

Küresel İklim Değişikliği İle Mücadelede Yeni Nesil Teknolojiler



Türkiye için iklim değişikliği ile mücadelede yeni bir dönem başlıyor. Paris İklim Anlaşması'nın kabul edilmesini öngören yasa tasarısı TBMM'de oybirliği ile kabul edildi¹. Türkiye Kasım 2021'de Glasgow'da düzenlenen BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 26'ncı Taraflar Konferansı'nın (COP26) aktif katılımcılarından biri oldu. "Türkiye'nin Yeşil Kalkınma Stratejisi Paneli"² düzenlenirken, Glasgow'da ilan edilen dört önemli taahhüde imza attı. Söz konusu taahhütler arasında, tüm yeni otomobil ve kamyonet satışlarının sıfır emisyonlu olması da bulunuyor.

Türkiye, Paris İklim Anlaşması'nı çoğu ülkeden geç imzalamış olsa da sera gazı emisyonlarının azaltılması için uzun süredir çalışmalar yürütüyor. Ağaç dikme çalışmaları, yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi, toplu taşımada fosil yakıtlı araçlar yerine elektrikli araçlara ve sistemlere yönelim bunlardan sadece birkaçı².

Yine de Paris İklim Anlaşması'nın gerekliliklerini yerine getirmesi için Türkiye'nin daha hızlı ve kapsamlı eylemleri hayata geçirmesi gerekebilir. Zira Paris İklim Anlaşması, küresel ısınmanın 1,5 derecede tutulması için, 2030 yılına kadar ülkelerin sera gazı salımını, özellikle karbondioksit emisyonlarını yüzde 50 azaltmasını, 2050 yılına kadar ise sıfırlanmasını öngörüyor³.

Zaman ise giderek daralıyor. Birleşmiş Milletlere bağlı Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin (IPCC) Ağustos 2021'de yayınladığı rapora göre, dünyanın küresel iklim değişikliğinin önüne geçmesi için öngörülenden daha hızlı hareket edilmesi gerekiyor. Raporda, küresel iklim değişikliğinin hızlandığı belirtildikten sonra sera gazı emisyonlarında acil olarak hızlı ve büyük ölçekte azaltma sağlanamazsa gelecek 20 yıl içinde küresel ısınmanın 1,5 derece seviyesine ve hatta ötesine geçebileceği kaydediliyor. Bu da küresel iklim değişikliğinin önlenmesi veya istikrara kavuşturulması şansının ilelebet yitirilmesi anlamına gelecek⁴.

Atmosferde biriken sera gazları güneş ışığının atmosferden yansımını engelliyor ve hapsedilen güneş ışığı yeryüzünün daha fazla ısınmasına neden oluyor. Peki kimler atmosfere en çok sera gazı salıyor? Yanıt fazla uzakta değil: Yemek yiyen, elektrik tüketen, ısınan ve seyahat eden herkes... Sofralardan da buram buram sera gazı yükseliyor: Tarım ve hayvancılık sektörü, büyük ölçüde gübre ve enerji kullanımından ötürü sera gazı salıyor, bunun yıllık miktarı küresel salımların yaklaşık dörtte birini buluyor. Bugünlerde elektrikli ve hibrid

1 <https://www.milliyet.com.tr/gundem/son-dakika-erdogan-bmde-dunyaya-ilan-etmisti-paris-anlasmasi-meclisten-gecti-6613814>

2 <https://www.aa.com.tr/tr/cevre/cumhurbaskanligi-iletisim-baskanligindan-glasgowda-turkiyenin-yesil-kalkinma-stratejisi-paneli/2411622>

3 <https://www.un.org/press/en/2020/sgsm20411.doc.htm>

4 <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr/>

araçlar revaçta ama hâlâ mevcut araçların yüzde 95’inden fazlası benzinli, motorinli veya LPG’li, yani fosil yakıt tüketiyor.

Son yıllarda özellikle fosil yakıtların tüketiminin azaltılması ve elektrik üretiminde fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması yolunda önemli adımlar atıldı. Rüzgâr ve güneş enerjisinin yatırım maliyeti hızla azalırken, elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payı da hızla artıyor. Ancak tarım ve sanayinin sera gazı salımlarında azalma olmadığı gibi artış söz konusu⁴.

Zaman daralırken, bilim insanları gelişmiş teknolojileri kullanarak, küresel iklim değişikliğini durdurmanın veya hiç değilse yavaşlatmanın çarelerini arıyor.

Teknoloji Kılavuz Olabilir

Küresel iklim değişikliği ile mücadele için öncelikle bilgiye ihtiyaç vardır. Nereden, nasıl ve ne kadar sera gazı salımı yapılıyor? Bu bilgiye sahip olmadan ve sera gazı kaynaklarını sürekli takip etmeden, yani “düşmanı” tanımadan onunla savaşmak mümkün değil.

Teknoloji de bu noktada devreye giriyor. Modern teknoloji, nesnelerin interneti, yeryüzü gözlem uyduları, bulut bilişim ve yapay zekâ gibi 21’inci yüzyıl teknolojileri öncelikle sera gazı kaynakları ve miktarları konusunda kapsamlı bilgi edinmeyi ve sera gazının gelişiminin neredeyse anlık olarak izlenmesini sağlayabiliyor. Hatta küresel iklim değişikliğinde kullanılacak teknolojilere özel bir tanım bile getirildi: Nesnelerin Yapay Zekâsı (Artificial Intelligence of Things –AIoT)⁵.

Google’ın desteklediği kâr amacı gütmeyen Climate Trace⁶, AIoT örneklerinden biri. Climate Trace, 300’den fazla uzaktan izleme uydusunun görüntü ve verilerinin yanı sıra dünyanın dört bir yanında kurulu 11.100’den fazla sensörden elde edilen verileri topluyor⁷. Şirket bu verilerin ışığında elektrik santralleri, fabrikalar, kargo gemileri ve diğerlerinin yanı sıra orman yangınlarının yol açtığı sera gazı salımlarını takip ediyor. Climate Trace, bu verileri makine öğrenmesi yazılımlarıyla analiz edip ilgililerin gelişmeleri anlık olarak takip etmesini sağlayacağına inanıyor. Böylece dünya genelinde devletler ve diğer gruplar yasadışı kirleticileri anında tespit edebilecek ve tedbir alabilecek⁸.

Daha dar kapsamlı, yerel yöneticilere hitap eden ancak sonuçlarıyla küresel iklim değişikliği ile mücadeleye ciddi katkı sağlayabilecek teknolojik çözümler de bulunuyor. Kettle adlı start-up, yapay sinir ağları kullanarak orman yangınları riski tahminini güçlendirdiğini ileri sürüyor⁹.

Sera gazı emisyonlarının takip edilmesi küresel iklim değişikliği ile mücadeleye büyük katkı sağlarken önemli ölçüde ekonomik yarar da sağlayabilir. Nitekim Birleşmiş Milletlere bağlı Uluslararası Telekomünikasyon Birliği tarafından hazırlanan bir rapora göre, dijital teknoloji dünyanın karbon emisyonlarını yaklaşık yüzde 17 oranında azaltmaya yardımcı olurken¹⁰, kamu ve özel sektör işletmelerine ciddi miktarda verim artışı ve tasarruf sağlayabilir. Örneğin yapay zekâ, elektrik iletim şebekelerini daha verimli hâle getirmeye yardımcı olabilir. Bunun için uygulamalar da geliştirildi. CarbonChain¹¹ adlı şirket, büyük şirketlerin değer zincirlerinin her halkasında sera gazı salımını tespit edip önlem alabildiğini söylüyor. Şirket bu amaçla nesnelerin interneti uygulamalarını kullanarak işletmelerin sera gazı emisyonu yapabilecek tesis, makine ve donanımlarının dijital

5 <https://www.weforum.org/agenda/2021/07/fight-climate-change-with-technology/>

6 <https://www.climate TRACE.org/>

7 <https://medium.com/climate-trace-the-source/climate-trace-releases-first-comprehensive-independent-database-of-global-greenhouse-gas-emissions-718822862862>

8 <https://www.greentechmedia.com/articles/read/climate-trace-using-satellites-and-machine-learning-to-track-global-greenhouse-gas-emissions>

9 <https://ourkettle.com/technology/>

10 <https://www.unep.org/news-and-stories/story/new-pact-tech-companies-take-climate-change>

11 <https://carbonchain.com/>

ikizlerini çıkarıyor ve bunların sera gazı emisyonunu takip ettiği gibi gelecekteki emisyonları hakkında da modellemeler yapıyor. Bu modeller, şirketlerin mevcut emisyonlarını belirlemelerine ve bunları azaltmanın yollarını bulmalarına yardımcı olabiliyor. Ayrıca makine ve donanımları anlık takip ederek üretime engel olabilecek olası aksaklıkların anında farkına varılabiliyor; hatta bozulmadan önce dahi önlem almak mümkün olabiliyor.

Benzeri örnekler de giderek artıyor. Almanya ve ABD’de kurulu Fero Labs¹², makine öğrenmesi teknolojisini kullanarak sera gazı emisyonları yüksek çimento, çelik ve kimya şirketlerinin enerji verimliliğini artırmalarına yardımcı oluyor. WeaveGrid ise elektrik şebeke operatörlerine elektrikli otomobiller için en uygun noktalara en uygun kapasitede şarj istasyonları kurmaları konusunda yardımcı oluyor¹³.

Bilim ve Teknoloji, İklim Değişikliğine Çareyi Doğada Arıyor

Bir sorunu tespit ettikten sonra soruna çare aramak gerekiyor. Küresel iklim değişikliğine yol açan etmenleri tespit ettikten sonra yapılması gereken de bu. Bilim insanları öncelikle sera gazı salımına yol açan etmenlerin nötrale edilmesi gerektiğini savunuyor. Ancak bunu yaparken yeni sorunlara yol açılmaması gerekiyor. Mesela rüzgâr türbinlerinin kurulması için ağaç kesimi yaparak ormanlık alanlara zarar verilmemesi gerekiyor. Bu yüzden bilim insanları çözümün genellikle doğada aranmasının tercih edilmesi gerektiğini savunuyor¹⁴.

Günümüz teknolojileri, doğaya daha fazla zarar vermeden iklim değişikliği ile mücadele yöntemi geliştirme imkânı sunuyor. Örneğin ABD’nin Washington Üniversitesi bilim insanları son derece kirletici yakıtlar kullanan ve küresel sera gazı salımlarının yüzde 3’ünden sorumlu olan¹⁵ ticari gemilerin farkında olmadan yarattığı “serinletici etkiyi” taklit ederek bir çözüm geliştirmeye çalışıyor. Ticari gemiler, uzun mesafeli seferlerinde atmosfere ince bir tuzlu su buharı yayıyor. Yükseldikçe yoğunlaşan bu buhar, güneş ışınlarını yüksek oranda yansıtıp dünyanın ısınmasını bir nebze engelliyor. ABD’li bilim insanlarının teorisine göre, ticari gemilerden tuzlu su spreyi püskürtülürse bunlar hemen kuruyacak ve bu da atmosferde yüksek güneş ışığı yansımaları bulut kümeleri oluşturarak yeryüzünün serinlemesine katkıda bulunacak¹⁶. ABD’li bilim insanları şimdi bu sprey sistemleri üzerinde çalışmalar yürütüyor.

Uluslararası bir projede ise dalga enerjisi kullanarak atmosferdeki fazla karbondioksitin deniz tabanındaki kayalara hapsedilmesi planlanıyor. Vesta Projesi, sayısı giderek artan karbon yakalama ve depolama projelerinden biri¹⁷. Ancak diğer projelerin önemli bir sorunu var: İlk yatırım ve işletme maliyetleri çok yüksek. Vesta Projesi’ne destek veren bilim insanlarına göre diğer çözümler sürdürülebilir değil. Onlara göre, üzerinde durdukları yöntem, doğal bir sürecin sadece hızlandırılmış hâli. Bilim insanları karbondioksitin deniz tabanına çökerek kayalaşması sürecini olivin adı verilen mineral ile hızlandırmayı hedefliyor. Olivin deniz suyu ile tepkimeye girdiğinde karbondioksiti hapsediyor ve çözünmüş silikata çeviriyor. Çözünmüş silikat deniz tabanına çöküyor ve zamanla taşlaşarak kaya hâline geliyor. Proje uzmanlarına göre, bu sürecin tek maliyeti yeryüzünde bol miktarda bulunan olivin mineralinin çıkarılıp kıyılara taşınması. Bu ise hesaplamalarına göre ton başına 21 dolar maliyet yaratıyor ve bu maliyet diğer karbon hapsi metotlarına göre hayli makul kalıyor¹⁸.

Atmosferdeki fazla karbondioksiti doğal yolla hapsedmek için üzerinde durulan bir diğer yöntem “karbon yiyen bitkiler” yaratmakla ilgili. Bu yöntemde siyah mantar ve kavun gibi bitkilerde bulunan suberin maddesi büyük önem taşıyor. Bilim insanları dünyada en çok yetiştirilen mısır, pirinç ve kanola gibi bitkilerin gen

12 <https://www.ferolabs.com/why-fero>

13 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-05-20/bill-gates-led-fund-invests-in-startup-that-helps-scale-ev-charging?oref=jiXJRDfV>

14 <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/biodiversity/nature-based-solutions/>

15 <https://www.bbc.com/future/article/20201127-how-hydrogen-fuel-could-decarbonise-shipping>

16 <https://spectrum.ieee.org/climate-change>

17 <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/driving-co2-emissions-to-zero-and-beyond-with-carbon-capture-use-and-storage>

18 <https://www.projectvesta.org/>

düzenleme tekniği (CRISP) kullanılarak suberin üretmelerinin sağlanabileceğini ileri sürüyor. Peki, suberin ne işe yarayacak? Bilim insanlarına göre bu maddenin salgılanması ekinlerin köklerinin daha derine gitmesini sağlayacak. Kökler bitkilerin en çok karbondioksit depolanan kısımları. Hasat mevsiminde ekinler toplandığında ve tarla sürüldüğünde bile bu derin kökler toprakta kalacak ve atmosferden emilen karbondioksit uzun yıllar toprakta hapsolacak¹⁹.

Bir başka çalışmada ise deniz yosunları ve bitkiler üzerinde duruluyor. ABD’li bilim insanları büyük deniz yosunu ve deniz bitkileri çiftlikleri kurulması üzerinde çalışıyor²⁰. Deniz yosunları ve bitkileri hem havadaki karbondioksiti emebiliyor hem de ekonomik değeri var. Deniz yosunları hem hayvancılıkta ucuz bir yem olarak²¹ hem de biyoyakıt yapımında temel girdi olarak kullanılabilir²². Biyoyakıt üretiminde hâlen çoğunlukla mısır ve şeker kamışı kullanılıyor. Biyoyakıtlar, yenilenebilir kaynaklara dayandığı için fosil yakıtlara ciddi bir alternatif olarak görülüyor. Ancak mısır ve şeker kamışı üretimi için geniş arazilere, bol tatlı suya ve büyük miktarda gübreye ihtiyaç duyuluyor. Bu da yeni çevre sorunları yaratıyor.

Deniz bitkilerinin biyoyakıt üretiminde kullanılması temiz bir alternatif olabilir. Ancak denizlerde geniş alanlarda yosun ve deniz bitkisi üretiminin de sakıncaları var. Örneğin bu tarımın kıyıya yakın alanlarda yapılması kıyı ekolojisine zarar verebilir, deniz trafiği ve turizmine engel olabilir. Açık denizlerde yapılması ise derin sularda bitkiler daha az güneş ışığı ve oksijen alacağı için verimli olmaz. Ayrıca açık deniz çiftliklerinin kontrolü ve lojistiği de olası kötü hava şartları ve yüksek dalgalar nedeniyle zorlu olacak ve yüksek lojistik maliyet (ve daha fazla sera gazı salımı) getirecektir. ABD’li bilim insanları bu tür zorlukların aşılması için çeşitli çareler öne sürüyor. Çiftliklerin denizin 80 metre derinine kurulup ekim ve hasat işlemlerinin insansız deniz araçlarıyla yapılması önerilen çözümlerden biri. Bir diğer öneri ise çiftliklerin açık denizlerde, “akıllı mavnalar” üzerinde kurulması. Otonom araçlar olan bu akıllı mavnalar geceleri derinlere çekilerek hem çiftliği kötü hava şartlarından koruyacak hem de deniz trafiğini engellemeyecek. Gündüzleri ise tekrar yükselerek bitkilerin güneş ışığı almasını sağlayabilecek. Hasat zamanı geldiğinde ise akıllı mavnalar kıyıya yönelerek lojistik maliyetlerinin azalmasını sağlayacak²⁰.

Elektrik Üretimi İçin Doğal Seçenekler

Uzmanlar sera gazı emisyonlarının önemli bölümünden sorumlu olan elektrik üretimine de doğal alternatif yöntemler geliştiriyor. Örneğin Hong Kong Üniversitesi araştırmacıları, yağmurdan elektrik üreten bir jeneratör geliştirdi. Araştırmacılara göre “bir yağmur damlasından 100 küçük LED lambayı aydınlatacak 140 volt elektrik elde etmek mümkün”²³. ABD’nin Florida eyaletinde ise araştırmacılar denizin 25 m altında düzenli akıntılardan yararlanarak elektrik üreten türbinler üzerinde çalışmalarını sürdürüyor²⁴. Denizlerin düzenli dalgalarını kullanarak elektrik üretmek de giderek yaygınlaşan bir yöntem. İskoçya, ABD ve İtalya’daki denemeler olumlu sonuç verdi²⁵. Yani rüzgâr, güneş ve jeotermalden sonra dalga da başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasına girebilir.

Alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesinin yanı sıra harcanan enerjinin yeniden kullanımı da ciddi bir alternatif oluşturuyor. Kullanılan doğalgazın yarattığı atık enerjinin ısıtma, soğutma ve hatta elektrik üretiminde kullanılmasını sağlayan kojenerasyon ve trijenerasyon sistemleri yaygınlaşıyor²⁶. Hibrid motorlu araçlarda fren enerjisini elektriğe dönüştüren sistemler artık hayli kanıksandı²⁷. Şimdi aynı sistemle asansörlerin hareket

19 <https://www.wired.com/story/the-plan-to-grab-the-worlds-carbon-with-supercharged-plants/>

20 <https://www.scientificamerican.com/article/could-our-energy-come-from-giant-seaweed-farms-in-the-ocean/>

21 <https://www.ucdavis.edu/news/feeding-cattle-seaweed-reduces-their-greenhouse-gas-emissions-82-percent>

22 <https://cordis.europa.eu/article/id/92335-biogas-production-from-seaweed>

23 <https://www.cityu.edu.hk/media/press-release/2020/02/06/cityu-new-droplet-based-electricity-generator-drop-water-lights-100-small-led-bulbs>

24 <https://www.washingtonpost.com/climate-solutions/2020/06/09/capturing-green-energy-deep-blue-sea/>

25 <https://www.greentechmedia.com/articles/read/is-wave-energy-ready-to-climb-out-of-the-valley-of-death-for-new-technologies>

26 <https://www.eec.org.au/for-energy-users/technologies-2/cogeneration-trigeneration>

27 <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/regenerative-braking>

ve duruşlarından elektrik üretilmesi üzerinde çalışılıyor. ABD'nin New York kentindeki ünlü Empire State binasının asansörlerinde kullanılan sistemin sera gazı emisyonunu yüzde 40 azalttığı söyleniyor²⁸. Yollar, köprüler ve yaya kaldırımlarında “piezoelektrik malzeme” kullanarak araçların ve yayaların yarattığı kinetik enerjiyi elektrığe çevirme konusunda çalışmalar da ümit verecek şekilde ilerliyor²⁹.

Elektrik üretimi ve ısınma küresel iklim değişikliğine yol açan sera gazlarının başlıca sorumlularından biri. Bu nedenle bilim insanları elektrik sistemlerinin iyileştirilmesine bilhassa önem veriyor. Elektrik üretimi ve tüketiminde verimliliği artırırken, kayıplara son verecek çözümler geliştiriliyor. Nesnelerin interneti uygulamaları ciddi bir çözüm olabilir. Nitekim ABD’de federal hükümetin desteklediği bir projede, 100 ticari binaya yüzlerce sensör, ölçüm cihazı ve nesnelerin interneti cihazları yerleştirilerek enerji kaçakları tek tek tespit edildi ve önlemler alındı. Sonuçta bir yılın sonunda 95 milyon dolarlık veya 44.000 evin yıllık elektrik tüketimine denk enerji tasarrufu sağlandı³⁰.

“Turkuaz Hidrojen” Ulaşımında Devrim Yaratabilir mi?

Küresel sera gazı salımının yaklaşık beşte birinden sorumlu olan taşımacılık sektöründe fosil yakıtlardan uzaklaşmak için geliştirilen yöntemlerden biri hidrojen yakıt pilli elektrikli araçlar. Atığı sadece su olan bu tür motorlara sahip araçların sayısı henüz çok az ama bu sayının zamanla artması bekleniyor. Hidrojen yakıt pilli sadece karayolu araçlarında değil demiryolları ve denizyollarında da görülmeye başlandı. Almanya’da 2018 yılında iki hidrojen yakıt pilli tren seferlere başladı³¹. İngiltere ise tüm dizel lokomotiflerini hidrojen yakıt pilli olanlarla değiştirmek için bir program başlattı³². Hollanda ve Japonya’da¹⁵ hidrojen yakıt pilli küçük yük ve yolcu gemileri seferler düzenliyor. Danimarka ile Norveç ise hidrojen yakıt pilli dev bir yolcu gemisi inşa etmek için proje başlattı. 1.800 yolcu kapasiteli gemi tamamlandığında, dünyanın en büyük hidrojen yakıt pilli gemisi olacak³³.

Ancak hidrojenli yakıt pilleri tamamen yeşil değil. Çünkü günümüzde hidrojenin neredeyse tamamı, doğalgaz, kömür ve petrol gibi fosil yakıtların ısı işleminden geçirilmesi ve bu süreçte metan ve karbondan ayrıştırılmasıyla elde ediliyor³⁴. Bu yöntemle elde edilen hidrojene “mavi hidrojen” deniyor. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrikle suyun elektrolizle ayrıştırılmasından elde edilen hidrojene ise “yeşil hidrojen” deniliyor. Fakat bu yöntem çok daha pahalıya mal oluyor ve büyük ölçekte üretime uygun değil. Uluslararası Enerji Ajansına göre hidrojenin sadece binde biri elektroliz ile elde ediliyor³⁴. Avrupa Birliği Komisyonu şimdi hem “yeşil” hem de “mavi” hidrojen yöntemlerini birleştiren “turkuaz hidrojen” elde etme yöntemini destekliyor³⁵. Bu yöntemde hidrojen, yine doğalgaz başta olmak üzere fosil yakıtlardan ancak yenilenebilir olarak elde edilen elektrikle ısıtılarak ayrıştırılıyor. Doğalgazdaki metan, hidrojen ve katı karbona (veya siyah karbon) dönüştürülüyor. Bu yöntemin birçok faydası var. Bunların başında hidrojen üretiminde daha az karbondioksitin doğaya salınması geliyor. Elde edilen siyah karbon ise, otomobil lastiklerinden, kaplama malzemelerine ve plastik yapımına kadar pek çok sanayi alanında temel girdi olarak kullanılabilir.

Ancak saf hidrojenin yük gemileri ve büyük yolcu gemileri veya uzun yol kamyonlarında kullanılmasının önündeki engeller devam ediyor. Bunların başında güvenlik ve hacim sorunları geliyor. Saf hidrojen son derece yanıcı ve tehlikeli bir madde. Uzun yolda kullanılabilmesi için sıvılaştırılması gerekiyor ama ancak -253 derecede sıvılaşabiliyor¹⁵. Bu da hidrojenin kullanılabilir hâle getirilmesi için daha fazla enerji tüketmek gerekeceği anlamına geliyor. Bu nedenle 2030 yılına kadar denizyolu taşımacılığının sera gazı salımını sıfırlamayı hedefleyen Uluslararası Denizcilik Örgütü hidrojen yerine amonyaklı yakıt hücrelerine yöneldi. Çünkü amonyak hidrojenle üretiliyor, hidrojenden daha az enerji harcanarak sıvılaştırılabilir ve taşınması

28 <https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/climate-solutions/empire-state-building-emissions/>

29 <https://cait.rutgers.edu/generating-power-every-time-you-hit-the-road/>

30 <https://newscenter.lbl.gov/2020/10/20/berkeley-lab-building-efficiency-campaign-drives-95m-in-annual-energy-savings/>

31 <https://www.dw.com/en/worlds-first-hydrogen-train-rolls-out-in-germany/a-45525062>

32 <https://www.telegraph.co.uk/cars/news/hydrogen-fuel-cell-trains-run-british-railways-2022/>

33 <https://www.euractiv.com/section/energy/news/denmark-and-norway-team-up-to-build-worlds-largest-hydrogen-ferry/>

34 <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

35 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/FS_20_1296

hidrojene göre daha güvenli¹⁵. Amonyaklı yakıt pilli gemiler Avrupa Birliğinin desteğini aldı. Birlik bir konsorsiyuma amonyaklı yakıt pilli gemi geliştirmek üzere fon sağladı³⁶.

Mucize Malzemeler İle Olağanüstü Çözümler

Elektriği depolayacak güçlü bataryalar geliştirerek fosil yakıtlı motorlara bağımlılığı ortadan kaldırmak bilim insanlarının öteden beri üzerinde durduğu bir yöntem. Gerçekten bir otomobili veya kamyonu hareket ettirebilecek³⁷ veya uçağı kaldıracak³⁸ bataryalar geliştirildi. Ancak bu tür bataryalar, hidrojenli yakıt pilleri gibi çok ağır ve çok yer kaplıyorlar. Bilim insanları şimdi bataryayı üzerinde bulunduğu aracın, binanın veya tesisin tamamına yaymak için araştırma yapıyor. Örneğin ABD ordusu için üzerinde lityum iyon tabakaları bulunan karbon fiber kaporta malzemesi geliştirildi³⁹. Yolcu uçakları ve yarış otomobillerinin gözde malzemesi olan karbonfiber son derece hafif olduğu gibi dayanıklı da.

Şimdi karbonfiber malzemeler üzerine yerleştirilen lityum iyon tabakaları da elektriği depolayabiliyor. Böylece ağır ve hacimli bataryalar yerine hafif ve sağlam “elektrik depoları”, yapılardan ulaşım araçlarına elektrik gereken her yerde büyük kolaylık sağlarken elektrik kullanımına önemli ölçüde verimlilik getirebilir.

21’inci yüzyılın teknolojilerinin desteğiyle hızla gelişen malzeme bilimi, enerji tasarrufu ve verimi konusunda lityum iyonlu karbonfiber gibi mucize niteliğinde çözümler geliştiriyor. Bunlardan biri “şeffaf odun”. ABD’de bilim insanları Amerika kıtasına özgü hızlı büyüyen bir ağaç olan balsa ağacından cam yerine kullanılacak şeffaf odun elde etmeyi başardılar. Şeffaf odunun şeffaflığı camdan daha az değil. Üstelik yapımında çok az enerji kullanılıyor. Bu nedenle, yapımında çok fazla enerji harcanan, dolayısıyla sera gazı salımı yüksek camların yerini alabilir. Örneğin pencere camı olarak kullanılabilir. Çünkü şeffaf odun, ısı ve ses yalıtımında en az günümüzün pencere camları kadar başarılı⁴⁰.

ABD’li Solidia Firması “Yeşil Çimento” Geliştirdi

Dünyada her yıl milyarlarca ton çimento kullanılıyor. Küresel çimento sektörü çok büyük ve çok önemli bir sera gazı üreticisi. Çimento üretmek için kireç taşının 2.700 dereceye kadar ısıtılıp kimyasal reaksiyona girmesi gerekiyor. Bunun için de muazzam miktarda enerji harcanıyor ve dolayısıyla karbondioksit salımı da çok yüksek. Hatta bazı hesaplamalara göre küresel çimento sektörü bir ülke olsa, dünyanın karbon salımı en yüksek üçüncü ülkesi olurdu⁴¹. Çimento üretiminde enerji kullanımını azaltmak için bilim insanları araştırmalarını sürdürüyordu. Solidia adlı bir şirket hem çimento üretiminde enerji kullanımını üçte bir oranında azaltan hem de karbondioksiti hapseden bir çimento geliştirdiğini duyurdu⁴². Çünkü Solidia’nın çimentosunun katılaşması için karbondioksit gazı kullanılıyor. Şirkete göre bu çimento yaygınlık kazanırsa inşaat sektörünün karbon salımı yüzde 70 oranında azalabilir⁴¹. Bir başka ABD’li start-up Blue Planet System ise, çimento yapımında karbon emisyonunu azaltmak için, daha düşük enerji kullanılarak elde edilen “sentetik kireç taşı” üzerinde çalışıyor. Şirket, çimentonun ana girdilerinden olan kireç taşını sentetik olarak elde ederken başka işletmelerin atık karbondioksitinin kullanılacağını ve bu sayede karbon emisyonunun azaltılmasına önemli katkı sağlayacağını kaydediyor⁴³.

İsviçreli bilim insanları ise güneş enerjisi toplayan bir polimer geliştirdiklerini duyurdular⁴⁴. Söz konusu polimer kumaş hâline getirilebiliyor. Yani gelecekte cep telefonlarının bataryalarını giyilen tişört veya pantolonlardan

36 <https://www.maritime-executive.com/article/offshore-vessel-to-run-on-ammonia-powered-fuel-cell>

37 https://earthjustice.org/features/electric-vehicles-explainer?gclid=CjwKCAjwqeWKBhBFEiwABo_XBk5Fa7z9bL3AvLS6JLD6wRXKDy-T1FE9ZZZ71G-s5ByJpKRICHpV0BoCo-kQAvD_BwE

38 <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-52818397>

39 <https://www.wired.com/story/the-batteries-of-the-future-are-weightless-and-invisible/>

40 <https://www.usda.gov/media/blog/2020/10/01/transparent-wood-could-be-window-future>

41 <https://www.rollingstone.com/culture/culture-lists/climate-crisis-new-tech-1144643/green-cement-1144684/>

42 <https://www.solidiatech.com/solutions.html>

43 <https://bioenergyinternational.com/technology-suppliers/blue-planet-systems-secures-us10-million-for-synthetic-limestone-tech>

44 <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/10/201022123123.htm>

doldurmak mümkün olabilecek.

Yakın geleceğin mucize malzemelerinden biri de “petrolsüz plastik” olabilir. ABD’nin Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarındaki (MREL) bilim insanları petrol yerine keten tohumu yağı, gres atığı ve hatta alglerden yapılan “yeşil poliüretan” üretiminde ilerleme kaydettiklerini duyurdular⁴⁵. Dünyada her yıl yaklaşık 16 milyon ton üretilen poliüretan; kıyafet, ayakkabı, otomobil ve ev eşyalarında konforu artırırken izolasyonu sağlayan suni sünger ve benzeri malzemelerin yapımında yaygın olarak kullanılıyor. Ancak poliüretan bir petrol yan ürünü ve üretiminde sera gazı salımı hayli yüksek. “Yeşil poliüretan” ise atık yağların geri kazanımını sağladığı gibi karbonu da hapsedebiliyor. Ancak bu konuda araştırmaların sürmesi gerektiği kaydediliyor⁴⁵

Tarım ve Ormancılığa Akıllı Çözümler

Sera gazı emisyonlarının en büyük nedeni ise insani faaliyetler. Örneğin sera gazı emisyonunun yaklaşık üçte ikisini oluşturan karbondioksit (iklim bilimciler ve çevreciler tarafından genellikle sadece “karbon” olarak anılıyor) büyük ölçüde fosil yakıtların kullanımı veya atmosfere salınan karbonu emen orman ve çayırıkların tarım için yok edilmesi nedeniyle artıyor⁴⁶. Karbondan daha tehlikeli olan metan ise tamamen hayvancılık, enerji kullanımı ve ısınma gibi insani faaliyetler sonucu atmosfere salınıyor. Azot oksit, flor ve diğer sera gazları ise tarım ve sanayi faaliyetlerinde açığa çıkıyor.

Bu nedenle bilim insanları tarım ve ormancılık faaliyetlerinden ortaya çıkan sera gazlarını azaltacak çözümlere büyük önem veriyor. Bu alanlarda modern teknolojilerden daha fazla yararlanılması gerektiği yaygın bir görüş.

Öyle de oluyor: Uydu takibi, yer seviyesindeki sensörler ve havadan termal görüntüleme gibi teknolojiler sayesinde, su ve enerji tasarruflu hassas tarım uygulamaları dünya genelinde yaygınlık kazanıyor.

Ormansızlaştırma küresel iklim değişikliğini kamçılayan faktörlerden biri. Ancak teknoloji bu alanlarda da çözümler geliştiriyor. Örneğin İngiltere merkezli Dendra⁴⁷ adlı teknoloji şirketi, ağaç dikebilen insansız hava araçları (İHA) geliştirdiğini belirtiyor. Şirkete göre yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknolojilerine sahip İHA’lar eski hâline getirilmesi gereken bölgeleri tespit ediyor, ayrıntılı bölge ve toprak analizleri yapıyor ve üç boyutlu haritalar çıkarıyor. İHA’lar daha sonra basınçlı havayla bölgeye ağaç tohumları ekliyor. Dendra bu sistemle, kamu kuruluşlarının 10 kat daha az harca 150 kez daha hızlı biçimde ağaçlandırma yapabileceğini ve 2060 yılına kadar 500 milyar ağaç ekilebileceğini belirtiyor.

Sera gazı salımının yüzde 14,5’inden sorumlu olan hayvancılık sektörü için de teknolojik çözümler geliştiriliyor⁴⁸. Özellikle metan gazı salımı yüksek büyükbaş hayvancılığa yönelik çözümler büyük önem taşıyor. Çünkü metan, karbondioksite göre 25 kat daha fazla ısı tutuyor⁴⁹. Örneğin İngiltere merkezli Zelp⁵⁰, ineklerin burnuna takılan bir elektronik ürünle bu soruna çare bulduğunu ileri sürüyor. Söz konusu cihaz, geviş getiren ineklerin ağızından ve burnundan çıkan metanı katalizör yardımıyla ayrıştırıp su ve daha az zararlı karbondioksite dönüştürüyor. Cihazın büyükbaş hayvanların metan salımını yarı yarıya azaltılacağı ileri sürülüyor⁵¹. Yeni Zelandalı bilim insanları ise genetik tekniklerle geliştirilmiş bir bağırsak mikrobu ineklerin sindirim sistemine aşılayarak, büyükbaş hayvanların metan salımının azaltılmasını deniyorlar⁵².

45 <http://biomassmagazine.com/articles/17410/scientists-develop-formula-for-greener-polyurethane>

46 <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

47 <https://dendra.io/>

48 [https://interactive.carbonbrief.org/what-is-the-climate-impact-of-eating-meat-and-dairy/#:~:text=Food%20production%20accounts%20for%20one,of%20the%20planet's%20habitable%20surface.&text=Meat%20and%20dairy%20specifically%20accounts,and%20Agricultural%20Organization%20\(FAO\)](https://interactive.carbonbrief.org/what-is-the-climate-impact-of-eating-meat-and-dairy/#:~:text=Food%20production%20accounts%20for%20one,of%20the%20planet's%20habitable%20surface.&text=Meat%20and%20dairy%20specifically%20accounts,and%20Agricultural%20Organization%20(FAO))

49 <https://www.epa.gov/gmi/importance-methane#:~:text=Methane%20is%20the%20second%20most,trapping%20heat%20in%20the%20atmosphere>

50 <https://www.zelp.co/>

51 <https://www.zelp.co/technology/>

52 <https://www.bbc.com/future/article/20190806-how-vaccines-could-fix-our-problem-with-cow-emissions>


Teknoloji Kendi Yarattığı Sorunlara Çare Arıyor

Teknoloji şirketleri iklim değişikliği ile mücadelede pek çok alanda bilime büyük katkı sağlıyor. Geliştirilen analitik çözümler küresel iklim değişikliğinin boyutlarını ortaya koyuyor, sera gazı kaynaklarını tespit ediyor ve gerçekçi tahminlerde bulunulmasını sağlıyor. Yeni teknolojiler bilim insanlarının bilgiye hızla erişimini sağlayarak, malzeme biliminde olduğu gibi küresel iklim değişikliği ile mücadeleye katkı sağlayabilecek bilimsel çalışmaların artmasına yol açtı.

Ancak teknoloji şirketleri de herkes gibi küresel iklim değişikliğine yol açıyor. Büyük teknoloji şirketlerinin kurduğu büyük veri merkezlerinin tükettiği elektriğin küresel elektrik tüketiminin yüzde 1'ine ulaştığı tahmin ediliyor⁵³ ve bu miktar giderek artıyor.

Ayrıca teknolojinin getirdiği çözümler küresel iklim değişikliği ile mücadeleye sekte de vurabiliyor. Örneğin yapay zekâ, derin öğrenme ve makine öğrenmesi gibi teknolojiler sadece “temiz” teknolojilerin değil fosil yakıt üreticilerinin de verimini artırıyor, onların bu tür kaynaklara daha kolay erişimini sağlıyor⁵⁴. E-ticaret platformları ve dijitalleşmiş kargo şirketleri pandemi döneminde kapalı kalan insanların yaşamını kolaylaştırdı ama sektörün karbon salımları da hızla artıyor⁵⁵. Elektronik çöpler küresel iklim değişikliğine yol açan ciddi tehditler hâline geldi⁵⁶.

Buna karşılık büyük teknoloji şirketleri karbon nötr olmak için geniş çaplı yatırımlar yapıyor. Google, Apple, Facebook, Amazon ve Microsoft, veri merkezlerinin ihtiyacı olan elektriği yenilenebilir kaynaklardan elde etmek için büyük ölçekli yatırımlara gittiler⁵³. Google’ın yapay zekâ merkezi DeepMind, şirketin veri merkezlerinin elektrik tüketimini verimli hâle getirip elektrik faturasını yüzde 40 oranında düşürdü⁵⁷. Teknoloji firmalarının geliştirdiği lojistik ve tedarik zinciri yönetimi sistemleri, en etkili ve verimli güzergâh ve dağıtım planlamasını ortaya çıkararak, dijitalleşen alışverişin çevreye etkisini en aza indirmeye çalışıyor⁵⁸. Bilim insanları ve mühendisler, elektronik çöplerin sera gazı oluşturmadan ayrıştırılması ve yeniden ekonomiye kazandırılması için mikroçipler geliştiriyor⁵⁹.

Bunlar, bize sadece felaketi önlemenin ötesine geçerek daha yaşanabilir bir dünya inşa etme umudu veren teknolojik yeniliklerden sadece birkaçı. İklim tehdidi son derece acil çözümler gerektiriyor ancak aynı zamanda çözülebilir olmaya da devam ediyor. İklim değişikliği ile mücadelede sadece hükümetlere, bilim insanları ve teknoloji şirketlerine değil diğer kurum, şirket ve bireylere de görev düşüyor. Herkesin iklim hedeflerine sahip olması ve bu yönde adım atması gerekiyor. Ülke yönetimleri daha fazla yenilenebilir enerjiye yönelerek, şirketler karbon ayak izini sıfırlamayı hedefleyerek, bireyler ise tasarruflu enerji tüketimini tercih ederek, daha az kırmızı et tüketerek ve ağaç dikerek küresel iklim değişikliği ile mücadeleye katkı verebilir. 

53 <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

54 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-07-27/can-ai-help-tackle-climate-change>

55 <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/carbon-emissions-online-shopping-solutions/>

56 <https://www.techrepublic.com/article/global-e-waste-is-up-21-in-5-years-causing-serious-environmental-harm/>

57 <https://deepmind.com/blog/article/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40>

58 <https://www.econstor.eu/handle/10419/188582>

59 <https://theconversation.com/new-technologies-to-recycle-electronic-waste-133288>