



TTGV
İKLİM LAB
PROGRAMI
#İklımÖncüsü

İKLİM TEKNOLOJİLERİ RADARI

Versiyon 3.0



Aralık 2024

Bu kitapçık içerisinde yer alan tasarımlar, yazılar, logolar, grafikler de dahil olmak üzere, tüm yazılı ve görsel materyale ilişkin her türlü mali, manevi ve ticari haklar yahut bunları kullanma yetkisi TTGV'ye aittir. Sözü edilen içeriğin kişisel ve ticari olmayan kullanım dışında herhangi bir amaçla kullanılması, kopyalanması, işlenmesi, herhangi bir şekil veya yöntemle, tamamen veya kısmen, doğrudan veya dolaylı, geçici veya sürekli olarak çoğaltılması, kiralınması, ödünç verilmesi, satışa çıkarılması veya diğer yollarla dağıtılması kesinlikle yasaktır. Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin 5'inci maddesinin ikinci fıkrası çerçevesinde bandrol taşıması zorunlu değildir.

Hazırlayanlar:
TTGV İklim Lab Komünite Ekibi

Grafik Tasarım:
Özge Egemen / www.kirmizitasarim.com



www.ttgvl.org.tr

TTGV Merkez
CYBERPARK CYBERPLAZA
B Blok Kat: 5-6
Bilkent 06800 ANKARA - TÜRKİYE
+90 312 265 02 72

TTGV İstanbul Temsilciliği
ARI TEKNOKENT Arı 2 Binası A Blok Kat:7
İTÜ Ayazağa Yerleşkesi, Koruyolu
Maslak 34469 İSTANBUL - TÜRKİYE
+90 212 276 75 62



TTGV'nin ürettiği tüm içerikler TTGV Lisansı ile lisanslanmıştır. Lisans sözleşmesine yukarıdaki qr kod ile erişilebilir.

İKLİM TEKNOLOJİLERİ RADARI

Versiyon 3.0



Aralık 2024

İçindekiler

Yönetici Özeti	2
Çalışmanın Metodolojisi	4
TTGV İklim Teknolojileri Radarı	8
Tematik Dikeyler	
Endüstriyel Üretim	10
Enerji	16
Mobilite ve Ulaşım	22
Tarım ve Gıda	28
İnşa Edilmiş (Yapılı) Çevre	34
Yatayda Kesen Teknolojiler ve Uygulamalar	38
TTGV Program Yapısı	44
Son Dönem Raporlarımız	46
Kaynaklar	48

Yönetici Özeti

İklim krizi; küresel çapta ekonomik, çevresel ve sosyal yapıları yeniden şekillendiren bir kriz olarak, tüm ülkeler ve sektörler için enerji ve altyapı dönüşüm süreçlerini zorunlu kılmıştır. Türkiye de küresel pazarın önemli bir oyuncusu olarak 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi doğrultusunda ulusal stratejileri, sektörler arası iş birliğini ve yenilikçi çözümleri merkezine alan bir dönüşüm yolculuğu başlatmıştır. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında, ülkemizin uluslararası rekabette öncü olabilmesi adına stratejik değeri olan iklim teknolojilerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda “TTGV İklim Teknolojileri Radarı”, dünya ve ülkemiz için fırsat alanı oluşturabilecek öne çıkan iklim teknolojilerinin belirlenmesinin yanı sıra, bu teknolojilere dair bir taksonomi sunarak sektörler yön verecek rehber niteliğinde öncü bir doküman olarak kurgulanmıştır.

“TTGV İklim Teknolojileri Radarı”nın ilk versiyonu; Şubat 2023’te yayımlanmış olup, iklim değişikliğinin temel kaynağı olan sera gazları salımına etkisi en yüksek beş dikeye (Endüstriyel Üretim, Enerji, Mobilite/Ulaşım, Tarım/Gıda/Orman, Yapı/İnşaat) yönelik öncelikli teknolojileri ortaya koymuştur. İkinci versiyon, Aralık 2023’te yayımlanarak, küresel teknoloji trendleri doğrultusunda tematik alanların genişletilmesiyle daha kapsamlı bir yapıya kavuşmuştur. Bu versiyonda; Endüstriyel Üretim, Enerji, Mobilite/Ulaşım, Tarım/Gıda/Orman, İnşa Edilmiş (Yapılı) Çevre dikeylerine ek olarak; karbon yakalama, kullanım ve depolama, dijitalizasyon, endüstriyel simbiyoz, kaynak verimliliği teknolojileri ve yenilikçi finansman modelleri gibi sektörlerin ötesine geçen, sektörler arası alanları da kapsamına alan, “Yatayda Kesen Teknolojiler” radar çalışmasına dahil edilmiştir. Her versiyon bir önceki dokümanı tamamlayan, taranan tüm literatürün ileri teknolojilerini barındıran, zenginleştirilmiş ve güncellenmiş hali olarak ekosisteme sunulmuştur.

TTGV İklim Teknolojileri Radarı’nın üçüncü versiyonu, ulusal ve uluslararası çalışmaların kapsamlı bir literatür taramasıyla incelenip analiz edilmesi sonucunda, küresel trendler ve Türkiye’nin stratejik önceliklerini temel alan bir sistematik çerçevesinde şekillendirilmiştir. İklim değişikliğiyle mücadelede sera gazı emisyonlarının azaltımı ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum aktiviteleri kapsamında küresel olarak öne çıkan teknolojiler; Türkiye’nin enerji, doğal kaynak, ticaret, güvenlik ve net sıfır emisyon hedeflerini yansıtan strateji planları gibi ulusal kaynakları da göz önünde bulundurularak bir süzgeçten geçirilmiştir. Bunlara ek olarak, TTGV uzmanlarının ve paydaşlarının ortak görüşü ile stratejik öneme sahip olan teknolojiler ve yaklaşımlar seçilerek sistematik bir çerçevede sınıflandırılmıştır.



Bir önceki versiyonda “Endüstriyel Üretim” dikeyinde demir-çelik sektörüyle birlikte değerlendirilen alüminyum sektörü, bu versiyonda ayrı bir sektör olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, yine “Endüstriyel Üretim” dikeyinde, yenilenebilir enerji uygulamalarının gelişimiyle önemi artan batarya teknolojileri ve hidrojen teknolojileri çerçevesinde değeri yükselen madencilik sektörü de radara dahil edilmiştir. Daha önceki versiyonlarda “Tarım/Gıda/Orman” dikeyi içinde değerlendirilen orman ve arazi yönetimi konuları, ileri teknolojiden çok politika odaklı uygulamalar oldukları için dikey değerlendirmeden çıkarılıp yatayda kesen teknoloji ve uygulamalar olarak dokümana dahil edilmiştir. Bu nedenle, üçüncü versiyonda dikeyin adı “Tarım ve Gıda” olarak güncellenmiştir. Radar dikeyinde yer alan sektörler ile bağlantılı olabilecek diğer alanlar belirlenerek “Su Kaynakları Yönetimi”, “Atık Yönetimi ve Döngüsel Ekonomi”, “Arazi Yönetimi”, “Karbondiyoksit Giderim Çözümleri”, “Dijitalizasyon ve Dijital Dönüşüm Teknolojileri” ve “İklim Risk Yönetimi, Finansman ve İş Modelleri” alanları ise yatayda kesen teknoloji ve uygulamalar olarak üçüncü versiyonda dokümana dahil edilmiştir. Bu dokümanda kullanılan “Yeni Nesil”, “İleri”, “Yenilikçi” gibi tabirleri içeren uygulamalar bahsi geçen ürün yahut teknolojinin, günümüzdeki veya geleneksel uygulamalara göre malzeme verimliliği, enerji verimliliği, çevresel etkiler, ölçeklenebilirlik ve uygulanabilirlik gibi konular gözetilerek geliştirilmiş hali olarak tanımlanmıştır.

“TTGV İklim Teknolojileri Radarı”, Türkiye’nin 2053 Net Sıfır Emisyon Hedefi doğrultusunda stratejik yol haritalarının oluşturulmasına ve iklim teknolojilerinin sektörel dönüşümdeki kritik rolüne ışık tutmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, radar çalışması ile ortaya konulan çıktılar, iklim teknolojilerini odağına alan tüm paydaşlar için stratejik bir rehber ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesinde yol gösterici bir kaynak olmayı hedeflemektedir. “TTGV İklim Teknolojileri Radarı”, her yıl kendini güncelleyen ve geliştiren dinamik bir doküman olarak bu hedefler doğrultusunda yayımlanmaya devam edecektir.

Çalışmanın Metodolojisi.....



İklim Değişikliğinin Sebeplerinin AZALTILMASI veya ÖNLENMESİNE Hizmet Eden Teknolojiler

Bu teknolojiler, iklim değişikliğine yol açan faktörleri azaltma, önleme veya giderme amaçlarına hizmet eden yenilikçi çözümleri içermektedir. Azaltım çalışmaları, genelde var olan teknolojilerin inovatif bir şekilde değiştirilerek, yahut alternatifleri üretilerek, yeni ve ileri teknolojiler elde edilmesini içerir.



İKLİM TEKNOLOJİLERİ



İklim Değişikliğinin Etkilerine UYUMU ve/veya DAYANIKLIĞI Artıran Teknolojiler

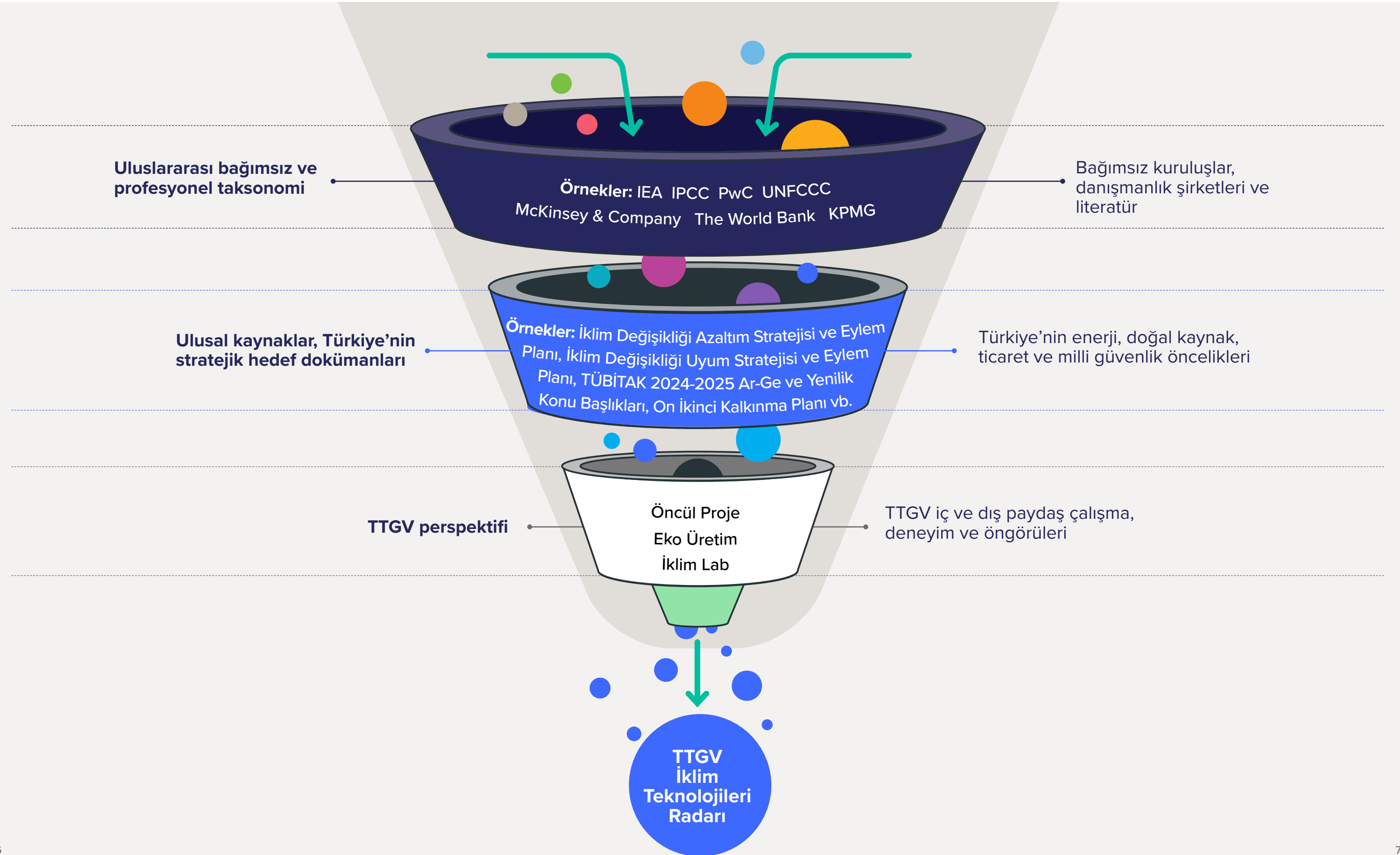
Bu teknolojiler, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmayı destekleyen ve var olan sistemlerin değişen şartlar altında devam edebilmesini kapsayan teknolojilerdir.



İklim Değişikliği ile Mücadelede BÜTÜNCÜL YÖNETİŞİM

İklim değişikliğiyle ilgili sorunları kapsamlı bir şekilde analiz eden ve bu sorunlara yönelik yenilikçi teknolojileri destekleyen politika ve iş modelleriyle bütüncül çözümler sunan yaklaşımlardır.

Çalışmanın Metodolojisi.....



İKLİM TEKNOLOJİLERİ RADARI

Versiyon 3.0

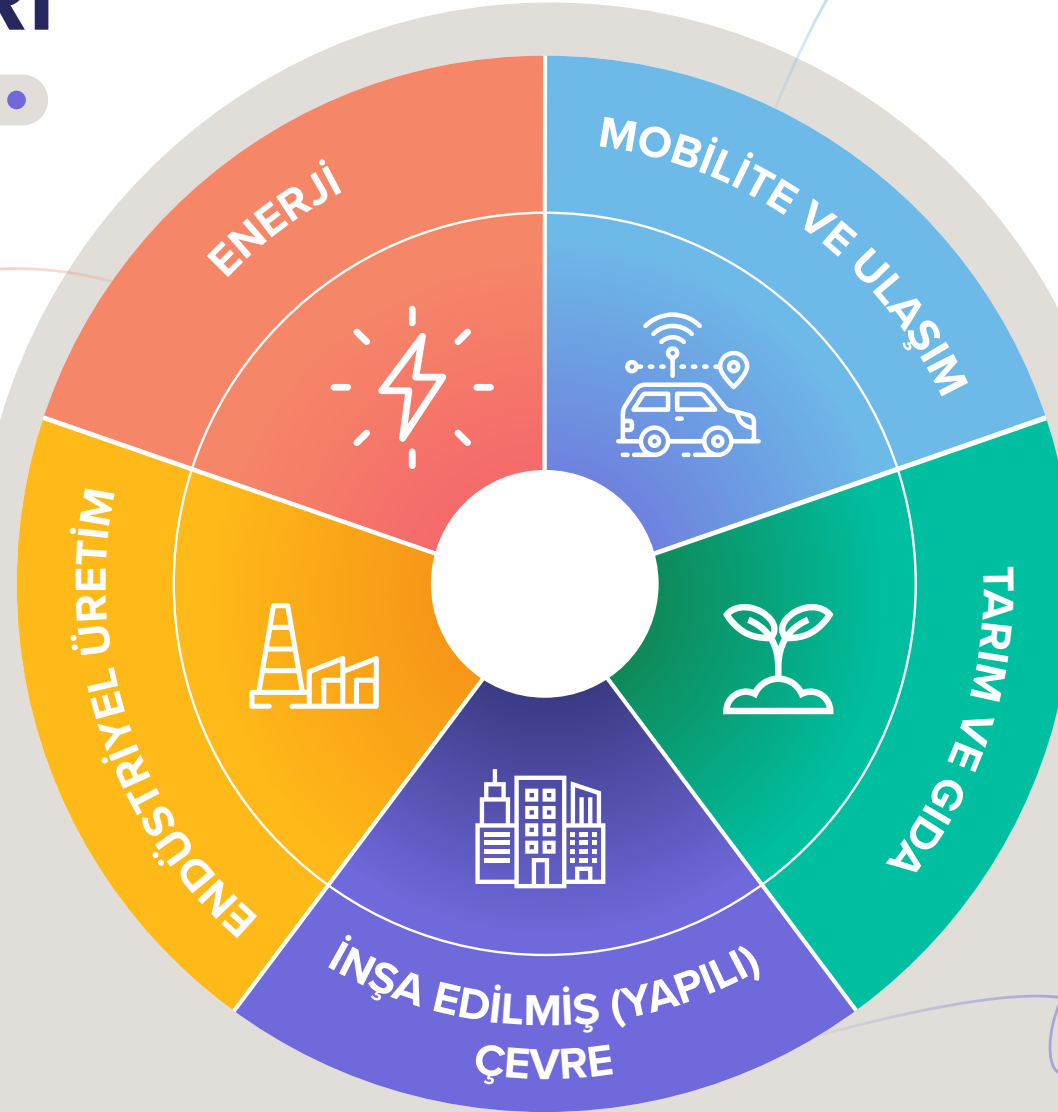
ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

ENERJİ

- Enerji Depolama Teknolojileri
- Hidrojen Enerji Sistem Teknolojileri
- İleri Nükleer Enerji Teknolojileri
- Yeni Nesil Biyoyakıt/Sentetik Yakıt Teknolojileri
- Yeni Nesil Yenilenebilir Enerji Teknolojileri

ENDÜSTRİYEL ÜRETİM

- Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama Teknolojileri
- Karbondioksit Harici Sera Gazlarını Azaltım Teknolojileri
- Çimento ve Beton Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler
- Demir-Çelik Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler
- Alüminyum Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler
- Petrokimya ve Kimya Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler
- Seramik ve Cam Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler
- Madencilik Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler



MOBİLİTE VE ULAŞIM

- Karayolu Ulaşımı Teknolojileri
- Havayolu Ulaşımı Teknolojileri
- Denizyolu Ulaşımı Teknolojileri
- Demiryolu Ulaşımı Teknolojileri
- Mobilite için Malzeme Teknolojileri
- Mobilite için Şarj Teknolojileri

TARIM VE GIDA

- Tarımsal Üretimde Sera Gazı Emisyon Azaltım Teknolojileri
- Yeni Nesil Etkili Gübre Üretim Teknolojileri
- Akıllı ve Hassas Tarım Teknolojileri
- Sera Üretim Teknolojileri
- Dikey Tarım Teknolojileri (CEA)
- Alternatif Protein Teknolojileri
- Tarım-Gıda ve Biyokütle Kaynakları için İleri Dönüşüm Teknolojileri
- Gıda Raf Ömrünü Uzatan Teknolojiler
- Biyoteknoloji ve Moleküler Genetik Temelli Bitki/ Hayvancılık İslah Teknolojileri
- Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İleri Teknolojiler

İNŞA EDİLMİŞ (YAPILI) ÇEVRE

- İleri Yapı Malzemeleri ve Yapım Teknikleri
- Isıtma-Soğutma Sistemleri
- Aydınlatma Sistemleri

Su Kaynakları
Yönetimi



Atık Yönetimi
ve Döngüsel
Ekonomi



Arazi
Yönetimi



Karbondioksit
Giderim
Çözümleri



Dijitalizasyon
ve Dijital
Dönüşüm
Teknolojileri



İklim Risk
Yönetimi,
Finasman ve
İş Modelleri



Endüstriyel Üretim



Endüstriyel Üretim

Endüstriyel üretim, teknoloji açısından incelenen dikeyler arasında, azaltım olasılıkları hususunda en çok fırsata sahip olan dikeylerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. 1990 yılından bu yana %225 büyüme gösteren endüstriyel üretim dikeyi (World Resources Institute, 2024) içindeki emisyonların kabaca %75'i enerji ihtiyacı kaynaklı emisyonlardır (Energy Star, 2024). Endüstriyel üretim dikeyi çalışırken, sera gazlarının azaltımına yönelik teknolojiler özelinde CO₂ ve diğer sera gazlarının azaltımına yönelik teknolojiler ayrı değerlendirilmiş, bu teknolojilere ek olarak dikey içinde azaltım fırsatı sunan sektörler için spesifik teknolojiler ise ayrıca incelenmiştir. Bu dikey içinde yer alan sektörler incelendiğinde, tüm dünyada sera gazı emisyonlarının %7'sinin kaynağı olan demir-çelik sektörü (CarbonBrief, 2023) ile %8'inin kaynağı olan çimento sektörü (World Economic Forum, 2024), emisyon azaltımına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi konusunda en fazla fırsat alanına sahip olan sektörlerden ikisi olarak göze çarpmaktadır. Türkiye, dünyanın en büyük yedinci, Avrupa'nın ise en büyük çelik üreticisidir (Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, 2024). Çimento sektöründe ise Türkiye yine Avrupa'da lider, dünyanın ise en büyük beşinci üreticisidir (PwC, 2024). Türkiye'nin bu sektörlerdeki öncülüğü göz önüne alındığında, bu iki sektördeki gelişmeler ülkemizi stratejik açıdan yakından ilgilendirmektedir. Ülkemizde enerji ihtiyacının neredeyse tamamının kömürle çalışan entegre tesislerden karşılandığı demir-çelik sektöründe, dünyadaki yatırımların elektrikli ocaklarla çalışan fırınlara (Electric Arc Furnace, EAF) kayıyor olması ve küresel olarak yeni faaliyete geçmesi planlanan demir-çelik tesislerinin %43'ünün EAF teknolojisine dayanıyor olması (Global Energy Monitor, 2024), ülkemizin de bu alandaki temiz teknoloji çözümlerini yakından takip etmesi gerektiğini gözler önüne sermektedir. Çimento sektörünün enerji ihtiyacının büyük ölçüde doğal gazdan sağlandığı ve Türkiye'nin doğal gaz ihtiyacını %99 oranında ithalat ile karşıladığı (GAZBİR, 2024) dikkate alındığında, bu durum sektörün dışa bağımlılığını ortaya koymaktadır. Küresel ölçekte çimento sektörünün klinker azaltımı ve elektrifikasyon gibi karbonsuzlaşma yöntemlerinin yanı sıra karbon yakalama ve hidrojen teknolojileri gibi konularla yakından ilgilendiği göz önüne alındığında, bu alanlardaki iklim teknolojilerinin ülkemiz açısından taşıdığı stratejik önem açıkça görülmektedir.

Endüstriyel üretim dikeyi incelenirken bir önceki radar çalışmasına kıyasla alüminyum sektörü demir-çelik sektöründen ayrı değerlendirilmiş, daha önceki çalışmada olan seramik ve cam ile petrokimya ve kimya sektörleri daha yakından irdelenmiş, dikeye ek olarak madencilik sektörü eklenmiştir.

Karbonsuzlaşma ve temiz enerjinin temelini oluşturan yenilenebilir enerji yatırımlarında, yenilenebilir enerjinin depolanması için üretilen sistemlerin bileşenlerinde, hidrojenin özellikle üretimi ve kullanımı konularında hayati öneme sahip olan kritik madenlerin bulunması, çıkarılması, işlenmesi ve geri kazanımı tüm dünyada üzerine düşülen bir konudur.

Türkiye'nin de cevher çıkarma, işleme, zenginleştirme ve geri kazanımı ile ilgili teknolojilere, özellikle de lityum başta olmak üzere kritik mineraller çerçevesinde, yapacağı yatırımlar ülkemizin iklim teknolojilerinde stratejik olarak fark yaratacak hamleleri olabilecektir.



Yeni Nesil Çimentolar: Geleneksel çimento üretiminde ortaya çıkan çevresel etkileri, özellikle de karbon ayak izini düşürmeyi hedefleyen inovatif çimento formülleri ve üretim yöntemlerini içerir. Genellikle kalsiyum karbonat ve kil içeren ham maddelerin yerine endüstriyel yan ürünler ve geri dönüştürülmüş malzemeler gibi ham maddeleri kullanırken ısı iletkenliği düşük, yüksek dayanımlı ve uygulamaya özel çimento malzemeleri geliştirilmesini sağlayan teknolojilerdir.

Yenilikçi Fırın ve Sistem Teknolojileri: Günümüzde çoğunlukla kömür, petrokok ve doğal gazla çalışan geleneksel çimento fırınlarına kıyasla biyokütle, hidrojen ve atıktan üretilmiş yakıtları kullanmayı hedefleyen teknolojilerdir. Enerji verimliliği yüksek, sürdürülebilir ve çevresel etkisi düşük süreçleri hedefleyen bu fırınlar karbon yakalama ve oksijen yakıtı gibi teknolojilerle entegre olabilecek, değiştirilebilir sistemleri içermektedir.

Yeni Nesil Geri Dönüştürülebilir Termoset Polimerler: Sıradan termoset polimerlerin en büyük dezavantajı bükülmez, çapraz bağlı ve geri dönüştürülemez yapılarıdır. Yeni nesil geri dönüştürülebilir termoset polimerler ise bu ürünlerin kırılıp yeniden işlenebilir alternatiflerini içeren, geliştirilmiş kimyasal reçetelere sahip ürünlerdir. Vitrimler, polidiketoaminler, geri dönüştürülebilir epoksi reçineleri gibi ürünler bu polimerler arasındadır.

Yenilikçi Polimerler ve Kompozitler: Geleneksel polimerler ve kompozitlere kıyasla üstün performans sergileyen, gelişmiş reçeteler veya üretim teknikleriyle elde edilen, fonksiyonel ve sürdürülebilir malzemelerdir. Petrokimyasal ürünlerden veya doğal liflerden elde edilen günümüzdeki polimer ve kompozitlerin aksine biyolojik temelli, geri dönüştürülmüş veya sentezlenmiş malzemeler kullanılarak üretilirler. İhtiyaca ve uygulamaya göre terzi işi olarak üretilen bu polimer ve kompozitler, esnek elektronik aksamalarda, doğayı taklit edebilen ürünlerde ve yenilenebilir enerji teknolojilerindeki ürünlerin bileşenlerinde kullanılabilir. Karbon nanotüplü kompozitler, grafen temelli kompozitler ve biyo kompozitler, yenilikçi polimerler ve kompozitlerden bazılarıdır.

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama Teknolojileri (CCUS)

Karbon Yakalama Teknolojileri

- Yanma Öncesi Karbon Yakalama
- Yanma Sonrası Karbon Yakalama
- Oksi-yakıt Yanması

Karbondioksit Ayırma Teknolojileri

- Kimyasal/Fiziksel Adsorpsiyon
- Adsorpsiyon
- Membran Teknolojileri
- Katı Döngüsü
- Kriyojenik Ayırma
- Biyolojik Karbon Yakalama (Algal Biyoteknoloji) Teknolojileri

Karbon Kullanım Teknolojileri

- Doğrudan Kullanım (EOR, Gıda/İçecek Sektörü, Sera Kullanımı vb.)
- Dönüştürülerek Kullanım (CO₂'nin Yakıt ve Kimyasal Üretiminde ve Yapı/İnşaat Malzemelerinde Kullanımı)
- Biyolojik Dönüşüm /Mikroalgler

Karbon Depolama Teknolojileri

- Tuzlu Su Akiferlerine Depolama
- Tükenmiş Petrol ve Doğalgaz Sahalarına Depolama
- Derin Deniz/Okyanus Depolama
- Bazalt Oluşumlara Depolama
- Derin Kömür Damarlarına Depolama
- Gaz Hidrat Depolama



Karbondioksit Harici Sera Gazlarını Azaltım Teknolojileri



- Metan Azaltım Teknolojileri
- Hidrofloro Karbonlar (HFC) Alternatifi Teknolojiler
- Değerli Kimyasallara ve Yakıtlara Dönüşüm Teknolojileri

Çimento ve Beton Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler



- Yeni Nesil Çimentolar (Alternatif Hammadde, Kireçtaşı, Kalsine Kil, Magnezyum Fosfat Çimentosu vb.)
- Alternatif Yakıt Kullanım Teknolojileri (Biyokütle Atıkları, Hidrojen)
- Döner Fırın Elektrifikasyon Teknolojileri
- İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Geri Dönüşümü
- Karbonatlaşma Teknolojileri

Endüstriyel Üretim

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Demir-Çelik Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler



- Doğrudan İndirgeme Teknolojileri (DRI) (Hidrojen, Amonyak, Biyogenik, Yüksek Seviyede Elektrolitik Hidrojen Karışımı Doğal Gaz)
- Alternatif Üretim Teknolojileri (FINEX, COREX, COURSE50)
- Yüksek Sıcaklıkta Erimiş Oksit Elektrolizi (> 1500°C)
- Düşük Sıcaklık Elektrolizi (<110°C)
- Alkali Metal Döngüsüyle İndirgeme
- Elektrik Ark Ocakları
- Biyokütle Kaynakları ile Şarj ve Enjeksiyon Karbon İkamesi
- Çelik Atık Gazlarının Yakıt ve Kimyasala Dönüştürülmesi (Yüksek Fırın)

Alüminyum Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler



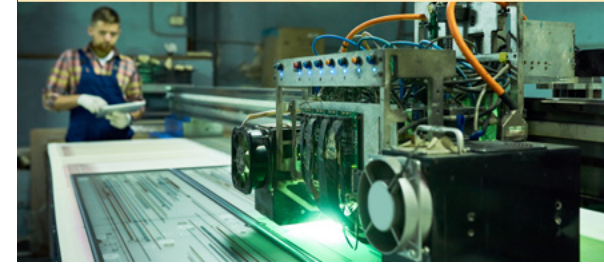
- İnert Anot Teknolojisi
- Bayer Proses Teknolojileri (Hidrojen Kullanım, Yoğunlaştırılmış Güneş Isısı, Yüksek Oranlı Biyokütle Kullanma, Elektrifikasyon)
- Temiz Kutuplu Hücre/Klorür Elektrolizi İle Birincil Ergitme
- Yenilikçi Fırın ve Sistem Teknolojileri

Petrokimya ve Kimya Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler



- Yüksek Değerli Kimyasallar için Buhar Kıraking Elektrifikasyon Teknolojileri
- Biyokütle Gazlaştırma Teknolojileri
- Biyobazlı Malzeme Üretim Teknolojileri
- Yeni Nesil Geri Dönüştürülebilir Termoset Polimerler
- Yenilikçi Polimerler ve Kompozitler
- Termoplastik Reçineler

Seramik ve Cam Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler



- Hidrojen Esaslı Yanma Sistemleri
- Tamamen Elektrikli Ergitme ve Pişirme Sistemleri
- Biyo/Sentez Gazının Yakıt Olarak Kullanım Teknolojileri
- Proses Atığı veya İkincil Atık Kullanım Oranlarının Artırılması
- Mikro Dalga ile Keramik Kurutma Teknolojileri

Madencilik Sektörüne Yönelik Yeşil Teknolojiler



- Yerinde Süzme Teknolojileri
- Biyo Süzme ve Biyo İslah Teknolojileri
- Tortulardan Kritik Minerallerin Geri Kazanımı
- Nadir Toprak Elementleri İşleme Teknolojileri
- Maden Atıklarından Biyokömür Üretimi



Dünyadaki emisyon kaynakları arasında en büyük payı enerjinin üretimi, taşınması ve kullanımı almaktadır. İklim teknolojilerinin ve özellikle de azaltım politikalarının en büyük oyun alanlarından biri, küresel emisyonların %75,7'sinin kaynağı olan enerji dikeyidir (World Resources Institute, 2024). Enerji dikeyi ise kendi içinde ısı ve elektrik üretimine ek olarak ulaşım, endüstriyel üretim, inşaat ve yapı çevre gibi farklı sektörlerin ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Enerji kaynaklı küresel sera gazı emisyonları, 2023 yılında %11 büyüyerek 410 milyon ton (Mt) artmış ve toplamda 37,4 milyar tona (Gt) ulaşarak yeni bir rekor kırmıştır (IEA, 2024). 2019 ve 2023 yılları arasında enerji kaynaklı küresel emisyonların 900 Mt arttığı ve 2023 yılındaki 410 Mt artışın kaynağının %65 oranında kömür olduğu göz önüne alındığında, iklim teknolojilerinin enerji alanındaki rolü daha da çarpıcı olarak kendini göstermektedir. Bilhassa beş kritik teknolojinin ön plana çıktığı enerji dikeyinde güneş fotovoltaik, rüzgar enerjisi, nükleer enerji, ısı pompaları ve elektrikli araçların entegrasyonu olmasaydı, 2023 yılındaki emisyon artışının mevcut emisyonların üç katı olacağı gözlenmiştir (IEA, 2024). Sisteme yeni giren rüzgar ve güneş enerjisi santrallerinin 2023 yılında 2022 yılına kıyasla %75 artarak 540 GW kapasiteye ulaşması, 2022 yılına kıyasla %35 artış gösteren 2023 yılı elektrikli araç satışlarının 14 milyona ulaşması gibi faktörler göz önüne alındığında, iklim teknolojilerinin enerji alanında ortaya koyduğu çözümler ve fırsatların önemi kendini gözler önüne sermektedir (IEA, 2024). Temiz enerji kaynaklarına ulaşımında nükleer enerjinin, hidroelektrik santrallerin ve yeşil hidrojenin yoğun olarak tartışılmaya başlaması, özellikle yeşil hidrojenin üretimi, depolanması ve taşınması konusundaki çalışmalara verilen ağırlığı artırmaya devam etmektedir.

Elektrik enerjisi depolamanın kritik elementleri olan lityum ve kobalt gibi madenlerin kontrolünün büyük ölçüde Çin'in elinde olması, enerji depolamada yeşil hidrojen başta olmak üzere lityum dışı elektrokimyasal enerji depolama ve elektrokimyasal dışı enerji depolama gibi konulara olan ilgiyi daha da artırmakta, bu teknolojilerin iklim değişikliği ile olan mücadelede ön plana çıkmasına sebep olmaktadır.

Tüm dünyada büyük ve küçük ölçekli yeşil hidrojen üretim tesislerinin yanında yeşil hidrojen vadilerinin artması, hem kamunun hem özel sektörün alternatif temiz enerji kaynakları ile enerji depolama yöntemlerine ilgisinin arttığı ve artacağı somut bir göstergesi olarak ön plana çıkmaktadır. 2023 yılında 90 Mt olan yıllık hidrojen talebinin 2050 yılına kadar dört katına çıkacağı, bu talep içinde üretilen yeşil hidrojen payının 2023 yılında %1'den az iken 2030 yılında %30, 2040 yılında %75 ve 2050 yılına kadar %95'e ulaşacağı öngörülmüştür (McKinsey & Company, 2024) ve Porsche, ExxonMobil ve Highly Innovative Fuels Global gibi büyük şirketlerin sentetik yakıt teknolojilerine toplamda 1 milyar ABD Doları yatırım yapması, yalnızca bu yatırımlar sonucu ortaya çıkacak tesislerde sentetik yakıt üretiminin 2026 yılına kadar 550 milyon litreye ulaşmasının beklenmesi de (Janaki ve diğer., 2024) yeşil hidrojen ve sentetik yakıtlar başta olmak üzere enerji dikeyinde tüm iklim teknolojilerinin oyunu değiştirecek birer rolü olacağını vurucu bir şekilde ortaya koymaktadır.



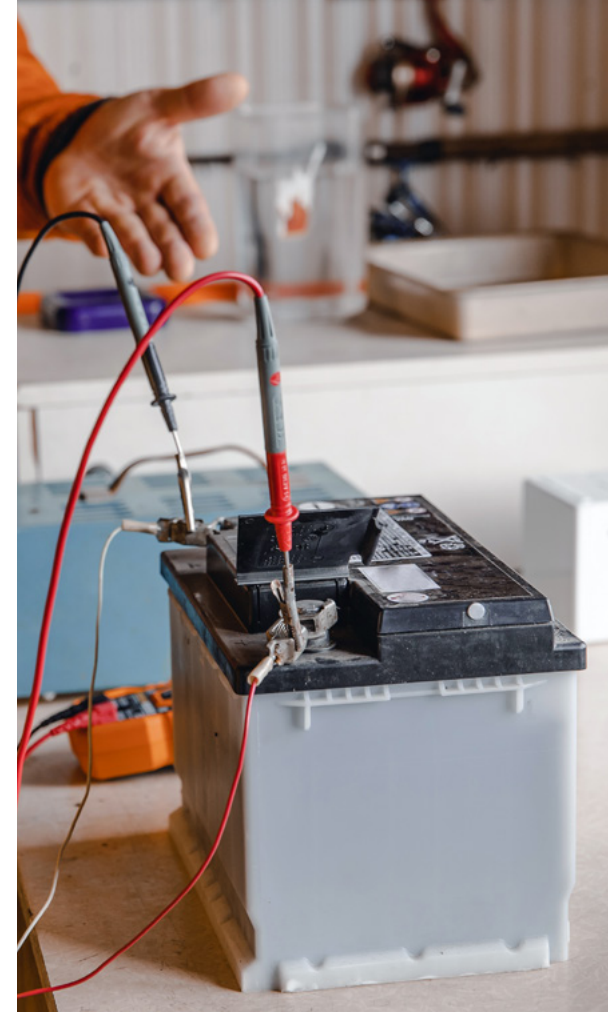
Yeni Nesil Yenilenebilir Enerji Teknolojileri: Güncel yenilenebilir teknolojiler olan güneş panelleri, rüzgar türbinleri ve hidroelektrik santrallerine kıyasla daha yüksek verim almayı amaçlayan, konum bazlı kısıtlamaları aşmayı hedefleyen, enerji depolama çözümlerine de odaklanan, atık ve malzeme geri dönüşümü gibi noktaları da gözetten teknolojilerdir. Bu teknolojiler arasında yüzey GES uygulamaları, kıyı ötesi rüzgar türbinleri, dalga enerjisi, perovskit güneş hücreleri gibi teknolojiler vardır.

İleri Nükleer Enerji Teknolojileri: Günümüzde var olan hafif su reaktörleri (Light Water Reactors, LWR), basınçlı su reaktörleri (Pressurized Water Reactors, PWR) ve kaynar su reaktörleri (Boiling Water Reactors, BWR) gibi nükleer teknolojilere kıyasla güvenlik, verimlilik, ölçeklenebilirlik ve çevresel etki konularında daha gelişmiş çözümler sunmayı hedefleyen teknolojilerdir. Bu teknolojiler genellikle reaktör tasarımı, yakıt döngüleri ve atık yönetimi konusunda inovatif çözümler içeren küçük modüler reaktörler (Small Modular Reactors, SMR), hızlı reaktörler, eriyik tuz reaktörleri gibi reaktörleri ve toryum, zenginleştirilmiş uranyum (High Assay Low Enriched Uranium, HALEU), geri dönüştürülmüş nükleer atık yakıtları gibi yakıtları içerir.

Yeni Nesil Biyoyakıt/Sentetik Yakıt Teknolojileri: Günümüzde mısır, şeker pancarı ve soyadan elde edilen etanol, biyodizel, basınçlı doğal gaz gibi karbon ayak izi görece yüksek olan yakıtlara kıyasla çevresel etkisi daha düşük, ölçeklenme potansiyeli yüksek, arazi kullanımı ve ormansızlaşma konularını da gözetten teknolojilerdir. Gıda temelli olmayan biyokütle, atık malzemeler, algler ve sentetik girdilerden elde edilen selülozik etanol, alg biyodizeli, sentetik metan, hidrojen ve amonyak gibi yakıtları içeren bu teknolojiler havacılık, gemicilik ve ağır sanayide kullanıma potansiyeline sahiptirler.

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Enerji Depolama Teknolojileri



Mekanik Depolama Teknolojileri

- Mekanik Enerji Depolama Teknolojileri
- Pompajlı Hidroelektrik Enerji Depolama
- Yer Çekimine Dayalı Enerji Depolama
- Volan Sistemlerde Enerji Depolama
- Sıkıştırılmış ve Sıvılaştırılmış Hava/Gaz Halinde Enerji Depolama

Termal Enerji Depolama/Isı Bataryaları Teknolojileri

- Gizli Isı/Akıllı Isı ile Enerji Depolama
- Termokimyasal Enerji Depolama
- Faz Değişim Malzemeleri (ing. Phase Change Materials)
- Erimiş Tuz Depolaması
- Katı Hal Termal Enerji Depolama

Kimyasal Enerji Depolama

- Güçten X'e (ing. Power-To-X) Dönüşüm Teknolojileri
- Sentetik Yakıtlar

Elektriksel Enerji Depolama

- Süperkapasitör Teknolojileri
- Süpermanyetik Teknolojiler

Elektrokimyasal Enerji Depolama Teknolojileri

- Lityum-Hava Bataryalar
- Lityum-Sülfür Bataryalar
- Organik Bataryalar
- Grafen Bataryalar
- Redoks Akış Bataryaları
- Metal Hava Bataryalar
- Sodyum Tabanlı Bataryalar
- Katı Hal Bataryalar

Yeni Nesil Yenilenebilir Enerji Teknolojileri



- Okyanus Dalga Enerjisi Sistemleri
- Yüzey Güneş Enerji Santralleri
- Okyanus Isısı Teknolojileri
- Gelişmiş Jeotermal Sistemler
- Organik ve Perovskit - İnce Film Fotovoltaikler
- Çok Bağlantılı (ing. Multijunction Cells) Fotovoltaikler (4 veya Daha Fazla)
- Yarı Kesitli Hücre Teknolojisi
- Geçirgen/Yarı Geçirgen Güneş Panelleri

Hidrojen Enerji Sistem Teknolojileri

Temiz Hidrojen Üretim Teknolojileri

- PEM (Polimer Elektrolit Membranlı) Elektrolizörler
- Katı Oksit Elektrolizör Hücreleri (SOEC)
- Anyon Değişim Membranlı (AEM) Elektrolizörler
- Biyohidrojen Üretim Teknolojileri (Biyokütle Esaslı Dahil)
- Bipolar Membran Elektrolizörler
- Elektrolizörler için Bileşen Üretimi (Katalizör, Elektrot vb)

Temiz Hidrojen Taşıma ve Depolama Teknolojileri

- Metal Hidrürlerle Hidrojen Depolama
- Tip 4-Tip 5 Kompozit Tanklarla Hidrojen Depolama
- Yeni Nesil Hidrojen Gaz Sensörleri
- Sıvı Organik Hidrojen Taşıyıcılar (LHOC)
- Metal Organik Çerçeveler (MOF) ile Hidrojen Depolama

Temiz Hidrojen Kullanım Teknolojileri

- Yakıt Hücresel Gaz Türbinleri
- Hidrojen Doğrudan İndirgeme (HDRI) Teknolojileri
- Hidrojenle Karışık Yanma Sistemleri ve Brülörler
- PEM (Proton Değişim Membranlı) Yakıt Hücreleri
- Katı Oksit Yakıt Hücreleri
- Alkali Anyon Değişim Membranlı Yakıt Hücreleri
- Yakıt Hücreleri için Bileşen Üretimi (Katalizör ve Elektrot vb.)

İleri Nükleer Enerji Teknolojileri



- Yüksek ve Çok Yüksek Sıcaklık Reaktörleri (VHTR)
- Sodyum Soğutmalı Hızlı Reaktörler (Büyük Ölçekli Nükleer Reaktörler)
- Nükleer Füzyon Teknolojileri
- Yüksek Sıcaklıklı Gaz Soğutmalı Küçük Modüler Reaktörler (HTGR)
- Hafif Su Küçük Modüler Reaktörler
- Hareketli Dalga (ing. Travelling Wave) Reaktörleri
- Süper Kritik Su Reaktörleri (SCWR)

Yeni Nesil Biyoyakıt/Sentetik Yakıt Teknolojileri



- Alglerden Biyoyakıt Üretimi
- Selülozik Biyoyakıtlar
- Hidrojenle İşlenmiş Esterler ve Yağ Asitleri (HEFA)
- Alkolden Jet'e (AtJ) Yakıt Teknolojisi
- Fischer-Tropsch (FT) Kütle Kaynaklı Sentetik Yakıtlar
- Biyogazdan Sıvıya Dönüşüm Teknolojileri
- Güçten Sıvıya (PtL) Sentetik Yakıtlar
- Sentetik Metanol ve Metanolden Yakıt Teknolojileri
- Gelişmiş Yakıt Üretimi için Nanoyapılı Katalizörler
- Hidrotermal Sıvılaştırma (ing. Hydrothermal Liquefaction Process)
- Elektrokatalitik Azot İndirgeme prosesi ile Yeşil Amonyak Üretimi (ing. Electrochemical NRR)

Mobilite ve Ulaşım



Mobilite ve Ulaşım

Mobilite ve ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonları, 2023 yılında %4 artarak 8,4 Gt ile küresel emisyonların %16'sını oluşturmuştur (Statista, 2024). 1990 ile 2022 yılları arasında tüm dünyada yılda %1,7 ortalama artış gösteren ulaşım ve mobilite kaynaklı emisyonlar (IEA, 2024), aynı yıllar arasında Avrupa Birliği'nde toplamda %26 artmış ve yine Avrupa Birliği'nde 2022 yılı emisyonlarının %29'unun kaynağı olmuştur (European Environment Agency, 2024). 2022 yılı verilerine göre ulaşım emisyonlarının yaklaşık %80'i karayolu araçları kaynaklı iken karayolu ulaşımı kaynaklı emisyonlar toplam küresel emisyonların yaklaşık %12'sini oluşturmuş ve bu kömürden sonra en büyük ikinci küresel emisyon kaynağı olarak kayda geçmiştir; öte yandan demiryolu ulaşımı toplam ulaşım emisyonlarının yaklaşık %1 civarına tekabül ederken, uluslararası deniz taşımacılığı ve havayolu ulaşımı yaklaşık %10'ar payla emisyonlar üzerinde birbirlerine yakın etkiler göstermiştir (Statista, 2022). Petrol ve petrol ürünlerinin ulaşım sektörünün enerji ihtiyacındaki payı 2022 yılında %91 olmuş, 1970 – 2022 yılları arasında ise yalnızca %3 düşüş göstererek ağırlığını daima korumuştur (IEA, 2024).

Karayollarında elektrikli araçlar ve mikromobilite uygulamaları, denizyolu ve havayolu ulaşımı için alternatif yakıtlar geliştirilmesi, demiryolunda yeni teknolojilere yatırım yapılması gibi açılımlara karşın petrol ve petrol ürünlerinin ulaşım dikeyinde bu denli baskın olmaya devam etmesi, ulaşımında yeşil teknolojilerin önemini açıkça gözler önüne sermektedir.

Mobilite/Ulaşım dikeyi içinde, bu çalışma çerçevesinde karayolu, havayolu, denizyolu ve demiryolu ulaşım teknolojileri kendi içlerinde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelere ek olarak mobilite uygulamaları için malzeme teknolojileri ve mobilite uygulamaları için şarj teknolojileri de ayrıca birer başlık olarak araştırılmıştır. Elektrikli araç satışlarının 2023 yılının ilk çeyreğine kıyasla 2024 yılının ilk çeyreğinde %25 artması, 2024 yılı içinde Çin'de %45, Avrupa'da %25 ve ABD'de %11 pazar payına ulaşarak toplamda 17 milyon adetlik satışa erişmesinin beklenmesi gibi gerçeklere ek olarak küresel kurulu şarj istasyonlarının 2023 yılında 2022 yılına kıyasla %40 artmış olması göz önüne alındığında (IEA, 2024), mobilite uygulamaları için şarj teknolojilerinin hem dünyada hem de Türkiye için önemi görülebilmektedir. Bataryayla çalışan elektrikli araçların 2030'lu yıllara büyük etki edeceği gerçeğinin yanına bir de 2030'lu yıllar sonrasında hidrojen yakıt hücresiyle çalışan elektrikli araçların pazar hakimiyetinin artacağı beklentisi göz önüne alındığında, iklim teknolojileri açısından hem batarya hem de hidrojen teknolojilerinin ağırlığı bir kere daha göze çarpmaktadır.

Denizyolu ulaşımında petrol kaynaklı yakıtlara alternatif olan sentetik yakıtlar, biyoyakıtlar ve hidrojen türevleri ağırlık artırırken, havacılıkta özellikle sürdürülebilir havacılık yakıtları (Sustainable Aviation Fuel, SAF) ile ilgili teknolojiler ön plana çıkmakta, demiryolu taşımacılığında ise "Hyperloop" ve "Manyetik Levitasyon" (Magnetic Levitation, MagLev) gibi teknolojiler kendini göstermektedir. Mobilite uygulamalarının tüm alanlarında kendini gösteren malzeme teknolojilerinin etkisi ise araçlara hafifletme, dayanım artırma, ömür uzatma ve geri dönüştürülebilirlik gibi özellikler kazandırarak iklim değişikliği ile mücadelenin farklı alanlarına dokunabilmektedir.



Yeni Nesil Yakıtlı İçten Yanmalı Araçlar: Geleceğin çevre standartlarıyla uyumlu, düşük emisyonlu, yüksek verimliliğe sahip alternatif yakıtları kullanan içten yanmalı motor teknolojileridir. Günümüzde neredeyse tüm içten yanmalı motorlarda kullanılan benzin ve dizelin aksine hidrojen, doğal gaz, e-yakıtlar, biyoyakıtlar ve bunların karışımlarını kullanırlar.

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Karayolu Ulaşımı Teknolojileri



- Hidrojen Yakıt Hücreli Araçlar
- Lityum İyon Sonrası Bataryalar (Sodyum İyon, Katı Hal, Lityum-Sülfür Bataryalar vb.)
- Otonom (ing. Platooning), Otomatik ve Bağlı Araçlar
- Yeni Nesil (Hidrojen, Metanol, Sentetik Yakıtlar) Yakıtlı İçten Yanmalı Araçlar
- Yenilikçi Mikromobilite Teknolojileri (e-Scooter, e-Bike)
- Rota Optimizasyon Teknolojileri

Havayolu Ulaşımı Teknolojileri

- Hidrojenle Çalışan Uçaklar
- Sürdürülebilir Havacılık Yakıtı (SAF) Kullanımı
- Hibrit Elektrikli Uçaklar
- Havacılık için Yakıt Depolama Teknolojileri
- Elektrikli Dikey Kalkış ve İniş Araçları (eVTOL)
- Yeni Nesil Hava Trafik Yönetim Teknolojileri
- Rota Optimizasyon Teknolojileri



Mobilite ve Ulaşım

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Denizyolu Ulaşımı Teknolojileri



Alternatif Yakıt Sistemleri

- Hidrojen Yakıtlı Gemi Sistem Teknolojileri
- Amonyak Yakıtlı Gemi Sistem Teknolojileri
- Biyogaz Yakıtlı Gemi Sistem Teknolojileri
- Metanol Yakıtlı Gemi Sistem Teknolojileri
- Nükleer Yakıtlı Gemi Sistem Teknolojileri

Gövde ve Yeni Nesil Gemi Ana Bileşen Teknolojileri

Enerji Verimliliği ve Navigasyon Teknolojileri

- Hava Durumu Tabanlı Rota Optimizasyonu
- Optimal Seyir Hızı Yönetimi
- Otomatik Enerji Yönetim Sistemleri

Gemilerde Karbon Yakalama

Rota Optimizasyon Teknolojileri

Mobilite İçin Malzeme Teknolojileri



- Araç Hafifletme İçin Yenilikçi Kompozit Malzemeler (Karbon Fiber, Magnezyum Metal vb.)
- Alüminyum Alaşımları / Magnezyum Alaşımları / Titanyum/Plastik ve Polimer Malzemeler/ Gelişmiş Çelik Alaşımları

Mobilite İçin Şarj Teknolojileri



- Kablosuz Dinamik Yüksek Hızlı Şarj Teknolojileri
- Manyetik Şarj Teknolojileri
- Yerinde Şarj Teknolojileri (ing: Onsite/Onboard Charging)
- Konut Tipi Elektrikli Araç Şarj Teknolojileri
- Yakıt Hücreli Araçlar için Hidrojen Dolum Teknolojileri
- Yolda Şarj Teknolojileri (ing: Dynamic Charging)

Demiryolu Ulaşımı Teknolojileri



- Manyetik Levitasyon (Maglev)
- Hidrojen Yakıt Hücreli Elektrikli Tren
- Ray-Şebeke Pil Enerji Depolama Sistemi
- Hyperloop
- Gaz Hibrit Trenler



Tarım ve Gıda

Canlılığın vazgeçilmez kaynaklarından biri olan gıda, medeniyetin yerleşik hayata geçişiyle birlikte büyük ölçüde tarıma bağlı hale gelmiştir. Günümüzde 8,7 milyar olan dünyadaki insan nüfusunun, 2050 yılına kadar 9,7 milyara ulaşması, 2080 yılında 10,3 milyar insan ile tepe noktasına ulaştıktan sonra 2100 yılında 10,2 milyara inmesi beklenmektedir (UN, 2024). Dünya Bankası'nın 2023 raporuna göre dünya nüfusunun %11,6'sı gıda güvenliği ile ilgili sorun yaşarken, 2025 yılında 943 milyon insanın gıdaya erişimde zorlanacağı tespit edilmiştir (The World Bank, 2023). Tarım ve gıda dikeyini hassas kılan konulardan birisi gıda üretiminin, özellikle de tarıma dayalı gıdanın, iklim koşulları, atmosferik aktiviteler ve doğal olaylarıyla yakından ilişkili olmasıdır. Bu dikey, tıpkı diğer dikeyler gibi iklim değişikliğinin sonuçlarını doğrudan etkilemekte fakat onlardan farklı olarak bu sonuçlardan da doğrudan etkilenmektedir.

Gıda sektörü, bugün dünyanın farklı bölgelerinde tüketici harcamasının %10 – 50 arasındaki kısmını, küresel ticaret hacminin %8'ini oluşturmaktadır ve 2050 yılına kadar yıllık tüketiminin toplamda en az %50 artması beklenmektedir (HSBC Global Research, 2023).

Gıda sektörüne ek olarak onun ana destekçisi olan tarım sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının %11'ine sebep olmaktadır ve bu emisyonlar arasında küresel metan emisyonlarının da en büyük kaynağı olarak kendini göstermektedir (Statista, 2023). Tarım ve gıda dikeyini diğerlerinden ayıran en önemli nokta, emisyonu neden olan konuların tespiti ve çözümlemesiyle azaltım aktivitelerine dokunulurken, dikeyin iklim değişikliğinden doğrudan etkilenmesi dolayısıyla özellikle uyum çalışmalarının sonuçlarına yakından bağlı olmasıdır. Bu çerçeveden bakıldığında, bu dikey özelinde değerlendirilen teknolojilerin kapsamının çok boyutluluğu daha net görülebilmektedir. Bir önceki çalışmadan farklı olarak orman, ormancılık ve arazi yönetimine ilişkin yaklaşımlar bu çalışmada dikeyler arasından çıkarılarak yatay bir perspektifte değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım değişikliğinin ana sebebi, tarım ve gıda sektörlerinin yeşil politikaların yanı sıra ileri teknolojilerle yakın teması varken, arazi yönetimi ve ormancılık gibi konuların teknolojiye dokunsa da çoğunlukla politika ağırlıklı yaklaşımlar içermesidir.

Bu çalışma başlığı altında tarımsal sera gazlarının, özellikle de “metanın azaltımı, dikey, akıllı ve hassas tarım teknolojileri, sera uygulamaları, gıda ömrünün uzatılması, alternatif protein teknolojileri, biyoteknoloji ve hayvancılığın farklı kollarına değinen teknolojiler” üzerinde durulmuştur. Küresel sera gazı emisyonlarının %5'inin sebebi olan gübre sektörü çerçevesinde; neredeyse tamamı sentetik gübre üretiminde kullanılan, küresel sera gazı emisyonlarının %0,8'inin kaynağı olan ve küresel enerji tüketiminin %2'sinden sorumlu olan amonyak üretimi (Gao ve Serrenho, 2023) için iklim teknolojilerinin kullanımı da bu dikeyde değerlendirilmiştir.



ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Tarımsal Üretimde Sera Gazı Emisyon Azaltım Teknolojileri

- Canlı Hayvanlardan Metan Yakalama
- Metan İnhibitörü Hayvan Yemi Katkıları



Yeni Nesil Etkili Gübre Üretim Teknolojileri



- Nano- ve Biyo-Gübre (Mikrobiyal Gübre) Üretim Teknolojileri
- Karbon Nötr Gübre için Yeşil Amonyak Üretim Teknolojileri
- Yavaş Salımlı (İnhibitörlü) Gübre Teknolojileri

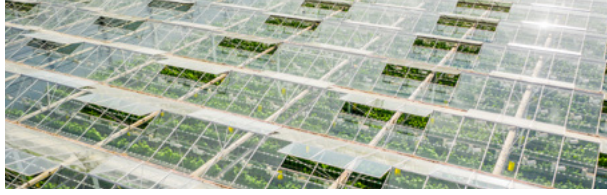
Akıllı ve Hassas Tarım Teknolojileri



- Uydu ve Hava Araçları ile Uzaktan Algılama
- Basıncılı Sulama Sistemlerinin (Damlama Sulama vb.) Otomasyon Teknolojileri
- Tarım Robotları (Agrobot) Teknolojileri
- Bitki Korumada Algılama ve Bilgi Yönetimi
- Bitki Korumada İlaç Uygulama Teknikleri

Tarım ve Gıda

Sera Üretim Teknolojileri



- Cam Sera Entegre Güneş Fotovoltaikleri
- Alternatif Yetiştirme Ortamı Teknolojileri
- Yüzen Sera Teknolojileri

Dikey Tarım Teknolojileri (CEA)



- Ortam Optimizasyon Teknolojileri (LED vb.)
- Hidrofonik Tarım Teknolojileri
- Aeroponik Tarım Teknolojileri
- Akuaponik Tarım Teknolojileri

Alternatif Protein Teknolojileri



- Bitki Temelli Protein Teknolojileri
- Fermantasyon Temelli Protein Teknolojileri (Bakteri, Mantar, Mikroalg, Maya vb.)
- Biyokütle Fermantasyonu (Tek Hücreli Proteinler)
- Hedefli Fermantasyon (Hedef Proteinler)
- Kültür Eti
- Diğer Kaynaklardan Proteinler (Böcek, Makroalg, Deniz Anası vb.)

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Tarım-Gıda ve Biyokütle Kaynakları için İleri Dönüşüm Teknolojileri



- Süperkritik Ekstraksiyon Teknolojisi ile Katma Değerli Ürünlerin Üretilmesi
- Bitkisel ve Hayvansal Atıklardan Katma Değerli Ürünlerin Üretim Teknolojileri (Kompost, Organomineral Gübre, Plastik, Kompozit, Vegan Deri vb.)
- Bitkisel ve Hayvansal Atıklardan Enerji Üretim Teknolojileri (Biyoyakıt, Biyokömür)

Gıda Raf Ömrünü Uzatan Teknolojiler



- Kontrollü Atmosfer ve Modifiye Atmosfer Paketleme Teknolojileri
- Biyobozunur Polimer Teknolojileri/Biyočözünür Malzeme Teknolojileri
- Nanoteknolojik Ambalaj Malzeme Teknolojileri

Biyoteknoloji ve Moleküler Genetik Temelli Bitki/Hayvancılık Islah Teknolojileri



- Transgenik Olmayan Bitki ve Hayvan Islah Teknolojisi (CRISPR, ZFN, TALEN vb.)
- Genetik Modifikasyon Yöntemleri (Gıda, Yem, Tohum vb.)
- Kuraklığa Dayanıklı Ürünler

Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde İleri Teknolojiler



- Açık Deniz Kafes Teknolojileri
- Su Altı Kamera ve Dron Teknolojileri
- Akıllı Lazer Teknolojisi
- Akıllı Balık Ağları
- Yeni Nesil Sonar Teknolojileri

İnşa Edilmiş (Yapılı) Çevre



İnşa Edilmiş (Yapılı) Çevre

İnşa edilmiş (yapılı) çevre dikeyi, başta çimento, demir-çelik, alüminyum gibi kirlenici sektör ürünleri olmak üzere tüm bileşenleri ile değerlendirildiğinde, küresel sera gazı emisyonları içinde %37 ile ciddi bir pay almaktadır (UNEP, 2023).

Geçmişten günümüze uzanan emisyon azaltım çalışmalarına bakıldığında, bu çalışmaların büyük çoğunluğunun ısıtma, soğutma, aydınlatma gibi operasyonel uygulamalara ağırlık verilerek yapıldığı gözlenirse de günümüzde yapı malzemelerinden kaynaklanan, yapılı çevre emisyonlarının %49'undan sorumlu olan ve "Binalarda Gömülü Emisyon" olarak adlandırılan emisyonlar da hedefe alınmaya başlamıştır (KPMG, 2023).

Küresel enerji talebinin üçte birine sahip olan binalarda (IEA, 2023) kullanılan aydınlatma, ısıtma, soğutma, enerji üretimi ve tüketimi içeren sistemlerin tamamı, iklim teknolojileri çerçevesinde geliştirilebilecek teknolojiler içermektedir.

İnşa edilmiş (yapılı) çevre dikeyinde incelenen bu sistemlere ek olarak gömülü karbon emisyonlarını azaltma amacıyla geliştirilen ileri yapı malzemeleri ve yapım teknikleri de bu dikeyin odaklandığı konular arasında yerini almıştır. ABD Genel Hizmetler İdaresi (US General Services Administration, GSA), 2022 yılında dokuz adet ileri yapım teknolojisinin pilot tesislerinin kurulumuna başladığını duyurmuş (GSA, 2022) ve binalarda kazanların geliştirilmesi ile %50'ye kadar enerji tasarrufu yapılabileceğini belirtmiştir (The Climate Group, 2023). 2030 yılına kadar inşa edilmiş zemin alanının %15 artarak yaklaşık bir Kuzey Amerika kıtası büyüklüğünde yeni zeminin dünyaya ekleneceği, bu artışın yaklaşık %80'inin gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşeceği öngörülmektedir (IEA, 2024). Gelişmekte olan ekonomiler arasında yer alan Türkiye'nin ise 2023 yılında, yeni yapılacak tüm binaların neredeyse sıfır emisyonlu, yüksek yalıtımlı ve en az %5 yenilenebilir enerji kaynaklı olmasını zorunlu hale getirdiği (Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022) düşünüldüğünde, bu dikeydeki teknolojilerin önemi daha da çarpıcı hale gelmektedir.



Yenilikçi Beton Teknolojileri: Betonun performansını, sürdürülebilirliğini ve farklı uygulamalar için adaptasyonunu artırmaya yönelik kullanılan yöntem, formül ve uygulamalardır. Yenilikçi beton teknolojilerinin amacı, geleneksel betonda karşılaşılan geri dönüştürülebilirlik, yüksek karbon emisyonları ve çevresel etki gibi sorunlara çözüm üretmektir. Günümüzde geleneksel betonlar çoğunlukla çimento, yıkıntı atıkları ve sudan elde edilirken yenilikçi betonlar alternatif bağlayıcı malzemeleri, geri dönüştürülmüş malzemeleri ve nano mühendislikle elde edilmiş katkı maddelerini içerir. Fotokatalitik beton, faz değiştiren beton, transparan beton, 3 boyutlu yazıcıdan çıkarılmış beton ve kendini iyileştiren beton gibi betonlar, bu teknolojilerle üretilmektedir.

Yenilikçi Yalıtım Sistemleri: Günümüz yalıtım sistemlerine kıyasla daha yüksek ısı, akustik ve çevresel performans sergileyen bina yalıtım sistemleridir. Enerji verimliliği, çevre etkisi ve farklı alanlarda kullanılabilirlik gibi konulara odaklanan yenilikçi yalıtım sistemleri; geleneksel yalıtım malzemeleri olan cam elyaf, cam yünü ve köpüklerden farklı olarak aerogeller, faz değiştiren malzemeler ve biyo temelli malzemelerden elde edilir. Bu sistemlerin başlangıç maliyeti daha yüksek olsa da uzun vadede enerji verimliliği etkileri sayesinde daha ucuza mal olabilmektedirler.

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

İleri Yapı Malzemeleri ve Yapım Teknikleri



- 3 Boyutlu Bina Yapım Teknolojileri
- Hafifletilmiş Kompozit Yapılar ve Malzemeler
- Yenilikçi Beton Teknolojileri (Kendini Onaran Beton, Geçirgen Beton vb.)
- Termal Performans Gösteren Duvar, Çatı, Cephe ve Pencere Sistemleri
- Termal Özellik Gösteren Havalandırma Sistemleri
- Yenilikçi Yalıtım Sistemleri (Biyobazlı/Aerogel/Vakumlu vb.)
- Modüler İnşaat Çözümleri

Isıtma-Soğutma Sistemleri



Üretim Sistemleri

- Yüksek Verimli ve Düşük Emisyonlu Kazanlar
- Kojenerasyon
- Enerji Tasarruflu Buharlaştırıcı
- Isı Pompaları (Hava Kaynaklı, Merkezi İnvertörlü, Kombine Solar PV, Vuilleumier, Termo-Akustik vb.)
- Katı Hal Ekipman Soğutması

Kontrol ve İletim Sistemleri

- Programlanabilir Akıllı Termostatlar
- Mikro Kanallı Isı Değiştiriciler
- Entegre Enerji Yönetim Sistemleri (İnvertör. Konvertör vb.)

Depolama Sistemleri

- Termal Depolama Sistemleri
- Termo-Kimyasal Depolama
- Elektrokimyasal Depolama

Aydınlatma Sistemleri



- Gelişmiş Aydınlatma Kontrol Sistemi
- Organik LED/Polimer LED
- Doğru Akımlı Aydınlatma

Yatayda Kesen Teknolojiler ve Uygulamalar



Yatayda Kesen Teknolojiler ve Uygulamalar

TTGV İklim Teknolojileri Radarı ile ilgili çalışmalar esnasında, her dikeyin kendi içinde ve birbiriyle etkileşimde olmasının yanı sıra, birtakım teknoloji ve uygulamaların tüm dikeylerde ortak etkisi olduğu gözlenmiştir. Bu teknoloji ve uygulamalar, bu çalışma kapsamında, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum aktiviteleri çerçevesinde dikeylerin ötesine geçen sistemler olarak değerlendirilmiş ve sonucunda da “Yatayda Kesen Sektörler” ana başlığı oluşturulmuştur. Bu çerçevede, emisyon azaltma potansiyeline sahip olan “su kaynakları yönetimi, dijital dönüşüm teknolojileri, arazi yönetimi, döngüsel ekonomi, atık yönetimi ve yeşil finansman” başlıkları birden fazla sektörde uygulaması olan bir dizi azaltım ve uyum önlemini ifade etmektedir. Bu sektörler, iklim değişikliği ile mücadele hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlarken, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik önemli adımlar atılmasını mümkün kılmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerine uyuma katkıda bulunan ürün ve malzeme döngüselliğini içeren önlemler, bu bağlamda yatayda kesen teknolojiler ve uygulamalar arasında değerlendirilmiştir.

Küresel nüfus artışı, kuraklık, enerji talebindeki artış ve yükselen gıda talebi gibi sorunlar, beraberinde gıda, su ve enerji gibi temel kaynakların daha verimli kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Özellikle, mevcut uygulamalarla, dünyanın 2030 yılına kadar tahmini talep ile mevcut su arzı arasında %40’lık bir açıklık karşı karşıya kalacağı, kronik su kıtlığı, sel ve kuraklıklar; küresel refah ve istikrar için en büyük tehditlerden bazıları olarak algılanmaktadır (The World Bank, 2023). Bu durum, su kaynakları yönetim sistemlerinin etkin uygulanmasının önemini daha da artırmaktadır.

Dijitalleşme, sektörel sınırları aşan bir diğer kritik alan olup, daha dayanıklı ve sürdürülebilir bir dünya yaratma potansiyeli taşımaktadır. 2050 yılına kadar, enerji, malzeme ve mobilite sektörlerinde dijital teknolojilerin sera gazı emisyonlarını %20 oranında azaltma potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir. Bu sektörlerde dijital çözümler, emisyonların azaltılmasında önemli bir araç olarak kullanılabilir (The World Bank, 2023).

Ekonomik kalkınmaya en büyük katkılardan birini sağlayan arazi kullanım ve yönetimi doğru şekilde uygulandığında, iklim değişiminin sonuçlarıyla mücadelede kritik bir araçtır. Orman ve arazi kullanımına dair yönetmeliklerin iklim krizi çerçevesinde yeniden değerlendirilerek şekillendirilmesi, ekosistem bozulmaları, gıda güvenliği sorunları ve biyolojik çeşitliliğin kaybı gibi risklerle mücadelede hayati önem taşımaktadır (IPCC, 2023). Dolayısıyla, arazi yönetimi ve biyolojik çeşitlilik konusunda ileriye dönük teknoloji altyapılarının güçlendirilmesi, iklim teknolojileri ile ilgili dikeylerin tamamını yakından ilgilendiren bir konu olarak yatayda değerlendirilmektedir.

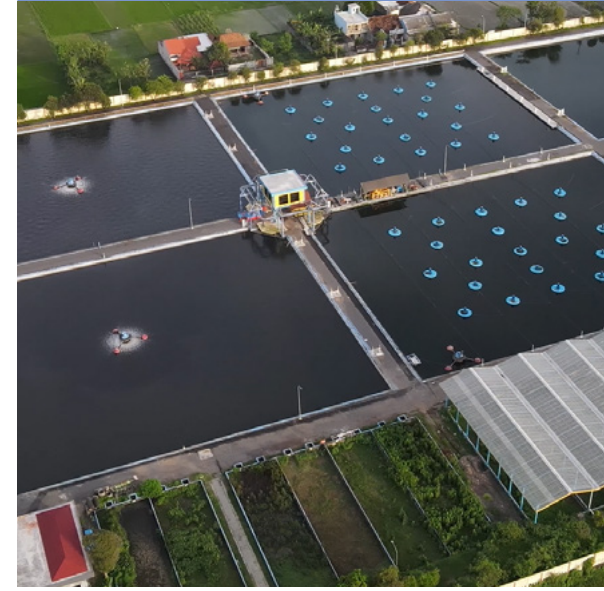
Tüm alanlarla doğrudan bağlantısı olan atık yönetimi kapsamında, döngüsel ekonominin atıkların bertaraf edilmesi yerine ekonomik değeri olan kaynaklara dönüştürülmesine odaklanması, çevresel sürdürülebilirliğe güçlü bir çözüm sunmaktadır. Küresel ölçekte, atıkların %60’ının geri dönüştürülmesi veya enerji üretiminde değerlendirilmesi hedefi, iklim değişikliğiyle mücadelede oyun değiştirici bir potansiyele sahip olarak görülmektedir (UNEP, 2024).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (İng. Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC])’nin senaryolarına göre, Karbondioksit Giderim (KDG) çözümleri, 2050 yılı küresel net sıfır seviyesine ve ardından uzun vadede küresel net negatif CO₂ emisyonu ulaşabilmek için kritik bir önem arz etmektedir (IPCC, 2021). KDG Çözümleri; doğa temelli çözümler(İng. Nature-based solutions) veya teknolojik yöntemlerle atmosferdeki mevcut CO₂’yi doğrudan uzaklaştırmayı hedeflemektedir. Bu yöntemler, CO₂’yi karasal, okyanus, jeolojik rezervuarlarda veya faydalı ürünlerde (yakıt/kimyasal/ yapı-inşaat malzemesi) farklı sürelerde (on yıllardan on binlerce yıllara) depolamayı amaçlamaktadır.

Tüm bu karbonsuzlaşma süreçlerine yön verecek nitelikte olan yeşil finansman, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir yönü temsil etmektedir. Finansal hizmetler, yeşil ürünlerin ve yatırımların artırılması yoluyla sektörel karbonsuzlaşma süreçlerine yön verebilir. İklim finansmanının küresel çapta yaygınlaştırılması, değişen iklim koşullarına uyum sağlanması ve olumsuz etkilerinin azaltılması için kritik bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda, yeni ve mevcut teknolojilerin finansal hizmetlere entegre edilmesi, yeşil ürünlerin yaratılmasına olanak tanırken, doğru ve güvenilir veri kaynaklarının kullanımı da karbonsuzlaşma hedeflerine ulaşılmasında önemli bir adım olacaktır. Ayrıca, iklim risklerinin değerlendirilmesi ve yönetimi, finansal sistemin dayanıklılığını artırarak sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek için temel bir gerekliliktir.

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Su Kaynakları Yönetimi



Su Kirliliğine Yönelik Uygulamalar

- Su Arıtma ve Su Kalitesini İyileştirme Uygulamaları (Membranlar, Biyofilm Reaktörler ve Membran Reaktörler vb.)

Su Kıtlığına Yönelik Uygulamalar

- Su Verimliliği, Suyun Depolanması ve Alternatif Su Kaynaklarının Yönetimi (Deniz Suyunun Tuzsuzlaştırılması, Atık Suyun Yeniden Kullanımı vb.)

Su Fazlalığına Yönelik Uygulamalar

- Taşkın, Sel ve Deniz Suyu Yükselmesinin Yönetimine Yönelik Uygulamalar (Yağmur Suyu Hasadı, Deniz Duvarları, Kıyı Şeridi Koruma Altyapıları vb.)

Suyun Dağıtımına Yönelik Uygulamalar

- Akıllı/Verimli Altyapı ve Şebeke Uygulamaları (Güneş Enerjili Su Pompaları, Sızıntı Algılama Sensörleri ve Akıllı Vanalar vb.)

Atık Yönetimi ve Döngüsel Ekonomi



- Atık Geri Dönüşüm Uygulamaları (Plastik Ambalaj, e-atık, Tekstil, Tarım-Gıda Atıkları vb.)
- Atık Geri Kazanım Uygulamaları (Metal, Cam, Kağıt, Biyokütle, Polimer Malzemeler vb.)
- Atık Yeniden Kullanım Uygulamaları (Plastik, Ambalaj vb.)
- Atık Bertaraf Uygulamaları (Evsel Atıklar, Tehlikeli Atıklar, İnşaat Yıkıntı Atıkları vb.)

Arazi Yönetimi



- Arazi Tahribatının Dengelenmesi
- Toprak Koruma ve Restorasyon
- Tarımsal Ormancılık Sistemleri
- Biyoazaltım Uygulamaları
- Bütünleşik Peyzaj Yönetimi

Yatayda Kesen Teknolojiler ve Uygulamalar

ÖNE ÇIKAN TEKNOLOJİLER

Karbondiyoksit Giderim Çözümleri



Doğa Temelli Çözümler

- Ağaçlandırma ve Yeniden Ormanlaştırma
- Sulak Alan ve Turbalık Restorasyonu
- Toprakla Karbon Tutumu
- Mavi Karbon Yönetimi

Teknoloji Temelli Çözümler

- Doğrudan Havadan Yakalama (DAC) Teknolojileri
- Karbon Yakalama ve Depolama Özellikli Biyoenerji (BECCS)
- Biyokütleden Elde Edilen Biyoçar
- Geliştirilmiş Ayrıştırma/Aşınma
- Okyanus Alkalinitesinin Artırılması ve Okyanus Gübreleme

İklim Risk Yönetimi, Finansman ve İş Modelleri



- İklim Riski ve Emisyon İzleme, Hesaplama ve Yönetimi
- İklim Sigortacılığı
- İklim Teknolojilerine Yönelik Yenilikçi Finansman Yöntemleri
- Karbon Piyasaları ve Finansal Mekanizmalar
- Afet Yönetimi ve Dirençlilik

Dijitalizasyon ve Dijital Dönüşüm Teknolojileri

- Dijital İkiz Teknolojileri ile Karbon Yönetimi
- Yapay Zeka/Sensör/Robot Teknolojiler ile Sürdürülebilir Üretim
- Nesnelerin İnterneti (IoT) ile Çevre İzleme ve Yönetim
- Siber Fiziksel Sistemler ile Enerji ve Kaynak Yönetimi
- 3 Boyutlu Yazıcılar (3D Printing) ile Düşük Karbonlu Üretim
- Yeşil Blok Zincir Teknolojileri



TTGV Program Yapısı



ÖNCÜL PROJE PROGRAMI



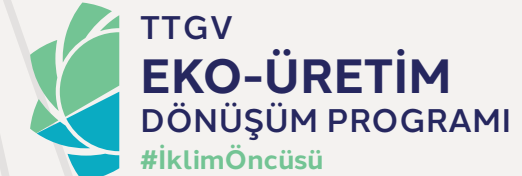
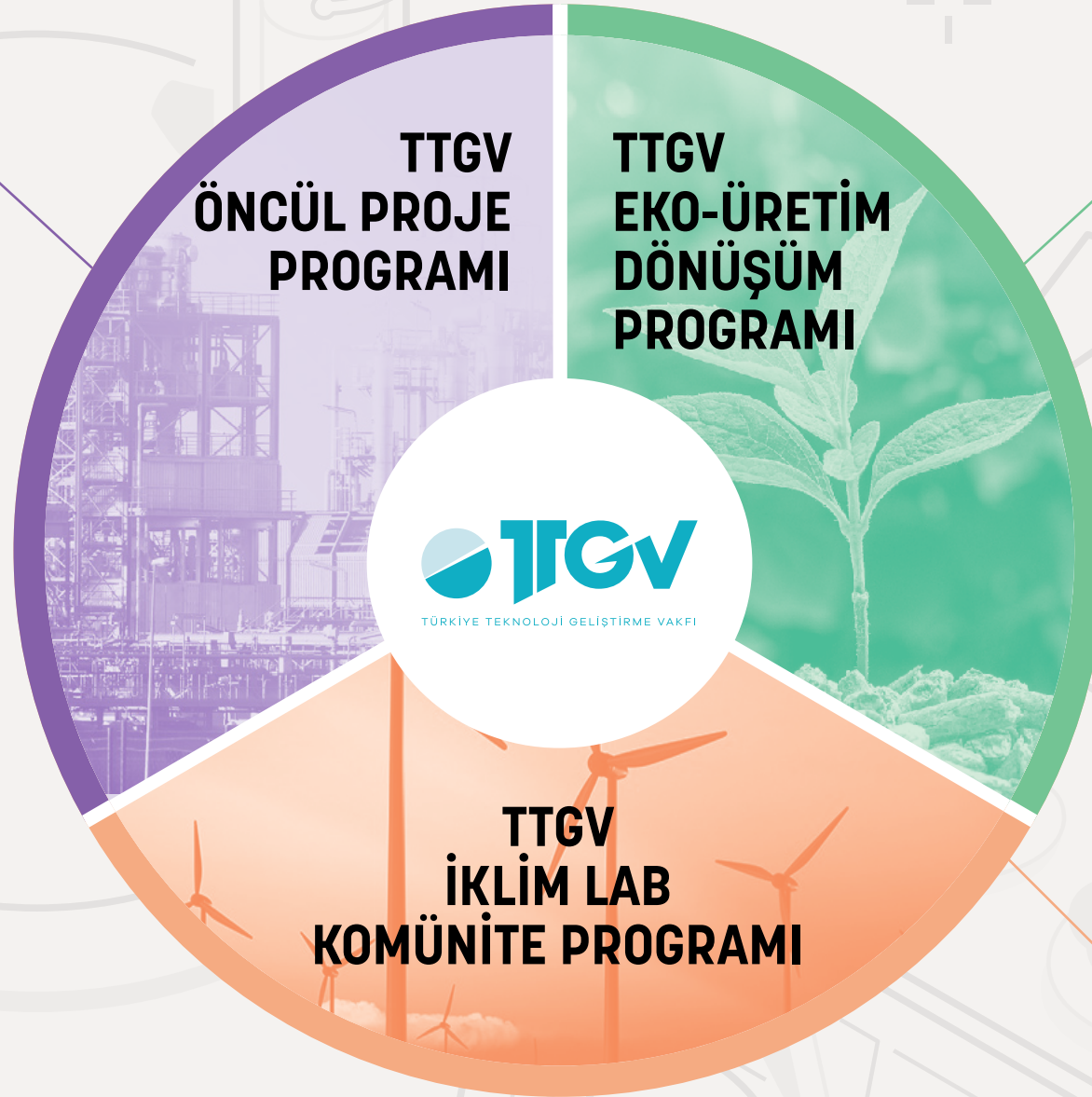
İklim teknolojilerine yönelik, erken aşama teknoloji kıymetlendirmeye ve ekonomik değer yaratma perspektifi kazandırmaya yönelik kapasite gelişimi sağlanmasını hedefler.



İklim teknolojileri alanında çalışan, fonksiyonel ilk sonuçlarını almış ama ürünleşme ve pazar validasyonu konusunda desteğe ihtiyaç duyan girişimlerin tespiti ve sektörel/iş geliştirme deneyimine ulaşmasının ve saha uygulamasına yönelik ortaklık geliştirmesinin sağlanmasını hedefler.



Türkiye'de, "Türünün İlk Örneği" ticari ölçekli, TRL 7 ve üstü iklim teknolojileri odaklı demo projeleri desteklemek üzere çalışır.



EKO-ÜRETİM DÖNÜŞÜM PROGRAMI

Sanayinin sürdürülebilir dönüşümüne ve rekabetçiliğinin korunmasına temiz üretim tezi kapsamında yeni proje fırsatlarını tespit edip geliştirerek katkı vermek; temiz üretim dönüşümünü kalıcı şekilde destekleyecek finansal kurumlar için kapsamlı bir proje değer zinciri yaratacak yapısal bir etki sunmak için tasarlanmıştır.



İKLİM LAB KOMÜNİTE PROGRAMI

İklim teknolojileri odağında, insanları, teknolojiyi ve veriyi bir araya getirerek endüstrinin yararlanabileceği somut bilgi ve içgörüler üretmeyi ve farklı metodolojiler deneyen bir laboratuvar gibi çalışmayı hedefler.

Son Dönem Raporlarımız



Alternatif Protein Teknolojileri Derin Analiz Raporu - Özet

Öncül Projeler Yatırım Programı kapsamında IV. Derin Analiz konusu olarak “Alternatif Protein Teknolojileri” seçilmiş ve Kasım 2023-Mart 2024 döneminde kapsamlı bir çalışma yürütülmüştür. 100’e yakın sektör uzmanı ve kuruluşla irtibata geçilerek, alternatif proteinlerin sosyo-kültürel, etik ve toplumsal boyutlarıyla birlikte detaylı analiz yapılmıştır. Bu çalışmada, mevcut gıda sistemine dair sorunlar, fırsatlar ve tehditler ele alınmış, alternatif protein teknolojileri derinlemesine incelenmiştir. Ayrıca, dünyada ve Türkiye’deki yatırımlar ve mevzuat değerlendirilmiş, gelecekteki sektör trendlerine ve gelişmelere yer verilmiştir. Sonuç olarak, Türkiye için stratejik öneriler geliştirilmiş ve potansiyel proje senaryoları oluşturulmuştur.



Temiz Hidrojen Teknolojileri Derin Analiz Raporu - Özet

Türkiye, 2053 net sıfır karbon emisyonu hedefi doğrultusunda, hidrojen kullanarak karbon nötr bir ekonomi modeli geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu strateji, karbonsuzlaşma ve enerji bağımsızlığı açısından büyük önem taşımaktadır. TTGV’nin “Temiz Hidrojen Teknolojileri” raporunda, hidrojenin üretimi, taşınması, depolanması ve kullanımıyla ilgili teknolojik gelişmeler ve zorluklar analiz edilmiştir. Ayrıca, Türkiye’nin yenilenebilir enerji potansiyeli ve yeşil hidrojen üretiminde global bir oyuncu olma fırsatları ele alınmıştır.



Sürdürülebilir Tarım: Toprak ve Su

“Sürdürülebilir Tarım: Toprak ve Su” çalışmamızda tarım ve gıda ekosisteminde sürdürülebilir bir ekonomik gelişme için en önemli kaynaklardan olan toprak ve suyun sürdürülebilir kullanımı ve bu kaynakların kullanımı konusunda yaşanan sorunları analiz ettiğimiz çalışmamız yayınlandı.



Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Enerji Karması İçindeki Miktarının Artırılabilmesi için Şebeke Ölçeğinde Uzun Süreli Elektrokimyasal Enerji Depolama Özet Raporu

Öncül Projelerin geliştirilmesine yönelik olarak proje fikrinin bulunmasından proje yatırımı ve ölçeklenme aşamasına kadar uzaman bir süreç oluşturularak, ilk/pilot konu olarak “Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Enerji Karması İçindeki Miktarının Artırılabilmesi İçin Şebeke Ölçeğinde Uzun Süreli Elektrokimyasal Enerji Depolama” seçilmiştir.



Ekonomik Değer Yaratma Potansiyeline Sahip Karbon Yakalama Kullanım Depolama (KYKD) ve Karbondioksit Giderim (KDG) Çözümleri Derin Analiz Raporu - Özet

TTGV Öncül Proje Programı ekibi, karbonsuzlaşma hedeflerinde enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ardından önemli bir rol üstlenmesi beklenen Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama (KYKD) teknolojileri ile Karbondioksit Giderim (KDG) çözümlerinin mevcut durumu ve geleceği üzerine kapsamlı bir analiz çalışması gerçekleştirdi. Nisan – Kasım 2024 döneminde Türkiye ve Dünya’daki gelişmeleri inceleyerek hazırladığı bu çalışmada, 75 sektör uzmanı ve kuruluşun katkılarıyla, teknoloji uygulamaları, politika çerçeveleri ve karbon piyasaları gibi temel boyutlar detaylı bir şekilde ele alınıyor.

Tekno-ekonomik bir perspektifle hazırlanan bu derin analiz raporu, KYKD teknolojilerinin ve KDG çözümlerinin karbonsuzlaşma planlarındaki potansiyelini, uygulanabilirliğini ve iş modellerine entegrasyon süreçlerini değerlendirmeyi amaçlarken, çalışmanın özeti niteliğindeki rapor, ülkemizin bu teknolojilerden en üst düzeyde fayda sağlayabilmesi adına bir rehber ve stratejik bir kaynak olma hedefi taşıyor.



Sürdürülebilir Çimento Üretimi Derin Analiz Raporu - Özet

Öncül Projeler Yatırım Programı kapsamında, “Yapı ve İnşaat Sektörünün Karbonsuzlaşmasında Sürdürülebilir Çimento Üretimi” konusu, Temmuz-Ekim 2023 döneminde derin analiz çalışması olarak seçilmiştir. Bu analizde, Türkiye çimento endüstrisindeki dekarbonizasyon ve sürdürülebilir çimento üretimiyle ilgili mevcut durum ve projeler ele alınmıştır. Raporda, küresel ve Türk çimento sektörüne dair genel bir bakış sunulmakta, üretim yöntemleri ve değer zinciri incelenmektedir. Ayrıca, sanayinin dekarbonizasyon yolları ve yeniliklerin emisyon azaltımına katkısı detaylandırılmıştır. Yeniliklerin ölçeklendirilmesini kolaylaştıracak mevzuat ve politikalar da raporda yer almaktadır.



Kaynaklar

Energy Star (2024). Sources of Industrial Greenhouse Emissions.
https://www.energystar.gov/industrial_plants/decarbonizing_industry/sources_industrial_greenhouse_emissions

European Environment Agency (2024). Transport and Mobility.
<https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/transport-and-mobility?activeTab=fa515f0c-9ab0-493c-b4cd-58a32dfa0a>

Gao, Y., Serrenho, A.C. (2023). Greenhouse Gas Emissions from Nitrogen Fertilizers Could Be Reduced by Up to One-Fifth of Current Levels by 2050 with Combined Interventions. Nature Food, 4, 170-178.
<https://www.nature.com/articles/s43016-023-00698-w#:~:text=Both%20the%20production%20and%20use,2%25%20of%20global%20energy12>

GAZBİR (2024). Doğal Gaz Sektör Raporu.
<https://gazbir.org.tr/uploads/file/Ocak-2024-Sektor-Raporu.pdf>

Global Energy Monitor (2023). Pedal to the Metal.
https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2023/07/GEM_SteelPlants2023.pdf

HSBC Global Research (2023). The Future of Food.
<https://www.research.hsbc.com/C/1/1/320/WgCK7Wv>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Agriculture, Forestry and Other Land Uses.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2021: The Physical Science Basis.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

International Energy Agency. (2024). Buildings.
<https://www.iea.org/energy-system/buildings#tracking>

International Energy Agency. (2024). CO2 Emissions in 2023.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/33e2badc-b839-4c18-84ce-f6387b3c008f/CO2Emissionsin2023.pdf>

International Energy Agency. (2024). ETP Clean Energy Technology Guide.
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide>

International Energy Agency (2024). Global EV Outlook 2024.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/GlobalEVO Outlook2024.pdf>

International Energy Agency (2024). Transport.
<https://www.iea.org/energy-system/transport>

International Energy Agency. (2024). World Energy Outlook 2024.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/efba04ce-2472-4df1-9873-fb170c055259/WorldEnergyOutlook2024.pdf>

Janaki, S.T., Madheswaran, D.K., Naresh, G. ve Praveenkumar, T. (2024). Beyond fossil: the synthetic fuel surge for a green-energy resurgence, Clean Energy, 8(5), 1–19.
<https://doi.org/10.1093/ce/zkae050>

KPMG. (2023). Embodied Carbon: The Missing Half of GHG Emissions.
<https://kpmg.com/kpmg-us/content/dam/kpmg/pdf/2023/esg-embodied-carbon.pdf>

McKinsey & Company (2024). Global Energy Perspective 2023: Hydrogen Outlook.
<https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-hydrogen-outlook>

Oxford Climate Tech Initiative. (2023). The Climate Tech Opportunity.
<https://uploads.strikinglycdn.com/files/2886955b-530e-45cd-989d-bb8c05722ae6/Oxford%20Climate%20Tech%20Initiative%20FINAL%201.pdf>

Project Drawdown. (2023). Drawdown Climate Solutions Library.
<https://drawdown.org/solutions>

PwC (2024). Dünyada ve Türkiye’de Çimento Sektörü.
<https://www.pwc.com.tr/tr/sektorler/i%CC%87nsaat-ve-muhendislik/pdf/dunyada-ve-turkiyede-cimento-sektoru.pdf>

Statista (2022). Distribution of Carbondioxide Emissions Produced by the Transportation Sector Worldwide in 2022.
<https://www.statista.com/statistics/1185535/transport-carbon-dioxide-emissions-breakdown/>

Statista (2024). Transportation Emissions Worldwide – Statistics & Facts.
<https://www.statista.com/topics/7476/transportation-emissions-worldwide/#topicOverview>

The Climate Group. (2023). Built Environment.
<https://www.theclimategroup.org/built-environment>

The World Bank. (2023). Digital Progress and Trends Report.
<https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/95fe55e9-f110-4ba8-933f-e65572e05395/content>

The World Bank. (2023). Water Resource Management.
<https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2023/07/26/water-resource-management>

The World Bank (2023). World Food Security Outlook 1999 – 2028.
<https://desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results>

Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2024). TÜBİTAK 2024-2025 Ar-Ge ve Yenilik Konu Başlıkları.
<https://tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/politikalar/tubitak-2024-2025-oncelikli-ar-ge-ve-yenilik-konulari>

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2024). On İkinci Kalkınma Planı.
https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/11/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_17112023.pdf

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). Binalarda Yenilenebilir Enerji Zorunluluğu 1 Ocakta Başlıyor.
<https://www.csb.gov.tr/binalarda-yenilenebilir-enerji-zorunlulugu-1-ocakta-basliyor-bakanlik-faaliyetleri-37361>

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). İklim Değişikliği Azaltım Stratejisi ve Eylem Planı.
[https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/İklim%20Değişikliği%20Azaltım%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Planı%20\(2024-2030\).pdf](https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/İklim%20Değişikliği%20Azaltım%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Planı%20(2024-2030).pdf)

Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı.
https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fine%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan_%202024-2030.pdf

Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (2024). Türkiye Çelik Üreticileri Derneği Basın Bülteni.
<https://celik.org.tr/turkiye-celik-ureticileri-dernegi-basin-bulteni-74/>

United Nations Environment Programme. (2017). Climate Change Adaptation Technologies for Water.
https://unepdhi.org/wp-content/uploads/sites/2/2020/05/CC_Adaptation_technologies_for_water_red.pdf

United Nations Environment Programme (2023). Building Materials and the Climate: Constructing A New Future.
<https://www.unep.org/resources/report/building-materials-and-climate-constructing-new-future>

United Nations Environment Programme. (2024). Global Waste Management Outlook 2024.
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/44939/global_waste_management_outlook_2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y

US General Services Administration. (2022). GSA to Demonstrate and Field-Validate Next-Generation Building Technologies.
<https://www.energy.gov/eere/buildings/articles/gsa-demonstrate-and-field-validate-next-generation-building-technologies>

World Resources Institute (2024). Where Do Emissions Come From? 4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions By Sector.
<https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>

Notlar



TTGV
İKLİM LAB
PROGRAMI
#İklimÖncüsü

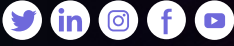


ttgv.org.tr

TTGV Merkez
Cyberpark B Blok Kat: 5-6, Bilkent
Ankara
0312 265 02 72

TTGV İstanbul Temsilciliği
İTÜ Ayazağa Yerleşkesi Arı Teknokent
Arı II Binası Koruyolu A Blok Kat:7
Maslak-Sarıyer
0212 276 75 60

İletişim için:
iklimlab@ttgv.org.tr



#TeknolojiÜretenTürkiye
#İklimÖncüsü

