlıkları kapsayan iklim riski çerçevesinin oluşturulması, iklim değişikliği risklerini ele almada uyumun önemi, birbiriyle etkileşen birden çok etkeni yansıtan senaryolar vasıtası ile dinamik iklim risklerini anlama, iklim değişikliğinin mevcut ve gelecekteki etkilerinin bilimsel, teknik ve sosyoekonomik yönlerinin belirlenmesi gibi noktalar ve raporun uyum konusundaki diğer katkıları, komisyon tarafından dikkate alınmalıdır.

- Küçük aile işletmelerinin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır. Aile işletmeleri için mevcutta Bakanlık olarak destekleyici politikalar uygulanmaktadır. Tarım kaynaklı sera gazı salınımı, endüstriyel hayvancılık temelinde ele alındığında geleneksel karma üretim sistemlerine göre 2 kat mera bazlı üretim yapan sistemlere göre ise 6 kat daha fazla olduğu bilinmektedir. Bu sebeple entansif yetiştiricilik yapan işletmeler yerine küçük işletmeler korunmalıdır. Bu şekilde mahalle statüsüne

dönüşmüş köylerden kentlere göçün önüne geçilebilir ve mevcut kırsal nüfusun olduğu yerde yaşaması sağlanarak bir ölçüde dolaylı olarak iklim değişikliğinin yaratacağı afetler vs.'den daha az etkilenmeleri de sağlanabilir.

- Tarımsal peyzajlarda biyolojik çeşitlilik desteklenmeli ve biyolojik kontrol yöntemleri benimsenmelidir.
- Toprak organik maddeler açısından zenginleştirilmeli ve su tutma kapasitesi artırılmalıdır.
- Geleneksel tarım tekniklerine dayalı doğa temelli çözümlerin geliştirilmesiyle toprağın ve suyun ekolojik nitelikleri iyileştirilmelidir.
- Kara ve su ekosistemleri korunmalı ve iyileştirilmelidir.
- Uyum Eylem Planı güncelleme çalışmaları hızlandırılmalıdır.
- Koordinasyon için İklim Değişikliği ağı kurulmalıdır. Her bakanlığa link verilmelidir.
- Tarımsal faaliyetlerde su ayak izinin çıkarılması, teşvik ve desteklerde yol gösterici olarak kullanılması, tarım ürünlerinin su ayak izinin belirlenerek üretim planlamasının yapılması gerekmektedir.
- İklim değişikliğini yönetebilmek için iklim organizasyonları ile birlikte sürdürülebilirlik araştırmaları ve merkezleri de geliştirilmeli. İklim ile birlikte sürdürülebilirlik araştırmaları da ulusal ölçekte gerçekleştirilmelidir.
- Kurumların güçlü ve zayıf yönlerini belirlenerek bu yönde bir önceliklendirme yapılmalıdır.
- İklim değişikliği sürecinde uyum ve azaltım çalışmalarının da eş-faydalarının bir araya getirilmesi gerekmektedir.
- İklim değişikliğine uyum sürecinde strateji ve hedefler belirlenirken yalnızca tarım, hayvancılık gibi sektörler değil sanayii sektörü de bu stratejilerin içerisinde yer almalıdır.
- Türkiye'de iklim değişikliğine uyum süreci çalışmalarında sosyal kalkınma çalışmaları da yer almalıdır.

- İklim değişikliğine uyum sürecinde ilgili mühendislik alanlarında çalışan kişilere "İklim Krizi Uzmanlığı" adlı eğitimler verilerek süreç hakkında insan potansiyeli artırılmalıdır.

- Tarımda iklime duyarlı metotların uygulanması aşamasında kooperatiflerden yararlanılması ve gerekli hibe ve desteklerin kullanılması uyum sürecinin başarıya ulaşmasını sağlayacaktır.

- Tarım Sektörü ile ilgili mevzuatların, iklim değişikliğine uyum çerçevesinde gözden geçirilmesi ve güncellenmesi ve tarım sektöründe uyum strateji ve eylem planının hazırlanması gerekmektedir.

- Bitkisel üretim, hayvansal üretim ve balıkçılıkta 2053 yılına kadar üretim hedeflerinin belirlenmesi, bu hedeflere uygun tarımsal yapının oluşturulmasına yönelik stratejiler geliştirilmelidir. Mevcut kaynaklarımızla 2053 yılına kadar Türkiye'de gıda güvencesini sağlayan, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilir olan ve rekabet gücü yüksek bir tarım sektörü için nasıl bir tarım sistemi olacağının planlanması gerekmektedir. Hazırlanan dokümanın gelişmelere göre güncellenmeli ve dinamik bir doküman olmalıdır.

- Bölgesel düzeyde çalışılan iklim tehlikeleri ile ilgili sanayi ve küçük işletmelere yönelik ayrı ayrı risk analizi metodolojileri rehberleri hazırlanması zorunlu tutulmalıdır.

- Azaltım politikalarını destekleyecek şekilde karayolları yerine demiryollarının geliştirilmesi önemlidir. Bir yandan da standart uygulamalar yerine bölgenin topografik, jeolojik yapısına göre çözümler üretilmelidir.

- Su ürünleri yetiştiriciliği için iklim değişikliğinden daha az etkilenecek alanlarda yetiştiricilik planlamaları yapılmalıdır. Belirlenen alanlarda doğa dostu "Kapalı Devre Üretim Sistemleri" teşvikleri devam ettirilmelidir.

- Balıkçılık sektöründe yetiştiricilik faaliyetlerinde doğa dostu yöntemlerin kullanılmasına verilen tüm destek ve hibeler çeşitlendirilerek devam ettirilmelidir.

- Kitle iletişim araçları kullanılarak balıkçılık sektörünün tüm paydaşlarını iklim değişikliğine karşı bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

- Nesli tehlike altında olan balık türleri Su Ürünleri Enstitüleri/İstasyonlarında koruma altına alınmalı ve gen bankaları ile işbirlikleri geliştirilmelidir.

4. POLİTİKA/STRATEJİ VE EYLEMLER (KISA-ORTA VE UZUN VADELİ)

1. İklim değişikliği etki, etkilenebilirlik ve risk analizleri yapılarak ulusal, bölgesel ve yerel ölçekte sektörlerin uyum eylemleri belirlenmeli, uygulanmalı ve izlenmelidir.

- Risklerin yönetilmesine yönelik seçenekler belirlenmeli ve önceliklendirme çalışmaları bu çerçevede yapılmalıdır.
- Sektörel AR-GE kapasitesi geliştirilmelidir.
- İklim Değişikliği Araştırma Merkezi kurulmalıdır.

2. İklim değişikliğinin etkileri ve uyum konusunda farkındalığın ve kapasitenin artırılması amacıyla Millî Eğitim Bakanlığı ve Yüksek Öğretim Kurumu müfredatları ve programları güncellenmeli ve yeşil iş gücünün yetiştirilmesi doğrultusunda eğitimler verilmelidir.

- İklim değişikliğinin etkileri, tüm eğitim düzeyleri için müfredata dâhil edilmelidir.

3. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerinin en aza indirilmesi ve su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı doğrultusunda nehir havza yönetim planları, taşkın yönetim planları, kuraklık yönetim planları ve sektörel su tahsisi planları gibi havza ölçekli planlar 25 havzada tamamlanmalı, periyodik olarak güncellenmeli ve uygulamalarının takibi yapılmalıdır.

- Taşkın yönetim planları 2025 yılına kadar hazırlanmalıdır.
- Kuraklık yönetim planları 2023 yılına kadar hazırlanmalıdır.
- Nehir havzası yönetim planları 2028 yılına kadar hazırlanmalıdır.
- Sektörel tahsis planları 2028 yılına kadar hazırlanmalıdır.

4. İçme ve kullanma suyu şebekesi iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıp ve kaçak oranı ortalaması 2030 yılına kadar %30 seviyesine indirilmelidir.

- Belediyelerin sorumluluğunda olan yerleşim yerleri içme-kullanma suyu şebeke hatlarındaki kayıp kaçak oranı büyükşehir ve illerde 2023 yılı hedefi olan %30 seviyesine ilçe ve beldelerde ise %35 seviyesine çekilmelidir.
- Belediyelerin sorumluluğunda olan yerleşim yerleri içme-kullanma suyu şebeke hatlarındaki kayıp kaçak oranı büyükşehir ve illerde 2028 yılı hedefi olan %25 seviyesine ilçe ve beldelerde ise %30 seviyesine çekilmelidir.
- Yerel yönetimlerin su kayıp yönetimi ve izleme çalışmalarının belli bir iş termin planı çerçevesinde gerçekleştirilmesinin takibi için yasal düzenleme yapılması.

5. Tarım ve sanayi başta olmak üzere sektörlerde suyun verimli kullanılması sağlanmalı, drenaj suları ve arıtılmış atıksular gibi kullanılmış suların yeniden kullanım oranı 2030 yılında %15'e çıkarılmalıdır.

- Tarımda su tasarrufu sağlayan modern sulama sistemleri yaygınlaştırılmalıdır.
- Atık suların yeniden kullanılması için mevzuatın düzenlenmeli, teşvikler ve yaptırımlar yoluyla yaygınlaştırılmalıdır.
- Kent ölçeğinde yağmur suyu hasadı, sarnıç yapıları yaygınlaştırılmalıdır.

- Su verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik ulusal stratejiler belirlenmelidir.

- Sanayi sektöründe su verimliliğine yönelik "sektörel eko-verimlilik (temiz üretim)" kılavuzları hazırlanmalı, örnek temiz üretim uygulamaları yaygınlaştırılmalı ve teşvik edilmelidir.

- Kullanılmış suların yeniden kullanımı 2023 yılında %5, 2030 yılında %15 oranında sağlanmalıdır.

6. İklim değişikliğine dirençli, rekabetçi ve teknolojiyi etkin kullanan, verimli bir tarım sektörü oluşturulmalı, gıda güvenliği ve güvencesi sağlanmalıdır.

- Tarımda iklim değişikliğinin etkilerine uyum eylemleri bölgelere ve havzalara göre belirlenmelidir.

- Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında hazırlanan Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021) çerçevesinde, AB mevzuat uyumunu gözetecek şekilde çiftlikten çatala tarım politika ve stratejileri geliştirilmelidir.

- Tarla içi modern sulama sistemleri yaygınlaştırılmalıdır.

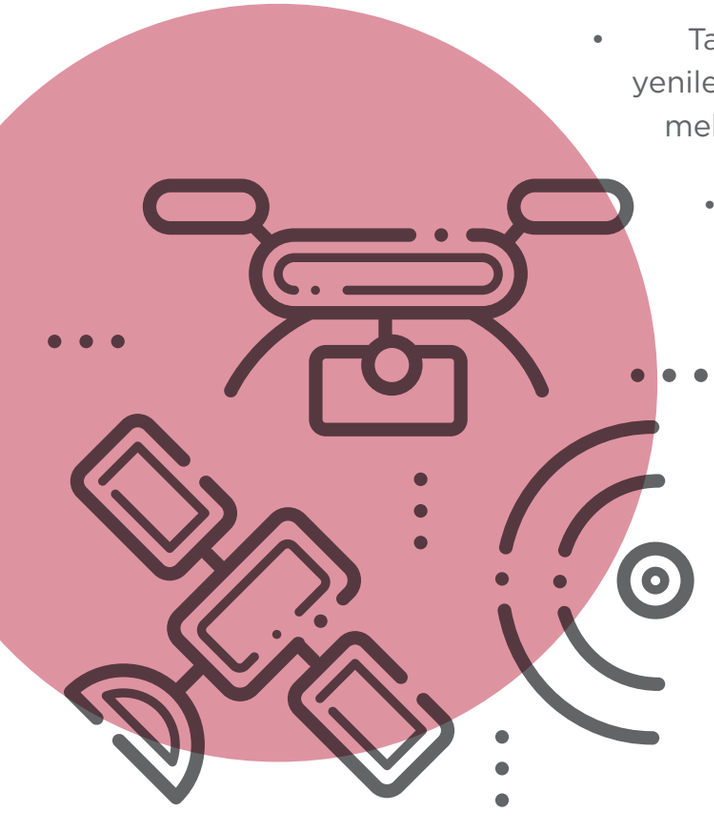
- Tarımsal işletmelerde sulamada kullanılan enerjinin yenilenebilir enerjiden karşılanmasında destek mekanizmaları yaygınlaştırılmalıdır.

- İklim değişikliği ile ilgili ilerlemeleri izlemek için tarımsal bilgi sistemleri kurulmalıdır.

- Hassas tarım uygulamaları yaygınlaştırılmalı ve desteklenmelidir.

- Biyo-bozunur atıkların toprak zenginleştirici olarak kullanımının yasal altyapısı oluşturulmalıdır.

- Gıda ithalatına bağımlılığı azaltmak ve tarımdan daha fazla değer elde etmek için yerel pazarları ve tedarik zincirlerinin geliştirilmesi sağlanmalıdır.



- Arazi kullanım planlamalarında iklim değişikliğine uyumlu su bütcesi dikkate alan ürün deseni seçilmelidir.

7. Tarım ürünleri ve alanları ile ilgili iklim değişikliğine uyum seçeneklerinin belirlenmesine yönelik AR-GE çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

- Bitkisel üretimde iklim değişikliğine toleranslı yeni çeşit sayısı arttırılmalı ve yaygınlaştırılmalıdır.

- Hayvancılık sektöründe iklim değişikliğine uyumlu yerel ırkların genetik ıslah çalışmaları yaygınlaştırılmalıdır.

- Bölgesel iklim projeksiyonları ve bitki büyüme modelleri ile ürünlerin olası yeni uygunluk alanları belirlenmelidir.

- Küresel iklim değişikliğinin yerel etkileri modellenerek agro-ekolojik zonları belirlenmelidir.

- İklim değişikliğinde ürünlerin ve üreticilerin etkilenebilirliğine ilişkin AR-GE çalışmaları desteklenmeli ve geliştirilmelidir.

8. Ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitliliğin korunması amacıyla iklim değişikliğine uyumlu tarım uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

- Ekosistem tabanlı uygulamalar ve doğa temelli çözüm yaklaşımlar yaygınlaştırılmalıdır.

- Tarımsal potansiyeli düşük olması nedeniyle terk edilmiş tarım alanları biyolojik rezerv alanı olarak değerlendirilmelidir.

- Su ve karbon döngüsünde meydana gelen kırılganlıklar tespit edilmeli, dirençliliği artırmak için tedbirler alınmalıdır.

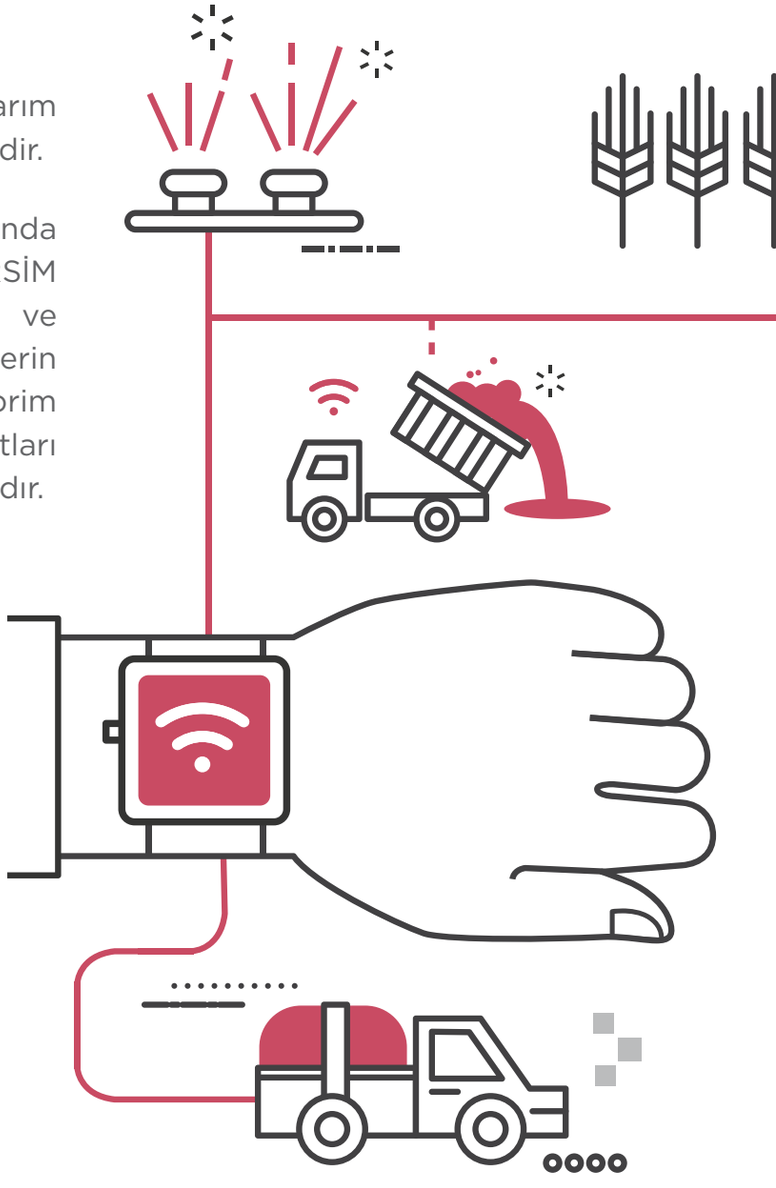
- Ekosistemlerin iklim değişikliğine uyumu için stratejiler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır

- Bozkır ekosistemlerinin iklim değişikliğine uyum stratejisi uygulanmalıdır.

- Tarımda entegre mücadele yöntemleri yaygınlaştırılmalı ve biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemleri artırılarak uygulanmalıdır.
- Çayır ve mera alanlarının rehabilitasyonu sağlanmalı ve etkin yönetilmelidir.
- Ekolojik doğal yaşam koridorları oluşturulmalıdır.
- Perma kültür, ekolojik tarım, onarıcı tarım, tarımsal ormancılık gibi doğaya pozitif katkı yapan uygulamalar artırılmalıdır.
- İyi tarım uygulamaları kodu çalışmaları yaygınlaştırılmalıdır.
- Tarımda yağmur hasadı uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

9. İklim değişikliğine bağlı afetlere karşı tarım sigortaları sistemi (TARSİM) güçlendirilmelidir.

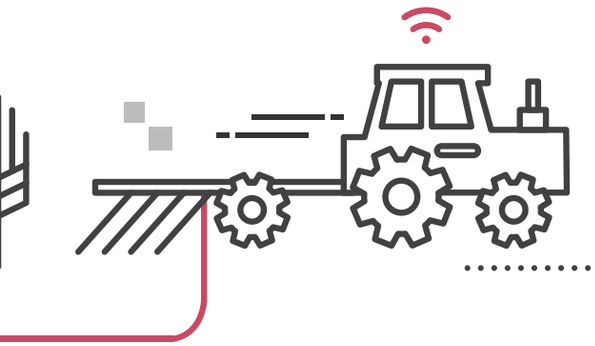
- TARSİM iklim değişikliğine uyum kapsamında güçlenerek devam etmelidir. TARSİM uygulamalarının detaylı teknik analizler ve modelleri temel alması sağlanmalı, çiftçilerin kırılganlık ve risk seviyelerine göre prim destekleri artırılmalı, zarar tazminatları güçlendirilmeli ve gelir garantileri artırılmalıdır.
- Türkiye Tarımsal Kuraklık Stratejisi ve Eylem Planı güncellenmeli ve uygulanmalara devam edilmelidir.
- Web tabanlı tarımsal kuraklık izlenmesine yönelik ileri teknolojilerin kullanımı desteklenmelidir.
- Bitkisel üretimde hastalık, zararlılar ve verime yönelik erken uyarı sistemleri kurulmalıdır.



10. İklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlanması amacıyla tarım sektöründe faaliyet gösteren paydaşlara yönelik eğitim, bilinçlendirme ve kapasite geliştirme faaliyetleri yaygınlaştırılmalı, teknik ve mali destek mekanizmaları güçlendirilmelidir.

- Tarımsal teşvik, hibe ve destekler çiftçilerin iklime uyum eylemlerini destekleyecek şekilde düzenlenmelidir.

- İklim değişikliğine dirençliliğin artırılması amacıyla kamu tarafından yürütülecek proje ve yatırımlara kaynak temin edilmelidir.



- Tarımsal destekler bölge, ürün ve üreticilerin etkilenebilirliklerine göre seviyelendirilmeli ve dirençliliği artırmak için destekler artırılmalıdır.

- Kırsalda kadın çalışanların sosyal güvenlik kapsamına alınmasını destekleyici mekanizma ve teşvikler getirilmelidir.

- Tarımsal eğitim ve yayım faaliyetlerinde "Uygulamalı Çiftçi Okulları (UÇO)" gibi başarılı uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır.

11. İklim değişikliğinin halk sağlığına etkilerine karşı koruyucu hekimlik temelinde uyum eylemleri tespit edilmeli, uygulanmalı ve bu yönde kapasitenin geliştirilmesi sağlanmalıdır.

- "Ulusal İklim Değişikliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Olumsuz Etkilerinin Azaltılması Programı ve Eylem Planı" güncellenmelidir.

- İklime duyarlı hastalıkların belirlenerek izlenmesi için gerekli alt yapı oluşturulmadır.

- Halk sağlığı açısından etkilenebilir mekansal noktalar ve gruplar belirlenmelidir (örneğin kronik hastalıkları olanlar).

- Hastaneler, aile sağlığı merkezleri, yoğun bakımlar gibi kritik altyapı sistemleri iklim değişikliğine dirençli hale getirilmelidir.

- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile ortak veri tabanı ve izleme

metodolojisi ile senaryo bazlı çalışmalar yapılmalıdır.

- Sağlık öncelikleri ulusal olarak belirlenmiş katkılara dâhil edilmelidir.

- Tüm Türkiye'de ilgili kurum ve kuruluşlarla işbirliği içerisinde yerel iklim ve sağlık uyum planları oluşturulmalıdır.

12. İklim değişikliğinin etkilerine karşı toplumsal dirençliliğin sağlanması doğrultusunda uyum eylemleri tespit edilmeli ve uygulanmalıdır.

- Mevcut sosyal koruma/hizmet politikaları ve uygulamaları iklime uyum için risk yönetimi anlayışı ile bütünleştirilmesi için merkezi ve yerel yönetimlerde kapasite güçlendirilmelidir (2022- 2023).

- Kalkınma Planı hazırlıkları çerçevesinde iklim krizi ve sosyal kalkınma konuları özel ihtisas komisyonlarında değerlendirilmelidir. (2023)

- İklim değişikliğinin sosyal kalkınmaya etkisi hakkında tüm paydaşlara (kamu/ yerel yönetim, akademik camia, özel sektör, STK) yönelik eğitimler verilmelidir. (2022-...)

- Etkilenen ve etkilenme potansiyeline sahip alanlar belirlenerek bu bölgelerde yaşayan nüfusa iklim değişikliğinin neden olduğu/olacağı etkiler ve afetlere hazırlık için farkındalık eğitimleri verilmelidir. (2022-...)

- Mevcut politikalar ve uygulamalar dikkate alınarak iklim değişikliğinden etkilenebilirliği yüksek olan toplum katmanları öncelikli sektörlerde belirlenmelidir. (2022-2023)

- İklim değişikliğinden etkilenebilirliği yüksek toplum kesimlerinin etkilenebilirlik ve risk analizleri mekânsal bilgi teknolojileri ve CBS tabanlı karar destek sistemleri, kullanılarak öncelikli şehirler seçilerek yaygınlaştırılmalıdır. (2022-2027).

- Yerel İklim Eylem Planlama süreçlerinde toplumun etkilenebilirliği yüksek olan kesimlerinin temsil edilmesi sağlanmalı ve bu kesimlerin refahı adil uyum ilkesi çerçevesinde desteklenerek iyileştirilmelidir. (2022-...)

- İklim değişikliği bilim kurulu kurulmalıdır.

13. Mevcut denizel ve karasal korunan alanlar muhafaza edilerek bu alanların yönetim planları tamamlanmalı, nitelik ve nicelikleri artırılmalı ve bozulmuş ekosistemlerin restorasyonu sağlanmalıdır.

- 2023 yılına kadar denizlerde ve karada korunan alanların oranı ülke yüzölçümünün OECD ortalaması olan %17 oranına çıkarılmalıdır.

- Arazi tahribatına neden olacak yatırımlarda en az tahrip ettikleri arazi miktarı kadar arazi tahribatının dengelenmesi ilkeleri kapsamında, aynı arazi türünde restorasyon çalışması yapma yükümlülüğü konulmalıdır.

- Biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri açısından önemli alanlar sistematik koruma planlaması yaklaşımıyla iklim değişikliğine uyumu (iklim sığınağı, göç koridorları, habitat kayması) sağlayacak şekilde belirlenmelidir.

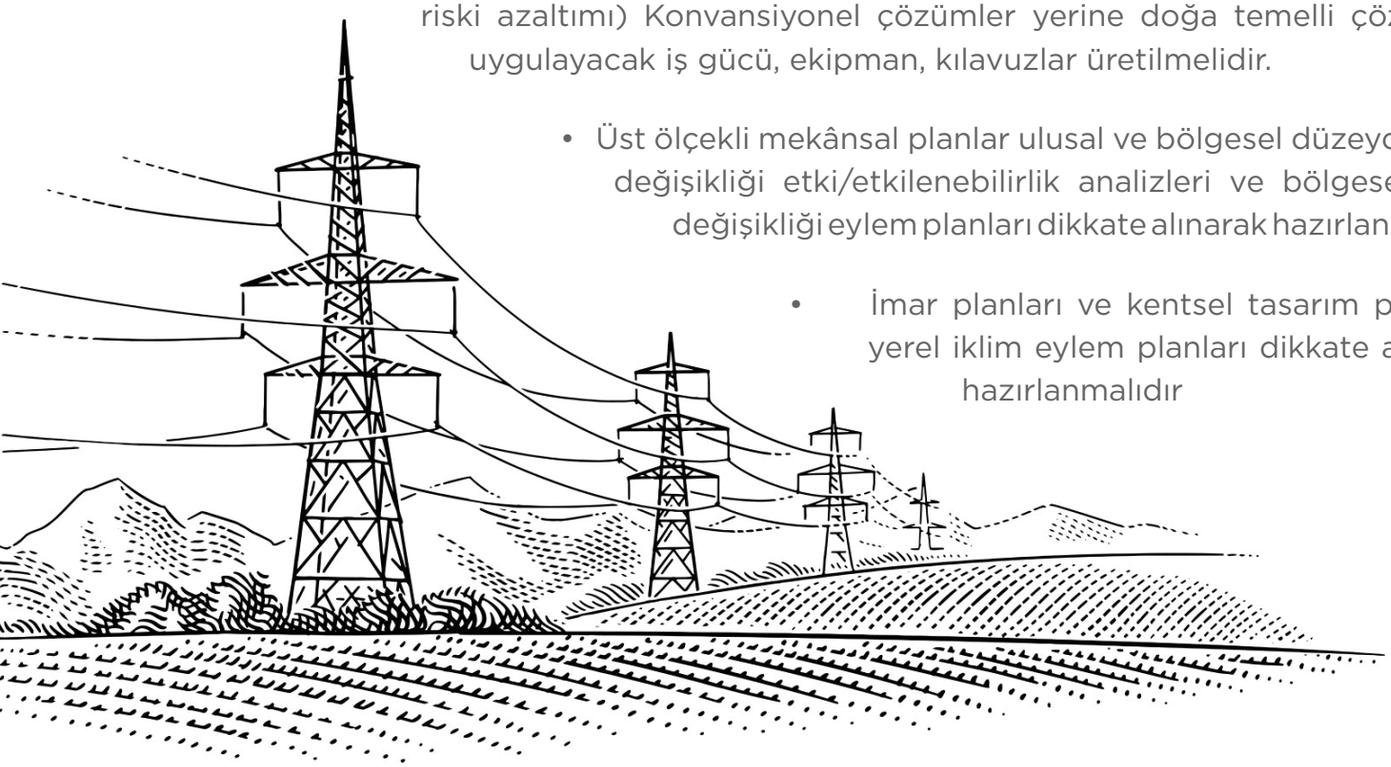
- Arazi tahribatının dengelenmesi kavramı üst politika ve belgelere entegre edilmelidir.

14. Kentsel ve kırsal peyzajlarda, tüm sektör ve tematik alanlarda altyapı ve üstyapının iklim değişikliğine uyumlu hale getirilmesi için doğa temelli çözümler kullanılmalıdır.

- Farklı alanlarda kullanılmak üzere (örn. İnşaat, arıtma, atık yönetimi, afet riski azaltımı) Konvansiyonel çözümler yerine doğa temelli çözümleri uygulayacak iş gücü, ekipman, kılavuzlar üretilmelidir.

- Üst ölçekli mekânsal planlar ulusal ve bölgesel düzeyde iklim değişikliği etki/etkilenebilirlik analizleri ve bölgesel iklim değişikliği eylem planları dikkate alınarak hazırlanmalıdır.

- İmar planları ve kentsel tasarım projeleri yerel iklim eylem planları dikkate alınarak hazırlanmalıdır



- İmar mevzuatında iklim değişikliğine uyum konusu ilkesel olarak yer almalıdır.
- Kentlerde iklim dirençliliğinin artırılması için doğa temelli uyum çözümleri geliştirilmelidir.
- Kentlerde ısı adası etkileri izlenmeli ve kentsel uygulamalar bu çerçevede yapılmalıdır.
- Kentsel taşıma kapasitelerinin belirlenmesine yönelik gösterge ve veri setleri oluşturulmalıdır.
- Kentsel hizmetlerde dijitalleşme ve akıllı teknolojilerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

15. İklim değişikliğinin turizm ve kültürel miras değerleri üzerindeki etkileri tespit edilmeli ve turizm faaliyetlerinin iklim değişikliğine uyumu ve sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

- Turizm sektöründe mekânsal ve ekonomik riskler ve fırsatlar tespit edilerek, turizm alanlarında iklim değişikliğine uyumlu mekânsal planlama ilkelerinin belirlenmelidir..
- Turizmde iklim değişikliğine uyum açısından genel ilke ve esaslar belirlenerek sektörün uyum kapasitesinin artırılmasına yönelik düzenleme ve çalışmalar yapılmalıdır..
- Etkilenebilirliği yüksek bölgelerde alternatif turizm türlerinin gelişimine ve turizmin tüm yıla yayılmasına yönelik planlama çalışmaları ve yatırım ortamının iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
- İklim değişikliği sonucu önümüzdeki süreçte öne çıkacak alternatif turizm bölgelerinin altyapıları güçlendirilmeli, uluslararası pazarda tanınırlığı artırılmalı ve alternatif pazarlara yönelik tanıtım çalışmaları yapılmalıdır.
- Uluslararası geçerliliği olan iklim uyumlu ve sürdürülebilir turizm sertifikasyon sistemlerinin destinasyon ve tesis ölçeklerinde uygulanmasına yönelik çalışmalar ve mevzuat düzenlemesi çalışmaları yapılmalıdır. (Kültür ve Turizm Bakanlığının sertifikasyon çalışmaları devam etmektedir).
- Yoğun kaynak kullanımı nedeniyle iklim değişikliği risklerini artıran turizm türleri yerine, ekonomik getirisi yüksek ve çevresel değerleri gözeten turizm türlerine yönelik yatırım ortamının iyileştirilmesi çalışmaları yapılmalıdır.
- Turizm bölgelerinde iklim değişikliğine uyum konusunda çok aktörlü (kamu, özel,

STK) izleme, değerlendirme ve yönetişim sistemi kurulmalıdır.

16. İklim değişikliğine uyuma yönelik ihtiyaç duyulan ulusal ve uluslararası fonlara erişim için finansal araçlar geliştirilmeli, kayıp-zarar risklerinin yönetilmesi amacıyla sigortacılık enstrümanları geliştirilmelidir.

- Sektörel iklim değişikliğine uyum stratejileri "Uyum Fonu" olarak finansal kaynağa kavuşmalıdır.
- "Arazi Tahribatı Dengelenmesi Fonu"ndan özel sektörün yararlanması için çalışmalar yürütülmelidir.
- OSB'ler yeşil dönüşüme girmeli ve mevzuat düzenlemeleri ile döngüsel ekonomi modeline hazır hale gelmelidir.
- Döngüsel ekonomi ilkeleri çerçevesinde arıtılmış atıksuların sektör bazında yeniden kullanımına ilişkin uygulama kılavuzları oluşturulmalıdır.

17. Yatırım projeleri öncesinde, iklim değişikliğinin yatırıma etkilerinin değerlendirilmesinin zorunluluk haline getirilmesi amacıyla "Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği"nde gerekli düzenleme yapılmalıdır.

- 2022 yılında "İklim Değişikliği ve Uyum Koordinasyon Kurulu"nda "iklim değişikliğinin yatırıma etkilerinin değerlendirilmesinin zorunluluk haline getirilmesi amaçlı mevzuat hazırlanması"nı içeren karar alınmalıdır.
- Kurum/kuruluşların plan, program ve stratejilerinde yer alan faaliyetlerin iklim değişikliği etkileri önceliğiyle belirlenmesi hususlarında mevzuat geliştirilmelidir.

18. İklim değişikliğine uyum amacıyla sektörel bazda erken uyarı sistemleri kurulmalı, geliştirilmeli ve bütünleşik çalışabilecek şekilde düzenlenmelidir.

- Taşkın tahmini ve erken uyarı sistemi kurulmalı ve geliştirilmelidir.
- Kuraklık tahmini ve erken uyarı sistemi kurulmalı ve geliştirilmelidir.
- Ulusal, il ve ilçe düzeyinde, son alıcısı halk olan "halk sağlığı erken uyarı sistemi" geliştirilmelidir.

- Tarım ve mera alanlarında erken uyarı sistemleri kurulmalıdır.
- Erken uyarı sistemi kapsamında, sadece salgın hastalıkların değil iklim değişikliği ile bağlantılı hastalıkların vaka bazında takibi yapılmalıdır.
- Orman yangınları erken uyarı sistemi geliştirilmelidir
- Arazi tahribatının dengelenmesi karar destek sistemi kurulmalı ve geliştirilmelidir.
- Afet risk yönetiminde kurumlar arası etkin koordinasyon sağlanmalıdır.
- Su depolama kapasitesi artırılmalıdır.
- Taşkın yataklarındaki riskli yerleşimlerin uygun yerlere taşınması ile ilgili mevzuat hazırlanmalıdır.
- Taşkın kontrolü amacıyla yapısal tedbirler alınmalıdır.
- Taşkın kontrolü amacıyla mümkün olan yerlerde doğa temelli çözümler geliştirilmelidir.
- Afet risk yönetimi tüm eğitim düzeyleri için müfredata dâhil edilmelidir.

19. Orman ekosistemlerinin korunmasına yönelik iklim değişikliğine uyum faaliyetleri planlanmalı ve uygulanmalıdır.

- Yukarı havzalarda; sel ve taşkın gibi afetler kapsamında su rejimini kontrol altına alabilecek faaliyetler planlanmalıdır.
- Orman ekosistem hizmetleri fonksiyonları (Ekonomik, Ekolojik ve sosyo-kültürel) iklim değişikliğine uyum kapsamında yeniden değerlendirilmelidir.
- İklim değişikliğinin etkileri kapsamında katılımcı yaklaşımla kırsaldaki paydaşlarla uyum eğitimleri yapılmalı ve projeler geliştirilmelidir.
- Bölgesel iklim projeksiyonları kullanılarak ağaç türü yayılışlarındaki değişime uygun AR-GE çalışmaları geliştirilmelidir.
- Biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla amenajman planlarına entegre çalışmalarının artırılarak devam edilmesi sağlanmalıdır.

20. İklim değişikliği etkilerine karşı ekosistem temelli balıkçılık yönetimi uygulanmalı, sucul biyolojik çeşitlilik korunmalı ve geliştirilmelidir. Ayrıca iklim değişikliğine uyumlu sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği teşvik edilmelidir.

- Bölgesel balıkçılık yönetimine geçilmelidir.
- Tür yönetim planları hazırlanmalıdır.
- Su ürünlerinin üreme dönemlerindeki değişiklikler takip edilmelidir.
- Balıkçıların gelirlerinin çeşitlendirilmesi için alternatifler (rekreasyonel balıkçılık, balıkçılık turizmi vb) geliştirilmelidir.
- İstilacı/yabancı türlerin giriş ve yayılımları engellenmeli, var olanların elimine edilmesi için çalışmalar yürütülmelidir.
- İstilacı türlerden yararlanılma/kullanılma olanakları arttırılmalıdır.
- Koruma alanları ve korunan türler listesi dinamik olarak güncellenmelidir.
- Endemik türler ile nesli tehlikedeki türler özel koşullarda canlı muhafaza edilmeli, üretilerek uygun kaynaklara bırakılmalıdır,
- Stok takviyesi için balıklandırma faaliyetleri artırılmalıdır.
- Yetiştiricilik bölgeleri iklim değişikli temel alınarak belirlenmelidir.
- Kapalı devre su ürünleri yetiştiriciliği teşvik edilerek yaygınlaştırılmalıdır.
- Akuaponik sistemler ve Entegre Multi Trofik yetiştiricilik sistemleri teşvik edilmelidir,
- Filtre ederek (midye-istiridye gibi) beslenen türlerin yetiştiriciliği teşvik edilmelidir.
- Sıcaklık toleransı yüksek, düşük protein ihtiyacı olan (tilapya, sazan ve karabalık vb) türlerin yetiştiriciliği teşvik edilmelidir.
- Balık ununa alternatif yerli yem hammaddesi ve canlı yem üretimi teşvik edilmeli
- Karbon çevrimi yüksek çevreci mikro alg ve su bitkileri yetiştiriciliği teşvik edilmelidir.

5. ŞURA KARARLARI

1. İklim değişikliği etki, etkilenebilirlik ve risk analizleri yapılarak ulusal, bölgesel ve yerel ölçekte sektörlerin uyum eylemleri belirlenmeli, uygulanmalı ve izlenmelidir.

2. İklim değişikliğinin etkileri ve uyum konusunda farkındalığın ve kapasitenin artırılması amacıyla Millî Eğitim Bakanlığı ve Yüksek Öğretim Kurumu müfredatları ve programları güncellenmeli ve yeşil iş gücünün yetiştirilmesi doğrultusunda eğitimler verilmelidir.

3. İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkilerinin en aza indirilmesi ve su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımı doğrultusunda nehir havza yönetim planları, taşkın yönetim planları, kuraklık yönetim planları ve sektörel su tahsisi planları gibi havza ölçekli planlar 25 havzada tamamlanmalı, periyodik olarak güncellenmeli ve uygulamalarının takibi yapılmalıdır.

4. İçme ve kullanma suyu şebekesi iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıp ve kaçak oranı ortalaması 2030 yılına kadar %30 seviyesine indirilmelidir.

5. Tarım ve sanayi başta olmak üzere sektörlerde suyun verimli kullanılması sağlanmalı, drenaj suları ve arıtılmış atıksular gibi kullanılmış suların yeniden kullanım oranı 2030 yılında %15'e çıkarılmalıdır.

6. İklim değişikliğine dirençli, rekabetçi ve teknolojiyi etkin kullanan, havzanın ürün desenini ve su bütçesini dikkate alan verimli bir tarım sektörü oluşturulmalıdır.

7. Tarım ürünleri ve alanları ile ilgili iklim değişikliğine uyum seçeneklerinin belirlenmesine yönelik AR-GE çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

8. Ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitliliğin korunması amacıyla iklim değişikliğine uyumlu tarım uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

9. İklim değişikliğine bağlı afetlere karşı tarım sigortaları sistemi (TARSİM) güçlendirilmelidir.

10. İklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlanması amacıyla tarım sektöründe faaliyet gösteren paydaşlara yönelik eğitim, bilinçlendirme ve kapasite geliştirme faaliyetleri yaygınlaştırılmalı, teknik ve mali destek mekanizmaları güçlendirilmelidir.

11. İklim değişikliğinin halk sağlığına etkilerine karşı koruyucu hekimlik temelinde uyum eylemleri tespit edilmeli, uygulanmalı ve bu yönde kapasitenin geliştirilmesi sağlanmalıdır.

12. İklim değişikliğinin etkilerine karşı toplumsal dirençliliğin sağlanması doğrultusunda uyum eylemleri tespit edilmeli ve uygulanmalıdır.

13. Mevcut denizel ve karasal korunan alanlar muhafaza edilerek bu alanların yönetim planları tamamlanmalı, nitelik ve nicelikleri artırılmalı ve bozulmuş ekosistemlerin restorasyonu sağlanmalıdır.

14. Kentsel ve kırsal peyzajlarda, tüm sektör ve tematik alanlarda altyapı ve üstyapının iklim değişikliğine uyumlu hale getirilmesi için doğa temelli çözümler kullanılmalıdır.

15. İklim değişikliğinin turizm ve kültürel miras değerleri üzerindeki etkileri tespit edilmeli ve turizm faaliyetlerinin iklim değişikliğine uyumu ve sürdürülebilirliği sağlanmalıdır.

16. İklim değişikliğine uyuma yönelik ihtiyaç duyulan ulusal ve uluslararası fonlara erişim için finansal araçlar geliştirilmeli, kayıp-zarar risklerinin yönetilmesi amacıyla sigortacılık enstrümanları geliştirilmelidir.

17. Yatırım projeleri öncesinde, iklim değişikliğinin yatırıma etkilerinin değerlendirilmesinin zorunluluk haline getirilmesi amacıyla "Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği"nde gerekli düzenleme yapılmalıdır.

18. İklim değişikliğine uyum amacıyla sektörel bazda erken uyarı sistemleri kurulmalı, geliştirilmeli ve bütünleşik çalışabilecek şekilde düzenlenmelidir.

19. Orman ekosistemlerinin korunmasına yönelik iklim değişikliğine uyum faaliyetleri planlanmalı ve uygulanmalıdır.

20. İklim değişikliği etkilerine karşı ekosistem temelli balıkçılık yönetimi uygulanmalı, sucul biyolojik çeşitlilik korunmalı ve geliştirilmelidir. Ayrıca iklim değişikliğine uyumlu sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği teşvik edilmelidir.

6. KAYNAKÇA

Amanatidis, G. (Ocak 2020). Combating climate change. European Parliament, Fact Sheets on the European Union. Erişim adresi https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/72/combating-climate-change

Avrupa Komisyonu. (2009a). Questions and Answers on the White Paper on climate change adaptation. MEMO/09/145. Erişim adresi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_09_145

Avrupa Komisyonu. (2009b). White paper: Adapting to climate change - towards a European framework for action. COM/2009/0147

Avrupa Komisyonu. (2018). Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the implementation of the EU Strategy on adaptation to climate change. COM/2018/738. Erişim adresi https://eur-lex.europa.eu/legal content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0738

Avrupa Komisyonu. (2022a) Climate Action - What we do. Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/about-us/mission_en

Avrupa Komisyonu. (2022b) European Climate Change Programme. Erişim adresi https://ec.europa.eu/clima/policies/eccp_en

Avrupa Konseyi. (3 Eylül 2020). Environment Council configuration (ENVI). Erişim adresi https://www.consilium.europa.eu/en/council-eu/configurations/env/

Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi. (18 Eylül 2020). Aichi Biodiversity Targets. Erişim adresi https://www.cbd.int/sp/targets/

Climate Adapt. (2022). Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change. Erişim adresi https://climate adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/eu-strategy-on-adaptation-to-climate-change

Climate Adapt (2021). Adaptation support tool, Erişim adresi https://climate adapt.eea.europa.eu/#t-adapt

Commonwealth Secretariat. (2008). Local Governments and Climate Change, Discussion Paper, (Number 2). Erişim adresi https://www.preventionweb.net/files/13570_13570DiscussionPaper2hyperlinked1.pdf

Coşkun Hepcan, Ç. (2021). İklim Değişikliği Uyum Planlaması & Uyum Planlaması için Matris, İçinde: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim Değişikliğine Uyum Konusunda Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi Eğitimi Projesi, Modül: 2. Ankara.

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2021). İklim Değişikliğine Uyum Konusunda Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi Eğitim Projesi. İklimiduy, Modül 2. Ankara.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2020). Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları, Ankara. Erişim adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/ordu/menu/bidep_rapor_v14_maket1_20210315075810.pdf

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2015). Türkiye Cumhuriyeti Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı Beyanı, Erişim adresi https://www.csb.gov.tr/db/turkce/editordosya/The_INDC_of_TURKEY_v_15_19_30 TR.pdf

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2012). Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı (2011 – 2023). Erişim adresi https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/file/eylem%20planlari/Iklim%20DegisİkligI%20Eylem%20Plani_TR.pdf

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2012). Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023). Erişim adresihttps://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/uyum_stratejisi_eylem_plani_TR.pdf

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2010). Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi (2010-2023). Erişim adresi https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/Turkiye-Iklim-Degisikligi Stratejisi.pdf

European Commission-EC (2021). Building a climate-resilient future - a new EU strategy on adaptation to climate change, Erişim adresi https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_663

GIZ. (2014). A Framework for Climate Change Vulnerability Assessments. New Delhi: GIZ. Erişim adresi https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability guides-manuals-reports/Framework_for_Climate_Change_Vulnerability_Assessments_ _GIZ_2014.pdf

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland.

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland.

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

Kalkınma Bakanlığı. (2014). Onuncu Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara. Erişim adresi https://www.sbb.gov.tr/wp content/uploads/2021/02/On_Birinci_Kalkinma_Plani_Ozel_Ihtisas_Komisyonlari_El Kitabi.pdf

SBB (2019). On Birinci Kalkınma Planı, Erişim adresi https://www.sbb.gov.tr/wp content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf

Talu, N., ve Kocaman, H. (2019). Türkiye'de İklim Değişikliği İle Mücadelede Politikalar, Yasal ve Kurumsal Yapı, İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 4, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.

Tarım ve Orman Bakanlığı, (2019). Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Tarımsal Çevre ve Doğal Kaynakları Koruma Daire Başkanlığı. İklim Değişikliği ve Tarım. Ankara.

The Global Commission on Adaptation-GCA. (2022). The Global Commission on Adaptation, Erişim adresi https://gca.org/about-us/the-global-commission-on-adaptation/

Tuğaç, Ç. (2019a). Türkiye'de Kentsel İklim Değişikliği İçin Eko-Kompakt Kentler, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları: 619, Ernst Reuter İskân ve Şehircilik Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları: 23, Ankara.

Tuğaç, Ç. (2019b). Kentsel Dirençlilik Perspektifinden Yerel Yönetimlerin Görevleri ve Sorumlulukları, İdealkent, 28(10): 984-1019.

Tuğaç, Ç. (2022a). İklim Değişikliği Krizi ve Şehirler, Çevre, Şehir ve İklim, 1(1): 39-60.

Tuğaç, Ç. (2022b). Kentler, İklim Değişikliğiyle Mücadele ve Uyum, Erişim adresi https://temizenerji.org/2022/03/10/kentler-iklim-degisikligiyle-mucadele-ve-uyum/

UN. (2022). The 17 Goals - History. Erişim adresi https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs

UNDRR. (2015). What is the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction?. Erişim adresi https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sf

UNDP. (2005), Human Development Report 2005: International cooperation at a crossroads Aid, trade and security in an unequal world. New York. Erişim adresi http://hdr.undp.org/en/content/human-development-report-2005

UNEP. (2022a). Cities and Climate Change. Erişim adresi https://www. unep.org/explore topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/cities-and-climate-change

UNEP. (2022b). New IPCC Report: Taking action now can secure our future, Erişim adresi https://unepdtu.org/new-ipcc-report-taking-action-now-can-secure-our future/

UNEP. (2008). Protocol on integrated coastal zone management in the Mediterranean. Erişim adresi https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/14031/08IG18_Final_Act_iczm eng.pdf

UNFCCC. (2022a). Registry for adaptation communications. Erişim adresi https://unfccc.int/registry-for-adaptation-communications

UNFCCC (2022b). Finance for Climate, Erişim adresi https://unfccc.int/topics/capacity building/workstreams/regional-collaboration-centres/finance-for-climate

UNFCCC. (2018). 2018 Talanoa Dialogue Platform. Erişim adresi https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/2018talanoa-dialogue-platform

UNFCCC. 2015. Paris Agreement. Paris: UN.

UNFCCC (2011). Fact sheet: Climate change science - the status of climate change science today, Erişim adresi https://unfccc.int/files/press/backgrounders/application/pdf/press_factsh_science.pdf

UN-HABITAT. (2017). Sustainable Urbanization in the Paris Agreement: Comparative review for urban content in the Nationally Determined Contributions (NDCs), Nairobi.

EK: KOMİSYON ÜYELERİ

No	İsim	Unvan	Kurum
1.	Bilal DİKMEN	Genel Müdür	Tarım ve Orman Bakanlığı - Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
2.	Erdem GÖRGÜN	Öğretim Üyesi	İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)
3.	Fatma POLAT	Doktora Öğrencisi	İstanbul Üniversitesi
4.	Kadir YILDIZ	Doktora Öğrencisi	Bolu İzzet Baysal Üniversitesi
5.	Adnan GÜLTEK	Genel Sekreter/ Veteriner Hekim	Türkiye Kırmızı Et Üreticileri Merkez Birliği
6.	Adnan KÜCE	Çevre Mühendisi	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı - Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
7.	Akın AKINSAL	Koordinatör	Yeryüzü Derneği
8.	Aslı İLGEN	Genel Sekreter Yardımcısı	Beyaz Et Sanayicileri ve Damızlıkçıları Birliği Derneği -BESD-BİR
9.	Ayşe YILDIRIM COŞGUN	Çalışma Grup Sorumlusu	Tarım ve Orman Bakanlığı - Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
10.	Bahattin BOZKURT	Genel Sekreter Yardımcısı	Tohum Sanayicileri ve Üreticileri Alt Birliği (TSÜAB)
11.	Burcu GENÇ	Uluslararası İlişkiler ve İklim Koordinatörü	Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı (TEMA)

No	İsim	Unvan	Kurum
12.	Celal KAYA	Bölge Müdürlüğü Tarım ve Orman Birimi Sorumlusu	GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı
13.	Ceren BALLI	Proje Uzmanı	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)
14.	Çağıl TOPARLAK ALKAN	Su Ürünleri Mühendisi	TURMEPA
15.	Dilek Demirel YAZICI	Çevre Mühendisi	Tarım ve Orman Bakanlığı - Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
16.	Diren ERTEKİN	İklime Uyum Proje Yöneticisi	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)
17.	Doç. Dr. Çiğdem COŞKUN HEPCAN	Öğretim Üyesi	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi
18.	Doç. Dr. Mahir KANYILMAZ	Daire Başkanı	Tarım ve Orman Bakanlığı - Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü
19.	Dr. Ali Kılıç ÖZBEK	Daire Başkanı	Tarım ve Orman Bakanlığı - Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
20.	Dr. Aysun AYGÜN	Öğretim Üyesi	Pamukkale Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
21.	Dr. Buket YAZICIOĞLU	Genel Sekreter Dr.	Su Ürünleri Yetiştiricileri Üretici Merkez Birliği
22.	Dr. Fatih ÖZDEMİR	Enstitü Müdürü	Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü
23.	Dr.Hakan DOĞAN	Daire Başkanı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı - Meteoroloji Genel Müdürlüğü
24.	Dr.İnci TEKELİ	Koordinatör	Tarım ve Orman Bakanlığı - Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)
25.	Eda ZORLU	AB İşleri Uzmanı	Dışişleri Bakanlığı - AB Sektörel Politiklar Daire Başkanlığı
26.	E.Didem EVCİ KİRAZ	Öğretim Üyesi	Adnan Menderes Üniversitesi
27.	Erdoğan ÖZEVREN	Portfolyo Koordinatorü	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO Türkiye)
28.	Funda GACAL	Danışman	Heal Sağlık ve Çevre Birliği
29.	Furkan Ali KÜÇÜK	Araştırmacı	TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi

No	İsim	Unvan	Kurum
30.	Gürsel ERUL	Genel Müdür Yardımcısı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
32.	Hatice DİNÇ	Koordinatör	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)
33.	İbrahim KAYA	Orman Yüksek Mühendisi	Marmara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
34.	İbrahim YAMAÇ	Uzman	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
35.	İnci Gözde ÖZ	Uzman Yrd.	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı
36.	Leyla ASLAN	Yönetim Kurulu Başkanı	Buğday Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği
37.	Maruf ARAS	Genel Müdür Yrd.	Tarım ve Orman Bakanlığı-Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
38.	Mediha HALİLOĞLU	Uzman	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
39.	Mehmet ACET	Proje Yöneticisi	Orman Ağaçları ve Tohum Islah Araştırma Enstitü Müdürü
40.	Mehmet Erşad HAKSEVER	Tarım ve Orman Uzmanı	Tarım ve Orman Bakanlığı - Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü
41.	Mehmet Fatih ŞEN	Uzman	İçişleri Bakanlığı - Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)
42.	Melis KOCATÜRK	Müdür V.	TÜBİTAK-Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Dairesi
43.	Meltem ONAY	Kurucu Ortak	Cemre Hareketi - Sürtürülebilir Tarım ve Gıda Platformu
44.	Muhammed Furkan YURTSEVEN	Çevre Mühendisi	Sağlıklı Kentler Birliği
45.	Murat KARAHAN	Mühendis	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü

No	İsim	Unvan	Kurum
45.	Murat Sungur BURSA	Yönetim Kurulu Başkanı	Sürdürülebilirlik Akademisi
46.	Nazan ÖZYÜREK	Daire Başkanı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
47.	Necati Cem AKTUZ	Mühendis	Tarım ve Orman Bakanlığı-Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
48.	Nuran TALU	Dernek Başkanı	Küresel Denge Derneği
49.	Nusret MUTLU	Başkan Yrd.	GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı
50.	Özgür BALCI	Yönetim Kurulu Üyesi	Orman Mühendisleri Odası
51.	Pınar ZORAL	Şube Müdürü	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü
52.	Pr.Dr.Funda ELMACIOĞLU	Pr.Dr.Beslenme Diyet Uzmanı	Gıda ve Beslenme Derneği
53.	Prof. Dr. Ali KOCABAŞ	Prof.Dr.	Türk Toraks Derneği
54.	Prof. Dr. Cemal TALUĞ	Prof.Dr.	Tarım ve Gıda Etiği Derneği
55,	Prof. Dr. Hüseyin TOROS	Öğretim Üyesi	İstanbul Teknik Üniversitesi
56.	Prof. Dr. Murat ERTEKİN	Öğretim Üyesi	Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
57.	Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU	Öğretim Üyesi	Çukurova Üniversitesi
58.	Prof.Dr. Kasım YENİGÜN	Prof.Dr.	Kastamonu Üniversitesi
59.	Prof.Dr.Süleyman TOY	Prof.Dr.	Atatürk Üniversitesi
60.	Satuk Buğra FINDIK	Daire Başkanı	Tarım ve Orman Bakanlığı-Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
61.	Seçil OCAK	Mühendis	Tarım ve Orman Bakanlığı-Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
62.	Selim ŞAHİN	Şube Müdürü	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü
63.	Sezer ATSAN	Genel Merkez Teknik Müşaviri	Türkiye Ziraat Odaları Birliği
64.	Şafak ARSLAN	Biyoçeşitlilik Araştırma Koordinatörü	Doğa Derneği

No	İsim	Unvan	Kurum
65.	Tanyeli SABUNCU	Türkiye Direktörü	Doğal Hayatı Koruma Vakfı (World Wide Fund for Nature - WWF)
66.	Tuba BUCAK	CBS ve Modelleme Koordinatörü	Doğa Koruma Merkezi
67.	Tülay MORSÜNBÜL PARMAKSIZ	Uzman	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı-Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Dairesi
68.	Uğur KARAKOÇ	Mühendis	Tarım ve Orman Bakanlığı-Orman Genel Müdürlüğü (OGM)
69.	Umay Gökçe ÖZKAN	Koordinatör AB	Tarım ve Orman Bakanlığı-Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü
70.	Ülkü KARAKUŞ	Dernek Başkanı	Yem Sanayicileri Birliği
71.	Ümit TURHAN	Daire Başkan Yardımcısı	Tarım ve Orman Bakanlığı-Orman Genel Müdürlüğü (OGM)
72.	Yiğit ATEŞ	Borsalar Müdürü	OOBB-Oda ve Borsalar Dairesi
73.	Zeynep Fikran YENİCE	Uzman	Kültür ve Turizm Bakanlığı-Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü
74.	Zinnet OĞUZ	Uzman Biyolog	Sağlık Bakanlığı-Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü
75.	Murat BAŞAR	Uzman	Orman Genel Müdürlüğü
76.	Murat ÇEVİRME	Daire Başkanı	Orman Genel Müdürlüğü
77.	İlkay DELLAL	Prof.Dr.	Ankara Üniversitesi
78.	Zeynep EREN	Prof.Dr.	Atatürk Üniversitesi
79.	Evrim DOĞAN ÖZTÜRK	Uzman	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü
80.	Yüsra Gül TOZOĞLU KOÇOĞLU	Uzman	Tarım ve Orman Bakanlığı-Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü
81.	Ayşe KULA	Daire Başkanı	Milli Eğitim Bakanlığı
82.	Yasemen Aslı KARATAŞ	Uzman	BM Gıda ve Tarım Örgütü
83.	Bilgehan NAS	Prof.Dr.	Konya Teknik Üniversitesi
84.	İsa SERTKAYA	Orman Yüksek Mühendisi	Orman Mühendisleri Odası

YEREL YÖNETİMLER KOMİSYONU FİNAL RAPORU

1. GİRİŞ

Türkiye'nin büyük bir kısmı yazı kurak subtropikal Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır. Dolayısıyla, Türkiye hem mevcut iklim, iklim değişikliği ve değişkenlik hem de gelecekteki iklim açısından orta-yüksek riskli ülkeler arasında yer almaktadır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) gözlem ve verilerine göre, Türkiye'de yaz aylarında yağışlar azalırken sıcaklıklar artmaktadır. Ülke genelinde maksimum ve minimum sıcaklıkları da etkileyen artan bir eğilim vardır. Bununla birlikte, yağış değişikliklerinde çok karmaşık desenler vardır. Ortalama yıllık toplam yağış miktarı azalmasına rağmen, bir günlük maksimum yağış miktarı artmaktadır. Büyüme mevsimi uzunluğu zaten yüksek olan kıyı bölgeleri hariç artmıştır. Bu sonuç Türkiye'nin sıcaklıklarında önemli bir artışa işaret etmektedir. MGM'ye göre, Türkiye'nin kuzeyindeki yıllık toplam yağış miktarının arttığı,

Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde azalma eğilimi gösterdiği ve azami yağışlı gün sayısının, yağışlı gün sayısının ve gün maksimum yağış Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri dışındaki birçok istasyonda artış eğilimi göstermiştir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015).

Bu verilerin bir yansıması olarak iklim değişikliğinin etkileri zaten Türkiye'de hissedilmektedir. En belirgin sonuçlar; daha sıcak kışlar, daha kurak ve daha sıcak yazlar, biyolojik çeşitlilikteki değişiklikler ve dağlardaki buzulların geri çekilmesidir. İklim değişikliğinin karasal, deniz ve tatlı su ekosistemleri üzerinde etkisi vardır ve çevre üzerindeki genel baskıyı arttırmaktadır. Hava ve iklim kaynaklı aşırı olay ve afetlerden kaynaklanan sosyal ve ekonomik kayıplar, Türkiye'de yıllar arası değişkenlikle birlikte artmaktadır. 2021 yılı ağustos ayında Karadeniz Bölgesi'nde yaşanan sel felaketi bunun en somut örneklerinden biridir.

İklim değişikliği küresel bir sorun olsa da yerel ölçekte hissedilmektedir. Bu nedenle şehirler ve

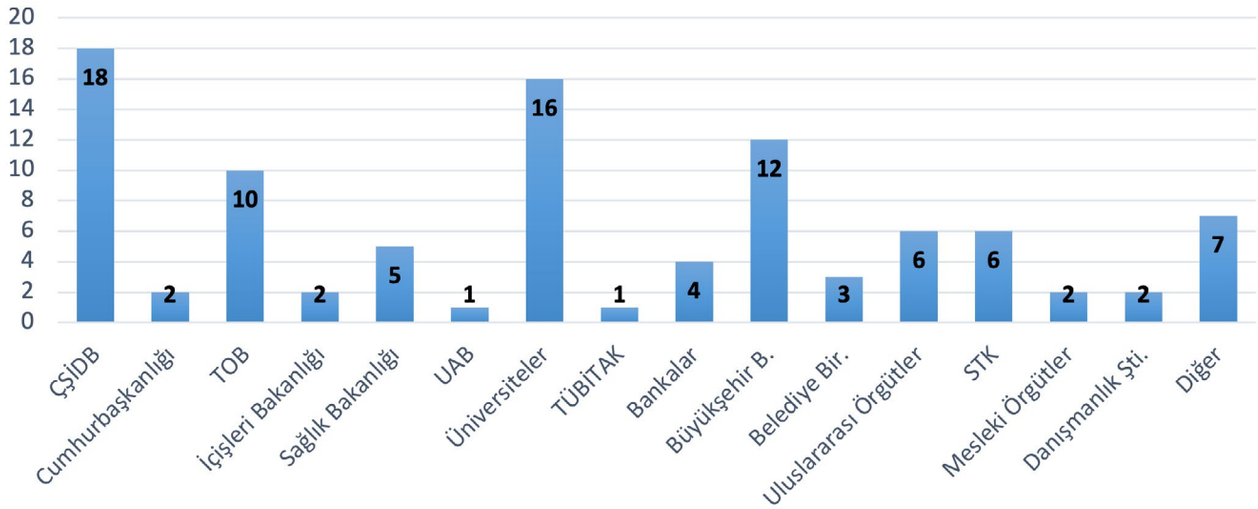
belediyeler uyumun ön saflarında yer almak durumundadır. İklim değişikliğinin çok boyutluluğu kadar yerel yönetimlerin görev ve sorumluluk alanlarının genişliği de iklim değişikliği politikalarına yerel yönetimlerin dâhil olmasını zorunlu kılmaktadır (Talu ve Kocaman, 2019). Yerel düzey ve kentsel bağlam, iklim değişikliğine uyum için oldukça önemli kabul edilmektedir. Zira iklim değişikliğine uyum her şeyden önce yereldir ve belediye yetkililerine, şirketlere veya bireylere dayanır (Klein & ark., 2017). Bu durum kamu kesiminde yerel düzeyde belediyeleri iklim yönetişiminde önemli bir aktör olarak ön plana çıkarmaktadır.

Yerel yönetimler, iklim değişikliğinin neden ve etkileriyle mücadele etmek için kilit bir role sahiptir. Zira yerel yönetimler, iklim değişikliğinin nedenlerini azaltmada ve yerel düzeyde politika ve vatandaş katılımı yoluyla öngörülen zorluklara uyum sağlamada önemli bir rol oynayabilir. Yerel yönetimler, iklim riskini ele almak için doğrudan yatırım yapabilir ve topluluk, özel sektör ve ulusal kurumlarla ortaklaşa çalışabilir. Temel altyapıya, konut inşaatına ve sigorta gereksinimlerine yapılan özel ve ticari yatırımlar, geniş çapta uyum sağlama eylemini yönlendirebilir (IPCC, 2022). Eyleme en yakın olan yerel yönetimler, daha dirençli bir toplum inşa etmek için gerekli olan bireysel ve toplum seviyelerindeki davranış değişikliğini katalize etme ve sürdürme fırsatına sahip olduklarından, vatandaşlarına etkin bir liderlik sağlayabilir. Yerel yönetimleri bu rolde desteklemek için mali ve diğer kapasite geliştirme mekanizmalarının çeşitlendirilmesi gerekmektedir.

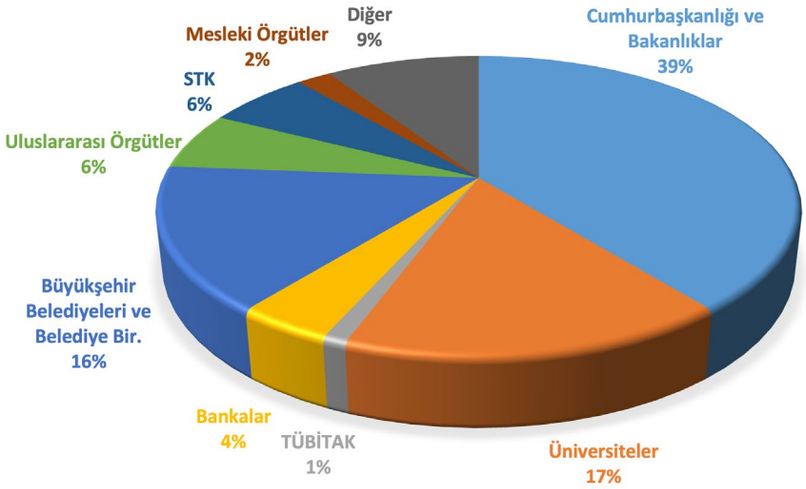
Yerel yönetimler, afet olduğunda en erişilebilir yönetim otoritesidir. Topluma yakınlıkları göz önüne alındığında, yerel yönetimler, daha yüksek yönetişim yapısındaki kurum ve kuruluşlara göre yerel iklim olaylarına daha hızlı ve daha etkili yanıt verme avantajına sahiptir. Yerel yönetimler, doğal afetlere karşı sürekli ve üst düzeyde hazırlık ve yönetimi sağlama çabalarında, iklim değişikliğinin etkisinin izlenmesinde kritik bir rol oynamakta ve iklim riskleri ve kırılganlıklarının yönetilmesi için önemli bir konumdadırlar. Bu bağlamda yerel yönetimler aynı zamanda, büyük ölçekli iklim değişikliği müdahaleleri konusunda merkezi hükümete hayati ve etkili bir bilgi kaynağı olabilirler (Commonwealth Secretariat, 2008).

1.1. Komisyonun Tanıtımı ve Kapsamına Yönelik Komisyon Genel Çerçevesi

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca düzenlenmiş olan İklim Şûrası kapsamındaki çalışmaları yürütmek amacıyla yedi komisyon oluşturulmuştur. Yerel Yönetimler Komisyonu bu komisyonlardan biridir. Komisyon'da Cumhurbaşkanlığı, Bakanlıklar, kamu kurum ve kuruluşları, uluslararası kuruluşlar, TÜBİTAK, üniversiteler, yerel yönetimler, belediye birlikleri ve sivil toplum kuruluşları başta olmak üzere tüm aktörler değişik sayılardaki temsilcilerle temsil edilmiştir. Komisyonda 90 üye yer almıştır. Bu üyelerin kurumsal sayı ve oranları Şekil 1'de ve Şekil-2'de verilmiştir.



Şekil 1: *Komisyon Üyelerinin Kurumsal Dağılımı*



Şekil 2: *Komisyon Üyelerinin Kurumlarına Göre Oransal Dağılımı*

Şûra öncesi, Şûra'ya temel oluşturacak konuların tartışılması, politikalar ve öneriler geliştirilmesi hedeflenmiş ve bu çerçevede komisyon dört çevrimiçi toplantı yapmıştır. Bu toplantıların takvimi aşağıda verilmiştir.

Yerel Yönetimler Komisyonu toplantı takvimi:

1. Toplantı: 05.01.2022

2. Toplantı: 07.01.2022

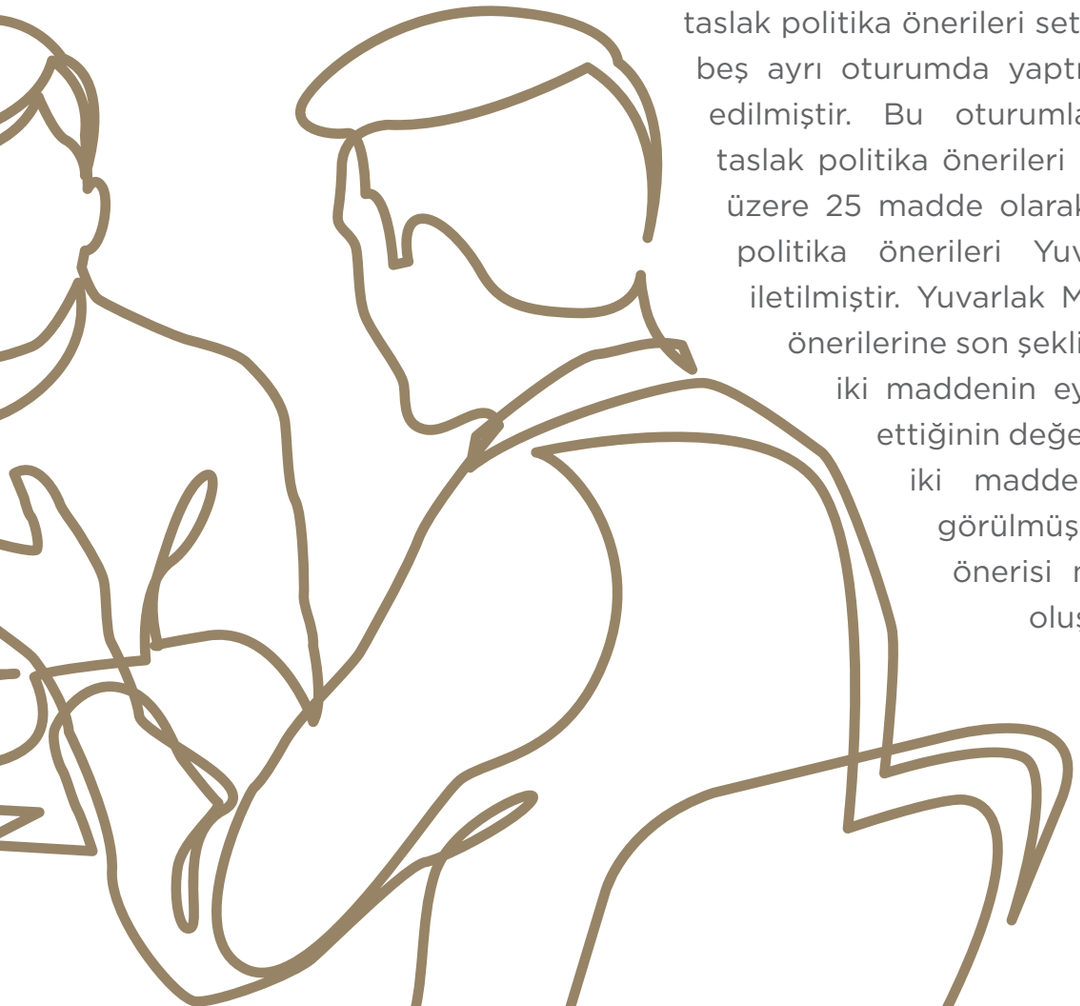
3. Toplantı: 12.01.2022

4. Toplantı: 26.01.2022

Toplantılar belirli bir sistematik çerçevesinde yürütülmüştür. Bu kapsamda birinci ve ikinci toplantılarda; iklim değişikliği – yerel yönetimler ilişkisinin Türkiye'deki mevcut durumu, sorun ve çözüm alanlarının tespiti konuları müzakere edilmiş, üçüncü

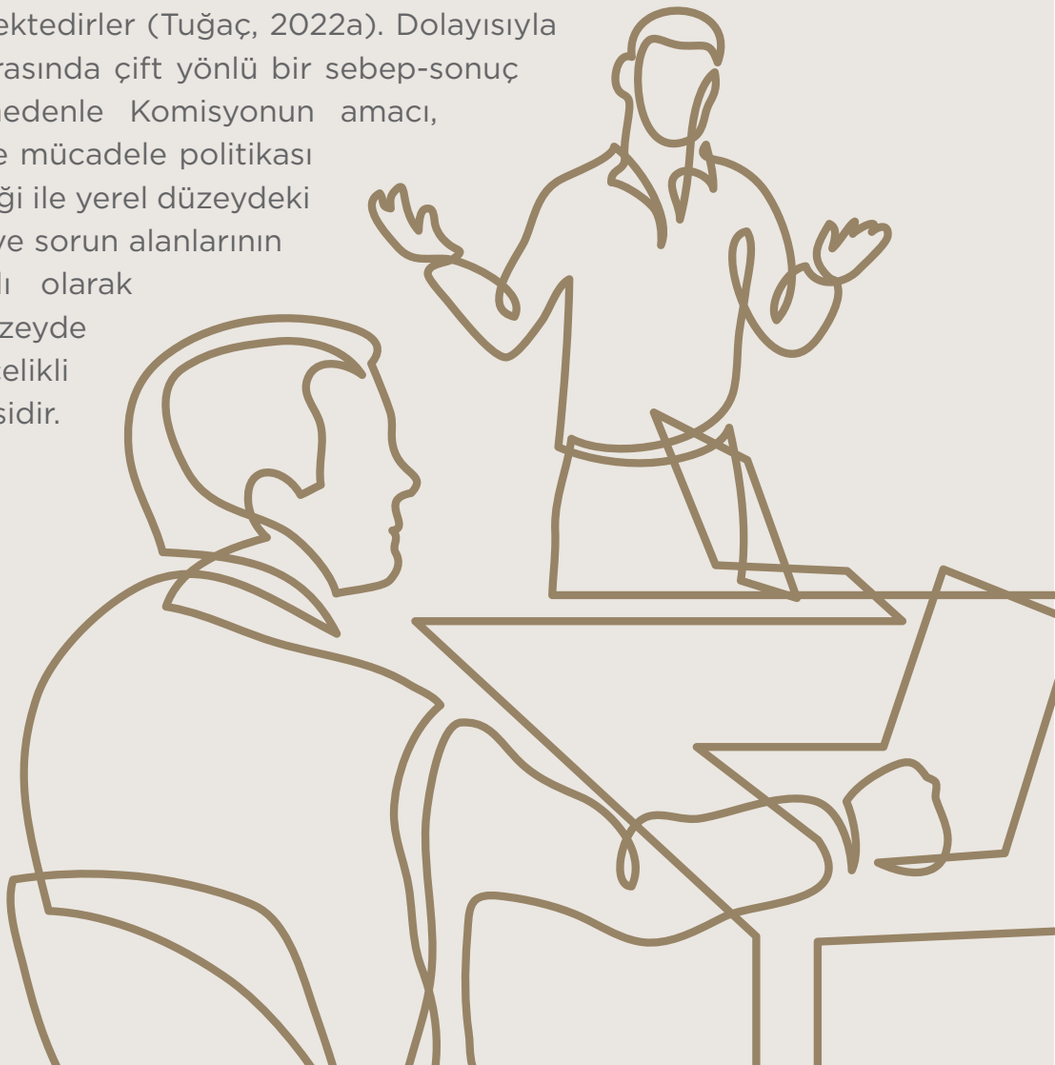
ve dördüncü toplantılarda ise politika ve önerilerin tespiti konuları tartışılmıştır. Her toplantı sonrasında komisyon üyeleri toplantıda tartışılan konular hakkındaki görüşlerini ve önerilerini ayrıca yazılı olarak Komisyon Başkanlığına bildirmişlerdir. Bunun yanında Komisyon Başkanlığınca üyelere iklim değişikliği ile mücadelede yerel yönetimlere ilişkin sorun alanlarının neler olduğu ve bu konu hakkındaki önerilerini almak üzere "komisyon toplantısı öneri formu" başlıklı standart bir form e-posta ile gönderilmiştir. Bu formda yer alan; sorun alan, politika önerisi, mevzuat önerisi, sektörel hedefler ve genel öneri başlıklarına ilişkin görüş bildirmeleri istenmiştir. Tüm bu çalışmaların sonucunda, raportörlerce hazırlanan toplantı raporları, üyelerin bildirdikleri yazılı görüşleri, komisyon toplantısı öneri formu ve uygulanan anketlerden elde edilen verilerle birleştirilerek üç adet rapor hazırlanmış, bu raporlar tüm üyelere e-posta ile gönderilerek toplantı çıktıları tüm üyelerle paylaşılmıştır.

Çevrimiçi toplantıların tamamlanması sonrasında İklim Şûrası'ndaki komisyon çalışmalarına temel oluşturacak 21 maddeden oluşan taslak politika önerileri seti oluşturulmuştur. 21-25 Şubat 2022 tarihleri arasında Konya'da yapılan İklim Şûrası'na 60 komisyon üyesi katılmıştır. Şûrada 21 maddeden oluşan taslak politika önerileri seti Komisyonun üç günde ve beş ayrı oturumda yaptığı oturumlarda müzakere edilmiştir. Bu oturumlar sonunda Komisyonun taslak politika önerileri 5 maddesi öncelikli olmak üzere 25 madde olarak belirlenmiş ve bu taslak politika önerileri Yuvarlak Masa Toplantısına iletilmiştir. Yuvarlak Masa Toplantısında politika önerilerine son şekli verilmiştir. Buna ek olarak, iki maddenin eylemlerinin bütünlük teşkil ettiğinin değerlendirilmesi sonucu taslak iki maddenin birleştirilmesi uygun görülmüş olup son haliyle 24 politika önerisi nihai şura kararları olarak oluşmuştur.



1.2. Komisyonun Amaç ve Hedefi, Komisyonun Beklenen Çıktıları, Çalışma Alt Konuları

İklim değişikliği günümüzde kriz mertebesine gelmiş küresel bir sorundur ve ülke ya da bölge sınırı tanımayan etkilere sahiptir. Bu etkiler özellikle nüfusun ve ekonomik aktivitelerin yoğunlaştığı şehirlerde önemli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Küresel ortalama sıcaklıkların artmasıyla deniz seviyelerinde yükselme, seller, kuraklık ve fırtınalar gibi aşırı hava olaylarında ve afetlerde sayı, sıklık ve şiddet bakımından artışlar yaşanması ve halk sağlığı sorunlarının yay-gınlaşması; iklim değişikliğinin şehirlerde meydana getirdiği sonuçlardır. Bu sonuçların şehirlerdeki ekonomik aktiviteler, çevresel durum, temel hizmetler, altyapılar, konutlar, insanların esenliği, sosyal yapı ve tüm canlıların sağlığı üzerine olumsuz etkileri oldukça fazladır. Ancak şehirler ve iklim değişikliği arasındaki ilişki tek yönlü olarak gerçekleşmemektedir. Şehirleşme süreçleri ve şehirlerde gerçekleştirilen faaliyetler de ortaya çıkardıkları sera gazı emisyonları ve yüksek orandaki doğal kaynak kullanımları ile iklim değişikliğine önemli ölçüde kaynaklık etmektedirler (Tuğaç, 2022a). Dolayısıyla iklim değişikliği ile şehirler arasında çift yönlü bir sebep-sonuç ilişkisi bulunmaktadır. Bu nedenle Komisyonun amacı, Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele politikası doğrultusunda, iklim değişikliği ile yerel düzeydeki mücadelede, mevcut durum ve sorun alanlarının tespit edilmesi, buna bağlı olarak iklim değişikliği ile yerel düzeyde mücadele için politika ve öncelikli eylem önerilerinin belirlenmesidir.



Komisyon bu temel amaca bağlı olarak çalışmalarını sekiz alt konu çerçevesinde yürütmüştür. Bu konular:

1. Yerel düzeyde geliştirilecek iklim değişikliği ile mücadele ve uyum politikaları;
2. Yerel düzeyde iklim değişikliğine uyumun yönetişimi;
3. Yerel iklim değişikliği eylem planları (YİDEP);
4. İklim değişikliğinin yerel düzeydeki etkileri/riskleri ve uyum konuları;
5. Yerel düzeyde uyum için kentsel/kırsal çözümler;
6. Yerel düzeyde uyum için finansman;
7. Paris İklim Anlaşması ve yerel yönetimler;
8. Türkiye'de yerel düzeyde iklim değişikliğine uyumun Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde değerlendirilmesidir.

2. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. Dünyadaki Durum

Birleşmiş Milletler, dünya nüfus beklentilerinin 2019 revizyonunda, 2019'da 7,7 milyar olan dünya nüfusunun 2030'da 8,5 milyara, 2050'de 9,7 milyara ve 2100'de 10,9 milyara ulaşacağı öngörülmektedir (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2019). Günümüzde dünya nüfusu 7,9 milyara ulaşmıştır. 2018'de dünya nüfusunun %55,3'ü kentsel yerleşimlerde yaşıyordu. 2030 yılına kadar kentsel alanların dünyadaki insanların %60'ını barındıracağı ve her üç kişiden birinin en az yarım milyon nüfuslu şehirlerde yaşayacağı tahmin edilmektedir (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2018).

2020 yılı verilerine göre dünya kentsel nüfusunun yaklaşık %60'ını temsil eden 300.000'den fazla nüfusa sahip 1934 şehir bulunmaktadır. 2020 yılında en az 2,59 milyar insan metropollerde yaşamakta, bu da dünya nüfusunun üçte birini oluşturmaktaydı. 34 metropolün nüfusu 10 milyonu aşmış; 51'inin nüfusu 5 ila 10 milyon arasındayken; 1 ila 5 milyon arasında 494 ve 300.000 ila 1 milyon arasında 1355 şehir bulunmaktadır (UN-Habitat, 2020). 2050 yılında dünya nüfusunun %70'nin kentlerde yaşaması beklenmektedir.

Şehirler gelişmenin motorlarıdır. Çünkü şehirler çok sayıda insana hizmet sunarak, ekonomik büyümeyi ve yeniliği teşvik ederek ve istihdam yaratarak ölçek ekonomilerine izin verir. Ancak şehirler, dünyanın en ciddi çevresel ve sosyo-ekonomik zorluklarından bazılarını daha da kötüleştirebilecek bir özellik taşır. Çünkü şehirler, milyonlarca insanın afet, kirlilik ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı son derece savunmasız olabilecek yerlerde yoğunlaştığı alanlardır. Nitekim dünyanın 33 mega kentinden 21'i alçak kıyı bölgelerindedir. Yaklaşık 700 milyon insanın deniz seviyesinden 10 metreden daha az yükseklikte olan kentsel alanlarda yaşadığı tahmin edilmektedir (UNEP, 2021).

İklim değişikliği kentsel yaşamı büyük ölçüde etkileyen küresel bir olgudur. Artan küresel sıcaklıklar deniz seviyelerinin yükselmesine neden olmakta, sel, kuraklık ve fırtına gibi aşırı hava olaylarının sayısını artırmakta ve tropikal hastalıkların yayılmasını hızlandırmaktadır. Bütün bunların şehirlerin temel hizmetleri, altyapısı, konutları, insan geçim kaynakları ve sağlığı üzerinde maliyetli etkileri vardır. Aynı zamanda, kentsel faaliyetler sera gazı emisyonlarının ana kaynakları olduğundan, şehirler iklim değişikliğine önemli bir katkıda bulunur. Tahminler, şehirlerin küresel CO_2 emisyonlarının %75'inden sorumlu olduğunu ve ulaşım ve binaların en büyük katkıda bulunanlar arasında yer aldığını göstermektedir (UNEP, 2022a).

2.1.1. Kentlerde İklim Değişikliği Riskleri, Etkileri ve Muhtemel Senaryolar

Kentler yoğun nüfuslu alanlar olduğu için sıcak hava dalgaları, meteorolojik afetler, kuraklık ve su stresi gibi olumsuzluklar başta olmak üzere iklim değişikliğinden en fazla etkilenen alanlardır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün, 2020 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi Raporu'na göre 1980-1999 yılları arasında dünya genelinde meydana gelen doğal afetlerin türlerine göre dağılımı incelendiğinde rapor edilen afet sayısı 4.212, can kaybı, 1,19 milyon, etkilenen insan sayısı 3,25 milyar ve ekonomik kayıplar 1,63 trilyon ABD$'dır. Bu rakamlar 2000-2019 yılları arasında daha da artmış ve rapor edilen afet sayısı 7.348, can kaybı, 1,23 milyon, etkilenen insan sayısı 4,03 milyar ve ekonomik kayıplar 2,97 trilyon ABD$'na ulaşmıştır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021). Bu makro düzeydeki dünya rakamlarının %87,2 oranındaki bölümü hava olayları ile ilgili olup büyük bir bölümü kentsel yerleşim yerlerine aittir. Bütün bu olumsuzluklar dünya ölçeğinde iklim değişikliği ile mücadelede merkezi ve bölgesel yönetimlerin yanı sıra yerel yönetimlere de önemli sorumluluklar yüklemektedir.

Dünya, önümüzdeki yirmi yılda 1,5°C küresel ısınmayla birlikte kaçınılmaz çoklu iklim tehlikeleriyle karşı karşıya kalacaktır. Bu ısınma seviyesinin geçici olarak aşılması bile, bazıları geri döndürülemez olacak ek ciddi etkilere neden olacaktır. Altyapı ve alçak kıyı yerleşimleri de dâhil olmak üzere toplum için riskler artacaktır. İnsanların sağlığı, yaşamları ve geçim kaynaklarının yanı sıra enerji ve ulaşım sistemleri de dâhil olmak üzere mülk ve kritik altyapı, sıcak hava dalgaları, fırtınalar, kuraklık ve selden kaynaklanan tehlikelerin yanı sıra deniz seviyesinin yükselmesi de dâhil olmak üzere yavaş başlayan değişikliklerden giderek daha fazla olumsuz etkilenmektedir (IPCC, 2022).

Tüm kentsel alanlarda, insanların ve varlıkların iklim değişikliğiyle bağlantılı tehlikelerle karşı karşıya kalma riski artmıştır. Kentsel alanlar artık dünya nüfusunun çoğunluğunu oluşturan 4,2 milyar kişiye ev sahipliği yapmaktadır. Kentleşme süreçleri, kentsel risk ve etkileri yönlendirmek için iklim değişikliği tehlikeleriyle birleşen kırılganlık ve maruziyet yaratır. Küresel olarak, kentsel kırılganlık ve maruziyetteki en hızlı büyüme, özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerdeki plansız ve gayri resmi yerleşimlerde ve daha küçük ve orta ölçekli kentsel merkezlerde olmak üzere uyum sağlama kapasitesinin sınırlı olduğu şehirler ve yerleşim yerlerinde olmuştur. 2015 ve 2020 arasında, kentsel nüfus küresel olarak 397 milyondan fazla artmış ve bu büyümenin yüzde 90'ından fazlası az gelişmiş ülkelerde gerçekleşmiştir (IPCC, 2022).

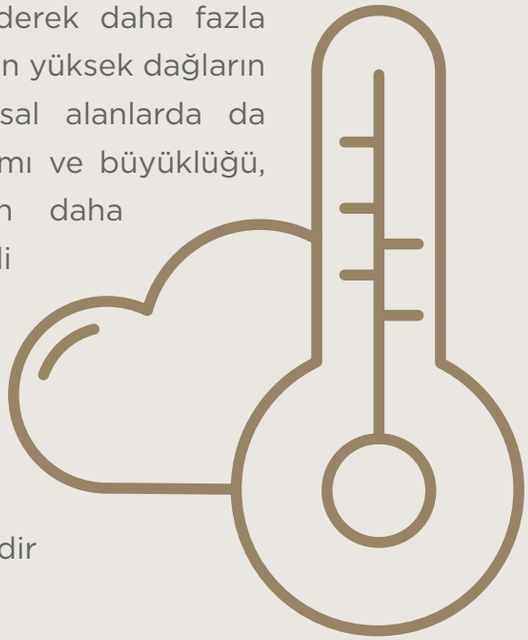
İklim değişikliği etkilerine yüksek oranda maruz kalan kentsel alanlarda yaşaması beklenen insan sayısı önemli ölçüde artmış olup 2050 yılına kadar 2,5 milyar insanın daha kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir. Bu artışın % 90'ı Asya ve Afrika bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. İklim değişikliği etkilerine yüksek oranda maruz kalan kentsel alanlarda yaşaması beklenen insan sayısına ilişkin tahminler artmıştır. Deniz seviyesindeki artış, tropikal siklonlar ve yağış yoğunluğundaki artışlar, 2050 yılına kadar alçakta bulunan şehirlerde ve yerleşim yerlerinde bulunan bir milyardan fazla insanın bulunduğu kıyı kentlerini sel basması olasılığını artıracaktır. Deniz seviyesinin yükselmesi, tropikal siklon fırtına dalgalanmasındaki artışlar ve daha sık ve yoğun aşırı yağışlar, insan sayısını, kentsel arazi alanını ve sel tehlikesinden kaynaklanan zararları artıracaktır. Artan sıcaklığa maruz kalmanın ana itici gücü, zaten sıcak olan merkezlerde küresel ısınma ve nüfus artışının birleşimidir ve sıcak hava dalgalarına maruz kalan nüfusun çoğunluğu kentsel merkezlerde yaşayacaktır. Kentsel alanlarda yaşayan 350 milyon insanın, 1.5°C ısınmada şiddetli kuraklıklardan ve 2°C ısınmada 410.7 milyonun su kıtlığına maruz kalacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2022).

2.1.2. IPCC Raporlarının İklim Değişikliğinin Etkileri, Uyum Süreci ve Kırılganlık Bağlamında Değerlendirilmesi

2014 yılında yayımlanan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 5. Değerlendirme Raporu'nda (AR5) ilk defa %95 kesinlik oranıyla vurgulanan iklim değişikliğinin nedeninin insan faaliyetleri olduğu hususu, Ağustos 2021'de yayımlanan 6. Değerlendirme Raporu (AR6) Çalışma Grubu I Raporu'nda da tekrar ifade edilmiştir. Bu kapsamda çağımızda yaşanan iklim değişikliği "antropojenik (insan kaynaklı)" iklim değişikliği olarak da ifade edilmektedir (IPCC, 2014; 2021; Tuğaç, 2022a). İnsan kaynaklı iklim değişikliği şimdiden dünyanın birçok bölgesinde birçok hava durumunu ve iklim uç noktalarını etkilemektedir. Sıcak hava dalgaları, yoğun yağışlar, kuraklıklar ve tropik siklonlar gibi aşırı uçlarda gözlemlenen değişikliklerin kanıtı ve özellikle bunların insan etkisine atfedilmesi AR5'ten bu yana güçlenmiştir (IPCC, 2021).

2022 yılında yayımlanan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 6. Değerlendirme Raporu Çalışma Grubu II Raporu'na göre, iklim değişikliği her yerde doğayı, insanların yaşamlarını ve altyapıyı etkilemektedir. Tehlikeli ve yaygın etkiler dünyamızın her bölgesinde giderek daha belirgin hale gelmekte, bu etkiler, temel insan ihtiyaçlarını karşılama çabalarını engellemekte ve dünya genelinde sürdürülebilir kalkınmayı tehdit etmektedir. Ekosistemlerden insan uygarlığına kadar dünyadaki tüm yaşam, değişen iklime karşı savunmasızdır. İlk IPCC raporlarından bu yana kanıtlar daha da güçlenmiş olup dünyamız giderek ısınmaktadır. Tehlikeli iklim değişikliği yaşanmakta, aşırı olaylar

her yerde doğayı ve insanların yaşamlarını giderek daha fazla etkilemektedir. Bu, okyanusun derinliklerinde ve en yüksek dağların tepesinde görülebildiği gibi şehirlerde ve kırsal alanlarda da görülmektedir. İklim değişikliği etkilerinin kapsamı ve büyüklüğü, önceki değerlendirmelerde tahmin edilenden daha büyüktür. Bu durum doğada ve toplumda ciddi ve yaygın bozulmalara neden olmakta, gıda üretimi veya yeterli temiz içme suyu sağlama yeteneğimizi azaltarak insanların sağlığını ve refahını etkilemekte ve geçim kaynaklarına zarar vermektedir. Özetle, iklim değişikliğinin etkileri milyarlarca insanı farklı şekillerde etkilemektedir (IPCC, 2022).



2014 yılında yayımlanan Beşinci IPCC Değerlendirme Raporu'ndan bu yana, iklim değişikliğine daha geniş bir etki yelpazesi atfedilebilir. Başka bir deyişle, iklim değişikliğinin bunlara neden olduğuna veya daha olası hale getirdiğine dair yeni bilgiler vardır. Özellikle artan sıcaklık ve aşırı hava koşulları karadaki ve okyanustaki bitki ve hayvanları kutuplara, daha yüksek rakımlara veya daha derin okyanus sularına doğru itmektedir. Pek çok tür, iklim değişikliğine uyum sağlama yeteneklerinde sınırlara ulaşmakta, uyum sağlayamayan veya yeterince hızlı hareket edemeyen türlerin nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Sonuç olarak, dünyadaki bitki ve hayvanların dağılımı değişmekte, üreme veya çiçeklenme gibi önemli biyolojik olayların zamanlaması değişmektedir. Bu eğilimler ise besin ağlarını etkilemektedir (IPCC, 2022).

Sıcaklık, yağış ve aşırı hava koşullarındaki değişiklikler, vahşi yaşamda, tarımda ve insanlarda hastalıkların sıklığını ve yayılmasını da artırmıştır. Orman yangını mevsiminin uzadığı ve yanan alanlarda artışlar görülmektedir. Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı şu anda, kısmen iklim değişikliği ve sel ve kuraklık gibi aşırı olaylar nedeniyle yılın bir noktasında ciddi su kıtlığı yaşamaktadır. Kuraklık koşulları birçok bölgede daha sık hale gelmiş olup tarımı ve hidroelektrik santrallerden enerji üretimini olumsuz etkilemektedir (IPCC, 2022).

Günümüzde şehirlerde yaşayan insanlar, daha yüksek ısı stresi, orman yangını nedeniyle düşük hava kalitesi, su eksikliği, gıda kıtlığı ve iklim değişikliğinin neden olduğu diğer etkiler ve bunun tedarik zincirleri, ulaşım ağları ve diğer kritik altyapı üzerindeki etkisi ile karşı karşıyadır. Küresel olarak, iklim değişikliği giderek artan bir şekilde yaralanmalara, hastalıklara, yetersiz beslenmeye, fiziksel ve zihinsel sağlığa ve esenliğe yönelik tehditlere ve hatta ölümlere neden olmaktadır. İklim değişikliği sıcak alanları daha da sıcak hale getirmekte ve insanların dışarıda geçirebilecekleri zamanı büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu da bazı açık hava çalışanlarının gerekli saatlerde çalışamayacağı ve dolayısıyla daha az kazanacağı anlamına gelmektedir (IPCC, 2022).

İklim değişikliği etkilerinin ilave ısınmayla birlikte yoğunlaşması beklenmektedir. Aynı zamanda, diğer birçok toplumsal ve çevresel zorlukla etkileşim içinde oldukları da kanıtlanmış bir gerçektir. Artan dünya nüfusu, sürdürülemez tüketim, şehirlerde yaşayan insan sayısının hızla artması, önemli eşitsizlik, devam eden yoksulluk, arazi bozulumu, arazi kullanımı değişikliği nedeniyle biyolojik çeşitlilik kaybı, okyanus kirliliği, aşırı avlanma ve habitat tahribatı ile küresel pandemi bunlar arasındadır (IPCC, 2022).

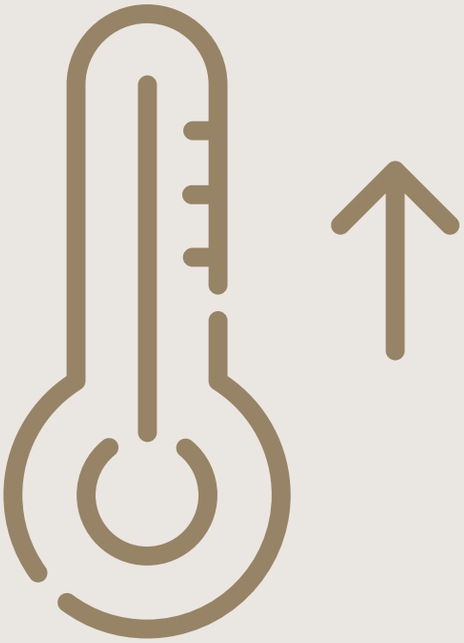
İnsanlar ve doğanın değişen koşullara uyum sağlaması halinde,

iklim değişikliği riskleri ve etkileri sınırlar dâhilinde azaltılabilir. İklim risklerini azaltmaya (adaptasyon) yönelik eylemlerin ölçeği ve kapsamı dünya çapında artmıştır. Farklı toplumsal katmanlar, işletmeler, bireyler ve haneler şimdiden iklim değişikliğine uyum sağlamaktadır. İklim tehlikeleriyle başa çıkmak, insanlar ve ekosistemler için iklim değişikliğinden kaynaklanan riskleri azaltmak istiyorsak, buna uyum sağlamak zorundayız. İklim risklerine ilişkin farkındalık ve bunları azaltmaya yönelik eylemler küresel olarak artmış olmakla birlikte ilerleme eşit değildir. AR6 Çalışma Grubu II Raporu, devam eden çabalar ile mevcut ısınma seviyeleriyle başa çıkmak için gereken uyum arasında, farklı bölgelerde değişen zorluğun ölçeği konusunda büyük boşluklar tanımlamaktadır. Bu boşluklar, örneğin finansman eksikliği, siyasi taahhüt, güvenilir bilgi ve aciliyet duygusundan kaynaklanmaktadır. Bu, en savunmasız insanların ve ekosistemlerin iklim değişikliğinden en fazla etkilenmesine yol açmaktadır. Buna ek olarak, rapor zararı azaltmak için uyumun şart olduğunu, ancak etkili olabilmesi için de uyumun sera gazı emisyonlarında iddialı azalmalarla el ele gitmesi gerektiğine vurgu yapmaktadır (IPCC, 2022).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin 6. Değerlendirme Raporu Çalışma Grubu II Raporu, Paris Anlaşması ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini karşılamak için doğayı korumak, eski haline getirmek ve korumakla aynı zamanda toplumda temel değişikliklerin önemini vurgulamaktadır. Artık küçük, marjinal, reaktif veya artımlı değişikliklerin yeterli olmayacağı açıktır. Rapora göre teknolojik ve ekonomik değişikliklere ek olarak, uyum sınırlarının üstesinden gelmek, dirençlilik oluşturmak, iklim riskini tolere edilebilir seviyelere indirmek, kapsayıcı, eşitlikçi ve adil kalkınmayı garanti etmek ve kimseyi geride bırakmadan toplumsal hedeflere ulaşmak için toplumun birçok alanında değişimler gerekmektedir (IPCC, 2022).

İklim, doğa ve insanlar arasındaki güçlü ve birbirine bağımlı ilişkiler, bu hedeflere ulaşmanın temelidir. Bu, AR6 Çalışma Grubu II Raporu'nda önceki IPCC değerlendirmelerinden daha güçlü bir şekilde vurgulanmaktadır. Artık sağlıklı bir gezegenin dünyadaki insanlar için yaşanabilir bir geleceği güvence altına almak için temel olduğu bilinmektedir. Bu nedenle dünyanın her bölgesinde karar verme ve planlamada iklim, doğa ve yerel toplulukların ihtiyaçlarının birlikte düşünülmesi ve önceliklendirilmesi gerekmektedir (IPCC, 2022).

2.1.3. Paris Anlaşması Süreci ve İklim Değişikliğine Uyuma İlişkin Durum



2020 sonrası iklim değişikliği rejiminin çerçevesini oluşturan Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. Paris Anlaşması, küresel ve yasal bağlayıcılığı olan bir anlaşmadır. İklim değişikliği ile mücadele ve düşük karbonlu ve sürdürülebilir geleceğe yönelik eylemleri ortaya koyan bu anlaşma tarihsel bir dönüm noktasıdır. Paris Anlaşması ilk kez bütün milletleri tarihi, güncel ve gelecekteki sorumluluklarına dayanan ortak bir hedef etrafında bir araya getirmektedir. Bu evrensel anlaşmanın temel amacı; bu yüzyılda küresel sıcaklık artışını 2°C altında tutmak ve sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üstünde bir artışla sınırlandırabilmek için çaba sarf etmektir. Bu iddialı ve önemli amaca ulaşabilmek için uygun finansal kaynakların devreye sokulması böylelikle, gelişmekte olan ülkeler ile savunmasız ve hassas ülkelerin kendi ulusal hedefleri doğrultusunda daha güçlü eylemlerde bulunmaları hedeflenmektedir (Tuğaç, 2019a; UNFCCC, 2015; UN-HABITAT, 2017).

Anlaşma, üye devletlerin üzerinde anlaşmaya varılan küresel sıcaklık artışını sınırlama hedefini karşılamaları için sağlam bir mimari sağlamaktadır. 4 Kasım 2016'da yürürlüğe giren Anlaşma, ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar, yetenekler ve ulusal koşullar ilkesine dayanmaktadır. Anlaşma, yoksulluğu ortadan kaldırmak ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için diğer öncelikli eylemlerin tanınması yoluyla Sürdürülebilir Kalkınma için Gündem 2030 gibi diğer anlaşmalara dayanmaktadır (UN-HABITAT, 2017).

Paris Anlaşması yerel yönetimlere iklim değişikliği ile mücadelede doğrudan bir atıfta bulunmamakla birlikte Anlaşmada maddeler içinde gömülü olarak yer alan önemli görev ve sorumluluklar vermektedir. Özellikle Anlaşmanın 7. ve 8. maddelerindeki hükümler bu konuda dikkati çeken maddelerdir. Madde 8, COP 21'de kabul edilen Paris Anlaşması'nda yer alan kayıp ve hasarı temel alır. Anlayışı, eylemi ve desteği geliştirmeye yönelik işbirliği ve kolaylaştırma alanları şunları içermektedir:

-Erken uyarı sistemleri ve acil duruma hazırlık;

-Yavaş başlangıçlı olaylar;

-Geri dönüşü olmayan ve kalıcı kayıp ve hasarlar içerebilecek olaylar;

-Kapsamlı risk değerlendirmesi ve yönetimi;

-Risk sigortası tesisleri, iklim risk havuzu ve diğer sigortalar çözümler;

-Ekonomik olmayan kayıplar;

-Toplulukların, geçim kaynaklarının ve ekosistemlerin dayanıklılığı.

Ülkemiz, Paris Anlaşması'nı, 22 Nisan 2016 tarihinde, New York'ta düzenlenen Yüksek Düzeyli İmza Töreni'nde 175 ülke temsilcisiyle birlikte imzalamış ve Ulusal Beyanımızda adı geçen anlaşmayı gelişmekte olan bir ülke olarak imzaladığımız vurgulanmıştır. Paris Anlaşması 7 Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanı Kararı ile onaylanmış olup, iç hukuk onay süreci tamamlanmıştır. Anlaşma onay belgesi 11 Ekim 2021 tarihinde BM Sekretaryası'na tevdi edilmiştir. Ayrıca, Cumhurbaşkanı tarafından ülkemizin 2053 yılı için net sıfır emisyon hedefi ilan edilmiştir.

Paris Anlaşması'nın nasıl uygulanacağına dair hususları içeren Paris Anlaşması Çalışma Programı (Kural Kitabı) 31 Ekim-13 Kasım 2021 tarihlerinde Birleşik Krallık'ın ev sahipliğinde, Glasgow'da düzenlenen 26.Taraflar Konferansında (COP 26) tamamlanmıştır. Başka bir deyişle, 2020 sonrası iklim rejimini düzenleyen Paris Anlaşması'na işlevsellik kazandırılmıştır.

Türkiye Paris Anlaşması'na taraf olmuş ve 2053 yılına dönük olarak net sıfır karbon hedefini ve yeşil kalkınma politikasını belirlemiştir. Bu politikanın tüm sektörlere yönelik yansımaları olacaktır. Türkiye'nin Paris Anlaşması'na taraf olması, ülkenin sürdürülebilir kalkınma sürecinde mihenk taşı olacağı gibi ekonomik olarak yeni imkânlar ve yeni fırsatlar sunacaktır. Zira Türkiye'nin Yeşil Kalkınma vizyonuyla Paris Anlaşması'nın örtüşen pek çok yanı vardır. Paris Anlaşması'nın "düşük sera gazı emisyonlu kalkınmanın temin edilmesi ve bunlar gerçekleştirilirken, gıda üretiminin zarar görmemesi" ve "düşük emisyonlu ve iklim dirençli kalkınma yolunda finans akışının istikrarlı hale getirilmesi" yaklaşımları Türkiye'nin Yeşil Kalkınma vizyonu ile örtüşmektedir.

Yeşil ekonomi, sektörleri yeşil enerji, yeşil ulaşım, yeşil tasarım ve inşaat, yeşil tarım, yeşil su ve atık yönetimi ve benzeri gibi yeniden tanımlayarak sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda yeşil enerji ile rüzgâr, güneş, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını, yeşil ulaşım ile yenilenebilir yakıtları, yakıt tasarruflu araçları, elektrikli otomobillerin geliştirilmesini, kamusal ulaşım ve alternatif ulaşım şekillerini geliştirilmek hedeflenmektedir. Yeşil tasarım ve inşaat ile entegre kentsel planlama, enerji ve su verimliliğinde gelişmeler, yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir ürün, malzeme ve altyapılar; yeşil tarım ile organik tarımın yaygınlaştırılması, tarımsal korumanın sağlanması ve toplum temelli gıda sisteminin oluşturulması; yeşil su ve atık yönetimi ile su ıslahı, atık su ve katı atıkların yeniden kullanımı ve geri dönüşümü, yağmur suyu toplama sistemlerinin geliştirilip yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Bütün bunlar Türkiye'ye ve bu bağlamda yerel yönetimlere getireceği ek maliyetlerin yanı sıra önemli sosyo-ekonomik ve çevresel fırsatlar da sunmaktadır.

2.1.4. AB İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Bu Başlığa İlişkin Mevcut Gelişmeler

Avrupa Komisyonu, Avrupa'nın iklim değişikliğine karşı daha dirençli hale getirilmesine yönelik bir AB uyum stratejisi geliştirmiş olup bu strateji 2013 yılında kabul edilmiştir. AB İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi, değişen iklimin mevcut ve gelecekte ortaya çıkacak etkileriyle başa çıkmaya yönelik bir çerçeve sunmaktadır. Stratejinin üç amacı bulunmaktadır:

1. Üye Ülkeler tarafından yapılacak eylemlerin teşvik edilmesi: Komisyon, tüm Üye Ülkelerin kapsamlı uyum stratejilerini oluşturmalarını teşvik etmekte olup ülkelerin uyum kapasitelerini güçlendirmeye ve eyleme geçmelerine yardımcı olmak için rehberlik ve finansman sağlayacaktır. Komisyon, kentlerin uyum çalışmalarını desteklemek üzere gönüllü bir girişim olan Belediye Başkanları Sözleşmesi (Covenant of Mayors) çerçevesinde çalışmalarını da destekleyecektir.

2. Kararların daha bilinçli şekilde alınmasının teşvik edilmesi: İklim değişikliğine uyuma yönelik bilgi eksikliklerinin ortadan kaldırılmasını ve Avrupa'da uyum ile ilgili bilgilerin Avrupa İklim Uyum Platformu (Climate-ADAPT) kapsamında tek çatı altında paylaşılmasını sağlamak.

3. Kilit ve etkilenebilir sektörlerde uyumun teşvik edilmesi: Tarım, balıkçılık ve uyum politikası çerçevesinde Avrupa'nın altyapı sisteminin iklim değişikliği etkilerine karşı daha dirençli hale getirilmesi sağlanması; doğal ve insan kaynaklı afetlere karşı sigorta sisteminin teşvik edilmesi (European Commission, 2013).

AB İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi'nin uygulanması sekiz eyleme dayanmaktadır:

Eylem 1: Tüm Üye Ülkelerin kapsamlı uyum stratejileri kullanmaya teşvik edilmesi;

Eylem 2: Avrupa'da uyum eyleminin pekiştirilmesi ve kapasite geliştirmenin desteklenmesi için LIFE finansmanının verilmesi (2014-2020);

Eylem 3: Covenant of Mayors (Belediye Başkanları Sözleşmesi) çerçevesine uyumun eklenmesi (2013/2014);

Eylem 4: Bilgi eksikliklerinin giderilmesi;

Eylem 5: Avrupa'da uyum ile ilgili bilgilerin 'tek çatı altında' paylaşıldığı Avrupa İklim Uyum Platformunun (Climate-ADAPT) daha da geliştirilmesi;

Eylem 6: Ortak Tarım Politikası (OTP), Uyum Politikası ve Ortak Balıkçılık Politikası (OBP) dokümanlarının iklime karşı dayanıklılık sağlanacak şekilde düzenlenmesi;

Eylem 7: Daha dayanıklı altyapılar kurulması;

Eylem 8: Yatırım ve iş kararlarının iklim değişikliğinden etkilenmeyecek şekilde alınması için sigorta ve diğer finansal ürünlerin teşvik edilmesi (European Commission,2013).

Avrupa Komisyonu, iklim değişikliğinin kaçınılmaz etkilerine hazırlanma ve 2050 yılına kadar iklime dayanıklı hale gelme yolunu belirleyen yeni bir İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi'ni 24 Şubat 2021 tarihinde kabul etmiştir. AB'nin 2013 İklim Değişikliği Uyum Stratejisi üzerine inşa edilen, yeni önerilerin amacı, odağı sorunu anlamaktan çözüm geliştirmeye kaydırmak ve planlamadan uygulamaya geçmektir. Stratejinin dört temel amacı vardır. Bunlar: uyumu daha akıllı, daha hızlı ve daha sistematik hale getirmek ve iklim değişikliğine uyum konusunda uluslararası eylemi hızlandırmak. Stratejinin dört hedefi, 14 eylem ve bunları gerçekleştirmek için atılması gereken adımlarla desteklenmektedir (Climate Adapt, 2022).

Strateji, AB'nin 2050 yılına kadar iklim değişikliğinin kaçınılmaz etkilerine tamamen adapte olmuş, iklime dayanıklı bir toplum haline gelmesi için uzun vadeli bir vizyonun ana hatlarını çizmektedir.

AB'nin yüzyılın ortasına kadar iklim nötr olma iddialı hedefini tamamlayan bu strateji, Paris Anlaşması ve Avrupa İklim Yasası önerisi doğrultusunda, AB'nin ve dünyanın uyum sağlama kapasitesi ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı kırılganlığı en aza indirgemeyi hedeflemektedir. Yeni Strateji, biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir tarım gibi diğer Yeşil Anlaşma (Yeşil Mutabakat) politikalarıyla sinerji içinde ekonomi ve toplum genelinde eylemi hızlandırmayı amaçlamaktadır. Bu, uyumu daha akıllı, daha hızlı ve daha sistematik hale getirerek ve aynı zamanda uyum konusunda uluslararası eylemi hızlandırarak yapılacaktır (European Commission, 2021).

Gerek AB İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi gerekse stratejinin kalbinde yer alan Avrupa Yeşil Mutabakatı Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadelesi ve sosyo-ekonomik yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Avrupa Birliği, 2019 yılının sonlarına doğru açıkladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı ile 2050 yılında iklim-nötr ilk kıta olma hedefini ortaya koyarken; aynı zamanda sanayisinin dönüşümünü gerektiren yeni bir büyüme stratejisi benimseyeceğini ve tüm politikalarını iklim değişikliği ekseninde yeniden şekillendireceğini açıklamıştır. Tanımlanan hedefler kapsamında büyüme stratejisi; i) temiz enerji, ii) sürdürülebilir sanayi, iii) inşaat ve renovasyon, iv) tarladan sofraya, v) kirliliğin ortadan kaldırılması, vi) sürdürülebilir hareketlilik ve vii) biyoçeşitlilik olmak üzere yedi politika alanı altında kurgulanmıştır. Mutabakat, AB ile ekonomik, siyasi ve coğrafi bağlantıları

olan Türkiye'yi yakından ilgilendirmektedir. Çünkü AB'nin üye ülkeleri için koyduğu standartlardan oluşan Mutabakat, aynı zamanda AB ülkelerinin üçüncü ülkelerle olan ilişkilerine de etki edebilme potansiyeline sahiptir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamındaki ilgili eylemler, enerji, ulaşım, sanayi, finans, inşaat, tarım dâhil AB ekonomisini yeniden şekillendirecek ve her geçen yıl ivme kazanacak bir dönüşümün temellerini teşkil etmektedir. Türkiye de bu süreci yakından takip ederek çeşitli projeler ve kurumsal koordinasyonlarla mücadelesini kararlı bir şekilde sürdürmektedir. Nitekim ülkemizin, uluslararası ticaret düzeninde son yıllarda ivme kazanan iklim değişikliği ile mücadele politikalarına uyumunu sağlamayı hedefleyen ve ihracatta rekabetçiliğimizi güçlendirecek bir yol haritası niteliğinde olan "Yeşil Mutabakat Eylem Planı" Ticaret Bakanlığı tarafından yayımlanmıştır (T.C.Ticaret Bakanlığı, 2021).

"Yeşil Mutabakat Eylem Planı", uluslararası ticaret ve ekonomide meydana gelen değişim ve dönüşüm karşısında ülkemizin kalkınma hedefleri doğrultusunda sürdürülebilir ve kaynak-etkin bir ekonomiye geçişini desteklemeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, ülke ekonomisinin lokomotifi olan ihracatta rekabetçiliğimizin korunması ve geliştirilmesi, ülkemizin Gümrük Birliği sayesinde AB ile sağlamış olduğu bütünleşmenin derinleştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir. En önemli ticaret ortağımız olan AB tarafından açıklanan Avrupa Yeşil Mutabakatı ile öngörülen kapsamlı değişiklikler başta olmak üzere bu alandaki dönüşüme zamanlıca uyum sağlanması ve karşı karşıya kalınacak risklerin fırsata çevrilmesi amacıyla Ticaret Bakanlığı liderliğinde kamu kurum ve kuruluşları ve özel sektör işbirliği ile Eylem Planı hazırlanmıştır. Bu eylem planı 9 ana başlık altında toplam 32 hedef ve 81 eylem içermektedir. Ülkemizin küresel tedarik zincirlerine sağladığı entegrasyonun güçlendirilmesi ve yeşil yatırımların ülkemize çekilmesi bakımından bu eylem planı büyük önem arz etmektedir (T.C.Ticaret Bakanlığı, 2021).

Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamındaki ilgili eylemlerle ilişkili konularda Türkiye ulusal düzeyde çalışmalar yapmakla birlikte bunun yerel yönetimler düzeyinde de dikkate alınarak gerekli çalışmalara başlanması gerekmektedir. Zira Avrupa Yeşil Mutabakatı sanayiden tarıma hatta sosyal konulara kadar bir dizi sektörü yerel düzeyde de yakından ilgilendirmektedir.

2. İklim Değişikliğinin Yerel Düzeydeki Etkilerine Karşı Türkiye'de Yapılan Çalışmalar

İklim değişikliğine uyum sağlamak, ülkemizin de taraf olduğu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taraf olan tüm ülkelerin ulaşmak istediği zorlu bir hedeftir. İklim değişikliğine uyum sağlama konusunda alınan önlemlerin ve ilgili faaliyetlerin başarılı bir şekilde uygulanması çok geniş yelpazedeki paydaşların sürece dâhil olması ile mümkündür.

Günümüzde Türkiye'de, iklim değişikliği politikasını veya yönetişimini etkileyen ve giderek artan sayıda aktör vardır. Bu aktörleri hükümet-devlet (kamu kesimi), hükümet-devlet dışı ve uluslararası kuruluşlar olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür (Şahin, 2014). Cumhurbaşkanlığı Hükümet Sisteminde hükümet-devlet aktörleri, başta yürütmeden sorumlu Cumhurbaşkanlığı Makamı ile Cumhurbaşkanına doğrudan bağlı olarak çalışan Politika Kurulları ve Bakanlıklar; yasama organı olan Türkiye Büyük Millet Meclisi; bakanlıklara bağlı ya da ilgili kamu kurum ve kuruluşları ve bu kuruluşlarda çalışan bürokratları ve uzmanları kapsar. Hükümet-devlet dışı aktörler ise özel sektör, sivil toplum örgütleri ve kamu kurumu niteliğindeki meslek kuruluşları, akademi ve medyadır. Uluslararası kuruluşları üçüncü bir grup olarak ayrı bir yere konumlandırmak gerekir. Zira uluslararası kuruluşlar Birleşmiş Milletler'e bağlı veya anlaşmayla kurulan diğer uluslararası kuruluşlar olup hükümetler arası niteliğe sahiptir ve diğer iki ana aktör grubuna yakın işlevlerinden dolayı sözü edilen iki grup arasında yer almaktadır. Yurttaşlar ise medya ve/veya sivil toplum örgütleri ve/veya siyasi partiler ve seçimler aracılığıyla bilgi edinme, görüşlerini iletme ve katılım haklarını kullanırlar (Şahin, 2014).

Kamu kuruluşları politikaları oluşturan asıl aktördür. Türkiye'de iklim değişikliği ile mücadelede esas yetkili ve görevli bakanlık Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'dır. İklim değişikliği ile ilgili konularda ulusal eş güdüm görevini yürüten Bakanlık, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekretaryası'na sorumlu Ulusal Odak Noktası'dır. Bakanlığın hizmet birimlerinden "İklim Değişikliği Başkanlığı" iklim değişikliği konusunda doğrudan görevlidir.

2001 yılında Başbakanlık Genelgesi'yle oluşturulan İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK), 2013 yılında İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu (İDHYKK) adını almış ve yeniden yapılandırılarak 29 Ekim 2021'de Resmi Gazete'de yayımlanan 85 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile İklim Değişikliği ve Uyum Koordinasyon Kurulu (İDUKK) kurulmuştur. İklim değişikliğinin zararlı etkilerini önlemek için gerekli tedbirlerin alınması, bu konuda ülkenin şartlarına uygun politikaların belirlenmesi, kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşları arasında iş birliği ve koordinasyonun sağlanması amacıyla oluşturulan Kurul'da, 11 bakanlık, kamu kurumları, özel sektör ve STK temsilcilerinden oluşan 22 üye bulunmaktadır. Kurul üyeleri arasında, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile 10 bakanlığın yanı sıra Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, YÖK, TÜBİTAK, Türkiye Çevre Ajansı, TÜİK, TOBB, TÜSİAD, MÜSİAD ve Türkiye Belediyeler Birliği gibi kurumların temsilcileri yer almaktadır. İklim Değişikliği ve Uyum Koordinasyon Kurulu'nda yerel yönetim birliklerinden temsilcilerin olması önemlidir.

2.1. İklim Değişikliği ile İlgili Temel Politika Belgeleri

Türkiye'de iklim değişikliği konusundaki çalışmalar, ulusal düzeyde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından koordine edilmektedir. İlgili bakanlık tarafından uyum çalışmalarına ilişkin hazırlanmış ve yürürlükte olan strateji belgeleri ile eylem planları bulunmaktadır. Bunlar:

- Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi (2010-2023),
- Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı (2011 – 2023),
- Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023)'dır.

Türkiye iklim değişikliği stratejisi (2010-2023).

İklim değişikliği konusundaki temel politika dokümanı olan Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi/İDES, kamu kurumları, özel sektör temsilcileri, STK'lar ve üniversitelerin katılımı ve etkin bir çalışma süreci içinde hazırlanmış ve Mayıs 2010 tarihinde zamanın Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Yüksek Planlama Kurulu tarafından onaylanmıştır. İklim değişikliği ile mücadele yönünde yapılacaklara dair bir rehber niteliğinde olan Strateji'de, Sözleşme'nin "ortak farklılaştırılmış sorumluluklar" ilkesi çerçevesinde Türkiye'nin ulusal imkânları ve uluslararası finansman ve hibelerin ulaşılabilirliği ölçüsünde gerçekleştireceği azaltım, uyum, finansman ve teknoloji politikaları detaylı bir şekilde yer almıştır.

Türkiye Cumhuriyeti iklim değişikliği eylem planı (2011-2023) (İDEP).

Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi ile Dokuzuncu Kalkınma Planı'nın hedefleri doğrultusunda hazırlanması öngörülen İDEP, Türkiye'nin sera gazı salım azaltımı ve iklim değişikliğine uyum politika ve tedbirlerini içermektedir. İDEP temelde iki ana eylem planından oluşmaktadır. Bunlar; Sera Gazı Emisyon Kontrolü Eylem Planı ve İklim Değişikliğine Uyum Eylem Planı'dır. İDEP'te Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi'nde yer alan hedefler için çeşitli alt eylemler yer almış olup, bu faaliyetlerin hayata

geçirilebilmesi için sorumlu kurum/kuruluşlar ve zamanlama belirtilmiştir. İDEP; enerji, sanayi, ormancılık, tarım, binalar, ulaştırma, atık ve iklim değişikliğine uyum odak konuları olmak üzere sekiz konu başlığında kısa orta ve uzun vadeli hedefler çerçevesinde detaylı bir teknik içeriğe sahiptir. Bu kapsamda; kurumsal yapılanma ve politika oluşturma, teknoloji geliştirme ve transferi, finansman ve ekonomik araçlar, veri ve bilgi sistemleri, eğitim ve kapasite artırımı alanları ve İDEP'in izleme ve değerlendirme mekanizmalarıyla ilgili eylemler bir araya getirilmiştir.

Türkiye'nin iklim değişikliği uyum stratejisi ve eylem planı (2011-2023).

Türkiye'nin iklim değişikliğinin etkilerine uyum kapasitesinin geliştirmesine dair ilk politika dokümanı olan Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı ülke çapında temelde beş konuda etkilenebilirlik alanı belirlemiş ve bu alanlarda son derece kapsamlı hedefler ve eylemler tanımlamıştır. Bu alanlar; i) su kaynakları yönetimi, ii) tarım sektörü ve gıda güvencesi, iii) ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık, iv) doğal afet risk yönetimi ve v) insan sağlığı konularıdır (Talu ve Kocaman, 2019).

Bu strateji ve eylem planları Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadelesinde temel politika belgeleri olup yerel düzeydeki uyum çalışmaları da bu çerçevede ele alınmalıdır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016a; 2016b).

2.2. Etki ve Etkilenebilirlik/Kırılganlık Analizleri ve Planlama

İklim değişikliğinden her kentler farklı biçimde etkilenmektedir. Günümüzde en temel sorun kentlerin karşı karşıya bulunduğu iklim değişikliği kaynaklı risk ve tehlikelerin doğru bir biçimde tanımlanamamasıdır. Bu bakımdan iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlanması ve afet risklerinin azaltımında kentlerde etki, etkilenebilirlik ve risk değerlendirmelerinin yapılması öncelikli aşamayı oluşturmaktadır. Bu analizler ışığında kentlerde iklim değişikliğine uyum ve sera gazı azaltımı bağlamında öncelikli eylemleri içeren Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları'nın hazırlanması ve uygulanması da oldukça önemlidir (Tuğaç, 2022b).

İklim değişikliğine uyumdaki ilerlemeyi bölgesel ve küresel olarak değerlendirirken beş sorunun cevaplanması önemlidir. Bunlar:

1. İklim değişikliğinin risklere neden olduğu konusunda bir farkındalık var mı?
2. İklim risklerinin mevcut ve gelecekteki boyutu değerlendiriliyor mu?
3. Bu riskleri azaltmak için uyum önlemleri geliştirildi ve planlamaya dâhil edildi mi?
4. Bu uyum önlemleri uygulanıyor mu?
5. Uygulamaları ve riskleri azaltmadaki etkinlikleri izleniyor ve değerlendiriliyor mu? (IPCC, 2022).

Ulusal ve yerel yönetimlerin yanı sıra şirketler ve sivil toplum, artan uyum ihtiyacını kabul etmektedir. En az 170 ülke ve birçok şehir artık iklim politikalarına ve planlama süreçlerine uyum sağlamaktadır. Farklı sektörlerde pilot projeler ve yerel deneyler uygulanmaktadır (IPCC, 2022). Türkiye'de de iklim değişikliği ile mücadelede bölgesel ve yerel düzeydeki çalışmalar son yıllarda ivme kazanmıştır. Bu çalışmalardan önemli olanlar aşağıda özetlenmiştir.

2.3. 11. Kalkınma Planı Doğrultusunda Hazırlanan Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları

11. Kalkınma Planı'nında, çevrenin korunması konusundaki politika ve tedbirler bölümünde; "İklim değişikliğine uyumun sağlanması ve gerekli tedbirlerin alınması amacıyla bölge ve şehir ölçeğinde ihtiyaçlar tespit edilerek çözüm önerileri belirlenecek, başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere 7 Bölgemiz için İklim Değişikliği Eylem Planları hazırlanacaktır." denilmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. 2019). Bu çerçevede Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2020 yılında "Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları" hazırlanmıştır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020). Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları'nda Türkiye'deki yedi coğrafi bölgenin her biri için bölgenin temel özellikleri, iklim ile ilişkili etkiler, iklim değişikliğinin sektörler bazında mevcut ve olası etkileri ile sektörel bazda öncelikli eylemlere yer verilmiştir.

Sözü edilen eylem planlarından başka, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı koordinatörlüğünde gerçekleştirilen, Doğa Koruma Merkezi (DKM)'nin teknik danışmanlığında yürütülen, 'Climate Promise' Projesi ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Bu proje çerçevesinde Türkiye için "Sektörel Risk/Etkilenebilirlik Analizleri"ne bağlı olarak "Bölgesel İklim Eylem Planları" hazırlanmaktadır.

2.4. Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları

Yerel yönetim; merkezi yönetimin dışında, bir topluluğun yerel ve ortak gereksinmelerini karşılamak amacıyla, seçmenlerin karar organlarını doğrudan seçtiği, idari ve mali özerkliğe sahip, kamu tüzel kişiliği olan demokratik bir kuruluştur. Anayasa ve ilgili kanunlara göre yerel yönetimler, il özel idaresi, belediye ve köy idarelerini ifade etmektedir (T.C.Kalkınma Bakanlığı, 2014).

Yerel yönetimler, yapıları ve sundukları hizmetler açısından halka en yakın yönetim birimleridir. Küreselleşme sürecinde kamusal hizmetlerin önemli bir kısmının yerel yönetimlere aktarılması bu birimlerin işlevini önemli hale getirmiştir. Yerel ölçekte iklim değişikliği ile mücadele yerel yönetimlerin görev ve sorumlulukları arasındadır.

Yerel yönetimler, afet olduğunda en erişilebilir yönetim otoritesidir. Topluma yakınlıkları göz önüne alındığında, yerel yönetimler, daha yüksek yönetişim yapısındaki kurum ve kuruluşlara göre yerel iklim olaylarına daha hızlı ve daha etkili cevap verme avantajına sahiptir. Yerel yönetimler, doğal afetlere karşı sürekli ve üst düzeyde hazırlıklı olma ve yönetimi sağlama çabalarında, iklim değişikliğinin etkisinin izlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Yerel yönetimler, doğal ve insan yapımı yerel çevre ve yerel toplumun değişen ihtiyaçları ve kapasiteleri hakkında güncel bilgilere sahiptir. Bu bağlamda yerel yönetimler, iklim konusunda merkezi hükümet için hayati ve etkili bir bilgi kaynağı olarak değerlendirilebilir (Commonwealth Secretariat, 2008).

Tablo 1'de görüleceği üzere Türkiye'de değişik statülerdeki belediye sayısı 1400'e yaklaşmaktadır. Buna karşılık Türkiye'de yerel ölçekte iklim değişikliği ile mücadele henüz başlangıç aşamasında sayılabilir. Son yıllarda bazı büyükşehir belediyeleri yerel iklim eylem planlarını hazırlamıştır. Bununla birlikte Türkiye'deki özellikle büyükşehir ve il belediyelerinin sayıları dikkate alındığında iklim eylem planı olan belediyelerin sayısının oldukça az olduğu bir gerçektir. Bazı büyükşehir belediyeleri ise bu konuda çalışmalara başlamışlar veya çalışmalarında mesafe kaydetmişlerdir. Tablo 2'de belediyelerin iklim değişikliği eylem planı çalışmaları yer almaktadır.

Tablo 1. Türkiye'deki Belediyelerin Statüleri ve Sayıları

Yönetim Statüsü	Sayı
Büyükşehir Belediyesi	30
İl Belediyesi	51
Büyükşehir İlçe Belediyesi	519
İlçe Belediyesi	403
Belde Belediyesi	387
Toplam Belediye Sayısı	**1390**

Tablo 2. Belediyelerin İklim Değişikliği Eylem Planı Çalışmaları

Belediye	İklim Değişikliği Eylem Planı Çalışmasında Durumu
İstanbul Büyükşehir Belediyesi	İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı
Bursa Büyükşehir Belediyesi	Bursa Büyükşehir Belediyesi İklim Değişikliği Eylem Planı
Gaziantep Büyükşehir Belediyesi	Gaziantep İklim Değişikliği Eylem Planı
Denizli Büyükşehir Belediyesi	Denizli İklim Değişikliği Eylem Planı
Kocaeli Büyükşehir Belediyesi	Kocaeli Sera Gazı Envanteri ve İklim Değişikliği Eylem Planı

Trabzon Büyükşehir Belediyesi	Trabzon Sürdürülebilir Enerji Eylem ve İklim Değişikliği Eylem Planı
Muğla Büyükşehir Belediyesi	Muğla İli İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı
Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi	Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi ve Kahramanmaraş İli Karbon Ayak İzi Envanteri
Antalya Büyükşehir Belediyesi	Antalya Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı
İzmir Büyükşehir Belediyesi	İzmir Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı
Hatay Büyükşehir Belediyesi	Hatay İli Sera Gazı Emisyon Envanteri ve İklim Değişikliği Eylem Planı
Ankara, Kayseri, Eskişehir, Tekirdağ, Adana, Erzurum, Sakarya, Samsun, Konya, Balıkesir, Aydın Büyükşehir Belediyeleri	(Çalışmalar sürüyor)

Kentlerin iklim değişikliği karşısında dirençliliğinin arttırılması ve iklim değişikliğini tetikleyen kent kaynaklı olumsuz etkilerin azaltılması etkin bir kentleşme politikaları bütünü ile mümkündür. Burada temel soru, kentlerin oluşumunun esas dayanağını oluşturan farklı ölçeklerdeki mekânsal planların iklim değişikliği hassasiyetini taşıyan ve değişime cevap verebilecek nitelikte kent mekânlarını üretip üretemediğidir. Zira pek çok mekânsal konu, kent planlarının yapım ve uygulama süreçleri ile iklim değişikliği eylem planlarının birlikte düşünülmesini gerektirmektedir. Bu birlikte düşünme şüphesiz çok disiplinli ve çok aktörlü bir çalışma süreci ile mümkündür. Bu nedenle, iklim eylem planları bilimsel araştırmalar ışığında, farklı sektörlerden ve

aktör gruplarından temsilcilerin birlikte çalışarak, kısa, orta ve uzun vadeli hedefleri ve etkileri net bir şekilde ortaya koydukları bir planlama süreci olarak tasarlanmalıdır. Eylem planı sürecinde aktörlerin karar verme sürecine katılımı iki açıdan önemlidir. Birincisi, iklim değişikliği gibi çok açılı bir problemle mücadele kent bağlamında ancak ve ancak çok aktörlü bir ortak akıl oluşturma süreci ile mümkündür. İkincisi, iklim eylem planı yapım sürecine aktif katılım, katılımcıların tanımlanan eylem basamaklarını sahiplenmesi ve eylemlerin hayata geçirilmesini taahhüt etmeleri açısından önemlidir. Bu iki madde, iklim eylem planlarının hazırlanmasında kullanılan yöntem ve tekniklerle doğrudan ilişkilidir.

Yerel iklim eylem planlarının hazırlanması kendi kendine yeten bir eylem değildir. Önemli olan hazırlanan planların uygulamaya geçirilmesidir. Bu noktada, etkin bir izleme-değerlendirme sisteminin kurgulanması şarttır. Bu izleme-değerlendirme sistemi içerisinde:

1. Yerel yönetim bünyesinde iklim değişikliği eylem planını izleyecek bir değerlendirme komisyonunun kurulması;

2. Planlanan eylem adımlarının komisyon tarafından düzenli olarak izlenmesi ve periyodik raporlarının tutulması;

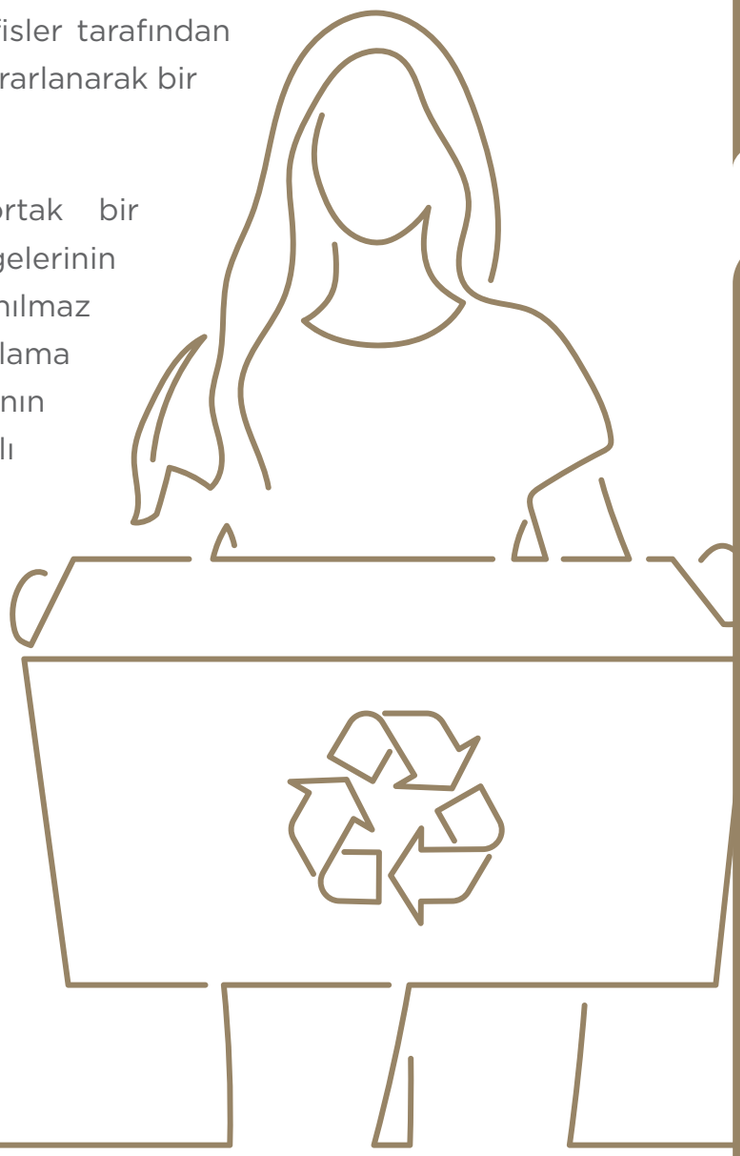
3. İzleme-değerlendirme sisteminin planlanan eylem adımları için, eylemi gerçekleştirecek yetkili kurumlar, rol ve sorumluluk tanımlarını içermesi;

4. Sistemin şeffaf ve tüm paydaşların erişimine açık olacak bir şekilde tasarlanması gerekir. İzleme-değerlendirme sisteminin kurgulanmasında önemli olan nokta, sistemin eylem planı yapıldıktan sonra değil, eylem planı üretim süreci içerisinde, aktörlerle birlikte tasarlanmasıdır.

Yerel yönetimler için iklim eylemine geçmede ve kentin iklim değişikliğine direncini artırmak için politikaları hayata geçirmedeki en önemli engellerden biri mali kaynakların kısıtlı olmasıdır. Fakat bu politikaları hayata geçirmemenin uzun vadede ortaya çıkaracağı maliyet, kısa vadedeki maliyetinden çok daha fazladır. Bu nedenle yerel yönetimlerin bütçelerinde yeterli payı ayırmaları iklim eylem planlarının etkili bir şekilde hayata geçirilmesi için zorunludur (Peker ve Aydın, 2019).

Yerel düzeyde iklim eylem planları büyükşehir belediyelerince hazırlanmakla birlikte il veya ilçe belediyesi düzeyindeki yerel yönetimlerin bir kısmının iklim değişikliği ile mücadele kapsamında uluslararası ağlara üye oldukları görülmektedir. Bu çerçevede bir kısım belediyeler AB İklim ve Enerji için Belediye Başkanları Sözleşmesi (The EU Covenant of Mayors for Climate & Energy)'ni imzalamış olup Tablo 3'de AB İklim ve Enerji için Belediye Başkanları Sözleşmesi'ni (The EU Covenant of Mayors for Climate & Energy) imzalayan belediyeler yer almaktadır. AB İklim ve Enerji için Belediye Başkanları Sözleşmesi, AB iklim ve enerji hedeflerini gerçekleştirme ve aşma konusunda gönüllü olarak bu konuda kararlı yerel yönetimleri bir araya getirme amacıyla 2008 yılında Avrupa'da başlatılmıştır. Girişim şu anda 57 ülkede 9.000'den fazla yerel ve bölgesel otoriteyi dünya çapında çok paydaşlı bir hareketin güçlü yönlerinden ve özel ofisler tarafından sunulan teknik ve metodolojik destekten yararlanarak bir araya getirmektedir.

Sözleşmeyi imzalayanlar, 2050 için ortak bir vizyonu onaylamaktadır. Bu vizyon; bölgelerinin karbonsuzlaştırılmasını hızlandırmak, kaçınılmaz iklim değişikliği etkilerine uyum sağlama kapasitelerini güçlendirmek ve vatandaşlarının güvenli, sürdürülebilir ve uygun fiyatlı enerjiye erişmesine izin vermektir. Sözleşmeyi imzalayan şehirler, 2030 yılına kadar AB'nin %40 sera gazı azaltma hedefinin uygulanmasını ve iklim değişikliğine uyum ve azaltımla mücadele için ortak bir yaklaşımın benimsenmesini desteklemek için harekete geçme sözünü vermektedirler. Bu durum Türkiye'de yerel yönetimlerin iklim değişikliği ile mücadelede eskiye oranla son yıllarda giderek daha fazla harekete geçtiklerinin bir göstergesidir.



Tablo 3. AB İklim ve Enerji için Belediye Başkanları Sözleşmesi'ni (The EU Covenant of Mayors for Climate & Energy) İmzalayan Belediyeler

Belediyeler	Nüfus	Sözleşmeye katılım yılı	Belediyeler	Nüfus	Sözleşmeye katılım yılı
Bodrum (Muğla)	176000	2020	Mezitli (Mersin)	240204	2015
Konak (İzmir)	344678	2020	İzmir BŞB	4320519	2015
Yenişehir (Mersin)	266117	2020	Çankaya (Ankara)	914501	2015
Denizli BŞB	1037208	2020	Maltepe (İstanbul)	460955	2014
Yenimahalle (Ankara)	663580	2019	Nilüfer (Bursa)	350000	2014
Bolu	311810	2019	Tepebaşı (Eskişehir)	359303	2013
Çorlu (Tekirdağ)	262862	2019	Antalya BŞB	2043432	2013
Sakarya BŞB	1010700	2018	Kadıköy (İstanbul)	452302	2012
Gaziantep BŞB	1947244	2017	Seferihisar (İzmir)	35000	2011
Pendik (İstanbul)	720000	2017	Bornova (İzmir)	412275	2011
Bayındır (İzmir)	40216	2017	Eskişehir BŞB	887475	2011
Şişli (İstanbul)	272380	2017	Karşıyaka (İzmir)	348000	2011
Bağcılar (İstanbul)	762000	2016	Erdek (Balıkesir)	2663	2009
Bursa BŞB	2842547	2016			

2.5. Büyükşehir Belediyelerinde "İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı", İl ve İlçe Belediyelerinde "İklim Değişikliği Şube Müdürlüğü" Kurulmasına İlişkin Yönetmelik

2019 yılında ülkemizde yerel yönetimlerde iklim şubeleri oluşturulmaya başlanmıştır. 8 Nisan 2020 tarihinde Resmi Gazete'de yayımlanan "Belediye ve Bağlı Kuruluşları ile Mahalli İdare Birlikleri Norm Kadro İlke ve Standartlarına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile yerel yönetimlerin idari yapısında güncellemeler yapılmıştır. Düzenleme ile büyükşehir belediyelerinde "İklim Değişikliği Dairesi Başkanlıkları", il ve ilce belediyelerinde ise "İklim Değişikliği Şube Müdürlüklerinin" kurulması karara bağlanmıştır. Bu düzenleme ülkemizde yerel yönetimlerce iklim değişikliğine uyum ve sera gazı azaltımı konularında yetkinin bir merkezde toplanması ve çözüme yönelik hızlı adımlar atılması acısından önem taşımaktadır. Dolayısıyla, yerel iklim eylemini güçlendirmek adına belediyelerin mutlaka kendi bünyelerinde kapasitelerini artırarak bir iklim değişikliği şube müdürlüğü, daire başkanlığı kurmaları ve bu birimleri ivedilikle işlevsel hale getirmeleri gerekmektedir.

2.6. İklim Değişikliğinin Kentlere Muhtemel Etkileri ve Riskler

Kentler iklim değişikliğinden direkt olarak ve değişikliğe bağlı olarak meydana gelen olaylardan dolaylı olarak (sıcaklık artışı, deniz seviyesinin yükselmesi, yağış rejimlerinin ve rüzgâr hızlarının değişmesi, sıcak hava dalgaları, ısı adası etkisi, afetler gibi; tsunami, sel, taşkın, erozyon ve toprak kayması, kuraklık) etkilenir. Bu etkilenmenin özellikle kentsel yaşam kalitesi ve sürdürülebilir kalkınmaya yönelik etkileri bulunmaktadır. IPCC Üçüncü Değerlendirme Raporu'ndan itibaren iklim değişikliğindeki kentlerin merkezi rolü ve önemi ile uluslararası öncelikli konular arasına girmiş bulunmaktadır. Doğrudan ve dolaylı kentsel emisyonların kontrol altına alınmasının, toplam sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeli yüksektir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016a).

Türkiye'deki kentleşme deneyimi, iklimle ilişkili olarak incelendiğinde, İklim değişikliğiyle ilgili kentleşme sorunlarının başında, kent nüfusunun hızlı artışıyla ilişkili bir başka sorun ise, artan nüfusun kentler arasında dengesiz dağılımı gelmektedir. Şehir nüfusunun genel nüfus artışını ve kırsal nüfusun bir kısmını emmesi nedeniyle, önümüzdeki on yıldan itibaren kırsal nüfusun dünya genelinde oransal olarak daha da azalmaya başlaması beklenmektedir.

Cumhuriyetin ilk yıllarında Türkiye genelinde %24'ler düzeyinde olan şehirleşme oranı, 1985 yılında %53, 2017 yılında ise %78,5 düzeyine ulaşmış olup, önümüzdeki dönemde de ülkenin batısında şehirleşme oranının hızla artmaya devam etmesi beklenmektedir. Yapılan hesaplamalara göre, 2023 yılında Türkiye'de kentleşme oranı %84, kentsel nüfus ise 71 milyon olacaktır. Türkiye genelinde 2010 yılında özellikle yüksek nüfusa sahip metropollerin boyutsal dağılımında artış görülmektedir. Kentsel yoğunluk açısından incelendiğinde, özellikle bölgeler arası gelişmişlik farkına paralel olarak nüfusun önemli bir bölümü batı bölgelerindeki illerde yerleşmeyi tercih etmektedir. Ülkenin batısı ve sahil kesimlerinde nüfus yoğunluğu artarken doğu ve iç kesimlerde azalmaktadır.

Türkiye'deki kentler özellikle de metropoller için sıcaklık ve yağış başta olmak üzere iklim elemanlarının trendinde meydana gelen değişiklikler önemli sorunlara yol açmıştır ve bu sorunların gelecekte daha da artması beklenmektedir. Artan sıcak-

lıkların iklim özellikleri dikkate alınmadan kentsel yapılaşma ile birleşmesiyle oluşan kentsel ısı adaları başlıca sorunlardan biridir. Bu durum daha fazla soğutma, daha fazla enerji kullanımı ve sonuçta da daha fazla emisyon anlamına gelmektedir. Yağışların periyodunda ve miktarında meydana gelen değişiklikler, yetersiz kentsel altyapı ile birleştiğinde kentlerde seller ve su baskınlarına neden olmakta, bu da can ve mal kayıplarına yol açmaktadır. Özellikle 2018 ve 2019 yıllarında İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya başta olmak üzere büyük kentler bu olumsuzluğu yaşamış ve yaşamaya da devam edecektir. Sıcaklık artışı ve yağış değişkenliği ile ortaya çıkan sorunlar aynı zamanda sosyo-ekonomik yaşamı da ciddi şekilde olumsuz yönde etkilemektedir.

İklim değişikliği tüm ekosistemleri etkilemektedir. Ancak kentlerde yaşayan insanları, alt yapıları, belediye hizmetlerini ve kentin orman, tarım, su kaynakları gibi doğal varlıklarını daha fazla etkilemesi beklenmektedir. Genel olarak iklim değişikliğinin yol açabileceği sorunlar sıcaklık artışları ve sıcak hava dalgaları, kuraklık, sel ve taşkınlar, fırtınalar, dolu ve don olayları, hava kalitesinin bozulması, deniz seviyelerinin yükselmesi, yangınlar gibi özetlenebilir. Kentlerde aşırı sağanak yağışlarda konutların, işyerlerinin, yol ve tünel gibi yapıların su altında kalması, kurak dönemlerde kente içme suyu sağlanamaması, aşırı sıcaklıklar nedeniyle kent içindeki ve dış çeperindeki yeşil alanların zarar görmesi, fırtınalarda binaların ve ağaçların zarar görmesi, deniz seviyelerinin yükselmesi ile binaların ve tarım alanlarının sular altında kalması gibi sorunlar hâlihazırda yaşanmaktadır. İklim değişikliği aynı zamanda kentlerdeki ekonomik faaliyetleri de olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Ülkemizde iklim değişikliğinden kaynaklanan bu sorunlar ile sorunların yol açtığı afet düzeyindeki olaylar giderek artmaktadır (Tolunay, 2019).

Küresel bir sorun olarak karşımızda duran ve etkisini her geçen gün artıran iklim değişikliğinin yol açtığı olumsuzluklar Türkiye'yi de derinden etkilemektedir. Türkiye, küresel iklim değişikliğinin potansiyel etkileri açısından risk grubundaki ülkeler arasında yer almaktadır. İklim değişikliğine bağlı olarak aşırı hava olayları, orman yangınları, fırtınalar, seller, dolu, sıcak hava dalgaları, heyelan ve çığ gibi doğal afetlerin ülkemizde artabileceği öngörülmektedir.

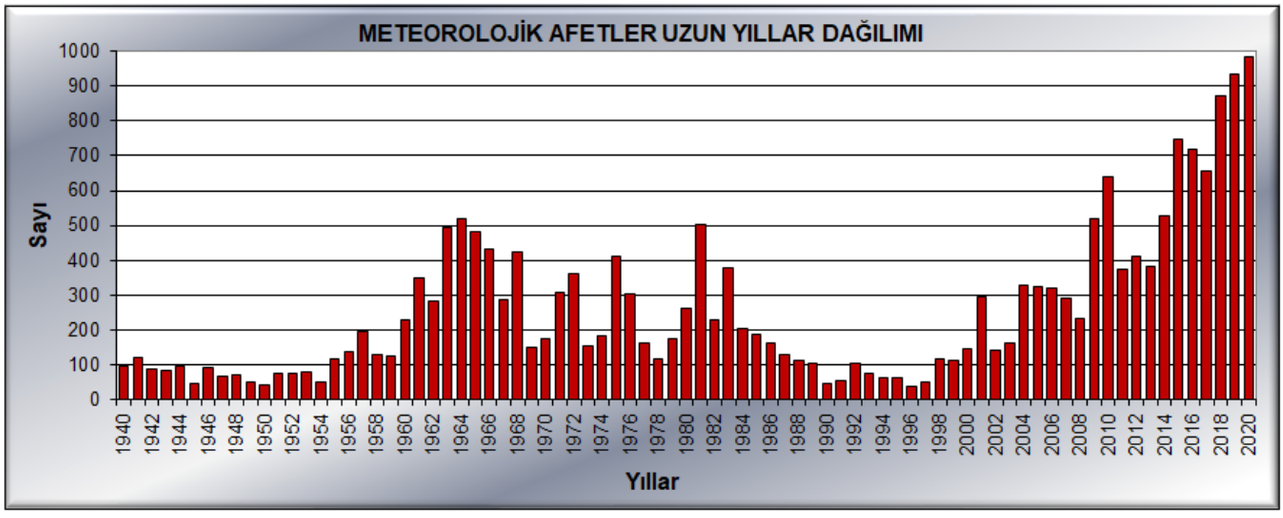
Dünyada süregelen doğa olayları, insanların yaşamını önemli ölçüde etkilediğinde doğa kaynaklı afet olarak nitelendirilmektedir. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından doğa kaynaklı afetler, toplumun sosyoekonomik ve sosyokültürel faaliyetlerini önem-

li ölçüde aksatan, can ve mal kayıplarına neden olan fakat yerel imkânlar ile baş edilemeyen doğa olayları olarak tanımlanmıştır. Doğa kaynaklı afetler sonucunda, can ve mal kayıplarının yanı sıra milyonlarca insan yer değiştirmek zorunda kalmaktadır. Bunun ülke ekonomilerine getirdiği zarar çok yüksek miktarlara ulaşmaktadır. Doğa kaynaklı afetlerin büyük bölümünü meteorolojik afetler oluşturmaktadır. Orman yangınları, tarımsal zararlıların istilaları, kuraklık, çölleşme, göl ve deniz suyu seviyesi yükselmeleri, çığ ve seller, hava şartları ile çok yakından ilişkili olan doğa kaynaklı afetlerdir. Yağışlar, şiddetli yerel fırtınalar, tropikal fırtınalar, fırtına kabarması, şiddetli kış şartları, kırağı, don ise hava şartları tarafından direk olarak oluşturulan afetlerdir. Meteorolojik şartlar ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili olan doğa kaynaklı afetlerin tümü, meteorolojik afetler veya meteorolojik karakterli doğa kaynaklı afetler olarak adlandırılır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2021).

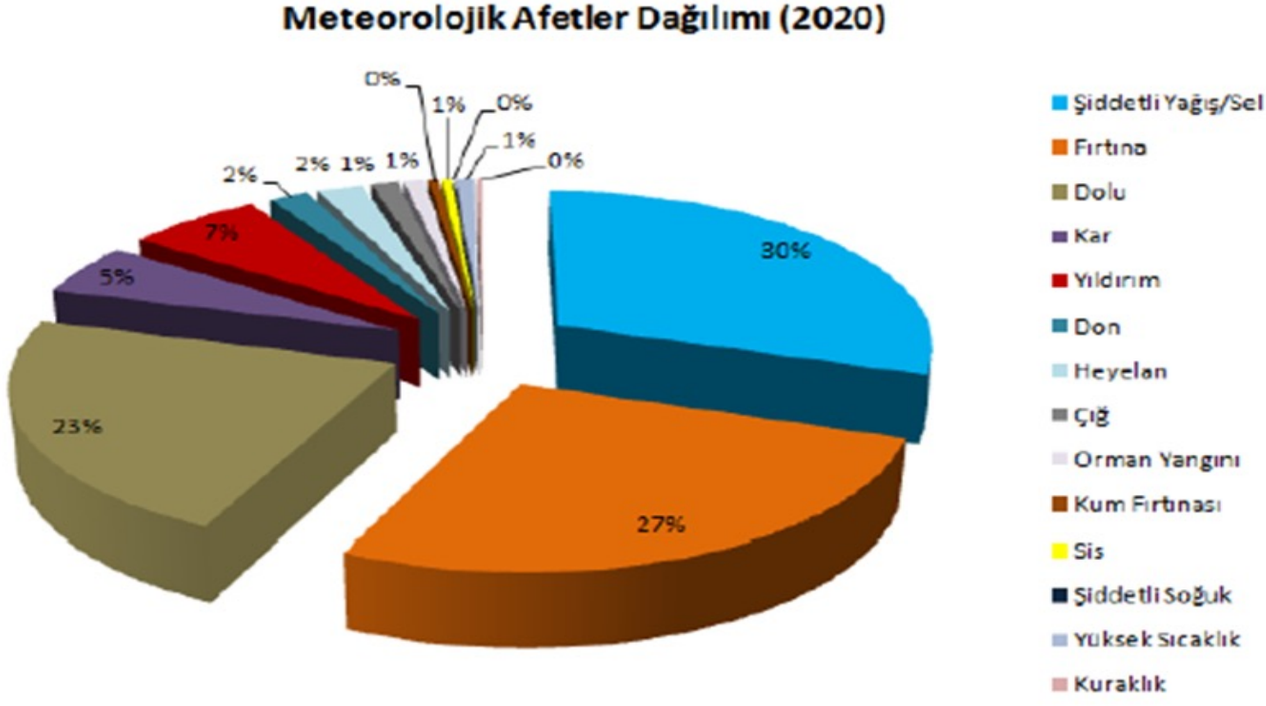
Geniş bir yüzölçümü ve farklı iklim bölgelerine sahip olan ülkemizde afetlere dönüşen fazla sayıda ve türde şiddetli meteorolojik olaylar gözlenmektedir. Ülkemizde, başta fırtına, sel, dolu, don, kar ve kuraklık olmak üzere meteorolojik afetler oldukça sık meydana gelmekte ve önemli

ölçüde can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. 2020 yılında ülkemizin farklı kesimlerini farklı ölçülerde etkileyen meteorolojik afetler yaşanmıştır. Ülkemizde, 2020 yılı içerisinde toplam 984 meteorolojik karakterli doğa kaynaklı afet rapor edilmiştir. Şekil 3'de yer alan Türkiye'de 1940-2020 Periyodunda Gözlenen Meteorolojik Karakterli Doğa Kaynaklı Afetlerin Yıllık Dağılımları grafiğinde uzun yıllar dağılımına bakıldığında, 2020 yılı içerisinde meydana gelen meteorolojik afet sayısı 1940-2020 periyodu içerisindeki en yüksek değer olarak kayıtlara geçmiş oluğu görülmektedir. Ülkemizde özellikle 2000'li yıllardan sonra meteorolojik afetlerin oluşum sayılarında belirgin bir artış görülmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2021).

Ülkemizde 2020 yılı içinde en fazla meydana gelen meteorolojik karakterli doğa kaynaklı afet şiddetli yağış/sel olayıdır. 2020 yılı içerisinde toplam 297 adet şiddetli yağış/sel afeti rapor edilmiştir. İkinci sırada ise 262 olay ile fırtına afeti yer almaktadır. 2020 yılında fırtına ve sel afeti ülkemizin büyük bir kısmında görülmüştür. 2020 yılında 223 dolu afeti meydana gelmiş olup, görülen afetler içerisinde üçüncü sırada yer almaktadır. Kar afeti ise tüm yıl içinde toplam 52 kez görülmüş olup meteorolojik karakterli doğa kaynaklı afetlerin %5'ini oluşturmaktadır. 2020 yılında gözlenen ve ülkemizi etkileyen meteorolojik karakterli doğa kaynaklı afetler içinde; Şiddetli Yağış/Sel (%30), Fırtına (%27), Dolu afeti (%23) görülme sayısı ile ilk sıralarda yer almakta olup tüm afetlerin oransal dağılımları Şekil 4'te görülmektedir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2021).



Şekil 3: *Türkiye'de 1940-2020 Periyodunda Gözlenen Meteorolojik Karakterli Doğa Kaynaklı Afetlerin Yıllık Dağılımları*
Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021.



Şekil 4: *Türkiye'de 2020 Yılı Meteorolojik Karakterli Doğa Kaynaklı Afetlerin Oluşum Yüzdeleri*
Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2021.

2000'li yıllarda meydana gelen meteorolojik afetlerin sayısında 1960'lı yıllara göre 3 kat, sigorta kayıpları açısından 15 kat ve ekonomik kayıplar açısından 9 kat artış olduğu belirlenmiştir (Kadıoğlu, 2012). Türkiye'de 2000 yılından bu yana maksimum hava sıcaklıklarına ilişkin rekorların yaklaşık %50'si gerçekleşirken, bu oran minimum sıcaklıklara ait rekorlarda %10'a kadar düşmüştür. Başka bir deyişle, Türkiye'de son 25 yıllık dönemde, hem sıcaklık rejimi belirgin olarak daha ılıman ve sıcak koşullara doğru değişmiş, hem de sıcak hava dalgalarının sıklığında ve şiddetinde önemli değişmeler gerçekleşmiştir.

Türkiye'nin kıyı uzunluğu 8.333 km'dir. Bu bölgelerde 28 kıyı şehri bulunmaktadır. Bu şehirlerde, 2009 nüfus sayımı verilerine göre Türkiye nüfusunun yaklaşık %54,7'si yaşamaktadır. Türkiye'de nüfus yoğunluğu, kıyı şeridindeki illerde yaklaşık iki katına çıkmaktadır. Buna ek olarak, yoğun göç nedeniyle kıyı şehirleri üzerinde baskı daha da artmaktadır. İklim değişikliğinin de iç bölgelere oranla daha hassas özellik ve yapı gösteren kıyı alanlarını çok fazla etkileyeceği öngörülmektedir. Orta ve Doğu Karadeniz, Kuzey Ege ve Doğu Akdeniz bölgelerinde olmak üzere kıyılarımızda meydana gelen kıyı erozyonu, sel ve su baskınları özellikle yakın geçmiş değerlendirildiğinde önemli sorunlardandır. Turistik ve kıyı şeridinde yer alan şehirler özellikle tehdit altındadır (Somuncu, 2018; 2021b).

Deniz seviyesi yükselme senaryolarına göre Türkiye'de beklenebilecek arazi kayıpları konusunda çalışmalar bulunmaktadır. Çalışma sonuçları Türkiye kıyılarında iklim değişikliğinden en çok etkilenecek yerlerin, tarım üretiminin en yüksek olduğu kıyı deltaları, sulak alanlar ve alçak rakımlı turizm bölgeleri olduğunu göstermektedir (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization, 2018).

İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerine etkileri, doğrudan veya dolaylı olabilir. Sel, aşırı sıcak hava dalgaları, fırtına gibi olağanüstü iklim olayları insan sağlığını doğrudan etkilerken iklim değişikliğinin uzun dönemli etkileri su, yiyecek ve barınma sorunlarına neden olarak insan sağlığı üzerine dolaylı etki gösterir. İklim değişikliği, ekosistemleri bozarak bulaşıcı hastalık taşıyan vektörlerin dağılımında ve nüfus yoğunluğunda değişimlere ve böylelikle vektörle bulaşan hastalıkların sıklığında da artışa neden olabilmektedir.

İklim değişikliğine bağlı olarak ülkemiz kentlerinde etkiler aşağıda maddeler halinde özetlenmeye çalışılmıştır (Tolunay, 2019).

- Sel ve taşkınlarda artış ve buna bağlı olarak altyapıların (tünel, metro, alt geçit, vb.) ve yerleşim alanlarının sular altında kalması,
- Sıcaklık artışı ve sıcak hava dalgalarının yoğunlaşması, soğutma ihtiyacının ve dolaylı olarak elektrik tüketiminin artması,
- Dolu, fırtına ve hortumlarda şiddetlenme ve bunlara bağlı olarak elektrik hatları gibi alt yapılar ile araç ve konutlarda hasarlar,
- Toz fırtınalarında artış,
- Kıyı kentlerinde deniz seviyelerindeki artışla kıyı erozyonu,
- Kuraklıkla su kaynaklarının azalması ve temiz içme ve kullanma suyuna ulaşmada zorluk, hidroelektrik enerji üretiminde azalma,
- Hava kalitesinin bozulması,
- Sağlık sorunlarının artması,
- Tarımsal üretimin ve verimliliğin azalması, yem bitkilerinin üretiminde azalma ve meraların zarar görmesi sonucunda hayvancılığın da etkilenmesi nedeniyle gıda güvenliğinin riske girmesi ve gıda fiyatlarında artış,
- Kent çevresindeki orman alanlarında yangınlarda artış,
- Sulak alanlarda buharlaşmanın ve su kullanımının artmasına bağlı olarak kurumalar,
- Flora ve faunanın daha uygun habitatlara göç etmesi,
- İstilacı türlerde artış,
- Tarım, orman ve süs bitkileri zararlıları ve hastalıklarında artış,
- İklim göçlerinde artış (ülke içinden ya da dışından),
- Turizm gibi bazı sektörlerde ekonomik kayıplar.

2.7. Kentlerde İklim Değişikliğine Uyum Önlemleri

İklim değişikliği konusunda etki ve risklerin yoğun olduğu noktalardaki şehirler, aynı zamanda çözümün önemli bir parçası olabilir. Çünkü şehirler aynı zamanda iklim eylemi için fırsatlar da sağlamaktadır. Sürdürülebilir ve dirençli kent tasarımı ve planlaması, akıllı şehir uygulamaları, doğa temelli çözümler, etkin su yönetimi, kent tarımı uygulamaları, sıfır atık uygulamaları, yeşil ulaşım uygulamalarının tümü daha kapsayıcı ve daha adil bir topluma yol açabilir (UNEP, 2022b).

İklim değişikliğine ilişkin çalışmaların başarısı kentlerde iklim değişikliğine uyum ve sera gazı azatlımı çalışmalarının başarısıyla doğru orantılı olacaktır. Sürdürülebilir bir kente ulaşmak ve o kentte düşük karbonlu ve/veya sıfır karbonlu bir gelişimi yakalamak ve enerji verimliliğini elde etmek ise kentler için yerel çapta farklılık gösteren pek çok

unsuru bir arada değerlendirmeyi gerekli kılan zor bir hedeftir. Sürdürülebilir nitelikli kentlere ulaşmanın yolu doğal kaynakların sonsuz olduğunu var sayan ve fosil yakıta dayalı, yenilenebilir enerji kaynaklarını göz ardı eden tutumumuzu değiştirmekten ve kentlerimizi sürdürülebilir nitelikte plan ve tasarımlarla kurgulamaktan geçmektedir (Tuğaç, 2019a; 2019b).

Yalnızca küresel, bölgesel, ulusal ve yerel düzeylerde koordineli bir yaklaşım ve eylemle başarıya ulaşılabilir. Bu nedenle, şehirleri iklim değişikliğiyle mücadelede çözümün ayrılmaz bir parçası haline getirmek çok önemlidir. Birçok şehir, endüstriyel emisyonları sınırlamak için yenilenebilir enerji kaynakları, daha temiz üretim teknikleri ve düzenlemeler veya teşvikler kullanarak zaten çok şey yapıyor. Emisyonların azaltılması aynı zamanda endüstrilerden ve ulaşımdan kaynaklanan yerel kirliliği de azaltacak, böylece kentsel hava kalitesini ve şehir sakinlerinin sağlığını iyileştirecektir (UNEP, 2022).

Şehirleşmeye iklim duyarlı çözümler öneren farklı yaklaşımların temel ilkeleri bir arada değerlendirildiğinde bu ilkelerin bir kısmının bütün dünyada uygulanabilecek genel geçer ilkeler olduğu görülürken, kimi ilkelerin yerele özgü nitelikler gösterdiği görülecektir. Daha sürdürülebilir kentlere ulaşmak için şehir plancıları tarafından sürdürülebilir kentleşme ilkeleri sistemli bir şekilde ele alınmalı ve adapte edilmelidir. Bu ilkeler planlama ölçeğine ve kapsamına göre, planlanacak alanın sorun ve olanaklarına göre uyarlanmalıdır. Sürdürülebilir, enerji etkin ve iklim değişikliğine dayanıklı kentler oluşturulurken tasarım bileşenlerine, kentlerde yer alan tüm kullanım tiplerine bütünleşik bakılmalı asla tek tek değerlendirilmemelidir (Tuğaç, 2019a).

Kentler binalarda, ulaşımda ve sanayi tesislerinde fosil yakıt kullanıldığı için önemli miktarlarda sera gazı salımlarına neden olmaktadır. Ek olarak atıklardan ve yerleşim amacıyla neden olunan arazi kullanım değişiklikleri de sera gazı kaynaklarıdır. Bu nedenle kentlerde alınacak önlemlerle (binaların yalıtılması, toplu ulaşım, atıkların düzenli depolanması, imar düzenlemeleri vb.) sera gazı salımlarını azaltma potansiyeli oldukça yüksektir. Sera gazlarını azaltım olarak adlandırılan bu tür faaliyetlere ek olarak iklim değişikliğinin beklenen etkileri dikkate alınarak uyum

çalışmaları yapılması da oldukça önemlidir. Çünkü seller, sıcak hava dalgaları gibi olaylar kentliler için ölümcül dahi olabilmektedir. Kentlerin bu gibi zararlardan daha az etkilenmesi için iklim uyum planlamasına ihtiyaç bulunmaktadır.

İklim uyum planlamasında yerele özgü çözümler geliştirilir. Uyum planlaması için geliştirilen farklı matrisler bulunur. Uyum planlaması etki ve zararların tanımlanması, risk ve kırılganlıkların analiz edilmesi (iklim direncinin ve uyum kapasitesinin belirlenmesi), uyum eylemlerinin tanımlanması (seçeneklerin araştırılması), uyum eylemlerinin değerlendirilmesi (önceliklerin belirlenmesi) ve uyum planının hazırlanması, planın uygulanması (eyleme geçilmesi) ile izleme ve değerlendirme aşamalarını içerir. İklim uyum planlaması bir öğrenme surecidir, zaman ve koşullara bağlı olarak geri besleme ve değişikliklerin yapılmasına olanak sağlayacak esnekliğe sahip olması gerekir (Coşkun Hepcan, 2021).

Kentlerde iklim değişikliğine uyum bağlamında; sürdürülebilir ve dirençli kent tasarımı ve planlaması; akıllı şehir uygulamaları; doğa temelli çözümler; etkin su yönetimi; kent tarımı uygulamaları; sıfır atık uygulamaları; ulaşımda verimlilik ve yeşil ulaşım uygulamaları; enerji verimliliği; gıda bankacılığı gibi başlıca planlama, strateji ve uygulamalar yerel düzeyde uyum bakımından öne çıkan uyum seçenekleridir (Tuğaç, 2019b).

İklim değişikliğine karşı yerel yönetimler öncelikle daha az karbon salımı hedeflemelidir. Bunun için yerel yönetimler öncelikle enerji verimliliğinin desteklemesi, temiz ve yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması, sürdürülebilir çevre ve altyapı politikalarının ortaya konulması konularını gündemine almalıdır. Bu çalışmaların sonucunda, yerel yönetimlerin sorumluluğunda olan konut ve iş yerlerinde enerji tüketiminin azaltılmasından, iklim değişikliği konusunda halkı bilgilendirmeye, motorlu taşıtlara alternatif olacak ulaşım politikaları geliştirmeye kadar geniş bir alanı kapsayan bir çalışma programı geliştirilip yürütülmelidir. Ana hedeflerden biri, kent planlaması aracılığıyla enerji tüketiminin asgariye indirgenmesi ve büyük çaplı konut projeleri ile kentsel dönüşüm projelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının hayata geçirilmesi olmalıdır.

3. TESPİT EDİLEN SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ, POLİTİKA/ STRATEJİ VE EYLEMLER

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından düzenlenen İklim Şurası kapsamında 6. Komisyon olarak görev yapan ve Yerel Yönetimler Komisyonu'nun;

3.1. Yerel Düzeyde Geliştirilecek İklim Değişikliği İle Mücadele ve Uyum Politikaları,

3.2. Yerel Düzeyde İklim Değişikliğine Uyumun Yönetişimi,

3.3. Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları (YİDEP),

3.4. İklim Değişikliğinin Yerel Düzeydeki Etkileri/Riskleri ve Risk Yönetimi,

3.5. Yerel Düzeyde Uyum İçin Kentsel/Kırsal Çözümler (Doğa Temelli Çözümler, Yeşil Altyapı, Akıllı Kentler vb.),

3.6. Yerel Düzeyde Uyum İçin Finansman,

3.7. Paris Anlaşması ve Yerel Yönetimler

3.8. Avrupa Yeşil Mutabakatı Çerçevesinde Türkiye'de Yerel Düzeyde Uyum

başlıkları altında tespit ettiği sorun alanları ve çözüm önerilerine ilişkin bilgiler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Yerel Düzeyde İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyumda Tespit Edilen Sorun alanları ve Çözüm Önerileri

3.1. Yerel Düzeyde Geliştirilecek İklim Değişikliği İle Mücadele ve Uyum Politikaları

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
İklim değişikliği ile mücadele ve uyumda yerel yönetimlerin vizyonu	İklim krizi kapsamında çalışmaların yürütüldüğü kentlerin, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için kapsamlı bir kentsel vizyona, çevresel programlar ile eylem planlarına sahip olması	Uygulama sürecinin paydaş işbirliği yoluyla entegre kaynak yönetiminin (atık, enerji, su ve kanalizasyon) uygulandığı, yenilenebilir enerji teknolojilerinin desteklendiği, bilgi ve iletişim olanaklarının artırıldığı ve çevresel performans değerlendirme ölçütleri ile izlendiği süreçlerin organize edilmesi	İklim değişikliği ile mücadelede belediyelerin mevzuat bakımından yetkilerinin genişletilmesi
		Mekansal planlar dahil, kentlerin gelişmesi için makro düzeyde ve/veya farklı sektörel ve tematik alanlarda hazırlanmış olan çeşitli stratejik planlara iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlama unsurlarının eklenmesi	Bütün paydaşları ilgilendiren yasal mevzuatın gözden geçirilip iklim kanununa ve yerel yönetimlere verilecek olan yetki, koordinasyonun baştan düzenlenmesi
		İklim değişikliği ile ilgili merkezi yönetim ve akademi tarafından yapılan çalışmaların ve hazırlanan dokümanların, yerel düzeye yansıtılması	Yerel yönetimler kapsamında eşitlik temelinde farklılaştırılmış sorumlulukların olması
		Azaltım taahhütlerinin arttırılmasını destekleyecek nitelikte net sıfır emisyona doğru kentsel sistemlerin ele alınması ve inovasyon başta olmak üzere yenilikçi çözümlerin de çalışmalara edilmesi	
	Yerel yönetimlerin kentlerde iklim değişikliği ile mücadele sinerjisini en iyi temsil edebilecek sektör ve alanlara iklim değişikliği ile mücadeleyi entegre etmeleri	Yerel yönetimlerin enerji, bina, atık ve ulaşım sektörleri ile gıda güvenliği, yeşil alanların ve su kaynaklarının yönetimine iklim değişikliği ile mücadeleye entegre etmeleri	
	Yerel yönetimlerin mevcut görev ve yetki alanlarıyla iklim değişikliği ile mücadele alanlarının kesiştirilmesi ve bütünleştirmesi	İl özel idarelerinin mevcut hizmet alanlarının, iklim değişikliğiyle mücadelede bütünleştirilmesi açısından kapasiteleri geliştirilmesi	

	Belediyelerin iklim değişikliğinin sosyal boyutunu mikro ölçekte (mahalle, sokak) bazında ele alması		
	İklim değişikliğinin yerel yönetimlerin hizmet verdiği alanlara etkisi belirlenip mevzuatla ilgili çalışmaların bu aşamadan sonra yapılması		
	Her yerel yönetimin hizmet alanları ve büyüklükleri farklı olduğu için iklim değişikliğine yaklaşımı da farklı olacağından, iklim değişikliği ile mücadelede yerel yönetimlerle ilgili yapılacak çalışmalarda ölçeklendirmenin yapılması	Yerel yönetimler tarafından iklim eylemlerinin uygulanması için sağlanacak finansman kaynaklarının; belediyelerin ihtiyaçlarına hitap eden erişim ve uygulama kolaylığı sunan destek ve teşvikleri içeren nitelikte olması	
	Kentlerde sanayi başta olmak üzere sektörler düzeyinde yönetişim mekanizmasının kurulması		
	Yerel yönetimlerin iklim değişikliği azaltımı ve uyum konularındaki; görev, yetki ve sorumlulukları, izleyecekleri stratejileri, eylem planlarının bileşenlerini, eylemleri uygulamaya geçirirken faydalanacakları finansmanı ve belediyelere bu finansmanı/mali desteği sağlayacak finansman araçlarını, açık ve net şekilde tanımlayan ve ulusal mevzuat/politika ile entegre edilmiş ve desteklenen bir politikanın geliştirilmesi		Yerel yönetimlerin iklim değişikliği azaltımı ve uyum konularındaki; görev, yetki ve sorumluluklarını, izleyecekleri stratejileri, eylem planlarının bileşenlerini, eylemleri uygulamaya geçirirken faydalanacakları finansmanı ve belediyelere bu finansmanı/mali desteği sağlayacak finansman araçlarını, açık ve net şekilde tanımlayan ve ulusal mevzuat/politika ile entegre edilmiş ve desteklenen mevzuatın geliştirilmesi
	İklim değişikliği ile mücadelede yerel yönetimlerin yalnızca kent yerleşimleri ölçeğinde değil kırsal yerleşmeler ölçeğinde de ele alınması	Yerel yönetimlerle ilgili kırsal kalkınmanın gıda güvenliği ve tarımsal uyum konusunda çok önemli bir yer tutması nedeniyle iklim eylem planlarında köyler ve kırsal mahallelerin özel bir başlık altında irdelenmesi	
	Yerel yönetimlerdeki İklim eylemlerinde çalışmaların tüm birimlerce kollektif biçimde yapılması	İklim değişikliği ile mücadelede belediyelerin kendi iç birimleri arasında iş birliğinin sağlanması	
	İklim platformunda tüm belediyelerin ortak olarak yararlanabileceği bir model ve veri altyapısının oluşturulması	Kent düzeyinde iklim koordinasyon merkezi kurulması	

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
	Yerel yönetimlerin iklim değişikliği azaltımı ve uyum konularındaki yetki alanları mevzuatla belirlendikten sonra; eylemlerini uygulamaya geçirirken faydalanacakları finansman ve belediyelere bu finansmanı/mali desteği sağlayacak finansman araçlarının Bakanlık tarafından oluşturulacak bir iklim ve finansman politikası ile ele alınması ve bu politikanın, diğer ulusal politikalarla uyumlu olması	Ulusal ve uluslararası finansman araçlarının kamu sektöründeki paydaşlar arasında etkilelenebilirlik ve risk analizlerine de dayanarak, gerekçelendirilerek önceliklendirilmesi	Hazırlık aşamasında olan "İklim Çerçeve Kanunu"nda ulusal mevzuatta, yerel yönetimlerin görev, yetki ve sorumluluklarına mutlaka yer verilmesi, tasarının hazırlık aşamasında yerel yönetimlerin görüşlerinin alınması
Kentlerde iklim değişikliğine uyumda ekonomi politikalarının önemi	Kentlerde iklim değişikliğine uyum eyleminin başarılmasında özellikle ekonomi politikalarının etkisininin dikkate alınması	Yerel yönetimlerin bir araya gelmek suretiyle önce mevcut durumların belirlenmesi daha sonra bu mevcut durum çerçevesinde problemlerin belirlenip çözümüne yönelik yapılması gerekenlerin tespit edilmesi	
İklim değişikliği ile mücadelede yerel yönetim birimleri arasındaki ilişki ve iletişim	Büyükşehir ve il belediyelerinin çok kademeli bir yönetim anlayışıyla (multi-level governance) ilçe belediyeleriyle birlikte sürekli kılınacak bir iş birliği ve eşgüdüm zemininde yerel uyum politikaları ve eylemleri belirlemesi	Yerel yönetimlerin iklim değişikliği ile mücadele bağlamında uluslararası belediye ağları ilişkide olması	
	İklim değişikliği ile mücadele için büyük şehirlerin yönetiminde metropolitan-ilçe ve valilik/belediye bağının kurulması ve sürekliliğinin sağlanması	İklim değişikliği konusunun kentte anaakımlaşması konusunda belediyelerin çalışma yapması	Yasaların ve mevzuatın yönetilmesinde; kamu kurum ve kuruluşlarının da mutabakatını sağlayacak şekilde yerel yönetimlerde iklim koordinasyon merkezleri (UKOME gibi) kurulmalıdır.
İklim değişikliğine karşı uyuma yönelik projelerin ekonomik analizinin yapılması	Toplumun yüksek belirsizlik karşısında stratejik düşünce ve planlama kapasitesinin güçlendirilmesi	Uzun ömürleri büyük sermaye gerektiren enerji tesislerinin gelecekteki iklim risklerine karşı savunmasızlıklarının azaltılması	İklim değişikliğine karşı uyuma yönelik projelerin ekonomik analizinin zorunlu olarak yapılmasının yeni tasarlanan veya düzenlenen iklim değişikliği mevzuatına dahil edilmesi
	Mevcut nesillerin geleceğe verdiği önem de dahil olmak üzere gelecekteki faydaların değerinin daha nicel ve şeffaf bir şekilde vurgulanması	Büyük enerji yatırımlarının ekonomik analizi özellikle büyük altyapı yatırımları da dahil olmak üzere, projelerin değerlendirilmesinde uyum boyutlarının dikkate alınması	

	Projeleri, önlemleri ve politika programlarını tasarlamak, uygulamak ve değerlendirmek için yapılandırılmış bir yaklaşımın sunulması		Uyum önlemlerinin ekonomik değerlendirmesi normal bir ekonomik değerlendirmeden farklı olarak analizin odak noktasının belirsizliklerin ve risklerin yönetilmesine yönelik olmasını yazılı mevzuata (yatırım rehberi vs.) dayandırılması
	Kentlerde iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamak için yerel düzeyde karar vermeyi ve uygulamayı destekleyici araçların (politika, mevzuat, kurumsal yapı, stratejik planlama, yönetişim, finansman araçları) mevcut olanları değerlendirilerek geliştirilmesi	KENTGES hedefleriyle iklim değişikliği ile mücadele konuları arasında bağ kurulması ve "KENTGES İzleme Grubu"nun bu konulara odaklanması	
Döngüsel ekonomi politikası	Büyükşehir ve il belediyelerinin çok kademeli bir yönetim anlayışıyla (multi-level governance) ilçe belediyeleriyle birlikte sürekli kılınacak bir iş birliği ve eşgüdüm zemininde yerel uyum politikaları ve eylemleri belirlemesi	Yerel yönetimlerin iklim değişikliği ile mücadele bağlamında uluslararası belediye ağları ilişkide olması	
Kentlerde sürdürülebilir ulaşım planlamasının yapılması	Kentlerde sürdürülebilir ulaşım planlaması yaklaşımı benimsenmesi	Toplu ulaşıma yönelik altyapı çalışmalarına öncelik verilmesi, yaya öncelikli yollar ve bisiklet yollarının kullanımının yaygınlaştırılması, özel araç kullanımını azaltacak önlemler alınması	
		Nüfus büyüklüğü fazla olan yerleşim yerlerinde raylı sistemlerin yaygınlaştırılması	
		Kamu taşımacılığının oranının artırılması, mobilite paylaşım sistemlerinin yaygınlaşması	
		Bisiklet kullanımının yaygınlaştırılması için yerel yönetimlere hibe desteği sağlanması	

3.2. Yerel Düzeyde İklim Değişikliğine Uyumun Yönetişimi

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
Katılımcılığın sağlanması	Yerelin uyum kapasitesinin güçlendirilmesinde katılımcılığın öneminden hareketle, komisyon toplantılarına başta 30 büyükşehir belediyesi olmak üzere, tüm yerel yönetimlerin ve diğer paydaşların katılımının sağlanması	İklim değişikliğinin insan ve doğa üzerindeki olumsuz etkilerine uyum kapsamında; kentlerde yapılması amaçlanan mega projelerde yerel yönetimlerin veya yurttaşların itirazları göz önünde bulundurulması	Çevre ve iklim konularının bir bütün olarak ele alındığı ve şeffaflık ve hesap verebilirliği artıran Çevresel Konularda Bilgiye Erişim, Karar Vermede Halkın Katılımı ve Yargıya Başvuru Sözleşmesi'nin (kısaca Aarhus) Türkiye Cumhuriyeti Devleti tarafından imzalanması
	Yerel düzeyde iklim değişikliği ile mücadelede paydaşlar arasında 'gönüllü' örgütlenmelerin, ağların, birliklerin, kent yönetimlerine tüm politika müdahale alanlarında iklim değişikliği eylemlerinin hayata geçirilmesinde kılavuzluk yapabileceğinin değerlendirmesi	Yerel yönetimler yönetişimi ve eğitimine Doğa Çevre ve Hayvanları Koruma Polisleri ve Timleri de dâhil edilmesi	
	İklim değişikliği mücadelede her ilde merkezi koordinasyon sisteminin kurulması, ildeki tüm kamu kurumlarının bu sistemde temsil edilmesi	Yerel yönetimlerin kapasite geliştirme konsunda kullanacağı öncelik analizlerinin yapılması	
İklim yönetişiminde şeffaflığın sağlanması	İklim politikalarının gerekçeleri ile onlara ilişkin eylemlerin dönemsel olarak kamuoyuna açıklanması	Paydaşların değerlendirmelere ortak edileceği bir dış değerlendirme mekanizması	
Destek mekanizmaları	Belediyelerce kentte iklim krizini izleme ve koordinasyon kurulları oluşturmaları için destek mekanizmasının oluşturulması	Yerel yönetimlerle ilgili kurumların, yerel yönetimlerin iklim değişikliği ile mücadele konusunu önceliklendirmesi için eğitim, savunuculuk ve kurumsallaşma çalışmalarının yapılması	
	Yerel yönetim mekanizmalarına katılım için daha fazla işbirliklerinin geliştirilmesi çalışmaları yapılması	İklim değişikliği ile mücadelede toplumsal talebin oluşturulması için farkındalık ve bilginin arttırılması	
	Belediyelerin proje geliştirme kapasitelerinin artırılması	Belediyelerin proje geliştirme kapasitelerinin artırılması için proje hazırlayan personele eğitim verilmesi	

İklim değişikliği ile mücadelede mahalli belediye birliklerinin önemi	Marmara, İç Anadolu, Trakya, Ege, Kıyı Ege Belediyeler Birliği vd. birliklerin sorumluluklarının iklim mücadelesi açısından yeniden değerlendirilmesi		
İklim değişikliği ile mücadelede kent konseylerinin rolü	Kent Konseylerinin iklim değişikliği ile mücadele bağlamında potansiyellerini idrak etmeleri ve bu yönde çalışmalar yapılması	Kamuoyunda farkındalığın artırılması, bu yönde eğitim programları, kamu spotu gibi araçların kullanılması	İllerde İl özel idarelerinin belediye hizmet alanları dışında kalan kırsal kesime yönelik geniş faaliyet alanları dikkate alınarak bu yerel kurumların iklim değişikliği ile mücadeledeki rol ve sorumluluklarının incelenmesi gerekirse revize edilmesi

3.3. Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları (YİDEP)

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
İklim Değişikliği Eylem planlarında yapılan hesaplamalar için ortak metodolojilerin belirlenmesi	Yerel İklim Değişikliği Eylem Planlarının ulusal iklim stratejisinin bir parçası olması	Yerel İklim Değişikliği Eylem Planlarının hazırlanmasında ve uygulanmasında yatay işbirlikleri kurulması	
	Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları hazırlanırken kullanılacak metodolojinin belirlenmesi		İklim değişikliği eylem planlarında kullanılacak metodolojinin yerel yönetimlere benimsetilmesi için mevzuatın geliştirilmesi
	Yerel İklim Değişikliği Eylem Planlarının hazırlanmasında geçerli ve kabul görmüş bilgi ve önlemlere tek bir kaynaktan ulaşılmasının sağlanması	YİDEP'ler için büyükşehir belediyelerinin sınırları içindeki ilçe belediyeleri ile il belediyelerinin ise ilçe belediyeleri ile koordineli bir şekilde çalışması	
	Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları ulusal ve üst ölçekteki politika araçları ile entegre edilmesi		
	YİDEP'lerin yerel yönetimlerce beş yılda bir yapılan stratejik planlarla ilişkilendirilmesi ve olgunlaştırılması		
	YİDEP'ler için sistematik bir yönetim modeli kurgulanması		

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
İklim eylem planları uygulamalarının yerel düzeyde sürdürülebilir gelişime katkısı	Belediyeler tarafından hazırlanan iklim eylem planları ve pratiklerinin yerel sürdürülebilir gelişmeye katkı sağlayacak nielikte tasarlanması	Belediyelerin görevleri arasında iklim değişikliğinin hukuken nasıl bir yer bulduğu ve yerel yönetimlerin iklim değişikliğiyle mücadeledeki rollerine ilişkin ayrıntılı tespitlerin yapılması	
Yerel iklim eylem planlarında izleme ve değerlendirme mekanizmaları	Mevcut ve gelecekte yapılacak yerel iklim eylem planlarında izleme ve değerlendirme mekanizmalarının iyi kurgulanması		
İklim değişikliği eylem ve uyum planlarının hazırlanması	İklim değişikliği eylem planları ve uyum planları hazırlanırken yaşanan veri toplama problemlerinin aşılması için strateji ve politikaların geliştirilmesi	Veri temininin sağlıklı yapılması için gerekli düzenlemelerin yapılması ve yerel düzeyde tüm kurumlarda iklim değişikliği ve uyum için ilgili kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi	
		Verilerin tek bir noktadan temin edilebilmesi için kurumların tüm verileri görebildiği ve yönetebildiği yazılım programlarının geliştirilmesi	
		YİDEP ve SEİEP'larda şeffaf veri teminlerinin sağlanması	
		Tüm paydaşların İklim değişikliği ve iklim değişikliğine uyum için bilgi sahibi olması, gerekli veri paylaşımını ve işbirlikleri yapabilmesi	
		Yerel yönetimlerin iklim değişikliğine uyum için gerekli mali alt yapının sağlanması	
		İklim değişikliğine uyum konusunda YİDEP çalışmalarında yerel yönetimler uluslararası kentler ve ağlarla ortaklıklar kurulması	
		Hazırlanan rapor ve planlarda bilgi paylaşımının şeffaf ve etkili bir şekilde yapılması ve güçlü işbirlikleri kurulması	

Yerel düzeyde iklim değişikliği ile mücadelede, hazırlanan SEİEP'lerin izlemesinin yapılması	SEİEP İzleme raporlarının ulusal iklim stratejinin bir parçası olması	SEİEP'lerin ve YİDEP'lerin izlemelerinin yapılması	
	Yerel yönetimlerin hazırlamış olduğu raporların politikalar çerçevesinde belirlenen aralıklarla güncellenmesi ve izleme raporları hazırlanması	İklim değişikliğine yerel düzeyde uyumda il düzeyinde, bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde yatay işbirliklerinin kurulması	
Kapasite güçlendirme	İklim değişikliği eylem ve uyum planları hazırlanması için kurumsal kapasitenin güçlendirmesi	Uyum için CBS alt tabanlı risk yönetim sistemlerinin geliştirilmesi	
		Personele uyum ile ilgili eğitimler verilmesi, personellerin bilgi ve becerilerinin artırılması	
		Uyum konusunda yerel yönetimleri teşvik edici çalışmaların yapılması	
		Teknolojik çalışmaların UNFCC ve Avrupa Yeşil Mütabakatına uyumlu teknolojiler takip edilerek geliştirilmesi ve Bakanlık tarafından teşvik edilmesi, belediyelere eğitim verilmesi	
		İklim değişikliği ve uyum çalışmalarında dekarbonizasyon çalışmalarının ortak teknolojik metodlarla gerçekleştirilmesi için yazılım ve teknoloji transfer merkezlerinin kurulması	
		İklim değişikliğine uyum konusunda teknolojik kapasitenin arrttırılması için üniversite ve STK lar ile ortak çalışmalar yürüterek uyum konusuna her kesimin dahil edilmesinin sağlanması	
		İklim değişikliğine uyum konusunda teknolojik çalışmalarını başlatan yerel yönetimlerle ortaklıklar kurulması	

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı	Eğitim kurumları ile kamu kurum ve kuruluşlarına yenilenibilir enerji kaynağı kullanım zorunluluğu veya teşvikinin getirilmesi	Üniversitelerin ve eğitim kurumlarının bir düzenleme ile yenilenebilir enerji kaynaklarını binalarında kullanma zorunluluğunun gelmesi veya teşvikle desteklenmesi	
		Yerel yönetimlere etkin bir şekilde enerji verimliliği, sıfır emisyon vd. eğitim programlarının uygulaması	
		Üniversiteler ya da diğer eğitim kurumlarında sıfır emisyon hedefini izlemeye yönelik komisyonlar oluşturularak üç veya altı aylık periyotlar halinde yapılacak değerlendirmelerle sürdürülebilirliği sağlamalarının denetlenmesi	
		Teknik liselerde yetiştirilen sürdürülebilirlik ve yenilenebilir enerji kaynağı eğitimi alan öğrencilerin mezuniyetlerinde tüm kurumlarda ve özel sektörde teşvikle çalışması ve böylelikle bu bölümlere ilginin arttırılması	
Atık Yönetimi	Yerel yönetimlerde "Akıllı Atık Toplama Sistemleri"nin geliştirilmesi	Yerel yönetimlerin "Entegre Atık Toplama Sistemleri"nin entegrasyonunu sağlayabilmeleri için Akıllı Toplama Sistemlerini kullanmaları	Yerel yönetimlerin "Sıfır Atık Yönetmeliği"nden kaynaklanan sorumluluk ve yükümlülüklerinin kriterlerinin mevzuat ile belirlenmesi

3.4. İklim Değişikliğinin Yerel Düzeydeki Etkileri/Riskleri ve Risk Yönetimi

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
Afet/Risk yönetimi	Yerel düzeyde afet yönetimi modelinden risk yönetimi modeline geçilmesi	Risk değerlendirilmesi için kentlerin ve diğer yerleşmelerin meteorolojik afetler konusunda profillerinin ve projeksiyonlarının belirlenmesi	
	Risk konusunda tek bir riskin değil birden fazla riskin etkili ve entegre bir şekilde birlikte ele alınması		

	İklim değişikliğinden kaynaklanan meteorolojik afetler için kentsel risk yönetiminin belediyelerin öncelikli ve kalıcı politikası olması	Yerel düzeyde veri tabanlı senaryolar üzerinden hareket edilmesi	
	Şehirlerin dayanıklılık- direnç endekslerinin tespit edilmesi ve iklim risklerine uyum kapsamında uygulama planlamasının yapılması	Şehirlerin dayanıklılık- direnç endekslerinin tespit edilmesi ve bakanlık seviyesinde farklı önceliklendirmelerle dirençlilik haritasına bağlı olarak iklim risklerine uyum kapsamında uygulama planlamasının 3 yıl içinde yapılması	
	Kentsel sistemler ve hizmetler üzerindeki tehlikelerin öngörülen etkileri ile birlikte, en büyük baskı veya stres altındaki şehir sistemlerinin veya işlevlerinin tanımlanması	Kademeli acil müdahale sistemi içinde esnek ve uygulanabilir acil müdahaleye konu iklim uyum risklerini içine alacak şekilde acil müdahalenin planlanmasının yapılması	
	Afetlere karşı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi ve afetler için acil durum tahliye planlarının yapılması	Kıyı kesimindeki altyapının güçlendirilmesi, kıyı şeridindeki hizmet binalarının iç bölgelere taşınması	
		Afetlerden kaynaklı kriz anında tahliyenin gerçekleştirilmesi için acil durum planları yapılması	
	"İl Risk Azaltma Planları/ İRAP"nın YİDEP'e entegre edilmesi	AFAD tarafından yapılan "İl Risk Azaltma Planları/ İRAP"nın mevcut ve hazırlanmakta olan yerel iklim değişikliği eylem planlarına ilgili sektörel ve tematik alanlarda entegre edilmesi	
Yerel düzeyde iklim değişikliğine uyum kapsamında yapılacak olan faaliyetlerde taşkın riskinin azaltılması	Taşkın yönetimi hususunda politika ve stratejilerin belirlenmesi.	Taşkın yönetim planlarının ve bu planlarda belirlenen tedbirlerin uygulanması.	Su Kanunun ve taşkın kanunun yasalaşması
	Taşkın Yönetim Planlarının mekânsal planlama çalışmalarında dikkate alınması	Şehir ve kırsal alanlarda yapı ruhsatı verirken taşkın, heyelan, vb tehlikelerin de dikkate alınması.	İmar kanunu ve benzeri diğer mevzuatın taşkın riskini azaltacak şekilde yeninden ele alınması
	Taşkın yataklarının ıslah edilmesi ve/veya alt yapının güçlendirilmesi	Taşkın yataklarındaki mevcut bina ve alt yapı tesislerinin belirlenerek sayılarının azaltılması	Taşkın yataklarındaki riskli yerleşimlerin uygun yerlere taşınması ile ilgili mevzuatın hazırlanması

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
	Taşkın tahmin ve erken uyarı sisteminin geliştirilmesi	Akarsu yatağı boyunca tüm sanat yapılarının taşkın riski dikkate alınarak yapılması veya mevcut yapıların revize edilmesi	Afet riski bulunan kentsel alanların dönüştürülerek sağlıklı ve güvenli yaşama çevreleri oluşturmak amacıyla çıkarılan 16/05/2012 tarihli ve 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun, iklim değişikliği ile kentlerde mücadele açısından ele alınması, gerekirse revize edilmesi
		Yağmur suyu drenaj sistemlerinde yeterli kapasitenin sağlanması	
		Dere yatakları ıslah edilirken mümkün olduğunca ekolojik dengeyi gözeten ve yeraltı suyunu besleyen çözümlerin uygulanması	
		Taşkın tahmini ve erken uyarı sisteminin kurulması	
		Erken uyarı sistemlerinin yerel seviyede yönetimi ve halkın bilinçlendirilmesi	
		Ulusal planlar, havza planları ve taşkın yönetim planlarının uyumlu hale getirilmesi	
Halk sağlığı	Halkın sağlığının iklim değişikliğine maruz kalınan etkilerinin kentsel planlamaya zemin sağlayan stratejilerde/ uygulamalarda ele alınması	Kentlerde iklim değişikliği ile mücadelede etki, etkilenebilirlik ve risk analizleri için gerekli ve güvenilir ihtiyaç duyulan bilimsel zeminin sağlanması	
	İklim değişikliği ile mücadelede toplum içindeki hassas grupların dikkate alınması, hassas gruplar temelli planlamaların yapılması		

3.5. Yerel Düzeyde Uyum İçin Kentsel/Kırsal Çözümler (Doğa Temelli Çözümler, Yeşil Altyapı, Akıllı Kentler vb.)

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
Kentsel tasarım ve doğa korumanın birbirini tamamlayan kavramlar olması	Yerleşmelerde iklim değişikliğine yönelik uyum ve azaltım kararlarını geliştirecek, yaşam kalitesini artıracak mekânsal planlama ve kentsel tasarıma yönelik ortak dil, ilke, standart ve yaklaşımların tanımlandığı kılavuzlar hazırlanarak idarelere yol haritası sunulması	Yerel iklime uygun, doğa duyarlı planlama ve tasarım çalışmalarında her yerleşmenin; yerel iklim koşullarını dikkate alan, doğal, topoğrafik verilere duyarlı bir yapılaşma ile yerel bitki ve malzeme kullanımı geliştirilmesi	Mevzuatta yeşil alanların işlevleri ve kentlerin iklim değişikliğine uyum eylemlerine katkısına yer verilmesi
	Kentsel tasarım eylemi ile doğal bilimler arasında parçacıl uygulamalardan holisizm –bütüncülük- ekosentrik –ekoloji merkezli- uygulamalara geçilip, çelişkiyi ortadan kaldırabilecek ortak bir dil oluşturulması	Kentlerde; park, koruluk, ağaçlandırma alanı ve bitkilendirilmiş bahçeler, yollar gibi kent ekosistemini destekleyecek karbon yutak alanları (ekolojik koridorlar) oluşturulması	
	Entegre Ekosistem Restorasyonu Proje modelinin geliştirilmesi	Şehirlere akan ekosistemler olan korunan alanlar, koru ve şehir orman ekosistemlerinin belirlenmesi ve korunması	
Kentsel tasarım çalışmalarının planlamadan bağımsız parçacıl uygulamalara sahip olması	Yerleşmelerin kent makro formu; yer aldığı çevrenin makro ve mikro klimasıyla etkileşimi, ekosistemle uyumlu, doğal ve iklim risklerini dikkate alarak belirlenmesi	Yeşil şehir kapsamında doğal temelli çözüm olarak mekânsal planlama stratejisi, peyzaj atlası, mavi-yeşil altyapı (çevre dostu malzeme) oluşturulması	
Kentlerde mevcut fiziki planlama pratiğinde iklim konuları ile planlama arasında etkileşim bulunmaması	İklim değişikliğine uyum uygulamalarında kentlerin kritik altyapılar ve hassas bölgelerinin belirlenmesi ve değişen koşullar değerlendirilerek eylemlerin buna göre tespit edilmesi	Yerel yönetimlere, konutların ortak alanlarında temiz yenilenebilir enerji kurabilmeleri için yurttaşa teşvik verilmek üzere kredi imkanları sunulması	
	Kentlerin gelişmişlik düzeyi, dirençlilik kapasiteleri, mekânsal, çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerinin özgün olarak tespit edilmesi ve kentin iklim değişikliğine yerel düzeyde uyum stratejisi ve eylem planlamasının buna göre tasarlanması	Binaların yeşil binaya geçişlerinde yerel yönetimlere destek mekanizmaları oluşturulması	

	2053 Yılında Net Sıfır Emisyon Hedefi İçin İklime Dayanıklı Kentlerin tasarımı	Kentlerde mekânsal planlamada esas alınacak risk sakınım önlemleri iklim değişikliği parametreleri ile örtüştürülerek farklı iklim tehlikeleri (aşırı sıcak hava dalgaları, kent selleri, taşkınlar vb.) hakkında kılavuzların hazırlanması	
Kentsel planlamada kent klimatolojisinin dikkate alınması	Klasik planlama yaklaşımından iklime duyarlı planlama yaklaşımına geçilmesi	Şehir klimatolojisine dayalı olarak mevcut plan kararlarının gözden geçirilmesi, aykırılık gösteren plan kararlarının; düzenleme maliyet unsurları da gözönünde bulundurularak iklime dayalı kentsel dönüşüm çalışmalarının gerçekleştirilmesi	Klasik planlama yaklaşımından iklime duyarlı planlama yaklaşımına geçilmesi konusunda mevzuat düzenlemesinin yapılması
	Kentlerde iklime dayalı olarak etap plan yaklaşımının benimsenmesi	Kent klimatolojisi ile kentlerin sahip olduğu karakteristik iklim özellikleri ve bu özelliklerin şehre sağladığı katkıların ortaya konulması, bu katkıların günümüz şehirlerindeki varlığı kontrol edilerek şehir işletimi ve planlamasının gerçekleştirilmesi	
		Meteorolojik faaliyetlerin bütün şehirler için detay seviyede ve şehir klimatolojisi kavramı içerisinde izlenmesi, karar destek için kumanda panellerinin oluşturulması, analizlerin anlık akan veriye dayalı olarak üretilmesi ve sonuçlarının yorumlanarak karar vericilere hazır politika sunabilen hale getirecek şehir iklim portallarının oluşturulması	
Su yönetimi	Yerel yönetimlerce içme suyu kaynaklarının ve tesislerinin mevcut durumunun incelenmesi ve gelecekte nitelik, nicelik ve sürdürülebilirlik açısından yeterli olup olmayacağının ortaya koyulması	İçme suyunun kaynaktan nihai tüketime giden rotasında şebekeden kaynaklı kayıpların sistematik ve bu konudaki teknolojik gelişmelere uygun yaklaşımlarla azaltılması	Yağmursuyu Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelikte, yağış suyu yönetimi çözümlerini içeren sistemlerin yeşil altyapının bileşeni olduğu ve yeşil alan sistemlerine entegre edilerek tesis edilmeleri gerektiğinin vurgulanması
		İçme, kullanma, şehirsel sulama ve endüstri su sistemlerinden akarsulara geri dönen suların nitelik ve nicelik olarak izlenmesi	

		Yerel yönetimlerde su güvenliği için su güvenliği planlarının yapılması, bu planlarda suyun kaynaktan musluğa kadar güvenirliği, kalite ve miktar açısından değerlendirilmesi	
Ekosistem hizmetleri	Kentlerde ekosistem hizmetlerinin modellenmesi ve haritalanması yapılırken sosyal kalkınma unsurları dikkate alınması		
	İklim değişikliğine uyum bağlamında kentlerde hidrolojik fonksiyonların ve bitki örtüsü sistemlerinin birleşimi olan mavi-yeşil altyapı sistemlerine dair farklı stratejilerin geliştirilmesi		
Yeşil altyapı, doğa temelli çözümler	Kentlerin ekosistem hizmetlerinin ayrı ayrı hesaplanması ve yeşil altyapı stratejilerinin bu doğrultuda oluşturulması	Yeşil altyapı uygulamalarında yöreye özgü biyoçeşitlilikten yararlanılması	
		Kentsel ulaşım altyapılarında geçirimli malzeme kullanılmasına/yenilenmesine teşvik uygulanması	
		Belediyelerin bisiklet yolları yatırımlarında geçirimli malzemelerin kullanılmasının teşvik edilmesi	
		"Geçirimli Beton Uygulama Kılavuzu"nun işaret ettiği alanların kentsel altyapı sistemlerinde uygulanması için destek ve teşvik mekanizmalarının oluşturulması	
		Kentlerde kanalizasyon ve yağmur suyu altyapısının ayrık sistem olmasının teşvik edilmesi	
		Kent yönetimlerinin yeşil yatırımlarına yönelik iş planlarını hazırlaması	
		Belediyelerin mevcut parkları yağmur suyu hasadına uygun olarak yeniden düzenlenmesi	
		Akıllı şehirleşme ve iklim değişikliğine uyum kılavuzunun çıkarılması	
		Kentlerde iklime dayanıklı yenilikçi mimari tasarım uygulamaları yapılmalıdır.	
		Doğa temelli çözümlerin kent içinde yaygınlaştırılması	

3.6. Yerel Düzeyde Uyum İçin Finansman

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
Kentlerde iklim değişikliğinin etkilerine uyumu finanse etmekte kullanılan mevcut kaynakların yeterli olmaması	İklim değişikliği ile mücadelede uluslararası finansman kaynaklarının yanısıra öz kaynak modellerine dönülmesi	İklim eylemlerinin gerçekleşmesi için finansal maliyetlerin dikkate alınması ve bu yönde kaynak tahsis edilmesi veya yaratılması	
	Yerel yönetimler için ulusal kaynaklardan iklime uyum finansmanı sağlanması	İLBANK Genel Müdürlüğü'nün kurumsal rolünün yerel düzeyde ihtiyaç duyulan "iklime uyum finansmanı" açısından değerlendirilmesi	
	Finansal kaynakların oluşturulması ve bu kaynaklara erişim kadar karar mekanizmaları içerisine eş ve yan faydaların da dahil edilmesi	Yüksek karbon vergisinden elde edilecek fonların yerel yönetimlerin projelerine finans kaynağı olarak düşünülmesi	

3.7. Paris Anlaşması ve Yerel Yönetimler

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
Paris Anlaşması'nın hedefleri	Paris anlaşması iklim krizi ile mücadele yönetiminde kapsayıcılık esasını benimsemiş olması nedeniyle yerel düzeydeki yönetim anlayışının da bu çerçevede şekillendirilmesi	İklim eylemlerinin gerçekleşmesi için finansal maliyetlerin dikkate alınması ve bu yönde kaynak tahsis edilmesi veya yaratılması	
	Paris Anlaşması'nı dikkate alan ulusal politikarın oluşturulması	İLBANK Genel Müdürlüğü'nün kurumsal rolünün yerel düzeyde ihtiyaç duyulan "iklime uyum finansmanı" açısından değerlendirilmesi	
	Türkiye'nin ülke olarak 2053'le ilgili çok güçlü taahhüdü çerçevesinde piramidal bir şekilde yerel yönetimler, yerel iklim eylem planlarını yaparken hem iklim anlaşması hem de bu taahhüdün dikkate alınması	Ulusal politikalara ve bu politikalarla uyumlu mevzuata uygun plan ve eylemlerin yapılması	Ulusal politikaya uygun mevzuatın oluşturulması
		Ekosistemlerinin korunması ve yeniden canlandırılması	
		Ev, geçim kaynağı ve hayat kaybını önlemek için savunma ve uyarı sistemleri, dayanıklı altyapı ve tarımın sağlanması ve teşvik edilmesi	

3.8. Avrupa Yeşil Mutabakatı Çerçevesinde Türkiye'de Yerel Düzeyde Uyum

Sorun Alanı	Politika Önerisi	Öncelikli Eylem Önerisi	Mevzuat Önerisi
Yerel yönetimlerin AB'nin iklim değişikliği ile mücadele stratejilerine ve müktesebatına uyumu	Yerel yönetimlerin AB'nin iklim değişikliği ile mücadele stratejilerine ve müktesebatına ayak uydurmayı kolaylaştırmak içinbölgesel ve küresel birliklerle ortaklıklar kurması	Yerel yönetimlerin AB'nin iklim değişikliği ile mücadele stratejilerine ve müktesebatına ayak uydurmayı kolaylaştırmak için; Avrupa Belediyeler ve Bölgeler Konseyi/CEMR, C40 Büyük Kentler İklim Liderlik Grubu, Belediye Başkanları Küresel İklim ve Enerji Sözleşmesi, Sürdürülebilir Kentler Birliği/ ICLEI ve Birleşmiş Kentler ve Yerel Yönetimler Orta Doğu ve Batı Asya Bölge Teşkilatı/ UCLG-MEWA gibi küresel ve veya küresel/bölgesel yerel yönetim kurumlarının/ ağlarının tecrübe ve bilgi birikimlerine önem vermesi, bu oluşumlarla gerektiğinde birarada çalışması	
	Avrupa Yeşil Mutabakatı hedefleri yeşil şehirler ve sektörel uzantılarına işaret ettiği için Bu alanda yerel karar vericilerin kısa vadede kapasitelerinin geliştirilmesinin sağlanması	Karar vericilere yeşil satın alma kapasite geliştirme eğitimlerinin verilmesi	
	AB yeşil mutabakatının alt bileşenlerinden birisi olan sıfır kirlilik konusuna yerel yönetimlerin hazırlıklı hale getirilmesi		

4. ŞURA KARARLARI

Çevrimiçi toplantıların tamamlanması sonrasında İklim Şûrası'ndaki komisyon çalışmalarına temel oluşturacak 21 maddeden oluşan taslak politika önerileri seti oluşturulmuştur. 21-25 Şubat 2022 tarihleri arasında Konya'da yapılan İklim Şûrası'na 60 komisyon üyesi katılmıştır. Şûrada 21 maddeden oluşan taslak politika önerileri seti komisyonun üç günde ve beş ayrı oturumda yaptığı oturumlarda müzakere edilmiştir. Bu oturumlar sonunda komisyonun Şûra çalışmalarında politika önerileri 5 maddesi öncelikli olmak üzere 25 madde olarak belirlenmiş ve taslak politika önerileri Yuvarlak Masa Toplantısına iletilmiştir. Yuvarlak Masa Toplantısında politika önerilerine son şekli verilmiştir. Buna ek olarak, iki maddenin eylemlerinin bütünlük teşkil ettiğinin değerlendirilmesi sonucu bu iki maddenin birleştirilmesi uygun görülmüş olup son haliyle 24 politika önerisi şura kararları olarak oluşmuş olup Nihai Şura Kararları Tablo 5'de yer almaktadır.

Tablo 5: Yerel Yönetimler Komisyonu Nihai Şura Kararları

1.	İklim değişikliği ile mücadelede her ilde yetki ve sorumlulukları mevzuatla tanımlanmış iklim koordinasyon kurulu oluşturularak ildeki tüm paydaşların katılımları sağlanmalıdır
2.	Yerel İklim Değişikliği Eylem Planlarının hazırlanması ve uygulamasında yararlanılmak üzere veri ve bilgi toplanmasını, paylaşılmasını ve kullanılmasını kolaylaştıracak bir iklim platformu, 2023 yılı içerisinde oluşturulmalı ve güncelliği sağlanmalıdır.
3.	2022 yılı içerisinde Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları hazırlanmasında kullanılacak bir metodoloji belirlenmeli ve yönlendirici kılavuz hazırlanmalıdır.
4.	İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılması, iklim değişikliğine uyum önlemleri ve doğa kaynaklı afetlerin kayıp ve zararlarının karşılanması kapsamında, mevcut sigorta mekanizması geliştirilmeli, yerel yönetimlerce gerçekleştirilecek faaliyetlere finans kaynağı teşkil etmek üzere merkezi bir fon oluşturulması sağlanmalıdır.
5.	Yerel düzeydeki afetlerde kriz yönetiminden risk yönetimi modeline geçilmeli ve bu kapsamda gerekli olan beşeri, idari, finansal kapasite geliştirilmeli ve mevzuat kapsamı güçlendirilmelidir.
6.	Şehirlerin iklim değişikliğinin tüm etkilerine karşı direnç endeksleri tespit edilmeli ve iklim risklerine uyum kapsamında uygulama planlaması yapılmalıdır.
7.	Mekânsal planlar, ulusal ve bölgesel düzeyde iklim değişikliği etki ve etkilenebilirlik analizleri dikkate alınarak hazırlanmalıdır.
8.	Kalkınma planları, mekânsal planlar, afet planları vb. planlar ve diğer politika belgeleri veya stratejik planlar Yerel İklim Değişikliği Eylem Planları dikkate alınarak bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalı ve gerekli ise revize edilmelidir.
9.	İklim değişikliği ve etkileri hakkında, yerelde farkındalık artırıcı faaliyetler, eğitim programları ve kapasite geliştirme çalışmaları yapılmalıdır.
10.	Tahmin ve erken uyarı sistemlerinin yerel seviyede yönetimi sağlanmalı ve bu bilgilerin halka etkin şekilde iletilmesi temin edilmelidir.
11.	Yerleşim birimlerinde doğa temelli çözümleri tanımlamak için peyzaj atlasları hazırlanmalı ve mekânsal planlamada kullanımları sağlanmalıdır.
12.	Paris İklim Anlaşması ile AB Uyum Stratejisi ve AB Yeşil Mutabakatı vb. belgeler uyarınca, doğa temelli çözümler ve mavi-yeşil alt yapı gibi kavram ve ilkelerle ilgili ulusal bir yaklaşım geliştirilmeli, ilkelerin yerel yönetimlerce uygulamaya geçirilmesi için mevcut mevzuatta gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.
13.	Kentlerde; park, koruluk, ağaçlandırma alanları, bahçeler, bisiklet ve yaya yolları gibi kent ekosistemini destekleyecek ekolojik koridorlar oluşturulmalıdır.
14.	Kentlerde kentsel tarım yaklaşımı benimsenmelidir. Kent içinde ve kent çeperlerinde kalan mera ve tarım arazilerinin nitelikleri korunmalı ve bu yolla kentlerde yaşayan nüfusun yerelde üretilen gıdaya ulaşımı kolaylaştırılmalı ve yerel gıda üretim ve tüketimi yerel yönetimlerce teşvik edilmelidir.

15	Yağmur suyu hasadı ve gri suyun kullanımı yaygınlaştırılmalı ve bu amaçla yönlendirici mevzuat geliştirilmelidir. Atık su arıtma tesislerinde arıtılan atık suyun yeniden kullanımı sağlanmalıdır. Ayrıca, kentsel alanlarda yağmur suyunun yer altı sularına katılımını sağlayan uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır.
16	Şehirlerde su şebekesi, enerji yönetimi, atık yönetimi, ulaşım sistemi de dahil olmak üzere, tüm alt yapı sistemlerinde akıllı şehirler stratejisinde ortaya konulan dijitalleşmenin afet risk yönetimine uygun ve iklim dostu şeklinde tasarlanması sağlanmalıdır.
17.	Yerleşim yerlerinde taşkın yönetim planlarının öncelikli olarak doğa temelli çözümler ekseninde uygulanması sağlanmalıdır.
18	Kentsel ulaşımda elektrikli toplu taşıma araçlarının kullanımının ve bu konudaki alt yapı yatırımlarının yaygınlaştırılması, ulaşım tür seçiminin yeşil türler (yaya ve bisiklet) lehine değiştirilmesi ve paylaşımlı hareketlilik sistemlerinin teşvik edilmesi sağlanmalıdır.
19	Yerel yönetimlerin iklim değişikliği ile mücadeleye ilişkin uygulamalarında ulusal ve uluslararası finansman kaynaklarının yanı sıra, özel sektörün finansmanı ve etki yatırımı kaynaklarının yönlendirilmesi için modeller geliştirilmelidir.
20	AB Yeşil Mutabakatı ve bu bağlamda geliştirilen müktesebata uymayı kolaylaştırmak için bölgesel ve küresel birliklerle ortaklıklar kurulmalıdır.
21	Kentsel alanlarda mekânsal fonksiyonlar arasındaki mesafelerin, ulaşım için kullanılacak altyapı ve enerji miktarını en aza indirecek şekilde planlanması ve yapılandırılması sağlanmalıdır.
22	İklim değişikliğinin yerel ölçekte halk sağlığı üzerinde oluşturduğu riskler belirlenmeli ve muhtemel olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik olarak yerel yönetimlerle birlikte yerel iklim ve sağlık uyum planları oluşturulmalıdır.
23	Yerel düzeyde iklim değişikliğiyle mücadeledeki eylemlere yönelik ilerlemenin takip edilmesi için etki ölçümleme ve raporlama bakış açısı benimsenmeli ve uygulanmalıdır.
24	Yerelde sera gazı emisyon kaynaklarının azaltımı doğrultusunda tüm sektörlerde yerel yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

Climate Adapt. 2022. Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change, 10.03.2022 tarihinde, https://climate- adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/eu-strategon-adaptation-to-climate-change adresinden erişildi.

Commonwealth Secretariat. 2008. Local Governments and Climate Change, Discussion Paper, Number 2, October 2008.

Coşkun Hepcan, Ç. 2021. İklim Değişikliği Uyum Planlaması & Uyum Planlaması için Matris, İçinde: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim Değişikliğine Uyum Konusunda Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi Eğitimi Projesi, Modül: 2, Ankara.

European Commission.2021. Communicatıon From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee of The Regions Empty: Forging a climate-resilient Europe - the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change, Brussels, 24.2.2021, COM(2021) 82 final. 10.03.2022 tarihinde https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2021:82:FIN adresinden erişildi.

European Commission. 2013. Communıcation From The Commission to The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee and The Committee of The Regions: An EU Strategy on Adaptation to Climate Change, Brussels, 16.4.2013 COM (2013) 216 final. 10.03.2022 tarihinde https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0216:FIN:EN:PDF, adresinden erişildi.

Heikkinen, M., Karimo, A., Klein, J., Juhola, S., Yla-Anttila, T. 2020. Transnational municipal networks and climate change adaptation: A study of 377 cities, Journal of Cleaner Production, 257.

IPCC. 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland.

IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland.

IPCC. 2014a. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A:Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014b. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

Kadıoğlu, M. 2012. Turkiye'de İklim Değişikliği Risk Yonetimi. Turkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, Ankara.

Klein, J., Juhola, S., Landauer, M. 2017. Local authorities and the engagement of private actors in climate change adaptation, Politics and Space, 35(6): 1055–1074.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2015. Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği, Ankara.

Nguyen TMP, Davidson, K., and Coenen, L. 2020. Understanding how city networks are leveraging climate action: experimentation through C40, Urban Transformations, 2(12): 1-23.

Peker, E., Aydın, C.İ. Değişen İklimde Kentler: Yerel Yönetimler İçın Azaltım ve Uyum Politikaları, İstanbul Politikaları Merkezi, İPM-Mercator Politika Notu.

Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanization. 2018. Seventh National Communication of Turkey Under the UNFCCC, Ankara.

Somuncu, M. 2021a. İklim Değişikliğine Uyum Bağlamında Ulusal ve Uluslararası Aktörler, İçinde: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim Değişikliğine Uyum Konusunda Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi Projesi, Modül 4, Ankara, 110-149.

Somuncu, M. 2021b. İklim Değişikliğinin Dünyada ve Türkiye'de Sektörlere Muhtemel Etkileri ve Riskler, İçinde: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim Değişikliğine Uyum Konusunda Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi Projesi, Modül 1, Ankara, 209-247.

Somuncu, M. 2018. İklim Değişikliği Türkiye Turizmi için Bir Tehdit mi, Bir Fırsat mı? TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 3-6 Ekim 2018, Bildiriler Kitabı, Ankara, 748-771.

Şahin, Ü. 2014. Türkiye'nin İklim Politikalarında Aktör Haritası, İstanbul Politikalar Merkezi Yayını, İstanbul.

Talu, N., Kocaman, H. 2019. Türkiye'de İklim Değişikliği İle Mücadelede Politikalar, Yasal ve Kurumsal Yapı, İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 4, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. 2019. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023).

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2021. 2020 Yılı Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi, Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2012. Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2016a. Türkiye İklim Değişikliği 6. Bildirimi, Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2016b. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Kapsamında Türkiye'nin Birinci ve İkinci İki Yıllık Raporu, Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. 2020. Bölgesel İklim Değişikliği Eylem Planları, Ankara.

T.C. Kalkınma Bakanlığı. 2014. Onuncu Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.

T.C.Ticaret Bakanlığı. 2021. Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021, Ankara.

Tolunay, D. 2019. İklim Değişikliğinin Kentlere Etkisi ve Kentlerde İklim Değişikliğine Uyum Çalışmaları, Kent ve Sağlık, Bursa.

Tuğaç, Ç. 2022a. İklim Değişikliği Krizi ve Şehirler, Çevre, Şehir ve İklim, 1(1): 39-60.

Tuğaç, Ç. 2022b. Kentler, İklim Değişikliğiyle Mücadele ve Uyum, 10.03.2022 tarihinde https://temizenerji.org/2022/03/10/kentler-iklim-degisikligiyle-mucadele-ve-uyum/ adresinden erişilmiştir.

Tuğaç, Ç. 2019a. Türkiye'de Kentsel İklim Değişikliği İçin Eko-Kompakt Kentler, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları: 619, Ernst Reuter İskân ve Şehircilik Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları: 23, Ankara.

Tuğaç, Ç. 2019b. Kentsel Dirençlilik Perspektifinden Yerel Yönetimlerin Görevleri ve Sorumlulukları, İdealkent, 28(10): 984-1019.

UNEP. 2022a. Cities and Climate Change. 09.03.2022 tarihinde https://www. unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/cities-and-climate-change adresinden erişilmiştir.

UNEP. 2022b. NEW IPCC report: Taking action now can secure our future, 09.03.2022 tarihinde https://unepdtu.org/new-ipcc-report-taking-action-now-can-secure-our-future/ adresinden erişilmiştir.

UNEP. 2021. Smart, Sustainable and Resilient Cities: The Power of Nature-Based Solutions, A working paper for the G20.

UNFCCC. 2015. Paris Agreement. Paris: UN.

UN-HABITAT. 2020. Global State of Metropolis 2020 – Population Data Booklet, Nairobi.

UN-HABITAT. 2017. Sustainable Urbanization in the Paris Agreement: Comparative review for urban content in the Nationally Determined Contributions (NDCs), Nairobi.

United Nations Department of Economic and Social Affairs. 2019. Population Facts, No. 2019/6.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2018. The World's Cities in 2018—Data Booklet (ST/ESA/ SER.A/417).

EK: KOMİSYON ÜYELERİ

Komisyon Adı: Sera Gazı Azaltım Politikaları / Enerji-Sanayi-Ulaştırma

No	İsim	Unvan	Kurum	Komisyondaki Görev
1	Eyyüp KARAHAN	Genel Müdür	ÇŞİDB - ÇYGM	Komisyon Başkanı
2	Prof. Dr. Mehmet SOMUNCU	Öğretim Üyesi	Ankara Üniversitesi	Komisyon Bşk. Yrd.
3	Özlem TAŞKIN	Doktora Öğrencisi	Ankara Üniversitesi	Raportör
4	Engin ASAN	Doktora Öğrencisi	Ankara Üniversitesi	Raportör
5	Adem Kürşat ÖZCAN	Şube Müdürü	ÇŞİDB - ÇGM	Raportör
6	Suna MORKOÇ	Uzman	ÇŞİDB - ÇGM	Raportör
7	Gökmen DEDEMEN	Uzman Yrd.	Cumhurbaşkanlığı SBB	Temsilci Üye
8	Osman ALTINTAŞ	Uzman	Cumhurbaşkanlığı SBB	Temsilci Üye
9	Tuncay ÖZER	Daire Başkanı	Sağlık Bakanlığı - HSGM	Temsilci Üye
10	Ahmet CERAN	Birim Sorumlusu	Sağlık Bakanlığı - HSGM	Temsilci Üye
11	Elif TOSUN	Sağlık Uzmanı	Sağlık Bakanlığı - HSGM	Temsilci Üye
12	Emine EMER	Birim Sorumlusu	Sağlık Bakanlığı - HSGM	Temsilci Üye
13	İdris ARSLAN	Birim Sorumlusu	Sağlık Bakanlığı - HSGM	Temsilci Üye
14	Fatih GÖKYURT	Daire Başkanı	Sanayi Bakanlığı - Kalkınma Ajansı Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
15	Dr. Yakup KARAASLAN	Genel Müdür Yrd.	TOB - SYGM	Temsilci Üye
16	T. Fikret GİRAYHAN	Şube Müdürü	TOB - SYGM	Temsilci Üye
17	Yusuf BAŞARAN	Daire Başkanı	TOB - SYGM	Temsilci Üye

18	Elif DEMİRBAŞ TOPÇU	Mühendis	TOB – TRGM	Temsilci Üye
19	Dr. Aslıhan KOL	İnşaat Y. Mühendisi	TOB - DSİ	Temsilci Üye
20	Muaz ZAİM	İnşaat Y. Mühendisi	TOB - DSİ	Temsilci Üye
21	Mehmet KOÇ	Daire Başkanı	TOB - OGM	Temsilci Üye
22	Vedat DİKİCİ	Bölge Müdürü	TOB-Antalya Orman Bölge Md.	Temsilci Üye
23	Fuat NUR	Bölge Müdür V.	TOB-Antalya Orman Bölge Md.	Temsilci Üye
24	Fatih AYDIN	Mühendis	İçişleri Bakanlığı - AFAD	Temsilci Üye
25	Kemalettin SAKİN	Genel Müdür Yrd.	İçişleri Bakanlığı - İİGM	Temsilci Üye
26	Adnan KÜCE	Çevre Mühendisi	UAB - AYGM	Temsilci Üye
27	Emrah MANAP	Biyolog	ÇŞİDB - TVKGM	Temsilci Üye
28	Ali Serhan EREL	Şube Müdürü	ÇŞİDB - MPGM	Temsilci Üye
29	Mehmet Nazım ÖZER	Şehir Plancısı	ÇŞİDB - MPGM	Temsilci Üye
30	Serhan GEZMEN	Şube Müdürü	ÇŞİDB - YYGM	Temsilci Üye
31	Emre YAVUZ	Uzman	ÇŞİDB - YYGM	Temsilci Üye
32	Hikmet EROĞLU	Daire Başkanı	ÇŞİDB - MGM	Temsilci Üye
33	Fikri Erdem KÖKBAY	Şube Müdürü	ÇŞİDB - AKDGM	Temsilci Üye
34	Dr. Akın KISA	Genel Müdür Yrd. V.	ÇŞİDB - CBSGM	Temsilci Üye
35	İskender ERMİŞ	Daire Başkanı	ÇŞİDB – CBSGM	Temsilci Üye
36	Emre SERT	Daire Başkanı V.	ÇŞİDB - CBSGM	Temsilci Üye
37	Salih SOYLU	Uzman	ÇŞİDB – CBSGM	Temsilci Üye
38	Levent TÜRKER		ÇŞİDB – CBSGM	Temsilci Üye

39	Nazlı YENAL	Uzman	ÇŞİDB – ÇYGM	Temsilci Üye
40	Görkem DAYANGAÇ	Çevre Mühendisi	ÇŞİDB – ÇYGM	Temsilci Üye
41	Muhammet GÖÇER	Daire Başkanı	İLBANK	Temsilci Üye
42	Emre Oğuz ÖNCÜL		Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası	Temsilci Üye
43	Elif BAKNALI		Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası	Temsilci Üye
44	Şule KILIÇ	Türkiye Müdür Yardımcısı	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası	Temsilci Üye
45	Deniz SARI	Başuzman Araştırmacı	TÜBİTAK MAM	Temsilci Üye
46	Çağlar GÜVEN	Baş Araştırmacı	TSE	Temsilci Üye
47	Muhammed Enes ÇORBACIOĞLU	Mühendis	TSE	Temsilci Üye
48	Prof. Dr. Levent AYDIN	Öğretim Üyesi	Ankara Sosyal Bilimler Ü.	Temsilci Üye
49	Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ	Öğretim Üyesi	Hacettepe Üniversitesi	Temsilci Üye
50	Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK	Öğretim Üyesi	Ankara Üniversitesi	Temsilci Üye
51	Prof. Dr. Ebru Vesile ÖCALIR	Öğretim Üyesi	Gazi Üniversitesi	Temsilci Üye
52	Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU	Öğretim Üyesi	Çukurova Üniversitesi	Temsilci Üye
53	Prof. Dr. Mikdat KADIOĞLU	Öğretim Üyesi	İTÜ	Temsilci Üye
54	Doç. Dr. Şiir KILKIŞ	Öğretim Üyesi	ODTÜ	Temsilci Üye
55	Dr. İsmail Talih GÜVEN	Öğretim Üyesi	Kocaeli Üniversitesi	Temsilci Üye
56	Ece Ümmüdoğan DEVECİ	Öğretim Üyesi	Niğde Ömer Halis Üniversitesi	Temsilci Üye
57	Doç. Dr. Anıl AKIN TANRIÖVER	Öğretim Üyesi	Bursa Teknik Üniversitesi	Temsilci Üye
58	Esra DEMİR	Proje Uzmanı	UNDP	Temsilci Üye
59	Ceren BALLI	Proje Uzmanı	UNDP	Temsilci Üye

60	Doç. Dr. Doğan DURSUN	Proje Uzmanı	UNDP	Temsilci Üye
61	Meltem BAYRAKTAR	İklim Yöneticisi	WRI Türkiye	Temsilci Üye
62	Doğu Keleş	Koordinatör	TEMA	Temsilci Üye
63	Mehmet DUMAN	Çevre Komisyon Sorumlusu	UCLG MEWA	Temsilci Üye
64	Murat AR	Müdür	Sağlıklı Kentler Birliği	Temsilci Üye
65	Zeynep TALU	Kıdemli Başkanı	Küresel Denge Derneği	Temsilci Üye
66	Efe BAYSAL	Kampanyalar Sorumlusu	350 Türkiye	Temsilci Üye
67	Önder ALGEDİK	Enerji ve İklim Uzmanı	350 Ankara	Temsilci Üye
68	Gülin Yücel	İcra kurulu üyesi	ETKİYAP	Temsilci Üye
69	Havva BAYRAK		OSD	Temsilci Üye
70	Yelda Devlet KARAPINAR	İşgücü Göçü ve İnsani Kalkınma Birim Yöneticisi	Uluslararası Göç Örgütü (IOM)	Temsilci Üye
71	Mustafa ÇETİN	Orman Yüksek Mühendisi	Yeşil Orman Okulları	Temsilci Üye
72	Gökçen Kunter Karaduman		WWF	Temsilci Üye
73	Dr. Sadun BÖLÜKBAŞI	Dernek Başkanı	Adana Çevre Derneği	Temsilci Üye
74	Sema GÜNEŞ	Yönetim Bilimleri Danışmanı	She Danışmanlık	Temsilci Üye
75	Ayşegül KOCABAY	Endüstri Mühendisi	Türkiye Belediyeler Birliği (TBB)	Temsilci Üye
76	Ramazan Özcan YILDIRIM	Genel Sekreter Yrd.	Türkiye Belediyeler Birliği (TBB)	Temsilci Üye
77	Cemil ARSLAN	Çevre Yönetimi Koordinatörü	Marmara BBB	Temsilci Üye
78	Serdar KOYUNCU	Daire Başkanı	Konya BBB	Temsilci Üye
79	Sungur Mehmet YENİ	Daire Başkanı	Sakarya BBB	Temsilci Üye

80	Ali TULUMEN	Daire Başkanı	Samsun BBB	Temsilci Üye
81	Aylin GİRAY	Daire Başkanı	Muğla BBB	Temsilci Üye
82	Lokman ATASOY	Başkan Danışmanı	Antalya BBB	Temsilci Üye
83	Melike KİREÇCİBAŞI		Antalya BBB	Temsilci Üye
84	Özlem KILIÇARSLAN		Antalya BBB	Temsilci Üye
85	Elif SARI		Antalya BBB	Temsilci Üye
86	Buket ERGİN	Daire Başkanı	Kayseri BBB	Temsilci Üye
87	Özden AKKAYA		Antalya BBB	Temsilci Üye
88	Engin ERARSLAN		Antalya BBB	Temsilci Üye
89	Dilayda CAN		Antalya BBB	Temsilci Üye
90	Berna MAVİGÖK	Makine Mühendisi	Gaziantep BBB	Temsilci Üye

GÖÇ, ADİL GEÇİŞ VE DİĞER SOSYAL POLİTİKALAR

1. GİRİŞ

“Ekonomik, çevresel ve sosyal sorunları, insan refahı ortak paydasında birleştirme potansiyeli taşıyan sosyal politikalar”; iklim değişikliğine karşı alınacak tedbirler çerçevesinde araştırma yapılması, tartışılması ve tespit edilen bulgular doğrultusunda hızlıca harekete geçilmesine ihtiyaç olan önemli bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır (Karakuş Kaçmaz & Özaydın, 2019).

Paris Anlaşması’nın başlangıç kısmında vurgulanan; iklim eylemi, sürdürülebilir kalkınma, göç, adil geçiş, haklar, cinsiyet eşitliği, yoksulluk, iklim adaleti gibi birbirleriyle yakın ilişkili sosyal politika kavramları, çevre ile uyumlu sürdürülebilir bir geleceğin inşası için zorunlu olan iklim değişikliğinin gerektirdiği dönüşüm sürecinin yönetilmesi açısından son derece önemlidir. Bu rapor; Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından düzenlenen İklim Şura’sı kapsamında “Göç, Adil Geçiş ve Diğer Sosyal Politikalar” başlıklı 7. komisyonu tarafından yürütülen, katılımcı ve şeffaf bir şekilde çevrimiçi yapılan toplantılardaki tartışmalar sonucunda tespit edilen bulgulardan ve katılımcılar tarafından sunulan yazılı katkılardan hareketle, dönüşüm sürecinin yönetilmesine yönelik sosyal politikaların oluşturulması, stratejik hedeflerin

belirlenmesi, düzenlenmelerin yapılması ve eylem planlarının hazırlanmasına katkı sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Komisyon tarafından yürütülen çalışmalarda, Türkiye tarafından onaylanarak iç hukukumuzun bir parçası haline getirilen Paris Anlaşması'nın başlangıç kısmında vurgulanan hususlar ve anlaşma hükümleri dikkate alınmıştır.

Bu bağlamda;

- Paris Anlaşması'nda yer alan "Tarafların yalnızca iklim değişikliğinden değil iklim değişikliğine karşı alınacak tedbirlerin etkilerinden de etkilenebilecekleri" ifadesinden hareketle; iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarına karşı alınacak tedbirlerin yeni olumsuzluklara sebebiyet vermemesi için çalışmaların titizlikle yürütülmesi ve çok boyutlu olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Alınacak tedbirlerin sektörel, toplumsal, ekonomik etkilerinin neler olabileceği çalışmalarımız kapsamında teferruatlı olarak tartışmaya açılmıştır. İklim krizine bağlı olarak ortaya çıkabilecek doğal afetler ya da diğer olumsuz sebepler nedeniyle karşılaşılabilecek iç ve dış göç hareketlerinin ön görülmesi, planlanması ve yönetilmesine ilişkin tartışmalar da bu bakış açısı ile yürütülmüştür.

- Yine Paris Anlaşması'nın başlangıç kısmında; "iklim değişikliği eylemleri, müdahaleleri ve etkileri ile sürdürülebilir kalkınmaya adil erişim ve yoksulluğun

kaldırılması arasındaki yapısal ilişki" vurgusundan hareketle Komisyon; yürüttüğü çalışmalarda bu yapısal ilişkinin önemini kavrayarak sosyal adalet ve hak temelli bakış açısını merkeze koyan, kapsayıcı bir perspektif benimsemeye gayret etmiştir. Türkiye'nin coğrafi konumu, tarihi değerleri ve toplumsal yapısı göz önünde bulundurarak, temel eksikliklerin ve ihtiyaçların tespit edilmesine; iklim krizinin etki alanlarının dağılımına ve etkilenmenin şiddetine yönelik tartışmalara yer verilmiştir. Bu kapsamda mevzuat ve sektörel stratejik hedefler ile kurumların öncelikli hedeflerine ilişkin önerilerin alınması, 2053 Net Sıfır Karbon hedefinin gerektirdiği enerji politikası değişikliğinin madencilik sektörüne etkisi ve bu bağlamda sektör daralmasının maden işçileri üzerinde orta ve uzun vadedeki etkilerinin tartışılması; iklim değişikliğinden etkilenen sektörler ve toplumsal gruplar için ulusal bir adil geçiş mekanizmasının kurulması çalışılan konular arasında yer almaktadır.

- Paris Anlaşması'nın giriş kısmında ortaya konan bir diğer husus da; iklim değişikliği penceresinden bakılarak oluşturulacak kırılgan grupların ihtiyaçlarının hassasiyetle gözetildiği yeni bir adalet anlayışının tesis edilmesi gerekliliğidir. Türkiye için iklim adaleti tanımının yapılması; iklim adaletinin sağlanması için uygulamada dikkate alınacak öncelikli ve kırılgan grupların belirlenmesi, ölçeklendirilmesi ve politikalara dahil edilmesi, Türkiye'de yaşayan geçici koruma altındaki grupların; doğal kaynakların kullanımı, gıda güvenliği, orta ve uzun dönem stratejilerin uygulanmasında cinsiyet eşitliğinin entegrasyonu konuları ele alınmıştır.

- Paris Anlaşmasında dikkat çekilen eğitim, öğretim, kamu farkındalığı, kamunun katılımı, bilgiye erişimi ve her seviyede iş birliği ile katılımcılığın önemi de Komisyon çalışmaları kapsamında gözetilmiştir.

- Paris Anlaşması'nın belki de en dikkat çekici noktalarından biri, ulusal düzeyde tanımlanmış kalkınma öncelikleri doğrultusunda, işgücünün adil geçişi ile onurlu ve nitelikli işler oluşturmak için gereken şartların dikkate alınması yönündeki düzenlenmedir. Nitekim adil geçiş, hem özel sektör ve kamu sektörü, hem de istihdam olanakları açısından önemli bir unsurdur. Bu madde ile özel sektör ve kamu sektörü bakımından karbondan çıkış stratejisi ile yeni bir döneme girilirken, bir yandan daha önce bu sektörlerde çalışan kişilerin çalıştığı işlere ne olacağının konuşulması gerekmektedir. Komisyonda çok yönlü olan bu konu

tartışılmış, hem özel ve kamu sektörünün ihtiyaçları tanımlanmaya çalışılmış hem de dönüşen sektörlerde çalışan kişilerin istihdamının ve kişiye yakışır işlerin nasıl sağlanabileceği konusunda bazı öneriler getirilmiştir.

Komisyon çalışmaları kapsamında konular İklim Göçü; İklim Adaleti, Kırılgan Gruplar ve Cinsiyet; Adil Geçiş olmak üzere üç ana başlıkta sınıflandırılarak detaylandırılmıştır. İlke olarak; Paris Anlaşması'nın başlangıç kısmında da vurgulanan perspektiften yola çıkılarak her başlık altında belirlenen konular, akademisyenler, sivil toplum kuruluşları ve kamu kurumlarından katılım sağlayan alanında uzman temsilcilerin değerli katkıları ile etraflıca ele alınmıştır. Komisyon kendi çalışmalarını yürütürken işlediği konular ile uyumlu şekilde katılımcı, şeffaf ve kadın liderliğini destekleyen bir tavır sergileyerek sürecin tüm alanlarda bu şekilde yürütülmesine örnek teşkil edecek bir model olma fonksiyonunu da yerine getirmeye gayret etmiştir. Yürütülen çalışmalar kapsamında, öncelikle kavramsal çerçevenin oluşturulması hedeflenmiştir. Türkiye'nin kendi ulusal ihtiyaçları çerçevesinde, iklim değişikliği ve sonuçlarına ilişkin görece yeni olan bazı kavramlar doğru ve uygun şekilde tanımlanarak politikaların, sağlıklı biçimde oluşturulmasını, belirlenen hedeflere ulaşmasını ve verimli biçimde eyleme geçirilmesini sağlamaya ve bunun için gerekli olan mevzuat altyapısının gerçekleştirilmesine yönelik değişikliklere temel oluşturmaya gayret edilmiştir.

Çalışmalar sonucunda ulaşılan bulgular listelenmiştir. Bu listeleme ile ulaşılmak istenen amaç; mevcut durumun analizi sonucu elde edilen bulguları ortaya koymak, akabinde var olan eksikliklerin tespitini sağlamak, belirlenecek uygun hedefler ve çözüm önerileri ile Türkiye'nin bu raporda yer alan konular açısından Paris Anlaşması ile taahhüt etmiş olduğu yükümlülüklerini en iyi şekilde yerine getirilmesine zemin hazırlamaktır. İlgili kamu kurum ve kuruluşları, sivil toplum örgütleri, meslek odaları, üniversite ve sektör temsilcilerinin bir araya gelerek büyük bir özveri ile oluşturmuş olduğu bu yol haritasının, yalnızca 2053 net sıfır karbon emisyonu hedefine değil, bu hedefe giderken geçilmesi gereken orta ve uzun vadeli 2030 ve 2040 hedeflerine de önemli bir katkı sağlaması beklenmektedir. Bu beklentileri ve hedefleri karşılamak amacıyla, ayrıntılı çalışma sonucunda hazırlanan bu raporun, karar alıcıların faaliyetlerine katkı sağlaması temenni edilmektedir.

2. MEVCUT DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. İklim Göçü

Göç, insanlığın tarihi kadar eski bir kavramdır. İnsanlık tarihinin gelişim süreci içerisinde bireysel ve kitlesel olarak sayısız göç hareketi yaşanmıştır. Bu göç hareketleri bazen sel, yangın, yanardağ patlaması vb. gibi doğal afetler nedeniyle, bazense bizzat insanoğlunun yarattığı savaş, istila gibi yapay olgular sonucu gerçekleşmiştir. Göçe neden olabilecek doğal ve yapay olgulara ilişkin örnekler çoğaltılabileceği gibi çevre ve iklim değişiklikleri de tarihten bu yana insanoğlunun sıklıkla karşılaştığı bir göç hareketliliği sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çoğu zaman çevre ve iklim elverişliliğinin kaybedilmesi nedeniyle yaşanan bu hareketlilik, planlı olarak yapıldığı zaman bireylerin ve toplulukların tehlikeden kaçmak ve dayanıklılığı artırmak için kullandığı önemli bir savunma aracına dönüşmektedir (Mcadam, 2011).

Göçün savunma aracı olarak kullanıldığı önemli olaylardan bir tanesi dünya siyasi tarihinde çok önemli bir yeri olan kavimler göçüdür. Kavimler göçünde kıtlık, kuraklık, otlak yetersizliği, gıdaya ve suya erişimin zorlaşması gibi nedenlerle insanların kendini koruma ve savunma mekanizması olarak göç ettiği görülmektedir (Çapan & Güvenç, 2017). Dolayısıyla dünyanın o tarihe kadar gördüğü en büyük imparatorluklardan birisi olan Batı Roma İmparatorluğu'nun çöküşüne sebebiyet veren ve o zaman için bilinen dünyanın hemen hemen bütün uluslarının doğrudan etkilendiği göç olayının temelinde, bugün için iklim değişikliği nedeniyle insan hareketliliği başlığı altında değerlendirdiğimiz kuraklık, susuzluk, gıdaya erişim gibi sorunlar yatmaktadır. Bu örnek dahi tek başına, iklimden kay-

naklanacak göçün yaratacağı sorunların boyutunun ciddi bir şekilde ele alınması gerekliliğini ortaya koymakta ve göç olgusunun çözümlenmesi gereken önemli bir sorun olduğu hususunda tarihi bir ders niteliği taşımaktadır.

Çevresel ve iklimsel değişikliklerin tarihine ve yaşanış şekillerine bakıldığında, ilk etapta bu değişikliklerin doğal bir şekilde gerçekleştiği, iklim değişikliğine bağlı göçün de doğal bir sonuç olduğu düşünülebilecektir. Ancak günümüzde yaşanan iklim göçleri ile kavimler göçü arasında neden itibariyle benzer özellikler olsa da şu an içinde bulunduğumuz sorunun temelinde insanlığın doğaya verdiği tahribat bulunmaktadır. İklim değişikliğinin insan kaynaklı olması (Türkeş, 2008), iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuz değişiklerin küresel çapta gerçekleşmesi, sosyo- ekonomik, demografik vb. birçok unsuru barındırması, iklim değişikliği kaynaklı göçün bugüne kadar yapılan çalışmaların dışında farklı bir perspektiften değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

İklim değişikliği kaynaklı insan hareketliliği, Türkiye gibi Akdeniz havzasında yer alan ülkeler için nispeten yakın bir zamanda gündeme gelmiş olup, konu ile ilgili farkındalık yeni sayılabilecek bir zaman diliminde gelişmektedir. Bununla birlikte Kribati örneğinde olduğu gibi ada ülkelerini uzun yıllardan beri doğrudan etkilemekte, su seviyelerin yükselmesi nedeniyle adada yaşayan kişiler göç etmeye zorlanmaktadır(Aung, Singh & Prasad, 2009). Dolayısıyla iklim değişikliği nedeniyle insan hareketliliği olgusu, farkındalığı yeni oluşmuş dahi olsa, esas itibariyle gündeme gelmesinden daha eski bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kuraklık, susuzluk, su seviyelerinin yükselmesi vb. gibi iklim değişikliği kaynaklı göçlerin tahmin edilenden (Schmaljohann & Both, 2017) daha kısa sürede artması, göç konusunda önemli bir geçiş ülkesi olan Türkiye'nin de bu göçlerden daha hızlı etkilenme olasılığını artırmaktadır. Bu gerçekliğe en iyi şekilde hazırlanılması amacıyla iklim göçü olgusunun iyi bir şekilde tanımlanması ve Türkiye'nin çok yakın bir zamanda karşılaşabilecek olduğu bu soruna çözüm önerilerinin aranması gerekmektedir. Çözüm önerileri üretilebilmesi amacıyla çalışmanın iklim göçüne ilişkin olan bu kısmında öncelikle iklim göçü kavramı tanımlanacak, iklim göçüne ilişkin hem Türkiye'nin hem de diğer ülkelerin içinde bulunduğu durumun tespiti yapılacak, daha sonra ise karşılaşılabilecek sorunlar ile çözüm önerileri sunulmaya çalışılacaktır.

2.1.1. İklim Göçünün Tanımı

İklim göçüne yönelik sorunun tespiti ve çözümü için, öncelikle, soruna sebep olan temel kavramının detaylı bir şekilde tanımlanması oldukça önemlidir. İklim göçüne yönelik kapsamlı sorunlar tespit edilmeden ve çözüm önerileri getirilmeden önce, iklim göçü kavramının ne olduğunun iyi bir şekilde tanımlanması, sorunun tespitine ışık tutacaktır. İklim göçü tanımının tespiti için göç olgusunun önceliklendirilerek açıklanması ve genel kavramdan iklim göçüne doğru özel bir tanım çıkarılması gerekmektedir.

Göç kavramı; sosyoloji, psikoloji, ekonomi, hukuk vb. birçok bilim dalını farklı açılardan doğrudan etkilediği için öğretide göçe ilişkin yeknesak bir tanımın olamayacağı kabul edilmektedir(Oral & Çetinkaya, 2017). Bununla birlikte göç kavramı Türk Dil Kurumu'nda "Ekonomik, toplumsal, siyasi sebeplerle bireylerin veya toplulukların bir ülkeden başka bir ülkeye, bir yerleşim yerinden başka bir yerleşim yerine gitme işi, taşınma, hicret, muhaceret" olarak tanımlanmıştır(TDK).

Türk Dil Kurumu'nun tanımından daha geniş bir tanımda ise göç, farklı etkenleri de içine alacak şekilde "ekonomik, siyasî, ekolojik veya bireysel nedenlerle, bir yerden başka bir yere yapılan ve kısa, orta veya uzun vadeli geriye dönüş veya sürekli yerleşim hedefi güden coğrafik, toplumsal ve kültürel bir yer değiştirme hareketi" olarak tanımlanmıştır(Yalçın, 2004, s.14).

Göçün bu tanımından hareketle, öğretide, göçün alt bir kavramı olan "çevresel göç" tanımı ortaya konulmuştur. Çevresel göç "Çölleşme, ormansızlaşma, kuraklık, erozyon, su kirliliği, hava kirliliği gibi çevresel değişiklikler, doğal ya da insan kaynaklı felaketler sonucu ortaya çıkan insan hareketleri" olarak ifade edilmektedir(Tekin & Sipahi, 2016, s.55). Konumuzun kapsamına giren iklim göçü olgusu ise genel itibariyle, bu tanımın altında yer alan bir unsur olarak "çoğunlukla insan kaynaklı iklim değişikliğine bağlı çevresel bozulmalardan ortaya çıkan insan hareketi" olarak nitelendirilebilir. Çalışmanın temelinde de genel itibariyle iklim değişikliğinden kaynaklı göç olgusu değerlendirilecek ve iklim değişikliği kaynaklı yaşanacak göç sorununa çözüm önerileri aranmaya çalışılacaktır.

Göçün süjesi olan kişilerin kavramsallaştırılması ve tanımlanması açısından iklim göçü kavramına ilişkin yaklaşımlar da ayrıca önem arz etmektedir. İklim değişikliği nedeniyle

zarar gören kişiler bulundukları yerlerin tamamen yok olması, yaşanamaz hale gelmesi veya geçimini sağlayamayarak refah düzeyinin kaybedilmesi gibi sebeplerle bulundukları bölgeyi terk etmektedir. Bu kişilerin hukuki statülerine ilişkin tartışmalar tüm hızıyla devam etmekle birlikte tanımın yeknesaklaştırılması konusunda hem uluslararası örgütler hem de devletler sorumluluklarının sınırlarını tam olarak belirleyemedikleri için net ve kesin bir adım atılamamaktadır.

Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (UNHCR) bu kişiler için çevresel nedenlerden ötürü yerinden olmuş birey (environmentally displaced person EDPs) kavramını kullanmaktadır(Hantscher, 2019). UNHCR, iklim değişikliği nedeniyle yer değiştirme kavramını ise, "deniz seviyesinin yükselmesi, afetler gibi iklim değişikliğinin etkileri sonucu meydana gelen yer değiştirme" olarak tanımlamıştır(Nicholson & Kumin, 2017, s.253). Yine bir Birleşmiş Milletler kurumu olan Uluslararası Göç Teşkilatı (IOM), iklim değişikliğinden kaynaklı yer değiştirmek durumunda kalan kişiler için çevresel göçmen ifadesi altında "yaşamlarını ya da yaşam koşullarını olumsuz bir biçimde etkileyen çevre koşullarında meydana gelen ani ya da aşamalı değişiklikler yüzünden mutat yerleşim yerlerini gerek geçici gerek daimî olarak terk etme zorunluluğu altında olan ya da terk etmek zorunda kalan ya da terk etmeyi tercih eden ve ülke içinde yer değiştiren ya da ülke dışına hareket eden kişiler ya da kişi grupları" tanımını yapmıştır(IOM Climate Change No:33).

Birleşmiş Milletler' e bağlı bu kurumlar tarafından yapılan tanımlar ve nitelendirmeler öğretide ve uygulamada yeterli görülmemiş, iklim değişikliğinden etkilenen süjeler ve göç kavramı farklı şekillerde ele alınarak değerlendirilmiştir. İklim değişikliğinden kaynaklı sebeplerle yer değiştirmek zorunda kalan kişiler için, "iklim mültecisi"(Ekşi, 2016), iklim göçmeni", iklim değişikliği sebebiyle yer değiştirmek zorunda kalan kişiler", "çevresel mülteciler", vb. gibi çeşitli kavramlar kullanılmakla birlikte(Ghaly, 2021), yeknesak bir kavram anlayışının olmaması ve her bir kavramın farklı hukuki sonuçları bünyesinde barındırması nedeniyle, bu çalışma kapsamında "iklim değişikliği nedeniyle yer değiştirmek zorunda kalan kişiler" kavramı tercih edilmektedir. Çalışmamız kapsamında ise iklim göçü, "iklim şartlarında meydana gelen ani ya da aşamalı değişiklikler yüzünden, mutat yerleşim yerlerinin zorunlu veya isteğe bağlı nedenlerle, geçici veya daimi şekilde terk edilmesi suretiyle ülke içinde gerçekleşen ya da ülke dışına gitme şeklinde ortaya çıkan bireylerin ve toplulukların yer değiştirme faaliyeti" olarak tanımlanmıştır.

2.1.2. İklim Değişikliği Sürecinde İklim Göçüne İlişkin Uluslararası Durum

Kuraklık, kıtlık vb. sebeplerle birlikte iklim değişikliğinden kaynaklı göç olgusu son yıllarda oldukça popüler hale gelmişse de, aslında 1970' li yıllardan itibaren uluslararası mecrada çevresel ve iklimsel etkilerden kaynaklı göç olgusuna ilişkin farklı çalışmalar ve raporlamalar yapılmıştır(El Hinnawei, 1985). El Hinnawei (1985) raporunda, iklim veya doğal afetler kaynaklı göç etmek zorunda kalan kişi sayıları ve bu kişilerin statüleri tartışılmıştır. Bu raporlar her ne kadar özel olarak iklim değişikliği kaynaklı göç vurgulaması günümüzde olduğu kadar net bir şekilde değerlendirmemişse de iklim göçü olgusunun uzun yıllardan beri üzerinde bilimsel olarak çalışılan bir olgu olduğunu göstermektedir. Bu raporlarda doğal afetlerden ve iklim değişikliğinden kaynaklı ölüm ve göçler yüzbinlerle ifade edilmekteyken, günümüzde ise bu felaketlerden etkilenecek kişi sayısı yüz milyonlarla ifade edilmektedir(Clement, Rigaud, Sherbinin, Jones, Adamo, Schewe, Sadiq & Shabat, 2021).

Uluslararası alanda yapılan çalışmalar(Sustainable Development, 2019) ışığında, günümüzde yaşanan bu göç dalgasının dünyanın bütün ülkelerini etkileyeceği söylenebilir. Nitekim bu çalışmalar ışığında yapılan tahminlerde, 2050 yılına kadar Sahra Altı Afrika'da 86 milyon, Doğu Asya ve Pasifik'te 49 milyon, Güney Asya'da 40 milyon, Kuzey Afrika'da 19 milyon, Latin Amerika, Doğu Avrupa ve Orta Asya' da 5 milyon kişi iklim değişikliğinden kaynaklanacak farklı sebeplerle yer değiştirmek zorunda kalacaktır(World Bank Press Release).

İklim değişikliği kaynaklı yer değiştirmelerin yoğunluğu, iklim değişikliğinin farklı bölgelerde gösterdiği farklı etkilere ve faktörlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda dünyada yaşanan göçler kasırga, fırtına, sel vb. gibi ani gelişen olgulardan kaynaklanabileceği gibi, aynı zamanda daha uzun sürede vuku bulan kuraklık, toprak bozulması ve deniz seviyesi yükselmesi gibi sebeplere bağlı olarak da yaşanabilmektedir (Ilık Bilen, 2019). Yine kişilerin bulundukları bölgelerin coğrafik yapılarına göre de göç sebepleri değişkenlik göstermektedir (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2020).

Çalışmamızda, uluslararası duruma ilişkin güncel durum tespiti yapılırken iklim değişikliğinin sebep olduğu afet türleri bazında ayrıca inceleme yapılacak ve afet türlerine ilişkin yaşanan belli başlı örnekler analiz edilmeye çalışılacaktır. Bu çerçevede, seller, fırtınalar, kasırgalar vb. gibi hızlı ve ani gelişen iklim değişikliğine bağlı olarak

ortaya çıkan ve kuraklık, deniz seviyesi yükselmeleri vb. gibi yavaş ve aşamalı gelişen etkenlere bağlı olarak ortaya çıkan yer değiştirmeler temelinde bir ayrıma gidilecektir.

Seller

Seller, genelde dik eğimli yukarı havzalarda şiddetli ve sürekli yağışlarla birlikte oluşan ve taşkın sularına oranla daha büyük hız ve kinetik enerji ile dere mecralarında akarak beraberinde taş, çakıl ve büyük kayaları sürükleyen bir akımdır(Korkanç & Korkanç, 2006).Sel, etkisinin büyüklüğü sebebiyle önemli bir doğa olayıdır. Sel felaketi; evsizliği, yiyecek kıtlığını, sağlık hizmetlerine erişememe ve hijyen koşullarını sağlayamama sorunlarını doğurarak günlük hayatı felce uğratmak ve göçe sebebiyet vermek gibi son derece olumsuz ve yıkıcı etkilere sahiptir Sel felaketi gerçekleştiği bölgede işsizliği arttırmakta, sosyo ekonomik durumu ve popülasyonun nev' ini doğrudan ve olumsuz bir şekilde etkilemektedir (Hossain, Sohel & Ryakitimbo, 2020). Bu felaket kırsaldaki tarım topraklarından, kentlerdeki apartmanlarda yaşayan kişilere kadar uzanan geniş bir perspektifte etki alanı bulabilmektedir.

Yalnızca 2017 yılında, 135 ülkede yaşanan seller nedeniyle 8,6 milyon insan yer değiştirmek zorunda kalmıştır(Ilık Bilen, 2018). Bu sayı 2018 yılında ise 5,4 milyon olmuş, 2020 yılında ise 14,1 milyon kişi seller nedeniyle göç etmek durumunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2020, s.53). Rakamlardan da görüleceği üzere sel felaketi nedeniyle göç etmek zorunda kalan insan sayısı yalnızca üç yıl gibi kısa bir sürede büyük bir artış göstermiştir.

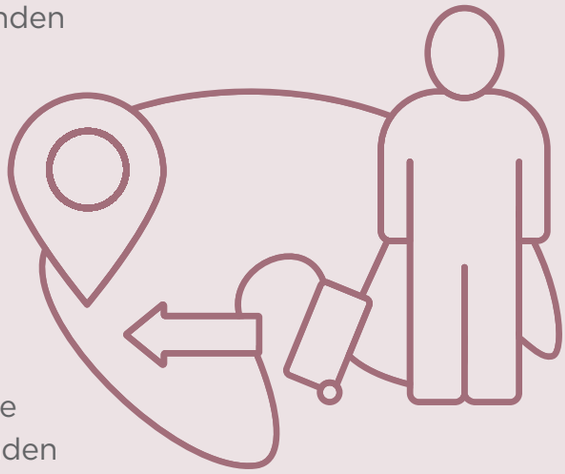
Büyük sel felaketlerine ilişkin örneklere gelindiğinde ise Temmuz 2010 yılında Pakistan' da yaşanan sel felaketinde 10 milyondan fazla kişi yer değiştirmek zorunda kalmış, ülkenin %20' si sular altında kalmıştır (Addressing Climate Change, 2012). Aşırı yağışlar sonucu yaşanan sellere bağlı olarak, göçlerin gözlendiği bölgelerin başında Asya Pasifik bölgesi gelmekte olup 2010-2011 dönemindeki ani yağışlar nedeniyle 42 milyon kişi bu bölgeden ayrılmak zorunda

kalmıştır(Addressing Climate Change, 2012). Yine yüksek sel riski altında(Addressing Climate Change, 2012) olan Çin' in güney bölgesinde, 2017 yılı haziran ve temmuz ayları arasında meydana gelen Hunan felaketinde iki milyona yakın kişi yer değiştirmek durumunda kalmıştır(Ilık Bilen, 2019). Çin' de Guangzhou, Güney Kore' de Seul, Japonya' da Osaka ve Nagoya gibi milyonlarca insanın yaşadığı büyük şehirler de özellikle sel felaketinden etkilenebilecek şehirler olup, meydana gelebilecek bir sel felaketine karşı korumasız durumdadır (Addressing Climate Change, 2012). Bu şehirlerde yaşanabilecek ani bir sel felaketi, bölgelerin nüfusları da göz önüne alındığında, geri dönülemez sorunlara sebebiyet verebilecek ve milyonlarca insanın hayatını doğrudan etkileyecek niteliktedir.

Güney Asya' da yer alan Tayland' da 2011' de yaşanan bir başka büyük sel felaketi son 500 yılın en büyük sel felaketi olarak nitelendirilmekte olup, 45,7 milyar dolar zarara, 1.000 kişiden fazla insanın ölümüne ve 16 milyon insanın göç etmesine neden olmuştur(Chaladdee, Kim, Nitivattananon, Pal, Roy & Roachanakanan, 2022). Tayland, bu felaketin akabinde sel yönetimi konusunda bilinçli ve önemli çalışmalarda bulunmuş, sel felaketinin yeniden yaşanmaması ve meydana gelebilecek sellerin önlenmesi kapsamında önemli bir kaynak ayırmış, ayrıca selden korunma ve afete karşı farkındalık konusunda eğitime yatırım yapmıştır(Chaladdee et al., 2022).

Somali bölgesinde göçlerin önemli bir bölümü yine seller nedeniyle yaşanmaktadır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022). Sadece aşırı yağış ve sel nedeniyle Demokratik Kongo Cumhuriyeti' nde 279.000, Kamerun' da 116.000 kişi yer değiştirmek zorunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022).

Muson yağmurlarının, 2020 yılında sebep olduğu sel felaketleri sebebiyle Bangladeş' te 4 milyondan fazla kişi, Hindistan'da yaklaşık 4 milyon kişi ve Vietnam'da yaklaşık 1 milyon kişi göç etmek zorunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022).



İç savaşın devam ettiği Yemen iklim değişikliğinden kaynaklı göçlerin önemine vurgu yapmak için önemli bir örnektir. Bu ülkede sel nedeniyle yerinden göç eden kişi sayısı sayısal olarak diğer ülkelere kıyasla fazla görünmese de sosyolojik olarak çarpıcı bir sorunu da gündeme getirmektedir. Bu ülkede iç savaş tüm vahşiliği ile devam etmesine rağmen, 2020 yılında savaştan ve şiddetten göç eden insan sayısından daha fazla insan sel nedeniyle göç etmek zorunda kalmış ve savaşın etkisinden daha fazla kişi iklim değişikliğinden etkilenmiştir. İlerleyen dönemde de iklim değişikliğinin Yemen' e büyük zararlar vereceği öngörülmektedir (Humanitarian Needs Overview Yemen, 2021). Yemen örneğinde görüldüğü üzere iklim değişikliği kaynaklı felaketler(bu örnekte sel) insanlar üzerinde en az savaşlar ve şiddet olayları kadar, hatta daha fazla olumsuz etkiye sahip olabilmektedir.

Orta Asya bölgesinde yer alan Özbekistan ve Kazakistan 2020 yılında sel felaketinden önemli derecede etkilenen ülkelerden olmakla birlikte Özbekistan' da 70.000, Kazakistan' da ise 32.000 kişi göç etmek durumunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022, s.82).

Sel ve toprak kayması felaketini yaşayan göçlere diğer örnek olarak, 2009 yılında Angola (Ilık Bilen, 2018 s.340) verilebilir (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2009). Bununla birlikte yakın zamanda Güney Sudan' da 2020' de yaşanan sel felaketi 30.000 kişiden fazla insanın açlık sorunlarıyla uğraşmasına sebep olmuştur.

Sel felaketlerinden kaynaklı olarak yer değiştirmek zorunda kal an kişi sayısı ile zarar gören bölgelerin her geçen gün sistematik olarak artması iklim değişikliğinin etkilerini her geçen gün arttırdığını gösterir niteliktedir. Sellerden kaynaklı yer değiştiren kişi sayısının fazlalığı da düşünüldüğünde bu doğal afete ilişkin önlemlerin artırılması büyük önem arz etmektedir.

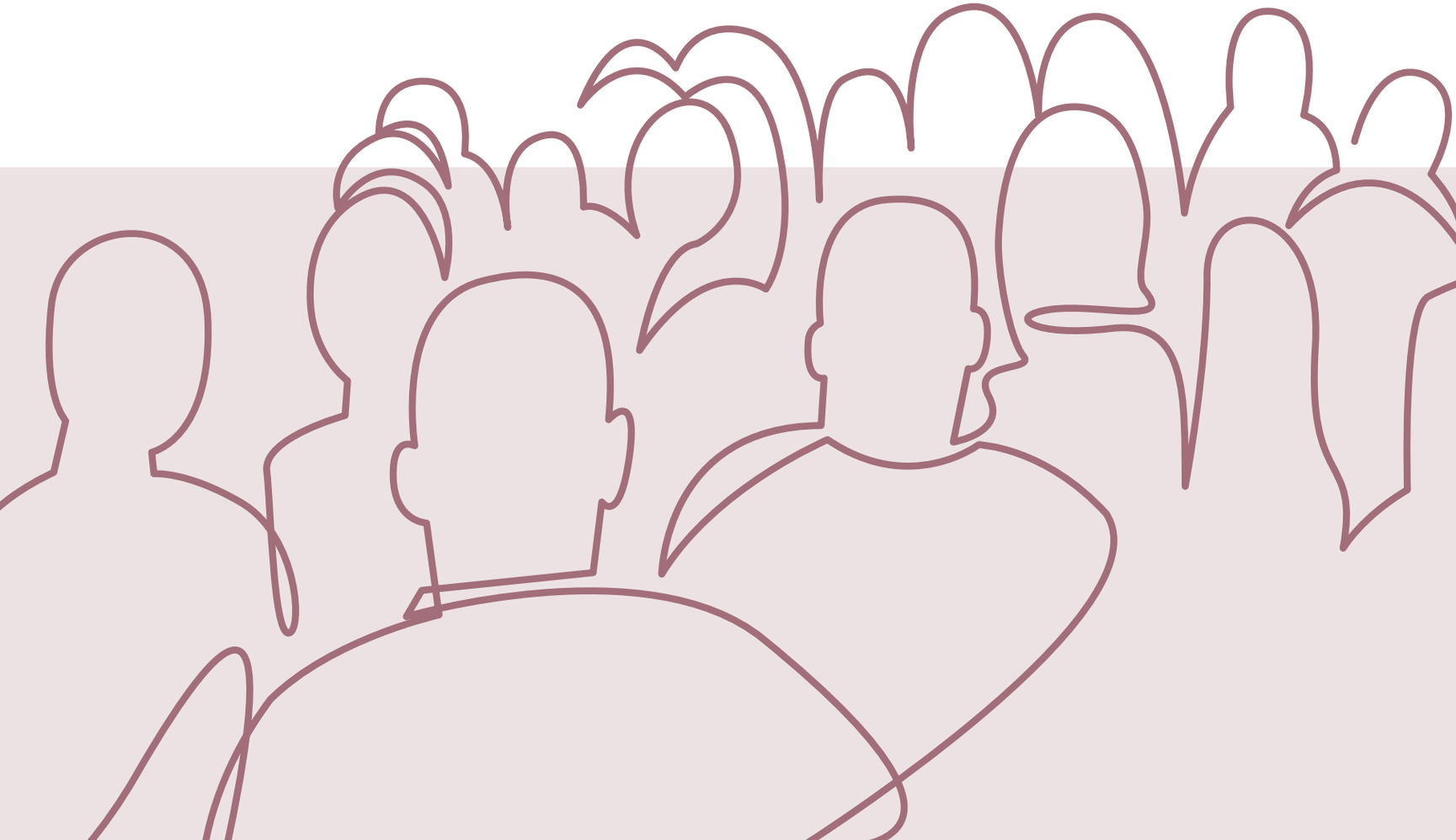
Fırtınalar Ve Kasırgalar

Kasırga, diğer bir ifade ile tropikal siklon, kuvvetli fırtınalara verilen genel bir isim olup Türk Dil Kurumu'nda "Rüzgâr çizelgesinde hızı 64 veya daha fazla deniz mili olan ve kuvveti

12 ile gösterilen rüzgâr" olarak tanımlanmaktadır (TDK). Kasırgalar, ekvatora yakın sıcak karakterli alçak basınç kuşağı (ITCZ-iki dönence arasında yer alan yükselme zonu) ve subtropikal yüksek basınç kuşağındaki rüzgâr akışı nedeniyle ekvatora yakın okyanuslar üzerinde oluşmakta, büyük çaplı can ve mal kayıplarına neden olmaktadır(Meteoroloji n.d.).

Kasırgaların bölgesel olarak görüldüğü alanlar ise Atlantik, Pasifik ve Hint Okyanusudur. Kasırgalar, geniş bir etki alanına sahip olup, etki alanı olan yerlerde yıkıcı bir etkiye sahiptir. Kasırga ve fırtınaların en çok vurduğu alanlar olan kıyı kesimleri, zaten iklim değişikliğinden de en çok etkilenen alanların başında gelmekte olup kırılgan bölgelerdir. Kasırgaya da duyarlı bu alanlarda iklim değişikliği kaynaklı kasırga yoğunluğunun artması büyük felaketler yaşanmasına sebebiyet verecektir (Camelo, Mayo & Gutmann, 2020). Nitekim kıyı kesimlerinde yaşanan fırtınalar ve kasırgalar nedeniyle, 2020 yılında 9,3 milyon kişi yer değiştirmek zorunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2020).

Karayipler de büyük tahribat potansiyeline sahip kasırgaların yaygın olduğu bir bölgelerdir. Amerika kıtası içerisinde 2009 yılında yaşanan Katrina Kasırgası, Amerika



Birleşik Devletleri, New Orleans' ta nüfusun %80' ine tekabül eden, 385.000 kişiyi yer değiştirmek zorunda bırakmıştır (Berlemann & Steinhardt, 2017). Irma Kasırgası, 2017 yılında, Florida' ya yaklaştığında eyalet tarihinin en kapsamlı tahliye hareketi gerçekleştirilmiş ve 100.000' lerce insan geçici süre için başka yerlere nakledilmiştir (Berlemann & Steinhardt, 2017). Amerika Birleşik Devletleri' nde, bu kasırgalarda toplam 1,2 milyon kişinin iç göç yaşadığı rapor edilmiştir (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2020).

Yine 1998 tarihinde yaşanan Mitch ve 2017 yılında yaşanan Harvey milyonlarca insanı göç etmek zorunda bırakmıştır (Ilık Bilen, 2018). Bu örneklerle birlikte 2020 yılında yaşanan Laura, Eta ve Iota kasırgaları ile aynı bölgelerdeki daha küçük ölçekli diğer kasırgalar büyük ölçekte yer değişikliklerine sebebiyet vermiştir. Bu kasırgalardan

kaynaklı olarak Honduras' ta 937.000 kişi, Küba' da 639.000 kişi, Brezilya' da 358.000 kişi, Guatemala' da ise 339.000 kişi yer değiştirmek durumunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2020). Eta ve Iota kasırgaları' nın sebebiyet verdiği zarar alanı yukarıda belirtilen ülkeler dışında Dominik Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri, Haiti gibi kasırganın merkezinden nispeten daha uzak ülkeleri de etkisi altına almış ve 1,7 milyon kişi yer değiştirmek zorunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2020).

Porto Riko' da 2017' de yaşanan Maria Kasırgası' nda 2017-2018 yılları arasında toplam 475.779 kişinin kasırga alanından ayrılmak suretiyle yer değiştirdiği rapor edilmiştir (Acosta, Kishore, Irizarry & Buckee, 2020). Bu yer değiştirmelerin büyük bir bölümü kasırganın ilk yıkıcı etkisini takip eden süreçte işsizlik, gıdaya erişimin olmaması, yaşam koşullarının kötüleşmesi vb. sebeplerle yaşanmıştır.

Haiti' de 2008 yılında yaşanan kasırgalarda 100.000 kişi göç etmek durumunda kalmıştır. Bununla birlikte Filipinler' in farklı bölgelerinde 2013 yılında yaklaşık 4,1 milyon insanı yer değiştirtmek durumunda bırakan Haiyan kasırgası ile Güney ve Doğu Asya ve Pasifik' te 2018 yılında yaşanan kasırgalar 2 milyondan fazla kişiyi yerinden etmiştir. Benzer şekilde Haiti, Myanmar ve Kamboçya' da gerçekleşen fırtına ve kasırgalar milyonlarca insanın yer değiştirmesine sebebiyet vermiştir ((Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2009).

Deniz Seviyesi Yükselmeleri

Küresel ısınma kapsamında kullanılan en popüler verilerden biri buzulların erimesi ve bundan kaynaklanan deniz seviyesinin yükselmesidir. Deniz seviyeleri 1901 yılından, 2018 yılına kadar 20 santimetre artmış olup bu artışın hızı, 1901–1971 arası yılları arası yılda 1,3

milimetre iken, 1971–2006 yılında yıllık 1,9 milimetreye, 2006–2017 yılları arasında ise yıllık ortalama 3,7 milimetreye yükselmiştir (IPCC İklim Değişikliği 2021). Deniz seviyesindeki yükselmenin iklim değişikliği ile birlikte ne kadar hızlı bir şekilde arttığı istatistiki olarak kesin bir şekilde bilinememektedir. İlk etapta sayısal olarak küçük görülebilecek bu artışlar, ülkeleri yok edecek kadar büyük sorunlara yol açabilmekte ve ülkeleri sular altında bırakabilmekte ve burada yaşayan kişileri göç etmeye zorlamaktadır.

Deniz seviyesindeki her 0,1 metre yükselmenin 10 milyondan fazla insanı göçe zorlayacağı rapor edilmektedir (IPCC İklim Değişikliği, 2021). Veriler kapsamında yapılan öngörülerde, deniz seviyesi yükselmesi nedeniyle 2050 yılına kadar Hindistan' da 37.2 Milyon, Bengladeş' te 27 Milyon, Çin' de 22.3 Milyon, Endonezya' da 20.9 Milyon, Filipinler' de 13.6 Milyon, Vietnam' da 9.5 Milyon ve Japonya' da 9.1. milyon insan bu felaketten zarar görme riski altındadır (Addressing Climate Change, 2012). Bu kişilerin tarım toprakları, diğer geçim ve yaşam alanları tamamen veya kısmen sular altında kalacağı için ayrıldıkları bölgeye geri dönme ihtimali de olmayacaktır. Dolayısıyla deniz seviye yükselmesinden kaynaklı göçler kalıcı göç statüsünde olacak ve bu kişiler artık terk ettikleri bölgelere geri dönemeyeceklerdir.

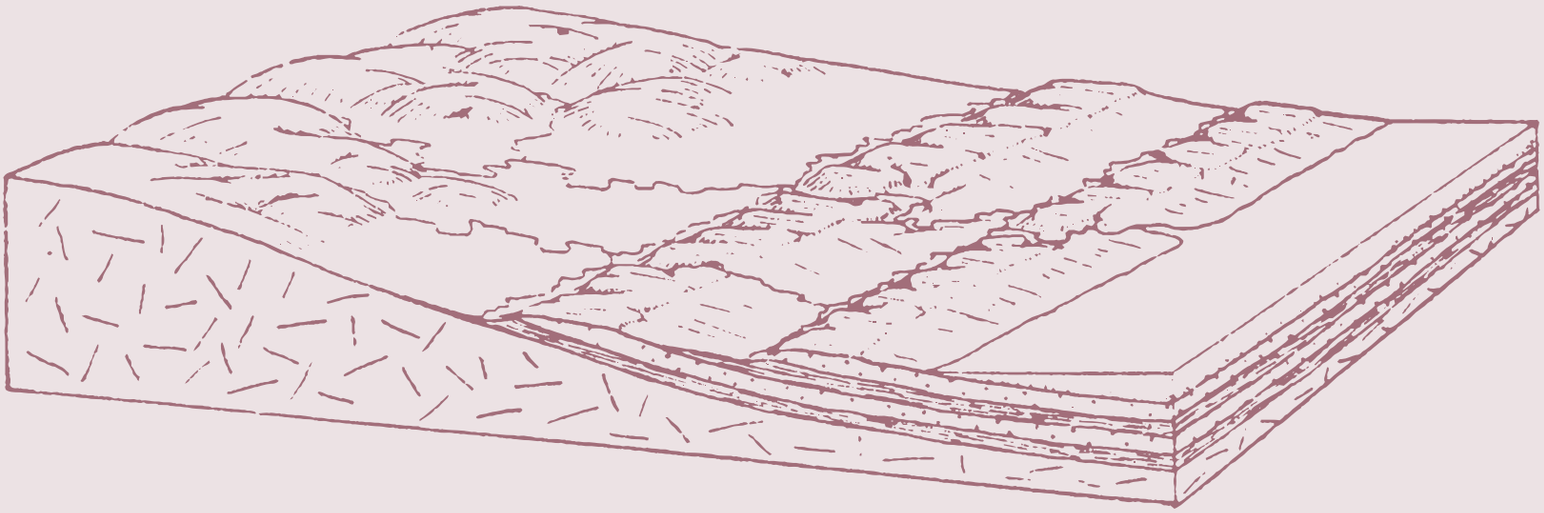
Ada devletlerinde yaşayan kişiler deniz seviyesi yükselmesine bağlı olarak en çok zarar görecek popülasyona sahiptir. Bu devletlerden 2100 yılına kadar göç etmesi beklenen kişi sayısının nüfusa oranına göre bir çerçeve çizildiğinde; "Pitcairn Adaları' nın %86.4' ünün, Marshall Adaları' nın %70.7' sinin, Kribati' nin %59.3' ünün, Tuvalu' nun %45' inin, Nauru' nun %36' sının, Saint Pierre and Miquelon' un %34.6' sının, Norfolk Adaların' nın %28.6' sının, Wallis and Futuna' nın %27.7' sinin, Cook Adaları' nın %25.2' sinin, Cocos Adaları' nın %23' ünün ülkelerini terk etmesi beklenmektedir" (Lincke & Hinkel, 2021, s.9). Yapılan çalışmalarda ülkeyi terk oranlarının yüksekliği bu devletlerin varoluşsal bir kriz ile mücadele edeceğini ve buradan göç eden kişilerin anavatanlarını görme olasılığının bir hayli az olacağını göstermektedir.

Deniz seviyelerinin yükselmesi, en başta yalnızca ada devletleri için büyük bir sorun olarak görülmekteyse de bu sorun, geniş topraklara sahip büyük ve gelişmiş devletleri de büyük ölçüde olumsuz etkileyecektir. Geleceğe dönük olarak yapılan tahminlerde Rusya'nın 28.600 km^2 toprağının deniz seviyesinin yükselmesine bağlı olarak yok olacağı öngörülmektedir. Rusya' yı, 23.400 km^2 ile Kanada, 15.200 km^2 ile Amerika Birleşik Devletleri izlemektedir. Bu ülkelerde su altında kalacak yerlerdeki insanların toplam nüfusa oranı küçük ada devletleri veya yukarıda bahsettiğimiz devletler kadar

etkilenmeyecekse de yine de kayda değer bir nüfusun deniz seviyesi yükselmesinden etkileneceği aşikardır. Dolayısıyla deniz seviyesindeki yükselmelerinin denize kıyısı olan bütün ülkeler için önemli bir sorun olduğu öngörülebilmektedir (Lincke & Hinkel, 2021).

Hollanda'nın ise deniz seviyesinin yükselmesinden kaynaklanan sorunlarla diğer ülkelerden nispeten farklı ve ilginç bir ilişkisi bulunmaktadır. Hollanda, topraklarının bir kısmını deniz alanından yapay olarak kazanmış ve ülkenin alçakta kalan yapısıyla uzun yıllardan beri savaşmıştır. Hollanda, teknoloji ile verdiği bu savaşta su seviyesinin yükselmesinin ülkeye zarar vermesini engelleyici mega yapıları uzun yıllardan beri devamlı olarak yürütmekte ve ülkenin deniz altında kalmasını sürekli olarak engellemektedir. Avrupa' nın geri kalanının aksine Hollanda, alçak yapısı nedeniyle deniz seviyesinin yükselmesinden önemli ölçüde etkilenecektir (The Netherlands Sea Level Rise, n.d.).

Deniz seviyesi yükselmesi nedeniyle büyük oranda sular altında kalacak olan küçük ada devletlerinden Kribati ise şimdiden küresel alanda geniş yer bulmuş bir olaya konu olmuştur. Bu ülkede yaşayan bir vatandaşın Birleşmiş Milletler İnsan Hakları Komitesi' ne yapmış olduğu başvuru sonucu verilen karar da gelecekte yaşanacak olaylara önemli bir mihenk taşı oluşturmuştur. Ada yerlilerinden olan Ione Teitiota (Kribati), yaşamış olduğu alanın iklim değişikliği nedeniyle elverişsiz hale geldiğini, bulunduğu yerin kendisi ve ailesi için yaşanmaz bir hal aldığını gerekçe göstererek, Yeni Zellanda' ya iltica talebinde bulunmuştur. Bu talep, Yeni Zellanda Mahkemeleri' nin iklim değişikliğinden kaynaklı deniz seviyelerindeki yükselmenin iltica sebebi olamayacağı gerekçesiyle reddedilmiştir. Ione Teitiota'nın başvurusu ile konu Birleşmiş Milletler İnsan Hakları Komitesi'nin önüne gelmiştir. Birleşmiş Milletler İnsan Hakları Komitesi,



iklim değişikliğinin etkilerinden dolayı iltica talebinde bulunan bu bireyin lehine karar vermiş, ülkelerin yaşam hakkını ihlal eden iklim değişikliğinden ve çevresel bozulmadan kaynaklanan koşullarla karşılaşan kişileri sınır dışı edemeyeceğini belirtmiştir (Safi, 2020).

Bu karar ile Birleşmiş Milletler İnsan Hakları Komitesi, iklim değişikliğinden kaynaklı insan hareketliliğinin bir insan hakkı meselesi olarak ele aldığını beyan etmiş ve yaşanılabilir bir çevre talebinin temel bir insan hakkı olduğunu tasdik etmiştir. Bu karar belirtilen sebeplerle oldukça önemli olup iklim değişikliğinden kaynaklanabilecek göçler ve benzer olaylarda zarar gören veya görecek kişiler lehine dayanak noktası oluşturabilecek bir nitelik taşımaktadır.

Kuraklık Ve Çölleşme

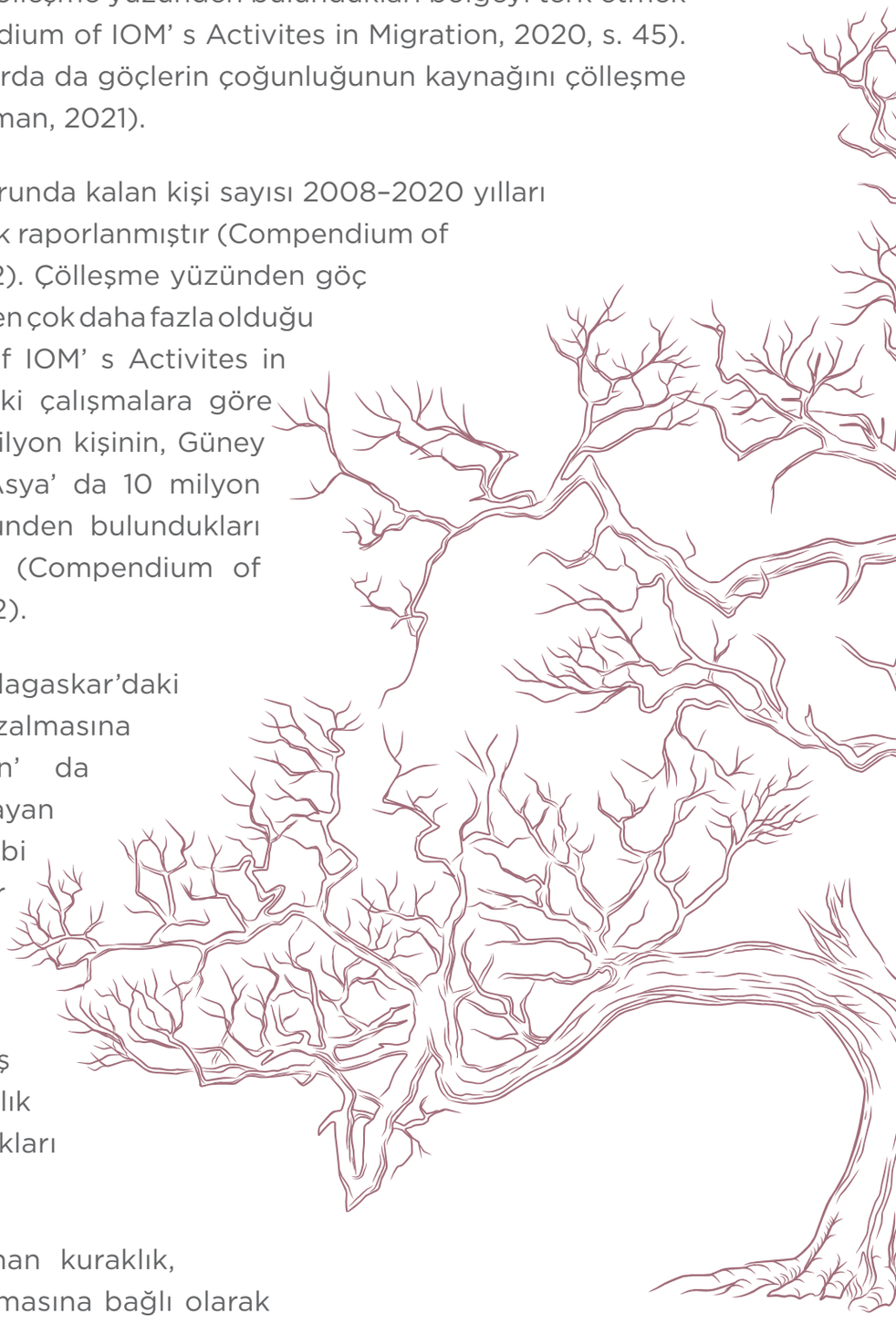
Kuraklık, Türkeş (2015) tarafından "hidrolojik, tarımsal ve meteorolojik kuraklık gibi bir ayrım olmadan, yeryüzündeki çeşitli sistemlerce kullanılan doğal su varlığının, belirli bir zaman süresince ve bölgesel ölçekte uzun süreli ortalamanın ya da normalin altında gerçekleşmesi sonucunda oluşan su açığı" olarak tanımlanmaktadır (s.18). Çölleşme ise Birleşmiş Milletler Şiddetli Kuraklık ve/ya da Çölleşmeden Etkilenen Ülkelerdeki, Özellikle Afrika Ülkelerinde'ki, Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nde, "iklimsel değişimleri ve insan etkilerini de içeren, fiziksel, biyolojik, siyasal, sosyal, kültürel ve ekonomik etmenler arasındaki karmaşık etkileşimlerin, kurak, yarı kurak ve kuru-yarı nemli alanlarda oluşturduğu arazi degredasyonu" olarak tanımlanmaktadır (Türkeş, 2015, s.18). Tanımlardan da anlaşılacağı üzere, kuraklık ve çölleşme arasında doğrudan bir ilişki bulunmakta olup, bu felaketler genelde bir arada gerçekleşmektedir.

İklim değişikliği ile çölleşme felaketi arasındaki bağlantı doğrudan gözlemlenebilir niteliktedir. Nitekim dünyadaki ortalama sıcaklığın artması kuraklığı artırmakta ve bu artış, çölleşmeyi tetiklemektedir. Yapılan çalışmalarda da ilerleyen yıllarda önemli bir sıcaklık artışı yaşanacağını göstermektedir. İklim değişikliğine ilişkin günümüzdeki şartlar devam ettiği takdirde 2100 yılındaki ortalama sıcaklık ile 2000 yılındaki ortalama sıcaklık arasında 2,6 ila 4,8 derece bir artış olacaktır. Bu artışlar sonucu yaşanacak aşırı sıcaklık olaylarının meydana gelmesi ve yağmurların azalması kurak alanların artmasına neden olacak ve bu alanlar zaman geçtikçe çölleşecektir (Hermans & Mcleman, 2021).

“Çölleşme kaynaklı insan hareketliliği ise yakın tarihlerde raporlanmaya başlanmıştır. Çoğunluğu Afrika Boynuzu adı verilen bölgede olmak üzere 2017 yılında 1,3 milyon kişi, 2018 yılında ise 764.000 kişi çölleşme yüzünden bulundukları bölgeyi terk etmek durumunda kalmışlardır”(Compendium of IOM’ s Activites in Migration, 2020, s. 45). Güney Afrika’ da yapılan çalışmalarda da göçlerin çoğunluğunun kaynağını çölleşme oluşturmaktadır (Hermans & Mcleman, 2021).

Çölleşme yüzünden göç etmek zorunda kalan kişi sayısı 2008–2020 yılları arasında en az 2.4 milyon kişi olarak raporlanmıştır (Compendium of IOM’ s Activites in Migration, 2022). Çölleşme yüzünden göç eden kişi sayısının, raporlanabilenden çok daha fazla olduğu düşünülmektedir (Compendium of IOM’ s Activites in Migration, 2022). Yapılan istatistiki çalışmalara göre 2059 yılına kadar Afrika’ da 22 milyon kişinin, Güney Afrika’ da 12 milyon kişinin ve Asya’ da 10 milyon kişinin kuraklık ve çölleşme yüzünden bulundukları yeri terk etmesi beklenmektedir (Compendium of IOM’ s Activites in Migration, 2022).

Kuraklık ve çölleşme, Madagaskar’daki bazı köylerde nüfusun %30 azalmasına sebebiyet vermiştir. Moğolistan’ da kuraklık yüzünden kırsalda yaşayan yüzbinlerce kişi Ulan Batur gibi büyük şehirlere göç etmiştir (Compendium of IOM’ s Activites in Migration, 2022). Somali’ de de yaşanan göçlerin %67’ sinin sebebi kuraklık olarak belirlenmiş ve 700.000’ den fazla kişi kuraklık ve çölleşme yüzünden bulundukları yeri terk etmiştir.



Etiyopya’ da 2015 yılında yaşanan kuraklık, yağışların da %50 oranında azalmasına bağlı olarak

bu ülkede 50 yılı aşkın süredir görülmemiş bir kuraklık felaketine sebebiyet vermiştir. Etiyopya'nın kurak bölgelerinden göç eden kişilerin terk ettikleri alana geri dönmedikleri belirlenmiştir (Hermans & Garbe, 2019).

Güney Asya' da yer alan Afganistan, Bangladeş, Butan ve Nepal de kuraklık ve çölleşmenin meteorolojik, tarımsal, sosyo-ekonomik vb. tüm etkilerini yüksek yoğunlukta yaşayan ülkeler arasındadır. Afganistan' da 2011 yılında yaşanan kuraklıktan 2,6 milyon kişi doğrudan etkilenmiş ve birçok kişi bulundukları yeri terk etmek durumunda kalmıştır (Miyan, 2014). Benzer şekilde her yıl 6 ile 7 ay arası kurak sezonun yaşandığı Bangladeş, daha önce yaşadığı kuraklığın sıklığı her geçen gün artan Nepal, 2008 verilerine göre 22 milyon kişinin kuraklıktan zarar gördüğü Yemen de yine kuraklık ve çölleşmenin büyük zarar verdiği ülkeler arasında yer almaktadır (Miyan,2014).

Ülkelerin kurak bölgelerinden göç eden kişilerin Kuzey Sudan'da, Mali'de, Burkina Faso'da, Güney Afrika'da kuraklaşma ve çölleşmenin etkisiyle bulundukları yerlerden ayrıldıkları tespit edilmiştir. Yapılan incelemelerde kuraklık ve çölleşmeye bağlı olarak yaşanan bu göçlerin daha çok iç göç şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir (Ilık Bilen, 2019).

Bu örneklerle birlikte iklim değişikliğinden kaynaklı kuraklık ve çölleşme sorununu en çok Cezayir, Mısır, Fas ve Suriye gibi Kuzey Afrika ve Ortadoğu Bölgesi' inde bulunan ülkelerle, Doğu Akdeniz havzasında yer alan İsrail, Ürdün gibi ülkeler yaşayacaktır. Bu ülkelerde kuraklık ve çölleşme üretken arazilerin kaybına ve geçim sıkıntılarına yol açmakta, bu durumlar da kişileri göçe itmektedir (Ilık Bilen, 2019).

Somali bölgesinde göçlerin önemli bir bölümü yine seller nedeniyle yaşanmaktadır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022). Sadece aşırı yağış ve sel nedeniyle Demokratik Kongo Cumhuriyeti' nde 279.000, Kamerun' da 116.000 kişi yer değiştirmek zorunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022).

Muson yağmurlarının, 2020 yılında sebep olduğu sel felaketleri sebebiyle Bangladeş' te 4 milyondan fazla kişi, Hindistan'da yaklaşık 4 milyon kişi, ve Vietnam' de yaklaşık 1 milyon kişi göç etmek zorunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022).

İç savaşın devam ettiği Yemen iklim değişikliğinden kaynaklı göçlerin önemine vurgu yapmak için önemli bir örnektir. Bu ülkede sel nedeniyle yerinden göç eden kişi sayısı sayısal olarak diğer ülkelere kıyasla fazla görünmese de sosyolojik olarak çarpıcı bir sorunu da gündeme getirmektedir. Bu ülkede iç savaş tüm vahşiliği ile devam etmesine rağmen, 2020 yılında savaştan ve şiddetten göç eden insan sayısından daha fazla insan sel nedeniyle göç etmek zorunda kalmış ve savaşın etkisinden daha fazla kişi iklim değişikliğinden etkilenmiştir. İlerleyen dönemde de iklim değişikliğinin Yemen' e büyük zararlar vereceği öngörülmektedir (Humanitarian Needs Overview Yemen, 2021). Yemen örneğinde görüldüğü üzere iklim değişikliği kaynaklı felaketler(bu örnekte sel) insanlar üzerinde en az savaşlar ve şiddet olayları kadar, hatta daha fazla olumsuz etkiye sahip olabilmektedir.

Orta Asya bölgesinde yer alan Özbekistan ve Kazakistan 2020 yılında sel felaketinden önemli derecede etkilenen ülkelerden olmakla birlikte Özbekistan' da 70.000, Kazakistan' da ise 32.000 kişi göç etmek durumunda kalmıştır (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022, s.82).

Sel ve toprak kayması felaketini yaşayan göçlere diğer örnek olarak, 2009 yılında Angola (Ilık Bilen, 2018 s.340) verilebilir (Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2009). Bununla birlikte yakın zamanda Güney Sudan' da 2020' de yaşanan sel felaketi 30.000 kişiden fazla insanın açlık sorunlarıyla uğraşmasına sebep olmuştur.

Sel felaketlerinden kaynaklı olarak yer değiştirmek zorunda kal an kişi sayısı ile zarar gören bölgelerin her geçen gün sistematik olarak artması iklim değişikliğinin etkilerini

her geçen gün arttırdığını gösterir niteliktedir. Sellerden kaynaklı yer değiştiren kişi sayısının fazlalığı da düşünüldüğünde bu doğal afete ilişkin önlemlerin artırılması büyük önem arz etmektedir.

İklim Göçü Kaynaklı İstilacı Yabancı Türlerin Biyoçeşitliliğe Etkisi

IUCN (2017)' ye göre, istilacı yabancı türler (İYT), "doğal yaşam alanları dışındaki alanlarla tanıştırılan ve tanıştırıldıkları yaşam alanlarında bulunan doğal biyoçeşitliliği, ekosistem hizmetlerini ya da insan refahını olumsuz yönde etkileyen hayvanlara, bitkilere ya da diğer organizmalar" dır(s.1). İklim değişikliğinden kaynaklanan sel, kuraklık, kasırga vb. diğer felaketler istilacı yabancı türlerin yeni bölgelere taşınmasına sebep olmakta ve bu türlerin yapmış oldukları hareketlilik, göç ettikleri bölgelerdeki yerel türleri tehdit etmektedir. Biyolojik istila olarak adlandırılan bu olaylar, dünya genelinde türlerin yok oluşuna neden olan en önemli etkenler arasındadır. İstila, nesillerin tükenmesine ilişkin 1500 yıldan itibaren yaşanan temel tehditler arasında ikinci sırada yer almaktadır(İstilacı Yabancı Türler ve İklim Değişikliği, 2017). İstilacı yabancı türler sorunu sadece ekosistemin bir sorunu olmayıp turizm, tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörleri başta olmak üzere birçok sektörü ekonomik olarak da olumsuz etkilemektedir(İstilacı Yabancı Türler Mevzuat Boşluk Analizi, 2020).

Eski tarihlerde yaşanan insan göçlerinde bireyler, fiziksel ve sosyal ihtiyaçlarını giderme çabası ile yabancı türleri farklı ekosistemlere bilinçli olarak getirmiştir. Dışarıdan getirilen bu türler zaman içinde yerel türlerin yok olmasına sebebiyet vermiştir. Nitekim İspanyolların Amerika kıtasını ilk keşfettiği dönemlerde yanlarında birlikte getirdikleri atlar, o bölgede yer alan diğer bazı yerel at türlerinin nesillerinin tükenmesine sebep olmuştur(Nunez, Kuebbing, Dimarco & Simberloff, 2012).

Yabancı türlerin insan eliyle bu şekilde getirilmesine ilişkin faaliyetlerin yanı sıra, yabancı türler, iklim değişikliği kaynaklı olarak yaşanan kuraklık, çölleşme, sel, yangınlar vb. felaketlerle bulundukları yerlerden göç ederek başka yerlere gidebileceklerdir. Bununla birlikte iklim değişikliği kaynaklı sebeplerle göç eden kişilerin yanlarında getirdikleri türler de yerel türleri tehdit etmekte ve bu türlerin nesillerinin tükenmesine sebebiyet verebilmektedir.

İklim değişikliği kaynaklı hayvan göçlerine ilişkin iyi niyetli planlama ve çalışmalar yapılmaktadır. İklim değişikliğinden kaynaklı tür yok oluşunu engellemek ve bu türlere verilebilecek zararları azaltmak amacıyla, iklim değişikliğinden etkilenecek bölgelerdeki türlerin başka ekosistemlere taşınması gündeme gelebilmektedir(Mueller ve Hellman, 2008). Bu çalışmaların sonucu incelendiğinde, insan eliyle veya yardımı ile getirilen istilacı yabancı türlerin yerel türleri tehdit etme ihtimalinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir(Mueller ve Hellman, 2008). Dolayısıyla ekosisteme insan eliyle yapılan müdahaleler konusunda temkinli davranılmalıdır.

Konumuz bağlamında ise iklim değişikliğinden kaynaklı yer değiştiren kişiler, bulundukları bölgelerden getirdikleri istilacı yabancı türleri transit veya destinasyon ülkeye, bölgeye getirmek suretiyle bu bölgelerdeki yerel türleri tehdit edebilmektedir. Dolayısıyla istilacı türlerin insan yer değiştirmeleriyle gelişinin iyi bir şekilde kontrol edilmesi ve bu hususun yerel türlere zarar verebileceğinin öngörülmesi ve söz konusu soruna ilişkin politikaların oluşturulması gerekmektedir.

Hukuki Durum

İklim değişikliği kaynaklı insan hareketliliği uzun yıllardan beri gerçekleşmektedir. Çalışmada belirtilen muhtelif veriler ışığında yapılan öngörülerde de görüleceği üzere, gelecekte de göç olgusunun artarak devam edeceği her türlü izahtan varestedir. Önemli bir sorun oluşturan iklim değişikliği kaynaklı insan hareketliliği, bireylerin hayatlarını olumsuz etkilediği kadar, devletleri de önemli ölçüde etkilemektedir. Devletler ve uluslararası kuruluşlar bu soruna ilişkin olumsuz etkinin en aza indirilmesi amacıyla kısa, orta ve uzun vadeli planlar yapmaktadır. Devletler, bu planlamalarda kendi ülkelerinde yaşanan mevcut sorunları da göz önüne almakta ve bu hareketliliğin önlenmesi için savunma mekanizmaları geliştirmeye çalışmaktadır. Özellikle, halihazırda sosyo-ekonomik olarak zaten zor durumda bulunan ülkelerin, kendi topraklarını iklim değişikliğinin etkilerinden kaçan kişilere açması ülkelerin tedirginlikle yaklaştığı bir olgudur. Devletler, bu kişileri terminolojik olarak tanımlarken dahi birçok hususu göz önünde bulundurmaktadır. Dolayısıyla devletlerin ve devletler nezdinde temsil edilen uluslararası örgütlerin, iklim değişikliği nedeniyle yer değiştirmek durumunda kalan kişiler için hukuki bir statü oluşturması ve bu kişiler için bir yasal çerçeve çizmesi,

süreç olarak uzun bir zaman dilimine yayılmaktadır. Bu nedenle öncelikle yapılması gereken, meydana gelen somut olayları mevcut yasal düzenlemeler çerçevesinde çözmeye çalışmaktır.

Mevcut hukuk sistemlerinde iklim nedeniyle göç etmek durumunda kalan kişiler için net bir tanım veya terminoloji bulunmamakta, bu kişilerin hukuki statüsü de 2.1' de belirtilen gerekçelerle yeknesak bir şekilde belirlenememektedir. Bu belirsizlik, iklim değişikliği nedeniyle yer değiştirmek durumunda kalan kişilere uygulanacak hukuk kurallarının oluşturulamamasına ve milletlerarası sözleşmelerde bu kişilerin durumlarının düzenlenememesine neden olmaktadır. Ancak terminolojiye ilişkin tartışmalar değişik çalışmalarda yer almakta ve terminolojinin belirlenmesi konusunda çözüm önerileri aranmaktadır (Ekşi, 2016; Ziya, 2012; Ghaly, 2021; El-Hinnawei, 1985)

Terminolojinin belirlenememesi, mevzuatların iklim değişikliğinden kaynaklı insan hareketliliğinde yer bulamaması ve konuya ilişkin hukuki düzenlemelerin yapılmaması,

bu kişilere uygulanacak statünün var olan sözleşmeler ve düzenlemeler üzerinden tartışılmasına sebebiyet vermiştir. Bu tartışmaların ana eksenlerinden birinde 1951 tarihli Mültecilerin Hukuki Durumuna Dair Cenevre Sözleşmesi ve bu sözleşmede ifade edilen mülteci tanımı yer almaktadır. İlgili sözleşmede mülteci "1 Ocak 1951.den

önce meydana gelen olaylar sonucunda ve ırkı, dini, tabiiyeti, belli bir toplumsal gruba mensubiyeti veya siyasi düşünceleri yüzünden, zulme uğrayacağından haklı sebeplerle korktuğu için vatandaşı olduğu ülkenin dışında bulunan ve bu ülkenin korumasından yararlanamayan, ya da söz konusu korku nedeniyle, yararlanmak istemeyen; yahut tabiiyeti yoksa ve bu tür olaylar sonucu önceden yaşadığı ikamet ülkesinin dışında bulunan, oraya dönemeyen veya söz konusu korku nedeniyle dönmek istemeyen her şahıs." olarak ifade edilmektedir. İklim değişikliği nedeniyle yer değiştiren kişilerin hukuki statüsüne ilişkin tartışma, 1951 tarihli Mültecilerin Hukuki Durumuna Dair Cenevre Sözleşmesi'ndeki mülteci statüsünün uygulanıp uygulanmayacağı noktasındadır.

Ekşi (2016)' nin belirttiği üzere, iklim değişikliği nedeniyle yer değiştiren kişilerin "belli bir toplumsal gruba mensubiyeti veya siyasi düşünceleri yüzünden, zulme uğrayacağından haklı sebeplerle korktuğu için vatandaşı olduğu ülkenin dışında bulunan ve bu ülkenin korumasından yararlanamayan, ya da söz konusu korku nedeniyle, yararlanmak istemeyen; yahut tabiiyeti yoksa ve bu tür olaylar sonucu önceden yaşadığı ikamet ülkesinin dışında bulunan, oraya dönemeyen veya söz konusu korku nedeniyle dönmek istemeyen her şahıs" kavramını tam olarak taşımaması ve ülkelerin bu kişilere ilişkin ek bir sorumluluk alma konusuna ihtiyatlı yaklaşmaları nedeniyle ilgili maddenin, iklim değişikliği nedeniyle yer değiştirmek zorunda kalan kişilere uygulanamayacağı görüşü hakimdir(s. 42). Öğretideki bazı yazarlar ise bu maddenin geniş yorumlanarak iklim değişikliğinden kaynaklı yer değiştiren kişiler için de kullanılabileceğini ve bu kişilere mülteci sıfatının verilmesi gerektiğini belirtmektedir(Ekşi, 2016;Norman, 1997; Bates, 2002; Burleson, 2010).

Tüm bu tartışmalar ve çekincelerin yanında, iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek devletlerden bazıları ise iklim değişikliğinden kaynaklı insan hareketliliği sorununun yasal bir çerçeveye kavuşması amacıyla bir kısım adımlar atmaya çalışmıştır. Afrika bölgesinde kurulan Afrika Birliği, Afrika' da Ülke İçinde Yerinden Edinilmiş Kişilerin Korunmasına ve Yardım Edilmesine İlişkin Afrika Birliği Sözleşmesi (Kampala Sözleşmesi) ile doğal veya insan kaynaklı afetlerde devletlere bazı yükümlülükler yüklendiği görülmektedir. Bu sözleşmenin 5. Maddesi, "Taraf Devletlerin, iklim değişikliği de dahil olmak üzere doğal veya insan kaynaklı afetler nedeniyle ülke içinde yerinden edilmiş kişileri korumak ve onlara yardım etmek için önlemler alacağı" hükmünü içermektedir. Bölgesel bazda birliğin yapmış olduğu bu çalışmalar, iklim değişikliğinden kaynaklı yer değişen kişiler için bir mevzuat çalışması yapılması

açısından önemlidir. Ülkelerin bölgesel olarak yapmış oldukları düzenlemelere bir başka örnek, uygulama alanı bulmasa(Kolmanskog, 2012) da 1994 tarihli Arap Ülkeleri'ndeki Mültecilerin Statüsü' nün Düzenlenmesine İlişkin Arap Konvansiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine bölgesel bazda yapılan çalışmalara bir başka örnek Ortak Avrupa İltica Sistemi çalışmalarıdır. Bölgesel olarak yapılan bu çalışmalar her ne kadar olumlu bir amaca hizmet etse de somut adımların atılması için yeterli olmamaktadır.

İklim değişikliği kaynaklı yer değişimlerinden kaynaklanan sorunlarda öncü rolü üstlenmesi beklenen Birleşmiş Milletler'de yeknesak bir çalışma bulunmasa da iklimden kaynaklı göçten zarar görenlere ilişkin sorunlar davalar aracılığı ile İnsan Hakları Komitesi'nin önüne gelebilmektedir. Örneğin daha önce de belirtilen Ioane Teıtota Kırıbatı/Yeni Zellanda davasında Birleşmiş Milletler İnsan Hakları Komitesi, sağlıklı bir çevrede yaşamanın insan hakkı olduğuna ve başvurucu mağdurun kendi ülkesinde yaşayamaması nedeniyle iltica talebinin kabul edilmesi gerektiğine hükmetmiştir. Bu karar, hukuki bir bağlayıcılığı bulunan düzenleme olarak kabul edilemeyecekse de ilerideki davalara örnek oluşturması açısından büyük öneme sahiptir.

İklim değişikliğinden kaynaklı insan hareketliliğine ilişkin yeknesak bir sözleşme veya uygulamanın bulunmamasına ilişkin çekinceler, bu durumun ülkeler bazında farklı uygulamalara yol açabileceği ve insan hakları temelli yaklaşım bağlamında mağduriyet yaratabileceği yönündedir. Bu sebeple Kolmanskog (2012), tüm ülkelerin katılacağı yeni bir sözleşme ile iklim değişikliği nedeniyle göç etmek durumunda kalan kişilerin statülerinin düzenlenmesi gerektiğini vurgulamakta, tüm dünyanın ortak sorunu olan bu göç olgusunun yeknesak uygulamalara imkân tanıyan çalışmalara dayandırılmasını, aynı zamanda ulusal mevzuatların da bu doğrultuda hazırlanmasının gerekliliğini geniş bir biçimde savunmaktadır(Kolmanskog, 2012).

2.1.3. Paris Anlaşması Süreci ve İklim Göçü

Ulusal ve uluslararası mevzuatta iklim nedeniyle yer değiştirme hareketliliği, bu kişilerin statüsü vb. konular geniş bir düzenleme alanı bulmamaktadır. Ancak, iklim değişikliğinden kaynaklı sorunların çözümüne ilişkin temel bir kaynak olan Paris Anlaşması, iklim değişikliği nedeniyle yer değiştirme olgusuna da atfedilebilecek veya bu sorunun çözümünü destekleyebilecek bir kısım hükümler içermektedir. Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiş ve 04.11.2016 tarihi itibariyle de yürürlüğe girmiştir. Paris Anlaşması ile iklim değişikliği ile mücadelede ülkeler tarafından verilecek katkılar, finansman ve teknolojiler, emisyon azalttım taahhütleri, iklim değişikliğinin olumsuz etkisine maruz kalan ülkelerin uyumuna yardım edilmesi gibi bir dizi çerçeve düzenlemeler kabul edilmiştir. Paris Anlaşması Türkiye tarafından, 22.04.2016 tarihinde imzalamış olmakla birlikte, 07.10.2021 tarihli resmi gazetede yayımlanan 7335 sayılı kanun ile iç hukukun bir parçası haline dönüşmüştür.

Paris Antlaşmasında, öncelikli olarak karbon emisyonlarının azaltılmasına odaklanılmıştır. Anlaşma'nın giriş bölümünde, iklim değişikliğinin insanoğlunun ortak bir endişe konusu olduğu, gıda güvenliği başta olmak üzere geçim kaynakları ve iklim değişikliği nedeniyle hassas durumda olan gelişmekte olan ülkelerin özel ihtiyaçlarının da dikkate alınması gerektiği, bu durumların insan güvenliği için bir tehdit oluşturduğu kabul edilmektedir. Konumuz bağlamında, vurgulanan bu hususların gerçekleştirilmesine ilişkin çabalar, iklim değişikliği kaynaklı yer değiştirmenin engellenmesine de hizmet edecektir.

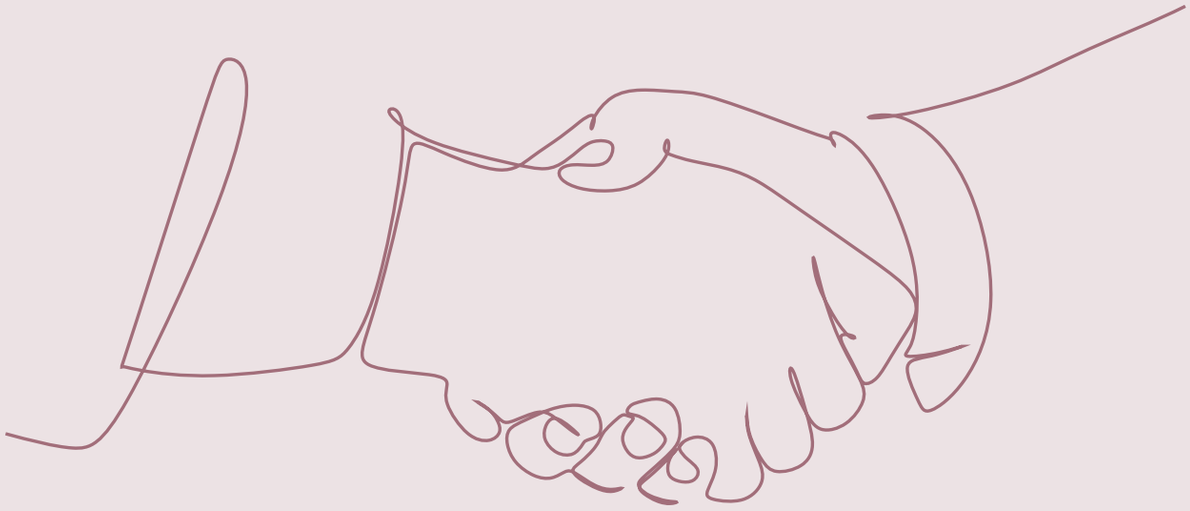
Yine Paris Anlaşması'nın giriş bölümünün 11. Paragrafında "İklim değişikliğinin insanlığın ortak bir kaygısı olduğunu kabul ederek, Tarafların iklim değişikliğine müdahale amaçlı eyleme geçtiklerinde insan hakları, sağlık hakkı, yerli halkların, yerel toplulukların, göçmenlerin, çocukların, engellilerin ve hassas durumdaki kişilerin hakları, kalkınma hakkı ve ayrıca cinsiyetler arası eşitlik, kadınların güçlendirilmesine ve kuşaklar arası adalet konularındaki yükümlülüklerine uygun hareket etmeli, bu hususlara saygılı olmalı ve onları geliştirmelidir," hükmü yer almaktadır. Hükmün içeriğinde iklim nedeniyle göç eden kişiler özel olarak belirtilmemişse de genel olarak göçmenlere atıf yapıldığı görülmektedir.

Paris Anlaşması'nın 2. Maddesinde, iklim değişikliğinin toplumsal etkilerini azaltma, kayıp ve hasar politikaları oluşturma ve insan hareketliliğini dikkate alma gereklilikleri düzenlenmiştir. Yine aynı maddede yer değiştirmenin önlenmesi ve azaltılması için güvenlik önlemlerinin alınması gerekliliği kabul edilmektedir.

Paris Anlaşması'nın uyum başlığını taşıyan 4. Maddesinde, insan güvenliğini ve geçim kaynakları konusunda direnci artırmak ve yer değiştirme riskini azaltmak için uyum stratejilerinin uygulanması gerektiği belirtilmekte, devletler uyum konusunda önlem almaya teşvik edilmektedir. İlgili madde kapsamında iklim değişikliğine karşı savunmasız olan nüfusların dayanıklılığının güçlendirilmesi ve sürdürülebilir çözümlere olanak sağlanması teşvik edilmektedir. Ayrıca, ulusal ve bölgesel iklim değişikliği içinde insan hareketliliği önlemlerinin alınması için UNFCCC'nin finansal mekanizmalarının hayata geçirilmesi gerektiği belirtilmektedir.

Paris Anlaşması'nın kayıp ve hasara ilişkin 8. Maddesinde, iklim değişikliği ile ilgili yer değiştirme konusunda kayıp ve hasarın yönetilmesine katkıda bulunması gerektiği düzenlenmektedir.

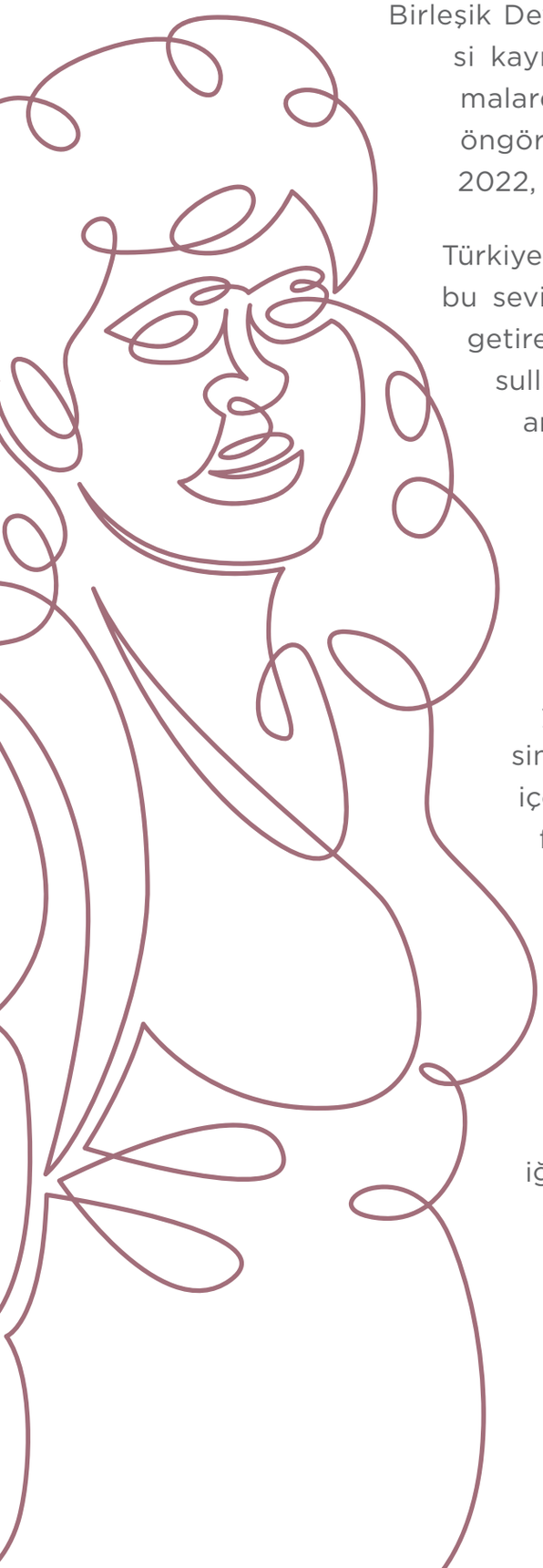
Paris Anlaşması, yukarıda yer alan maddelerinde görüleceği üzere tüm devletlerin ortak bir noktada buluşacağı iklim değişikliği nedeniyle insan hareketliliği tanımına ve değindiğimiz hususlara ilişkin net çözüm önerilerine doğrudan yer verilmese de, bazı maddelerde yer alan hükümler oldukça anlamlıdır. İlgili sözleşme hükümleri gerek Birleşmiş Milletler mekanizmasına gerekse imzacı devletlere iklim göçü ile ilgili kısmen de olsa farkındalık yaratmakta ve yükümlülükler yüklemektedir. İklim değişikliği sürecinin hızla devam ettiği ve gelecek yıllarda göç hareketliliğinin önemli ölçüde artacağı düşünüldüğünde Paris Anlaşması' na ek anlaşmaların yapılması veya ülkelerin mevzuatlarını bu konu bağlamında şekillendirmesi kuvvet ve muhtemeldir.



2.1.4. İklim Göçü Konusunun Geleceği

İklim değişikliği kaynaklı doğal afetler, her geçen gün artan şekilde dünyanın birçok bölgesini doğrudan etkilemekte, sebebi ister kuraklık, çölleşme, susuzluk, sel; isterse deniz seviyesinin yükselmesi veya kasırgalar olsun milyonlarca hatta zaman içinde milyarlarca insanın bulundukları yerden ayrılmasına ve daha güvenli bölgelere doğru hareket etmesine neden olacaktır. Çalışmamız kapsamında değerlendirilen tüm raporlar, istatistikler ve öngörüler, iklim değişikliğine karşı önlem alınmaması ve insanlığın olumsuz katkılarının devam etmesi durumunda mevcut sorunların katlanarak artacağını göstermektedir. İklim değişikliğinden kaynaklı sorunlar durdurulamadığı takdirde insan hareketliliğinin artacağı ve doğa olaylarından kaynaklı göç hareketliliklerinin, uluslararası krizlere dönüşebileceği, hatta savaşlara sebep olabileceği belirtilmektedir.

İklim değişikliğinden kaynaklı insan hareketliliğine ilişkin olarak hazırlanan raporlarda öncelikli olarak özellikle Güney Asya, Orta Doğu, Sahra Altı Afrika ve Latin Amerika bağlamında önemli bir nüfus hareketliliği olacağı öngörülmektedir(Riagud, De Sherbinin, Jones, Bergmann, Clement, Ober, Schewe, Adamo, McCusker, Heuser & Midgley, 2018). Yoğun bir nüfusa sahip olan bu bölgeler için geleceğe dair yapılan tahminler, bölgelerin kendi içinde yaşayacakları hareketliliğin, önemli bir demografik değişikliğe sebebiyet vereceği yönündedir (Rigaud et al.,2018). UNCCD tarafından yapılan bir başka çalışmada 2059 yılına kadar kuraklık sebebiyle Afrika' da ortalama 22 milyon, Güney Amerika' da 10 milyon, Asya' da 10 milyon kişinin göç edebileceği belirtilmektedir(Vigil, 2019).



Ülkesel ve felaket kaynaklı etkilere bakan göç projeksiyonlarında Amerika Birleşik Devletleri ve Bangladeş' te 2100 yılına kadar deniz seviyesi kaynaklı göçlerin artacağı beklenmekte ve yapılan araştırmalarda Avrupa Birliği ülkelerine yönelik göçün artabileceği öngörülmektedir(Compendium of IOM' s Activites in Migration, 2022, s. 239).

Türkiye özelinde ise sıcaklık artışlarının ve yağışlardaki azalmanın bu seviyede devam etmesi, tarımın devamlılığını imkânsız hale getirebilecektir. Tarım bölgelerinde yer alan nüfus, kıtlık ve yoksulluk ile mücadele etmek durumunda kalabilecektir. Sıcaklık artışları, su kıtlığı, mera alanlarının giderek azalması ile hayvancılığın da bölgesel olarak yok olma riski bulunmaktadır. Orman yangınları, toprak kaybı, biyolojik çeşitlilik kaybı, hava kirliliği vb. gibi faktörler nedeniyle ülke içinde belirli bölgelerin yaşanamaz hale gelmesi gündeme gelebilecektir. Bu bölgelerde yaşayan insanların temel ihtiyaçlarını giderememesi, geçim sıkıntıları ve bölgelerin yaşanamaz hale gelmesi kişilerin ülke içerisinde göç etmesini veya ülkeyi terk etmelerini tetikleyebilecektir. Türkiye'nin içerisinde bulunduğu coğrafi konum da düşünüldüğünde farklı ülkelerden kişilerin yer değiştirme hareketiyle Türkiye' ye gelmesi kuvvetle muhtemeldir. Yaşanacak bu insan hareketliliğinin sebep olabileceği olumsuz durumlar da düşünüldüğünde iklim değişikliğine bağlı yer değiştirme aynı zamanda bir güvenlik sorunu olarak da ele alınması gereken bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu kapsamda gerek Türkiye' de gerekse dünyada yaşanan iklim değişikliğinden kaynaklı insan hareketliliğinin sebep olacağı sorunların tespiti ve akabinde yapılacak düzenleme, mevzuat ve/veya uluslararası sözleşme çalışmaları iklim göçünün geleceğine ilişkin yaşanabilecek sorunlara çözüm olabilecek unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.2. İklim Adaleti, Kırılgan Gruplar ve Cinsiyet

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'ne (Intergovermental Panel on Climate Change/IPCC) göre; insan faaliyetleri iklim değişikliğinin ortaya çıkmasındaki en büyük etkendir. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini bertaraf etmeye yönelik önlemlerin alınması gerektiği konusunda fikir birliği olmakla birlikte(IPCC Raporu, 2021), küresel iklim değişikliğinin yarattığı olumsuz sonuçlara karşı alınacak önlemler ve uygulanacak politikaların nimet ve külfetlerinin nasıl dağıtılması gerektiği önemli bir tartışma konusudur(Demirci, 2013). Bu çerçevede iklim adaleti kavramı; iklim değişikliğinin ve buna bağlı olumsuz sonuçların ortaya çıkmasında en az sorumluluğa sahip olanların, bu olumsuz sonuçlardan en başta ve en fazla etkilenenler/etkilenecekler olması şeklinde tezahür eden adaletsizliği ifade eden bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır(Kaya, 2017). İklim değişikliğinin doğurduğu sonuçların bir külfet paylaşımından ziyade bir kıt kaynak dağıtımı olduğu yönünde görüşler mevcuttur(Singer, 2006). Ayrıca, iklim değişikliği "uluslar ve nesiller arası adalet sorunu" olarak düşünülmekte(Jager & Duus-Otterström, 2008), hem insan türü açısından hem de tüm ekolojik sistem açısından çok uzun vadeli sonuçları olan temel yaşamsal bir mesele olarak ele alınması gereken bir husus olarak değerlendirilmektedir. İklim değişikliğinin neden olduğu olumsuz sonuçların giderilmesine yönelik atılan adımlar devletlerin makro ekonomi politikaları, sosyal politikaları hatta dış politika kararlarını belirleyecek kadar geniş ölçekli ve yoğun etkili değişimler ve gelişimler barındırmaktadır. Bu nedenle hak ve adalet temelli bir yaklaşımı merkeze koyarak iklim değişikliği ve iklim değişikliğinin yarattığı olumsuz sonuçlar ile mücadeleyi sürdürmek için gerekli mevzuat altyapısının ve politika araçlarının tespiti ve oluşturulması önem arz etmektedir.

İklim Risk Endeksine (2019) göre, iklim değişikliğinin olumsuz sonuçları en çok gelişmekte olan ülkeler ya da küçük ada devletleri gibi ülkeleri ve bu ülkelerde kırılganlığı yüksek olan ve iklim değişikliğinin negatif etkileri ile baş etme kapasitesi düşük olan bölgeleri ve toplumsal kesimleri etkilemektedir.

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini hissetme açısından, erkekler ile başta kadınlar ve çocuklar olmak üzere; toplumda yer alan çeşitli kırılgan gruplar arasında da farklılık bulunmaktadır. Nitekim, IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporuna ilişkin 2014 Sentez Raporu (IPCC Raporu, 2014), iklim değişikliğinin yarattığı risklerin dengeli bir şekilde dağıtılmadığını ve kırılgan halklar bakımından daha olumsuz sonuçların ortaya çıktığını belirtmektedir.

İklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarına karşı direnci düşük olan grupları nitelendirmek için kullanılan "kırılganlık" kavramı; riske açık olma/maruz kalma ve riske karşı koymak ya da riskle başa çıkmak için gereken kaynaklardan yoksunluk olmak üzere iki faktör ile açıklanmaktadır (Moellendorf, 2015). Kadınlar hem riske kolay maruz kalma, hem de gerçekleşen risklerle başa çıkma konusunda yeterli imkâna sahip olmama açısından iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı son derece kırılgan bir özellik göstermektedir. Bu nedenle iklim değişikliğinin etkileriyle mücadelede, "cinsiyet" ayırıcı bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dolayısıyla, iklim adaleti kavramı üzerine çalışılırken iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının; sosyal, kültürel, ekonomik sebeplerden ötürü var olan cinsiyet eşitsizliği problemini derinleştirdiği ve kadınları daha da kırılgan kıldığı göz önüne alınarak iklim adaletinin tesis edilmesine yönelik çabalarda bu bakış açısı merkeze konacaktır.

Bu kapsamda tüm dünyanın ortak sorunu olan iklim değişikliğine, herkes aynı oranda katkıda bulunmadığı gibi, herkesin bu iklim değişikliğinden aynı şekilde etkilendiğini düşünmek de mümkün değildir. Dolayısıyla iklim değişikliğinden etkilenecek kişilerin önceliklendirilmesi ve adaletin sağlanmasına en çok ihtiyacı olan bireylerin belirlenmesi önemlidir.

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle iklim adaleti kavramı tanımlanacak, daha sonra ise Paris Anlaşması' nda iklim adaleti konusu ele alınacaktır. Takip eden bölümde ise, iklim adaletinin ve cinsiyet konusuyla bağlantısı tartışılacaktır.

2.2.1. İklim Adaleti Tanımı

Adalet, hukuk felsefesi bağlamında en çok tartışılan, değişik görüşlere ve yaklaşımlara en fazla konu olan, dünya üzerinde en tartışmalı kavram olmakla birlikte yeknesak bir tanımı bulunmamaktadır(Güriz, n.d.). Adalet kavramının dağıtıcı adalet (Güriz, n.d.)[1], düzeltici adalet Güriz, n.d.), cezalandırıcı adalet (Kul Yenigül, 2019), ekolojik adalet(Leist & Kılıç, 2011), insan hakkı olarak adalet(Kaya, 2017)[2], kalkınma hakkı olarak adalet(Kaya, 2017)[3], hukuki adalet gibi farklı türleri bulunmaktadır. Bu kapsamda adaletin farklı türlerinin iklim adaleti tanımına yansıdığı görülmektedir.

İklim adalet kavramıyla ilintili bir diğer kavram ise, iklim adaleti tanımının öncüsü olduğu kabul edilen çevresel adalet kavramıdır. 1960'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde çoğunluğunu Afro-Amerika bireylerin oluşturduğu, adil olmayan ve kötü koşullarda yaşayan bireylerin temiz ve adil bir çevrede yaşama taleplerinden yola çıkarak başlayan çevresel adalet hareketi (Enviromental Justice Timeline), herkesin sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşaması ve karşılaşılan çevresel sorunların adil biçimde paylaşılması fikrinden hareketle "çevresel adalet" kavramına evrilmiş ve dünyaya yayılmıştır(Allen, 2015)[4]. Çevresel Adalet kavramı, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından "çevre, renk, ulusal köken veya gelire bakılmaksızın, politikalar, yasal düzenlemeler ve çevresel yasaların yaptırımların uygulanması ve geliştirilmesi yoluyla, tüm insanlara yönelik adil yaklaşım ve anlamlı müdahaleler" şeklinde tanımlanmaktadır(Enviromental Justice Timeline, n.d.). Tanımın unsurları incelendiğinde ilk etapta iklim değişikliğinden daha genel bir tanım olan çevre kavramını önceliklendirdiği görülmektedir. Ancak zaman içerisinde, iklim değişikliğinin daha özellikli bir alana dönüşmesi ile iklim adaleti kavramı da çevresel adalet kavramından ayrışmıştır(Doğru & Gökalp Alıca, 2019). Doğru&Gökalp Alıca (2019), çevresel

---

[1]Düzeltici adalet, Aristotales' e göre hukuki ilişkide taraf olanların eşit muamele görmesi anlamına gelmektedir.

[2]İklim değişikliği ile bağlantılı etkileri bir insan hakkı sorunu olarak değerlendirmektedir.

[3]Adaletin temel ihtiyaçların karşılanması, yoksullukla mücadele edilmesi ve eşitsizlikerin giderilmesi için gelişmekte olan ülkelerin kalkınma hakkını belirtmektedir.

[4]Amerika Birleşik Devletleri' nde yaşanan hareketliliğin Güney Afrika gibi dünya ülkelerine yansıması, sorunun geniş bir coğrafyada tartışılmaya başlamıştır.

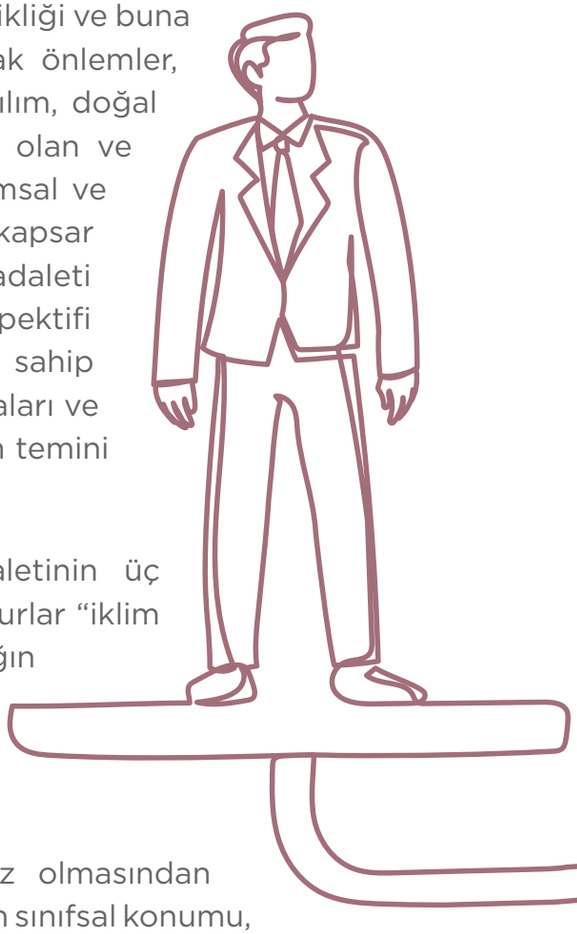
adalet kavramını, iklim adaletini de içine alan, nükleer, maden ocakları, atık yönetimi, biyokütle ve arazi çatışmaları, su yönetimi, altyapı ve inşaat, turizm rekreasyon alanları, biyoçeşitlilik koruma çatışmaları ve kamusal yatırımlar çalışmalar gibi dünyanın değişik alanlardaki sorunlarla ilgilenmekte olan bir alan olarak belirtmektedir.

Çevresel adaletin iklim adaletine evrilme süreci bakımından net bir tarih belirlemek mümkün olmamakla birlikte, Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan CorpWATCH isimli bir örgütün 1999 yılında iklim adaleti kavramını kullanmaya başladığı ve iklim değişikliğine ilişkin ayrı bir tanım yapılması gerektiğini belirttiği bilinmektedir (Scholsbeg&Collins, 2014). İklim adaleti kavramı, ilk uluslararası çalışma olarak 2000 yılında Hollanda' nın Lahey kendinde gerçekleştirilen Altıncı Taraflar Konferansı(COP 6) müzakereler düzeyinde gündeme gelmiştir(Scholsbeg&Collins, 2014). Bali İklim Adaleti İlkelerinin (2022) başlangıç kısmında; "İklim değişikliğinin etkileri küçük ada devletleri, kadınlar, gençler, kıyı halkları, yerel topluluklar, yerli halklar, balıkçılar, yoksullar ve yaşlılar tarafından orantısız bir şekilde hissedildiğinden; Yerel topluluklar, etkilenen insanlar ve yerli halklar, iklim değişikliğini ele almak için küresel süreçlerin dışında tutulduğundan" ifadeleri ile iklim adaleti kavramı kapsamında yer alması gereken kırılgan gruplara dikkat çekilmiştir. Yine aynı bildirgenin 22. Maddesinde yer alan; "İklim Adaleti, kadın haklarını ele alan çözümlere duyulan ihtiyacı teyit ediyor." ifadesi ile iklim adaleti kavramı ile kadın ve toplumsal cinsiyet adaletsizliği arasındaki yakın ilişki vurgulanmıştır. Devam eden süreçlerde, 2004 yılında Michigan Üniversitesi'nde düzenlenen Adil İklim Konferansı'nda (Just Climate Conference) kabul edilen İklim Adaleti Deklarasyonu; insanlar arasında ve Doğa Ana ile barış; sınırsız ve yıkıcı olmayan bir kalkınma modeli öngören (Cochambamba Halkların Anlaşması, 2010, s.2), 2010 Cochabamba Halklar Anlaşması; 2013 'te kurulan Durban İklim Adaleti Diyaloğu tarafından yayımlanan 2013 İklim Adaleti Deklarasyonu ile iklim adaleti kavramının çerçevesi çizilmeye çalışılmış ve iklim adaletinin tanımı ile kapsamı konusunda önemli çalışmalar yapılmıştır (Doğru & Gökalp Alıca, 2019; Kaya, 2017). Bu çalışmaların tamamı günümüzde kullanılan iklim adaleti kavramına önemli zemin hazırlamış ve süreç içerisinde anlamın içeriğinin doldurulmasına katkıda bulunmuştur.

Tarihsel gelişim süreci ve kavramsal içeriğine bakarak özetle iklim adaleti kavramı; iklim değişikliğinin ve buna bağlı olumsuz sonuçların ortaya çıkmasında en az sorumluluğa sahip olanların, bu olumsuz sonuçlardan en başta ve en fazla etkilenenler/etkilenecekler olması şeklinde tezahür eden adaletsizliği ifade eden bir

kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Kaya, 2017). Yapılan risk analizleri ve veriler doğrultusunda(Risk Endeksi 2021), iklim değişikliğinin sebebi kabul edilen sera gazı emisyonunun atmosferde artışına en az neden olan veya artışa hiç etkisi olmayan ülkeler, iklim değişikliğinin zararlı etkilerine karşı en kırılgan ülkeler konumunda iken, karbon emisyonu artışına en çok neden olan ülkeler ise teknoloji ve mali kaynaklarının da yardımıyla iklim değişikliği etkilerine uyum sağlamaya hazırlıklı ülkeler olarak karşımıza çıkmaktadır(Demirci, 2013).

İklim adaleti yalnızca iklim değişikliği ile ortaya çıkan bazı faydaların ve iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının maliyetlerinin eşitsiz dağılımı sorunu olarak ele alınmamalıdır. Bu kavram; iklim değişikliği ve buna bağlı olumsuz sonuçların önlenmesine ilişkin alınacak önlemler, atılacak adımlar açısından karar alma süreçlerine katılım, doğal kaynaklara erişim hakkında eşitliğin sağlanması, var olan ve iklim değişikliği ile derinleşen diğer ekonomik, toplumsal ve çevresel eşitsizlikleri, nesil içi ve nesiller arası adaleti de kapsar biçimde değerlendirilmelidir(Reese, 2016). İklim adaleti kavramının kapsamı belirlenirken; insan hakkı perspektifi merkeze alınarak herkesin doğuştan eşit haklara sahip olduğu kabul edilmeli; kişilerin sağlıklı biçimde yaşamaları ve geçimlerini sağlamaları için gereken elverişli koşulların temini öncelik olarak benimsenmelidir(Kaya,2017).



İklim adaletinin felsefesinden hareketle, iklim adaletinin üç temel unsuru içerdiğini söylemek mümkündür. Bu unsurlar “iklim krizinin yarattığı sorunlarda mekânsal olarak kırılganlığın yüksek olduğu bölgelerin coğrafi açıdan yaşadığı ve sonucunda kişilerin iklim nedeniyle yer değiştirmeye karar vermesi ya da mecbur kalmasına kadar varan dezavantajlılık boyutu”, “ekonomik ve sosyal faktörlere bağlı olarak, ülkelerin gelişmişlik düzeyinin yetersiz olmasından kaynaklı yaşadıkları iklim krizine uyum sorunu, bireylerin sınıfsal konumu, cinsiyet eşitsizliği gibi dezavantajlı durumlar” ve “gelecek kuşakların hakları ve ekosistemdeki iklim krizinden etkilenen tüm canlı-cansız varlıkların dâhil edildiği bir etik anlayış” şeklinde ifade edilmiştir(Akkuş, 2021, s.209).

Bu çalışma çerçevesinde iklim adaleti; 'özellikle iklim değişikliğinin ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin önlenmesi amacı doğrultusunda ülke politikalarının belirlenmesinde, ülke çapında tüm kişi ve kurumların temsili sağlanırken kırılgan gruplara pozitif ayrımcılık tanınması, temsilde ve karar almada cinsiyet eşitliğinin gözetilmesi, adli ve idari mercilerce herkese etkin ve hızlı çözümler sunulması, enerji dönüşümünde olası hak ve yarar kayıplarını önlemeye yönelik uygulamalar geliştirilmesi, halk sağlığının, gıda güvenliğinin ve gelecek kuşakların çevresel kaynaklara erişiminde eşitliğin temin edilmesi gibi iklim değişikliği ve olumsuz etkileri ile mücadelede geliştirilecek her politika ve uygulamada eşitlik ve adaletin sağlanması' anlamında ele alınmıştır. İklim bağlamındaki kırılgan gruplar ise; çocuklar, yaşlılar, engelliler ve hassas durumdaki kişiler olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma çerçevesinde kadınlar özel olarak ele alınmıştır. Komisyon çalışmaları çerçevesinde, cinsiyet eşitliği ile toplumsal cinsiyet eşitliği terminolojilerinin hangisinin tercih edilmesi gerektiği konusunda tartışmalar yapılmış, bu konuda farklı görüşler beyan edilmiş olmakla birlikte, orijinal metinde yer alan "gender equality" ibaresinden hareketle cinsiyet eşitliği terminolojisinin kullanılması tercih edilmiştir. Yaşadıkları toplum içerisinde kadınlar ve erkeklere, o toplumun içinde bulunduğu zaman dilimindeki kültürel yapısına göre yüklenen; biyolojik farklılıklarının gereklilikleri dışında kalan roller, misyonlar, özellikler ve bunlar doğrultusunda kişilerden beklenen davranış kalıplarının dikkate alınması (Vatandaş, 2011) gerektiği toplantılarda vurgulanmıştır. Ayrıca, cinsiyet eşitliğinin; siyasetler üstü ve evrensel bir insan hakları meselesi olarak demokratik yönetim anlayışının temel taşını oluşturan bir yaklaşım olduğu; bu bağlamda cinsiyet eşitliğinin ülkelerin ürettiği tüm politikalarda, sivil toplum kuruluşlarının faaliyetlerinde ana akımlaştırılması ve toplumsal yaşamın her alanına yaygın biçimde temel bir ilke olarak içselleştirilmesi gereken bir kavram olduğunun altı çizilmiştir.

Ayrıca, bu çalışma çerçevesinde cinsiyet eşitliği, iklim krizi ile mücadele kapsamında tarımsal politikalarına daha iyi entegre edilmesi gereken; hem iklim krizi ile mücadelede başarıyı arttırarak, hem de kırılganlığı azaltarak kadınların yoğun olarak çalıştığı kırsal kesimde ve tarım sektöründe kadınların güçlendirilmesine olanak tanıyan(Cinsiyet ve Uluslararası İklim, 2016) önemli bir araç olarak ele alınmıştır.

2.2.1.1. Paris Anlaşması'nda İklim Adaleti

İklim değişikliğine karşı alınan önlemler çerçevesinde "iklim adaleti" kavramının önemine işaret eden Paris Anlaşması, iklim adaleti kavramına yer veren ilk bağlayıcı uluslararası hukuk belgesi olması nedeniyle önem arz etmektedir (Cerit Mazlum, 2019). Bu Anlaşma, iklim kriziyle mücadele yönteminin kapsamını genişletmesi ve tüm emisyonların yaklaşık %98' inden sorumlu 198 ülke tarafından ulusal katkı beyanları (NDC) vasıtasıyla iklim krizi ile mücadelede iş birliğini küresel bir boyuta taşıması açısından da önemlidir (Cerit Mazlum, 2019).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile ortaya konan ve Taraf ülkelerin kendi coğrafi, ekonomik, kültürel özellikleri gibi özelliklerine uygun olarak mücadeleye katkı sunmasını ifade eden; "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler" ilkesi(Öztürk & Öztürk, 2019) Paris Anlaşması kapsamında tekrar gündeme gelmiştir. Bu ilke; iklim değişikliğine sebep olma noktasında tarihi sorumluluklar ile iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarına maruz kalma bakımından ortaya çıkan adaletsiz dağılımın dengelenerek küresel ölçekte iklim adaletinin tesis edilmesi bakımından kilit öneme sahiptir. Bu nedenle iklim değişikliği ile mücadele sürecinde önemli olan bu ilkenin Paris Anlaşması kapsamında teyit edilmesi önem arz etmektedir(Kaya, 2017).

İklim Adaletine ilişkin maddelerin içeriğini dolduracak şartların daha sonra alınacak kararlara bırakılması nedeniyle, iklim adaletine ilişkin kaygıların başarılı ölçüde Anlaşma metnine aktarılıp aktarılmadığı konusunda tartışmalar bulunmakla birlikte(Kaya, 2017), Paris Anlaşması, iklim adaleti kavramını, adaletin farklı yönleriyle düzenleyen ve metinde 'insan hakları, yerli halkları, kırılgan ülkeler, iklim adaleti' gibi tanımlara atıf yapan bir Anlaşma olarak Kyoto Protokolünden ve BMİDDÇS'den ayrılmaktadır(Kaya, 2017). Anlaşma, iklim adaleti kavramına temel olarak "azaltım sorumluluğunun paylaşılması" perspektifinden yaklaşmakta, tarafların anlaşmanın amacını gerçekleştirmek için gereken çabayı üstlenmeleri gerektiğini belirtmekte, bu çerçevede gelişmiş ülkelerin emisyon azaltımında öncü olması; gelişmekte olan ülkelerin ise, anlaşmayı etkin bir şekilde uygulayabilmesi için azaltım ve uyum maliyetlerinin desteklenmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

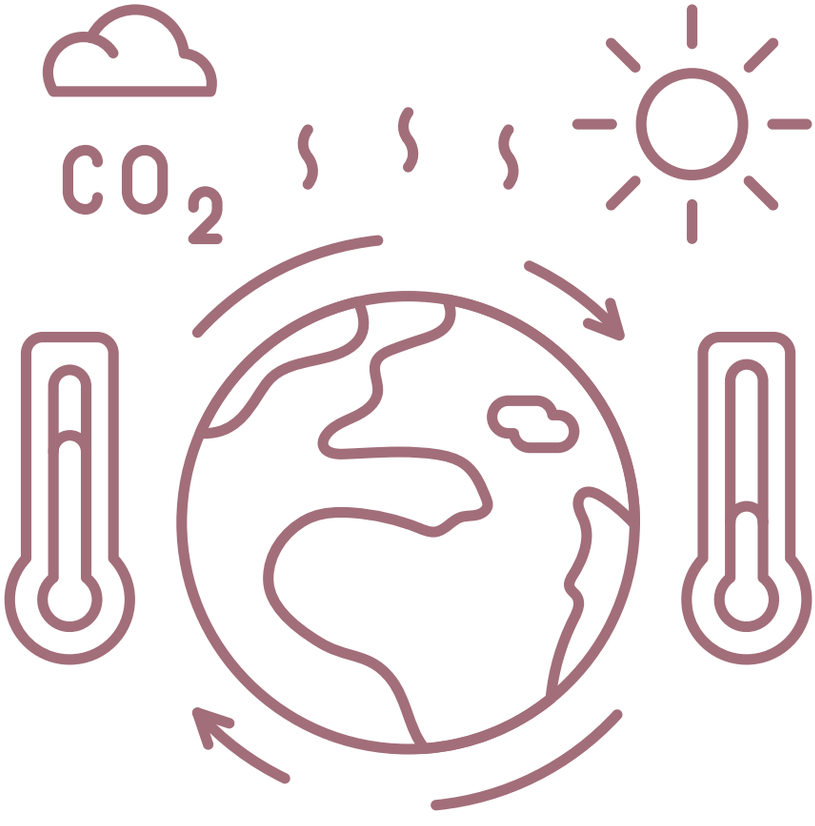
İklim adaletini hak temelli olarak ele alan ve "insan hakları" vurgusunu öne çıkaran Anlaşmanın önsözünde yer alan "Taraflar iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik eylemlerde insan hakları, sağlık hakkı, yerli halkların, yerel toplulukların, göçmenlerin, çocukların, engellilerin, ve hassas durumdaki kişilerin hakları, kalkınma hakkı ve cinsiyetler arası eşitlik, kadınların güçlendirilmesine ve kuşaklar arası adalet konularındaki yükümlülüklerine uygun hareket etmeli, bu hususlara saygı duymalı ve onları geliştirmelidir." şeklindeki ifadeden hareketle, iklim adaleti kapsamına kırılgan gruplar ile cinsiyet eşitliği konularının da dahil edildiği görülmektedir. Yine, Anlaşmada yer alan sıcaklık artışının 2 santigrat derecenin altında tutulması, sınır hedef olarak da 1.5 santigrat derece olarak belirlenmesi, sürdürülebilir kalkınma ve düşük emisyonlu büyüme vurgusu doğrultusunda 'nesiller arası adalet' konusu da Anlaşma metnine dâhil edilmiştir.

Paris Anlaşması kapsamında üzerinde durulan bir başka konu da iklim değişikliği ile mücadelede finansman kaynaklarının dağıtımına ilişkindir. İklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından daha fazla etkilenen az gelişmiş ya da gelişmekte olan Taraf ülkelere iklim değişikliğine sebep olan gelişmiş ülkelerden kaynak aktarımına ilişkin olarak; Paris Anlaşması'nın 9. maddesinin 1. ve 3. Fıkralarında ,"(1) Anlaşmaya taraf olan gelişmiş ülkeler, Sözleşme kapsamındaki mevcut yükümlülüklerinin devamı olarak, gelişmekte olan Taraf ülkelere hem azaltım hem de uyum konusunda yardımcı olmak amacıyla finans kaynağı sağlar.

(3)“Küresel çabanın bir parçası olarak Anlaşmaya Taraf olan gelişmiş ülkeler, kamu fonlarının önemli rolünü göz önünde bulundurarak ve gelişmekte olan Taraf ülkelerin ihtiyaçları ile önceliklerini dikkate alarak ülkeye özel stratejilerin desteklenmesi de dahil olmak üzere çeşitli eylemler aracılığıyla geniş bir kaynaklar, araçlar ve kanallar yelpazesi ile iklim finansmanının harekete geçirilmesine liderlik etmeye devam etmelidir. İklim finansmanının bu şekilde harekete geçirilmesi, daha önceki çabaların ötesinde bir ilerleme göstermelidir.” hükümleri yer almaktadır. Anlaşmanın 7. Maddesinde düzenlen adaptasyon ihtiyacına yönelik hükümler gelişmekte olan ülkelere uluslararası destek sağlanacağını düzenlemektedir. Yine benzer şekilde madde 10(5) te teknoloji transferi ve madde 11(3)’ te kapasite inşası hükümleri iklim adaletine ilişkin Paris Anlaşması hükümleri olarak karşımıza çıkmaktadır(Kaya, 2017).

Bu yükümlülüklerin yanı sıra anlaşmanın önsözünde yer alan “okyanuslar da dahil tüm ekosistemlerin bütünlüğünün güvenceye alınması, bazı kültürlerin Toprak Ana olarak adlandırdığı biyoçeşitliliğin korunması” iklim adaletinin ekolojik adalet boyutuna, kayıp ve zarar mekanizmaları cezalandırıcı boyutuna vurgu yapılan başka hükümleridir.

İklim adaleti kavramı, adalet kavramının farklı boyutları kapsamında Anlaşma metninde düzenlenmiş olmakla birlikte, bu düzenlemelerin uygulamaya geçirilmemesi durumunda devreye girecek yaptırım mekanizmasının eksikliği, başka bir ifadeyle sorumlulukların yerine getirilmesi noktasında gönüllük temelli yaklaşım nedeniyle eleştirilmekte ve Anlaşma iklim adaletinin tesisi açısından yetersiz kalabileceğine dair endişeler dile getirilmektedir. Öte yandan eksik olduğu iddia edilen tüm bu hususlara rağmen özellikle küresel çapta bir mücadele başlatılarak hemen hemen tüm dünya ülkelerinin Paris Anlaşması kapsamında iklim adaletine destek vereceklerine ilişkin beyanı, gelecek için umut verici niteliktedir.



2.2.1.2. Türkiye'de İklim Adaletine İlişkin Çalışmalar

Türkiye, 2004 yılından buna Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine ve 2009 yılından bu yana da Kyoto Protokolüne taraf olarak sürdürülebilir bir dünyaya katkıda bulunma iradesini ortaya koymuştur. Paris Anlaşmasını onaylayarak iç hukukunun bir parçası haline getiren Türkiye, akit devlet olarak Paris Anlaşması kapsamında iklim adaletine yönelik bağlayıcı düzenlemelerin muhatabı durumuna gelmiştir. Küresel anlamda iklim değişikliğine sebep olma konusunda, çok fazla sorumluluğa sahip olmamakla birlikte, Akdeniz coğrafyasında yer alması nedeniyle iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından etkilenme riski ile karşı karşıya kalan ülkemiz için "iklim adaletinin tesisi" oldukça önemli bir konudur.

Paris Sözleşmesinin onaylanmasından önceki süreçte, iklim adaletinin tesisine yönelik tespit ve çalışmalar, eylem ve strateji planlarında yer almıştır. Örneğin 2011-2023 yıllarını kapsayan İklim Değişikliği Eylem Planında ve bu eylem planının yanı sıra yine 2011-2023 yıllarını kapsayan Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planında bu konu ele alınmıştır. Bu çerçevede, Türkiye İklim Değişikliği Uyum Stratejisi Eylem Planı'nın 2.5. maddesinde "iklim değişikliğinin tarım sektöründeki sosyo-ekonomik etkilerinin belirlenmesi" başlığı altında yoksul kesimin gıda, su, barınma ve sağlık haklarının tümünün iklim değişikliği yüzünden zarar görme tehlikesi altında olduğu; yoksul veya savunmasız oldukları için, iklim değişikliğinin etkilerini en fazla hissedecek grupların yerel insanlar, çiftçiler ve kadınlar olacağı tespit edilmiştir. Bu tespitle birlikte, iklim adaleti yaklaşımına uygun olarak iklim değişikliğinin etkilerini daha fazla hissedecek kırılgan gruplar özel olarak ele alınmış, iklim krizi ile mücadele kapsamında alınacak önlemlere uyum sağlama noktasında sektörün en kırılgan kesimleri olan bu kesimlerin görüşlerinin de dikkate alması gerektiği belirtilerek katılımcılığın artırılması ve iklim adaletinin sağlanması yönünde adımlar atılmıştır(Uyum Stratejisi ve Eylem Planı,2011).

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin bölgesel olarak farklılaştığı dikkate alınarak iklim değişikliği nedeni ile tarımsal kuraklıktan daha çok etkilenecek bölgelerde ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerinin öncelikli olarak en kısa sürede tespit edilmesi ve tarım sektöründe çalışan ve iklim değişikliğinden etkilenen yoksul çiftçilerin havza veya bölge düzeyinde belirlenmesi ve önlemlerin bu yönde alınması hedeflenmiştir(Uyum Stratejisi

ve Eylem Planı, 2011). Böylelikle hem bölgesel hem sektörel hem de sosyal etkiler göz önünde bulundurularak iklim krizinden kaynaklanacak olumsuz sonuçlardan eşitsiz etkilenmenin doğurduğu adaletsizlik giderilmeye çalışılmıştır. Yine aynı Eylem Planı'nda günümüzde en çok tartışılan ve günden güne önemi artan bir konu olan cinsiyet eşitliği de iklim değişikliği ile ilişkilendirilerek kapsama dahil edilmiştir. Bu bağlamda tarım sektöründe, iklim değişikliğinin etkileri ve cinsiyet eşitliği unsurlarını bir arada ele alan tedbirlerin uygulanmasının önemli olduğu vurgulanmıştır. Özellikle kırsal alanda yaşayan nüfusun büyük bir bölümün tarım sektöründe çalıştığı, tarım istihdamının toplam istihdama oranının (%18) (Gelişmelerin Makro Analizi, 2021) olduğu ülkemizde bu tespitlerin varlığı, iklim adaleti perspektifi ile kırılgan grupların belirlenmesi ve eylem planlarının hazırlanması bakımından önem arz etmektedir. Tarım sektöründe iklim değişikliğine uyum çabalarının katılımcı bir yaklaşım sergilenerek yürütülmemesi halinde iklim değişikliğinin etkilerine karşı kırılgan olan kesimlerin karşılaşacakları etkilerinin olumsuz yönde artıracağı vurgulanmıştır. Bu yaklaşım; iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından en çok zarar gören kesimlerin sürece dahil edilmesi gerektiğini vurgulayarak, iklim adaletini sağlama yönünde öncü bir tutum olarak karşımıza çıkmaktadır.

İklim değişikliğinin coğrafi, sosyal, ekonomik ve kültürel etkiler bakımından bölgeler özelinde farklılık göstermesi nedeniyle merkezi teşkilatın yanında yerinden yönetimlerin de iklim krizi ile mücadelenin önemli bir parçası olduğu ve ilerleyen süreçte de bu mücadeledeki pay ve sorumluluklarının artacağı konusunda şüphe bulunmamaktadır. Bu çerçevede bazı yerel yönetimler; iklim değişikliği eylem planları hazırlamak suretiyle bulundukları bölgelerdeki iklim değişikliği kaynaklı sorunlara çözüm üretme yoluna gitmektedir(Sarıkoç Yıldırım, 2020). Yerel Yönetimlerin hazırlamış oldukları bu iklim eylem planlarında (Detaylı bilgi: Talu, 2016) tam olarak "iklim adaleti" başlığı ve bu kavrama dahil olan stratejiler yer almamışsa da azaltım hedefleri ve iklim değişikliğine uyum çabalarının yanında düzenlenen bazı unsurlar, iklim adaletinin sağlanmasına yönelik adımlar olarak değerlendirilebilecek nitelik taşımakta ve yerinden yönetimlerin vizyonunda iklim adaleti anlayışının az da olsa yer bulabildiğini göstermektedir(Sarıkoç Yıldırım). İklim değişikliği ile mücadele konusunda özellikle bölgesel etkilerin ve ihtiyaçların doğrudan izlenmesi ve yönetilmesi açısından önemli bir unsur olan belediyelerin; gelecek süreçte iklim adaleti konusunda daha kapsayıcı ve hedefe yönelik çalışmalar yapması, Türkiye'de iklim adaletini sağlamasına önemli katkı sağlayacaktır.

Merkezi ve yerel düzeyde yürütülen çalışmalar yanında, sivil toplum kuruluşları da Paris Anlaşması' na uyum çabaları kapsamında gerek iklim adaletinin tesisine yönelik, gerekse iklim değişikliğinin sebep olduğu diğer sorunların çözümüne yönelik çalışmalar yapmaktadır(İklim Adaleti Koalisyonu; İklim İçin Ortak Çağrı; Yeşil Ekonomi Konferansı; Greenpeace Zonguldak Raporu; Kömür Madenciliğinin Etkileri Raporu). Örneğin, TEMA, Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF), İklim Değişikliği Politika ve Araştırma Derneği, Doğa Koruma Merkezi, Avrupa İklim Eylem Ağı, Yeşil Düşünce Derneği, Kadın ve Demokrasi Derneği, gibi sivil toplum kuruluşları kendi bünyelerinde, iklim değişikliğine ilişkin sorunların tespiti ve çözüm önerileri konusunda çalışmalar yapmaktadır. Yine bazı sivil toplum kuruluşları iklim krizine karşı alternatif mücadele olanaklarını yaratabilmek ve eksiklikleri tespit etmek üzere Kasım ayında Glasgow'da düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 26'ncı Taraflar Konferansı'ndan (COP26) önce bir araya gelmiştir. Ekoloji, emek, çeşitli meslek örgütleri temsil eden sivil toplum kuruluşları (STK) ve aktivistlerden oluşan COP26 Türkiye Koalisyonu, çalışmalarını İklim Adaleti Koalisyonu olarak sürdürme kararı almış olup, "iklim adaleti" kavramı altında birleşen bir koalisyon olarak iklim adaletinin sağlanması için öngördükleri hedeflere ulaşma amacıyla çalışmalarına başlamıştır(İklim Adaleti Koalisyonu Basım Açıklaması[5]).

Özetle, Türkiye'de iklim adaletinin altyapısını oluşturmaya yönelik çalışmalar Paris İklim Anlaşması' nın onaylanmasından önce başlamış ve gerek merkez teşkilatı, gerekse yerel yönetimler ile sivil toplum örgütleri ölçeğinde bu çalışmalar büyük bir özveri ve titizlikle gelişerek devam etmiştir. İklim adaleti kapsamında, iklim değişikliğinden zarar gördüğü tespit edilen gruplar arasındaki eşitsizliğin giderilmesi Türkiye' nin ortak bir paydası olmuştur. Tüm kurum ve kuruluşların ortaya koyduğu çalışmalar ve birtakım bireysel girişimler, iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarına bağlı olarak gelişen adaletsizliğin en aza indirilmesi için büyük bir özveri gösterildiğinin somut kanıtları olarak kendisini göstermektedir.

İklim Adaleti Koalisyonu, iklim değişikliğinin sonuçlarından en fazla etkilenenler, ekolojik yıkıma ve iklim değişikliğine etkisi ihmal edilebilir olanlar olduğuna, dünya iklim sisteminin farklı coğrafyalarda farklı şekillerde değişmesine ve bunların yanı sıra diğer doğa tahribatlarının sömürü ilişkilerindeki eşitsiz ilişkiler sonucu eşitsiz dağılımı ile ülkeler arasındaki sorumluluk, etkilenme ve uyum sağlama kapasitesi üzerinden yaşanan adaletsizliklerle ilgili olduğu savıyla çalışmalarına devam etmektedir.

2.2.2. Cinsiyet ve Kadın Liderliği

İklim değişikliğinin cinsiyet eşitliği açısından ele alınması; kadınların iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından erkeklere nazaran daha fazla etkilenmeleri nedeniyle büyük önem taşımaktadır(Doğru&Gökalp Alıca, 2019). İklim değişikliği nedeniyle oluşan afetlerden kadınların daha çok etkilendiğine ilişkin çok sayıda araştırma bulunmakta olup, örneğin Bangladeş' te 1991 yılında yaşanan sel felaketinde kadın ölüm oranının erkek ölüm oranından beş kat fazla olduğu kaydedilmiştir. Yine bir başka örnekte Bangladeş' te 2007 yılında gerçekleşen Sidr siklonunda mağdurların %80' ni kadındır. (Doğru&Gökalp Alıca, 2019). Toplumda cinsiyet eşitsizliği; kadına biçilmek istenen toplumsal rol ve bu rol üzerinden belirlenen normlar; uzun yıllardan beri üzerinde çalışılan, sayısız projeye ve araştırmaya konu olan bir husustur. Kadınlar yasal düzenlemeler çerçevesinde teorik olarak erkekler ile eşit haklara sahip olmakla birlikte, toplum içerisinde bu hakları kullanırken yoğun biçimde ayrımcılığa maruz kalmakta; toplumsal düzen kuralları ve geleneksel kabuller sonucu kendilerine biçilen roller çerçevesinde özgür ve güvenli bir ortamda hayatlarına devam edememektedirler. Bunun sonucu, kadınlar iş hayatında, bürokraside ve karar verme mekanizmalarında geri planda kalmaktadır. Kadınlar, liderlik yolunda, toplumun kadına biçtiği rol gereği kendisinden beklenen davranışlar ve fedakarlıklar gibi karakteristik engellerin yanı sıra erkek egemen toplum ve çalışma hayatının yarattığı; görünen ve görünmeyen sayısız zorlukla karşılaşmaktadır(Karatepe&Arıbaş, 2015). Cam tavan olarak da nitelendirilen bu engeller aslında herkes tarafından bilinmesine rağmen yeterince dile getirilmeyerek eşitsizliğin teamül haline gelmesine neden olmaktadır(Yıldız, Alhas, Sakal&Yıldız, 2016).

Cinsiyetin doğurduğu eşitsizlik hayatın her alanında olduğu gibi, iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından etkilenme konusunda da kadınlar açısından bir adaletsizlik oluşturmaktadır. Kadınlar kendilerine yüklenen roller nedeniyle iklim krizine bağlı yaşanan olumsuzlukları daha ağır hissetmektedir. Kadınlar aleyhine ortaya çıkan iklim değişikliğine bağlı bu olumsuz sonuçları ele alan çalışmalar da her geçen gün artmaktadır. Ülkemizde Tema Vakfı tarafından yayımlanan "İklim İçin Kadın Liderler"

(2019)isimli; karara alma süreçlerinde kadın katılımın artması ve kadın temsiliyetinin sağlanması için kadın gönüllülerin destekleneceği proje, bu gelişmelere örnek olarak gösterilebilecektir.

Uluslararası arenada da kadın liderliği konusu günden güne önem kazanan bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. BM İklim değişikliği 26. Taraflar Konferansı (COP26) müzakereleri kapsamında da kadın liderliğinin öneminin altı çizilmiştir. Hayatın her alanında olduğu gibi iklim değişikliği konusunda hem iklim adaletinin tesis edilmesi hem de iklim krizi ile mücadelede geliştirilecek araçların ve fikirlerin zenginleşmesi açısından kadın liderliği son derece önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu sebeple çalışmanın bundan sonraki bölümünde hem Paris Anlaşması kapsamında cinsiyet eşitliği yaklaşımı, hem de iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının kadınlara eşitsiz yansımaları konularına değinilecek, cinsiyet eşitliğinin sağlanmasına yönelik olarak iklim mücadelesi bağlamında ve diğer sosyal politikalara da etki edebilecek nitelikte düzenlemeler ve eylem planlarına ilişkin tespitler yapılacaktır.

2.2.2.1. Paris Anlaşması'nda Cinsiyet Eşitliği Konusu

İklim değişikliğinin etkilerine ve olumsuz etkilerinin önlenmesine yönelik çalışmalarda konunun 'insan hakları' konusu olarak ele alınması; özellikle yerel halkların hakları ve onların kültürel miraslarının korunması gereği vurgulanmakla birlikte, tartışmalarda öne çıkan bir diğer konu da iklim değişikliğine ilişkin politikaların, 'cinsiyet eşitliği', sınıf, statü vb. temelinde ele alınması gerektiğidir. Bu çerçevede iklim adaleti 'cinsiyet temelli eşitsizlikler' perspektifinde ele alınması gereken bir konu olarak değerlendirilmektedir(Tatgın, 2019). Nitekim, cinsiyet eşitliği ve iklim değişikliği arasındaki bağı işaret eden birçok küresel taahhüt ve sözleşme bulunmaktadır. Örneğin, BM Uluslararası Nüfus ve Kalkınma Konferansı (1994), Pekin Deklarasyonu ve Eylem Platformu (1995), Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (2002) ve 2005 BM Dünya Zirvesi kadınların sürdürülebilir kalkınmada oynadıkları rolün önemine atıfta bulunması açısından önemli örneklerdir. Bu çerçevede BM nezdinde yapılan çalışmalardan bazıları şöyle özetlenebilir: BM Kadının Statüsü Komisyonu tarafından 2008 yılındaki 52. Oturumda iklim değişikliği acil bir konu olarak gündemine taşınmıştır(Kadının Statüsü Komisyon Raporu, 2008). Yine, 7 Ağustos 2009 tarihli 44. Oturumunda BM Kadınlara Karşı Her Türlü Ayrımcılığın Ortadan Kaldırılması Komitesi, iklim değişikliğinin kadınlar ve erkekler üzerindeki farklı etkilerine dikkat çekerek hem uluslararası sözleşmelerde hem de ülkeler seviyesinde tüm politikaların uygulanması, izlenmesi ve değerlendirilmesinde cinsiyet eşitliği perspektifinin benimsenmesi çağrısını yapmıştır(Ayrımcılığın Ortadan Kaldırılması Komite Raporu). BM Kadınlara Karşı Her Türlü Ayrımcılığın Ortadan Kaldırılması (CEDAW) Komitesi tarafından 7 Şubat 2018 tarihinde yayınlanan 37 sayılı Genel Tavsiye Kararı "İklim Değişikliği Bağlamında Afet Riskinin Azaltılmasının Toplumsal Cinsiyetle İlişkili Boyutları" başlıklıdır. Tavsiye Kararı niteliğini taşıyan kararda, taraf devletlerin afet risk azaltma ve iklim değişikliği ile ilgili tüm politika, yasa, plan, program, bütçe ve faaliyetlerinde cinsiyet eşitliğini gözeten ve insan haklarına dayalı prensipleri sağlaması gerektiği belirtilmekte, farklı dezavantajlı gruplardan kadınlar ve kız çocukları örneklendirilerek, bu grupların önlerindeki engellerin kaldırılmasının gereği vurgulanmaktadır.

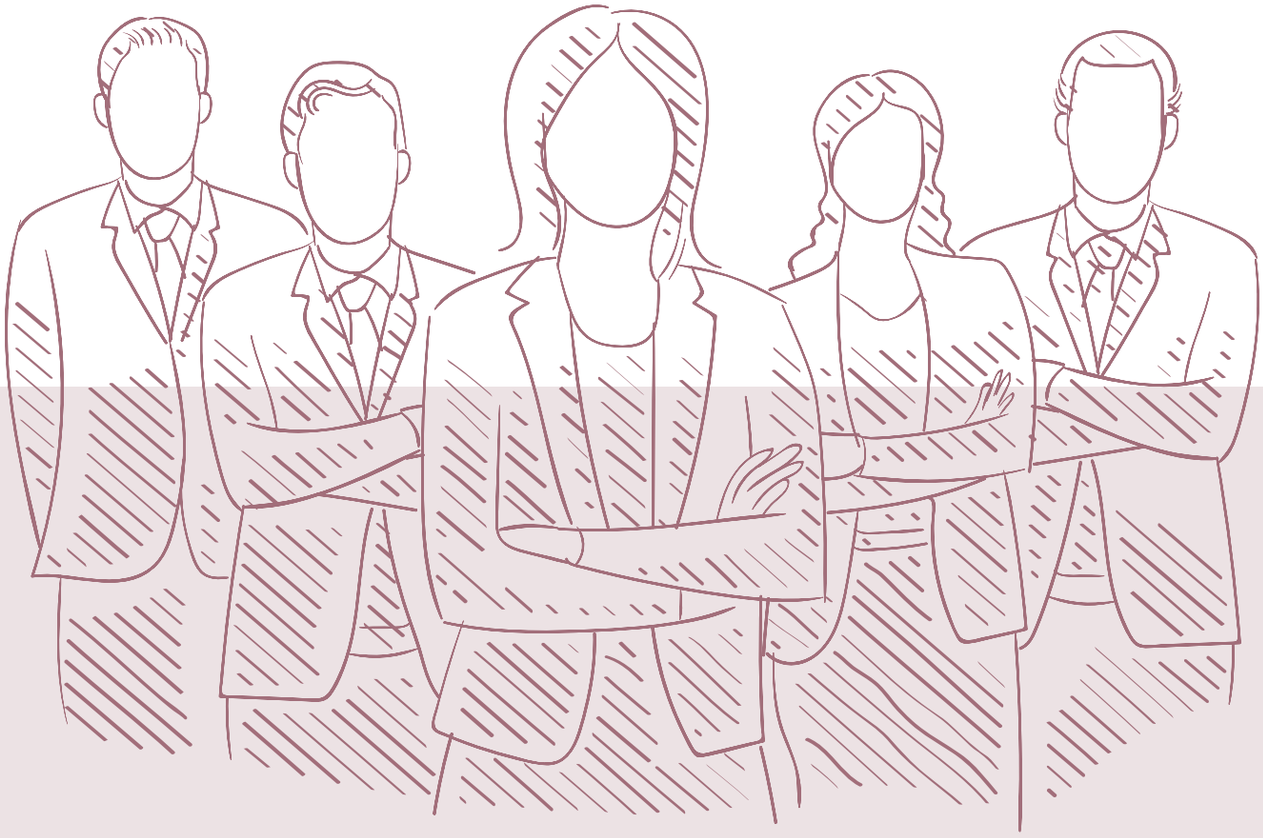
Paris İklim Anlaşması kapsamında konu ele alındığında, iklim değişikliğine karşı önlem alırken cinsiyet eşitliği ve kadınların güçlendirilmesi konularına önem vermek, cinsiyet eşitliğinin sağlanmasını teşvik etmek taraf devletlerin yükümlülüğü olarak belirtilmiştir. Bu husus, Anlaşmanın giriş kısmında "İklim değişikliğinin insanlığın ortak bir kaygısı olduğunu kabul ederek, ...ayrıca cinsiyetler arası eşitlik, kadınların güçlendirilmesine ve kuşaklararası adalet konularındaki yükümlülüklerine uygun hareket etmeli, bu hususlara saygılı olmalı ve onları geliştirmelidir." düzenlemesi çerçevesinde vurgulanmıştır. Metinde 'kadınların güçlendirilmesi' ve 'cinsiyetler arası eşitlik', iki farklı kavram olarak ayrı ayrı vurgulanmıştır. Anlaşma, iklim değişikliğinde cinsiyet eşitliğinin uluslararası bir anlaşma çerçevesinde, eşit ve etkin katılım perspektifiyle belirtilmesi bakımından önem teşkil etmektedir.

Paris Anlaşması'nda cinsiyet eşitliğine atıfta bulunulan bir başka ifade 7. maddesinin 5. fıkrasında yer almaktadır. Buna göre, "Taraflar uyum faaliyetinin ülke temelli, cinsiyetler konusunda duyarlı, katılımcı ve tamamen şeffaf bir yaklaşımı takip etmesi gerektiğini, bu yaklaşımda kırılgan grupların, toplulukların ve ekosistemlerin dikkate alınacağını ve mevcut en iyi bilimsel veriler ve uygun hallerde uyumu ilgili sosyo-ekonomik ve çevresel politika ve eylemlere entegre etmek üzere kullanılan geleneksel bilgiler, yerli halkların bilgileri ve yerel bilgi sistemleri ışığında temellendirileceğini ve yönlendirileceğini kabul ve taahhüt ederler." İlgili maddede görüleceği üzere uyum faaliyetleri kapsamında tarafların cinsiyetler konusunda duyarlı olması ve uyum süreçlerinde cinsiyet eşitliğine önem vermesi gerekmektedir. Benzer şekilde Anlaşma'nın 11. Maddesinin 2. Fıkrasında, kapasite geliştirme çalışmalarının cinsiyete duyarlı olarak oluşturulmasına dikkat çekilmiştir:"Kapasite geliştirme ülke temelli, ulusal gereksinimlere dayanır ve hitap eder olacak ve Tarafların, özel olarak gelişmekte olan ülke Tarafların sahipliğini ulusal, ulusal altı ve yerel düzeylerde destekleyecektir. Kapasite geliştirme çıkartılan dersler, bu kapsamda Sözleşme gereği kapasite geliştirme çalışmalarından dersler ekseninde yönlendirilecek ve katılımcı, ortaklaşmacı ve cinsiyetler konusunda duyarlı, etkin ve süreklilik arz eden bir süreç oluşturacaktır."

Belirtildiği üzere, Paris Anlaşması' nın ilgili maddeleri, kadınların iklim politikalarının ve çalışmalarının şekillendirilmesine tam, eşit ve etkin katılımın yanı sıra, Paris Anlaşması kapsamındaki çalışmalara cinsiyet eşitliği perspektifinin sistemli olarak dahil edilmesi konusunda da önemli bir görev ve yetki vermektedir. Paris Anlaşması iklim değişikliği

ile mücadelede cinsiyet eşitliği ile ilgili yükümlülüklerin teşvik edilmesi bakımından önem taşımakla birlikte, cinsiyet eşitliğinin sosyal adalet meselesi olarak algılanmasında gelenekçi bakış açılarının devam ettiği, uluslararası mecrada imzalanan bu taahhütlerin ulusal seviyelerde cinsiyeti dikkate alan iklim politikalarının geliştirilmesine yardımcı olmadığı yönünde eleştiriler de bulunmaktadır(Talu, 2016).Yine, Paris Anlaşması kapsamında yer alan düzenlemelerde cinsiyet eşitliğine ilişkin atıfların genellikle iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının kadınlar üzerindeki etkileriyle ve kadınların kırılganlığı ile sınırlı tutulduğu; kadınların uyum ve azaltma eylemlerine aktif olarak katılmalarını ve bunlara katılmalarını desteklemeye yeterince vurgu yapılmadığı ifade edilmektedir(Huyer, 2016).

Öte yandan, iklim değişikliği ile kadın arasındaki bağlantıyı vurgulaması ve cinsiyet eşitsizliğine dikkat çekmesi noktasında, Paris Anlaşması önemli role sahiptir. Birçok ülkede Paris İklim Anlaşması' nın da etkisiyle cinsiyet eşitliği konusunun entegrasyona yönelik çalışmalar artmıştır. Bu gelişme, Paris Anlaşması kapsamında gönderilmesi öngörülen Ulusal Katkı Beyanlarında da kendini göstermektedir. Özellikle COP 26 sonrası ülkelerin sunduğu yeni nesil NDC'lerde cinsiyet eşitliğini sağlamaya yönelik adımların hız kazandığı görülmektedir. Periyodik olarak güncellenecek olan bu katkı beyanları ülkelerin zaman içerisinde cinsiyet eşitliğinin sağlanması konusunda mesafe kat edilmesi adına umut vadetmektedir.



2.2.2.2. Lima Çalışma Programı ve Cinsiyet Eylem Planı

Lima Çalışma Programına giden tarihi süreçte; öncelikle 2010 yılında kabul edilen Cancun Kararları ve 2011'de kabul edilen Durban İklim Değişikliği Stratejisi çerçevesinde cinsiyet eşitliğinin ana akımlaştırılması gerekliliği vurgulanmıştır. Ana akımlaştırma aynı zamanda "kadınların ve erkeklerin sorun ve deneyimlerinin tespit edilmesi; ekonomik, sosyal ve kültürel alanlardaki politika ve programların tasarlanması, uygulanması ve izlenmesi aşamalarının bütüncül bir boyutu haline getirilmesini, böylece her iki cinsin eşit fayda sağlamasını ve eşitsizliğin ortadan kaldırılmasını amaçlayan bir stratejidir(Lu, 2014). Bu çalışmalara paralel olarak Peru' nun Lima kentinde 2014' te gerçekleşen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 20. Taraflar Konferansı (COP 20); 2015 yılında Paris' te düzenlenen ve Paris Anlaşması'nın müzakere edildiği konferans öncesinde yapılan son COP olması ile büyük önem taşımaktadır. Nitekim Paris Anlaşması' nda düzenlenen birçok hususun da altyapısını oluşturması, cinsiyet eylem planı çalışma programının onaylanması bakımından da önem arz etmektedir. Bu çalışma programı ile uzun yıllardan beri dile getirilen cinsiyet eylem planı olgusu doğrultusunda cinsiyete duyarlı iklim politikalarının belirlenmesi önemli bir adım olarak görünmektedir (Skutch, 2002). Bu adımların atılması devam eden süreçte etkisini göstermiş; Madrid' de 2019 yılında düzenlenen COP 25 toplantısında, Lima Çalışma Programı genişletilmiş bir şekilde beş yıl süre için kabul edilmiştir. Bu çalışma programı ile ilk defa bir cinsiyet eylem planının kabul edilmiş olması önem arz etmektedir.

Toplumsal cinsiyete duyarlı iklim politikalarının teşvik edilmesine ve bu politikaların etkin bir şekilde uygulanmasına yönelik beş yıllık bir çalışma programı olarak tasarlanan Lima Cinsiyet Çalışma Programı ile bu konu uluslararası arenada daha ciddi ve kararlı biçimde ele alınmaya başlanmıştır.

Lima çalışma programında taraf devletler iklim değişikliği ile mücadelede kadınların aktif rol alması gerektiğini ortaya koymuştur. Eylem Planı'nda iklim değişikliğinin insanlığın ortak sorunu olduğu kabul ederek, Tarafların, iklim değişikliğini ele almak için harekete geçerken kalkınma hakkının yanı sıra cinsiyet eşitliği, kadınların güçlendirilmesi gibi konuları da göz önünde bulundurmaları gerektiği ifade edilmiştir.

BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) Lima çalışma planını baz alan 25. Taraflar Konferansı kuvvetlendirilmiş Toplumsal Cinsiyet Eylem Planına (2019-2024) istinaden, entegrasyon için ilk adım olarak Ulusal Katkı Beyanı (NDC) ve Ulusal Katkı Niyet Beyanı (INDC) gibi politika dokümanlarının; uzmanlarca, sivil toplum ve akademi de dahil olmak üzere tüm paydaşları içerecek şekilde, toplumsal cinsiyet analizlerinin gerçekleştirilerek oluşturulması tavsiye edilmektedir. Böylelikle kadınlar ve kız çocuklarının ihtiyaçları, potansiyelleri, iklim değişikliğinin hayatları üzerindeki etkilerinin azaltılması ve uyum süreçlerine sunacakları çözümler ele alınabilecektir.

İklim değişikliğinin etkileri ile mücadelede orta ve uzun dönem stratejilerin uygulanmasında BM Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, Sürdürülebilir Kalkınma Amacı 5 ve BM Kadınlara Karşı Her Türlü Ayrımcılığın Ortadan Kaldırılması (CEDAW) Komitesi tarafından 7 Şubat 2018 tarihinde yayınlanan 37 sayılı Genel Tavsiye Kararının rehber olarak kullanılması da önerilmektedir.

Lima Toplumsal Cinsiyet Çalışma Programı, iklim değişikliğine bağlı iklim krizi ile mücadele kapsamında sürdürülebilir kalkınma hedeflerini gerçekleştirmeye yönelik adil geçiş/dönüşüm mekanizmalarında göz ardı edilemeyecek etki ve rolleri bakımından kadınları önemli bir unsur olarak ele almaktadır. Bu çalışma programı ile çeşitli alanlarda kadınların etkisi güçlendirilmeye çalışılmıştır. Özellikle müzakerelerde kadın temsiliyetinin oranı artırılarak hem katılımcılığın sağlanması hem de zengin veri/bilgi birikimi açısından önemli kazanımlar elde edilmiştir. Bu gelişmeler sonucunda Taraf Devletler, UNFCCC Sekretaryası, BM kuruluşları ve mali mekanizmalar (Yeşil İklim Fonu/Green Climate Fund, Küresel Çevre Fonu/Global Environment Facility gibi) ile birlikte çalışan kadın kuruluşları/iklim savunucuları arasında etkin işbirliği ortamı oluşturulmuştur(İklim Değişikliği Konferansı 25. Oturum, 2019).

Komisyon çalışmaları yürütülürken bazı katılımcılar tarafından da cinsiyet eşitliği kavramı yerine toplumsal cinsiyet eşitliği kavramı kullanılması önerilmiştir. İklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarının giderilmesi ve iklim adaletinin tesis edilmesi bakımından uluslararası müzakerelerde, küresel çapta gerçekleştirilen uygulamalar ve ülkeler tarafından sunulan yeni nesil NDC'ler kapsamında da öncelikle vurgu yapılan hususun kadının güçlendirilmesi olması; cinsiyet eşitsizliğinin derin etkilerinin iklim konusunda kendisini özellikle kadınlar üzerinde göstermesi sebebiyle öncelenmesi gereken hususun "kadın" olduğu noktasında çoğunluk görüş sağlanarak konu cinsiyet eşitliği temelinde ve kadını merkeze alan bir bakış açısı ile ele alınmıştır.

2.2.2.3. Cinsiyet Konusunun Ulusal Katkı Beyanı ve Uzun Dönem Stratejilere Yansıması (ülke örnekleri)

Ulusal katkı beyanları, bir diğer ifadeyle NDC'ler, Paris Anlaşması kapsamında belirlenen iklim değişikliğinin etkileri ile mücadele ve iklim değişikliğinin durdurulmasına/ yavaşlatılmasına yönelik uzun vadeli hedeflere ulaşmaktaki rolü ve işlevi bakımından Anlaşma'nın merkezinde yer almaktadır. NDC'ler, her ülkenin ulusal emisyonları azaltma ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlama çabalarını somutlaştıran beyanlarını ifade etmektedir. NDC'lerin her beş yılda bir UNFCCC sekreterliğine sunulmasının kararlaştırılmasıyla; Paris Anlaşması ile belirlenen hedeflere ulaşma konusunda zaman içinde ülkelerin kaydettiklerin gelişmelerin takibi de mümkün hale gelmiştir.

İkinci nesil NDC' ler olarak adlandırılan, 2020 yılı itibariyle ülkeler tarafından verilen NDC'ler ile Paris Anlaşmasından sonra sunulan NDC/ (INDC)'ler arasında, ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele planları kapsamında cinsiyet konusunu ele almaları açısından önemli farklılıklar vardır. İlk nesil NDC'lerde iklim değişikliği ile mücadele planları kapsamında cinsiyet konusunun içeren yaklaşımın sadece %1 oranında yer alacağı belirtilirken ikinci nesil NDC'lerde bu oran %41 seviyesine ulaşmaktadır(Küresel Görünüm Raporu, 2021, a.23). Ayrıca, Birleşmiş Milletler verileri çerçevesinde de ülkelerin yeni nesil NDC'lerinde cinsiyete ilişkin hususlara yer verilme oranlarında artış gözlenmektedir(Küresel Görünüm Raporu, 23.I).

NDC'lerde toplumsal cinsiyete ilişkin hususlar	1. Nesil NDC'ler	2. Nesil NDC'ler
Genel cinsiyet/kadın referansı	%46	%96
Cinsiyete duyarlı hedefler, politikalar ve önlemler	%13	%55
Cinsiyete duyarlı hedefler	% 0	%19
Cinsiyete duyarlı önlemler	%13	%51
Cinsiyete duyarlı göstergeler	%0	%13

Kaynak: UNDP, Nationally Determined Contributions(NDC) Global Outlooj Report 2021

Örneğin, Honduras'ın NDC'sine göre hükümet, kadınların, yerli ve Afro-Honduraslıların (PIAH) ve gençlerin liderliklerini ve üstlenecekleri rolleri belirleyici olarak kabul etmekte ve bu kesimleri iklim mücadelesi kapsamında gerçekleştirilen azaltım ve uyum eylemlerinde değişimin temel aktörleri olarak görmektedir. NDC revizyonu sırasında, UNDP'nin yürüttüğü İklim Vaadi çalışmaları kapsamında kırılgan grupların aktif katılımını sağlamaya yönelik olarak dinleme ve danışma oturumlarının düzenlenmesi desteklenmiştir. Bunun gibi uygulamalarla NDC'lerde iklim mücadelesinde kırılgan grupların; karar alma, planlama ve uygulama süreçlerinde yer almaları ve kadınların liderliğini güçlendirilmesi için önlemler alınması teşvik edilmektedir(Honduras Ulusal Katkı Beyanı Güncellemesi).

Kamboçya da "ana NDC sektörlerinde" azaltma ve uyum eylemlerine öncelik vermek için cinsiyeti, kilit bir kriter olarak NDC'sine dahil eden ülkelerden birisidir. Kamboçya, yeni nesil NDC kapsamında kadınların iklim mücadelesi süreçlerine anlamlı katılımını kolaylaştırmaya yönelik olarak cinsiyete duyarlı yaklaşımlar önerirken bu yaklaşımın etki ve sonuçlarını ölçmek böylelikle uygulanabilirliği artırmak üzere geliştirilen göstergeler de sunmaktadır(Kamboçya' nın Ulusal Katkı Beyanı Güncellemesi).

İkinci Ulusal Katkı Beyanı kapsamında Bhutan da cinsiyet ve gençlik konularını güncel NDC'sine dahil eden ülkeler arasında yer almaktadır.

Bir başka örnek olarak; Antigua ve Barbuda'nın 2020 - 2030 yıllarını içeren güncellenmiş NDC'si incelenebilecektir. Bu NDC; adil geçiş süreçlerinde kadınların ekonomiye tam katılımına özel olarak odaklanarak, kapsayıcı, cinsiyete duyarlı bir vizyon ile geliştirmiştir. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında yaşanacak dönüşüm sürecinde karşılaşılabilecek zorluklar ve fırsatlar açısından gençleri de içine alan cinsiyete duyarlı bir perspektif belirleyerek her gelir düzeyinden hem kız hem erkek çocuklara yönelik destek mekanizmaları planlamayı hedeflemiştir(Antigua ve Barbuda' nın Ulusal Katkı Beyanı Güncellemesi). Büyükelçi Black-Layne; "yerel ekonominin geliştirilmesi ve çeşitlendirilmesi ihtiyacını vurgulayan, afet riskinin azaltılmasını teşvik eden, biyolojik çeşitliliğimizin iyileştirilmesi ihtiyacını vurgulayan, kadınların ve kız çocuklarının güçlendirilmesini teşvik eden, gençlerin katılımını savunan NDC'miz, iklim eylemine genel bir sürdürülebilir yaklaşımı getiriyor" ifadelerini kullanarak bu hususlara dikkat çekmiştir(Antigua ve Barbuda Ulusal Katkı Beyanına İlişkin Zirve).

Bir diğer örnek olarak; UNEP'in GEO-6 raporu'na göre en savunmasız 5. ülke olarak sınıflandırılan Irak ele alınabilir. Irak, Paris Anlaşması'na katkısını güncellemek için toplumunun geniş kesimlerini sürece dahil etmek için çaba göstermektedir. Bu çabaya kadın temsiliyetinin güçlendirilmesi de dahil edilmektedir. Sivil toplum kuruluşları ve gençlik örgütleri ile politika yapıcılar ve özel sektörden paydaşların da katılımın sağlandığı Irak'ta düzenlenen NDC istişarelerinde temsilcilerin %40'ı enerji, çevre, su kaynakları, ulaşım ve tarım sektörlerinde çalışan kadınlardan oluşturulmuştur. NDC Danışmanı ve Çevre Bakanlığı Irak İklim Değişikliği Merkezi eski Başkanı Susan Bana Irak hükümetinin bu konuyu önemsediğini belirterek "Erkekler ve kadınlar, yaşlarına ve geçim kaynaklarına bağlı olarak iklim değişikliğinin etkilerine karşı konumları, etnik kökenleri, bilgi ve hizmetlere erişim gibi açılardan farklı şekillerde savunmasızlar, kadınlar ve erkekler veya marjinal gruplar ve sıklıkla geride kalanlar için sonuç eşitliği sağlamak için iklim değişikliği eylemlerini planlarken ve uygularken cinsiyet farklılıklarının etkileri tartışılmalıdır." ifadeleri ile bu hususu vurgulamıştır.

Kosta Rika da iklim değişikliği ile mücadele kapsamında kırılgan grupları gündeme taşıyarak yerli halk, yaşlılar, kadınlar, afro-torunlar, engellileri içeren savunmasız topluluklarla NDC güncellemesine ilişkin istişareler düzenlemiştir. Yaşlıların ve engellilerin istişarelere katılımını yükseltmeye yönelik olarak düzenlenen iki adet web semineri 7.000'den fazla kişiye ulaşarak ve izleyicilerden 900 etkileşim almıştır(Costa Rica Ulusal Katkı Beyanı).

Nepal'in 2020 NDC'sinde ise kısa vadeli (2025'e kadar) ve orta vadeli (2030'a kadar) ölçülebilir hedefler ile enerji, atık,tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımına ilişkin konulara ek olarak cinsiyet eşitliği ve sosyal içerme için politika temelli hedefler de belirlenmiştir(Nepal' in İkinci Ulusal Katkı Beyanı).

Peru, Çevre Bakanlığı öncülüğünde iklim değişikliğine ilişkin politika üretmeyi ve kadın bakanlığı kurulmasını hedeflemektedir. Peru ayrıca üretimi teşvik etmeyi, iklim değişikliğinin kadın ve erkek bireylere farklılaştırılmış etkileri üzerine çalışmalar yapmayı, kamunun cinsiyet perspektifini politikalara ve yönetim araçlarına dahil etmeyi taahhüt etmiştir. Peru, ek olarak, kadınların ve erkeklerin diyaloğunu artırmayı, kadınların ve erkeklerin eğitim ve karar alma süreçlerinde eşitliği teşvik etmeyi, iklim değişikliğine ilişkin yönetimde cinsiyet perspektifini geliştirmeyi de taahhüt etmiştir(UNDP, Ulusal İklim Eyleminde Cinsiyet Eşitliği, Toplumsal Cinsiyete Duyarlı olarak Hazırlanmış Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkılar, 2021).

Kanada, Kenya, Nijerya, Ruanda, İngiltere ve Vanuatu, hazırlamış oldukları farklı tarihlerdeki İki NDC arasında en fazla ilerleme kaydeden altı ülke olmuştur(İngiliz Milletler Topluluğu' na Üye Ülke Ulusal Katkı Beyanlarının Gözden Geçirilmesi, 2021). Bu ülkeler, iklim değişikliğine bağlı cinsiyet eşitliği politikalarını birbiriyle bağlantı olarak geliştirmiştir. NDC danışmanları tarafından yapılan cinsiyet eşitliği analizlerinde, cinsiyete duyarlı bütçeleme ve entegre cinsiyet göstergelerini takip eden finansal/ MRC sistemlerine yatırım yapan bu altı ülke teknik kapasitelerini geliştirerek bu konuda önemli başarılara imza atmışlardır (İngiliz Milletler Topluluğuna Üye Ülke Beyanlarının Gözden Geçirilmesi, 2021, s.10).

İklim değişikliği ile mücadelenin ve cinsiyet eşitliği perspektifinin etkin uygulanması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından NDC' ler önemli bir unsurdur. Cinsiyet eşitliğinin sağlanmasına yönelik olarak, bu kavramı içeren ve cinsiyet eşitliğine önem veren daha fazla NDC koordinasyon mekanizması oluşturulduğu izlenmektedir. Bu mekanizmalar, NDC revizyonu ve uygulamasında kilit rollerdedir. Ülkelerin %24'ü cinsiyet eşitliliğinin ulusal iklim değişikliğindeki yönetim yapılarının bir parçası olarak tanımlarken, %27'si kadınların iklim eylemiyle ilgili karar alma süreçlerine katılımının önemine işaret etmiştir. Cabo Verde'de kurulan Cinsiyet Eşitliği ve Eşitlik Enstitüsü, iklim değişikliğine bağlı cinsiyet eşitliği eylemleri ve iklim değişikliği nedeniyle zarar görecek kadınların korunması için öncü bir yapı olarak görülmektedir(Capo Verde Ulusal Raporu, 2019). Enstitü kurulduğundan bu yana kuraklık, salgınlar ve volkanik hareketlilikle mücadele etmiş olmakla birlikte, ilgili felaketlerde acil müdahale, zararın azaltılması ve daha sonra yardımların yapılması konusunda önemli başarılara imza atmış olup cinsiyet eşitliğinin sağlanmasında ve kadınların korunmasın öncü bir rol oynamıştır(İngiliz Milletler Topluluğuna Üye Ülke Beyanlarının Gözden Geçirilmesi, 2021).

Sonuç olarak İkinci nesil NDC'lerin çoğunun, cinsiyeti içine alan kapsayıcı tutum benimsediğini söylemek mümkündür. İlk nesil NDC'lere kıyasla önemli yol kat edilmesine rağmen uygulamada henüz yeterince ilerleme sağlanamadığı da görülmektedir. Ülkelerin NDC'lerinin bu perspektif ile adil geçişe yönelik atılacak somut adımları belirlemek ve hak temelli yaklaşımları geliştirmek için daha fazla çaba göstermesi gerekmektedir.

2.2.2.4. Türkiye'de İklim Değişikliği ve Kadın

Kadınlar iklim değişikliğine bağlı krizlerden daha fazla etkilenmekle birlikte, su, enerji ve gıda tedarikinde oynadıkları merkezi rolle de iklim değişikliğiyle mücadelede ön planda yer almaktadır(Gökalp Alıca, 2017). Bu kapsamda ülkemizde yürütülen her politikada olması gerektiği gibi iklim politikalarının da cinsiyet eşitliği gözetilerek belirlenmesi ve hayata geçirilmesi önem arz etmektedir(Gökalp Alıca, 2017).

Türkiye'de özellikle kırsal alanda yaşayan kadınların sağlık hizmetleri, sosyal destek mekanizmaları gibi araçlara ulaşımı erkeklere göre çok sınırlı düzeyde kalmaktadır. 2016 yılının verilerine göre Türkiye'de tarım sektöründe sosyal güvencesi olmadan işçi olarak çalışan kadınların oranı yüzde 82 seviyelerine ulaşmaktadır (FAO Türkiye Raporu, 2016). Kırsal alanlarda iklim değişikliğine bağlı olarak çevresel felaketler arttıkça ve üretim azaldıkça ortaya çıkan yoksunluklar nedeniyle kız çocuklarının erken yaşta evlendirilme oranları da artmaktadır. Eğitim haklarından yoksun bırakılarak zorla evlendirilen kız çocukları bakımından iklim değişikliği kırılganlığı artıran bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır(Küresel Cinsiyet İklimine Genel Bakış).

İklim değişikliği sebebiyle kadınların yaşadıkları sağlık sorunlarında da artış gözlenmiştir. Özellikle cinsel sağlık ve üreme sağlığına yönelik haklara erişme noktasında bir kırılganlık mevcuttur(Cinsel Sağlık ve Üreme Sağlığı ve Hakları Raporu). Çevre kirliliğinin olumsuz etkileri arasında hamile ve emziren kadınların ve bebeklerinin karşı karşıya kaldığı birtakım tehditler de bulunmaktadır. İklim değişikliği nedeniyle yaşanan afetler sırasında sağlık hizmetlerine erişimin zorlaşması ile anne-bebek ölümlerinde artış gözlenebilmektedir.

İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı'nda kadınların korunmasına atıfta bulunulmuş ve kadınların pozitif ayrımcılığa tabi tutularak süreçte yer alması gerektiği belirlenmiştir. Eylem planı bağlamında, ülkemizde başta kadınlar olmak üzere, çocuklar, yaşlılar, engelliler, yoksullar, kayıt dışı çalışanlar; iklim değişikliği ile mücadelede kırılgan gruplar olarak ele alınarak, kimseyi geride bırakmama prensibine uygun olarak dağıtıcı ve telafi edici adaleti sağlamaya yönelik sosyal

politikaların üretilmesinin ve mevzuat düzenlemeleri yapılmasının hedeflendiği söylemek mümkündür. Buna yönelik çalışmaların verimli biçimde sürdürülebilmesi için mevcut durum tespitinin yapılması ve sorun alanlarının doğru belirlenmesi önem arz etmektedir.

İklim değişikliği ve buna bağlı olumsuz sonuçların yansıma alanları birçok sorun bakımından iç içe geçen özellik göstermektedir. Bu kapsamda kadınların yaşamış olduğu sorunlar, net çizgiler ile birbirinden ayrılabilecek durumda değildir. Nitekim kadınların erkeklere göre daha yakından hissettiği sorunlar olan enerji krizi, ekonomik kriz, doğal kaynaklara erişimde yaşanan sıkıntılar gibi birçok başlık bu kapsamda ele alınabilecek niteliktedir. Bu nedenle çözüm üretirken cinsiyet eşitliği ve sosyal adalet anlayışının tüm politika belgelerinin merkezine konması gerekmektedir. Bu merkez etrafında insan ve beraberinde tüm ekosistemi kapsayan, demografik, sosyal ve kültürel değişimler de göz önüne alınarak "kimseyi geride bırakmayan", eylem çağrılarının oluşturulması ve cinsiyet eşitliğinin ön planda tutulduğu bir yeşil, mavi ve mor ekonomi anlayışlarının benimsenmesi ve buna göre politikalar üretilmesi gerekmektedir(Kara, 2021, s.8). Yine BM Kadın Birimi tarafından 2021 yılında yayınlanan "Covid-19'un Ötesinde: Sürdürülebilirlik ve Sosyal Adalet için bir Feminist Plan" da iklim değişikliği ile mücadele sürecini yürütürken cinsiyet eşitliğine duyarlı uygulamaların finanse edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Covid-19'un Ötesinde: Sürdürülebilirlik ve Sosyal Adalet için bir Feminist Plan). Bu bağlamda BM Kadının Statüsü Komisyonu 66. Oturumu Genel Sekreter Raporu (2022) cinsiyet eşitliğinin sağlanması için öncelikli olarak aksiyon alınması gereken 6 müdahale alanına işaret etmektedir:

a) Cinsiyet perspektiflerinin iklim değişikliği, çevre ve afet riskini azaltma politika ve programlarına entegrasyonu;

b) Kadınların katılımını ve liderliğinin teşviki;

c) Toplumsal cinsiyete duyarlı finansmanın genişletilmesi;

d) Kadınların dayanıklılığının arttırılması;

e) Cinsiyet istatistiklerinin ve cinsiyete göre ayrıştırılmış verilerin geliştirilmesi;

f) Cinsiyete duyarlı, adil geçişin (just transition) teşviki

Bu politikaların yanında, Türkiye 1986 yılında iç hukuka aktardığı "Kadınlara Karşı Her Türlü Ayrımcılığın Önlenmesi Sözleşmesi''ne taraf olarak cinsiyet eşitliğini yasalarına yansıtmış bir ülkedir. Bu sözleşmenin 14. Maddesinde özellikle kırsal kesim kadınların durumuna vurgu yaparak; " ... taraf devletler, kadın-erkek eşitliği ilkesine dayanarak, kırsal kalkınmaya katılmalarını ve bundan yararlanmalarını sağlamak için kırsal kesimdeki kadınlara karşı ayrımı ortadan kaldıran tüm uygun önlemleri alacaklar ve özellikle kırsal kesim kadınlarına aşağıdaki hakları sağlayacaklardır" hükmünü düzenlemiştir. Sözleşmenin (h) bendinde ise, "Özellikle konut, sağlık, elektrik ve su temini, ulaştırma ve haberleşme konularında yeterli yaşam standartlarından yararlanma haklarını sağlamak." ifadesine yer verilmiştir. Bu düzenlemeler kapsamında kadınların yaşanabilir çevre koşullarına ulaşmalarına ve yaşam standartlarına yönelik iyileştirmeler yapılması konusunda Türkiye Cumhuriyeti uluslararası sözleşme ile taahhütte bulunmuştur.

Özetle Türkiye açısından iklim değişikliğine bağlı olarak yaşanan olumsuzluklar bakımından kadınların cinsiyet nedeniyle daha hassas oldukları temel sorun alanları; ekonomik göstergelere dahil edilmeyen bakım emeğinin yükü, sağlık hizmetlerine erişimde yaşanan zorluklar, sosyal destek mekanizmalarından yoksun kalma, tarım, temiz gıda ve suya erişimde yaşanan problemler olarak sıralanabilir. Hem toplumsal hayata katılma hem de farkındalığın artırılması bakımından eğitimde fırsat eşitliği de iklim değişikliğine bağlı olarak derinleşen kadın ve kız çocuklarının kırılganlığını azaltacak önemli bir unsur olarak ele alınmalıdır.

İklim krizi ile mücadele kapsamında oluşturulacak politika ve mevzuatlar, İklim Eylem Planları, Ulusal Katkı Beyanları, kısa-orta ve uzun vadeli stratejiler gibi araçlarda cinsiyet konusunun odak haline getirilmesi, karar alma süreçlerinde kadın katılımı ve temsiliyetinin artırılması, eğitim olanaklarının iyileştirilerek farkındalığın yükseltilmesi, cinsiyet temelli bütçeleme/finansman programları düzenleme gibi çalışmalar iklim adaletinin tesisi için hayati önem arz etmektedir.

Herkes için yaşanabilir ve sürdürülebilir bir gelecek vizyonuyla toplumun önemli bir bölümünü oluşturan; yaşamın her alanını çoğunlukla doğa ile uyum içinde ve doğayı koruyarak geliştiren ve zenginleştiren kadınlarımızın; geride bırakılmaması gerekenler arasında ön sırada yer alması gerektiği; ulusal ve uluslararası düzeyde atılacak her adımda akılda tutulması ve ilke olarak benimsenmesi gereken bir gerçekliktir. Bu

kapsamda Türkiye' de oluşturulan İklim İçin Kadınlar adlı sivil toplum örgütlenmesi iklim adaleti ve kadına ilişkin vurgu yapmaktadır(Turhan, Gündoğan, Aydın&Berke, 2017, s.32).Bu kapsamda sivil toplum örgütleri de merkez teşkilat da iklim adaleti ve kadın konusunda farkındalığa sahip olup ülkemizde bu konuya ilişkin çalışmalar titizlikle devam etmektedir.

2.3. Adil Geçiş

2.3.1. Adil Geçişin Tanımı

Günümüzün gelişmiş dünyasında iklim değişikliği kavramı ekolojik anlamının ötesinde hızlı aksiyon alınması gereken, bir sürdürülebilirlik sorunu olarak anlaşılmakta ve düşük karbonlu döngüsel ekonomiye geçilmesini, mevcut sistemin sürdürülebilir yapıya dönüştürülmesini zorunlu kılmaktadır. Ancak, bu dönüşüm süreci, risk ve fırsatları beraberinde getirmekte, bir taraftan yeni sektörler, yeni yatırım ve istihdam alanları yaratırken, diğer taraftan madencilik ve petrol gibi sektörler açısından daralma ve burada çalışanlar açısından ise iş ve gelir kaybı riski gibi sonuçlar ortaya çıkarmaktadır(Climate Change and Just Transition, 2018). Dünya çapında yaklaşık 1.5 milyar çalışanın bu değişim surecinden etkileneceği tahmin edilmektedir(Just Transition of the Workforce and the Creation of Decent Work, 2016).

İşte bu noktada "adil geçiş" kavramı, dönüşüm sürecindeki yapısal değişikliklerin toplum üzerindeki etkilerini azaltarak, dönüşüm ve değişim sürecinin sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilebilmesini mümkün kılan bir çözüm olarak sunulmaktadır(Kumar, Americo&Billingham, 2016).

Tarihsel olarak "adil geçiş" kavramı, ilk kez 1970'li yıllarda ABD'de, nükleer enerji santralının kapatılması sürecinde, sendikalar tarafından işçilerin haklarını korumak için ortaya atılmıştır(Just Transition in the Context of EU, 2020). O tarihlerde kavram, çevre koruma politikaları nedeniyle işini kaybeden işçilere sunulan bir destek programı niteliğindedir(Just Transition, A report of the OECD, 2017). Günümüzde ise, adil geçiş kavramı çok daha geniş bir anlam ifade eder hale gelmiştir. Kavram, Krawchenko ve Gordon(2021)' e göre "politik zorunluluğu, bir politika hedefini; endüstriyel ve ekonomik geçişlerin işçiler, topluluklar ve genel olarak toplum üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirmeye yönelik bir dizi uygulamayı kapsamaktadır" "(s.1). Just Transition, A Report of the OECD (2017)' ye göre bu kavram; "çevresel ve sosyal olarak sürdürülebilir işlere, sektörlere ve ekonomiye geçişi planlamaya ve bu yatırıma yönelik çabayı" ifade etmektedir (s.3). Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından 2015 tarihli Rehber'de (2015) adil geçiş "çevresel olarak sürdürülebilir ekonomi ve

toplumlara geçişte herkes için adil dönüşüm; herkes için insana yakışır çalışma, sosyal kapsayıcılık ve yoksulluğun ortadan kaldırılmasının sağlanması" olarak ifade edilmektedir(s.5). Bu tanım adil geçişe yönelik tartışmalarda standart bir referans haline gelmiştir (Just Transition in the Context of EU, 2020).

Çeşitli kurum ve kuruluşlarca tanımlanan "adil geçiş", ortaya koyduğu farklı bakış açılarıyla birbirinden ayrılmaktadır. Bu farklı yaklaşımlar, "iş odaklı", "çevre odaklı" ve "toplum odaklı" olmak üzere, üç farklı başlık altında kategorize edilebilir. Her bir yaklaşım, hükümetler tarafından belirlenecek politikaların odak noktasının tespit edilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda iş odaklı bakış açısı çerçevesinde "işçiler ve süreçten etkilenecek topluluklar" merkeze konulurken, çevre odaklı bakış açısında sıfır karbonlu ekonomiye geçişi sağlama önceliklendirilmektedir. Toplum odaklı yaklaşımda ise, geniş yorum yapılarak "adalet ve eşitlik" prensibi çerçevesinde toplumun tüm kesimlerinin yükseltilmesi ve desteklenmesi hedeflenmektedir(Krawchenko&Gordon, 2021).

Bu çalışma çerçevesinde, adil geçiş kavramı ise iklim nötr bir ekonomiye, kapsayıcı ve adil bir şekilde geçerken iklim değişikliğinin gerekli kıldığı ekonomik dönüşüm sonucu ortaya çıkacak risklerin ve fırsatların birlikte yönetildiği ve toplumun tüm kesimleri tarafından eşit olarak paylaşıldığı; insana yaraşır iş olanaklarının yaratıldığı, kimsenin geride bırakılmadığı, çevrenin korunarak sürdürülebilir bir istihdam düzeninin tesis edildiği; çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları olan bir sürdürülebilir modellere dönüşüm süreci olarak ele alınmıştır(Climate Change and the Just Transition; A Guide for Investor Action, 2018). Bu dönüşüm sürecinde, süreç sadece kömürden çıkış olarak ele alınmamakta; enerji ve madencilik sektörlerinin yanı sıra, tarım ulaştırma, hayvancılık, üretim süreçlerindeki adil geçiş ihtiyacı da dikkate alınmaktadır. Temiz ve sürdürülebilir sosyo-ekonomik yapının sosyal diyalog mekanizmalarının etkin işletilmesi yoluyla inşa edildiği yeni sosyal sözleşme anlayışından hareketle (Kumar et al., 2016), temiz ve sürdürülebilir istihdam yaratılması, eğitim, emekliliği yakın işçiler gibi değişime karşı en savunmasız gruplar için istihdam ve destek mekanizmalarının oluşturulması(A just transition: A pathway to protect climate , 2011), şirketlerin süreçte insana yakışır yeni işler yaratmak suretiyle sürece katkı sağlamasının sağlanması adil süreç kapsamında değerlendirilmektedir.

2.3.2. Paris Anlaşması'nda Adil Geçiş

"Adil geçiş" kavramına ilk kez 2010 yılında COP 16'da Cancun Anlaşması çerçevesinde atıfta bulunulmuş, sonraki süreçte 2015 yılında Paris Anlaşmasının ön sözünde, iklim değişikliği eylemleri, müdahaleleri ve etkileri ile sürdürülebilir kalkınmaya adil erişim ve yoksulluğun ortadan kaldırılması arasındaki yapısal ilişki vurgulanarak, ulusal düzeyde tanımlanmış kalkınma öncelikleri doğrultusunda, işgücünün adil geçişi ile insana yakışır ve nitelikli işler oluşturmanın gerektirdiği şartların dikkate alınmasının gerekliliği açıkça vurgulanmıştır. Paris Anlaşması, "iklim adaleti" kavramına ve düşük emisyonlu döngüsel ekonomiye geçiş sürecinde iş gücünün dönüşümünü esas alan "adil geçiş" kavramına vurgu yapan ilk bağlayıcı uluslararası hukuk belgesi niteliğindedir(Cerit Mazlum, 2019).

Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ve küresel ısınmaya yaptıkları katkı oranında "eşit fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" prensibi doğrultusunda(Karakaya, 2016), önlem alınması gerekliliğini vurgulayan Anlaşma, adil geçiş bağlamında ve emisyon azaltım hedefleri çerçevesinde gerçekleştirilecek ulusal iklim eylemlerinde eşitsizliğin giderilmesine vurgu yapmaktadır(After Paris, 2018). Bu noktadan hareketle, adil geçişin aslında Paris Anlaşmasının uygulama sürecinin bir parçası olduğu(Climate Change and Just Transition, 2018) ve iklim değişikliğine ilişkin ulusal planların insana yakışır ve kaliteli işleri merkeze koyan geçis planlarını içermesi gerektiği söylenebilir(Just Transition; A Report fort he OECD, 2017). Bu çerçevede NDC'ler, karbonsuz ekonomiye geçiş sürecinde, uygulanan uyum ve azaltım politikalarının ve düzenlemelerin istihdama ve sektörlere etkisinin nasıl olacağının tasarlanacağı araçlardır(Guidance Paper On Employment, Just Transition And Climate Governance, 2022). Uluslararası İşverenler Örgütü "Guidance Paper on employment, just transition and climate governance" (2022), metninde dönüşüm sürecine yönelik planlamaların, kentleşme, nüfus artışı, küreselleşme, elektrifikasyon, ekonomik kalkınma gibi küresel eğilimlerin yansıra döngüsel ekonomi, biyolojik çeşitliliğin, habitatların ve ekosistemlerin korunmasına yönelik hususların da göz önünde bulundurularak yapılması gerektiğini vurgulamakta ve istihdam üzerindeki etkilerin bölgeler, ülkeler ve sektörler bazında değişebileceğini belirtmektedir(s.5).

Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından hazırlanan "Daha Yeşil bir Gelecek için Beceriler" başlıklı raporda (2019) ise, ülkelerin 2/3nün, NDC'lerinde kapasite artırımının önemine ve iklim değişikliği okuryazarlığı konusuna atıf yaptığı, ancak %40ından azının, uygulamayı desteklemek için beceri eğitimi öngördüğü, %20sinin ise insan kaynaklarıyla ilgili bir faaliyet planlamadığı belirtilmiş ve bu durumun. NDC'lerdeki enerji, tarım, atık imalat, ulaştırma, turizm alandaki tahahütlerin gerçekleştirilmebilmesi açısından tehlike yarattığı ifade edilmiştir.

2.3.3. Türkiye'de Adil Geçişe İlişkin Sektörel Durum ve Mevzuat Analizi

2.3.3.1. Türkiye'de Maden Sektörünün Adil Geçiş Kapsamında Analizi

Dünyada iklim değişikliğinin sonuçlarına ilişkin farkındalık ve duyarlılık arttıkça, madencilik sektörü kapsamında yürütülen faaliyetlerin yol açtığı sera gazı, hava ve su kirliliği, arazi tahribatı gibi çevresel olumsuzluklar dünya kamuoyunda daha fazla ön plana çıkmaya başlamıştır. İklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesine yönelik çalışmalar kapsamında ve iklim nötr, yeşil ekonomi hedefleri doğrultusunda iklim değişikliğine sebep olan sektörlerin dönüştürülmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır (Ecer, Güner&Çetin, 2021). Bu kapsamda dönüşüme konu öncelikli sektörlerin başında ise maden sektörü ve bu kapsamda kömür gelmektedir. Öte yandan dönüşüm gerçekleştirilirken özellikle madencilik faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerdeki sosyal ve ekonomik yapının korunarak adil bir geçişin sağlanması için neler yapılması gerektiğinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Madencilik Sektörü Gelişim Raporuna göre (2020), Türkiye maden çeşitliliği bakımından dünyada 8 sırada yer almaktadır. Maden çeşitliliği bakımından oldukça zengin bir ülke olan Türkiye için, madenler ekonomik anlamda da önem arz etmektedir.

Bu çerçevede maden sektörünün Gayri Safi Milli Hasıla'ya(GSYH) katkısı, sağladığı istihdam olanakları ve üretim değeri önemlidir. 2009 yılı verilerine göre Türkiye'de madenciliği GSYH'a katkısı 11 Milyar TL düzeyindeyken 2019 yılında bu değer 46.7 Milyar TL'yi aşmıştır. 2020 yılında ise 59.2 Milyar TL seviyelerine ulaşmış bulunmaktadır. Madenciliğin GSYH içerisindeki payı %1.17 oranındadır(s.69). Aynı Rapora göre; 2019 yılında, 122.944 kişi kömür ve linyit çıkarılması, metal cevheri madenciliği ve diğer madencilik ve taş ocakları sektöründe istihdam edilmiştir. Son 10 yıl boyunca yıllık ortalama istihdam edilen işçi sayısı 126.323 olarak gerçekleşmiştir. Kömür ve linyit çıkarılması alanında çalışan işçi sayısı 2019 yılında 2010 yılına göre yaklaşık %27'lik bir düşüşle 36.436 olarak gerçekleşmiştir. (s.94).

Cinsiyet eşitliği ile adil geçiş mekanizması arasındaki ilişki düşünüldüğünde mevcut sektörlerdeki kadın istihdamı oranlarının belirlenmesi önemlidir. Bu bağlamda; Madencilik Sektörü Gelişim Gelişim Raporu (2020)' ye göre madencilik sektöründe istihdam edilen kadın işçi sayısı 2019 yılında 5.732 olup,bu rakam toplam istihdam edilen işçi sayısının yaklaşık %4,7'sini oluşturmaktadır. 2010 yılında istihdam edilen kadın sayısı 2.781, toplam istihdamdaki oranı ise %2,28 olarak tespit edilmiştir. Sektördeki kadın istihdamının son 10 yıl ortalaması 4.351dir (s.93).

2019 yılı verilerine göre, kömür ve linyit çıkarılması alanındaki kadın sayısı 589 olarak gerçekleşmiştir (s.97)

Madencilik sektörü, iş kazasının yüksek olduğu sektörlerin başında gelmektedir. Maden sektöründe 2019 yılında, 100 çalışandan 10,72'si iş kazası geçirmiş, bu kazalardan %0,36'sı ölümle sonuçlanmıştır. (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, 2021).

Komisyon çalışmalarında, iklim değişikliği ile mücadelede düşük karbon ekonomisinin benimsenmesinin ve yenilenebilir enerjiye yönelimin gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çerçevede, rüzgâr türbinleri, güneş panelleri, elektrikli araçlar, enerji depolama gibi alanlarda çalışmalar için gerekli olan ham maddenin (kobalt, lityum, nikel) yine madencilikten sağlanacağı belirtilmiş, iklim değişikliği ile mücadele ederken karbon salımını azaltan veya sıfırlayan madenlere ilişkin sektörlerin sürdürülebilir bir yapıya getirilmesinin önemi vurgulanmıştır.

2.3.4. Adil Geçiş İçin İklim Dostu İstihdam

Paris Anlaşmasıyla uyum çerçevesinde, düşük karbonlu döngüsel ekonomiye geçiş sürecinin gerekli kıldığı dönüşüm; üretim ve tüketim modellerinde ortaya çıkan değişikleri benimsemeye yönelik toplumsal anlaşmaya dayanmayı(Ree, 2020) ve politika ve mevzuatların yanısıra, sektörlerde ve iş modellerinde değişikliği gerekli kılmaktadır. Bu çerçevede iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik politikalar çerçevesinde ortaya çıkan kayıp ve kazançların paylaşılmasını temel alarak "yeşil iş" kavramının tartışılması önemlidir. Zira, dönüşüm sürecinde, kabul edilen ve uygulanan politika ve düzenlemelerin kapsamıyla ilintili olarak, doğal kaynaklarla ve sera gazı emisyonlarıyla bağlantılı tarım, madencilik, ulaştırma, üretim, fosil temelli enerji gibi sektörlerde doğrudan, ekonomik bağlantıları nedeniyle diğer ilgili sektörlerde ise dolaylı olarak, iş ve istihdam kayıpları ortaya çıkabilecektir(Guidance Paper On Employment, Just Transition And Climate Governance, 2022).

Üzerinde uzlaşılmış, evrensel bir yeşil iş tanımı bulunmamakla birlikte, yeşil iş kavramı, "nihai sonuçlar" ve "süreçler" bakımından iki farklı şekilde ele alınabilir. Birincisinde, işler, nihai sonuçlar açısından değerlendirilmekte; üretim süreçleri ve teknolojileri %100 çevre dostu olmasa bile çevreye fayda sağlayan mal ve hizmetler (yeşil binalar, temiz ulaşım gibi) yeşil iş olarak değerlendirilmektedir. İkincisinde ise %100 çevre dostu mal ve hizmet üretmeseler bile, su tüketimini azaltmak, hava kirliliğini kontrol etmek gibi çevre dostu süreçlere katkıda bulunan işler yeşil iş kapsamında değerlendirilmektedir. Uluslararası Çalışma Örgütü, bu belirtilen ölçütlerin yanı sıra, bir işin "insana yakışır " iş kapsamında olması şartıyla "yeşil iş" olarak kabul edileceğini belirtmektedir. İnsana yakışırlık kavramı ise, "üretken ve adil bir ücret getiren, işyerinde güvenli ve ailelere sosyal konuma sağlayan, kişisel gelişim ve toplumla bütünleşme açısından daha iyi fırsatlar sunan, insanların kaygılarını serbestçe dile getirme özgürlüğüne sahip oldukları, örgütlenerek yaşamlarını etkileyen kararların alınmasına katılabildikleri, tüm kadınlar ve erkeklerin eşit fırsatlardan yararlanıp eşit muamele gördükleri işler" olarak tanımlanmıştır.

Yeşil işler, ister imalat ve inşaat gibi geleneksel sektörlerde olsun, isterse yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği gibi ortaya çıkan yeşil sektörlerde olsun, çevreyi korumaya veya eski haline getirmeye katkıda bulunan işlerdir.

Yeşil İşler:

- *Enerji ve hammadde verimliliğinin artırılmasına*
- *Sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasına*
- *Atık ve kirliliğin en aza indirilmesine*
- *Ekosistemin korunması ve yeniden canlandırılmasına*
- *İklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlanmasına katkı sağlar.*

Kaynak: ILO (2016)

Yeşil işlerle ilgili bir diğer husus da "sosyal" yeşil ekonomi yaratılması ve yeşil geçişin olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için cinsiyet eşitliğine olanak sağlanmasıdır (Ree, 2020). Birleşmiş Milletler Çevre Programında, yeşil ekonomi "insan refahı ve sosyal eşitliğin iyileştirilmesi ile sonuçlandırılırken çevresel riskleri ve ekolojik kıtlıkları önemli ölçüde azaltma" olarak tanımlanmıştır. Bu çerçevede, cinsiyete duyarlı istihdam politikaları; çevresel açıdan sürdürülebilir işlerin insana yakışır olmasını sağlama ve kadınlar için fırsatlar sunma bakımından önem taşımaktadır(Ree, 2020).

Yeşil işlere geçiş sürecinde, üzerinde durulması gereken diğer bir konu da istihdam edilebilirliği ve işçilerin üretkenliğini belirleyen ve etkileyen "beceri" konusudur. Bu çerçevede istihdam politikalarında; yeşil işler için teknik ve mesleki eğime dayalı beceri kazandırılması, başka bir ifade ile çevresel etkileri en aza indiren teknolojiler veya materyallerle ilgili bilgi, eğitim veya deneyim paylaşımı önemlidir(Yeşil İş Becerileri,

n.d., s.23).. Uygulamada, iyi kurgulanmış yeşil işlere yönelik istihdam politikalarının yan ısıra, özel sektörle iş birliği çerçevesinde yürütülen teknik ve mesleki eğitim sürecinin, dönüşüm sürecinin başarısında etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin Almanya ve Fransa'da inşaat sektöründe yeşil dönüşüm süreci, sürecin başında gerçekleştirilen yeşil sertifika sistemine ilişkin eğitimlerle daha kolaylaşmıştır(Ree, 2020).

Uluslararası Enerji Ajansı Raporu'na (2021) göre, yenilebilir enerji sektörü, fosil yakıt enerjisine kıyasla ortalama olarak yatırılan milyon USD başına %70 daha fazla istihdam yaratabilme potansiyeline sahiptir(s.157-160). Ancak, yüksek emisyonlu sektörlerdeki istihdamın yenilenebilir enerji gibi gelişen sektörlere ve alternatif işlere kaydırılması, düşük vasıflı işçi istihdam eden yüksek emisyonlu sektörlerdeki çalışanların kayıplarını telafi edip, edemeyeceği hususu, işgücü piyasasının esnekliği, düşük karbonlu sektörlere yatırım yapmak ve işçi istihdam etmek için öngörülen teşviklerin uyumluluğu ile bağlıdır(Ree, 2020). Ayrıca, dönüşüm sürecine katkı sağlayan tüm doğrudan ve dolaylı sektörlerin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Adil geçiş sürecinde, Türkiye'de yenilebilir enerji kaynaklarına dayalı işler Greenpeace tarafından hazırlanan "Enerji [d]evrimi Türkiye'nin Sürdürülebilir Enerji Görünümü" isimli raporda (2015), 2050 yılına kadar, temiz enerjinin geleceğe daha hızlı taşınılması noktasında enerji sisteminde yapılacak değişikliklerin bilgi, iletişim ve teknoloji (ICT) sektörleri için de çok büyük iş fırsatları yaratacağı vurgulanmaktadır (s.25). Ayrıca, organik tarım, eko-turizm, atık yönetimi (atık geri kazanımı, geri dönüşümü ve atıkların değerlendirilmesi), eko-kent tasarımları diğer öne çıkan fırsat alanları olarak değerlendirilmektedir.

2.3.5. Dünyada Adil Geçiş Çalışmaları

Adil geçiş; insan hakkı temelli ve sosyal adalet duygusunu içinde barından bir yaklaşım olması sebebiyle devletlerin yanı sıra şirketlerin ve sivil toplum örgütlerinin de rol ve sorumluluklarının bulunduğu bir süreçtir. Adil geçiş sürecinde önemli rol üstlenen aktörlerden hükümetler, özellikle sosyal diyalog zemini oluşturmak, başta işgücü, ekonomi, sanayi, iklim ve sosyal koruma politikaları olmak üzere ulusal düzeyde uygulanacak politikaları hazırlamak, devlet işletmeleri ve altyapı faaliyetlerini yürütmek gibi işlevleriyle geçiş sürecinin nasıl gerçekleştirileceği noktasında belirleyicidir(Rajamani, Jeffery, Höhne, Hans, Glass, Ganti&Geigas, 2021).

Adil geçişe ilişkin ülke örnekleri, adil geçiş sürecinde sosyal diyalog mekanizmalarının merkeze alınması, sosyal desteğin garanti edilmesi ve insana yakışır işlerin oluşturulmasının sürece katkısını vurgulamak adına önemlidir(Rajamani et.al., 2021). Bu çerçevede adil geçiş kapsamında 2050 net sıfır karbon emisyon hedefi koyan ülkelerden olan İngiltere "Net Sıfır stratejisi; Yeniden Yeşile Döneceğiz" adı altında paylaştığı raporda enerji, mazot temini ve hidrojen, endüstri, ulaşım, çöpler, milli kaynaklar gibi unsurlarda karbon azaltımını hedeflemiş ve bu hedefin gerçekleşmesine yönelik yeşil yatırım, yeşil işler, hükümette net sıfır politikalarının sağlanması gibi adımları planlamıştır. Bu plan kapsamında, bir yandan karbon emisyonunu sıfıra indirirken bir yandan da bu geçişin projeksiyonunun nasıl olacağına ilişkin çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaların yanı sıra İngiltere, yeşil işlerin tespiti ve artırılması için "Yeşil İş Görev Gücü" oluşturmuş ve adil geçiş sürecinde yeşil işleri ön plana almıştır. Yeşil iş görev gücü, Siemens Gamesa, Vestas gibi şirketlerle yerel tedarik zinciri ve yerel iş gücü artırımı konusunda çalışmalar yapmış ve bu şirketlerin yerel yatırımlarını desteklemiştir. Yine karbondan çıkış kapsamında yönelinen nükleer enerji konusunda, Hinkley Point C şirketi ile İngiltere hükümeti bir nükleer santral kurulumu konusunda anlaşma yapılmıştır. Karbon emisyonunu azaltmak ve enerjiyi karbonsuz sağlamak için yapılan bu anlaşma kapsamında Hinkley Point C, 2016 yılından itibaren başlayan inşaatında 11.700 kişiye iş imkanı sağlamış, 3.600 şirket tedarik zincirine dahil edilmiştir. Britanya genelinde bu dönüşüm stratejisinden 71.000 kişiye iş imkanı sağlanması ve ülke ekonomisine 18 milyar pound katkı sağlanması beklenmektedir(Greenjob Task Force Raporu, 2021).

Yine, “Yeşil Kurtarma Projesi” kapsamında farklı sivil toplum örgütlerinin kullanımı için 80 milyon Pound ayrılmıştır. Böylece, sivil toplum örgütlerinin; yeşilin ve doğanın dönüşümü için projeler ve çalışmalar yapması, ekolojik, ağaç ekimi, sulak alan, çayır düzenleme, çit yapım ve onarım gibi faaliyetlerde bulunarak İngiltere genelinde binlerce kişiye istihdam sağlaması hedeflenmiştir. “The Youth Hostel Birliği” liderliğinde yer alan bir proje ise, dezavantajlı, farklı etnik kökenlerdeki ve yoksul bölgelerdeki gençleri bir araya getirmiş ve bu proje kapsamında yeşil işlere dahil etmiştir. Yine rüzgar türbin şirketi olan Orstted yatırımlarını artırmış ve yatırımlarını arttırırken işe alma kriterleri bakımından kadın erkek dengesine önem vererek adil geçişin cinsiyet eşitsizliğinin giderilmesinde bir araç olmasına da katkı sağlamıştır(Greenjob Task Force Raporu, 2021, s.49).

Ulusal düzeyde iyi yönetilen bir adil geçiş örneği olarak Kanada’nın kömürden çıkış süreci de güzel bir model oluşturmaktadır. 2016 yılında Kanada Hükümeti 2030 yılına kadar kömürle çalışan elektrik kullanımını aşamalı olarak durduracağını açıklamıştır. Geçişi desteklemek için hükümet, Kanada Altyapı Bankası’ndan akan fonlar da dahil olmak üzere yeşil altyapı ve ticari olarak uygulanabilir temiz enerji için 11 yılda ek 21,9 milyar Kanada Doları kullanmayı planlamıştır. Finansal taahhütlere ek olarak geçişin adil biçimde yürütülebilmesi adına eyalet hükümetleri ve örgütlü işgücü ile çalışma taahhüdünde bulunmuştur. Kanada Hükümeti, sendikalara iklim değişikliği kapsamında düzenlenen ulusal politikaların bir parçası olacak biçimde “Adil Geçiş Görev Gücü” isimli bir yapı oluşturma sözü vererek geçişten etkilenen çalışanların gelirlerinin garanti altına alınması, eğitim ve yeni istihdam olanaklarının sunulması, bölgesel kalkınma girişimlerinin tasarlanması hususlarını kapsayan bir mekanizma oluşturma yolunda olumlu adımlar atmıştır(Kanada, 2021). Kanada, adil geçiş kapsamında oluşturulan ve dönüştürülen sektörlerden olan rüzgar tribün santralleri, güneş enerjisi santralleri gibi doğada gereksinim duyulan işlerde yetiştirmek üzere genç ve işçi destek projesini başlatmıştır. Bu proje kapsamında Kanada Hükümeti %50’ sinin kadın, engelli gruplarından olmak üzere gençleri ve işçileri adil geçiş projesinde dönüşüm sağlanacak alanlarda ve yeşil işlerde istihdam etmek üzere eğitimler vermektedir. Burada eğitilen kişiler eğitim aldıktan sonra ülkenin değişik yerlerinde yer alan işlerde çalıştırılmakta ve böylece hem adil dönüşüm mekanizması kapsamında sektörler desteklenmekte, hem işçilerle gençler eğitilmekte hem de dezavantajlı gruplarla kadınlara eşit iş imkanı sağlanmaktadır(Yeşil Gelecek Kanada, n.d.).

Bir başka örnek adil geçiş yönetimine daha kapsamlı yaklaşan İspanya'dır (Barreira & Ruiz-Bautista, 2020). İspanya'da 2018'de başa geçen hükümet, iklim acil durumunu ve adil geçişi, siyasi gündeminin en üstüne koyma sözü vererek, BM Paris iklim anlaşmasına ve AB yasal çerçevesine uyum için Şubat 2019'da üç temel ayağı olan Stratejik Enerji ve İklim Çerçevesini sunmuştur. Bu kapsamda İklim Değişikliği ve Enerji Geçiş Yasası Mayıs 2020'de kabul edilerek parlamentoya sunulmuştur. Ulusal Enerji ve İklim Planı (NECP) kapsamında 2021'den 2030'a kadar olan dönemde İspanya'nın sera gazı emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve elektrik bağlantıları için 2030 hedeflerini nasıl karşılamayı planladığını belirleyen bir yol haritası ortaya konulmuştur. Adil Geçiş Stratejisi, düşük karbonlu bir ekonomiye geçişin sunduğu fırsatlardan insanların ve bölgelerin en iyi şekilde yararlanmasını sağlamayı; destek ve iyileştirme önlemleri yoluyla geçişin olumsuz etkilerini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu strateji beş yıllık bir dönemi kapsamaktadır. Bu plan çerçevesinde, adil geçiş stratejisinin:

a) Düşük karbonlu bir ekonomiye geçiş sürecine karşı potansiyel olarak savunmasız grupların, sektörlerin ve bölgelerin belirlenmesi,

b) Enerji geçişiyle bağlantılı ekonomik faaliyet ve istihdam yaratma fırsatlarının analizi,

c) Adil geçiş için sanayi, araştırma ve geliştirme, yenilik, ekonomik faaliyet ve istihdamın teşviki ve mesleki eğitim politikaları

d) Sosyal aktörlerin yanı sıra sosyal diyalog yuvarlak masa toplantılarının katılımıyla enerji geçişi çerçevesinde işgücü piyasasının izlenmesine yönelik araçları,

e) Adil Geçiş anlaşmalarının detaylandırılması için çerçeveyi

içermesi ; Adil Geçiş Stratejisi ile bunun uygulanması ve geliştirilmesine yönelik araçların, insiyet eşitliği dikkate alınarak hazırlanması öngörülmektedir. Bu çerçevede, hükümet, sendikalar ve Ulusal Kömür Madenciliği İşletmeleri Federasyonu (Carbunion) arasındaki geçiş anlaşması çerçevesinde, İspanya'nın 2027 yılına kadar özel sektöre ait ocaklarının kapatılması öngörülmektedir.

Adil geçişe ilişkin bir diğer örnek Polonya örneğidir. Polonya' nın Dolnośląskie (Lower Silesia), Śląskie (Silesia) and Wielkopolskie (Greater Poland) bölgeleri kömür madenciliğinin yaygın olduğu bölgelerdir. Polonya 2016 yılında enerjinin %50' si kömürden elde etmiştir(Zinecker, Gass, Gerasimchuk, Jain, Moerenhout, Oharenko, Suharsono&Beaton, 2018). Kömürü azaltma ve adil geçiş kapsamında, öncelikle 1998' de tanıtılan madencilik sosyal paketiyle madencilere gönüllü işten çıkarmalar teklif edilmiş ve işten çıkan kişilere daha yüksek bir mali destek verileceği belirtilmiştir. Devam eden yıllarda sosyal paket çerçevesinde madencilik sektöründe çalışanlar erken emekliliğe teşvik edilmiş ve işten çıkma ödemesi, sosyal yardım ödeneği gibi mali haklar temin edilmiştir(Zinecker et al., 2018). Bu mali destekler, yeniden istihdam sağlamaya yönelik kurslar ve eğitim programlarıyla desteklenmiştir. Çalışmanın ilk yıllarında hızlı bir azalma meydana gelmiş ve 67.000 kişi ilk yıllarda işten çıkmıştır. Bu çalışmalar sonucu, 1990 yılında kömür madenciliğinde çalışan kişi sayısı 388.000 iken 2015 yılında 98.000' e kadar gerilemiştir. Polonya hükümeti ayrıca çeşitli vergi avantajları sağlamış ve maden şirketlerinin mülklerinin satın alınmasını desteklemiştir. Bu alanlar daha sonra modern işletmelere çevrilmiş ve maden sektöründeki kişiler bu işletmelerde istihdam edilmiştir. Gönüllülük önerisi, sosyal diyaloğun artması ve finansal destek mekanizmaları kömürdeki istihdam azalmasında önemli rol oynamıştır(Zinecker et al., 2018).

Bir başka örnek olan Avustralya örneğinde, önemli kömür madenlerine ev sahipliği yapan Latrobe Vadisinde yer alan Hazelwood maden sahası kapatılmış ve bu maden sahasının yerine Delburn Rüzgar Panel Tarlası yapılmıştır. Yenilenebilir enerjiye geçişte önemli bir örnek olan bu santralin bölgeye yılda 3 milyon Euro gelir getirmesi öngörülmüştür. Madende çalışan bölge halkını rüzgar türbinlerinde çalışmaya teşvik eden Delburn Rüzgar Tarlaları, bölgede yaşanan işsizlik korkusuna da bir çözüm olmuştur. Hatta kömür madeni açık olduğu dönemde %8 olan işsizlik oranı, rüzgar türbinleri ile %5.7' ye düşmüştür. Adil geçişe önemli bir örnek olan bu proje de kömürden geçiş konusunda yol gösterici niteliktedir(Climate Reality Project, n.d.).

Hindistan örneğinde ise sıfır emisyon hedefi çerçevesinde, bu hedefe ulaşmak için iki farklı senaryo öngörülmüştür. Bu senaryoların ilkini kömür sahalarının erken kapatılması ve yenilenebilir enerji sahasına dönüştürülmesi oluşturmaktadır. Bu kapsamda 18 yaşını doldurmuş kömür santrallerinin kapatılması, emisyonu azaltmak için ilk plan

olarak karşımıza çıkmaktadır. İkinci senaryoda ise kömür genişleme planlarınların ve kömür santralı hatlarının azaltılması. Bu projelerin kombine olarak planlanması da bir başka senaryo olmakla birlikte, kömür enerjisi yerine inşa edilen güneş ve rüzgar enerji santralleri büyük ve önemli iş alanları olarak öngörülmektedir(Oppurtunites for India, 2021).

Adil geçiş sürecinin vazgeçilmez aktörleri olarak sivil toplum örgütleri gibi toplulukların önemi de göz ardı edilmemelidir. Bu tarz topluluklar özellikle sosyal diyaloğun yürütülmesi ve adil geçiş sürecinin toplumsal kabulü noktasında kilit öneme sahiptir. Buna örnek olarak Almanya, Schweinfurt'ta Bavyera metal işçileri sendikası (IG Metall) ve Bavyera'daki Dünyanın Dostları (BUND) topluluklarının, Schweinfurt çevresindeki bölgede nasıl sosyal ve ekolojik bir sanayi politikası oluşturulacağına dair düzenledikleri projenin incelenmesi yararlı olacaktır. Schweinfurt güçlü bir otomotiv endüstrisine sahip olması sebebiyle karbonsuzlaştırma hedefinden etkilenecek bölgeler arasında yer almaktadır. Bahsedilen proje ise bu geçiş sürecinin; bölgenin demografik yapısı, istihdamı ve kişilerin özel yaşantısı üzerindeki etkileri göz ardı etmeden adil bir geçişin sağlanması için yürütülmesi gereken faaliyetlerin neler olduğunun belirlenmesini içermektedir. Bu kapsamda 2016 yılında IG Metall, yerel kamu hizmeti şirketi, yerel otomotiv şirketlerinin iş konseyi ve şirketlerin yönetim tarafı ile Schweinfurt'ta çalışanları toplu taşıma olanaklarıyla tanıştırmak ve teşvik etmek ve toplu taşıma olanaklarını birlikte geliştirmek amacıyla "hareketlilik günleri" düzenlemiştir (OECD Raporu 2017).

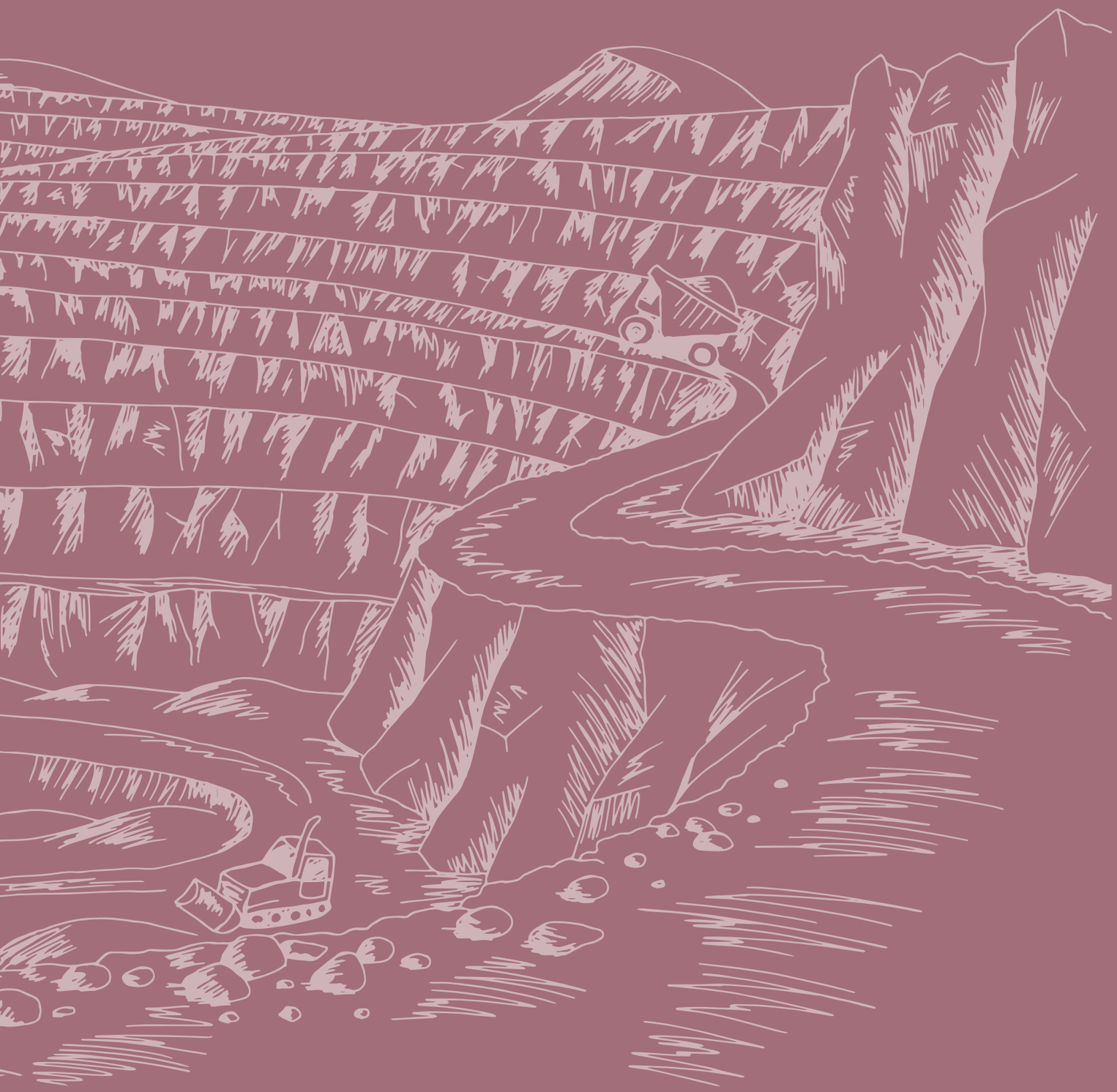
Krawchenko& Gordon (2021) tarafından yapılan ve dünyadaki örneklerin incelendiği çalışmadan hareketle, Adil Geçiş sürecine ilişkin sonuçlar şöyle özetlebilir: Adil geçiş süreci çok boyutlu bir hükümet sorunudur ve bu alanda proaktif girişimlere ihtiyaç bulunmaktadır. İncelenen ülkelerin çoğunda ulusal düzeyde bir adil geçiş planı bulunmamakla birlikte adil geçiş planı bu sürecin yönetimi için önemli bir unsurdur. Politika aracı olarak mekansal planlama ve arazi geçişleri daha fazla öne çıkarılması gereken bir alan olarak görünmektedir. Sosyal güvenceler de bu geçiş için yeterli düzeyde kullanılmamaktadır. Bazı sektörler için erken emeklilik sistemi kurulması; istihdam sigortası gibi bir mekanizma ile işini kaybedecek kişilere yapılacak ödemelerin süresinin ve miktarının artırılması gibi çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Son olarak adil geçişin gerçekleşebilmesi için tüm dünyada hesap verebilir şeffaf mekanizmalara ihtiyaç olduğu açıktır.

2.3.6. Adile Geçişe İlişkin Projeler (Varsa mevcutlar / proje önerileri)

Karbon emisyonuna sebebiyet veren sektörlerin başında kömür gelmektedir. Dolayısıyla net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda kömür kullanımının en aza indirilmesi veya tamamen terk edilmesi gereklidir. Ancak kömür özellikle bazı bölgelerde önemli bir istihdam ve ekonomik kaynak yaratmaktadır. Bu nedenle, adil geçiş kapsamında, ciddi bir ekonomik ve istihdam daralması yaşanacak kömür sektörünün incelenmesi ve sürecin yol haritasının çıkarılması önemlidir. Kömürün yanı sıra emisyon ticaret sistemi ve sınırda karbon düzenlemesi açısından önceliklendirilmiş 5 sektör olan çimento, elektrik, gübre, demir-çelik ve alüminyum sektörlerine yönelik de önlem alınması gerektiği komisyon çalışmalarında belirtilen hususlar arasındadır.

Ülkemizde özellikle kömür madenciliği alanında yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Can Europe tarafından hazırlanan "Kömürün Gerçek Bedeli Muğla" (Gümüşel&Gündüzyeli, 2019) raporu bölgesel bir inceleme örneği oluşturması bakımından dikkate değerdir. Bu rapor Muğla ilindeki kömür madenciliğinin karbon emisyonunu azaltılmasına yönelik geçiş sürecinin tüm yöre halkı için adil olması için belirli tespitlerde ve önerilerde bulunmaktadır. Söz konusu raporda:

- Aydın, Denizli ve Muğla illerini baz alarak yapılan hesaplamaya göre kömür sektöründe istihdam edilen 5 bine yakın işçinin ve ailelerinin iş güvenliği açısından daha az risk teşkil eden ve katma değeri daha yüksek farklı iş kollarında istihdamını sağlamak için gerekli iş fırsatlarının yaratılması, eğitimlerin verilmesi ve



adaptasyonun sağlanmasına yönelik planlamaların yapılarak somut biçimde uygulanması;

- Yeni maden alanlarına ruhsat verilmeyerek yeni kömür ocaklarının faaliyete geçmesinin önlenmesi;

- Performansının sonuna yaklaşan Yatağan, Yeniköy ve Kemerköy termik santrallerin yenileme faaliyetlerinin yapılmaması, yüksek maliyet gerektiren ve net 0 emisyonu hedefinden uzaklaştıracak bu faaliyetler yerine bu santrallerin kademeli olarak kapatılması;

- Kömür madenciliğine ilişkin hayata geçirilmesi planlanan yeni projelerinin iptal edilmesi;

- Kömür üretim alanları ve kömür santrallerinin faaliyetleri nedeniyle zarar gören ekosistemler için iyileştirmeye yönelik rehabilitasyon çalışmalarının hayata geçirilmesi;

- Kömür madeni ve santral işletmelerine ait çevre performans göstergelerinin yetkili kamu kurumlarınca izlenmesi, denetlenmesi ve şeffaflık ilkesi gözetilerek kamu oyu ile paylaşılması;

- Kömür nedeniyle oluşan kirlilikten en fazla etkilenen bölgelerde halk sağlığını izleme ve korumaya yönelik çalışmalarının artırılması, iyileştirme programlarının uygulanması ve bölge halkının sağlık hizmetlerine tam ve ücretsiz erişiminin sağlanması;

- Bölgede faaliyet gösteren tüm kömürlü termik santrallerin Çevresel Etki Değerlendirme süreçlerine, santrale kömür taşıyan ve atıkları bertaraf edecek tesislerin de dahil edilerek daha kapsayıcı bir yaklaşım benimsenmesi;

- Bölgede işletilen kömür madeni ve termik santraller için ayrılan finansman desteklerinin ve teşviklerin iklim değişikliği ile mücadele kapsamında bölge halkını merkeze koyan bir yaklaşımla kullandırılması, yenilenebilir enerji üretimi başta olmak üzere alternatif üretim ve istihdam alanlarına aktarılması;

- Bölgeye özel realist bir iklim değişikliği eylem planının ivedilikle oluşturulması ve bu plana göre düşük karbon hedefine uygun koşulları sağlayacak adil geçiş sürecinin yol haritasının belirlenmesi önerilmektedir(Gümüşel&Gündüzyeli, 2019, s.74).

Yukarıda belirtilen projeye benzer kapsamlı bir diğer çalışma da Greenpeace tarafından yapılmıştır. "Zonguldak'ta Kömür Endüstrisinin Şehrin Ekonomik ve Toplumsal Yapısı Üzerindeki Etkisi" (Özen, Yılmaz& Akgül 2021) başlıklı Raporda, kömürün şehir için anlamı, daralan sektör karşısında yaşanacak değişimler, istihdam üzerindeki etkileri ve alternatif istihdam olanakları irdelenmektedir. Rapor; Zonguldak' ta kömüre bağlı endüstriyi geniş bir biçimde ele alması açısından önemlidir, zira Zonguldak; Türkiye'de kömür sektöründe istihdam edilen kişilerin toplam istihdam içerisindeki payı dikkate alındığında, istihdam alanında en yüksek paya sahip il olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim, İŞKUR tarafından yayınlanan 2019 yılına ait verileri içeren Zonguldak'ta sektörler ve cinsiyete göre çalışan sayısını gösteren rapor kömürün istihdam üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir(Zonguldak İşgücü Raporu, 2019).

Bununla birlikte, madencilik, Zonguldak'ta önemli bir istihdam imkânı sağlamakla birlikte, 2011 yılında 14 bin seviyesinde olan madencilik ve taş ocakçılığı sektörlerindeki istihdamın 2019 yılına gelindiğinde 8 bin düzeyine gerilediği görülmektedir(Özen, et.al., 2021). Zonguldak'taki toplam kömür sektöründeki istihdam azalmasından hareketle, kömürün bölgede uzun vadeli bir istihdam imkânı yaratmayacağı, bölgede ekonomik bir daralma ortaya çıkacağı öngörülebilmektedir (Özen et.al, 2021). Bu çerçevede, adil geçişin sağlanması için Zonguldak'ta mevcut sektörel görünümün nasıl olduğu ve hangi alternatif sektörlerin yer aldığı tartışılması gereken hususlardandır. Greenpeace "Zonguldak'ta Kömür Endüstrisinin Şehrin Ekonomik ve Toplumsal Yapısı Üzerindeki Etkisi" Raporuna göre; gayri safi milli hasıla içindeki payı 2004'ten 2019'a kadar %22 seviyesinden %38'e tırmanan sanayi sektörü kömür yerine geçebilecek sektörler arasında ön sırada yer almaktadır(Özen et.al, 2021). Bu oran Türkiye ortalamasının üzerinde olup Zonguldak'ın sanayi üretimi bakımından dikkate değer bir potansiyele sahip olduğuna işaret etmektedir. İmalat sanayiinin toplam sanayi üretimi içerisindeki ortalama %82'lik payını aynı dönem içerisinde koruduğu izlenmektedir. Sanayi sektörünün geliştiği bu dönem içerisinde tarım, orman ve balıkçılık faaliyetlerinin ve hizmetler sektörünün paylarını kaybettikleri görülmektedir(Özen, et al. 2021).Yine aynı raporda, Almanya Kuzey Ren-Vestfalya bölgesindeki kömürden çıkış sürecinde,

adil geçişe ilişkin faaliyetlerin Zonguldak' ta da gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir. Kömürün yoğun kullanıldığı bir sanayi bölgesi olan Kuzey Ren-Vesfelya'da, Alman Hükümeti kömür sektöründeki işçi çıkışlarının kontrollü bir şekilde yapılmasına ilişkin projeye destek sağlamıştır(Özen, et al. 2021). Adil geçiş çerçevesinde yerel yönetimler ile üniversitelerin katkılarıyla hazırlanan kapsayıcı kentsel planlar (Özen et all. 2021) çerçevesinde bölgede kontrollü olarak kömürden çıkış desteklenmiştir. Kömürden çıkış sürecinde bölgesel ekonomik kalkınmanın sağlanması için farklı sanayi kollarının söz konusu bölgeye yönlendirilmesi, teknolojik gelişmeler desteklenerek yüksek teknolojili sanayilere geçişin amaçlanması ve bu geçiş için gerekli olan altyapının oluşturulması sağlanmıştır(Özen et all. 2021). Aynı yaklaşımla, kömürden çıkış sürecinde geçişin adil biçimde gerçekleşebilmesi için yerel yönetimlerin de katkısı ile kapsayıcı planların oluşturulması, devlet tarafından istihdam olanaklarının desteklenmesi, becerilerin uyarlanması ile işsizlik riskinin en aza indirilmesi, alternatif sektörlerin teşvik edilmesi ile yeni istihdam olanaklarının oluşturulması ve yüksek teknolojili yeni sektörlerin bölgeleye gelmesini temin ederek yüksek katma değer oluşturulması önerilebilir(Özen et all. 2021). Bu bağlamda, kömüre alternatif istihdam alanı yaratılması açısından atılan bir adım olarak Filyos Limanı'nın doğal gaz sevkiyatı ve ticareti çalışmaları belirtilmelidir. Kapsamlı bir Lojistik Master Planı çerçevesinde inşa edilen Liman'ın yıllık kapasitesinin 25 milyon ton olacağı ve 12.000 kişiye istihdam sağlayacağı açıklanmıştır(Filyos, n.d.). Yine alternatif bir iş alanı olarak kümes hayvancılığından bahsedilebilir(Elibüyük&Güler, 2015). Bölgede bulunan turistik alanların (Şeker Kanyonu, Güzelcehisar vb. gibi) ve ekoturizm uygulamalarının desteklenmesi de adil geçiş sürecinde bölge ekonomisinin gelişmesine katkı sunabilecektir. Hazırlanacak Bölgesel Plan dahilinde ekoturizm ve organik tarımsal üretim alanında eko-köylerin oluşturulması için fizibilite çalışmalarının yapılması da planlanmaktadır(Özen et al., 2021). Ayrıca, kırsal alanda kalkınmayı desteklemek amacıyla, tarım faaliyetleri ve turizmin bir arada yürütüleceği "Butik Köy" projeleri tasarlanmaktadır(Bütik Köy Projesi, 2018).

Bölgede turizm sektörü de geliştirilmeye çalışılmakta olup Türkiye'deki ilk taş kömürü müzesi olan "Zonguldak Maden Müzesi" Aralık 2016'da faaliyete girmiştir Özen et.al.). 2020 Aralık ayında ise "Karaelmas Maden Şehitleri Müzesi" ziyarete açılmıştır. Benzer uygulamaların bulunduğu ABD'de, İngiltere'de ve Almanya'da rastlanan taş kömürü madenlerinin ve tünellerin rehber eşliğinde gezilebildiği bir yeraltı müzesi

oluşturulması turizme daha fazla katkı sağlayabilecektir(Özen et.al. 2021). Konumuz bağlamında ise bu müzeler aslında adil geçişin ne kadar önemli olduğu ve madenin olumlu yanları kadar olumsuz yanlarının bulunduğunu hatırlatabilecek ve kömürün artık miadının dolduğunu ve hatıralarda yaşaması gerektiğini vurgulayabilecektir.

Planlı bir adil geçiş sürecinin hayata geçirilmesi durumunda Zonguldak'ın; çeşitlenen sektörlerde nitelikli istihdam olanakları sağlayarak daha sağlıklı, sürdürülebilir ve yaşanabilir bir il görünümüne ulaşarak cazibe merkezi haline getirilmesi imkan dahilindedir. Zonguldak gibi bir liman kenti için katma değerli sektörlerin desteklenmesi ve ihracatın artırılmasına yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi de olasılıklar arasında yer almaktadır. Bölge özelinde öne çıkan organik tarım, ekoturizm ve diğer turizm alternatiflerinin de değerlendirilmesi, bu alternatiflerin diğer yatırımlarla birlikte çevreye ve halk sağlığına etkileri göz önünde tutularak birbirini desteklemesi oldukça önemlidir. Bu şekilde uyumlu bir yapı oluşturularak, adil geçiş süreci daha iyi bir şekilde tasarlanabilecektir(Özen et.al. 2021).

Komisyon çalışmaları kapsamında; Enerji kapasitesi bakımından doğalgazla karşılaştırıldığında daha düşük olan kömürlerin gazlaştırılması yoluyla elde edilecek sentez gazının, doğalgazın ikamesi olarak değerlendirilmesinin, ülke ekonomisine olumlu katkı sağlayacağı vurgulanmıştır. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu tarafından yürütülen Ar-Ge projelerinin "mavi hidrojen" kategorisine giren hidrojenin üretimini sağlayarak sera gazı emisyonlarını azaltmayı amaçladığı da ifade edilmiştir.

İklim değişikliğinin olumsuz etkilediği alanlardan bir başkası da tarım sektörüdür. Komisyon toplantılarında sıklıkla, kadın istihdamının ve kayıt dışı çalışan kişi sayısının fazla olması, kırılgan grupları içermesi nedeniyle tarım sektörünün adil geçiş sürecinde acil olarak ele alınması gereken sektörlerden biri olduğu vurgulanmıştır. Komisyon çalışmaları kapsamında, tarım alanlarında adil geçişin sağlanması için kadınlar öncelikli olmak üzere mikro kredi olanakları sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Bölgedeki doğal kaynaklar üzerinden iş gücünün artırılmasına yönelik bir model geliştirilmesi de öneriler arasında yer almaktadır. Bu amaçla adil geçiş süreci kapsamında hayata geçirilebilecek sürdürülebilir tarım uygulaması örneği olarak İklim dostu toprak kullanımında Nilüfer Kent Bostanı (Aşıcı, 2017) ele alınabilecektir. Bursa'da Nilüfer ilçesine bağlı Ürünlü Mahallesi'nde Nilüfer

Belediyesi tarafından tahsis edilen 5,5 dönümlük arazi üzerine kurulan Nilüfer Kent Bostanı 64'er metrekarelik 67 bahçeden oluşmaktadır(Aşıcı, 2017). Nilüfer Kent Bostanı'nda üretim yapılırken ekolojik yöntemler uygulanmakta ve organik tohum üretimine önem verilmektedir. Kent bostanında yer alan bahçeler, oluşturulan mahalle komitelerine birer parsel olacak biçimde dağıtılmıştır. Mahalle komitelerinin temsilcileri dağıtılan bu parseller üzerinde tarım uygulamalarını gerçekleştirmekte ve yetiştirdikleri ürünleri kendi mahallelerine ulaştırmaktadır. Bu tarıma destek olarak Uludağ Üniversitesi ve Karacabey Meslek Yüksek Okulu'na ait parsellerde ise Ziraat Fakültesi öğrencileri çalışmalar yapmaktadır(Aşıcı, 2017). Proje kapsamında çeşitli organik tohumları, (örneğin atalık buğday tohumlarını) yeniden üretmek için faaliyet alanları ayrılmıştır.

Yine proje kapsamında Eskişehir Araştırma Enstitüsü'nden gelen, ve az ekilen buğday türlerinin verimini araştırmak için de çalışmalar yapılmaktadır. Kastamonu bölgesinden gelen Siyez buğdayı ve Hatay'dan gelen yerel buğday türleri de ekilen türler arasındadır(Aşıcı, 2017). Nilüfer Kent Bostanları'nda yürütülen bu uygulamalar sonucunda 16 türe ait 96 çeşit yerel ürün tohumu üretilmiştir.

Adil geçiş süreci tasarlanırken göz ardı edilmemesi gereken bir diğer husus ise yeşil işlere geçişin dijital dönüşüm ile kurgulanmasıdır. Karbon ayak izini azaltmayı ve süreçleri döngüsel ekonomi düzlemine taşımayı hedefleyen ülke ve işletmelerin dijital teknolojilerin desteğine ihtiyaçları olduğu açıktır. Avrupa Birliği bu dönüşümü "İkiz Dönüşüm" olarak ifade etmektedir(Uniting The Twin Transitions, n.d.). Dijital gelişme ile adil dönüşümün entegrasyonuna karbon ayak izini azaltma adımlarının ilk basamağı olan karbon emisyon miktarlarının ölçümünün ancak Endüstri 4.0'ın sunduğu akıllı teknolojiler yolu ile yapılabilmesi örnek olarak gösterilebilir. Benzer şekilde, üretim süreçlerinde dijital ve akıllı teknolojilerin kullanılması, küresel emisyonların azaltılmasında büyük rol oynamaktadır. Bu örnek dahi dijital teknolojilerinin yeşil dönüşümü mümkün kılacak çok önemli araçlar sunduğunu ve sunacağını göstermektedir. Dijital dönüşüm, üretim süreçlerinin optimizasyonuna hizmet ederken bir yandan da çevreye duyarlı bir üretime geçilmesi için bu teknolojileri kullanabilen bir iş gücü gereksinimini doğurmaktadır. Bu çerçevede, kapsayıcı bir dönüşüm stratejisinin belirlenmesi ve dönüşüm süreçlerinden etkilenenlerin yeni

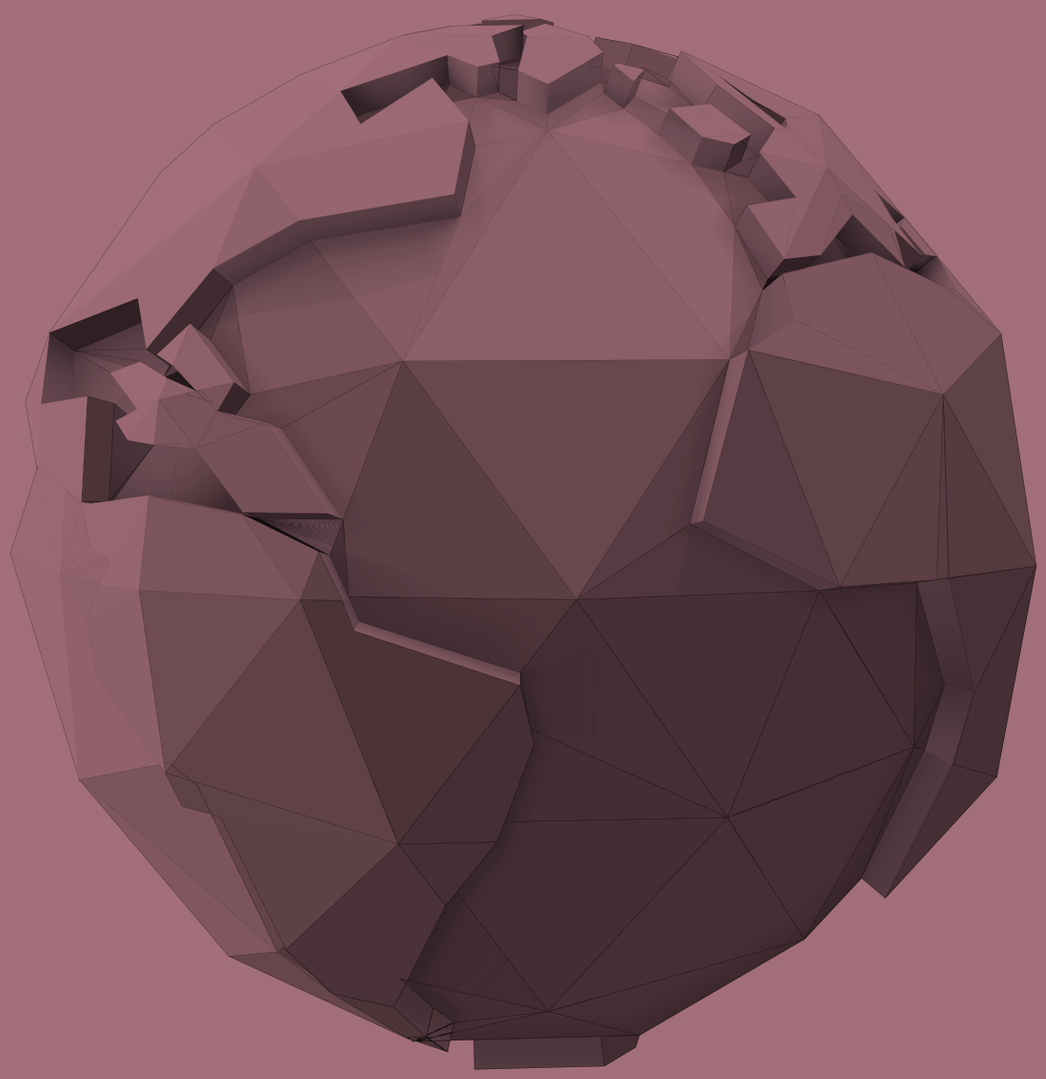
dijital yeteneklerle donatılması büyük önem taşımaktadır. Becerilerin artırılması ve yeniden vasıflandırılması başarılı ve kapsayıcı bir ikiz dönüşüm gerçekleştirilmesi için gerekli ve kritik bir unsur olarak görülmektedir. Ayrıca toplantılarda, TİSK "iş gücünün becerilerinin artırılması ve yeniden vasıflandırılması" için dijital dönüşüm vizyonu ile sürdürdüğü program ve çalışmalara "yeşil dönüşüm" boyutunu da entegre ederek sürdürülebilir ekonomilere adil geçiş için adımlar attığı belirtilmiştir. Bu çerçevede, kırılgan grupların güçlendirilerek iş gücü piyasasına entegrasyonu için bu programlar öngörüldüğünün altı çizilmiştir.

Dönüşüm sürecinin beklenen olumlu etkileri yaratabilmesi için dijitalleşme kapsamında politika çerçevesinin yeni işler ve beceriler yaratmayı hedeflemesi, bütünsel, yenilikçi ve tutarlı politika uygulamalarını içermesi, çok taraflılık ve küresel koordinasyona önem vermesi, yenilikçiliği ve rekabeti teşvik etmesi, işletmeler için elverişli bir ortam sağlaması ve çalışanların yeni yetkinlik ve becerilere sahip olması için eğitim fırsatları sunması gerekmektedir.

Komisyon çalışmaları kapsamında adil geçiş sürecinin verimli biçimde işletilmesi için; erken emeklilik mekanizmalarının tasarlanması ve yeniden beceri kazandırma programları oluşturulmasının önemine de vurgu yapılmıştır. Yine adil dönüşüm kapsamında, yerel yönetimlerin iş birliği ile enerji kooperatiflerinin kurulması ve bölge halkının bu kooperatiflere ortak olmalarının sağlanması yoluyla enerji satışından elde edilen gelirden yararlanma veya tüketim için bu enerjiyi ücretsiz olarak kullanma gibi olanakların sunulması büyük önem taşımaktadır Aile içi bakım emeğinin ücretlendirilerek devlet tarafından karşılanması da önerilen bir başka husustur. Özellikle kişileri enerji dönüşümünün merkezine koyan bölgesel yapıların oluşturularak vergi düzenlemeleri ve teşviklerle desteklenmesi, adil geçiş kapsamında yeşil işlere geçiş sağlanırken dijital dönüşümün de göz ardı edilmeyerek katma değeri yüksek, nitelikli iş alanlarının oluşturulması ve bu alanlarda çalışmak için gereken donanımların, eğitimlerin uygulanması gerektiği de Komisyon çalışmaları kapsamında vurgulanan hususlar arasında yer almaktadır.

3. TESPİT EDİLEN SORUN ALANLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından düzenlenen İklim Şurası kapsamında 7. Komisyon olarak görev yapan ve "Göç, Adil Geçiş ve Diğer Sosyal Politikalar" başlığı altında çalışmalarını sürdüren komisyonumuzun iklim göçü, iklim adaleti ve cinsiyet, adil geçiş ana başlıkları altında tespit ettiği sorun alanları ve çözüm önerilerine ilişkin bilgiler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.



İklim Göçü

SORUN ALANLARI	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
İklim değişikliğine bağlı olarak kuraklık gibi nedenlerle tarımsal üretimin azalması ve kırsal alanda yaşayan nüfusun kentlere doğru hareket etmesi sonucu karşılaşılabilecek tohum, gıda ve su güvenliği, verimlilik, işgücü kayıpları, depolama/lojistik alanlarında oluşabilecek sorunlar ve ekonomik yapının sekteye uğrama riski	Alternatif, sürdürülebilir, yenilenebilir tarım yöntemlerinin uygulanması, kırsal bölgeden göçün engellenmesine yönelik alternatif cazip iş kollarının oluşturulması, bölgedeki istihdam olanaklarının artırılarak ekonomik yapının korunmasını amaçlayan bölgesel planların oluşturulmasının hedeflenmesi önerilmiştir
İklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan, aynı zamanda iklim değişikliğini hızlandıran bir faktör olan arazi tahribatı (çölleşme) riski ve buna bağlı yaşanacak göç hareketleri	Tarım, orman ve mera alanlarının mevcut durumunun, analiz edilerek bir risk değerlendirmesi yapılması ve belirlenen yüksek riskli alanların korunması için uygulanacak eylemlerin tespit edilmesi tavsiye edilmiştir.
İklim değişikliği nedeniyle kentlere göçün kentlerde altyapı, temiz su, temiz gıdaya erişim, enerji ihtiyacı, atık yönetimi, konut, ulaşım konularında aşırı yük oluşturması ve kentin yapısını bozma tehlikesi	Kapsamlı analizlerle göç senaryoları oluşturularak hangi bölgeden, ne oranda ve hangi özelliklere sahip nüfusun kentlere hareket edeceğinin; buna bağlı olarak kentlerin karşı karşıya kalacağı problemlerin boyutunun ne olacağının tespit edilmesi ve buradan hareketle kentlerin altyapılarının güçlendirilmesi, atık yönetimi planlarının yapılması ve kaynak sağlama kapasitelerin artırılması, alternatif temiz enerji üretiminin desteklenmesi önerilmiştir. İmar planları ve şehircilik faaliyetlerinin çevresel korumayı içeren bir perspektifle hazırlanması ve iklim göçüne karşı planlı bir kentleşme ve yerleşim imkanı sağlanarak kent dokusunun korunmasına yönelik kent master planlarının hazırlanmasının çözüme katkı sunabileceği ifade edilmiştir. Kentlerin tüketim yoğun özelliklerinin dönüştürülerek kentlerde üretimin artırılması için planlamaların yapılması; iklim değişikliği nedeniyle kentlere yoğun hareketin önüne geçmek için bölgesel merkezler yaratma çalışmalarının yürütülmesi tavsiye edilmiştir.

SORUN ALANLARI	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Raporlarında iklim değişikliğine ve sonuçlarına ilişkin bir bölümün yer almaması	Mevzuat düzenlemesi ile iklim değişikliğine ilişkin bölümün ÇED raporlarına eklenmesi ve projelerin uygulanmasında belirleyici konuma getirilmesinin iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarını hafifletebilecek bir araç olabileceği belirtilmiştir.
İklim göçü nedeniyle sağlık sektörüne aşırı yük binmesi, yeni salgın hastalıkların türemesi, aşı takvimlerinin düzenlenmesine ilişkin problemlerin oluşması gibi riskler	Sağlık personelinin iklim değişikliği konusunda bilinçlendirilerek göçe hazırlıklı hale getirilmesi; ihtiyaç olan bölgelerde kapasite geliştirme çalışmalarının yapılması, özellikle ülke dışından gelecek kişilerin bir envanter ile sistemli biçimde kaydının tutulması böylece gerekli sağlık taramasının ve kontrollerinin gerçekleştirilmesi, aşı planlamalarının oluşturulması çözüm önerisi olarak sunulmuştur.
İklim göçü nedeniyle eğitim olanaklarından yoksun kalınması, iş kaybı, yüksek nitelik gerektiren yeni iş kollarına geçişte yaşanacak problemler	Yer değiştirmek zorunda kalan kişilere ve ailelerine yeniden iş gücüne dahil edilmelerini sağlamak üzere hızlı ve etkin biçimde mesleki eğitim olanağı sağlanması, eğitimine devam etmesi gereken çocukların ve gençlerin eğitime erişimini kolaylaştırmaya ve adaptasyonlarını sağlamaya yönelik uygulamalar tasarlanması bu konuda eğitim öğretim alanında görev yapan kişilerin farkındalığının artırılması tavsiye edilmiştir.

İklim Adaleti ve Cinsiyet

SORUN ALANLARI	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
Ekonomik kalkınma hedefleri ile çevrenin korunması, sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğine karşı alınması gereken önlemlerin çatışması nedeniyle oluşabilecek problemler	Kalkınma planları oluşturulurken çevreye ve iklim değişikliğine duyarlı bir perspektifin merkeze konulması, bütçe planlamalarında çevrenin korunmasına yönelik harcamalara daha çok pay ayrılması önerilmiştir. Kalkınma hedefleri ile sürdürülebilirliğin bir arada, dengeli biçimde yürütülmesi için alternatif ve inovatif yaklaşımların belirlenmesi, AR-GE faaliyetlerinin desteklenmesi gerektiği ifade edilmiştir.
İklim değişikliğine sebebiyet verme ve iklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından etkilenme bakımından oluşabilecek adaletsiz durumların önüne geçilmesi / giderilmesi ihtiyacı	İklim değişikliğinin olumsuz sonuçlarından en çok etkilenen kişilerin sınıflandırılarak kırılgan grupların belirlenmesi ve özellikle bu gruplar için erken dönemde çeşitli önlemler alınması planlanarak adaletsiz durumların ortaya çıkmasının engellenmesi; önlemlere rağmen kaçınılmaz olarak oluşan adaletsiz durumları ise onarmaya yönelik olarak bu grupların pozitif ayrımcılığa tabi tutulması tavsiye edilmiştir. İklim değişikliğine bağlı olarak oluşabilecek nesiller arası adaletsizliğin önüne geçmek için iklim değişikliğinin ve etkilerinin azaltılmasına yönelik önlemlerin alınması, katılımcılığın artırılması, sürdürülebilir bir çevre ve gelecek için gereken ekonomik, sosyal dönüşümün sağlanmasına yönelik adımların atılması önerilmiştir.
İklim değişikliği perspektifinden kırılgan grupların belirlenmesi ve tanımlanması ihtiyacı	Coğrafya, cinsiyet, sosyoekonomik durum gibi özellikler baz alınarak iklim değişikliğinden etkilenme dereceleri doğrultusunda kırılgan grupların belirlenmesi, ve kırılgan grupta yer alan kişilerin politika, mevzuat ve eylem planlarında somutlaştırılması gerektiği belirtilmiş, bu durumun iklim adaletinin tesisinin sağlaması açısından önemli olduğu ifade edilmiştir.

Adil Geçiş

SORUN ALANLARI	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
Adil Geçiş kavramının içeriğinin ve kapsamının netleştirilmesi ihtiyacı	Adil geçişin; sosyal, ekonomik, çevresel etkileri olan çok bütünlüklü ve etki alanı oldukça geniş bir dönüşüm süreci olarak ele alınması gerektiği belirtilmiş, sürecin getireceği olumsuzlukların ve fırsatların tespit edilerek yönetilmesinin yararlı olacağı vurgulanmıştır. Adil geçiş sürecinin yalnızca kömürden çıkış süreci olarak değerlendirilmemesi gerektiğinin altı çizilerek sosyal adaletsizliklerin tümünü kapsayan; yeni, sürdürülebilir, adil ve eşitlikçi bir düzenin temini için geniş kapsamlı politika ve mevzuat çalışmasının hedeflenmesi tavsiye edilmiştir.
İklim değişikliğinin zorunlu kıldığı ekonomik, çevresel ve sosyal değişim/dönüşüm sürecinden kırılgan grupların daha fazla etkilenmesi ve iş olanaklarından yoksun kalması riski	Kırılgan grupların bölgesel bazda tespit edilerek, adil geçiş ile sağlanacak avantajların bu dönüşüm sürecinden en fazla etkilenen bu gruplara dağıtılmasının hedeflendiği bir anlayışın hâkim kılınması; işini kaybetme riski ile karşı karşıya kalan işçiler bakımından beceri, meslek kazandırmaya yönelik eğitim programları; yeniden istihdama katılması mümkün olmayan işçiler açısından erken emeklilik gibi sosyal destek mekanizmalarının oluşturulması çözüm önerisi olarak sunulmuştur.
Adil geçiş sürecinde küçük ve orta ölçekli işletmelerin sistem içerisinde tutunamaması, geçişe uyum sağlayamaması olasılığı	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelere sağlanacak teşvikler ile hem bu işletmelerin korunması hem de bunların sağlayacağı istihdam olanaklarının devam ettirilmesi; geçiş sürecinde alternatif olanakların sunulması; bu işletmelerin dönüşümü ve adaptasyonu için destek sağlanması tavsiye edilmiştir.

SORUN ALANLARI	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
İklim değişikliğinin sektörel ve bölgesel bazda etkilerinin tespiti ve bu etkilerin nasıl bir dönüşümü zorunlu kılacağının belirlenmesi ihtiyacı	Adil geçiş kapsamında öncelikli alan olarak kömürden çıkışın belirlenmesi ile emisyon ticaret sistemi, sınırda karbon düzenlemesi açısından önceliklendirilmiş 5 sektör olan çimento, elektrik, gübre, demir-çelik ve alüminyum sektörlerinin öncelenmesi ve bu alanlarda adil geçişe yönelik çalışmaların artırılması önerilmiştir. İklim değişikliğine yol açan sektörlerin tamamen yok olmasını engelleyecek sürdürülebilir, çevre dostu yenileme/geliştirme faaliyetlerinin tespit edilmesi ve bu çalışmaların maliyetlerinin belirlenmesi; bu sektörlerin yoğunluklu olarak faaliyet gösterdiği bölgelerin tespit edilmesi ve bu bölgedeki alternatif iş olanaklarının, adil geçiş için yaratılabilecek fırsatların neler olduğunun belirlenmesi çözüm önerisi olarak ifade edilmiştir.
Tarım sektörünün iklim değişikliğinden doğrudan ve olumsuz etkilenmesi, sağladığı istihdam özellikleri ve kritik öneme sahip olması nedeniyle adil geçiş kapsamına dâhil edilmesi gerekliliği	Kadın istihdamının ve kayıt dışı çalışan kişi sayısının fazlalığı nedeniyle kırılgan grupları yoğun olarak içeren tarım sektörünün adil geçiş sürecinde acil olarak ele alınmasının yararlı olacağı ifade edilmiştir. Değişen iklim koşullarına uyacak tarım ürünlerinin üretilmesi, sürdürülebilir tarım yöntemlerinin benimsenmesi, alternatif yakın sektörlerin desteklenerek yerinde istihdamın korunmasının amaçlanması önerilmiştir.
Adil geçişe toplumun her kesiminin uyum sağlamasını sağlamaya ve iş kaybı ya da iş değişikliği yaşayacak kişilerin süreç içerisinde yaşayacağı olumsuzlukların bertaraf edilmesine yönelik ihtiyaç	Adil geçiş sürecinin en etkin biçimde işletilebilmesi için sosyal diyalog mekanizmalarının etkin çalıştırılması; istihdamdaki kaymaların doğurabileceği olumsuzlukların önüne geçilmesi için sendikal faaliyetlerin desteklenmesi ve aktörler arasında iş birliği sağlanması, yeni istihdam alanları yaratılması ve erken emeklilik, işsizlik ödeneği gibi araçların çeşitlendirilerek geliştirilmesi tavsiye edilmiştir
Adil geçiş sürecinin beraberinde getirdiği finansman ihtiyacı.	Mevcut kaynakların yeniden düzenlenerek adil geçiş sürecine hizmet edecek biçimde etkin dağılımının sağlanması, çevre dostu ve sosyal adaleti sağlamayı hedefleyen projeler oluşturarak yabancı kaynakların aktarılmasının sağlanması önerilmiştir. Ek olarak yeşil kredi ve tahvil gibi borçlanma araçları, sermaye yatırımları (VC, PE ve melek yatırımcılar) gibi araçlar ile finansman yaratılması olanaklarının değerlendirilmesi tavsiye edilmiştir.

4. ŞURA KARARLARI

İKLİM GÖÇÜ

1	İklim göçü, iklim şartlarında meydana gelen ani ya da aşamalı değişiklikler yüzünden, mutat yerleşim yerlerinin zorunlu veya isteğe bağlı nedenlerle, geçici veya daimi şekilde terk edilmesi suretiyle ülke içinde gerçekleşen ya da ülke dışına gitme şeklinde ortaya çıkan bireylerin ve toplulukların yer değiştirme faaliyeti olarak ele alınmalıdır.
2	İklim değişikliği kaynaklı sebeplerle ülke içinde yaşanan yer değiştirmeler (iç göç) ve kendi ülkesinden iklim değişikliği kaynaklı sebeplerle göç etmek durumunda olan kişilerin (dış göç) durumları ayrı ele alınmalı ve bu konularla ilgili farklı politikalar üretilmelidir.
3	İklim değişikliği ve göç olgularının aralarındaki etkileşim göz önünde bulundurularak, “önleme, hazırlılık ve yer değiştirmenin yönetilmesi” odaklı bir yaklaşımla, iklim değişikliğini doğuran sebeplerin önlenmesi veya iklim değişikliğine karşı önlem alınması iklim mevzuatıyla, iklim değişikliği sebebiyle yer değiştirmek zorunda kalan kişilerin ülkeye girişi ve ülke içindeki durumu ise göç mevzuatı kapsamında ele alınmalıdır.
4	İklim değişikliği kaynaklı yer değiştirmelerin nedenlerine ve bu yer değiştirmelerden etkilenecek sektörlerin tespitine ilişkin çalışmalar yapılmalı ve bu tespitler doğrultusunda 'yerinde çözüm odaklı' önlemler alınmalı, 'yerinde istihdam' olanaklarına ilişkin destek mekanizmaları belirlenmelidir ve ilgili kişilere gerekli eğitimler verilmelidir.
5	İklim göçü süreç yönetimi yaklaşımı ile ele alınmalıdır. İklim göçü dahil olmak üzere iklim değişikliğinin su, enerji, ulaştırma, sağlık, eğitim gibi kamu hizmet sunumunda ve istihdamda ortaya çıkarabileceği etkiler tespit edilmeli ve bu tespitler doğrultusunda ekosisteme baskı yaratan sorunların azaltılmasına yönelik önlemler alınmalı, çalışmalar yapılmalı, stratejiler ve bölgesel eylem planları oluşturulmalı, mevcut çalışmalar da değerlendirilmelidir.
6	Kırsal alanda göç alma ve vermeye bağlı olarak ortaya çıkabilecek başta gıda güvenliği ve üretim daralması, tarım alanlarının atıl kalması gibi iklim değişikliğine bağlı olumsuz sonuçlara/risklere karşı çalışmalar yapılmalıdır. Kırılgan gruplar güçlendirilmeli, kadın tarım üreticileri başta olmak üzere tüm üreticileri desteklemeye yönelik teknik ve finansal destek mekanizmaları oluşturulmalıdır.
7	İklim değişikliği kaynaklı yer değiştirmelerde, göç alan ve göç verme riski olan kentsel ve kırsal alanların iklim değişikliğinin sonuçlarından etkilenebilirlikleri değerlendirilerek, bu yerleşimlerin dirençli hale gelebilmesi için başta merkezi ve yerel kamu idareleri olmak üzere tüm tarafların işbirliği yapmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmelidir.
8	İklim değişikliği kaynaklı yer değiştirmelerin sosyal ve çevresel etkilerinin ölçülmesi konusunda metodoloji oluşturulmalı ve etki değerlendirme süreçlerine dahil edilmesi konusunda çalışmalar yapılmalıdır.
9	İklim değişikliği kaynaklı yer değiştirmeler neticesinde ülkemizi etkileyebilecek iş gücü göçünün “sektör” ve “vasıf” temelli profili değerlendirilerek, insani ve ekonomik kalkınmanın azami seviyeye çıkarılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

10	Ekosistem bütünlüğünün sağlanması ve biyoçeşitliliğin korunması için bilim temelli, teknoloji odaklı, yenilik eksenli/yenilikçi çalışmaların yanı sıra geleneksel bilginin korunması da desteklenmelidir. İklim değişikliği kaynaklı göç nedeniyle ülkemize getirilen veya doğal yolla göç eden türlerin biyoçeşitliliğe etkisi ve yaratacağı sorunların tespiti ve çözümü amacıyla ilgili tüm paydaşlarla işbirliği yapılmalıdır. Göç nedeniyle ülkemize sınır kapılarından girebilecek istilacı yabancı türlerin önlenmesine yönelik olarak sınır kapılarında kontrol mekanizması kurulmalıdır.
11	"Göç, Çevre ve İklim Değişikliği" alanlarında kurumlar, yerel yönetimler, sivil toplum örgütleri, bireyler ve gruplar arası iş birliği ve koordinasyonunun sağlanması için çalışmalar yapılmalıdır.
12	Afet ve afet sigortaları mevzuatı iklim değişikliği bağlantılı zarar ve afetleri kapsayacak şekilde gözden geçirilmelidir.

İKLİM ADALETİ

13	İklim değişikliği ile mücadelenin sosyal boyutları konusunda yürütülecek çalışmalarda hak temelli yaklaşımlar benimsenmeli, geliştirilecek politika, eylem ve mevzuat düzenlemelerinde cinsiyet eşitliği dikkate alınmalıdır.
14	Küresel gelişmeler ve ulusal koşullar dikkate alınarak iklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkması muhtemel adaletsizliklerin doğurabileceği sorunlara yönelik olarak onarıcı adalet temelli yaklaşımlar benimsenmelidir.
15	İklim adaletine ilişkin süreçlerde ve iklim değişikliğinin ele alınması için eyleme geçilirken, insan hakları; sağlık hakkı, eğitim hakkı; gelişme hakkı gibi temel haklar esas alınmalı, çocuklar, kadınlar, yaşlılar, engelliler gibi kırılgan durumdaki kişilerin menfaati gözetilerek cinsiyet eşitliği, kadınların güçlendirilmesi ve kuşaklararası adalet göz önünde bulundurulmalıdır. İklim değişikliğinden etkilenen kişi ve gruplara yönelik ulusal politikalarda sosyal belirleyiciler dikkate alınmalıdır.
16	Uluslararası politika bağlamında iklim adaletine ilişkin süreçler, Türkiye'nin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Paris İklim Anlaşması'nda açıkça ve kesin olarak kabul edilen "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreli kabiliyetler ilkesi" temelinde ve Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefiyle uyumlu olarak, küresel çabalara destek olma bağlamında dikkate alınmalıdır.
17	İklim değişikliği ile mücadele kapsamında belirlenecek politikalarda, iklim adaleti ve yeşil dönüşüm gözetilerek, ekonomik büyümenin çevresel tahribattan ayrıştırılması önceliklendirilmelidir.
18	İklim değişikliği ile ilgili bilgiye erişim olanakları iyileştirilmeli, karar alma ve uygulama süreçlerine toplumun tüm kesimlerini kapsayacak adil ve etkin katılım imkânları güçlendirilmelidir. Bu çerçevede kadınlar ve gençler öncelikli olmak üzere, kırılgan gruplara iklim değişikliğiyle ilgili karar alma ve uygulama süreçlerinde etkin rol verilmelidir. Kadın liderliği teşvik edilmelidir.
19	İklim adaletine erişimin sağlanması amacıyla etkin başvuru yolları oluşturulmasına yönelik mevzuat çalışmaları yapılmalıdır.

20	2053 net sıfır emisyon ve yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması kapsamında sunmak zorunda olduğu Ulusal Katkı Beyanları da dahil olmak üzere, iklim değişikliği ile ilgili üretilecek tüm plan, program ve stratejilerde cinsiyet eşitliğine ve adil geçişe ilişkin hususlar dikkate alınmalıdır.
21	İklim adaletini sağlamaya yönelik olarak, kurulması değerlendirilebilecek mekanizmalarda cinsiyete duyarlı bütçe ile cinsiyet merceğinden yatırım imkânları geliştirilmeli ve entegrasyonun sağlanması yönünde çalışmalar yapılmalıdır.
22	ÇED mevzuatında değişiklik yapılarak projelerin çevresel, iklim değişikliğine bağlı ve sosyal etkilerinin, uluslararası standartlarca ölçümlenmek suretiyle çevresel etki değerlendirme raporlarında yer alması sağlanmalıdır.
23	Afet eylem ve eğitim planlarında iklim değişikliği bağlamında yapılacak düzenlemelerde afet öncesi, sırası ve sonrasında kırılgan grupların da ihtiyaçları dikkate alınarak davranış değişikliği hedeflenmelidir.
24	İklim değişikliği konusunda kamu kurumlarının farkındalığını artırmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirilmek, ilgili kurum ve kuruluşlarda koordinasyonu sağlamak ve çalışmaları daha etkin şekilde yürütmek üzere birimlerin oluşturulması amacıyla bunların mevcut görev tanımları dikkate alınarak gerekli kurumsal düzenlemeler yapılmalıdır.
25	Hukukçuların çevre ve iklim okur-yazarlığının artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalı, Çevre ihtisas mahkemeleri kurulmalı ve bu alanda nitelikli hakimler ve avukatlar yetiştirilmelidir.
26	İklim değişikliğine ve ekolojik yıkıma sebep olan gerçek ve tüzel kişilerin cezalandırılmasına yönelik ilgili mevzuatlarda gerekli düzenlenme yapılmalıdır.

ADİL GEÇİŞ

27	Adil geçiş, iklim nötr bir ekonomiye geçiş sürecinin, sosyal diyalog mekanizmasını etkin bir şekilde işleterek, kimsenin geride bırakılmadığı, dönüşüm sürecindeki riskler ve fırsatlar birlikte değerlendirilerek kırılgan gruplar öncelikli olmak üzere insana yakışır yeşil iş olanaklarının yaratıldığı stratejik çerçevedir.
28	İnsana yakışır-tam sosyal koruma sağlayan ve aynı zamanda karbon emisyonlarını azaltıcı etkisi olan "yeşil işler" artırılmalı ve iklim değişikliği ile dönüşüm sürecinden ve etkilenen iş gücünün istihdamının korunmasına yönelik yeşil ve dijital dönüşüm odaklı becerilerin kazandırılmasına ilişkin programlar sosyal tarafların iş birliğiyle geliştirilmelidir.
29	İklim değişikliğinden ve dönüşümden olumsuz etkilenecek çalışanlar ve aileler için uygun sosyal koruma önlemleri geliştirilmelidir.
30	Ulusal bir kayıp-zarar mekanizmasının oluşturulması ve bu kapsamda mevcut kaynakların etkin kullanımı ve uluslararası finans kaynaklarının ülkemize aktarılması konusunda çalışmalar yürütülmelidir.
31	Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefi, ülkenin tabi olacağı uluslararası düzenlemeler bağlamında geçişe konu olacak sektörler tedarik zincirleri de gözetilerek belirlenmeli; kömür madenciliği ve kömüre bağlı elektrik üretim sektörü, tarım ve sınırda karbon düzenlemesi açısından önceliklendirilmiş 5 sektör olan çimento, elektrik, gübre, demir-çelik ve alüminyum gibi sektörler başta olmak üzere sürdürülebilir, adil ve eşitlikçi bir geçiş için etki değerlendirmesi çalışmaları yapılmalı, destek mekanizmaları bu kapsamda yapılandırılarak geliştirilmelidir.

32	Teşvik mekanizmaları, finansman ve yatırım, adil geçiş prensiplerini sağlayan proje ve işletmelere yönlendirilecek şekilde tasarlanmalı ve uygulanmalıdır. Adil geçiş sağlanması bağlamında, öncelikli sektörlerin yanı sıra, mikro, küçük ve orta ölçekli işletmelerin yeşil dönüşümünün desteklenmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.
33	Paris İklim Anlaşması uyarınca hazırlanacak Ulusal Katkı Beyanı ve 2053 net sıfır emisyon hedefinin istihdama etkileri sektörel bazda değerlendirilmeli ve insana yakışır, potansiyel istihdam olanakları orta ve uzun vadeli bir perspektifle analiz edilmelidir.
34	Adil geçişe yönelik çalışmalarda kurumlar arası iş birliği ve koordinasyonun güçlendirilmesi ve yerel yönetimler ile iş birliği sağlanması yolu ile sürecin katılımcı bir yaklaşımla ilerlemesi sağlanmalıdır. Adil geçiş sürecinde, istihdam, sanayi, teknoloji, yerel/bölgesel kalkınma, iklim ve eğitim gibi politikalar koordineli bir şekilde yürütülerek kamu kurumları, sivil toplum kuruluşları ve süreçten etkilenen tüm paydaşların katılımcılığına olanak sağlayacak mekanizmalar oluşturulmalıdır.
35	Adil geçiş bağlamında politikalar belirlenirken sosyal diyalog (işçi, işveren sendikaları ve kamu temsilcileri) temel unsur olarak öne çıkmalıdır ve bu konuda tüm paydaşların farkındalığının artırılması sağlanmalıdır.
36	Adil geçiş sağlanmasına yönelik yapılacak çalışmalarda veri/bilgi eksiğinin hızla kapatılabilmesini teminen ilgili kurumların kapasiteleri artırılmalıdır.
37	2053 net sıfır emisyon hedefi bağlamında olumsuz etkilenecek sektörlere yönelik bir adil geçiş mekanizmasının kurulmasının değerlendirilerek Emisyon Ticaret Sistemi ve diğer karbon fiyatlama mekanizmalarından elde edilecek gelirin bir kısmı bu adil geçiş mekanizmasına aktarılmalıdır.

EĞİTİM VE FARKINDALIK

38	İklim değişikliği konusunda "Sürdürülebilir Kalkınma İçin Eğitim" bakış açısıyla toplumsal farkındalık arttırılmalıdır. Bu kapsamda ilgili tüm aktörlerce yerel ve ulusal düzeyde çalışmaların yürütülmesi teşvik edilmelidir.
39	İklim göçü, iklim adaleti, cinsiyet eşitliği, kırılgan gruplar ve adil geçiş konularına ilişkin akademik çalışmaların artırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalı, ar-ge çalışmaları desteklenmelidir.
40	İklim değişikliği yüksek öğretim programlarına (hukuk, eğitim, sosyal bilimler, mühendislik vb.) dahil edilmeli, üniversitelerde konuyu farklı boyutlarıyla ele alacak yüksek lisans ve doktora programlarının açılması teşvik edilmelidir.
41	Okul öncesinden başlayarak müfredattaki kazanımlar sürdürülebilir kalkınma amaçları açısından gözden geçirilerek müfredat güncellenmeli ve ilgili kazanımlara yönelik iklim değişikliği konulu etkinlikler hazırlanmalıdır. Bu kapsamda öğretmenlere hizmet içi eğitimler verilmelidir. Yaygın eğitimde de iklim değişikliği farkındalığını arttırmaya yönelik uygulamalı çalışmalar yaygınlaştırılmalıdır.
42	Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadelesinde atılacak adımlar ve alınacak tüm kararlarda İklim Elçileri tarafından 21 Şubat 2022 tarihinde İklim Şurası'nda açıklanan 'Gençlik Bildirgesi'nde yer alan talepler dikkate alınmalıdır.
43	İklim değişikliğine karşı toplumsal farkındalığı artırmak için kitle iletişim araçlarından yararlanılarak iklim okur yazarlığı programları yürütülmelidir. İklim okur yazarlığı ile iklim ve çevreye duyarlı tüketim alışkanlıkları başta olmak üzere toplumsal düzeyde davranış değişikliğinin sağlanması nihai hedef olmalıdır.

SAĞLIK

44	İklim değişikliğinin ortaya çıkarabileceği sağlık sorunlarının yönetilmesinde; halk sağlığı ve yeni hastalıklar gibi alanlarda, insan, hayvan-bitki ve çevre üçgenini gözetecek şekilde, tek sağlık yaklaşımı ve sağlık etki değerlendirmesi metodunun rehberliğinde, etki belirleme, önleme, izleme, erken uyarı ve hızlı yanıt çalışmalarının, ilgili disiplin ve sektörlerin katılımı ile eşgüdümlü olarak yönetilmesi benimsenmelidir.
45	İklim değişikliği kaynaklı iş sağlığı güvenliği ve halk sağlığı başlıklarında doğabilecek ilave hizmet talebinin tahminlenmesine ve karşılanmasına yönelik tedbirlerin alınmasına ilişkin çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

İKLİM GÖÇÜ

Acosta, R.J., Kishore, N., Irizarry, R.A., & Buckee, C.O. (2020). Quantifying the dynamics of migration after Hurricane Maria in Puerto Rico. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2001671117 (Erişim 12.02.2022)

Asian Development Bank. (2012). Addressing Climate Change and Migration in Asia and the Pacific. http://hdl.handle.net/11540/918. (Erişim: 10.02.2022)

Aung, T., Singh, A. & Prasad, U. (2009). A study of sea–level changes in the Kiribati area for the last 16 years. Weather. 64. https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wea.396 (Erişim:10.02.2022)

Berlemann, M. & Steinhardt, M. (2017). Climate Change, Natural Disasters and Migration – A Survey of the Empirical Evidence. CESifo Economic Studies. https://academic.oup.com/cesifo/article/63/4/353/4656267 (Erişim 12.02.2022)

Burleson, E., (2009). Climate Change Displacement to Refuge, University of Oregon Symposium on Climate Change Equity, Journal of Environmental Law and Litigation https://ssrn.com/abstract=1470486 (Erişim 17.02.2022)

Camelo, J., Mayo, T. & Gutmann, E.. (2020). Projected Climate Change Impacts on Hurricane Storm Surge Inundation in the Coastal United States. Frontiers in Built Environment. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbuil.2020.588049/full (Erişim 12.02.2022)

Çapan, F. & Güvenç, B. (2017). Kavimler Göçü ve Batı Roma İmparatorluğu'nun Çöküşü . 21. Yüzyılda Eğitim Ve Toplum Eğitim Bilimleri Ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6 (18), 629-640. https://dergipark.org.tr/en/pub/egitimvetoplum/issue/36222/407936 (Erişim:11.02.2022)

Carneiro, I.J.V.(2021). The Netherlands And Its Biggest Challenge: Stopping Sea Level Rise, [Web Günlük Postası]. (https://esthinktank.com/2021/04/06/the-netherlands-and-its-biggest-challenge-stopping-sea-level-rise/

Chaladdee, A., Kim, S. M., Nitivattananon, V., Pal, I., Roy, J., & Roachanakanan, T. (2022). Trend Analysis of Mainstreaming Flood Risk Reduction into Spatial Planning in Thailand. Sustainability, 14(3), 1119. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/su14031119 (Erişim: 12.02.2022)

Clement, V., Rigaud, K. K., de Sherbinin, A.; Jones, B.; Adamo, S:; Schewe, J, Sadiq, N., Shabahat, E. (2021). Groundswell Part 2 : Acting on Internal Climate Migration. World Bank,

Washington, https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36248 (Erişim 05.02.2022)

Climate Change and Migration: Improving Mehodologies to Estimate Flows, No:33, IOM Mıgration Research Series, s.31. https://publications.iom.int/system/files/pdf/mrs-33.pdf. (Erişim: 16.02.2022).

Deines, J. & Hellmann, J. (2008). An Assessment of Invasion Risk from Assisted Migration. Conservation Biology: the journal of the Society for Conservation Biology. https://www.researchgate.net/publication/5279382_An_Assessment_of_Invasion_Risk_from_Assisted_Migration (Erişim 17.02.2022)

Ekşi N., (2016). İklim Mültecileri, Göç Araştırmaları Dergisi. 2/2, s.56-57 https://gam.gov.tr/files/nuray-eksi.pdf (Erişim 09.03.2022)

El-Hinnawi, E. & United Nations Environment Programme. (1985). Environmental refugees. Nairobi: United Nations Environment Programme. https://digitallibrary.un.org/record/121267?ln=en (Erişim 09.03.2022)

Ghaly, S. (2021.). Climate Displacement and the Need for Legal Protection". ANU Undergraduate Research Journal 11 (1):89-107. https://studentjournals.anu.edu.au/index.php/aurj/article/view/543.

Gökalp Alıca, S.S., (2020), Türkiye'deki Karasal Ortamlarda ve İç Sularda İstilacı Yabancı Türlerin Tehditlerinin Değerlendirilmesi Projesi (1143/2014 Sayılı AB Tüzüğüne paralel olarak), Sözleşme No TR2017 Esop Mi A3 11/Ser/11, İstilaci Yabanci Türler Mevzuat Boşluk Analizi Raporu, http://karasalistilacilar.org/wp-content/uploads/2021/02/LGA_Report_19.02.2021.pdf. (Erişim: 10.02.2022).

Hantscher, S. (2019). The UNHCR and Environmentally Displaced Persons. In: The UNHCR and Disaster Displacement in the 21st Century. Contributions to Political Science. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-19689-9_5

Hermans, K. & Garbe, L. (2019). Droughts, Livelihoods, And Human Migration In Northern Ethiopia. Regional Environmental Change. https://doi.org/10.1007/s10113-019-01473-z. (Erişim 15.02.2022)

Hermans, K. & McLeman, R. (2021). Climate Change, Drought, Land Degradation And Migration: Exploring The Linkages. Current Opinion in Environmental Sustainability. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343521000701 (Erişim 15.02.2022)

Hossain, B., Sohel, Md. & Ryakitimbo, C. (2020). Climate Change Induced Extreme Flood Disaster In Bangladesh: Implications On People's Livelihoods In The Char Village And Their Coping Mechanisms. Progress in Disaster Science. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590061720300168?via%3Dihub (Erişim 10.02.2022)

https://www.researchgate.net/

publication/315492192_Akdeniz'de_Iklim_Degisikligi_ve_Cevresel_Guvenlik_Kiskacinda_Iklim_Multecileri (Erişim 10.02.2022)

Ilık Bilben, M. S. (2018). Antropojenik İklim Değişikliği Bağlamında Göç Tartışmaları. Journal of Social Policy Conferences. (75) , 237-268 https://dergipark.org.tr/en/pub/iusskd/issue/41800/504526 (Erişim 10.02.2022)

Ilik Bilben, M. S. (2019). Uluslararası Politika ve Güvenlik Tartışmaları Ekseninde İklim Değişikliği Kaynaklı Göçlere Genel Bir Bakış. Uluslararası Küresel Ekolojik Güvenlik Sempozyumu. 53-65 https://www.researchgate.net/publication/338188952_Uluslararasi_Politika_ve_Guvenlik_Tartismalari_Ekseninde_Iklim_Degisikligi_Kaynakli_Goclere_Genel_Bir_Bakis (Erişim 10.02.2022)

International Organization for Migration, Compendium of IOM' s Activites in Migration, Climate Change and Enviroment https://publications.iom.int/books/compendium-ioms-activities-migration-climate-change-and-environment (Erişim 12.02.2022)

International Union for Conservation of Nature(IUCN) (2017). İstilacı Yabancı Türler ve İklim Değişikliği, https://www.istilacilar.org/wp-content/uploads/2020/06/Istilaci-Yabanci-Turler-ve-Iklim-Degisikligi.pdf (Erişim 15.02.2022)

Karakuş Kaçmaz, F. & Özaydın, M. (2019). Sosyal Politika Disiplini Bağlamında Küresel İklim Değişikliği. Çalışma İlişkileri Dergisi, 10 (2), 96-128. https://dergipark.org.tr/en/pub/cider/issue/50917/577760 (Erişim:11.02.2022)

Kolmannskog, V. (2012). Climate Change, Environmental Displacement And International Law. Journal of International Development. https://www.researchgate.net/publication/261529912_Climate_change_environmental_displacement_and_international_law (Erişim 17.02.2022)

Korkanç, S. Y. & Korkanç, M. (2006). Sel Ve Taşkinlarin İnsan Hayati Üzerindeki Etkileri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi , 8 (9) , 42-50. https://dergipark.org.tr/en/pub/barofd/issue/3405/46865 (Erişim 10.02.2022)

Lincke, D. & Hinkel, J. (2021). Coastal Migration Due To 21st Century Sea-Level Rise. Earth's Future, https://doi.org/10.1029/2020EF001965 (Erişim 12.02.2022)

McAdam, J. (2010). Swimming Against the Tide: Why a Climate Change Displacement Treaty is Not the Answer. International Journal of Refugee Law. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1714714 (Erişim:11.02.2022)

Miyan, M. A. (2014). Droughts in Asian Least Developed Countries: Vulnerability and Sustainability. Weather and Climate Extremes. https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.06.003 (Erişim 15.02.2022)

Myers, N. (1997) Environmental Refugees. Population and Environment 19, 167–182. https://**doi.**org/10.1023/A:1024623431924 (Erişim 17.02.2022).

Nicholson, F. & Kumin, J. (2017). A guide to international refugee protection and building state asylum systems. Handbook for parliamentarians", IPU and UNHCR. 27. https://www.unhcr.org/3d4aba564.pdf, (Erişim: 13.02.2022).

Nuñez, M.A., Kuebbing, S., Dimarco, R.D. & Simberloff, D. (2012). Invasive Species: To Eat Or Not To Eat, That Is The Question. Conservation Letters, 5: 334-341. https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00250.x (Erişim: 17.02.2022)

Oral, B. & Cetinkaya, F. (2017). Sosyolojik Bir Olgu Olarak Göç, Tanımı, Nedenleri ve Göç Kuramları. https://www.researchgate.net/publication/335716297_Sosyolojik_Bir_Olgu_Olarak_Goc_Tanimi_Nedenleri_ve_Goc_Kuramlari

Rigaud, K. K., de Sherbinin, A.; Jones, B., Bergmann, J., Clement, V. Ober, K.,Schewe, J., Adamo, S., McCusker, B., Heuser, S., Midgley, A., (2018). Groundswell : Preparing for Internal Climate Migration. World Bank,. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29461 (Erişiö 17.02.2022)

Safi, S. (2020). Ioane Teitiota Kiribati / Yeni Zelanda Davasi Ve Bm İnsan Haklari Komitesi'nin İklim Mültecileri İle İlgili Tarihi Karari. Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi , 22 (2) , 509-540 . https://dergipark.org.tr/en/pub/deuhfd/issue/57857/800899. (Erişim 12.02.2022)

Schmaljohann, H.,& Both, C. (2017). The Limits Of Modifying Migration Speed To Adjust To Climate Change. Nature Climate Change 7, 573–576. https://doi.org/10.1038/nclimate3336

Sipahi, E. B. & Tekin, S. (2016). Akdeniz'de İklim Değişikliği ve Çevresel Güvensizlik Kıskacında İklim Mültecileri. Uluslararası Akdeniz'de Çevresel Güvenlik Konferansı, 44-79.

Traore Chazalnoel, M.&Puscas, S. (2019), Climate Change and Migration in Vulnerable Countries [Web Günlük Postası]]https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/09/climate-change-and-migration-in-vulnerable-countries/. (Erişim 14.02.2022).

Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler . İklim Değişikliği ve Çevre. 1 (1), 26-37. https://dergipark.org.tr/en/pub/idec/issue/36965/450247 (Erişim:11.02.2022)

Türkeş, M. (2015). Kuraklık, Çölleşme Ve Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi, Marmara Üniversitesi Avrupa Topluluğu Enstitüsü Avrupa Araştırmaları Dergisi, 20 (1) , 7-55 . https://dergipark.org.tr/en/pub/maruaad/issue/326/1581 (Erişim 15.02.2022)

United Nations Office fort he Coordination of Humanitarian Affairs(OCHA), Humanitarian Needs Overview Yemen, Humanitarian Programme Cycle, 2021. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.

int/files/resources/Yemen_HNO_2021_Final.pdf. (Erişim 12.02.2022)

Vigil S., IOM & UNCCD (2019) Addressing the Land Degradation– Migration Nexus: The Role of the United Nations Convention to Combat Desertification. https://reliefweb.int/report/world/addressing-land-degradation-migration-nexus-role-united-nations-convention-combat (Erişim 15.02.2022)

World Bank, Climate change could force 216 million people to migrate within their own countries by 2050 [Basın Duyurusu]. (2021) https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2021/09/13/climate-change-could-force-216-million-people-to-migrate-within-their-own-countries-by-2050 . (Erişim 11.02.2022).

Yalçın, C. (2004). Göç Sosyolojisi, Ankara:Anı Yayıncılık.

İKLİM ADALETİ KIRILGAN GRUPLAR VE CİNSİYET

Actualicion de la Contribucion Nacional Determinada de Honduras [Honduras' ın Ulusal Katkı Beyanı Güncellemesi] https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Honduras%20First/NDC%20de%20Honduras_%20Primera%20Actualizaci%C3%B3n.pdf. (Erişim:15.02.2022).

Ağca, B.(2002), Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, [Web Kaynak] https://www.mfa.gov.tr/dunya-surdurulebilir-kalkinma-zirvesi_johannesburg_-26-agustos---4-eylul-2002_.tr.mfa (Erişim: 15.02.2022).

Akkuş, A. (2021). Küresel Güney Bağlamında Iklim Etiği Ve Iklim Adaleti Uygulamaları. Cappadocia Journal of Area Studies 3, 200-215 https://dergipark.org.tr/en/pub/cjas/issue/67812/1051986 (Erişim 17.02.2022)

Allen, F. (2015). The State of the Climate Justice Movement in South Africa. Capitalism, Nature, Socialism. https://doi.org/10.1080/10455752.2015.1017731 (Erişim 09.02.2022)

Antigua and Barbuda Updated Nationally Determined Contribution, (2021). [Antigua ve Barbuda' nın Ulusal Katkı Beyanı Güncellemesi], https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Antigua%20and%20Barbuda%20First/ATG%20-%20UNFCCC%20NDC%20-%202021-09-02%20-%20Final.pdf. (Erişim:15.02.2022)

Bali Principles of Climate Justice, (2002),

https://www.corpwatch.org/article/bali-principles-climate-justice (Erişim 12.02.2022).

Birleşmiş Milletler (2014), Uluslararası Nüfus ve Kalkınma Raporu https://www.unfpa.org/publications/international-conference-population-and-development-programme-action. (Erişim:15.02.2022)

Birleşmiş Milletler Dünya Zirvesi Sonucu (2015), https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_60_1.pdf. (Erişim:15.02.2022).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC). (2014), Lıma Work Programme On Gender (LWPG)[Lima Çalışma Programı] https://www4.unfccc.int/sites/NWPStaging/Pages/Lima-Work-ProgrammeonGender.aspx#:~:text=The%20Lima%20Work%20Programme%20on%20Gender%20(LWPG)%20was%20established%20in,responsive%20climate%20policy%20and%20action. (Erişim 14.02.2022)

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC).(2014). Lima Çalışma Programı ve ilgili Cinsiyet Eylem Planı (GAP) https://unfccc.int/documents/210471. (Erişim:14.02.2022).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı.(2019), 25. Oturum, Madrid. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cp2019_13a01_adv.pdf. (Erişim 15.02.2022).

Birleşmiş Milletler Kadının Statüsü Komisyonu. (2008). 52. Raporu. https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N08/290/62/PDF/N0829062.pdf?OpenElement. (Erişim: 15.02.2022).

Birleşmiş Milletler Kadınlara Karşı Her Türlü Ayrımcılığın Ortadan Kaldırılması Komitesi, (2010) 44. Oturum Raporu, https://www.refworld.org/docid/4eeb6c282.html. (Erişim:15.02.2022)

Birleşmiş Milletler Kadınlara Karşı Her Türlü Ayrımcılığın Ortadan Kaldırılması Komitesi,(2018), 37 Sayılı Genel Tavsiye Kararı, https://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CEDAW/Shared%20Documents/1_Global/CEDAW_C_GC_37_8642_E.pdf. (Erişim 15.02.2022).

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, Pekin Deklerasyonu ve Eylem Platformu. https://www.un.org/womenwatch/daw/beijing/pdf/BDPfA%20E.pdf. (Erişim:15.02.2022).

Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu Ulusal İklim Politikasında Cinsel Sağlık ve Üreme Sağlığı ve Hakları Raporu:https://esaro.unfpa.org/en/publications/sexual-and-reproductive-health-and-rights-national-climatepolicy. (Erişim 15.02.2022).

Birleşmiş Milletler, (2011), Durban İklim Değişikliği Stratejisi [Web Yayını] https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/past-conferences/durban-climate-change-conference-november-2011/durban-climate-change-conference-november-2011.

Cabo Verde National Report. (2019) Beijin +25, On The Implementation of The Beijing Declaration And Platform For Action[Capo Verde Ulusal Raporu] https://www.unwomen.org/sites/default/files/Headquarters/Attachments/Sections/CSW/64/National-reviews/Cabo_Verde.pdf (Erişim:15.02.2022).

Cambodia' s Updated Nationally Determined Contribution, (2020) [Kamboçya' nın Ulusal Katkı Beyanı Güncellemesi] https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Cambodia%20First/20201231_NDC_Update_Cambodia.pdf . (Erişim:15.02.2022).

Cerit Mazlum S., (2019) Küresel İklim Politikaları, İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 2. (Erişim 17.02.2022)

Costa Rica' s Intended Nationally Determined Contribution[Costa Rica Ulusal Katkı Beyanu], ttps://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Costa%20Rica%20First/INDC%20Costa%20Rica%20Version%202%200%20final%20ENG.pdf (Erişim:15.02.2022).

Dankelman, I. (2002). Climate Change: Learning From Gender Analysis And Women's Experiences Of Organising For Sustainable Development. Gender & Development https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13552070215899. (Erişim.15.02.2022)

Demirci, M. (2013). İklim Değişikliği ve Dağıtıcı Adalet . Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi , 8 (2) , 183-204 https://dergipark.org.tr/en/pub/oguiibf/issue/5714/76494

Demirci, M. (2013). İklim Değişikliği ve Dağıtıcı Adalet.Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi , 8 (2) , 183-204 https://dergipark.org.tr/en/pub/oguiibf/issue/5714/76494 (Erişim: 13.02.2022).

Doğru, B& Gökalp Alıca, S.S. (2019). İklim Mücadelesinde Ekonomik, Sosyal ve Ekolojik Adalet, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çalışmaların Desteklenmesi Projesi İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 16, Ankara 2019, s.10. https://www.iklimin.org/moduller/adaletmodulu.pdf (Erişim 09.02.2022)

Durban Group for Climate Justice [Durban İklim Adaleti Diyaloğu]. https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/past-conferences/durban-climate-change-conference-november-2011/durban-climate-change-conference-november-2011 (Erişim:17.02.2022).

Eckstein D., Hufils, M.L. & Winges, M.(2019). Global Climate Risk Index. Germanwatch: https://www.germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/Global%20Climate%20Risk%20Index%202019_2.pdf (Erişim Tarihi: 06.02.2022).

Eckstein D., Künzel, V. & Schafer, L.(2021). Global Climate Risk Index. Germanwatch: https://www.germanwatch.org/en/19777 (Erişim:17.02.2022).

Food and Agriculture Organization of the United States(FAO) (2016) Tarımsal Ve Kırsal Geçimin Ulusal Cinsiyet Profili- Türkiye Raporu http://www.fao.org/3/i6192tr/I6192Tr.pdf. (Erişim:15.02.2022).

Global Gender Environment Outlook [Küresel Cinsiyet İklimine Genel Bakış] Raporu https://www.unep.org/resources/report/global-gender-and-environment-outlook-ggeo.

Government of Nepal, (2020), Second Nationally Determined Contribution,[Nepal' in İkinci Ulusal Katkı Beyanı], https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Nepal%20Second/Second%20Nationally%20Determined%20Contribution%20(NDC)%20-%202020.pdf. (Erişim:15.02.2022).

Gökalp Alıca, S. S. (2017). Kadın ve Çevre. Türkiye Barolar Birliği Dergisi, Özel Sayı 151 - 172. http://tbbdergisi.barobirlik.org.tr/m2017-2017-1719 (Erişim 17.02.2022)

Güriz A., Adalet Kavramı, https://www.anayasa.gov.tr/media/4808/adnan.pdf. Erişim 06.02.2022

Huyer, S.(2016), Info Note, Gender and International Climate Policy, Climate Change, Agriculture and Food Security. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/71106/GenderCOP21InfoNote.pdf?sequence=5&isAllowed=y. (Erişim:22.02.2022)

IPCC, (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ (Erişim 17.02.2022).

IPCC. (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L.Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf (Erişim: 06.02.2022)

İklim Adaleti Koalisyon [Web Sitesi].; https://www.iklimadaletikoalisyonu.org/ (Erişim:15.02.2022);

İklim Adaleti Koalisyonu, (2021) [Web:Basın Açıklaması], https://www.iklimadaletikoalisyonu.org/2021-12-25_iklim-adaleti-icin-harekete-geciyoruz.

İklim Değişikliği Politika ve Araştırma Derneği, https://www.iklimdernegi.org/rapor/KOMUR-MADENCILIGININ-SEHIR-HAYATINA-ETKILERI-BAGLAMINDA-ZONGULDAK-ARASTIRMASI-GENEL-DEGERLENDIRME-RAPORU/3 (Erişim 15.02.2022)

Jagers, S.& Duus-Otterstrom, G.. (2008). Dual Climate Change Responsibility: On Moral Divergences Between Mitigation And Adaptation. Environmental Politics. https://doi.org/10.1080/09644010802193443 (Erişim 13.02.2022)

Kara, Y. (2021). Kesişimsellik İklim Krizinin Neresinde? International Journal Of Cultural And Social Studies, 7(1), 1-16. https://doi.org/10.46442/intjcss.729485 (Erişim 15.02.2022)

Karatepe, S. & Arıbaş, N. N. (2015). İş Hayatında Kadın Yöneticilere İlişkin Cinsiyet Ayrımcılığı:Türkiye İçin Bir Değerlendirme . Yasama Dergisi , (31) , 7-23 https://dergipark.org.tr/en/pub/yasamadergisi/issue/54469/741405

Kaya, Y. (2017). Paris Anlaşmasını İklim Adaleti Perspektifinden Değerlendirmek . Uluslararası İlişkiler Dergisi , Özel Sayı: Paris İklim Zirvesi ve Yansımaları , 87-106 . https://doi.org/10.33458/uidergisi.513231 (Erişim 13.02.2022)

Kul Yenigül, A.(2019). Onarıcı Adalet ve Cezalandırıcı Adalet, Beykent Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 5(9), 9-26 https://www.jurix.com.tr/article/21164 (Erişim 06.02.2022)

Leist, A. & Kılıç, S. (2011). Daha İyi Bir Sürdürülebilirlik İçin Çevresel Adalet, Küresel Bakış Çeviri Hukuk Dergisi 1 (1) , 1-12 . https://dergipark.org.tr/en/pub/kbchd/issue/60967/905768

Lu, X.D. (2015). Assessment Of Achievements Of The Lima Climate Change Conference And Perspectives On The Future. Advances in Climate Change Research. https://doi.org/10.1016/j.accre.2015.03.001 (Erişim 17.03.2022)

Moellendorf, D. (2015). Climate Change Justice. Philosophy Compass 10 (3):173-186. https://doi.org/10.1111/phc3.12201 (Erişim 06.02.2022)

Öztürk, M. & Öztürk, A. (2019). BMİDÇS'den Paris Anlaşması'na: Birleşmiş Milletler'in İklim Değişikliğiyle Mücadele Çabaları . Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi , 12 (4) , 527-541 . https://doi.org/10.25287/ohuiibf.494667 (Erişim 17.02.2022)

People' s Agreement of Cochabamba, (2010) [Cochamba Halklar Anlaşması] https://www.climateemergencyinstitute.com/uploads/Peoples_climate_agreement.pdf. (Erişim: 17.02.2022).

Reese, G. (2016). Common Human Identity and the Path to Global Climate Justice. Climatic Change. https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-015-1548-2 (Erişim 17.02.2022)

Sarıkoç Yıldırım, B. (2020). Climate Justice at the Local Level: The Case of Turkey. Politikon: The IAPSS Journal of Political Science, 45, 7–30. https://doi.org/10.22151/politikon.45.1 (Erişim 16.02.2022)

Schlosberg, D. & Collins, L.B. (2014), From Environmental To Climate Justice: Climate Change And The Discourse Of Environmental Justice. WIREs Clim Change, 5 359-374. https://doi.org/10.1002/wcc.275 (Erişim 09.02.2022)

Sids Setting a Gih Bar:Antigua and Barbuda Submits It' s Ambitious NDC (2021),[Antigua ve Barbuda Ulusal Katkı Beyanına İlişkin Zirve] [Web Yayını] https://ndcpartnership.org/news/sids-setting-high-bar-antigua-and-barbuda-submits-its-ambitious-ndc. (Erişim:15.02.2022).

Singer, P. (2006). Ethics and Climate Change: A Commentary on MacCracken, Toman and Gardiner. Environmental Values, 15(3) 415–422. http://www.jstor.org/stable/30302197 (Erişim 13.02.2022)

Skutsch, M.M. (2002). Protocols, Treaties, and Action: The "Climate Change Process" Viewed through Gender Spectacles. Gender and Development, 10(2), 30–39. http://www.jstor.org/stable/4030571 (Erişim 17.03.2022)

Talu N. (2019) Yerel İklim Eylem Planlaması ve Türkiye Pratikleri,Yerel İklim Eylem Planlaması ve Türkiye Pratikleri, We Global. https://www.iklimin.org/wp-content/uploads/egitimler/seri_10.pdf (Erişim: 15.02.2022).

Tatgın, E. (2019). İklim Adaleti Kapsamında Toplumsal Cinsiyet Tartışması. Kent ve Çevre Araştırmaları Dergisi, 1 (1) 104-118. https://dergipark.org.tr/en/pub/yykentcevre/issue/50632/616261

TEMA,. (2019). İklim İçin Kadın Liderler Projesi [Web Duyurusu] https://www.tema.org.tr/calismalarimiz/savunuculuk-ve-cevre-politikalari/tamamlanan-projeler/iklim-icin-kadin-liderler-projesi. (Erişim:15.02.2022).

The Commonwealth&Climate Finance Access Hub.(2021). İklim Eylemi İçin Cinsiyet Entegrasyonu, İngiliz Milletler Topluluğu' na Üye Ülke Ulusal Katkı Beyanlarının Gözden Geçirilmesi[Commonwealth Countries] Gender Integration for Climate Action: A Review of Commonwealth Member Country Nationally Determined Contributions (production-new-commonwealth-files.s3.eu-west-2.amazonaws.com). (Erişim 15.02.2022)

Turhan E., Gündoğan A.C., Aydın C.İ., Berke M.Ö.,(2017) İklim Adaleti Mücadelesi İçin 10 Durak, İstanbul:Ekoloji Kollektifi.

Türkiye Cumhuriyet Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, İşgücü Piyasasındaki Gelişmelerin Makro Analizi,, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2021/12/isgucu-Piyasasindaki-Gelismelerin-Makro-Analizi-2021-III_10122021.pdf. (Erişim:16.02.2022).

Türkiye Cumhuriyet Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Uyum Stratejisi Eylem Planı.(2012) https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/uyum_stratejisi_eylem_plani_TR.pdf (Erişim 17.02.2022).

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığ İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023 https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/file/eylem%20planlari/Iklim%20Degisikligi%20Eylem%20Plani_TR.pdf (Erişim 17.02.2022).

UN Women.(2021), Covid-19'un Ötesinde: Sürdürülebilirlik ve Sosyal Adalet için bir Feminist Plan https://www.unwomen.org/en/digital-library/publications/2021/09/feminist-plan-for-sustainability-andsocial-justice. (Erişim 15.02.2022)

UNDP, (2021). The State of Climate Ambition, İklim Hedefi Raporu https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2021-11/UNDP-NDC-Global-Outlook-Report-2021-The-State-of-Climate-Ambition.pdf. (Erişim:15.02.2022).

UNFCCC, Nationally Determined Contributions (NDCs),(n.d.)[Web] https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs. (Erişim:15.02.2022)

United Nations Development Programme, The State of Climate Ambition. (2021) Nationally Determined Contributions, Global Outlook Report. https://climatepromise.undp.org/sites/default/files/research_report_document/State%20of%20Climate%20Ambition.pdf.

United States Environmental Protection Agency. (2022) Enviromental Justice Timeline How Did the Environmental Justice Movement Arise? [Web Sayfası] https://www.epa.gov/environmentaljustice. (Erişim 09.02.2022).

WWF, (n.d.)Sivil Toplumdan İklim İçin Ortak Çağrı, https://www.wwf.org.tr/?8200/sivil-toplumdan-iklim-icin-ortak-cagri. [Web Sitesi] (Erişim:15.02.2022);

Yeşil Düşünce Derneği, (2020), Yeşil EKonomi Konferansı Politika Notu, https://www.yesildusunce.org/wp-content/uploads/2021/11/Yesil-Ekonomi-Konferansi-Politika-Notu-2020.pdf. (Erişim:15.02.2022)

Yıldız, S. , Alhas, F. , Sakal, Ö. & Yıldız, H. (2016). Cam Uçurum: Kadın Yöneticiler Cam Tavanı Ne Zaman Aşar? Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 71 (4), 1119-1146. https://doi.org/10.1501/SBFder_0000002425

ADİL GEÇİŞ

Ana Barreira, Carlota Ruiz-Bautista, Saying Adios to coal, Lessons on Just Transition from Spain. https://beyond-coal.eu/wp-content/uploads/2020/12/Saying-adios-to-coal-EN.pdf.

Aşıcı A.A.,(2017), İklim İçin Yeşil Ekonomi Politikaları, https://www.yesildusunce.org/wp-content/uploads/2021/06/iklim-icin-yesil-ekonomi-politikalari-web.pdf. (Erişim:07.03.2022).

Bakka Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı. (2018). Butik Köy Projesi. https://bakkakutuphane.org/upload/dokumandosya/butik-koy.pdf (Erişim 07.03.2022)

Canada,(2021) Green Future, [Web Sayfası] https://www.nrcan.gc.ca/climate-change-adapting-impacts-and-reducing-emissions/canadas-green-future/green-jobs/87 (Erişim 15.02.2022)

Canada.(2021), Climate Actions [Web Sayfası] https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/climate-plan-overview/actions-healthy-environment-economy.html. (Erişim:15.02.2022)

Climate Action Network Europe. (2019) İklim Dostu Bir Ekonomiye Adil Dönüşüm Nasıl Gerçekleşebiliir? (2019) http://www.old.can-europe.org/docman/turkey/3574-iklim-dostu-bir-ekonomiye-adil-doenuesuem-nasil-gerceklesebilir/file. (Erişim:06.03.2022).

Climate Action Tracker,(2021), How a renewable energy Covid-19 recovery creates opportunites for India. https://climateactiontracker.org/documents/992/CAT_2021-10_India_RenewableEnergyCOVID-19Recovery.pdf (Erişim 15.02.2022)

CSO Equity Review (2018): After Paris: Inequality, Fair Shares, and the Climate Emergency. Manila/London/Cape Town/Washington et al.: CSO Equity Review Coalition. www.civilsocietyreview.org/report2018 (Erişim 15.02.2022)

Çetin, R. (2003). Kyoto Protokolü ve Bu Çerçevede Kömür Sektörümüzün Geleceği, Elektrik Mühendisliği 448 https://www.emo.org.tr/ekler/10681c39218f4d7_ek.pdf?dergi=939 (Erişim 05.03.2022)

Digital Europe. (2021), Uniting the twin transitions: There is no Green Deal without digital, [Web Sayfası] https://www.digitaleurope.org/events/digital-the-green-deal/ (Erişim: 09.03.2022.)

Ecer, K. , Güner, O. & Çetin, M. (2021). Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye Ekonomisinin Uyum Politikaları, İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, 9 (2), 125-144. https://dergipark.org.tr/en/pub/iicder/issue/65542/982353

Elibüyük, M. & Güler Y. (2015). Türkiye Taşkömürü Kurumu' nun Zonguldak İli Ekonomisine Etkisi",Journal of World of Turks, 7/1 https://oaji.net/articles/2017/569-1500894770.pdf (Erişim 07.03.2022)

EY Global Mining & Metals, (2017), [Web Sayfası] https://www.ey.com/en_gl/mining-metals. (Erişim 06.03.2022)

Filyos Endüstri Bölgesi ve Limanı Projesi,[Web Sayfası] https://www.filyosvadisi.com/. (Erişim:07.03.2022)

Fitch.(2018). Shift To Renewables To Become A Growing Trend In Mining. [Web Sayfası] https://www.fitchsolutions.com/mining/shift-renewables-become-growing-trend-mining-31-08-2018. (Erişim 06.03.2022)

Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, (2018). Climate Change and the Just Transition https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/22101ijtguidanceforinvestors23november1118_541095.pdf . (Erişim Tarihi 15.02.2022).

Grantham Research Institute on Climate Change and the Envrironment, (2018), Climate Change and the Just Transition: A Guide for Investor Action

Greenpeace (2015), Türkiye' nin Sürdürülebilir Enerji Görünümü Raporu https://www.greenpeace.org/static/planet4-turkey-stateless/2009/11/14b98ead-enerji-devrimi-2015.pdf. (Erişim:05.02.2022).

Gümüşel, D& Gündüzyeli E.,(2019), Kömürün Gerçek Bedeli Muğla, https://www.komurungercekbedeli.org/assets/tr-web.pdf. (Erişim 07.03.2022)

Hastorun, S. (2020), The Mineral Industry of Turkey, https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/atoms/files/myb3-2016-tu.pdf (Erişim 05.03.2022)

Heyen D.A., Menzemer L., Wolff, F., Oeko-Institut, Beznea Andrea, Williams R.&Trinomics Instiute For Applied Ecology, (2020) Just Transition in the Context of EU Environmental Policy and the European Green Deal". https://ec.europa.eu/environment/enveco/growth_jobs_social/pdf/studies/just_transition_issue_paper_final_clean.pdf (Erişim:15.02.2022)

https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/22101ijtguidanceforinvestors23november1118_541095.pdf Erişim(15.02.2022).

Iberala, (n.d.). [Web Sayfası] https://www.iberdrola.com/sustainability/thermal-power-plants-closing-against-climate-change. (Erişim 10.03.2022)

Instiute for Applied Ecology. (2020). Just Transition in the Context of EU Environmental Policy and the European Green Deal. https://ec.europa.eu/environment/enveco/growth_jobs_social/pdf/studies/just_transition_issue_paper_final_clean.pdf Erişim(15.02.2022

International Energy Ajency, (2021). Net Zero by 2050, A Roadmap fort he GLobal Energy Sector, Report.https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf. (Erişim:15.02.202)

International Labour Office, (2019), Skills For A Greener Future: A Global View, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_732214.pdf. (Erişim 15.02.2022).

International Labour Organization,(2015) Guidelines For A Just Transition Towards Environmentally Sustainable Economies And Societies For All.(2015) https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/documents/publication/wcms_432859.pdf. Erişim(15.02.2022).

International Organisation of Employers, (2022) Guidance Paper On Employment, Just Transition And Climate Governance https://www.ioe-emp.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=156527&token=4c1bb27519dc5ad48a493496cca87ef922f63baa. (Erişim: 17.02.2022)

International Trade and Confederation,(2011), A just transition: A pathway to protect climate https://www.oecd.org/environment/cc/g20-climate/collapsecontents/Just-Transition-Centre-report-just-transition.pdf (Erişim 15.02.2022)

İŞKUR, (2019) Zonguldak İşgücü Piyasası Araştırma Raporu,2019. https://media.iskur.gov.tr/35056/zonguldak.pdf. (Erişim:07.03.2022).

Just Transition Centre, (2018) Just Transition: A Report for the OECD, OECD Publishings. (2017) https://www.oecd.org/environment/cc/g20-climate/collapsecontents/Just-Transition-Centre-report-just-transition.pdf. (Erişim: 15.12.2022)

Kalaycı, M. & Uzun, O. (2017). Madencilik Sonrası Maden Alanlarının Rekreasyonel Amaçlı Değerlendirilmesi . Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD) , 2 (2) , 232-244 . https://doi.org/10.21733/ibad.2131

Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği Ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme . Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3 (1) , 1-12 . https://doi.org/10.30803/adusobed.188842 (Erişim 15.02.2022)

Kömür Arama Araştırmaları (n.d.) [Web Sitesi] https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/komur-arama-arastirmalari (Erişim 05.03.2022)

Krawchenko, T. A., & Gordon, M. (2021). How Do We Manage a Just Transition? A Comparative Review of National and Regional Just Transition Initiatives. Sustainability, http://dx.doi.org/10.3390/su13116070 Erişim (15.02.2021)

Nurmi, P. (2017). Green Mining-A Holistic Concept for Sustainable and Acceptable Mineral Production. Annals Of Geophysics. https://www.annalsofgeophysics.eu/index.php/annals/article/view/7420 (Erişim 06.03.2022)

OECD Report on Just Transition, May 2017. https://www.oecd.org/environment/cc/g20-climate/collapsecontents/Just-Transition-Centre-report-just-transition.pdf

Özen, B, Yılmaz, E. & Akgül O. (2021), Zonguldak ve Kömür-2: Zonguldak' ta Kömür Endüstrisinin Şehrin Ekonomik ve Toplumsa Yapısı Üzerindeki Etkisi https://www.greenpeace.org/static/plan-

et4-turkey-stateless/2021/10/b94eed91-zonguldak-iktisat-sosyoloji-raporu_25_08.pdf. (Erişim: 07.03.2022).

Rajamani, L.,Jeffery, M., Höhne, N., Hans, F. & Glass, A. & Ganti, G. & Geiges, A. (2021). National 'Fair Shares' İn Reducing Greenhouse Gas Emissions Within The Principled Framework Of İnternational Environmental Law. Climate Policy. https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1970504. (Erişim 15.02.2022)

Ree, K. (2019). Promoting Green Jobs: Decent Work in the Transition to Low-carbon, Green Economies. https://doi.org/10.1163/9789004399013_013 (Erişim: 06.03.2022)

Robins N., Brunsting V.&Wood D.(2018). Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Climate Change and Just Transition: A guide for investor Action https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/22101ijtguidanceforinvestors23november1118_541095.pdf (Erişim:15.02.2022).

Sanjeev K., Arianna Americo, A. & Billingham, C. (2016). The New Social Contract: A Just Transition. Brussels. https://www.feps-europe.eu/Assets/Publications/PostFiles/445.pdf (Erişim: 15.02.2022)

Smith, S. (2017). Just Transition Center, Just Transition, A report fo the OECD. https://www.ituc-csi.org/just-transition-centre. (Erişim:15.02.2022)

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığ & Türkiye Odalar Ve Borsalar Birliği. (2020). Türkiye Madencilik Sektörü Gelişim Raporu, (2020) https://mobil.tobb.org.tr/MansetResimleri/27085-22.pdf. (Erişim:05.03.2022).

T.C. Kalkınma Bakanlığı On Birinci Kalkınma Planı. (2018) Madencilik Politikaları, Özel İhtisas Komisyon Raporu, (https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/MadencilikPolitikalariOzellhtisasKomisyonuRaporu.pdf) (Erişim 05.03.2022.)

Thinktech Teknolojik Düşünce Merkezi,(2021), Küresel İklim Değişikliği İle Mücadelede Yeni Nesil Teknolojiler. https://thinktech.stm.com.tr/tr/kuresel-iklim-degisikligi-ile-mucadelede-yeni-nesil-teknolojiler. (Erişim: 06.03.2022)

TUİK. (2018). Çevre Koruma Harcama İstatistikleri (https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Cevre-Koruma-Harcama-Istatistikleri-2018-30610) (Erişim:05.03.2022)

Türkiye Doğalgaz Dağıtıcılar Birliği Derneği. (n.d.), Karbon Emisyonu Raporu https://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Karbon%20Emisyonu-Rev-Son.pdf, (Erişim:05.03.2022).

Türkiye Taşkömürü Kurumu, (2021), 2020 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2021/06/2020YiliTaskomuruSektorRaporu.pdf (Erişim.05.03.2022)

Uluslararası Çalışma Ofisi(n.d.), Beceriler ve İstihdam Edilebilirlik Departmanı, Yeşil İş Becerileri Küresel Bir Bakış. https://media.iskur.gov.

tr/15340/yesil-is-becerileri-kuresel-bir-bakis.pdf. (Erişim:15.02.2022)

United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], (2016) Just Transition Of The Workforce, And The Creation Of Decent Work And Quality Jobs (Technical Paper). https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Just%20transition.pdf (Erişim 15.02.2022)

Uniting the twin transitions: There is no Green Deal without digital, https://www.digitaleurope.org/events/digital-the-green-deal/ (Erişim: 09.03.2022.)

Vatandaş, C (2011), Toplumsal Cinsiyet ve Rollerinin Algılanışı, Istanbul Journal of Sociological Studies, 29-56

World Energy Outlook 202 0.(2021) https://iea.blob.core.windows.net/assets/a72d8abf-de08-4385-8711-b8a062d6124a/WEO2020.pdf) (Erişim:05.03.2022)

Zinecker, A., Gass, P., Gerasimchuk, I., Jain, J., Moerenhout, T., Oharenko, Y. Suharsono, A.R.& Beaton, C. (2018) Real People, Real Change Strategies for Just Energy Transitions https://www.iisd.org/system/files/publications/real-people-change-strategies-just-energy-transitions.pdf (Erişim 10.03.2022)

Zonguldak Maden Müzesi [Web Sayfası] http://www.zonguldak.gov.tr/ maden-muzesi

EK: KOMİSYON ÜYELERİ

Komisyon Adı: GÖÇ, ADİL GEÇİŞ VE DİĞER SOSYAL POLİTİKALAR

No	İsim	Unvan	Kurum	Komisyondaki Görev
1	Arzu ÖNSAL	Başkan Yardımcısı	ÇŞİDB - İklim Değişikliği Başkanlığı	Komisyon Başkanı
2	Özlem DÖĞERLİOĞLU IŞIKSUNGUR	Dr. - Avukat	İzmir Ekonomi Üniversitesi	Komisyon Başkan Yardımcısı
3	Deniz Onur ARAS	Araştırma Görevlisi	İzmir Ekonomi Üniversitesi	Raportör
4	Ayşe Ece ACAR	Avukat	İzmir Barosu	Raportör
5	Mustafa ASLAN	Tetkik Hakimi	Adalet Bakanlığı - İnsan Hakları Dairesi Başkanlığı	Temsilci Üye
6	Doç. Dr. Şuay Nihan AÇIKALIN	Öğretim Üyesi	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	Temsilci Üye
7	Prof. Dr. Süheyla Suzan GÖKALP	Çevre Hukuku Öğretim Üyesi	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Hukuk Fakültesi	Temsilci Üye
8	Özlem KATISÖZ	Koordinatör	Avrupa İklim Eylem Ağı	Temsilci Üye
9	Eser PİRGAN MATUR	Kalkınma Koordinasyon Görevlisi	Birleşmiş Milletler (BM) Kadın Birimi	Temsilci Üye
10	Hande HACIMAHMUTOĞLU	Planlama Uzmanı	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	Temsilci Üye
11	Rıza Fikret YIKMAZ	Daire Başkanı	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	Temsilci Üye
12	Seyithan YILDIRAK	Uzman	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	Temsilci Üye
13	Esra Sermin ATA	Çalışma Uzmanı	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı - Çalışma Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye

14	Özlem AKSOY	Şube Müdürü	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
15	Tuba ÇİTİL	Uzman	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Hukuk Hizmetleri Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
16	Seda TOPRAK EREM	Uzman	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı-Hukuk Hizmetleri Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
17	Hazal ÖZDEMİR	Sürdürülebilir Tarım Uzmanı	Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF)	Temsilci Üye
18	Dr. Emre ÖZGÜR	ETK Uzmanı	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Temsilci Üye
19	Sezin Naz ERCİYAS	Strateji Geliştirme Uzmanı	Etki Yatırımı Platformu	Temsilci Üye
20	Onur AKGÜL	Proje Geliştirme Uzmanı	Greenpeace	Temsilci Üye
21	Cemil ÖZEL	Daire Başkanı	İçişleri Bakanlığı - Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)	Temsilci Üye
22	Dr. Gökçe OK	Genel Müdür	İçişleri Bakanlığı - Göç İdaresi Başkanlığı - Yabancılar Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
23	Dr. Baran BOZOĞLU	Dr. Yönetim Kurulu Başkanı	İklim Değişikliği Politika ve Araştırma Derneği	Temsilci Üye
24	Nihal ERİŞ	Genel Sekreter	Kamu Politikaları Araştırma Merkezi (KAPSAM)	Temsilci Üye
25	Prof. Dr. Semra Cerit MAZLUM	Öğretim Üyesi	Marmara Üniversitesi	Temsilci Üye
26	Fatih KINACI	İş Güvenliği Uzmanı	MEB - Destek Hizmetleri Genel Müdürlüğü - İşyeri Sağlık ve Güvenlik Birimi Dairesi Başkanlığı	Temsilci Üye

27	Volkan ÇETİN	Şube müdürü	Milli Eğitim Bakanlığı - Ortaöğretim Genel Müdürlüğü - Eğitim Politikaları Daire Başkanlığı	Temsilci Üye
28	Mahir ÖZCAN	Çalışma Grup Sorumlusu	Tarım ve Orman Bakanlığı - Su Yönetimi Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
29	Özlem ALTIPARMAK	Avukat	Türkiye Barolar Birliği (TBB)	Temsilci Üye
30	Pelin ÖZTÜRK YUDU	Direktör	Türkiye İşveren Sendikası Konfederasyonu (TİSK)	Temsilci Üye
31	Ferda BAYRAK	Çevre Mühendisi	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ)	Temsilci Üye
32	Ezgi ÇELİK	Direktör	TÜSİAD	Temsilci Üye
33	Doç.Dr. Yasemin KAYA	Doç. Dr.	Uludağ Üniversitesi	Temsilci Üye
34	Bahadır Murat AKIN	Yeşil Ekonomi Görevlisi	Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)	Temsilci Üye
35	Yelda Devlet KARAPINAR	Birim Yöneticisi	Uluslararası Göç Örgütü (IOM)	Temsilci Üye
36	Nilgün ÇAVUŞOĞLU	Ergen Gelişimi ve Katılımı Sorumlusu	UNICEF	Temsilci Üye
37	Prof. Dr. Şefika Şule ERÇETİN	Dekan	Hacettepe Üniversitesi	Temsilci Üye
38	Hacer ÇETİN	Uzman Yrd.	Hazine ve Maliye Bakanlığı, Kamu Sermayeli Kuruluş ve İşletmeler Genel	Temsilci Üye
39	Mehmet Tarık ERASLAN	Uzman	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	Temsilci Üye
40	Doç.Dr. Mustafa YAYLA	Doç. Dr.		Temsilci Üye
41	Arzu KURTOĞLU	Uzman	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	Temsilci Üye
42	Ali SABUNCU	Daire Başkanı	Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı	Temsilci Üye

43	Asuman Arslan	Konya Büyükşehir Belediyesi - Plan Proje Dairesi Başkanlığı	Temsilci Üye
44	Ayşe Kula	Temel Eğitim Genel Müdürlüğü - MEB	Temsilci Üye
	Emine Erdal	Konya Büyükşehir Belediyesi - Sosyal İnovasyon Ajansı	Temsilci Üye
46	Işıl Erkan	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Temsilci Üye
47	İsmahan Adıbelli	Konya Büyükşehir Belediyesi - Sağlık ve Sosyal Hizmetler Dairesi Başkanlığı	Temsilci Üye
48	Mahpeyker Feryal Karça	Ziraat Odası	Temsilci Üye
49	Muharrem Göktaş	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü	Temsilci Üye
50	Mustafa Aytekin	Kızılay	Temsilci Üye
51	Rümeysa Akyüz Şimşek	Kızılay	Temsilci Üye
52	Zeliha Kuzu	Konya Büyükşehir Belediyesi - Sıfır Atık Daire Başkanlığı Geri Kazanım Şube Müdürlüğü	Temsilci Üye

İKLİM
ŞURASI
RAPORU
2022

Mustafa Kemal Mahallesi 2082.
Cadde No:52 Çankaya / Ankara

0 (312) 410 10 00

cevrevesehircilikbakanligi@hs01.kep.tr

csb.gov.tr