TÜBİTAK

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Kasım 2021 Yıl 55 Sayı 648 - 7 TL



KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

Rüzgâr Enerjisi

Sürdürülebilir Et Tüketimi

2021 Nobel Bilim Ödülleri

POSTER
Küresel Isınma
Doğadaki Ayak İzlerimiz

ISSN 1300-3380

"Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır"
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik
Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 55 Sayı 648
Kasım 2021

İmtiyaz Sahibi
TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Hasan Mandal

Genel Yayın Yönetmeni ve Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Doç. Dr. Rukiye Dilli

Yayın Yönetmeni - Editör
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Yayın Danışma Kurulu
Prof. Dr. Emine Adadan
Prof. Dr. Elif Damla Arısan
Doç. Dr. Rukiye Dilli
Doç. Dr. Nuray Karapınar
Prof. Dr. Faruk Soydugan

Araştırma ve Yazı Grubu
Dr. Özlem Ak
Dr. Tuncay Baydemir
Dr. Bülent Gözcelioğlu
Dr. Mahir E. Ocak
İlay Çelik Sezer

Redaksiyon
Dr. Nurulhude Baykal

Grafik Tasarım-Web
Hüseyin Diker

Mobil Uygulama
Selim Özden

Teknik Yönetmen
Sadi Atılgan

Mali Yönetmen
Adem Polat

İdari Hizmetler
Nahide Soytürk

İletişim Bilgileri
TÜBİTAK *Bilim ve Teknik* Dergisi
Remzi Oğuz Arık Mah.
Tunus Cad. No:80
06540 Çankaya ANKARA
bteknik@tubitak.gov.tr
www.bilimteknik.tubitak.gov.tr

Abone İlişkileri (312) 222 83 99
abone@tubitak.gov.tr
www.tubitakdergileri.com.tr

ISSN 977-1300-3380
Fiyatı 7 TL - Yurtdışı Fiyatı 5 Euro

Baskı PROMAT Basım Yayın San. ve Tic. A.Ş.
http://www.promat.com.tr/
Tel (212) 622 63 63

Baskı Tarihi 23.10.2021

Dağıtım Turkuvaz Dağıtım Pazarlama A.Ş.
http://www.tdp.com.tr

Bilim ve Teknik Dergisi, Milli Eğitim Bakanlığı [Tebliğler Dergisi, 30.11.1970, sayfa 407B, karar no: 10247] tarafından lise ve dengi okullara; Genelkurmay Başkanlığı [7 Şubat 1979, HRK: 4013-22-79 Eğt. Krs. Ş. sayı Nşr.83] tarafından Silahlı Kuvvetler personeline tavsiye edilmiştir.

Her ayın 1'inde çıkar.



Değerli öğretmenlerimizin 24 Kasım Öğretmenler Günü'nü kutluyor, 83 yıl önce 10 Kasım'da kaybettiğimiz ulu önderimiz ve ilk başöğretmenimiz Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ü sevgi, saygı ve minnetle anıyoruz.

Küremiz ısınmaya ve küresel iklim değişikliği ciddi bir endişe kaynağı olmaya devam ediyor! Bu ısınma eğilimi, özellikle 20. yüzyılın ortalarından itibaren, gelişen teknoloji, artan üretim ve tüketim ile birlikte insan faaliyetlerinin bir sonucu olarak tarihte hiç görülmemiş bir hızla ilerliyor. Küresel sıcaklıktaki artış, karbon ayak izinin büyümesi, ekstrem hava olaylarının daha sık görülmesi, okyanusların ısınması ve asitlenmesi, buzulların erimesi, deniz seviyesindeki yükseliş, kuraklık, yangınlar, seller, canlıların yaşam alanlarının yok olması, biyoçeşitliliğin azalması… Tüm bunlar insanlığın iklim değişimini yavaşlatma yönünde çok daha fazla önlem alması gerektiğini gösteriyor.

Bu sayımızda küresel iklim değişikliği konusunu birçok boyutuyla kapsamlı bir şekilde ele alıyoruz. Levent Kurnaz küresel iklim krizinin gerçekten ne anlama geldiğini, neden önemli olduğunu, nedenlerini, sonuçlarını ve olası senaryoları açıklayarak atmosferi ve doğayı tahrip eden alışkanlıklarımızdan vazgeçmenin önemine vurgu yapıyor. Fatma Nur Akın da iklim değişikliği ile ilgili en çok merak edilen sorulara bilimsel verilerle birlikte cevap veriyor. Neşe Yılmaz Tuncel ve Havva Polat ise sürdürülebilir et tüketimi ile iklim değişikliği arasındaki ilişkiyi ortaya koyuyor. Konuyu tamamlar nitelikte olduğu için geçmiş sayılarda yayımladığımız "Küresel Isınma" ve "Doğadaki Ayak İzlerimiz" başlıklı posterlerimizi tekrar veriyoruz.

Küresel ısınmanın olumsuz etkilerini hissettiğimiz son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji tüketimindeki payı gittikçe artıyor. Faruk Soydugan da rüzgâr enerjisini ve rüzgâr türbinlerini detaylı bir şekilde anlatıyor. Mahir Ocak, bu ayki yazısında 2021 Nobel Bilim Ödülleri'ni almaya hak kazanan bilim insanlarının çalışmalarından bahsediyor. Bu ayki Bilim Çizgi köşemizde de Nobel'e konu olan "Kelebek Etkisi" anlatılıyor.

Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından (yıllık 60 TL) faydalanmak için www.tubitakdergileri.com.tr adresini ziyaret edebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (https://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr) ve sosyal medya hesaplarını da takip edebilir, hayatınızdaki yerini ve size neler kattığını bizlerle paylaşabilirsiniz (bteknik@tubitak.gov.tr).

Nesiller büyüten dergimizin bu sayısını da keyifle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.

Sağlıcakla ve bilimle kalın… Unutmayın #bilimokuyanbilir!

Saygılarımızla,
Özlem Kılıç Ekici

İçindekiler

12
Küresel İklim Krizi
Levent Kurnaz

İklim krizi bugüne kadar alışılagelmiş düzenimizi yerle bir etmeye başladı. Daha önce görülmemiş ekstrem doğa olayları bize yeni bir dünyada yaşamaya başladığımızın sinyallerini gönderiyor. Bu değişikliklerin temelinde doğaya ve atmosfere verdiğimiz zarar bulunuyor.

44
Esen Yelden Yenilenebilir Temiz Enerjiye: Rüzgâr Enerjisi
Faruk Soydugan

Küresel ısınmanın olumsuz etkilerini hissettiğimiz son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji tüketimindeki payı gittikçe artıyor. Kullanımı hızla artan rüzgâr enerjisi, güneş enerjisiyle birlikte en çok tercih edilen yenilenebilir kaynaklardan biri.

70
2021 Nobel Bilim Ödülleri
Mahir E. Ocak

Fizyoloji veya Tıp, Kimya ve Fizik dallarındaki çığır açıcı başarılarıyla Nobel'e layık görülen bilim insanlarının ödül kazandıran çalışmaları ve araştırma sonuçları detaylı bir şekilde ele alındı.







4
***Bilim ve Teknik* ile Büyüdüm!**
Özlem Ak

6
Haberler

24
Bilim Çizgi
Kelebek Etkisi
Sinancan Kara

26
Küresel İklim Değişikliği Hakkında En Çok Merak Edilenler
Fatma Nur Akın

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 6. Değerlendirme Raporu iklim değişikliğinin "insanlık için kırmızı alarm" verdiğini vurguluyor. Rapor, iklim değişikliği ile ilgili en çok merak edilen sorulara da cevap veriyor. Bu sorulardan bazılarını cevaplarıyla birlikte sizler için derledik.

39
Plastiklerin Geri Dönüşümüne Yeni Bir Yaklaşım
Özlem Ak

40
Tekno-Yaşam
Gürkan Caner Birer

64
Merak Ettikleriniz
Mesut Erol

66
Sürdürülebilir Et Tüketimiyle İklim Değişikliğini Önleyebilir miyiz?
Neşe Yılmaz Tuncel, Havva Polat

Küresel ısınmanın görmezden gelinemeyecek sonuçları sebebiyle beslenme alışkanlıkları ve düzenlerimizde köklü değişikliklere gitmemiz öneriliyor. Bu değişiklikler arasında öncelikle aşırı tüketimin azaltılması,





hayvansal ürünlerin (özellikle kırmızı et kaynaklarının) tüketiminin sınırlandırılması ve kısmen de olsa bitki esaslı et veya süt analogları ile ikame edilmesi bulunuyor.

80
Bilim Tarihinden Notlar:
İslâm Dünyasında Teknik
Hüseyin Gazi Topdemir

84
Gökyüzü:
Gökyüzünün Öğrencisi ve Amatör Astronom Olmak!
Faruk Soydugan

88
Düşünme Kulesi
Ferhat Çalapkulu

90
Satranç
Kıvanç Çefle

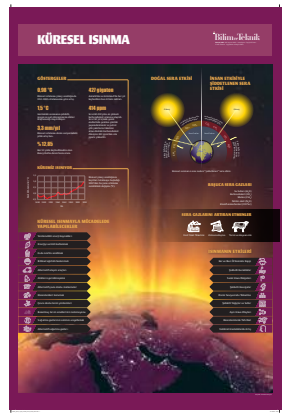
93
Ayın Sorusu
(*Matematik*)
Azer Kerimov

94
Zekâ Oyunları
Emrehan Halıcı

96
Yayın Dünyası
İlay Çelik Sezer

EK – POSTER (Çift taraflı)

Küresel Isınma
İlay Çelik Sezer, Hüseyin Diker



Doğadaki Ayak İzlerimiz
Özlem Kılıç Ekici, Hüseyin Diker



Dergimizin elektronik dergi arşivi "services.tubitak.gov.tr/edergi" internet adresinde (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır. Son dört aya ait sayılara ise sadece abonelerimiz erişim sağlayabilir.

Bilim ve Teknik
tubitakbiltek
tubitakbilimteknik
TÜBİTAK Bilim ve Teknik

Dergimizin içeriğinden seçerek hazırladığımız bilimsel ve teknolojik bilgileri *Bilim ve Teknik* dergisinin sosyal medya hesapları aracılığıyla takip edebilirsiniz.

Bilim ve Teknik *ile Büyüdüm*

Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını, geleceklerine yön verirken nasıl bir rol oynadığını bizimle paylaştıkları mektuplarını yayımlamaya devam ediyoruz. *Bilim ve Teknik* ile ilgili anılarını, duygu ve düşüncelerini bizimle paylaşan okurlarımıza çok teşekkür ediyor, "*Bilim ve Teknik* bilimi sevmemde ve kariyerimi seçmemde rol oynadı" diyen okurlarımız için adresimizi hatırlatıyoruz:

bteknik@tubitak.gov.tr

Sevgili okurlarımız, yoğun ilginizden dolayı çok teşekkür ederiz. Gönderdiğiniz anlamlı mektupların hepsini yayımlayacağız. Ancak köşemizin sayfa sayısı sınırlı olduğu için geliş tarihlerine göre sıralayarak yayımlıyoruz. Anlayışınız için teşekkür ederiz.

"*Bilim ve Teknik*'in bilgi denizinden içtiğim her yudum çok değerli"

Merhaba,

Dergiyle ne yazık ki çok kısa süre önce tanıştım ama iyi ki de tanıştım. Sürekli aklımda olmasına rağmen bir türlü ulaşamadığım bir dergiydi. Sonunda o bilgi denizine ben de ulaştım, ben de içiyorum artık o denizden. Yaptığınız her iş, işlediğiniz her konu birbirinden değerli ve özel. Öğrenmek ve araştırmak bir hobi hâline geliyor sayenizde. Gerek meslek hayatıma gerek öğrencilik hayatıma çok fazla şey katacağını düşündüğüm için artık bu dergi hayatımın vazgeçilmezi olacak. Elimden geldiği kadar arşivlerini de okumaya ve okutmaya çalışacağım.

Bu dergiyi ülkemize kazandırdığınız; çocukları, gençleri ve yetişkinleri bilimle tanıştırdığınız için size minnettarız *Bilim ve Teknik* dergisi ekibi. Var olun…

İclal Bağcı,
Ordu Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi 1. Sınıf Öğrencisi

"İyi ki varsın *Bilim ve Teknik*"

Merhaba,

Bilimi sevmem ve ona sarılmam *Bilim ve Teknik* dergisi sayesinde oldu. Bu sevgi bundan tam 36 yıl önce, yani 1985 yılının ocak ayında derginizle tanışmamla başladı ve o gün bu gündür de devam ediyor. Her sayısını merakla bekliyorum. Artık bu dergi vazgeçilmezim oldu, iyi ki de öyle oldu. O günden bugüne kadar tüm sayılarınızı aldım ve en ince detayına kadar zevkle okudum, hatta tekrar tekrar okudum ve ömrüm oldukça da okumaya devam edeceğim. Neden mi? Çünkü bu benim dünyam ve bu dünyada sizler iyi ki varsınız.

Bilimi tanıtan ve sevdiren dergiye teşekkürlerimle...

Ahmet ALAN

"*Bilim ve Teknik* şimdi hayatımın vazgeçilmezi"

Merhaba,

Ben sizlerle çok yakın bir zamanda tanıştım. Okumaya başladığım günden bu yana heyecanım her geçen gün daha da artıyor. Her ayın sayısını aldığımda bir sonraki ayı merakla ve ilk günkü iştahla bekliyorum. Üniversiteye ilk başladığımda rafta gözüme çarpan ve ne anlatıyor diye elime alıp baktığım *Bilim ve Teknik* dergisi şimdi hayatımın vazgeçilmezi.

İyi ki sizlerle tanıştım, iyi ki gelişen dünyada yanımdasınız. Tüm bu kocaman yürekli ekibinize teşekkür ediyorum.

Bilim ve Teknik ile nice yıllara!

İsa Altunbaş,
Dumlupınar Üniversitesi, Eğitim Fakültesi,
Türkçe Öğretmenliği Bölümü, 2. Sınıf Öğrencisi

"Başka bir gezegene açılan kapı"

Merhaba,

Bilim ve Teknik dergisi ile 1991-1999 yıllarında okuduğum köy okulunun kütüphanesinde tanıştım. Kütüphanenin başköşesinde yeri vardı. Bana köyden başka bir gezegene açılan kapı gibi gelirdi. Hayranlıkla incelerdim sayfalarını… Şimdi sağlık personeli bir anneyim. Dört yaşındaki oğlum *Meraklı Minik* dergisini, 9 yaşındaki oğlum *Bilim Çocuk* dergisini heyecanla incelerken ben de hâlâ hayranlıkla dünya, evren ve insanı öğreniyor; üzerinde düşünüyorum sayenizde. Her ay dergilerimiz evimizi zenginleştiriyor.

Sonsuz teşekkürlerimizle...
İyi ki varsınız...

Raziye Hakan Bal

"Belki akademisyen olmamda derginizin de payı vardır"

Merhaba,

Üniversitede öğretim üyesi olan rahmetli babacığım eskiden eve düzenli olarak *Bilim ve Teknik* dergisi alırdı. Evimizde hep *Bilim ve Teknik* dergisi olduğunu hatırlıyorum. Ben de şu an akademisyen olarak görev yapıyorum. Belki akademisyen olmamda derginizin de payı vardır.

Ömer Faruk Özgür

"Sayenizde bilime merakım hâlâ sonsuz"

Merhaba,

Küçükken abonesi olduğum ve senelerce hiç sıkılmadan okuduğum *Bilim Çocuk* dergisiyle geçti çoğu zamanım. Okuduğum bu dergiler sayesinde hâlâ bilime merakım sonsuzdur. Şimdi hâlâ çocukluğumdaki gibi heyecanla *Bilim ve Teknik* dergisini alıyorum ve eski heyecanımı tekrar tekrar yaşıyorum. Bu dergiyi herkesin okuması gerektiğini düşünüyorum.

Emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Muhammed Hasan Derbentli,
Konya Enderun Liseleri, 9. Sınıf Öğrencisi

TÜBİTAK

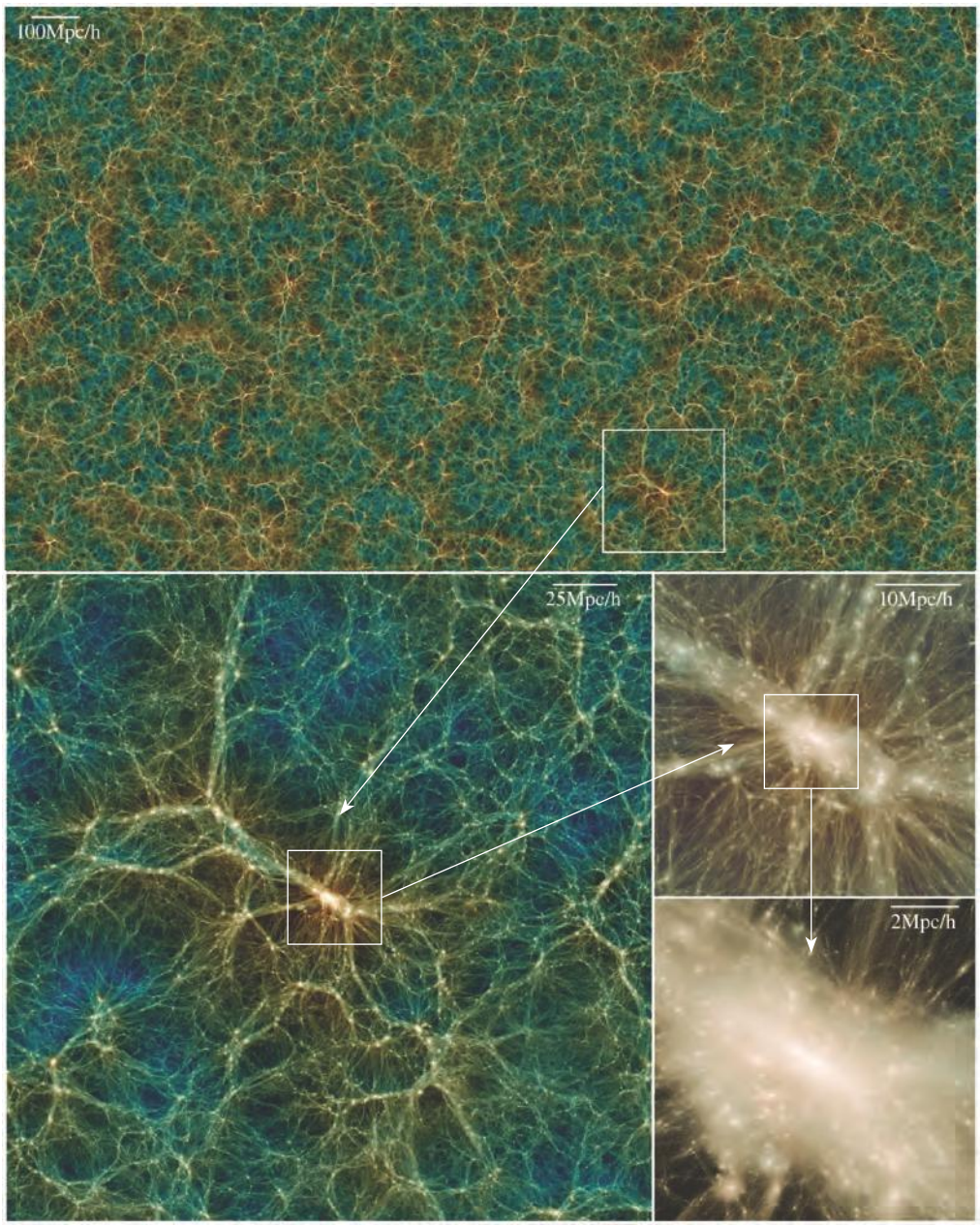
Evrenin En Detaylı Sanal Modeli

Özlem Kılıç Ekici

Universe Today'de yayımlanan yeni bir araştırmaya göre, bilim insanları bütün evreni içeren ayrıntılı bir simülasyon modeli oluşturmayı başardı. Uchuu simülasyonu ismi verilen bu "sanal evren" şimdiye kadar geliştirilmiş en büyük ve detaylı evren simülasyonu olma özelliğini taşıyor.

Uchuu simülasyonu, 9,6 milyar ışık yılı genişliğindeki bir alanda 2,1 trilyon parçacık içeriyor. Simülasyon, yıldızların ve gezegenlerin oluşumuna odaklanmaktan ziyade evrenin 13 milyar yıldan fazla süre zarfındaki gelişimini modelliyor ve genişleyen bir evren içindeki karanlık maddenin davranışını inceliyor. Bu simülasyon sayesinde evrenin geçmişi ve geleceği gibi birçok konuda inceleme yapmak mümkün olacak.

Uchuu simülasyonunda farklı ölçeklerde karanlık madde dağılımları



Ishiyama ve ark. MNRAS, 2021, https://arxiv.org/pdf/2007.14720.pdf

Böyle detaylı bir model oluşturmak için muazzam miktarda hesaplama gücü ve depolama alanı gerekiyor. Ekip, simülasyonu oluşturmak için 40.000'den fazla işlemci çekirdeği, 20 milyondan fazla bilgisayar saati kullanıldığını ve 3 petabayttan (3.000 TB ya da 3 milyon GB) fazla veri üretildiğini belirtiyor. Bu simülasyonun tek bir sürücüde saklanabileceği belirtilirken verilerin online olarak erişime açık olacağı ve indirilebileceği de söyleniyor. Açıklamalara göre isteyen herkes simülasyonu ücretsiz olarak indirebilecek.

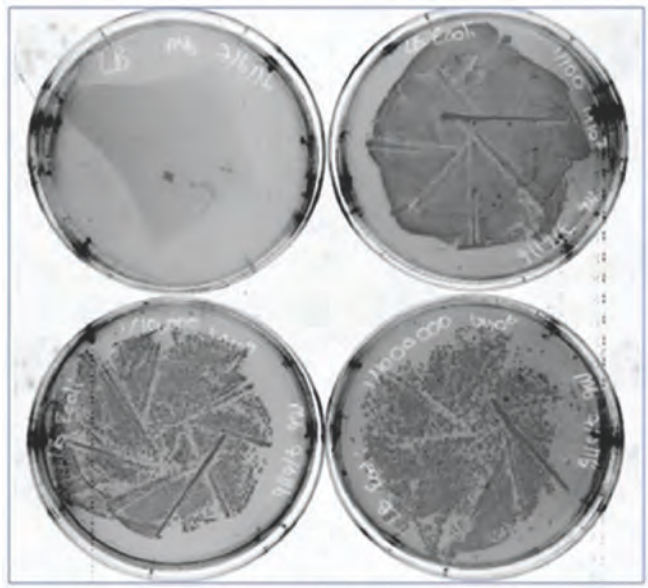
Ancak Uchuu, sıkıştırılmış olduğunda bile 100 TB yer kaplıyor, bu yüzden de indirmek isteyenlerin ciddi büyüklükte bir alana sahip olması gerekiyor. Simülasyon ile ilgili detaylı bilgiye http://skiesanduniverses.org/Simulations/Uchuu/ adresinden ulaşabilirsiniz. ■

COVID-19'a Karşı Yeni Yüzey Kaplama Teknolojisi

Özlem Ak

Yüz maskelerine uygulanan antiviral yüzey kaplama teknolojisi, COVID-19 ve gribe karşı ekstra bir koruma katmanı sağlayabilir. Queensland Üniversitesinde geliştirilen kaplamanın, COVID-19'a neden olan SARS-CoV-2'yi öldürmede etkili olduğu daha önce kanıtlanmıştı. Şimdi ise bu malzemenin yüzeylerde ve yüz maskelerinde bulaşmaya karşı bir bariyer olarak kullanılması düşünülüyor.

Avustralya'daki Queensland Üniversitesinden Prof. Michael Monteiro, *ACS Nano* dergisinde yayımladıkları çalışmada su bazlı kaplamanın virüse saldıran solucan benzeri yapılar içerdiğini belirtiyor. Monteiro, "nano solucanlarla" kaplı cerrahi maskelerde, SARS-CoV-2'nin alfa varyantının ve Influenza virüsünün tamamen etkisiz hâle geldiğini



Queensland Üniversitesi

söylüyor. Kaplama, Boeing ile ortak bir araştırma projesi olarak geliştirildi ve Melbourne Üniversitesinde test edildi.

Bu polimer nano solucanların öksürme, hapşırma veya tükürük yoluyla bulaşan virüs damlacıklarının zarını parçalayıp RNA'larına zarar verdiğini söyleyen Profesör Monteiro, yüz maskelerinin bulaşmayı önlemede ve azaltmada büyük önem taşıdığının altını çiziyor. Ayrıca maske yüzeylerine uygulanan antiviral kaplamalar hem enfeksiyonu önlüyor hem de yüzey temasıyla ya da aerosol yoluyla bulaşmayı engellemek için uzun süreli önlem olarak görülüyor. ■

Milyonlarca Yıl Önce Atmosferdeki Karbondioksit Azalmasının Yol Açtığı Soğuma

Mahir E. Ocak

Bilimsel çalışmalar, günümüzden 133 milyon yıl önce yani dinozorlar henüz yok olmamışken atmosferdeki karbondioksit miktarının azalması nedeniyle Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının 3 °C düştüğünü gösteriyor.

Karbondioksit bir sera gazıdır. Atmosferdeki karbondioksit miktarının artması ya da azalması Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının da artmasına ya da azalmasına yol açar. Günümüzün en önemli çevre sorunlarından biri olan küresel iklim değişikliğinin ana nedeninin de insan etkinlikleri sebebiyle atmosferdeki karbondioksit miktarının aşırı artması olduğu biliniyor.

Dünya tarihinde, günümüzden yaklaşık 133 milyon yıl önce iklimde önemli değişikliklerin meydana geldiği yaklaşık 700.000 yıl süren bir dönem var. Weissert Olayı olarak adlandırılan bu dönemde okyanus sularındaki oksijen miktarı aşırı derecede düşmüş, biyoçeşitlilik azalmış, dünya genelindeki yağış ve rüzgâr düzenlerinde önemli değişiklikler olmuştu.

Geçmişte Weissert Olayı üzerine pek çok bilimsel çalışma yapılmışsa da meydana gelen iklim değişiklikleriyle atmosferdeki karbondioksit miktarı arasındaki sebep-sonuç ilişkisi çok net değildi. Milan Üniversitesinden Liyenne Cavalheiro ve öğrencileri tarafından yapılan son çalışmalarsa bu ilişkiyi daha net bir biçimde doğruluyor.



Araştırmacılar *Nature Communications*'ta yayımladıkları çalışmalarında, Antarktika açıklarındaki okyanus tabanlarında bulunan tortulardan alınan örnekleri analiz etmişler. Bu tortularda, 133 milyon yıl önce 54° güney enleminde yer alan Weddell Denizi havzasından ve 500 metre derinliğe sahip sulardan kalma izler var.

Toplanan verilerin analizleri ve kuramsal hesaplar, Weissert Olayı sırasında Dünya'nın ortalama sıcaklığının 3 °C düştüğüne ve bu durumun atmosferdeki karbondioksit miktarının %40 azalmasından kaynaklandığına işaret ediyor. Ayrıca hesaplar, jeolojik kayıtlarla uyumlu bir biçimde, Weissert Olayı sırasında Kuzey Kutbu civarındaki ve Antarktika'nın kıyı bölgelerindeki buzul miktarının arttığını da gösteriyor. ■

Akıllı Telefonlar ile Sıvı Analizi Yapılabilecek

Tuncay BAYDEMİR

Sıvıların içeriğini tanımlamak için kullanılan cihazlar genel olarak karmaşık yapıda olup gündelik hayatta bu tür analizleri yapmak mümkün değildir. Ancak yapılan yeni bir çalışma akıllı telefon gibi cihazlarla bilinmeyen sıvıları tanımlamaya imkân sağlayabilir.

Çin'deki Shenzen Üniversitesinden Yandao Huang ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma, akıllı telefonun zil sesinden gelen titreşimlerin bir sıvının viskozitesini, yani akmaya karşı olan direncini ölçmekte kullanılabileceğini gösteriyor. Bu durum, farklı sıvı moleküllerinin değişik viskozite katsayılarına sahip olmasından kaynaklanıyor. Bundan faydalanarak suyun kirliliği analiz edilebilecek ya da idrar örneğindeki protein ve hormon seviyeleri ölçülerek böbrek rahatsızlıkları tespit edilebilecek.

Araştırmacılar yaptıkları çalışmada, sıvıları koyacak bir hazne ve akıllı telefonu güvenli bir şekilde tutmaya yarayan bölmeyi içeren bir tasarımın üretimini üç boyutlu baskı cihazı ile gerçekleştirdiler. Kabın içerisine konulan sıvıyı titreştirmek için telefonun motorunu kullanan ekip, yerleşik hareket sensörü sayesinde, yansıyan hareket dalgalarından yola çıkarak sıvı moleküller arasındaki sürtünmeyi ölçtüler.

Çalışmada sıvı viskozitesini doğru ölçmek için telefondan gelen titreşimleri ve ölçümlerde hataya neden olabilecek diğer bileşenleri ortadan kaldırmak amacıyla çeşitli sinyal işleme ve optimizasyon çalışmaları gerçekleştirildi. Bu aşamadan sonra yapılan denemelerde sıvı viskozite ölçümleri %2,9 hata ile gerçekleştirildi. Ayrıca 30 farklı sıvı %95,47 doğruluk payıyla başarılı bir şekilde birbirinden ayırt edilebildi.

Sıvılarda bakteriler, kir veya minerallerin bulunması sıvının viskozitesinde değişimlere neden oluyor. Buna dayanarak geliştirilen yöntem sayesinde akıllı telefon kullanılarak musluk suyu, yağmur suyu, durgun su ve uzun süre

havaya maruz bırakılan su birbirinden kolaylıkla ayırt edilebiliyor.

Araştırmacılar yöntemin içme suyunun güvenliğini basit bir şekilde tayin etmekte kullanılabileceğini belirtiyorlar. Bu yöntemle idrardaki ürik asit ve proteinlerin de doğru bir şekilde tayin edilebildiğini bildiren ekip, bu sayede nefrit (böbrek iltihaplanması) gibi böbrek rahatsızlıklarının tanılamasının evde kolay bir şekilde yapılabileceğini bildiriyorlar.

Diğer taraftan, yöntemin laboratuvar koşulları dışında uygulanabilmesinin önünde bazı engeller de bulunuyor. Örneğin, sıcaklığın viskozite üzerine etkisi ele alındığında, analizler süresince sıcaklık kontrolünün sağlanması gerekiyor. Ayrıca sıvıların konduğu kabın hangi malzemeden yapıldığı ve boyutları da ölçümleri etkileyebiliyor ve bu nedenle tüm farklı durumlar için yeni matematiksel modellemelere ihtiyaç duyuluyor. Karışık sıvıları tanılamakta da zorlanan yöntemin geliştirilmesi gerektiğini vurgulayan araştırmacılar, sıvıların yüzey gerilimi gibi farklı özelliklerinin de analiz yöntemine eklenerek bu zorluğun aşılmasının mümkün olduğunu belirtiyorlar. ■



Laboratuvar Ürünü Organoidler ile Böbrek Hastalıkları Son Bulabilir

Tuncay Baydemir

ABD South California Üniversitesi Keck Tıp Fakültesinden Zhongwei Li ve arkadaşları, laboratuvar ortamında böbreği oluşturan parçaları başarıyla büyütmeyi başararak böbrek hastalıklarının tedavisi için önemli bir adım attılar.

Araştırmacılar kök hücreleri kullanarak gerçek organın bazı işlevlerini taklit eden organoidler oluşturmayı başardı. Organoidler kendi kendilerini yenileyebilen, organ işlevi gösterebilen, doğrudan doku veya kök hücrelerden elde edilen üç boyutlu hücre gruplarıdır. Yapısal ve işlevsel olarak elde edildikleri dokuyla benzerlik gösterirler. Çalışmada elde edilen organoidler, böbreklerin vücut sıvısını ve pH dengesini koruma işlevi ile böbreklerdeki toplayıcı sistemin yaptığı idrar toplama ve taşıma gibi işlevleri başarıyla yerine getirebiliyor.

Araştırma sonucunda geliştirilen organoidler böbreğin doğru modellenmesi ve böbrek hastalıklarına karşı yeni ilaçların denenmesine imkân sağlayacak. Ayrıca organoidler çeşitli hastalıklara neden olan genetik mutasyonları barındıracak şekilde de üretilebiliyor, araştırmacılar böylece bu tür hastalıklara karşı savaşmanın ve tedavi yolları bulmanın da kolaylaşacağını belirtiyorlar. Bunun ilk denemesini böbrek ve idrar yollarındaki çalışma bozukluklarına yönelik bir organoid modeli ile gerçekleştiren ekip, bu sayede yeni tedaviler geliştirilmesi için çok önemli bir adım attı.

Nature Communications dergisinde yayımlanan çalışmaya göre, araştırmacılar küçük böbrek modellerini hayvanlarda ve insandaki böbrek oluşumunda önemli rol oynayan üreter tomurcuk öncül hücreleri kullanarak gerçekleştirdi. Ekip ayrıca diğer böbrek parçalarının modellerini

de aynı yöntemle oluşturmayı başardı. Örneğin farelerin üreter tomurcuk öncül hücreleri kullanılarak nefronlar (böbreğin filtreleme birimleri) elde edildi.

Son zamanlarda yapılan çeşitli çalışmalarla kalp, gözyaşı kanalları ve beyin organoid modelleri de geliştirilebiliyor. Li ve arkadaşlarının geliştirdiği organoid sistemi ile böbrek gelişimini daha yakından incelemek, böbrek hastalıklarını modellemek ve tedavi amaçlı ilaçları keşfetmek daha da kolaylaşacak. Çalışma ayrıca yapay böbrek elde edilmesinde de önemli bir dönüm noktası olarak değerlendiriliyor. ■

Biyomühendislik Yoluyla Mayadan Böcek Kovucu Sentezlendi

Tuncay Baydemir



Böcek kovucu maddeler çeşitli hastalık ve rahatsızlıkların önlenmesinde son derece önemli bir yere sahip. Bu maddeler sağlığı olumsuz etkileyen ve rahatsız edici sinek ve böcekleri uzaklaştırarak sokma ve ısırmalara karşı koruma sağlıyor.

DEET adı verilen bileşik (N,N-dietil-meta-toluamid) pek çok böcek ve sinek kovucu ürünün aktif bileşeni. DEET; Batı Nil virüsü, Zika virüsü ve sıtma gibi sivrisinek kaynaklı hastalıklardan ve çeşitli kene kaynaklı rahatsızlıklardan koruma sağlamak için dünya genelinde yaygın şekilde kullanılıyor. Ancak bazı sivrisinek popülasyonları DEET'e karşı direnç geliştirdiğinden bazı alternatif ürünlere ihtiyaç duyuluyor.

Yapılan birçok çalışma nepetalakton bileşiğinin DEET'ten daha etkili bir böcek kovucu olduğunu gösteriyor. Nepetalaktonun ana kaynağı ise kedi nanesi bitkisi.

Kedi nanesi, diğer bir adıyla yabani sümbül (*Nepeta cataria*), nane ailesinin otsu bir üyesi olup Avrupa, Asya ve Orta Doğu'ya özgü bir bitki. Ana bileşeni olan nepetalaktonun sinek ve böcekleri uzaklaştırmadaki başarısı ise bu bitkiyi oldukça özel kılıyor.

Bu noktada, ticari anlamda böcek kovucu üretmek için kedi nanesi bitkisinden yeterli miktarda nepetalakton elde edilememesi önemli bir sorun teşkil ediyordu. Ancak Kanada Concordia Üniversitesinden Vincent J. J. Martin ve arkadaşlarının yaptığı çalışma bu sorunu ortadan



kaldırmış gibi görünüyor. Martin ve arkadaşları nepetalaktonu bitkilerden elde etmek yerine biyomühendislik yoluyla üretme yöntemi geliştirdiler. Bunun için kedi nanesinden elde edilen bazı önemli enzimleri içeren sekiz ekstra geni bir maya türüne ekleyerek kimyasal yolla üretim gerçekleştirdiler. Böylece genetiği değiştirilmiş organizmalar kullanarak alternatif ve etkili bir üretim metodu ortaya koymayı başardılar.

Araştırmacılar nepetalakton üretim seviyelerini daha yukarı taşımak için süreç geliştirme çalışmalarına ara vermeden devam ediyor. Ayrıca ticari anlamda üretim aşamasına gelindiğinde, DEET kullanımından kaynaklanan bazı olumsuz yönlerin de önüne geçmeyi hedefliyorlar. Bunlar arasında belirli plastiklerin çözülmesi, sentetik giysilerin ve kişisel aksesuarların hasar görmesi gibi durumlar bulunuyor.

Önceleri sadece bitkilerden elde edilebilen bazı önemli kimyasal maddelerin genetiği değiştirilmiş organizmalar ile üretilmesinin mümkün olduğunu belirten araştırmacılar, tarım arazilerinin kimyasal hammadde sağlamak yerine değerli gıdalar yetiştirmek amacıyla kullanılmasının daha önemli olduğunun da altını çiziyorlar. ■

Uçan Çipler Kum Tanesi Boyutunda

Özlem Ak

Şimdiye kadar geliştirilen kanatlı mikroçipler arasında en küçük boyutta olan ve her biri yaklaşık bir kum tanesi büyüklüğündeki mikroçipler, bir gün hava kirliliğini ve hava kaynaklı hastalıkları izlemeye yardımcı olabilir. Bilim insanları mikroçipleri tasarlarken rüzgârla dağılan tohumların aerodinamiğini incelediler ve bundan ilham aldılar. Bu tasarım, uçan mikroçiplerin geniş bir alana dağılmasını ve havayı daha iyi izlemek için uzun süre havada kalmasını sağlamaya yardımcı oluyor.

Illinois, Northwestern Üniversitesinde malzeme bilimci olan John Rogers ve meslektaşları, uçan mikroçipleri üretmek için üç boyutlu çocuk kitaplarından da ilham aldı. Cihazları önce düz levha şeklinde oluşturup daha sonra hafifçe gerilmiş bir silikon kauçuk membran üzerine yapıştırdılar. Membran gevşediğinde, cihazlar büküldü ve hassas kanatları üç boyutlu formlara girdi. Bilim insanları yakın gelecekte mikroçiplere havadaki parçacıkları tespit etmek için devreler, su kalitesini izlemek için sensörler, güneş ışığını ölçmek için ışık dedektörleri, ışıktan enerji toplamak ve depolamak için işlemci, bellek ve kablosuz anten gibi çeşitli elektronik parçaları entegre edebilecekler. ■



Northwestern Üniversitesi

KÜRESEL İKLİM KRİZİ

Prof. Dr. M. Levent Kurnaz [*Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü, İklim Değişikliği ve Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi*



İnsanlık yaklaşık 10 bin yıl önce yerleşik hayata geçmeye başladı. Bu değişikliğin en önemli desteği tarımsal üretim faaliyetleri idi. Düzenli tarımsal üretim ile insan nüfusu artarak bugünkü 7,8 milyar seviyesine yükseldi. Düzenli tarım yapabilmemizin ardındaki önemli bir etmen iklim koşullarının bir seneden ertesi seneye aşırı değişiklik göstermemesiydi. Bizler kısa zaman zarfında fazla değişmeyen iklim koşulları sayesinde şu andaki gelişmişlik seviyesine ulaştık. Ancak ne yazık ki aynı zamanda doğaya ve atmosfere verdiğimiz zarar, alışık olduğumuz sabit iklim koşullarını hızla değiştirmeye başladı. Artık iklimin hızla değiştiği bir döneme girdik, bu da yaşamımız açısından önemli değişikliklerin bizleri beklediğinin sinyallerini veriyor.



İklim Nedir?

Sabahları yataktan kalkıp perdeyi açtığımızda dışarısının yağmurlu veya güneşli, sıcak ya da serin olduğunu anlarız. Hatta daha temkinli isek bir gece önceden ertesi günkü havanın nasıl olacağını anlatan meteorologları dinleyerek hazırlığımızı yaparız. Bu sözünü ettiğimiz hava durumudur. Meteorologlar havanın nasıl olacağını bir veya birkaç gün önceden tahmin ederler. Siz de perdeyi açtığınızda genelde bir gece önce hava durumunda söylenene benzer bir durumla karşılaşırsınız. Hava durumu bir günden ertesi güne kadar kolaylıkla değişebilir. Bugün yağmurlu ise yarın güneşli olabilir, bu da tamamen doğaldır.

Ama bir gece önce televizyon seyretmemiş olsanız ve perdeyi açmadan size "bugün havanın nasıl olmasını beklerdiniz?" diye sorsalar ne cevap verirdiniz? Ülkemizde bir yaz sabahı uyanıyorsanız genelde havanın sıcak ve yağışsız, kışın ise havanın soğuk ve yağışlı olmasını beklersiniz. Buna da iklim deriz. Yani perdeyi açmadan tahmin edilen iklim, açtıktan sonra görülen de hava durumudur.

Hep öğrendiğimiz gibi, Türkiye'nin batı ve güney kesimleri Akdeniz iklim kuşağındadır. Bu iklimin özelliği yazların sıcak ve kurak, kışların da serin ve yağışlı geçmesidir. Yaşadığımız uzun yıllar boyunca bundan daha değişik bir durumla karşılaşmadığımız için iklimi kolayca tanımlayabiliriz çünkü iklim bir günden ertesine değişmez. Hava durumunun bir günden bir sonraki güne değişmesi nasıl doğalsa, iklimin de bir günden diğerine değişmemesi aynı ölçüde doğaldır.

Ülkemizin batı ve güney kesimlerinde Akdeniz iklimi görüldüğünü biliyoruz. Doğusunda ve iç kesimlerinde ise karasal iklim görülür, yani yazları gene sıcak ve kurak olur ama kışları soğuk ve kar yağışlıdır.

Dünyanın değişik bölgelerinde çöl iklimi, muson iklimi veya step iklimi görülebilir. Bir bölgede hangi iklim koşullarının görüleceği o bölgenin Ekvator'dan ve denizlerden uzaklığına bağlıdır. Genelde Ekvator'dan uzaklaştıkça hava soğur, denizlerden uzaklaştıkça da yağış azalır.



İklim Değişikliği Nedir?

Ülkemizin batı ve güney kesimlerinde Akdeniz iklimi görülürken, doğusunda ve iç kesimlerinde karasal iklim şartları hakimdir. İklim değişikliği en basit ifadeyle bu iklim türlerinin değişmesi demektir. Yani Türkiye'nin güneyi ve batısında yazlar sıcak ve kurak iklimden daha sıcak ve yağışsız iklime; kışlar da serin ve yağışlı iklimden ılık ve az yağışlı bir iklime doğru geçecektir. Doğuda ise hava yazın daha da sıcak ve kurak olacak; kışın, soğuk ve kar yağışlı iklimden serin ve yağmur yağışlı iklime doğru geçecektir.

Bu değişiklikler hava durumu gibi bir günden ertesi güne meydana gelmezler. Ancak sıcaklık ve yağış gibi iklimi oluşturan özelliklerin ölçümlerini uzun yıllar boyunca kayıt altına alıp bunların ortalamalarını ve uç değerlerini incelediğimizde değişimleri kolayca gözlemleyebiliriz. Örneğin ninelerimizin ve dedelerimizin zamanında İstanbul'a kışın bol kar yağarken, son yıllarda kışın yağan kar miktarı çok azalmıştır. Yaz sıcaklıkları ise o kadar hızlı artıyor ki ölçülen ortalama sıcaklıklar neredeyse her yıl bir önceki yıla göre daha yüksek çıkıyor.

Dünyanın her tarafında iklim değişiyor. İklim değişikliği sonucunda az sayıda yerde iklim daha soğuk ve yağışlı olmaya başlarken, ülkemiz gibi Akdeniz'in çevresinde bulunan ülkelerde genellikle iklimler daha sıcak ve kurak oluyor.

Bu dünya tarihindeki ilk iklim değişikliği değil, iklim daha önce de değişti. Ancak şu anda yaşadığımız boyutta değişiklikler en azından son 25 milyon yıldır görülmedi. Daha önce yaşanan değişiklikler de şu anda içinde yaşadığımız gibi 100-150 senede değil, yüz binlerce senede meydana geldiğinden doğanın ve tüm canlıların değişime ayak uydurmak için yeterli zamanı olmuştu.

Şu anda yaşanan değişikliklerin iki önemli unsuru, daha önce görülmemiş bir hızda meydana gelmeleri ve değişikliklerin doğal nedenlerle değil insanlığın kömür, petrol ve doğal gaz yakarak atmosfere karbondioksit salması sonucunda yaşanmasıdır.

İklim Değişikliğinin Nedenleri

2021 Ağustos ayında yayımlanan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin 6. Değerlendirme Raporu'na göre iklim değişikliğinin nedeni tartışmasız biçimde insanların atmosfere saldığı sera gazlarıdır. Sera gazı olarak nitelendirdiğimiz gazlar karbondioksit, metan ve diazot monoksittir. Sera gazları Dünya'yı bir örtü gibi sararak Dünya'nın ısısının dışarı kaçmasına engel olur ve bu şekilde iklimin değişmesine yol açarlar. Bu gazların atmosferdeki miktarları milyonlarca yıldır ilk defa bu kadar arttığı için küresel iklim değişikliği yaşanıyor.

Güneş'ten Dünya'ya belirli bir miktarda enerji gelir ve Dünya'nın yüzeyini ısıtır. Bu ısı tekrar uzaya

yayıldığında, yani Dünya'ya gelen enerji ile Dünya'dan çıkan enerji birbirine eşit olduğunda Dünya'nın ortalama sıcaklığı sabit kalır. Ama herhangi bir sebeple gelen enerji ile çıkan enerji arasında bir fark oluşursa ortalama sıcaklık değişir. Şu anda da sera gazları Dünya'nın enerjisinin uzaya salınmasını kısmen engellediğinden ortalama sıcaklık artıyor. Bu gazlar hiç var olmasaydı o zaman da Dünya neredeyse üzerinde yaşanmayacak kadar soğuk olurdu. Bu gazların çok hassas bir dengesi vardır ve o denge bozulmadığı müddetçe Dünya'nın ortalama sıcaklığı değişmez. Ancak özellikle son yüz yıl içerisinde gelişen sanayi atmosferin bu dengesini bozduğundan ortalama sıcaklıklar artıyor.

Sera gazlarının en önemlisi karbondioksittir. Karbondioksit, çoğunlukla fosil yakıtlar da denilen kömür, petrol ve doğal gazın yanması sonucu oluşur. Fosil yakıtlar yalnızca ısınma ve ulaşım için kullanılmaz. Örneğin, kömür ve doğal gaz en fazla elektrik üretiminde kullanılır. Kullandığımız her türlü nesnenin üretiminde de elektrik gerekli olduğundan, fosil yakıtlar genel anlamıyla sanayinin temelini oluşturur. Çimento üretimi de karbondioksit salımının önemli bir diğer nedenidir. Bir diğer önemli sera gazı ise metandır. Metan doğal gazın en önemli bileşenidir, dolayısıyla doğal gaz üretilirken ve borularla taşınırken atmosfere büyük miktarda metan salınır. Yer kabuğunu ne kadar delip ne kadar çok doğal gaz çıkarırsak atmosfere o kadar fazla metan sızar. Metan aynı zamanda hayvanların geviş getirmesi sonucunda da ortaya çıkar. Dolayısıyla ne kadar fazla et yiyip süt ürünü tüketirsek, bu et ve sütü üretmek için o kadar fazla hayvan beslenir, bu hayvanlar da atmosfere o denli çok metan salar. Diğer taraftan metan pirinç üretiminin doğal bir sonucudur. Pirinç özellikle ortalama nüfusu da fazla olan Doğu Asya'da yaşayan insanların ana besinidir. Tüm dünyanın pirince olan talebi nedeniyle, toplam dünya nüfusu arttıkça bu nüfusu beslemek için daha fazla pirinç üretilir.

Diazot monoksit çoğunlukla suni gübre kaynaklıdır. Toprak uzun süren yanlış kullanım nedeniyle fakirleştirildiği için tarlalardan daha fazla ürün almak amacıyla suni gübre kullanılır, bu da atmosfere diazot monoksit salınmasına yol açar.

Bunların dışında sera etkisi yaratan başka gazlar da vardır ancak bunların küresel ısınmadaki payı %1 civarındadır. Bu nedenle yukarıda bahsettiğimiz üç gazın, özellikle de karbondioksitin salımını azaltmak iklim krizinin önlenmesine önemli katkı sağlayacaktır.

İklim Değişikliğinin Gündelik Yaşamımızla İlişkisi

İklim değişikliği hepimizin yaşam tarzından kaynaklanıyor. Hepimiz yazın serin, kışın sıcak bir evde





oturmak istiyoruz. Hepimiz evimiz iyi aydınlansın istiyoruz. Hepimiz yeni elbiseler, ayakkabılar giymek, son model akıllı telefonlar, elektronik cihazlar kullanmak istiyoruz. Hepimiz saatlerce otobüs duraklarında beklemek yerine kendi arabamıza binip bir yerlere gitmek istiyoruz. Hepimiz uzak yerlere tatile gitmek istiyoruz. Bu isteklerimizi her yerine getirdiğimizde iklim değişikliğinde pay sahibi oluyoruz. Dolayısıyla iklim değişikliği bizlerin dışında başkalarının yarattığı bir sorun değil, bu soruna bizler yol açıyoruz ve bu yüzden çözümü de birlikte bulmak zorundayız.

Öncelikle bilmemiz gereken şey, bireyler olarak üzerimize büyük bir sorumluluk düştüğüdür. Vatandaşlar iklim krizi konusunda ne derece bilgi sahibi olurlarsa bu konuda verecekleri kararlar da o derece doğru olacaktır İklim krizinin en önemli çözümü ise kişisel tüketimi azaltmaktan geçiyor.

İklim Değişikliğinin Etkileri

Atmosfere giren ısı çıkan ısıdan fazla olunca küresel ısınma meydana gelir. Zamanla atmosferde biriken ısı havadaki tüm moleküllere dağılır. Moleküllerin enerjisinin artması ise bu moleküllerin toplu hâldeki hareketiyle meydana gelen hava olaylarının şiddetlenmesi anlamına gelir. Bu bağlamda ele alındığında, iklim değişikliği tüm hava olaylarının şiddetini ve sıklığını artırır, ayrıca normalde gerçekleşmedikleri bölgelerde de görülmelerine yol açar.

Bunun ötesinde, atmosferin ortalama sıcaklığındaki her bir derecelik artış, atmosferin su buharı tutma kapasitesini %7 artırır. Bu artış, yağışların da artacağı anlamına gelir. Yalnız, iklim değişikliğinin getirdiği bu olgu yeryüzünün her bölgesine eşit biçimde dağılmaz. Bunun pratiğe yansıması ile ilgili aklımızda tutmamız gereken genel kural yağışlı yerlerin daha yağışlı, kurak yerlerin de daha kurak olacağıdır.

Ortalama sıcaklık ve yağışlardaki artış genelde bizi bekleyen en önemli tehlike değildir. Ortalama sıcaklık ve yağış arttığı zaman bunların uç değerleri çok daha fazla artar. Sıcaklık açısından baktığımızda bu, çok sıcak günlerin oranının fazla artması anlamına gelir. Mesela geçtiğimiz elli yıl içerisinde ülkemizdeki bir şehrin yaz aylarındaki ortalama sıcaklığı 29 dereceden 30 dereceye yükselmişse, sıcak sayılan günlerin sıcaklığı da 32 dereceden 35 dereceye yükselmiştir. Yani elli sene önce 32 dereceden daha sıcak günlere ancak birkaç senede bir rastlanırken ortalama sıcaklığın bir derece artmasıyla

artık 35 dereceden sıcak günlere birkaç senede bir rastlanır. Bu durumda hava sıcaklığının 35 derece olduğu günler artık normal olarak görülür. Bu aşırı sıcaklara havadaki nem de eşlik ettiğinde, zamanla insanların yaşamasına izin veren koşulların dışına çıkılması mümkündür. Aşırı sıcak ve nem bu yüzyılın ortalarında Pakistan, Hindistan ve Bangladeş gibi yüksek nüfus yoğunluğuna sahip ülkelerde binlerce can kaybına neden olacak seviyede artıyor.

Yağışlarda da benzer bir durum söz konusudur. Son yıllarda yaşanan sel felaketlerinde ortaya çıkan yağış miktarı ancak binlerce yılda bir görülebilirdi. Ancak iklim krizi bu binlerce yılda bir görülecek yağışların hem şiddetini arttırdı hem de bu yağışları daha sık görülür hâle getirdi. Hesaplarımıza göre gelecekte benzer yağışlar her yirmi ya da yirmi beş senede bir görülecektir.

Aşırı yağışlar bu bağlamda madalyonun sadece bir yüzüdür, madalyonun öteki yüzünde ise kuraklık vardır. İklim krizi kuraklıkları da daha şiddetli ve daha sık hâle getirir, dahası kuraklığın yayıldığı alanı da genişletir. Mesela ülkemiz son iki senede oldukça şiddetli sayılabilecek bir kuraklığın etkisi altındadır. Bu kuraklık başta tarım olmak üzere, temiz su ihtiyacı duyan tüm sektörlerin sıkıntı çekmesine yol açmıştır.



Kuraklıkların bir diğer sonucu da özellikle son yıllarda tüm dünyada sıkça gördüğümüz orman yangınlarıdır. Eskiden bu orman yangınları daha küçük çapta ve yeryüzünün belirli bölgelerinde meydana gelirdi. Şimdi Avustralya'dan Sibirya'ya, İsveç'ten Kaliforniya'ya kadar değişik coğrafyalardan yangın haberleri alıyoruz. Bu yangınların nedeni elbette iklim değişikliği değil ama iklim değişikliği, insan hatalarından ve kazalardan çıkan bu yangınların şiddetini ve yayıldığı alanı kolayca artırabiliyor.

"Yaşam alanlarının hızlı değişimine ayak uyduramayan birçok bitki ve hayvan türünün nesli yok olacak" dediğimizde bunu hep "kutup ayıları yok olacak" diye algılıyoruz. Oysa kuraklık ve sıcaklık artışı ülkemizde ve yeryüzünün çeşitli bölgelerinde doğal olarak yetişen pek çok hayvan ve bitkinin de sonunu getirecek.

Bir diğer açıdan bakıldığında, Dünya Sağlık Örgütünün verilerine göre, iklim değişikliğinin sonucu olarak sıtma gibi salgın hastalıklar ve yetersiz beslenme gibi



nedenlerden dolayı milyonlarca kişi ölümle yüz yüze gelecek. Sivrisinekler gibi bulaşıcı hastalık taşıyan vektör organizmalar iklim değişikliği nedeniyle daha kolay yayılma imkânı buluyor. Eskiden kışın soğuk havada larvaları donan sivrisinekler ancak bir sonraki yaz mevsiminde tekrar yayılabiliyordu. Oysa şimdi daha ılıman geçen kış ayları hem sivrisineklerin hem de larvalarının kışı sağlam geçirmesine imkân tanıyor. Bunun ötesinde, küreselleşen gezegenimizde sivrisinek benzeri hastalık taşıyan bir vektör organizmanın bir uçağın içerisinde Afrika'daki bir şehirden ülkemize ulaşması sadece birkaç saat alabilir. Bu nedenle de ülkemizde daha önce görülmeyen hastalıklar bu vesileyle topraklarımıza taşınabilir.

Özellikle gıda üretiminin az ve zor olduğu Afrika ve Güneydoğu Asya gibi bölgelerde oluşacak daha kötü kuraklıklar ve muson yağmurlarının rejimindeki değişiklikler, bu bölgelerde yaşayan insanların gıdaya erişimini imkânsız hâle getirebilir. Bugün bile 821 milyon insanın her gece yatağa aç girdiğini düşünecek olursak yakın gelecekte iklim felaketleriyle birleşen gıda yokluğunun ne gibi sorunlara yol açabileceğini zihnimizde canlandırabiliriz.

Deniz seviyesindeki yükselme ülkemiz de dâhil olmak üzere çoğu ülkede nehirlerin denizle buluştuğu alüvyonlu deltalarda yer alan verimli tarım arazilerinin kaybına ve bu nedenle tarımsal üretimde azalmaya yol açacaktır. Deniz seviyesinde beklenen 1 metrelik bir artış bile bazı ülkelerin tarım alanlarının önemli kısmının sular altında kalmasına, çok daha fazlasının ise tuzlanmadan dolayı kullanılamaz hâle gelmesine yol açabilir. Ayrıca deniz seviyesindeki yükselmeden dolayı bu bölgelerde yaşayan çoğu insan daha yüksek bölgelere göç etmek zorunda kalabilir. Daha da kötüsü, en yüksek noktası denizden beş metre yukarıda olan Tuvalu gibi devletler topraklarının neredeyse tamamını deniz seviyesindeki yükselmeyle kaybedebilirler.

İklim Değişikliğinin Etkilerini Şu Anda Yaşıyor muyuz?

İklim değişikliğinin sebebi insanların tarım, imalat, ısınma-soğutma, taşıma-ulaşım ve elektrik üretimi gibi işler için atmosfere saldıkları sera gazlarıdır. Bu gazların atmosferdeki yoğunluğu bugün milyonlarca yıldır görülmemiş bir seviyede. Atmosferdeki bu gazlar dünyayı bir battaniye gibi sararak atmosferin ısı dengesini değiştirir. Isı dengesindeki bu değişiklikten ötürü Dünya'nın ortalama sıcaklığı son iki yüzyıl içerisinde yaklaşık 1,3 derece arttı. Bu artışın etkilerini her geçen yıl biraz daha fazla yaşıyoruz. Bazen bu etkilerin iklim krizinden kaynakladığını ilk anda anlamasak bile yapılan araştırmalar sorunun temelinde atmosferin ısınmasının bulunduğunu gösteriyor.

Daha sıcak bir atmosferde daha fazla enerji ve daha fazla su buharı vardır. Daha fazla enerji daha sıcak bir hava oluşturmanın yanı sıra fırtınalardaki rüzgârların hızını da arttırır. Atmosferde daha fazla su buharı olması ise yağışların çok daha şiddetlenmesi anlamına gelir. Dolayısıyla yaz veya kış fark etmeksizin dört mevsim daha sıcak yaşanıyorsa,

uzun süre yağmur yağmıyorsa, bunun sonunda yağan yağmurlar çok şiddetli oluyorsa, kuvvetli fırtınalar ve hortumlar daha sık görülüyorsa tüm bunların nedeni iklim değişikliğidir.

Genel olarak son senelerde görülen sel felaketleri ve bu felaketlerdeki kayıplara baktığımızda, iklim krizinin oynadığı rolü görmek zor değil. New York'ta Ağustos 2021'de saatte 48 kilogram ile kırılan yağış rekoru, iki hafta sonra bu sefer saatte 81 kilogram olarak tekrar kırıldı. Uzun seneler boyu görülen en fazla yağış ise saatte 46 kilogram idi. Benzer şekilde dünyada sel felaketlerine neden olan yağışlar da yüzlerce, hatta binlerce senede bir görülebilecek şiddetteydi. Ne yazık ki kötü haber bu yağışların gelecekte daha da şiddetleneceğidir. Dolayısıyla iklim krizi gittikçe şiddetini artırırken bize düşen, gerekli önlemleri alabilmek ve daha akıllıca davranabilmektir.

Geçtiğimiz senelerde Avustralya'nın batı kıyısında başlayan orman yangınları neredeyse tüm kıtayı sarmıştı. ABD'nin batı kıyısında, İsveç'te ve Sibirya'da görülen benzer yangınların sonrasında ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz havzasında da yangınlar çıkmaya başladı. Bu tür orman ve çalı yangınlarının nedeni insanların dikkatsizliği ve özellikle elektrik iletim hatlarında meydana gelen kazalardır. Ancak iklim değişikliği tüm bu yangınların kolayca çıkması ve zorlukla söndürülebilmesi için uygun temeli hazırlar. Kuru ve sıcak havada bu yangınların aynı anda birçok yerde çıkması kolaylaşır ve bu nedenle söndürülebilmeleri zorlaşır.

İklim değişikliğinin ülkemizde henüz daha fazla görmediğimiz bir etkisi de deniz seviyesindeki yükselmedir. Kuzey Yarıküre'de Grönland, Güney Yarıküre'de ise Antarktika üzerindeki buzullar erimeye başladı. Bu buzulların tamamen erimesi çok uzun sürecek olsa da dünyanın ısınmasını durduramadığımız müddetçe devam edecek ve dünyanın deniz seviyesini yükseltecek. İklim değişikliğinin en kötü etkilerinden biri olarak günümüzde deniz kıyısında bulunan pek çok yer gelecekte sular altında kalacak. Bilim insanları bu yükselmenin bu yüzyılın sonuna dek 1 metre civarında olacağını söylüyor. Ama bunun aslında iyimser bir tahmin olduğunu da belirterek kötümser tahminle deniz seviyesindeki bu yükselmenin birkaç metreyi bulabileceğini de ekliyorlar. Yalnız unutmamamız gereken önemli bir nokta, bu sorunların yüzyılın sonuna kadar bekleyip sonra bir günde ortaya çıkmayacağıdır. Biz farkında olmasak da deniz seviyesi hızla yükseliyor ve bu yükselmenin hızı da gün geçtikçe artıyor.

İklim Değişikliği Gelecek Senaryoları

Hava durumu tahmini yapabilmek çok zor bir iştir. Bugünden yarının hava durumunu tahmin etmek bile önemli belirsizlikler içerirken bir hafta sonranın hava durumunu doğru biçimde tahmin etmek çok zordur. Bir ay sonrayı doğru tahmin edebilmek ise neredeyse imkânsızdır.

Ancak iklimin gelecekte nasıl olacağını tahmin etmek hava durumunu tahmin etmek gibi zor bir sorun değildir. İklimi belirleyen ana koşullar Dünya'ya Güneş'ten gelen enerji miktarı, Dünya'nın yüzey şekilleri ve atmosferin yapısıdır. Yani Güneş'ten ne kadar enerji geldiğini bilirsek, ki bu miktar uzun zaman aralıklarında fazla değişiklik göstermez, Dünya'nın yüzeyinin de sabit kaldığını düşünecek olursak iklimin gelecekte nasıl olacağını bilmek çok zor değildir gibi düşünebilirsiniz. Aslında haklısınız,



iklimi belirleyen etmenler temel doğa kanunları ve bu kanunları ifade eden fiziksel denklemlerdir. Bu fiziksel denklemlerin çözümü uzun sürse de imkânsız değildir. Ancak bu denklemlerde en önemli bilinmeyen atmosferin yapısının gelecekte nasıl değişeceğidir.

Binlerce yıldır atmosferdeki gazların oranı fazla değişmediğinden son Buzul Çağı'nın sonundan 1750'ye kadar Dünya'nın ikliminde önemli değişiklikler görülmedi. 1750'lerden itibaren başlayan kömür, petrol ve doğal gaz kullanımı atmosferdeki karbondioksit miktarının artmasına neden oldu. Gelecekte iklimin nasıl olacağını tahmin etmek için elimizde bulunması gereken en önemli bilgi gelecekte atmosferde ne kadar karbondioksit olacağıdır. Ama gelecekte atmosferde ne kadar karbondioksit olacağı da bizim bugünden başlayarak gelecekte ne kadar çok kömür, petrol ve doğal gaz yakacağımıza bağlıdır. Bu sebepten sosyal bilimciler insanlığın nasıl yol alacağına dair senaryolar üzerinde çalışırlar. Bu senaryolar hepimizin bir anda fosil yakıtları bırakıp alternatif enerji kaynaklarına yöneldiğimiz iyimser bir senaryoyla; hiçbir şey yapmadan, şimdiki gibi yaşamaya devam ettiğimiz kötümser bir senaryo arasında değişir. Yani bu senaryolar doğanın ne yapacağı değil, insanların ne yapacağı üzerine senaryolardır.





Bugün kullanılan ve "Ortak Sosyoekonomik Yollar" adı verilen bu gelecek senaryoları, insanlık için beş değişik türde gelecek öngörür.

1.
Yavaş ama azimli bir biçimde sürdürülebilir bir gelecek oluşturmak için çabalayan insanlığın geleceği.
2.
Geçmiştekinden çok daha farklı bir yol izlemeden gelişmeye, ama bu sırada da çevreyi kirletmeye devam eden insanlığın geleceği.
3.
Ülkeleri küreselden ziyade yerel problemlerle baş etmeye iten bir insanlığın geleceği.
4.
Gelir ve diğer imkânlar açısından gittikçe ayrıklaşan bir dünya ve bu dünyada başının çaresine bakmaya çalışan insanlığın geleceği.
5.
Kalkınma ve teknolojinin her türlü sorunu çözeceğine inanan ve bu yolda da fosil yakıtlar kullanmaya devam eden bir insanlığın geleceği.

Bu senaryoların her biri bu yüzyıl için farklı miktarlarda sera gazı salımları ve buna bağlı olarak da atmosferde değişen sera gazı oranları nı ortaya koyarlar.

Bu senaryo sonuçlarından elde edilen sera gazı oranlarını girdi olarak kullanan iklim bilimciler, iklimin gelecekte nasıl değişeceğini modeller yardımıyla belirler. Dünyadaki çeşitli araştırma grupları, aynı girdiyi kullanarak kendi yaklaşımlarını ortaya koyan modeller hazırlar. Bu modeller yüksek işlemci gücüne sahip bilgisayarlar yardımıyla aylarca süren çalışmalar sonucu oluşturulur ve bize iklimin gelecekte nasıl değişeceğine dair öngörüleri sunar.

İklim modelleri çeşitli bilim alanlarından elde edilen bilgileri birleştirerek atmosferin davranışını öngörmeye çalışır. Atmosferin her noktasını her saniye modelleyebilmek bilgisayar gücü gereksinimi açısından bakıldığında neredeyse imkânsızdır. O nedenle iklim modelleri tüm atmosferi irice kutulara bölerek bu kutulardaki havayı tek bir nesne olarak değerlendirir. Bu kutuların büyüklüğü binlerce kilometre küpten milyonlarca kilometre küpe kadar değişebilir. Atmosferi bu kadar büyük kutular şeklinde modellemek bile normal şartlar altında aylarca sürer çünkü bu modeller yeryüzünün tüm atmosferini aynı anda doğruya



en yakın şekilde modeller ve bu modelleri de geçmişteki verilerle kalibre ederler. Yine de bilimsel açıdan bakıldığında bu modellerin tahmin değil öngörü modelleri olduğunu unutmamamız gerekir. Tahmin modelleri şu anki koşulları girdi olarak değerlendirip geleceği tahmin etmeye çalışır. Girdilerdeki küçük değişimlere atmosferin kaotik yapısı da eklendiğinde bu tahmin modelleri yaklaşık 3 haftanın ilerisini doğru biçimde tahmin edemezler. Buna karşılık iklim modelleri başlangıç koşulları olarak bir girdiye ihtiyaç duymazlar. Bundan dolayı da bir tahmin yetenekleri yoktur. Yani herhangi bir iklim modeli, gelecekteki bir günde yeryüzünün herhangi bir noktasında havanın nasıl olacağını söyleyemez. Buna karşılık, gelecekte, ufak sayılabilecek bir alanda ortalama sıcaklıkların, yağışın ya da nemin nasıl değişeceğini başarılı bir şekilde tarif edebilirler.

Kısacası, iklim modelleri geleceğin iklimini öngörürler, hava durumunu değil. Ayrıca bu modeller yeryüzünün her noktasını eşit başarı ile anlatamayabilir. Afrika'yı çok başarılı betimleyen bir model, Orta Asya için aynı başarıyı gösteremeyebilir. Dolayısıyla bu modellerin sağladığı verilerin incelenmesi ve değerlendirilmesi de ayrıca kıymetlidir.

Tüm bunların ötesinde iklim modelleri hem zamansal hem de mekânsal çözünürlük açısından yeterli seviyede veri sağlayamadıklarından, yerel etki çalışmaları açısından zayıf kalabilirler. Bundan dolayı da bu verileri daha detaylı hale getirecek bölgesel modelleme çalışmaları da yapılmaktadır. Bu çalışmaların etki çalışmaları ile birleştirilmesi yerelde ihtiyacımız olan verilere ulaşma yolunda bize faydalı olacaktır.

İklim Değişikliğine Karşı Neler Yapılıyor?

İklim değişikliğinin oluşması küresel bir problemdir çünkü bir ülkenin saldığı sera gazları sadece o ülkenin üzerinde birikip sadece o ülkenin iklimini değiştirmez. Salınan sera gazları atmosferde herhangi bir yere gidebilir. Dolayısıyla bu probleme tek bir ülke çare bulamaz, bu problemi engelleyebilmek için tüm dünya ülkelerinin birlikte çalışması gerekir. Ancak ne yazık ki iklim krizi tüm ülkeleri eşit şekilde etkilemiyor. Hatta bu krizin oluşmasında en az payı olan ülkelerin en fazla etkilenenler arasında olduğunu söylemek de mümkün.

İklim değişikliğine karşı yapılması gerekenleri ikiye ayırabiliriz. Birinci grupta sera gazlarının salımını azaltıp iklim değişikliğinin daha da kötü sonuçlara yol açmasını engellemek için yapılması gerekenler var. İkinci grupta da etkilerini görmeye başladığımız iklim değişikliğinin bu etkilerini azaltmak için yapılması gerekenler bulunuyor. Ülkeler imkânları ve etkilenme oranları çerçevesinde bu iki yoldan birine ağırlık verseler de aslında her iki yolun bir

birleşimini seçmek durumundalar. Örneğin iklim değişikliğinden görece daha az etkilenecek Almanya veya ABD gibi ülkeler çabalarının çoğunu sera gazlarını azaltmaya yöneltirken, bizim gibi daha fazla etkilenecek ülkeler sera gazı salımlarını azaltmanın yanı sıra kendilerini iklim değişikliğinin zararlı etkilerinden korumaya da çabalamalılar. Dünyadaki tüm ülkeler iklim değişikliğinden bir şekilde etkilenecek, bu sebeple iklim değişikliğini durdurmak için ellerinden geleni yapmak zorundalar. Yine de dünyadaki çoğu ülkenin iklim değişikliği konusunda ciddi adımlar attığı söylenemez. Gelişmiş ülkelerin sera gazı salımlarını azaltma yolunda attığı adımlar göstermelik olmanın ötesine geçemiyor. Gelişmekte olan ya da az gelişmiş ülkeler ise çabalarını gelişme yönünde sarf ettiklerinden daha fazla salıma yol açıyor ve iklim değişikliğinin etkileri ile gerekli biçimde mücadele edemiyorlar. Bu sebepten tüm insanlığın bu konuya çok daha fazla önem vermesi gerekiyor.

1992 yılında Rio'da toplanan ve her ülkeden yetkililerin katıldığı Birleşmiş Milletler Konferansı, iklim değişikliğinin çok ciddi bir problem olduğuna ve tüm ülkelerin bu problemi durdurmak için ellerinden geleni yapmaları gerektiğine karar verdi. Aradan geçen neredeyse 30 yıl içerisinde ne bu probleme en fazla katkı yapan ülkeler ne de diğerleri çözüm yolunda gereken adımları attılar. Bu adımların atılmamasının ardındaki en önemli etmen bireylerin büyük çoğunluğunun iklim krizini ciddi bir problem olarak görmemesidir. Vatandaşlar iklim krizini kendi önem sıralarında en tepeye koymazlarsa devletler de bu probleme gerektiği biçimde yaklaşmazlar. Hâlen dünya gündemini ekonomi, güvenlik ve ticaret gibi konular oluşturduğundan hiçbir ülke iklim krizine layıkıyla eğilemiyor. Elbette bu krizden daha fazla etkilenecek olan ülkelerin konuya yaklaşımı çok daha ciddidir. Ancak bu ülkelerin çoğu hem sorunun esas kaynağını oluşturmuyor hem de çözüme katkıda bulunabilecek maddi kaynaktan yoksunlar.

İklim krizi bugüne kadar alışılagelmiş düzenimizi yerle bir etmeye başladı. Medeniyet tarihinde fazla görülmemiş doğa olayları bize yeni bir dünyada yaşamaya başladığımızın sinyallerini gönderiyor. Bu değişikliklerin temelinde bizi bu yaşam düzeyine getiren teknoloji ve alışkanlıklarımız bulunuyor. Dolayısıyla atmosferi ve doğayı tahrip eden alışkanlıklarımızdan vazgeçersek iklimin hiç değişmemiş olduğu günlere geri dönemesek de en azından çok daha fazla değişmemesini sağlayabiliriz. ■









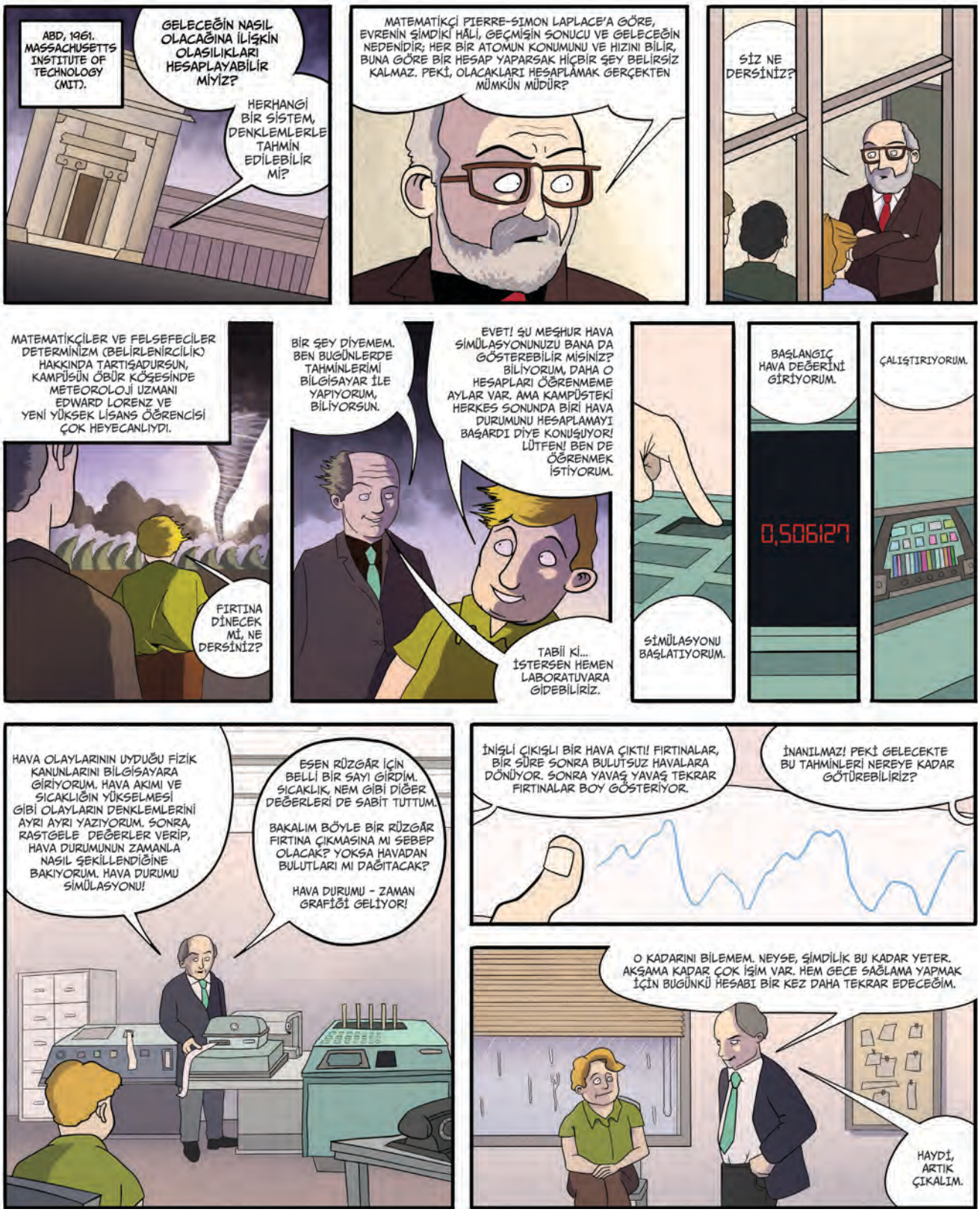
Kaynak

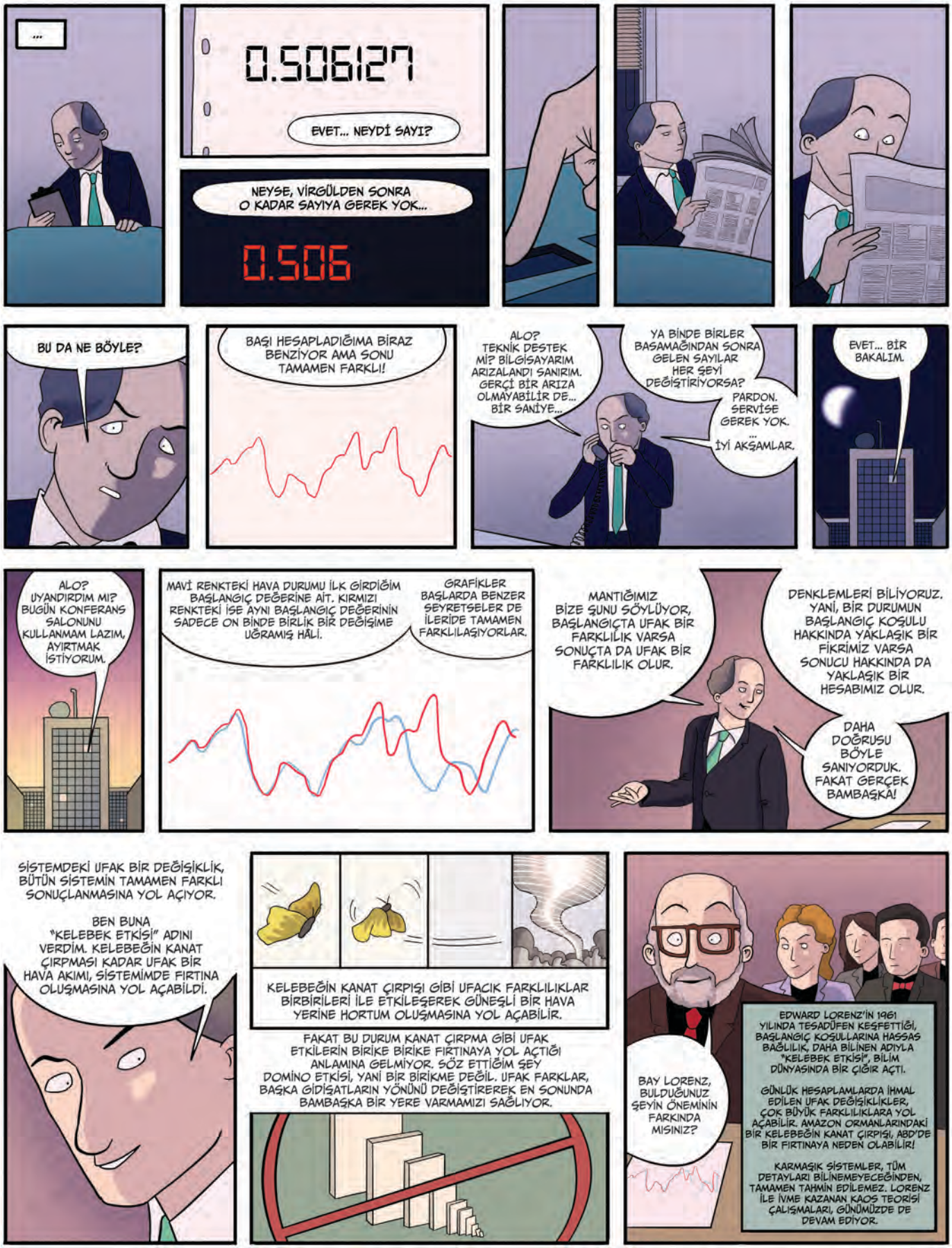
M. Levent Kurnaz, *Son Buzul Erimeden*, Doğan Yayınları, İstanbul 2018.

Bilim Çizgi

Sinancan Kara [*btcizgiroman@tubitak.gov.tr*

Kelebek Etkisi




...
0.506127
EVET... NEYDİ SAYI?
NEYSE, VİRGÜLDEN SONRA O KADAR SAYIYA GEREK YOK...
0.506
BU DA NE BÖYLE?
BAŞI HESAPLADIĞIMA BİRAZ BENZİYOR AMA SONU TAMAMEN FARKLI!
ALO? TEKNİK DESTEK Mİ? BİLGİSAYARIM ARIZALANDI SANIRIM. GERÇİ BİR ARIZA OLMAYABİLİR DE... BİR SANİYE...
YA BİNDE BİRLER BASAMAĞINDAN SONRA GELEN SAYILAR HER ŞEYİ DEĞİŞTİRİYORSA?
PARDON. SERVİSE GEREK YOK.
...
İYİ AKŞAMLAR.
EVET... BİR BAKALIM.
ALO? UYANDIRDIM MI? BUGÜN KONFERANS SALONUNU KULLANMAM LAZIM, AYIRTMAK İSTİYORUM.
MAVİ RENKTEKİ HAVA DURUMU İLK GİRDİĞİM BAŞLANGIÇ DEĞERİNE AİT. KIRMIZI RENKTEKİ İSE AYNI BAŞLANGIÇ DEĞERİNİN SADECE ON BİNDE BİRLİK BİR DEĞİŞİME UĞRAMIŞ HÂLİ.
GRAFİKLER BAŞLARDA BENZER SEYRETSELER DE İLERİDE TAMAMEN FARKLILAŞIYORLAR.
MANTIĞIMIZ BİZE ŞUNU SÖYLÜYOR, BAŞLANGIÇTA UFAK BİR FARKLILIK VARSA SONUÇTA DA UFAK BİR FARKLILIK OLUR.
DENKLEMLERİ BİLİYORUZ. YANİ, BİR DURUMUN BAŞLANGIÇ KOŞULU HAKKINDA YAKLAŞIK BİR FİKRİMİZ VARSA SONUCU HAKKINDA DA YAKLAŞIK BİR HESABIMIZ OLUR.
DAHA DOĞRUSU BÖYLE SANIYORDUK. FAKAT GERÇEK BAMBAŞKA!
SİSTEMDEKİ UFAK BİR DEĞİŞİKLİK, BÜTÜN SİSTEMİN TAMAMEN FARKLI SONUÇLANMASINA YOL AÇIYOR.
BEN BUNA "KELEBEK ETKİSİ" ADINI VERDİM. KELEBEĞİN KANAT ÇIRPMASI KADAR UFAK BİR HAVA AKIMI, SİSTEMİMDE FIRTINA OLUŞMASINA YOL AÇABİLDİ.
KELEBEĞİN KANAT ÇIRPIŞI GİBİ UFACIK FARKLILIKLAR BİRBİRİLERİ İLE ETKİLEŞEREK GÜNEŞLİ BİR HAVA YERİNE HORTUM OLUŞMASINA YOL AÇABİLİR.
FAKAT BU DURUM KANAT ÇIRPMA GİBİ UFAK ETKİLERİN BİRİKE BİRİKE FIRTINAYA YOL AÇTIĞI ANLAMINA GELMİYOR. SÖZ ETTİĞİM ŞEY DOMİNO ETKİSİ, YANİ BİR BİRİKME DEĞİL. UFAK FARKLAR, BAŞKA GİDİŞATLARIN YÖNÜNÜ DEĞİŞTİREREK EN SONUNDA BAMBAŞKA BİR YERE VARMAMIZI SAĞLIYOR.
BAY LORENZ, BULDUĞUNUZ ŞEYİN ÖNEMİNİN FARKINDA MISINIZ?
EDWARD LORENZ'İN 1961 YILINDA TESADÜFEN KEŞFETTİĞİ, BAŞLANGIÇ KOŞULLARINA HASSAS BAĞLILIK, DAHA BİLİNEN ADIYLA "KELEBEK ETKİSİ", BİLİM DÜNYASINDA BİR ÇIĞIR AÇTI.
GÜNLÜK HESAPLAMLARDA İHMAL EDİLEN UFAK DEĞİŞİKLİKLER, ÇOK BÜYÜK FARKLILIKLARA YOL AÇABİLİR. AMAZON ORMANLARINDAKİ BİR KELEBEĞİN KANAT ÇIRPIŞI, ABD'DE BİR FIRTINAYA NEDEN OLABİLİR!
KARMAŞIK SİSTEMLER, TÜM DETAYLARI BİLİNEMEYECEĞİNDEN, TAMAMEN TAHMİN EDİLEMEZ. LORENZ İLE İVME KAZANAN KAOS TEORİSİ ÇALIŞMALARI, GÜNÜMÜZDE DE DEVAM EDİYOR.

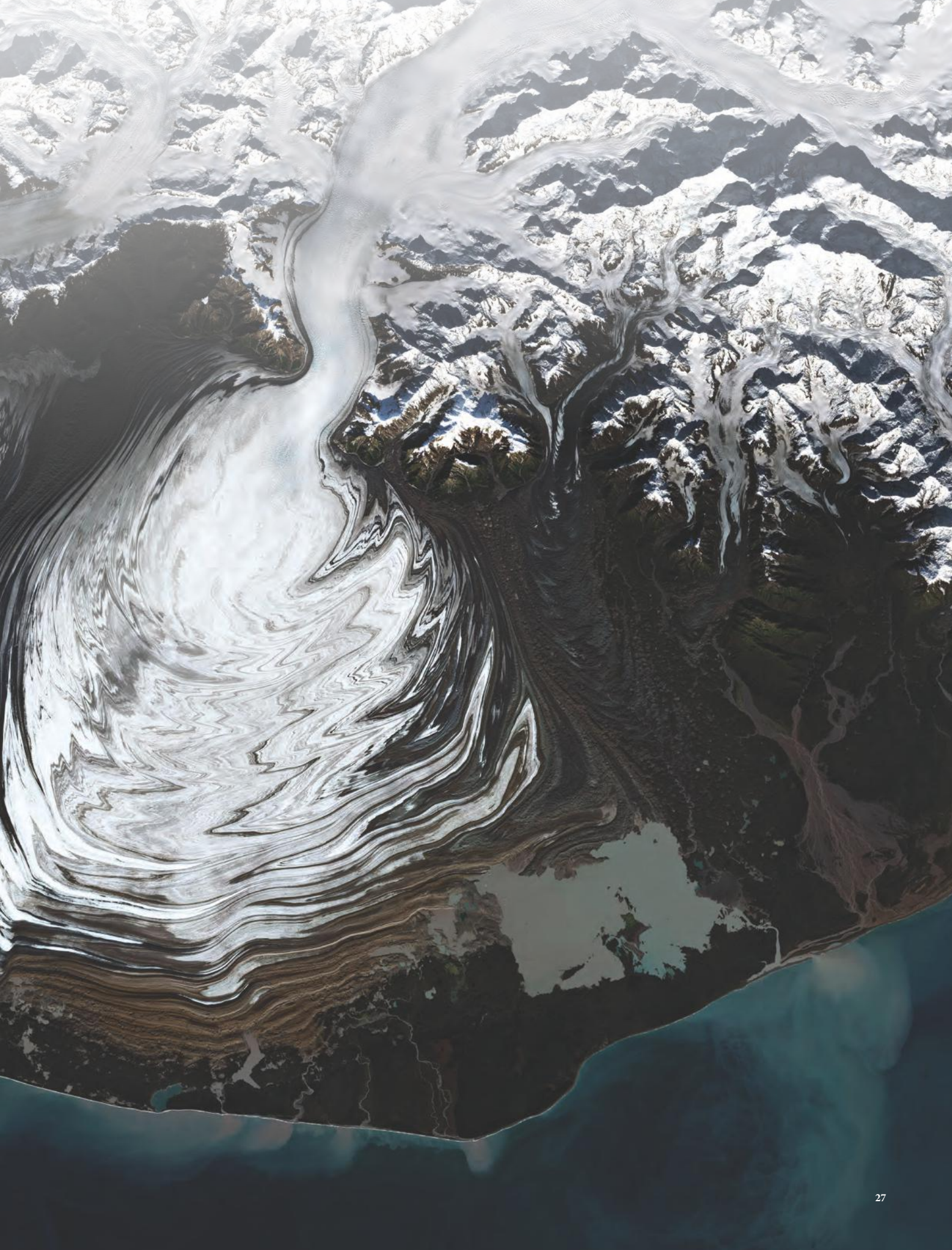


Küresel İklim Değişikliği Hakkında

En Çok Merak Edilenler

Dr. Fatma Nur AKIN [*TÜBİTAK*

Dünyanın kara alanlarının ısındığı ilk olarak 1930'larda fark edildi. Bu ısınmanın sebebi olarak atmosferde artan karbondioksit yoğunluğu gösterilmiş olsa da gözlemlenen ısınmanın uzun vadeli bir eğilimin parçası mı, yoksa doğal bir dalgalanma mı olduğu o zamanlar kesin değildi. Yani küresel ısınma henüz belirginleşmemişti. Ancak gezegen ısınmaya devam etti ve 1980'lere gelindiğinde sıcaklıktaki değişiklikler bariz hâle geldi. Geçtiğimiz ağustos ayında yayımlanan Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 6. Değerlendirme Raporu ise iklim değişikliğinin "insanlık için kırmızı alarm" verdiğini vurguluyor. Rapor, iklim değişikliği ile ilgili en çok merak edilen sorulara da cevap veriyor. Bu sorulardan bazılarını cevaplarıyla birlikte sizler için derledik.



IPCC'nin başladığı zamana kıyasla iklim değişikliğini şimdi daha iyi anlıyor muyuz?

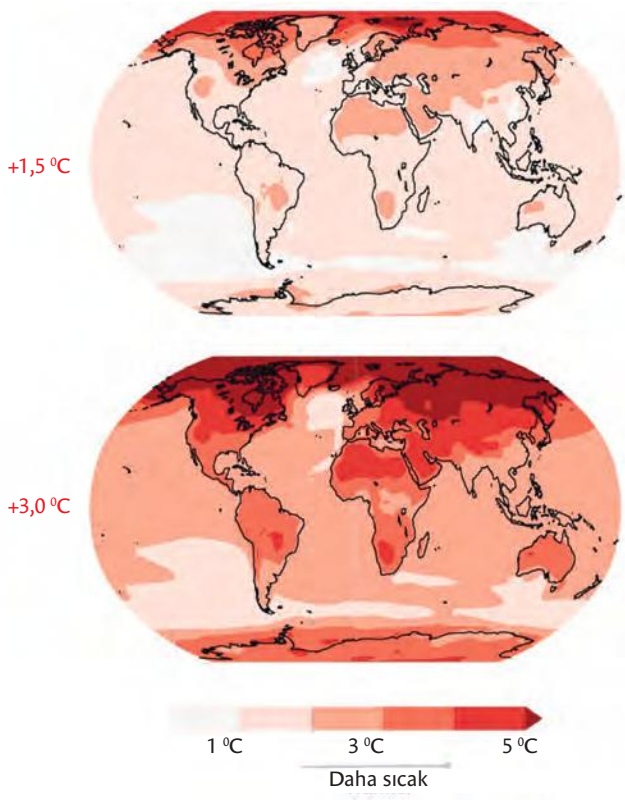
Evet, daha iyi anlıyoruz. 1990'da yayınlanan ilk IPCC Raporu, insan faaliyetlerinden kaynaklı iklim değişikliğinin yakında daha belirgin olacağı sonucuna varmış ancak bunun o zamanlar yaşanan bir süreç olduğunu henüz doğrulayamamıştı. Bugün ise, iklimin sanayi öncesi dönemden bu yana değiştiğine ve insan faaliyetlerinin bu değişimin başlıca nedeni olduğuna dair veriler çok fazla. Diğer bir ifadeyle, 1990 ve 2021 yılları arasında gözlemler, modeller ve iklim anlayışı gelişirken, küresel iklim değişikliğinde insan etkisinin baskın rolü doğrulandı. Çok daha fazla veri ve daha iyi iklim modelleriyle atmosferin okyanus, buz, kar, ekosistemler ve karalar ile nasıl etkileşime girdiğini daha iyi anlıyoruz. Örneğin, 1990'da derin okyanusun iklim değişikliğine nasıl tepki verdiği hakkında çok az şey biliniyordu. Artık okyanusların sera gazları tarafından tutulan fazla ısının çoğunu emdiğini ve derin okyanusların bile ısındığını biliyoruz. 1990'da Grönland ve Antarktika'nın devasa buz tabakalarının ısınmaya tam olarak nasıl veya ne zaman tepki vereceği konusunda nispeten az şey biliniyordu. Bugün, çok daha fazla veri ve daha iyi buz tabakası davranışı modelleri sayesinde, 21. yüzyılda büyük değişikliklere yol açacak yüksek erime oranlarını ortaya koyabiliyoruz.



İklim değişikliğinin bölgesel etkileri nelerdir?

IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'na göre iklim değişikliği dünyanın tüm bölgelerini eşit şekilde etkilemeyecek. Bunun yerine, farklı bölgesel sıcaklık ve yağış değişiklikleri görülecek; bu değişikliklerin küresel ısınma seviyesi ile birlikte artması bekleniyor. Diğer bir ifadeyle, iklim değişikliğinin yoğunluğu, küresel ısınmanın düzeyine bağlı. Gözlemler ve iklim modeli simülasyonları, en büyük uzun vadeli ısınma eğilimlerinin yüksek kuzey enlemlerinde olduğunu, kara üzerindeki en küçük ısınma eğilimlerinin ise tropik bölgelerde yaşandığını gösteriyor. Kuzey Kutbu diğer bölgelerden, Kuzey Yarım Küre Güney Yarım Küre'den, kara alanları da okyanus yüzeyinden daha

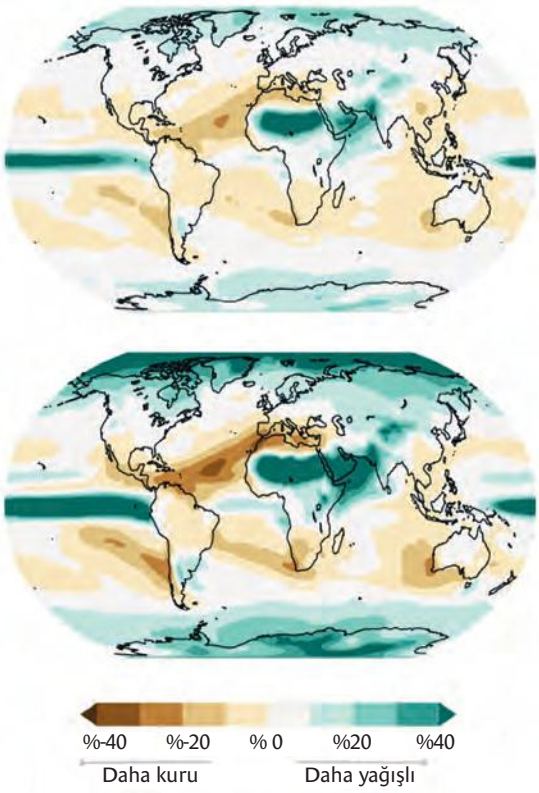
Kuzey Kutbu'nda, karada ve Kuzey Yarımküre'de ısınma daha şiddetli olacak.



fazla ısınıyor. Örneğin, Kuzey Amerika orta bölgeleri gibi yüksek enlemlerdeki bölgeler, tropikal Güney Amerika gibi daha düşük enlemlerdeki bölgelere göre daha fazla ısınıyor. Güney Afrika ve Akdeniz gibi zaten kuru ve sıcak olan bazı bölgelerin, küresel ısınma seviyeleri yükseldikçe daha kuru ve daha sıcak olması bekleniyor. Bu farklılıklar; kara ve okyanus alanlarının ısıyı nasıl emdiği ve koruduğu, Kuzey Yarım Küre'de Güney Yarım Küre'den daha fazla kara alanı bulunması ve okyanus akıntılarının etkisi gibi çeşitli faktörlerin sonucu olarak gösteriliyor. Bununla birlikte, deniz seviyeleri de birçok kıyı şeridinde yükseliyor.

Yağış değişiklikleri de küresel ısınma seviyesi ile orantılı. Hem Güney hem de Kuzey Yarım Küre'nin yüksek enlemlerinde, gezegen ısınmaya devam ettikçe yağışlarda artış bekleniyor. Benzer durum, tropikal bölgeler ve muson bölgesinde öngörülen yağış artışları için de geçerli. Diğer taraftan, subtropikal bölgelerde ise yağışların azalması bekleniyor ve daha yüksek küresel ısınma seviyeleri ile azalmanın şiddetleneceği öngörülüyor. Özellikle Akdeniz, Güney Afrika, Avustralya, Güney Amerika ve güneybatı Kuzey Amerika'nın yanı sıra subtropikal Atlantik, Subtropikal Hint ve Pasifik okyanuslarının bazı kısımlarında genel bir kuraklık bekleniyor.

Yağışlar yüksek enlemlerde, tropik bölgeler ve muson bölgesinde artacak, subtropiklerde ise azalacak.



Dünyanın sıcaklığı daha önce de değişti. Bu ısınmanın öncekinden farkı nedir?

Dünyanın iklimi her zaman doğal olarak değişti ancak son zamanlardaki ısınmanın hem küresel boyutu hem de oranı olağan dışı. Önceki sıcaklık dalgalanmalarına doğal süreçler neden olurken şu anki ısınma büyük ölçüde insan faaliyetlerinden kaynaklanıyor. IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'na göre, bilim insanları son ısınma ile geçmiştekiler arasında en az dört büyük fark belirlediler:

1) Neredeyse her yer ısınıyor.

Son zamanlardaki yüzey ısınmasının modeli, küresel ısınmanın yaygın şekilde görüldüğünü ve artan bir hızla ilerlediğini gösteriyor. Bu ısınma, dünyanın tüm bölgelerinde birçok aşırı hava ve iklim hareketine yol açıyor.

2) Hızla ısınıyor.

Dünya yüzeyi 1850–1900'dan beri yaklaşık 1,1 °C ısındı. Sera gazı emisyonlarında ani, hızlı ve büyük ölçekli azalmalar olmadıkça küresel sıcaklık artışının önümüzdeki 20 yıl içinde 1,5 °C'a ulaşması ve hatta bu miktarı aşabileceği bekleniyor.

3) Son ısınma, yavaş ve uzun vadeli küresel soğuma eğilimini tersine çevirdi.

Son büyük buzul dönemini takiben, küresel yüzey sıcaklığı yaklaşık 6.500 yıl önce zirveye ulaştı ve ardından yavaş yavaş soğudu. Uzun vadeli bu soğuma eğilimi, son ısınma sırasında daha sıcak geçen onlarca ve yüzlerce yıl nedeniyle noktalandı. Küresel yüzey sıcaklığı şimdi binlerce yıldır olduğundan daha yüksek.

4) Bu kadar sıcak olmayalı uzun zaman oldu.

Dünya genelinde ortalama olarak son on yılın yüzey sıcaklıkları, yaklaşık 6.500 yıl önce uzun soğuma eğiliminin başladığı zamandakinden daha sıcak.



İklim değişikliğini ortaya koyan kanıtlar nelerdir?

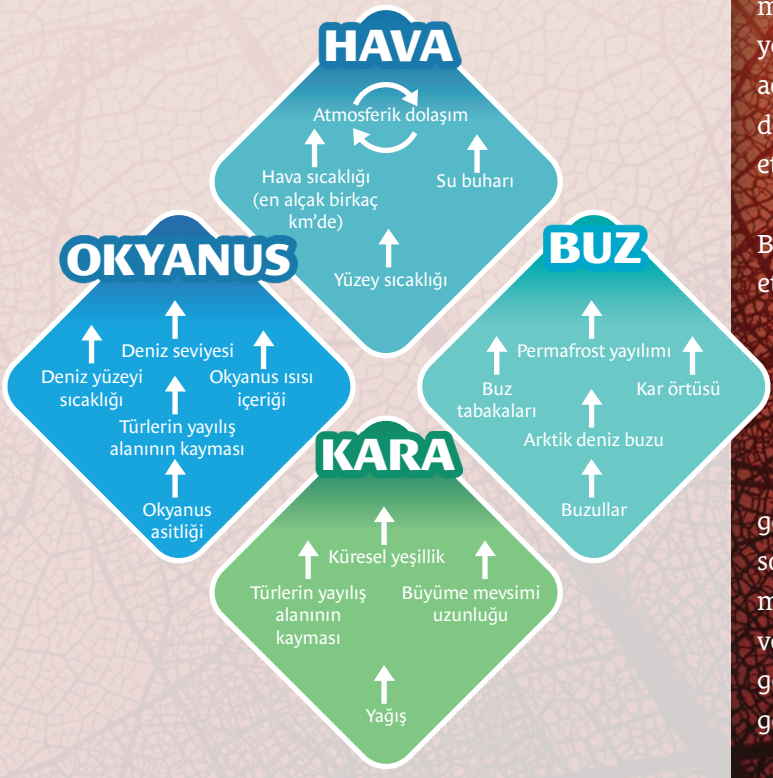
IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'na göre, iklim değişikliğinin kanıtı, artan yüzey sıcaklıklarından çok daha fazlasına dayanıyor. Pek çok gösterge, küresel iklimimizin birçok bileşeninde hızlı değişiklikler olduğunu ortaya koyuyor. Çünkü atmosferde, okyanusta, kriyosferde ve biyosferde birtakım değişiklikler görülüyor.

Karaların yüzey sıcaklığı 19. yüzyılın sonlarından beri artıyor ve aşırı sıcaklıklarda değişiklikler yaşanıyor. 1950'lerin ortalarından beri troposfer (atmosferin en düşük 6-10 km'si) ısınıyor ve kara üzerindeki yağışlar artıyor. Karalarda yüzeye yakın özgül nem (su buharı) 1970'lerden beri artıyor. Orta enlemdeki fırtına izlerinin kutuplara doğru kayması da dâhil olmak üzere, 20. yüzyılın ortalarından bu yana atmosferik dolaşımın yönleri de değişiyor.

Küresel okyanuslardaki değişiklikler de ısınmaya işaret ediyor. Küresel ortalama deniz yüzeyi sıcaklığı 19. yüzyılın sonlarından beri artıyor. Okyanusun ısı içeriği, iklim sisteminde biriken fazla enerjinin %90'ından fazlasının okyanusta depolanmasıyla 19. yüzyıldan beri artıyor. Okyanus ısınması, okyanus sularının genişlemesine de neden oldu ve bu durum geçtiğimiz yüzyılda küresel deniz seviyesindeki artışta rol oynadı. Okyanusun göreceli asitliği, 20. yüzyılın başlarından beri artıyor. 1970'lerden beri okyanusun üst katmanlarında oksijen kaybı daha belirgin.

Bununla birlikte, kriyosfer (deniz buzlarını ve buzulları da kapsayan, yeryüzündeki kar ve buz çökeltilerinin bütünü) üzerinde de önemli değişiklikler görülüyor. 1970'lerin ortalarından bu yana Arktik deniz buzu alanında ve Antarktika deniz buzu boyutlarında azalmalar ve kalınlıklarında değişiklikler yaşanıyor. 1970'lerin sonlarından beri Kuzey Yarım Küre'deki ilkbahar kar örtüsü, gözlemlenen bir ısınma ve permafrost (sürekli donmuş toprak) ile birlikte azaldı. Grönland ve Antarktika buz tabakaları, dünyadaki buzulların büyük çoğunluğu gibi küçülüyor ve deniz seviyesinin yükselmesinde büyük rol oynuyor.

Küresel ısınma biyosferin birçok yönünü de değiştiriyor. Uzun vadeli ekolojik araştırmalar, karada yaşayan birçok türün genellikle kutuplara ve daha yüksek rakımlara doğru taşındığını gösteriyor. 1980'lerin başından beri yeşil yaprak alanında ve kütlesinde (küresel yeşillik) artışlar yaşanıyor. Büyüme mevsiminin uzunluğu, 20. yüzyılın ortalarından beri ekstratropikal Kuzey Yarım Küre'nin çoğunda artıyor.



İklim değişikliğinin insan faaliyetlerinden kaynaklandığını nasıl anlıyoruz?

İklim birçok faktörden etkilenir. İklim değişikliğinin doğal etkenleri, güneşten gelen enerji miktarını değiştiren güneş aktivitesindeki değişimler ve büyük volkanik patlamalardır. İklim değişikliğinin insan kaynaklı temel etkenleri ise yanan fosil yakıtlar, arazi kullanımı ve diğer nedenler dolayısıyla atmosfere salınan sera gazlarının ve aerosollerin yoğunluğundaki artışlardır. Pek çok veriden elde edilen bilimsel bilgiler, insanların son iklim değişikliğinin başlıca nedeni olduğunu gösteriyor.

Sadece doğal etkenleri içeren simülasyonların çok daha küçük sıcaklık artışlarına işaret etmesi, doğal süreçlerin gözlemlenen güçlü ısınma oranını tek başına açıklayamayacağını gösteriyor. Gözlemlenen oranlar ancak simülasyonlara insan etkisi eklendiğinde ortaya çıkıyor. Özellikle artan sera gazı yoğunlukları başta olmak üzere, insan faaliyetlerinin etkileri bu tür iklim modellerine dâhil edildiğinde gözlemlenen ısınma yeniden üretebiliyor. Bu iklim modelleri, atmosferik aerosollerdeki artışların soğutma etkisi ile kısmen dengelense de sera gazı artışlarının baskın bir ısınma etkisi olduğunu gösteriyor.

Bununla birlikte, insan faaliyetlerinin baskın etkisi; atmosferin alçak katmanlarındaki ısınma ve stratosferdeki soğuma modelinde, okyanusların ısınmasında, deniz buzunun erimesinde ve gözlemlenen diğer birçok değişiklikte de belirgin. Örneğin, ağaç halkalarından ve diğer paleoiklim kayıtlarından elde edilen veriler, son 50 yılda gözlemlenen küresel yüzey sıcaklığındaki artış hızının, son 2.000 yıl içindeki herhangi bir 50 yıllık dönemde meydana gelen artış oranını aştığını gösteriyor. Bu veriler birlikte ele alındığında, insanların son yıllarda gözlemlenen iklim değişikliğinden sorumlu olduğu görülüyor.

Önümüzdeki 20 yılda iklim nasıl değişecek?

Yirmi yıl insanlar için uzun ama iklim açısından kısa bir süre. IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'ndaki tüm emisyon senaryoları, değişen oranlarda da olsa sera gazı emisyonlarının önümüzdeki yirmi yıl boyunca artmaya devam edeceğini gösteriyor. Bu emisyonların atmosferdeki sera gazı yoğunluklarını daha da arttıracağına dikkat çekiliyor. Bu nedenle, iklim sisteminin son yıllarda belirgin şekilde artan (küresel yüzey sıcaklığı ve küresel ortalama deniz seviyesi) veya azalan (Arktik deniz buzu örtüsü) eğilimler gösteren kısımlarının, en azından önümüzdeki yirmi yıl boyunca bu eğilimleri sürdüreceği belirtiliyor.
Rapora göre iklim modelleri, önümüzdeki 20 yıl boyunca yüksek ve düşük emisyon senaryoları arasında çok az fark olacağını gösteriyor. Dolayısıyla hem küresel yüzey sıcaklığı artışının hem de Kuzey Kutbu'ndaki deniz buzunun küçülmesinin devam edeceği belirtiliyor.



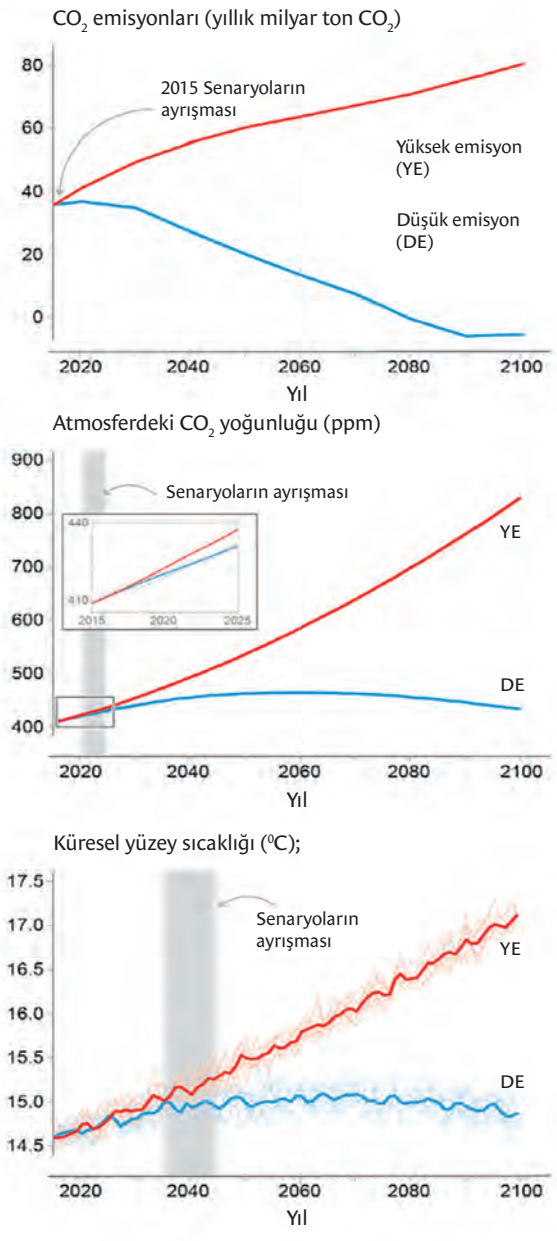
Karbondioksit emisyonlarını azaltmanın etkilerini ne kadar hızlı görebiliriz?

İnsan faaliyetleri tarafından yayılan en önemli sera gazı olan karbondioksit emisyonlarının COVID-19 salgını sırasında olduğu gibi kısa vadeli azalmasının, atmosferik karbondioksit yoğunluğu veya küresel sıcaklık üzerinde saptanabilir etkileri yoktur. Çünkü insanlar tarafından yayılan karbondioksitin bir kısmı yüzlerce hatta binlerce yıl boyunca atmosferde kalır. Atmosferik karbondioksit yoğunlukları ancak net emisyonlar sıfıra yaklaştığında, yani her yıl atmosfere salınan karbondioksitin çoğu veya tamamı doğal veya yapay süreçlerle uzaklaştırıldığında azalmaya başlar.

Karbondioksit yoğunluğundaki artış oranını azaltmak, on yıl içinde küresel yüzey ısınmasını yavaşlatır. Ancak ısınma oranındaki bu azalma, başlangıçta doğal iklim değişkenliği tarafından maskelenebilir ve birkaç on yıl boyunca tespit edilemeyebilir. Bu nedenle, yüzey ısınmasının gerçekten yavaşlayıp yavaşlamadığını tespit etmek, emisyon azaltımlarının başlangıcındaki yıllarda zor olabilir.

IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'nda emisyon azaltımlarının etkisini tespit etmek için gereken süre, düşük (grafiklerdeki mavi çizgi) ve yüksek emisyon (grafiklerdeki kırmız çizgi) senaryolarının karşılaştırılmasıyla gösteriliyor. Düşük emisyon senaryosunda, karbondioksit emisyonları 2015'ten sonra düzleşip 2020'de düşmeye başlarken, yüksek emisyon senaryosunda 21. yüzyıl boyunca artmaya devam ediyor. 2015 yılında emisyonların

farklılaşmaya başlamasından yaklaşık 5-10 yıl sonra, atmosferik karbondioksit yoğunluklarının iki senaryo arasında belirgin şekilde farklılaşacağı öngörülüyor. Buna karşılık, iki senaryo arasındaki küresel yüzey sıcaklıklarındaki fark, emisyon geçmişlerinin farklılaşmaya başlamasından yaklaşık 20-30 yıl sonra belirginleşiyor.



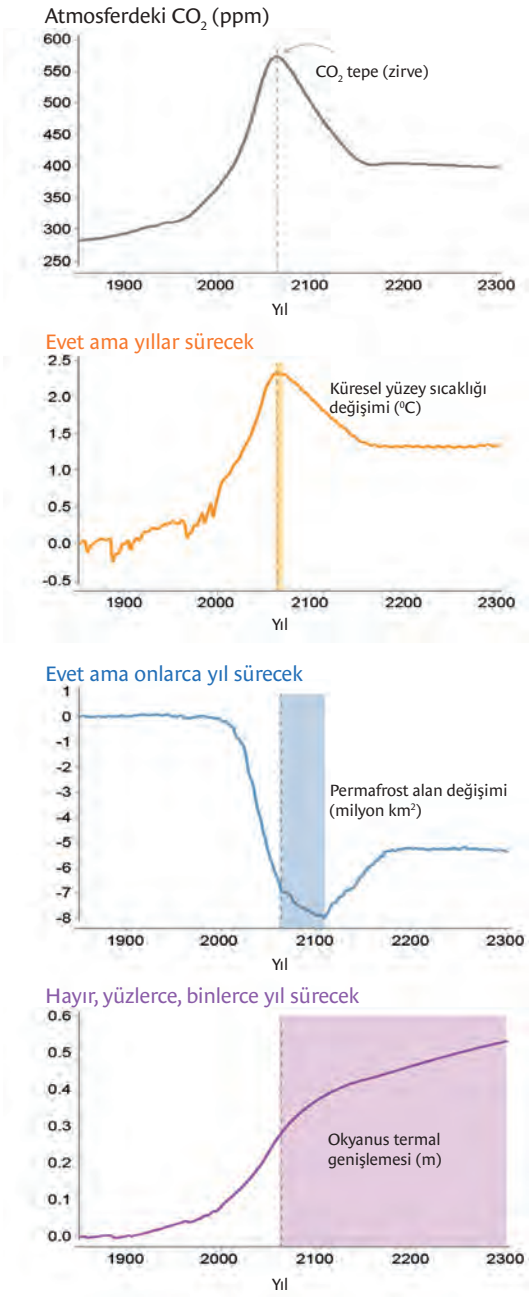


Atmosferdeki karbondioksit uzaklaştırılırsa iklim değişikliği tersine çevrilebilir mi?

IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'nda iklim modelleri, atmosfere salınan karbondioksitten daha fazlasını atmosferden uzaklaştırmanın, iklim değişikliğinin bazı yönlerini tersine çevirmeye başlayabileceğini gösteriyor. Ancak bazı değişikliklerin mevcut yönlerinde onlarca ve hatta binlerce yıl boyunca devam edeceği belirtiliyor.

Rapora göre, atmosferdeki karbondioksit oranı azaldıktan sonra birkaç yıl içinde küresel yüzey sıcaklığının düşmeye başlayacağı belirtiliyor. Ancak doğal iklim değişkenliği nedeniyle bu düşüş onlarca yıl boyunca tespit edilemeyebilir.

Permafrost alanındaki azalma gibi insan kaynaklı iklim değişikliğinin diğer sonuçlarının tersine dönmesinin onlarca yıl süreceği belirtiliyor. Atmosfere salınandan daha fazla karbondioksitin atmosferden uzaklaştırılması başarılı bir şekilde uygulansa bile okyanus sularındaki genleşmenin ve deniz seviyesindeki yükselmenin yüzlerce hatta binlerce yıl boyunca devam edeceği belirtiliyor.



Permafrostun çözülmesi küresel ısınmayı önemli ölçüde artırabilir mi?

Kuzey Kutbu dünyanın en hızlı ısınan bölgesi. Bu ısınmanın atmosfere sera gazları salacağından ve dolayısıyla iklim değişikliğini önemli ölçüde artıracağından endişe duyuluyor. Çünkü Kuzey Kutbu permafrostu şu anda atmosferde depolanandan iki kat daha fazla karbon barındıran, iklime duyarlı en büyük karbon havuzudur. IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'na göre, iklim ısındıkça permafrost alanları çözünebilir ve içinde bulunan karbonun bir kısmı atmosfere karbondioksit veya metan şeklinde salınabilir. Dolayısıyla, permafrostun çözünmesi ek ısınmaya neden olabilir.

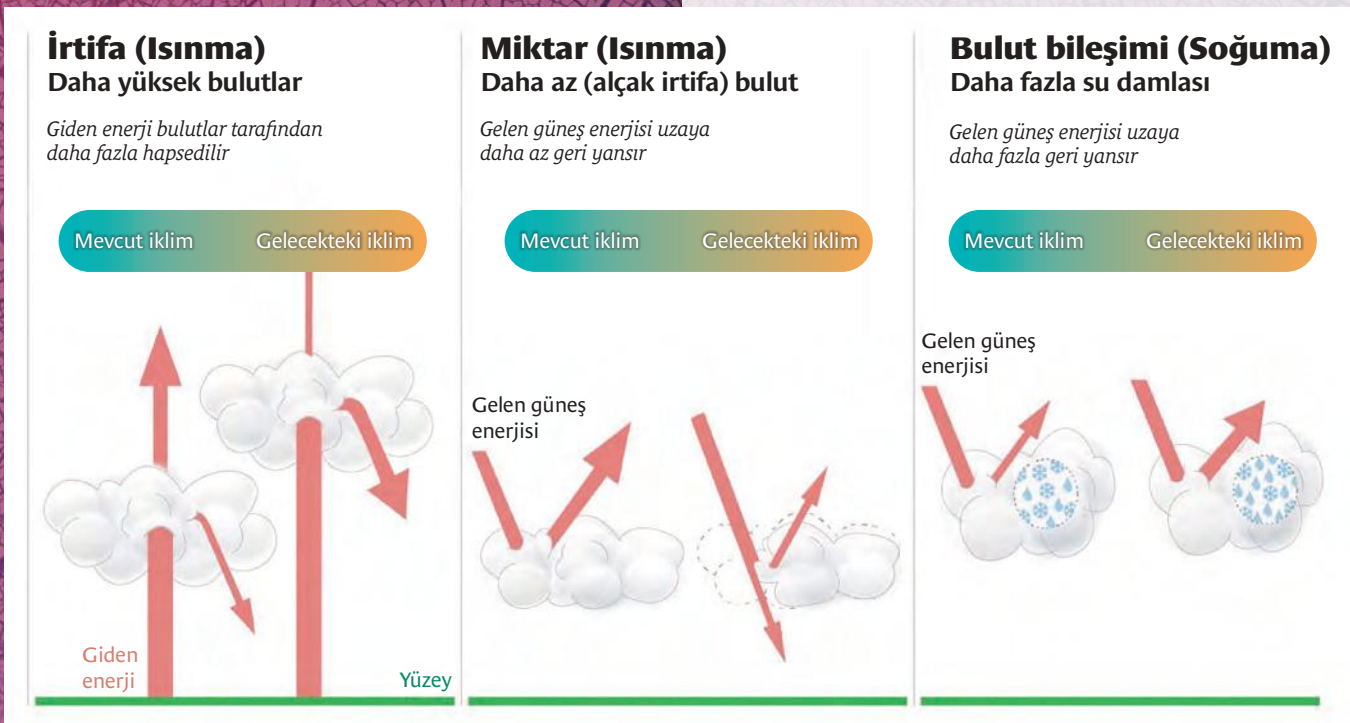
Permafrost süreçleri karmaşık olsa da iklim ve karbon döngüsü modelleri, permafrost süreçlerini dikkate almaya başladı. Çünkü Kuzey Kutbu'nda permafrost karbonunun çözünmesi şimdiden gözlemlendi. Permafrost ekosistem modelleri, Kuzey Kutbu'ndaki sığ permafrostların çoğunun orta ila yüksek miktarlarda küresel ısınma (2°C-4°C) altında çözüleceğini gösteriyor. Bu modeller permafrosttan atmosfere salınacak olan ısı tutucu gazların kesin miktarı konusunda hemfikir olmasalar da bu gazların miktarının küresel ısınma miktarıyla birlikte sürekli artacağı ve bu eğilimin yüzlerce yıl sürebileceğini öngörüyor. Ayrıca, bu modeller, gelecekteki permafrost erimesinin küresel ısınmayı artıracak karbon salımına yol açacağını ancak bunun kontrolden çıkmış bir ısınmaya yol açmayacağını öne sürüyor.



Isınan bir iklimde bulutların rolü nedir?

İklim bilimindeki en büyük zorluklardan biri, ısınan bir dünyada bulutların nasıl değişeceğini ve bu değişikliklerin insan faaliyetlerinden kaynaklanan ısınmayı artırıp artırmayacağını veya kısmen telafi edip etmeyeceğini tahmin etmek olmuştur. Bilim insanları son on yılda önemli ilerleme kaydettiler ve artık bulutlardaki değişikliklerin gelecekte küresel ısınmayı dengelemek yerine arttıracağı fikrine daha yakınlar.

Bulutlar dünya yüzeyinin kabaca üçte ikisini kaplar, dünyanın enerji bütçesinde kritik bir rol oynar ve yüzey sıcaklığını etkiler. Bununla birlikte, bulutlar ve iklim arasındaki etkileşimler oldukça çeşitli ve karmaşıktır. Alçak irtifadaki bulutlar, güneş enerjisini uzaya geri yansıtma eğiliminde olup bu enerjinin dünyaya ulaşmasını ve dünyanın ısınmasını engeller. Bu da soğutma etkisine neden olur. Diğer yandan, daha yüksek



bulutlar dünyadan ayrılan enerjinin bir kısmını hapsetme (daha düşük bir sıcaklıkta emme ve daha sonra yayma) eğiliminde olup bir ısınma etkisine yol açar. Ortalama olarak, bulutlar, yakaladıkları giden enerji miktarından daha fazla gelen enerjiyi geri yansıtır. Dolayısıyla mevcut iklim üzerinde genel olarak net soğutma etkisine yol açar.

Sanayi öncesi dönemden günümüze, dünyanın yüzeyi ve atmosferinin ısınması; bulutların yükseklik, miktar ve bileşim (su veya buz) gibi özelliklerini değiştirdi. Böylece, dünyanın enerji bütçesi ve dolayısıyla sıcaklığı değişti. IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'na göre, 2013'teki son IPCC Raporu'ndan bu yana, çok daha fazla veri ve daha iyi küresel iklim modellerinin yardımıyla, iklim ısındıkça bulutların nasıl değişeceğini daha iyi anlıyoruz. Örneğin, subtropikal okyanus üzerinde yüksek bulutların yüksekliği artacak ve onları giden enerjiyi yakalamaya daha yatkın hâle getirecek. Alçak bulutların miktarının azalması gelen güneş enerjisinin daha az yansımasına yol açacak. Her iki işlem de ısınmada rol oynayacak. Buna karşılık, yüksek irtifadaki bulutlar giderek buz kristallerinden ziyade su damlacıklarından oluşacak. Daha az ve daha büyük buz kristallerinden daha küçük ve daha çok sayıda su damlacığına geçiş, gelen güneş enerjisinin daha fazlasının uzaya geri yansıtılmasına yol açacak. Bu da bir soğutma etkisi oluşturacak.

Kısacası, tahminlere göre, küresel ısınma bulutların hem irtifasını (solda) hem de miktarını (ortada) değiştirecek, bu da ısınmayı artıracak. Öte yandan, bulut bileşiminin değişmesi (sağda) ısınmanın bir kısmını dengeleyecek. IPCC Raporu, iklim sistemindeki değişikliklerin bulutların mevcut soğutma etkisini zayıflatacağını, bunun da ek bir ısınmaya neden olacağını belirtiyor. Kısacası bilim insanları, gelecekte insan faaliyetleriyle atmosfere daha fazla sera gazı ve daha az aerosol salınacağı için, bulutların iklim sisteminin ısınmasını dengelemek yerine arttıracağı fikrine daha yakınlar.



Arazi kullanımı değişiklikleri su döngüsünü nasıl etkiler?

IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'nda, arazi kullanımındaki değişikliklerin yağış, buharlaşma, sel, yer altı suyu ve tatlı su rezervlerini değiştirerek su döngüsünü küresel, bölgesel ve yerel olarak değiştirdiğine dair pek çok kanıt bulunuyor. Arazi kullanımının değiştirilmesi; atmosfer, toprak ve yüzey altı bölge arasında gerçekleşen su döngüsünü değiştiriyor.

Arazi örtüsündeki değişiklikler, toprağın yüzey suyunu emme (sızma) kabiliyetini etkileyebilir. Toprak suyu emme kapasitesini kaybettiğinde, normalde toprağa sızan ve yer altı suyu rezervlerine



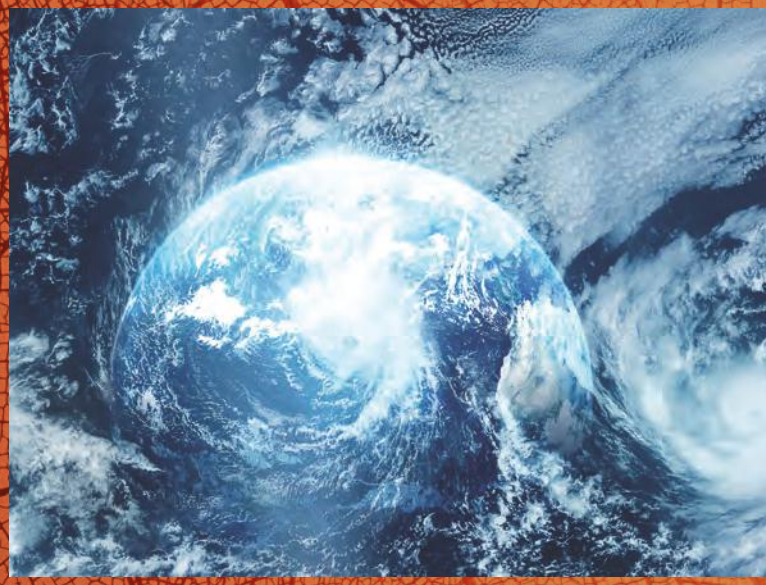


katkıda bulunan yağışlar, bunun yerine yüzey suyu olarak akar ve taşma olasılığını artırabilir. Örneğin, bitki örtüsünden kentsel örtüye geçiş, suyun toprağa karışmak yerine binaların arasından ve yolların üzerinden hızla kanalizasyona akmasına neden olabilir. Geniş alanlarda ormansızlaşma; toprak nemini, buharlaşmayı ve yağışı yerel olarak doğrudan azaltabilir ve bölgesel sıcaklık değişikliklerine yol açabilir. Bununla birlikte, tarım, sanayi ve içme suyu için topraktan ve nehir sistemlerinden su çekmek, yer altı suyunu tüketebilir ve yüzey buharlaşmasını artırabilir. Çünkü daha önce toprakta bulunan su artık atmosferle doğrudan temas hâlinde ve buharlaşmaya daha uygun durumdadır. Sonuç olarak, arazi kullanımının değiştirilmesi; toprağın ne kadar ıslak olduğunu, ne kadar hızlı ısındığını ve soğuduğunu, dolayısıyla yerel su döngüsünü etkiler. Daha kuru topraklar havaya daha az su buharlaştırır ve gün içinde toprak daha fazla ısınır.

Ayrıca arazi kullanımındaki değişiklikler, havadaki küçük aerosol parçacıklarının miktarını da değiştirebilir. Örneğin, ormanlar veya tuz gölleri gibi doğal ortamlar aerosol emisyonlarında rol oynayabilir. Aerosoller, güneş ışığını engelleyerek atmosferin soğumasına katkıda bulunur ancak bu durum bulut ve yağış oluşumunu da etkileyebilir.

Özetle, küresel olarak arazi kullanımı değişikliği, şu anda insan faaliyetlerinden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının yaklaşık %15'inden sorumludur. Bu da küresel ısınmaya yol açarak yağış, buharlaşma ve bitki terlemesini etkiler. Yeniden ağaçlandırma, sürdürülebilir sulama gibi iyileştirilmiş arazi ve su yönetimi iklim değişikliğinin azaltılmasına ve bazı olumsuz sonuçlarına uyum sağlanmasına katkıda bulunabilir.

İklim değişikliğinin bir sonucu olarak benzeri görülmemiş ekstrem hava olayları meydana gelecek mi?



IPCC'nin 6. Değerlendirme Raporu'na göre, iklim geçmişteki ve şimdiki durumundan uzaklaştıkça eşi benzeri olmayan esktrem (uç, şiddetli, aşırı) hava olayları yaşayacağız. Raporda, insan kaynaklı iklim değişikliğinin, iklim sisteminin birçok yönünü hâlihazırda etkilediği vurgulanıyor.

20. yüzyılın iklimine kıyasla son yıllarda eşi benzeri görülmemiş doğa olayları meydana geldi. Küresel yüzey sıcaklığındaki artışla birlikte, birçok hava ve iklim türü aşırı ölçüde değişti. Birçok bölgede, aşırı sıcakların sıklığı ve yoğunluğu arttı. Bununla birlikte, aşırı soğuk hava olaylarının büyüklüğü ve sıklığı azaldı. Şiddetli yağış olaylarının sıklığı ve yoğunluğu, küresel ölçekte ve kara bölgelerinin çoğunda arttı.

Eşi benzeri görülmemiş ekstrem hava olaylarının gelecekte beş farklı şekilde gerçekleşmesi bekleniyor. Birincisi, mevcut iklimde aşırı olduğu düşünülen hava olaylarının, gelecekte benzeri görülmemiş büyüklüklerde meydana gelmesi. İkincisi, gelecekteki aşırı olayların benzeri görülmemiş sıklıkta gerçekleşmesi. Kara ve deniz ısı dalgaları, yoğun yağış, kuraklık, tropik fırtınalar, orman yangınları ve kıyı taşkınları gibi aşırı olaylar geçmişte meydana geldiği gibi gelecekte de yaşanmaya devam edecek. Ancak bu olayların daha sıcak bir dünyada farklı büyüklüklerde ve sıklıkta meydana geleceği tahmin ediliyor. Örneğin, gelecekteki sıcak hava dalgaları daha yüksek sıcaklıklara sahip olacak ve daha uzun sürecek. Gelecekteki aşırı yağış olayları birkaç bölgede daha yoğun olacak. Aşırı soğuk gibi bazı aşırı uçlar, artan ısınmayla daha az yoğun ve daha az sıklıkta olacak. Üçüncüsü, bu ekstrem durumların daha önce bu tür aşırı olaylarla karşılaşmamış bölgelerde de yaşanması. Örneğin, deniz seviyesi yükseldikçe, yeni yerlerde kıyı taşkınları meydana gelecek. Dördüncüsü, aşırı olayların zamanlamasının değişmesi. Örneğin, aşırı yüksek sıcaklıklar, yıl içinde geçmişe göre daha erken veya daha geç zamanlarda meydana gelebilecek. Son olarak, aynı anda ve/veya art arda yaşanan farklı veya benzer türden birden fazla aşırı hava olayının gerçekleştiği bileşik olayların gelecekte daha sık görülme ihtimali. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak aşırı olaylar şiddetlenebilir ve bu olayların birlikte meydana gelmesi benzeri görülmemiş sonuçlara yol açabilir. Örneğin, aşırı sıcakla birlikte yaşanan kuraklık, orman yangınları ve tarım zararları riskini artırabilir. Bu bileşik olaylar genellikle ekosistemleri ve toplumları, bu tür olayların tek başına meydana geldiğinden daha güçlü bir şekilde etkileyebilir. ■

Kaynaklar

İklim Değişikliği 2021: Fiziksel Bilim Temeli, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC), 6. Değerlendirme Raporu, Ağustos, 2021
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGI_FAQs.pdf

Plastiklerin Geri Dönüşümüne Yeni Bir Yaklaşım



Dr. Özlem Ak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Bir kişi yılda ortalama 30 kg plastik kullanıyor. Küresel yaşam süresinin şu anda yaklaşık 70 yıl olduğu göz önüne alındığında, her insan yaşamı boyunca yaklaşık iki ton plastik atık ortaya çıkarıyor. Bunu dünyadaki kişi sayısıyla -ki bu sayı sürekli artıyor- çarptığımızda bulduğumuz sonuç korkutucu. Bunun ışığında, İsviçre, École Polytechnique Fédérale de Lausanne'dan (EPFL) Francesco Stellacci, Sebastian J. Maerkl ve doktora öğrencisi Simone Giaveri kullanılmış plastik sorununu çözmenin ve atıkları daha etkili bir şekilde geri dönüştürmenin bir yolu olup olmadığı konusunda birlikte çalışmaya karar vermişler.

Mevcut plastik geri dönüşüm seçeneklerini inceledikten sonra araştırmacılar tamamen yeni bir yaklaşımla sorunu ele almayı kararlaştırdılar. Stellacci'ye göre, biyolojik olarak parçalanabilen plastikler bozunma süreci boyunca depolanması veya gömülmesi gereken kalıntılar bırakıyor ve bunun için tahsis edilen arazi miktarının artması tarım için ayrılan arazilerin azalması anlamına geliyor. Diğer yandan biyolojik bozunma sonucu ortaya çıkacak ürünlerin bölgenin ekosistemini mutlaka değiştireceğini ve bu yüzden dikkate alınması gereken çevresel sonuçları olduğunu da belirtiyor.

Buradan yola çıkan araştırmacılar plastiklerin geri dönüştürülmesi sorununa kapsamlı bir çözüm ararken proteinlerden yararlanmaya karar verdiler. Öncelikle laboratuvarda seçtikleri proteinleri aminoasitlerine ayırdılar. Daha sonra amino asitleri, farklı yapılara ve uygulamalara sahip yeni proteinlerde bir araya getiren hücresiz bir biyolojik sisteme yerleştirdiler. Bu sistemler, tam hücre sisteminden ayrı olarak, hücrelerde meydana gelen biyolojik reaksiyonları incelemek için yaygın olarak kullanılıyor. Örneğin, Giaveri ve Stellacci, bu yöntemden faydalanarak ipeği biyomedikal teknolojide kullanılan bir proteine başarıyla dönüştürdü. Proteinleri bu şekilde parçalayıp birleştirdiklerinde, ortaya çıkan proteinlerin kalitesinin, yeni sentezlenmiş bir proteininkiyle tamamen aynı olduğunu gördüler ve yaptıkları araştırmanın sonuçlarını *Advanced Materials* dergisinde yayımladılar.

Peki, proteinlerin yapısı ile plastiklerin geri dönüşümü arasındaki bağlantı nedir? Her iki bileşik de polimer olduğundan, proteinlerde doğal olarak gerçekleşen mekanizmalar plastiklere de uygulanabilir. Bu benzetme kulağa umut verici gelse de Stellacci, bu tür yöntemleri geliştirmenin uzun zaman alabileceğinin altını çiziyor. Stellaci'ya göre, gelecekte sürdürülebilirlik büyük ölçüde ileri dönüşüm (geri dönüşümü zor olan maddeleri yeniden kullanılabilir, orijinal ve çevre dostu ürünlere dönüştürme) denilen uygulamalara dayanacak. ■

Kaynak

https://doi.org/10.1002/adma.202104581

Gürkan Caner Birer [*teknoyasam@tubitak.gov.tr*



Uydu Sayısındaki Artış

2019'da yörüngede dolaşan 2.000 uydu vardı. Bugün için bu sayı 6.000 civarında. Önümüzdeki on yıl içerisinde uydu sayısının 50.000'i bulması bekleniyor. Uzaya roket göndermenin ucuzlaması, uyduların küçülmesi ve veri analiz yazılımlarının gelişmesi bu sayının artışındaki temel nedenler. 2016'da uzaya giden bir roketin maliyeti 200 milyon dolar civarındayken bugün bu rakam 60 milyon dolara düşmüş durumda. SpaceX uzaya götürdüğü uydu başına sadece 1 milyon dolar alıyor. 1972'de uzaya gönderilen ilk gözlem uydusu Landsat-1, 1.800 kg ağırlığında ve bir kamyon büyüklüğündeydi. Bugün benzer görevler üstlenen uydularsa sadece 12 kg ağırlığında ve ortalama bir bilgisayar kasası büyüklüğünde.

Günümüzde hava tahmininden, kargo paketi takibine kadar birçok alanda uydulardan faydalanılıyor. Alışveriş merkezlerinin açık otoparklarının doluluk oranlarından bir yerleşim bölgesinin ekonomik durum analizi, metal fabrikalarının hareketliliğinden yakın gelecekteki metal fiyatlarında gerçekleşecek değişim tahmini, hastane otoparklarının doluluk oranlarından pandemi yayılım analizi yapılabiliyor. Üstelik artık ucuza uydu interneti de yaygınlaşmaya başladı. Yakın zamanda dünyanın neresinde olursanız olun ekonomik bir şekilde internete bağlanmak mümkün olabilecek.

Öte yandan uydu sayısındaki bu artış gökyüzü gözlemcilerini endişelendiriyor çünkü gökyüzünün bu kadar çok uyduyla dolması gözlemleri de olumsuz etkiliyor. Tabi bir de kullanım ömrünü tamamlayan uyduların yörüngede dolanan bir uzay çöpü hâline gelme meselesi de var. Atıl durumdaki uydular ve uzay çöpleri tehlike de arz ediyor. Geçtiğimiz aylarda 20 tonluk bir uzay çöpü Maldivler yakınında bir yere düşmüştü.

–

https://bit.ly/uydu-sayisi
https://bit.ly/uzay-copu



Yüksek Hızlı Drone Pilotu: Yapay Zekâ

Drone'lar çok çevik hareketler yapabiliyor ancak belli bir hızın üzerinde çarpmadan sürüş yapmak için ileri düzey bir drone pilotu olmak gerekiyor. Zürih Üniversitesinden Davide Scaramuzza liderliğindeki bir grup bilim insanı tarafından geliştirilen bir yapay zekâ sistemi, yeni bir alanda harita olmaksızın drone'un yüksek hızda kendi başına hareket etmesini mümkün kıldı. Öncelikle orman, bina içi ve tren içi gibi dar alanları simüle eden sanal ortamlarda eğitilen yapay zekâ, buradan öğrendiği bilgiler ışığında ormanlık bir alanda, bir yere çarpmadan saatte 40 km hızla drone'u kontrol edebilir hâle geldi. Böylesine karmaşık ortamlarda bu hızda hareket eden bir drone'u kontrol edebilmek için bir insanın yıllarca eğitim alması ve pratik yapması gerektiği düşünüldüğünde elde edilen sonucun başarısı daha da anlaşılır olacaktır. Bu tür bir teknolojinin birçok alanda farklı uygulamaları olabilir. Örneğin ormanda kaybolmuş bir çocuğun bulunması için gönderilen 20 drone, dakikalar içerisinde çok geniş bir alanı tarayarak bir hayat kurtarabilir. Almanya'da tam da bu alanda bir başka proje geliştirildi. Fraunhofer FKIE adlı bir kuruluştan Macarena Varela liderliğindeki bir mühendislik ekibi, felaket durumunda drone'a monte edilen ve insan çığlığını tanıyabilen bir ses algılama teknolojisi geliştirdi. Özellikle deprem, yangın ve fırtına gibi durumlarda bu gibi teknolojiler bir arada kullanılarak hayat kurtarıcı olabilir.

Geliştirilen yapay zekâ sisteminin kontrol ettiği drone'un uçuşunu ve çalışma şeklini gösteren hayli etkileyici bir videoyu izlemek için https://youtu.be/m89bNn6RFoQ adresini ziyaret edebilir ya da aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.

–

https://bit.ly/drone-ai
https://wapo.st/3BUNiJx

Çin'de Çocukların Oyun Oynama Saatleri Kısıtlanıyor

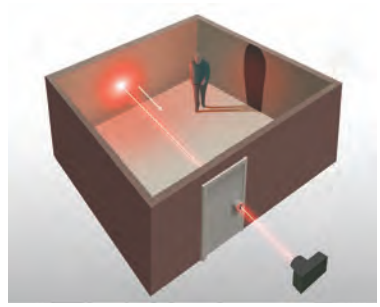


Son bir yıldır Çin'deki devasa teknoloji şirketleri zor günler geçiriyor. Çin hükümetinin aldığı bir dizi düzenleyici kural nedeniyle Çinli teknoloji firmaları borsada toplamda 1 trilyon doların üzerinde değer kaybetti. Getirilen düzenlemeler arasında kısa videoların sunumu, haberlerin derlenmesi, kapıya yemek teslimatı, e-ticaret ve çocuklara yönelik geliştirilecek dijital ürünler gibi birçok konuda kullanılan algoritmaların düzenlenmesi hakkında maddeler yer alıyor. Bu gibi konularda kültürel değerlere uygunluk, ulusal çıkarlara zarar vermeme, daha fazla şeffaflık, kullanıcıları bağımlı hâle getirmeme ve ürünleri yetkililerin denetimine açma gibi ölçütlerin göz önünde bulundurulması isteniyor. Daha da ilginci 1 Eylül'den bu yana 18 yaşından küçüklere sadece cuma, cumartesi ve pazar günleri akşam 8-9 arasında "bir saatlik" oyun hakkı sunuluyor, bu saatlerin dışında ise online oyunları oynamaları yasak. Hatta bu çerçevede oyun firmalarından, oyunu oynayacak kişilerin platformlara gerçek kimlikleriyle giriş yapmaya zorlanması ve görüntü işleme teknikleriyle oyunu oynayan kişinin çocuk olup olmadığının tespit edilmesi isteniyor. Çin'in çocukların oyun bağımlısı olmasını önlemek için verdiği mücadele uzunca bir süredir devam ediyor. Bakalım bu çabalar nasıl sonuçlanacak.

–

https://tcrn.ch/3ksLCzC
https://bit.ly/cin-oyunu

Lazerle Anahtar Deliğinden Gözlem



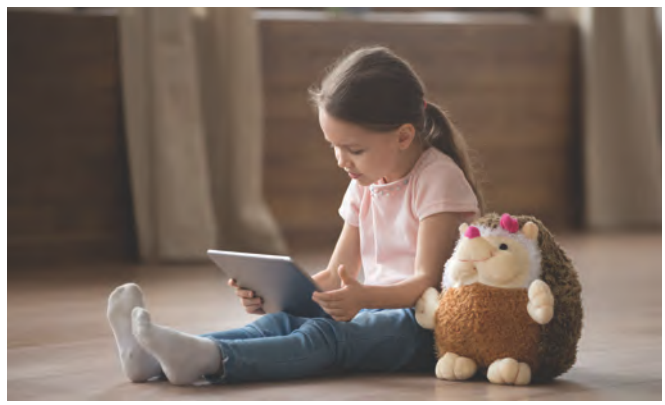
Bir kapının anahtar deliğinden odada olup bitenleri gözlemlemek pek de teknolojik bir gelişme gibi görünmeyebilir ancak Stanford Bilgisayarlı Görüntüleme Laboratuvarından Christopher A. Metzler önderliğindeki bilim insanları küçük bir anahtar deliğinden odaya gönderdikleri lazer ışınıyla odadaki eşyaları tespit etmeyi başardı. "Görüş dışı görüntüleme" olarak adlandırılan bu teknoloji, otomobillerin görüş alanı dışındaki bir yerden gelen ve çarpışma ihtimali olan araçları tespit etmek gibi amaçlarla da kullanılıyor. Ancak bu sistemin çalışması için geniş yansıtıcı yüzeylere ihtiyaç duyuluyor. Bu çalışmadaysa böyle bir yansıtıcı yüzey kullanılmadan, anahtar deliğinden gönderilen lazer ışınıyla odadaki hareketli cisimlerin boyutları ve yerleri tahmini olarak belirlendi. Pratik kullanım için hazır olmasa da özellikle otonom araçların çalışması için bu tür teknolojilerin geliştirilmesi son derece önemli. Konuyu anlatan bir videoyu izlemek için https://youtu.be/Veo27qhrI20 adresini ziyaret edebilir ya da aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.

–

https://bit.ly/key-image

Sosyal Medyanın Çocuklara Olumsuz Etkisi

Eski bir Facebook çalışanının ortaya attığı iddialar üzerine başlatılan ve ABD'li senatörler tarafından yürütülen soruşturma sırasında endişe verici bilgiler ortaya çıktı. Facebook tarafından yapılan bazı araştırmalarda, Facebook'a ait olan Instagram uygulamasının çocuklar için zararlı olduğunun tespit edildiği ancak firmanın bu bilgileri sakladığı iddia ediliyor. 13 yaşın altındakiler Facebook uygulamasını kullanamazken Instagram'ı kullanabiliyor. Instagram kullanan bu yaş grubunun intihar eğiliminde artış olduğu görülen araştırmayla ilgili bilgilerin henüz tümüyle açığa çıkmadığı iddia ediliyor. Bununla birlikte, Facebook'un Instagram Kids adındaki çocuklara yönelik uygulama geliştirme sürecini hızlandırması da bu konunun hafife alınmaması gerektiğinin bir kanıtı. Zaman zaman medyada bu iddiaları haklı çıkaracak haberlerin yer aldığı göz önünde bulundurulduğunda, özellikle çocukların sosyal medyadan uzak tutulmasının daha güvenli olacağını söyleyebiliriz.

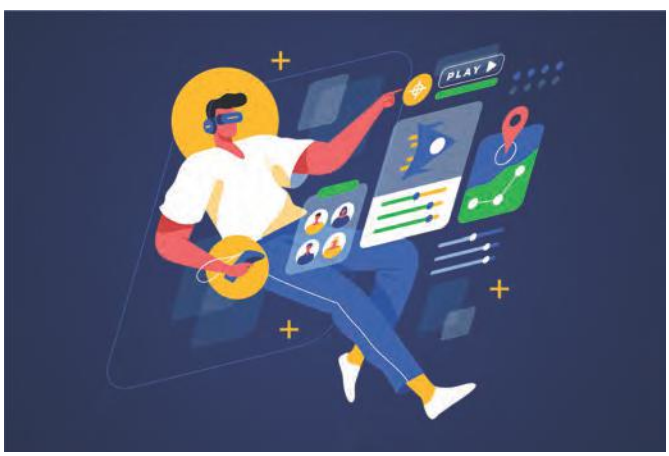


–

https://reut.rs/3jbmldx

Metaverse

Facebook CEO'su Mark Zuckerberg geçtiğimiz günlerde yaptığı bir açıklamada Facebook'un gelecekte bir "metaverse" şirketi olacağını açıkladı. Türkçeye "evrenötesi" olarak çevirebileceğimiz bu kavram, özünde sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve internetten oluşan dijital bir dünyayı ifade ediyor. Oyunlar, video-konferanslar, kriptoparalar ve sosyal medya gibi birçok unsur bu evrenin içinde kendine yer buluyor. Hâlihazırda, dijital evrende farklı farklı dünyalardaki elementler birbirini etkilemiyor ya da ortamlar arasında aktarılamıyor. Örneğin Minecraft'ta oluşturduğunuz bir karakter, Fortnite oyununda bir anlam ifade etmiyor. Facebook gelecekte bu sanal dünyalar arasında geçişi mümkün kılacak aktörlerden biri olmayı hedefliyor.



Öte yandan metaverse ile ilgilenen başka firmalar da var. 5G teknolojisine ciddi yatırım yapan telekomünikasyon firmaları metaverse'te yer alan ve ek ücret gerektiren hizmetler sunmaya başladılar. Örneğin China Mobile, 360 derece konser kayıtlarının izlenebileceği bir sanal gerçeklik platformunu hizmete sundu; Güney Koreli SK Telekom, kullanıcıların avatar aracılığıyla birbiriyle iletişime geçtiği bir platform tanıttı; ABD'li Verizon, maçların 360 derece tekrarlarının üç boyutlu izlenebileceği bir uygulama geliştirdiğini duyurdu. Apple ve Microsoft da bu alanda çeşitli projeler geliştiriyor.

–

https://bit.ly/metave
https://bit.ly/meta-face

Esen Yelden Yenilenebilir Temiz Enerjiye:

Rüzgâr Enerjisi

Prof. Dr. Faruk Soydugan [*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü*

Her insan yaşamını devam ettirmek için enerjiye ihtiyaç duyar. Zaruri ihtiyaçlarımızın yanında yaşamımızı kolaylaştırmak ve gelişen sanayi ile teknolojiye kaynak sağlamak için enerji vazgeçilmez önceliklerimizden biridir. İnsan nüfusunun artması ile birlikte hızla gelişen sanayi ve teknoloji, enerji ihtiyacımızın da hızla artmasına neden oluyor. Unutulmaması gereken ve bize sürekli hatırlatılan ise enerji ihtiyacını karşılarken doğaya ve çevreye, kısacası yaşadığımız dünyaya zarar vermemek veya verdiğimiz zararı en aza indirmek için alternatifler geliştirmek ve enerji ihtiyacımızı bu yönde karşılamaya çalışmaktır. Bu yazının konusu, küresel ısınmanın olumsuz etkilerini hissettiğimiz son yıllarda çözüm için en önemli alternatiflerden biri olan ve kullanımı hızla artan rüzgâr enerjisi.



Enerji, iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. İnsanlık bilim ve teknolojideki ilerlemelerle enerjiyi bir formdan başka bir forma nasıl dönüştüreceğini öğrendi, dönüştürme için geliştirdiği düzeneklerle onu iş yapmak için kullandı ve kullanmaya devam ediyor. Enerji, ihtiyaca yönelik biçimde pratik kullanım amacıyla bir formdan diğerine dönüştürülebiliyor. Örneğin, kömür ve doğalgazda depolanan kimyasal enerji ve nehirlerde akan suyun kinetik enerjisi elektrik enerjisine oradan da ihtiyacımız olan ısı ve ışık enerjisine çevrilebiliyor.

Yaklaşık 1,5 asrı aşan süredir elektrik enerjisini aktif olarak kullanıyoruz ve enerjiye olan ihtiyacımız sürekli artıyor. Bu süreçte enerji dönüşümlerinde başat rolü fosil yakıtlar olarak da adlandırılan kömür, petrol ve doğal gaz oynadı, hâlâ da oynamaya devam ediyor.

İnsanlığın enerji bağımlığı arttıkça bu kaynaklara olan bağımlılık da gitgide büyüyor. Söz konusu kaynaklar sonlu olduğundan, bu süreç bizi "enerji krizi" olarak adlandırılan duruma doğru yaklaştırıyor, hatta zaman zaman kendimizi bu krizin içinde buluyoruz. Son yıllarda enerji kullanımında farklı alternatifler geliştirilse de fosil yakıtların dünyada kullanım oranı hâlâ çok yüksek. Diğer taraftan insanlık bu yoğun fosil yakıt kullanımının çevre ve insan sağlığı üzerinde yol açtığı olumsuz etkileri her geçen gün daha da fazla hissediyor. Bu nedenle, son dönemde gerek artan enerji ihtiyacına farklı kaynaklarla cevap verebilmek gerekse temiz enerji kaynakları bulabilmek adına, alternatif ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim hızlandı. Sonlu ve kirlilik oluşturan yenilenemez kaynaklar yerine, kaynak ömrü sonsuz denecek kadar çok ve temiz enerji olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim;



Rüzgâr tulumu

küresel ısınma, çevre sorunları ve hızla artan enerji ihtiyacı düşünüldüğünde son derece önem taşıyor. Bu yazıda, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisi üzerinde duracağız. Öncelikle rüzgârı daha yakından tanıtıp sonra "Rüzgârı nasıl kullanılabilir enerjiye dönüştürebiliyoruz?" sorusuna cevap vermeye çalışacağız.

Rüzgâr ve Hızı

Çoğu yenilenebilir enerji kaynağının olduğu gibi rüzgârın da ana kaynağı Güneş'tir. Rüzgâr, atmosferdeki basınç farklılıkları nedeniyle havanın yer değiştirmesi sonucu oluşur. Bunun da kaynağı çoğunlukla Güneş'in ışınımının yer yüzeyini farklı miktarlarda ısıtmasıdır. Dünya'nın yüzeyi, Ekvator'da Güneş ışınlarına neredeyse dik, kutuplarda ise paralel olduğundan birim alan başına en fazla enerjiyi Ekvator alır, kutuplara doğru da alınan enerji miktarı düşer. Farklı enlemlerin farklı miktarlarda ısınması sıcaklık ve basınç değişimlerini ortaya çıkarır. Böylece Ekvator'da daha düşük hava yoğunluğuna sahip sıcak hava, atmosferin üst taraflarına doğru yükselerek kutuplara doğru hareket eder. Yoğunluğu fazla olan soğuk hava ise kutuplardan Ekvator'a doğru akar. Bu hareketler, Dünya'nın



kendi etrafındaki dönüşü ve Coriolis (saptırma) etkisini dikkate almaksızın, meridyenlere bağlı dolaşımlar oluşturur. Farklı ısınmaya yol açan etkilerden bir diğeri de mevsimsel değişikliklere de yol açan Dünya'nın dönme ekseninin yörünge düzlemine göre yaklaşık 23,5 derece eğimli olmasıdır. Dünya'nın yüzeyinde farklı yansıtma ve soğurma özelliklerine sahip bitki örtüleri, kayaç yapılar, kum, su, buz vb. farklı türde malzemeler bulunuyor. Dolayısıyla, aynı enlemlerde olsalar bile, cisimlerin farklı yansıtma ve soğurma özellikleri; bazı alanların fazla ısınmasına (çöller gibi), bazılarının (buzlu göller gibi) ise düşük sıcaklıklarda kalmasına neden oluyor. Dünya'nın yüzeyindeki dağ, vadi ve tepe gibi farklı yükseltili yapılar da güneş alan ve gölgeli alanlarının olması nedeniyle farklı miktarlarda ısınıyor.

Rüzgârın oluşumu ve hareketinde etkili olan diğer kaynaklar ise Dünya'nın kendi etrafındaki dönüşünden kaynaklanan Coriolis etkisi ve yerel coğrafik özelliklerdir. Coriolis etkisi atmosfer hareketlerinin yönünü saptırır ve enleme bağlı olarak değişir. Ekvator'da minimum (sıfır), kutuplarda ise maksimum değere ulaşır. Bununla birlikte, rüzgârdaki sapma miktarı rüzgârın hızına da bağlıdır. Yavaş esen rüzgârlar daha küçük, yüksek hızda esen rüzgârlar ise daha büyük sapma gösterirler. Dünya yüzeyindeki pürüzlülük de rüzgâr için önemli parametrelerden olup hem doğal hem de insan kaynaklı ortaya çıkabilir. Pürüzlülük rüzgâr hızını azaltıcı etki oluştururken bunda topografya, arazi özellikleri, iklim ve yerleşim yerlerinden uzaklık gibi değişkenler etkilidir. Bunun yanında, bazı özel coğrafi yapılar rüzgâr yoğunluğunu arttırabilir. Örneğin, dağ geçitlerinden esen rüzgârlar yüksek hızlara ulaşıp dağ jetlerini oluşturabilir.

Rüzgârın oluşumu ve hareketini etkileyen süreçlere baktıktan sonra enerji hesabından en önemli parametre olan rüzgâr hızı üzerinde duralım. Rüzgâr, yüksek basınçtan alçak basınca doğru gerçekleşen hava hareketleri şeklinde karşımıza çıkarken onun hızını etkileyen çok sayıda faktör bulunur. Rüzgâr hızı rastgele değişen bir parametredir, bu nedenle ölçülen rüzgâr hızı genellikle istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilir. Ortalama rüzgâr hızlarının günlük değişimleri genellikle sinüs dalgaları ile tanımlanır. Rüzgâr hızları gündüz daha yüksektir ve genellikle maksimum hızla öğleden sonraları karşılaşılır. Bu



Anemometre (yelölçer)

da rüzgâr hızının alınan güneş enerjisiyle ilişkisini açıkça ortaya koyar. Başka bir deyişle, bu durum, rüzgâr enerjisinin güneş enerjisinin kinetik yani hareket enerjisine dönüşmüş bir formu olduğunu gösterir.

Rüzgâr hızı, günümüzde sensör teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak çok hassas biçimde ölçülebiliyor. Farklı çeşitleri olsa da temelde ölçümler yön sensörleri de içeren anemometreler ile yapılıyor. Rüzgâr hızı, metre/saniye (m/s), kilometre/saat (km/h) ve knot (deniz mili/saat olup saatte 1.853 kilometre hıza karşılık gelir) birimleri ile gösteriliyor. İki yüzyıldan fazla süredir kullanılan, önce denizcilerin yararlandığı şu anda diğer alanlarda da faydalanılan Beaufort (Bofor) ölçeği ise anemometre ve benzeri ölçüm aletlerinin olmadığı yerlerde, rüzgârın yer yüzeyindeki cisimler üzerinde yaptığı etkiler dikkate alınarak gözlemlere dayalı bir tahmin sistemidir. Enerji hesapları için yapılan rüzgâr hızı ölçümleri, çok daha hassas veri ölçümü ve takibi istediğinden, ölçümlerde sensör teknolojileri içeren aletler kullanılır. Hız ölçümlerinde klasik kap anemometresi yanında ultrasonik ve lazer anemometrelerin de kullanıldığını söyleyelim.

Rüzgâr enerjisinden verimli bir şekilde yararlanmak için bölgedeki hâkim rüzgâr yönü ve yönleri de önemlidir. Anemoskop (jirüet) denilen aletlerle belirlenen rüzgâr yönleri, bazı ortamlarda da rüzgâr tulumu veya torbaları ile takip edilebilir. Rüzgârgülleri de rüzgâr hızının frekans dağılımını veren ve hâkim rüzgâr yönlerini gösteren diyagramlar olup pratikte kullanılırlar. Meteorolojide rüzgâr esiş yönleri, coğrafik yönlerle açıklanır. Rüzgârlar sekiz yöne göre isimlendirilir (örneğin, kuzey: yıldız, kuzeybatı: karayel vb.).

Rüzgâr enerjisinin ana problemlerinden biri rüzgârın değişken olmasıdır. Bu nedenle, rüzgârın ilgili bölgede hangi yönden, ne kadar süre ve ne kadar sık estiğinin ölçülüp takip edilmesi gerekir. Esiş sıklığı olarak da adlandırılan bu durum, enerji yatırımları için son derece kritiktir. Rüzgâr çeşitleri ve rüzgârların sınıflandırılması, bu yazının kapsamında olmadığından bu konu üzerinde durmayacağız.



İzmir

Rüzgâr, yer yüzeyinden yaklaşık 1 km yüksekliğe çıktığımızda (atmosferik sınır katmanıdır ve bölgeden bölgeye değişkenlik gösterir), artık yer yüzeyinden etkilenmez. Atmosferin düşük katmanlarında (genellikle ilk birkaç yüz metre yükseklikte) rüzgâr hızı sürtünmeden etkilenir. Sürtünmenin düşük olduğu açık denizlerde ve okyanuslarda çok büyük hızlara ulaşırken yüksek binaların bulunduğu yerleşim alanlarında ve ormanlık bölgelerde yüksek sürtünme nedeniyle rüzgâr hızı daha düşük olur. Rüzgâr enerjisi ile ilgili hesaplamalarda ve fizibilite çalışmalarında, rüzgâr hızının ilgili alanda yükseklikle nasıl değiştiği ve sürtünmeden nasıl etkilendiği, belirli zaman aralığına yayılmış ölçümler kullanılarak belirlenir. Rüzgârın yatayda değişimi düşeydekine göre az olduğundan rüzgârın düşey değişimlerinin ölçümler yardımıyla ortaya çıkarılması büyük önem taşır. Rüzgârın yükseklikle değişimini gösteren temel denklemlerden biri, Hellmann güç eşitliği olarak bilinir ve aşağıdaki gibi verilir:

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^m$$

Burada v_1 ve v_2, sırasıyla h_1 ve h_2 yüksekliklerindeki rüzgâr hızıdır. Buradaki m sabiti (rüzgâr kesme katsayısı olarak da bilinir), atmosferin kararlığını gösteren ve ölçümlerden yola çıkılarak hesaplanabilen bir sabittir.

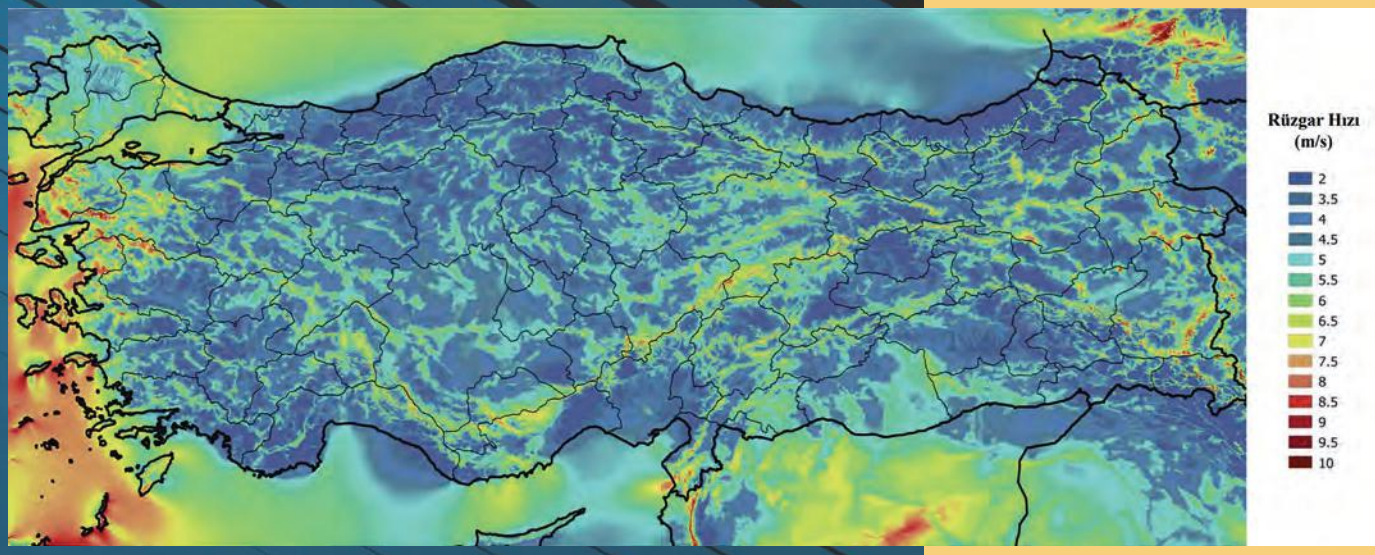


Bu katsayı coğrafik konum özellikleri, yükseklik, mevsim ve günün saati gibi çok farklı parametrelere göre değişiklik gösterir. Dengede bir ortam için bu katsayı yaklaşık 0,143 veya 1/7 olarak kullanılır ancak engebeli yüzeylerde ve yakınında farklı yükseltili pürüzlülük oluşturan nesneler bulunduran alanlarda farklı değerler alır. Pürüzlülüğü dikkate alan diğer eşitlik ise şöyledir:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{k} ln\left(\frac{h_2/z_0}{h_1/z_0}\right)$$

Buradaki hızlar yukarıda tanımlandığı gibidir. k terimi Karman katsayısı olarak bilinir ve değeri yaklaşık 0,4 olarak verilir. z_0 ise pürüzlülük uzunluğu olarak tanımlanır. z_0 düz çöllerde veya kabaca su yüzeylerinde 0,001 iken yüksek binalar bulunan şehir yakınlarında 0,7 değerini alabilir. Bu durumda, sürtünmeden daha az etkilenmeleri için yüksek kulelere yerleştirilen türbinlerin, aslında daha planlanma aşamasında hangi yüksekliklerde hangi rüzgâr hızlarıyla karşılaşacakları bu tür bağıntılar ve yapılan ölçümler yardımıyla tahmin edilir.

Rüzgâr enerjisi kullanımında ilgili bölgenin rüzgâr profilinin çıkarılması ve takibi son derece önemlidir. Bu yüzden küresel ölçekte rüzgâr haritaları çıkarılmış olup ülkelerin rüzgâr potansiyelleri büyük ölçüde



REPA veri tabanına göre Türkiye'de 100 m yükseklik için ortalama rüzgâr hızı dağılımı

belirlenmiştir. Tahmin edileceği üzere, açık denizler ve okyanus kıyıları en fazla rüzgâr alan bölgeler olmaları dolayısıyla rüzgâr enerjisi potansiyeli en fazla olan yerlerdir. Dünya ölçeğinde 100 m yükseklikteki rüzgâr hız dağılımını görmek için https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/globalwindatlas3/HR_posters/ws_World.pdf adresini ziyaret edebilir ya da aşağıdaki kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.

Ülkemizde de rüzgâr hızı ölçümleri son yıllarda sistematik ve hassas olarak yapılıyor, ülke genelinde ve iller özelinde rüzgâr potansiyeli belirleniyor ve takip ediliyor. Bu kapsamda, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı organizasyonunda, orta ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin paylaşıldığı Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlandı. Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul ediliyor. Bu çalışmalar çerçevesinde, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlendi. Bu potansiyeli gerçekleştirmek için toplam kullanılması gereken alan Türkiye yüz ölçümünün %1,30'una karşılık geliyor.

Yıllık ortalamalara bakıldığında Türkiye'nin en yüksek rüzgâr potansiyeli olan bölgeleri Ege ve Marmara olarak görülüyor. Özellikle Ege Denizi'nin kuzeydoğusunda şiddetli rüzgârlar esiyor. İç Anadolu Bölgesi'nin doğusu, Orta Toroslar ve Akdeniz Bölgesi'nin kuzeydoğusundaki bazı alanlarda da ortalama rüzgâr hızı 7,5 m/s değerini aşıyor. Marmara Bölgesi'nin özellikle Avrupa yakasında ve bu alanların da Karadeniz kıyısında yüksek hızda rüzgârlar ölçülüyor. Batı ve Orta Karadeniz'in sahil bölgesi ve yine Akdeniz'in orta kesimlerinin sahillerinde ortalama rüzgâr hızları, rüzgârdan elektrik elde edilmesi için uygun değerlerdedir. İç Ege, İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde de bazı rüzgârlı hatların bulunduğu ülkemizin rüzgâr hız dağılımı haritasından görülebilir. Enerji yatırımlarında gerek REPA verileri gerekse yerel rüzgâr hız ve güç verileri ile bunların günlük, aylık ve mevsimsel takipleri son derece önemlidir.

Rüzgârdan Enerjiye ve Güce

Rüzgâr enerjisi elde edilmek istenen bölgede belirli bir dönem için yapılan rüzgâr hız ve yön ölçümleri, farklı yüksekliklerdeki rüzgâr profillerinin elde edilmesini sağlar. Bundan sonraki adım, verimli bir rüzgâr rejimine sahip bölgedeki rüzgârı kullanılabilecek enerjiye dönüştürmektir. Bu aşamada farklı türlerde rüzgâr türbinleri kullanılır ancak öncesinde rüzgârın gücünden biraz daha bahsedelim.

Yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket eden hava, bir kinetik enerjiye sahiptir. Rüzgâr enerjisi dediğimiz de işte bu hava hareketinden ortaya çıkan kinetik enerjidir (E_k). v hızıyla hareket eden m kütleli hava akımının kinetik enerjisini hesaplamak için:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

formülünden yararlanılır. Belirli bir zaman aralığında, rüzgâr türbininin kanatlarının süpürme alanından (A; türbinlerde kanat uzunluğuyla orantılı olup rüzgâr akış yönüne dik olan alandır ve rüzgârın etkileştiği alan olarak da düşünülebilir) geçen, ρ yoğunluğunda ve v hızındaki hava kütlesinin değişimi ise

$$\dot{m} = A\rho v$$

formülü ile ifade edilir. Birim zamandaki enerji güç olarak tanımlandığından, rüzgâr için güç (P) değeri:

$$P = \dot{E} = \frac{1}{2}\dot{m}v^2 = \frac{1}{2}\rho A v^3$$

bağıntısıyla elde edilir. Yazılan bağıntı, rüzgârın gücünün hızının küpü ile orantılı olduğunu açıkça gösterir. Örneğin, rüzgâr hızı iki kat değişirse rüzgâr gücü sekiz kat değişir. Yeri gelmişken, burada sözü edilen "güç", tamamıyla enerjiye dönüştürülen gücü değil, rüzgârın kendi gücünü ifade eder. Peki, bu gücün ne kadarı enerjiye dönüşür? İşte bu soruya cevap verirken çok sayıda değişkeni dikkate almak gerekir. Gerçekte, rüzgârın kinetik enerjisi bir rüzgâr türbininin kullanabileceği enerji miktarını temsil etmez. Rüzgâr türbinleri %100 verimli değildir ve hava akımının türbine ulaştırdığı tüm kinetik enerjiyi elektrik enerjisine çeviremezler. Bir rüzgâr türbini %100 verimli olsaydı rüzgârların hızı türbinden geçtikten sonra saatte 0 km'ye düşerdi ancak bu durum pratikte asla gerçekleşmez. Bu nedenle güç ifadesi için

$$P = \frac{1}{2}C_P\,\rho\,A\,v^3$$

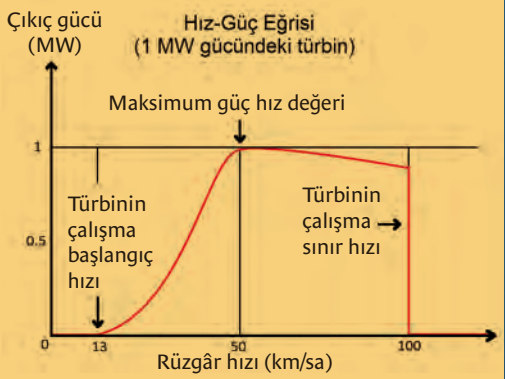
şeklinde daha genel bir formül kullanılır. C_p terimine "güç katsayısı" adı verilir. 1926 yılında Albert Betz bu katsayı için bir sınır değer belirledi. Betz, bir rüzgâr türbiniyle elde edilebilecek maksimum enerjinin rüzgârdaki enerjinin sadece 16/27'sine veya %59'una karşılık geldiğini gösterdi. Bu güç değeri üst sınır olup buna ulaşmak mümkün değildir çünkü hiç kayıp olmadığı duruma karşılık gelir. Son dönemde gelişen teknoloji sayesinde bu katsayı için 0,5 değerine ulaşılabildi. Bu katsayı



Bozcaada

içinde rüzgâr türbininin kanat aerodinamiğinden kaynaklanan kayıplarla mekanik ve elektriksel kayıpların etkisi yer alıyor.

Güç katsayısı, türbin aerodinamiği için en temel parametrelerden olup rüzgâr türbinine yaklaşan, ulaşan ve türbin ile etkileştikten sonra ilerleyen hava akımının hızları kullanılarak ifade edilebiliyor. Türbinlerin özelliklerine göre hız-güç eğrileri belirlenir ve rüzgâr gücünden ne ölçüde yararlanılabileceği bu sayede ortaya çıkar. Bu eğriler, türbinin devreye girmesi (cut-in), maksimum güç üretmesi ve durdurulması (cut-out) için sınır hız değerlerini gösterir. Rüzgâr, türbin için sınır hız değerine ulaştığında türbinler zarar görmemesi için durdurulur. Günümüzde etkin kullanılan 1 MW üstü güce sahip türbinler genellikle 2-4 m/s hızlarda çalışmaya başlarken 10-15 m/s hızlarda maksimum güç sağlarlar ve 25-30 m/s (yaklaşık saatte 100 km'ye ulaşan hızlar) hızlara kadar yüksek güç üretmeye devam ederler. Rüzgâr ne kadar şiddetli eserse essin, sınır değerine kadar enerji üretimine devam edilir. Belirlenen sınır değer teknolojiyle birlikte sürekli yükseliyor.



(https://energyeducation.ca/encyclopedia/Wind_power)

Rüzgâr Türbinleri

Devasa rüzgâr çiftliklerinden tek bir eve güç sağlayan küçük türbinlere kadar, dünyanın dört bir yanındaki rüzgâr türbinleri çeşitli güç ihtiyaçları için temiz elektrik üretir. Bu başlıkta, türbinlerin yapısına ve özelliklerine yakından bakalım.

Mekanik güç üretmek için rüzgâr enerjisinden yararlanma fikrinin ortaya çıkışı çok eski tarihlere uzanır. MÖ 5000'li yıllarda Mısırlılar, Nil Nehri boyunca tekneleri hareket ettirmek için rüzgâr enerjisini kullandılar. Sonrasında yel değirmenleri geliştirildi ve tahıl öğütmek, su pompalamak ve kereste fabrikalarında odun kesmek için kullanıldı. Günümüzün rüzgâr



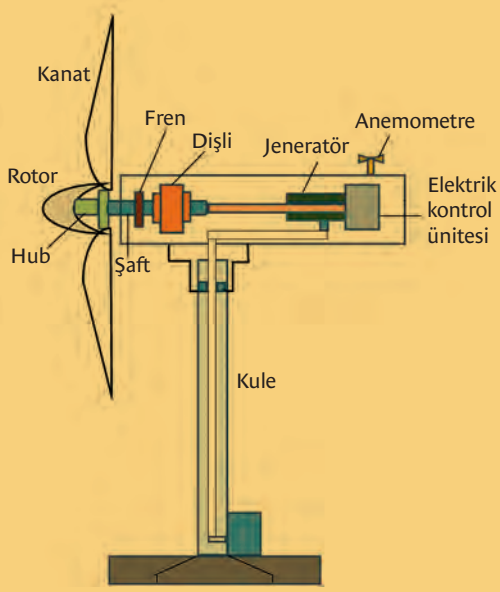
türbinleri, rüzgârdaki kinetik enerjiyi temiz ve yenilenebilir elektriğe dönüştürerek yel değirmeninin modern eşdeğeri hâline geldiler.

Rüzgâr türbinlerinin çoğu, çelikten yapılmış bir kuleye monte edilmiş üç kanattan oluşur. İki kanatlı ya da beton veya çelik kafes kuleli daha az yaygın çeşitler de vardır. Yerden 100 metre veya daha yüksekte olan kule, türbinin daha yüksek irtifalarda bulunan daha hızlı rüzgârlardan faydalanmasını sağlar. Türbinler, bir uçak kanadı gibi hareket eden pervane benzeri kanatlarıyla rüzgârın enerjisini yakalar. Rüzgâr estiğinde, kanadın bir tarafında düşük basınçlı hava cebi oluşur. Düşük basınçlı hava cebi daha sonra kanadı kendine doğru çekerek rotorun dönmesine yol açar. Bir dizi dişli, rotorun dönüşünü yüksek devirlere çıkarır. Ulaşılan hız, türbin jeneratörünün alternatif akım (AC) elektrik üretmesini sağlar. Aerodinamik yapıda bir muhafaza (nasel de denir), temel türbin bileşenlerini (genellikle dişliler, rotor ve jeneratör dâhil) kule üzerinde bir arada tutar. Türbinlerde diğer bir önemli bileşen ise yüksek rüzgârlardan kaynaklanan hasarı önlemek için rotor hızlarının sınır değeri aşmasını engelleyen türbin kontrolörüdür. Bir anemometre rüzgâr hızını sürekli ölçerek verileri kontrolöre iletir. Motor bölmesinde bulunan bir fren, acil durumlarda rotoru mekanik, elektrik veya hidrolik olarak durdurur.



Özetle rüzgâr türbini, ana bileşenler ve birçok yardımcı parçadan oluşur. Ana parçalar kule, rotor ile kanatlar, nasel (kule üzerinde şaft, dişli, jeneratör, fren, kontrol ünitesi gibi parçaları tutan yapı) ve temel veya tabandır.

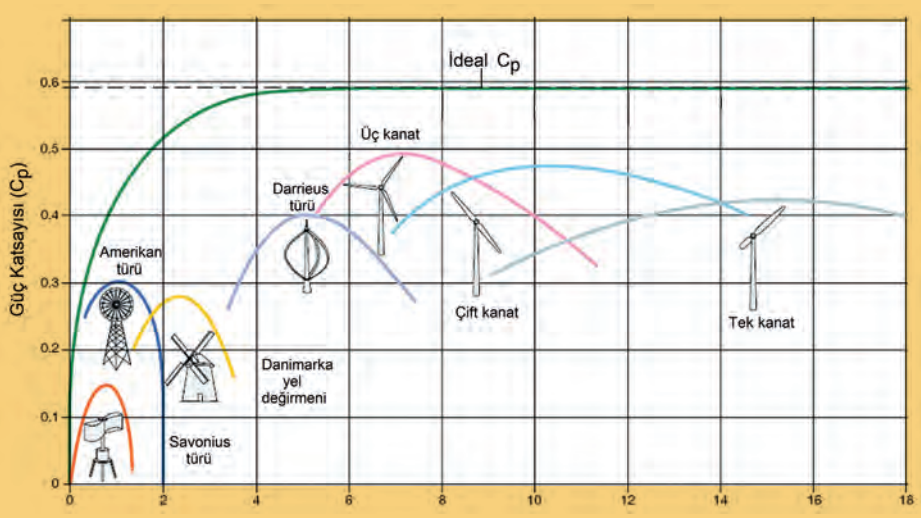
Karadaki türbinlerin temeli yerin altındadır, üzeri toprakla kaplı olduğu için görünmez. Tüm türbini ona etki eden kuvvetlere karşı ayakta tutması gereken büyük ve ağır yapılı bir beton bloktur. Açık deniz türbinlerinde ise taban su altındadır ve görülemez. Açık deniz türbinlerinde taban yüzer ancak türbinin ağırlığını ve üzerine uygulanan tüm kuvvetleri dengelemek ve türbini dik tutmak için yeterli kütleye sahiptir. Kanatlar ve nasel bir kulenin üstüne monte edilmiştir. Kule, rotor kanatlarını yerden yüksekte ve ideal bir rüzgâr hızında tutmak için inşa edilir.



Yatay eksenli bir rüzgâr türbininin temel bileşenleri

Modern türbinlerin çoğunda kule, türbinin boyutuna ve konumuna bağlı olarak 75-150 m yüksekliğinde, 3-4 m çapında çelik bir boru şeklindedir. Rotor, bir türbinin dönen kısmıdır; (çoğunlukla) üç kanattan ve kanatların bağlı olduğu orta kısım olan göbekten oluşur. Bir türbinin mutlaka üç kanadı olması gerekmez; iki, dört veya başka sayıda kanada da sahip olabilir. Kanatlar hafif ve güçlü olması için kompozit malzeme ile, aerodinamik yapıda olması için de bir uçak kanadı teknolojisi ve hassasiyetinde üretilirler. Kanatlar eksenleri etrafında 90°ye kadar dönebilir. Göbeğin (hub) işlevi, kanatları tutmak ve türbin gövdesinin geri kalanına göre dönmelerini sağlamaktır.

İki temel rüzgâr türbini türü vardır: Yatay eksene sahip olanlar ve dikey eksene sahip olanlar. Rüzgâr türbinlerinin çoğu yatay eksene sahiptir. Bunların, yatay bir eksen etrafında dönen

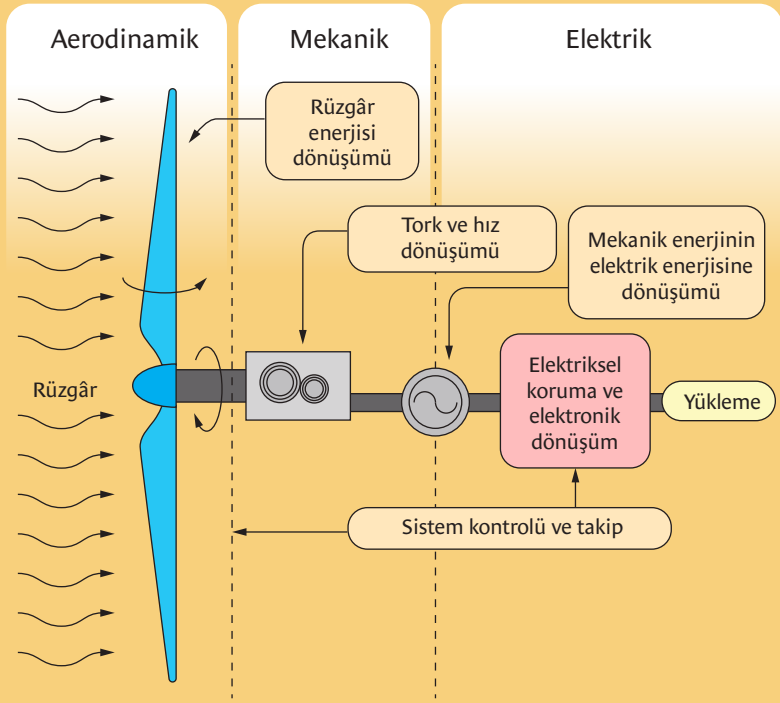


Farklı türbin çeşitleri için güç katsayısının hız oranına göre değişimi

kanatlara sahip pervane tarzı bir görünümleri vardır. Yatay eksenli türbinler ya rüzgâra karşı (rüzgâr kanatlara kuleden önce çarpar) ya da rüzgâr doğrultusunda (rüzgâr kanatlardan önce kuleye çarpar) olmak üzere iki şekilde de üretilirler. Rüzgâra karşı olan türbinler, rüzgârın yönü değiştiğinde rotoru rüzgâra dönük tutmak için naseli döndüren bileşenler içerir. Daha az kullanılan dikey eksenli türbinler ise iki ana tasarıma ayrılır. Sürükleme tabanlı Savonius türbinleri genellikle dikey bir eksen etrafında dönen katı kanatlı rotorlara sahiptirler. Kaldırma tabanlı Darrieus türbinleri ise uzun ve dikey bir kanat profili görünümündedirler (bazıları yumurta çırpıcı şeklinde görünür).

Rüzgâr türbinlerinin tarihsel gelişim süreci, genellikle onlardan sağladığımız enerji verimliliği üzerinden değerlendirilir. Farklı tür türbinler için güç katsayısı olan Cp ile hız oranı dediğimiz kanat ucu çevresel hızının (rotorun açısal hızı ile türbinin dış çapına bağlı) rüzgâr hızına oranını gösteren grafik bunu açıkça ortaya koyar. Grafiklere bakarak en büyük güç katsayısı değerine şu anda aktif olarak en çok kullanılan üç kanatlı rüzgâr türbinleriyle ulaşıldığı söylenebilir.

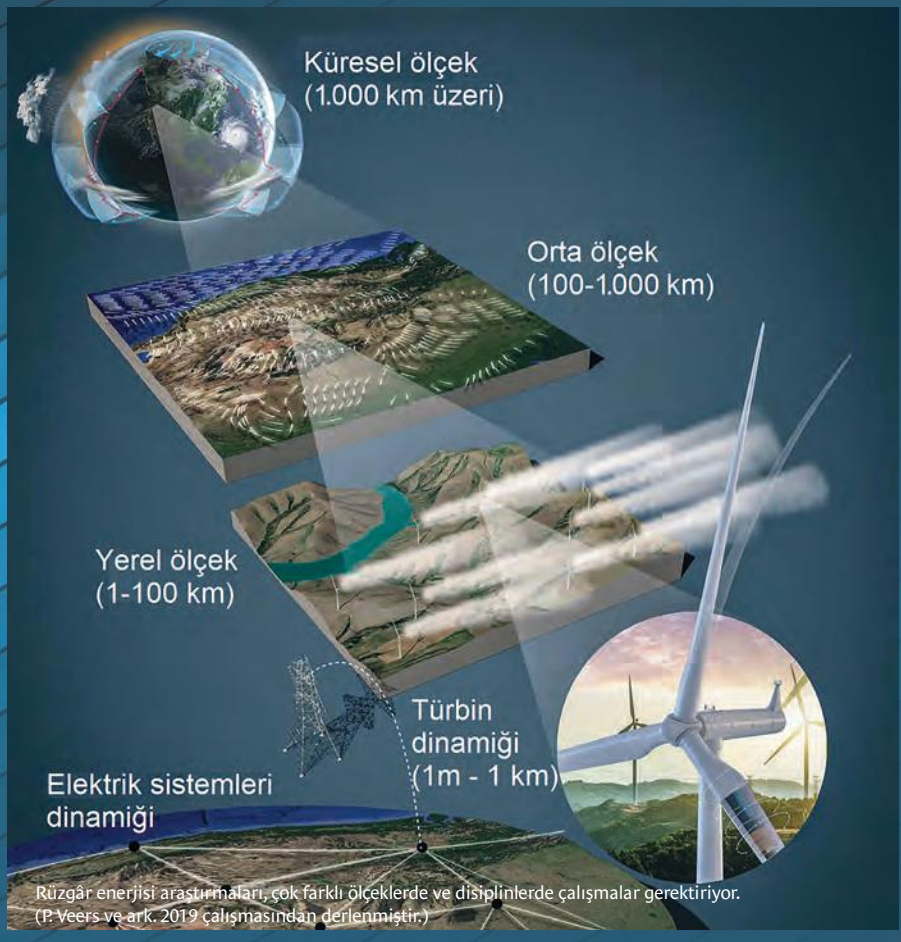
Türbin ana bileşenlerini, bu ekipmanların ardındaki fiziksel süreçleri ve mühendislik değerlendirmeleri dikkate alarak grupladığımızda şu gerçeklerle karşı karşıya kalıyoruz. Aerodinamik, mekanik ve elektriksel aşamalar olarak adlandırılan bu süreçlerdeki verimlilik, bir rüzgâr türbininden alınan gücü arttırıyor. Her bir aşamada kayıplar olması kaçınılmaz olsa da teknolojik gelişmeler sayesinde bu kayıplar gittikçe azaltılıyor. Son yıllarda güç katsayısının 0,5'e kadar yükseldiği (ulaşılabilecek maksimum değerin 0,59 olduğunu hatırlatalım) örnek türbinler görmeye başladık. Yakın dönemde türbin kanatları ve onların malzeme yapısı ile aerodinamiğinde çok önemli gelişmeler yaşandığını belirtmeliyiz.



Rüzgâr türbinlerinde üç ana aşama

Rüzgâr Enerjisi Türbinleri Üzerine Araştırmalar ve Gelişmeler

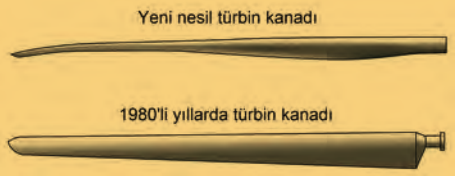
Rüzgâr enerjisi araştırmaları birkaç bölümde ele alınabilir. Bunlardan ilki atmosfer fiziği, meteoroloji ve iklim bilimi kapsamında hem küresel hem de yerel ölçeklerde hava akımlarının anlaşılması ve modellenmesidir. Rüzgârdan enerji elde etmede en önde gelen zorluklardan biri olan hava akımlarındaki kısa ve uzun zaman ölçeklerindeki değişikliklerin modellenmesi üzerine önemli gelişmeler sağlandı. Son dönemde, küresel hava akışları hakkında önemli bilgi birikimi oluştuğundan, üreticiler ve kullanıcılar yerel rüzgâr davranışlarını çözmeye, modellemeye ve tahmin etmeye daha çok yöneldiler. Günümüzde kullanılan yüksek güce sahip türbinlerin neredeyse tamamı atmosferik sınır tabakası dediğimiz yüksekliğin altında konumlandığı için onlara ulaşan hava akımları yerel faktörlerin (ağaçlar, tepeler, binalar, vadiler vb.) neden olduğu sürtünmeye maruz kalıyor. Gerek türbinlerin veya rüzgâr çiftliklerinin konumlandırılmasında gerekse verimlilik fizibilite çalışmalarında bu yerel etkilerin kısa ve uzun vadede doğal hava akımı değişimleri kapsamında belirlenmesi ve ilerisi için tahminlerin yapılması (yapay zekâ algoritmalarından da faydalanılarak) son derece önemlidir.



Rüzgâr enerjisi araştırmaları, çok farklı ölçeklerde ve disiplinlerde çalışmalar gerektiriyor. (P. Veers ve ark. 2019 çalışmasından derlenmiştir.)

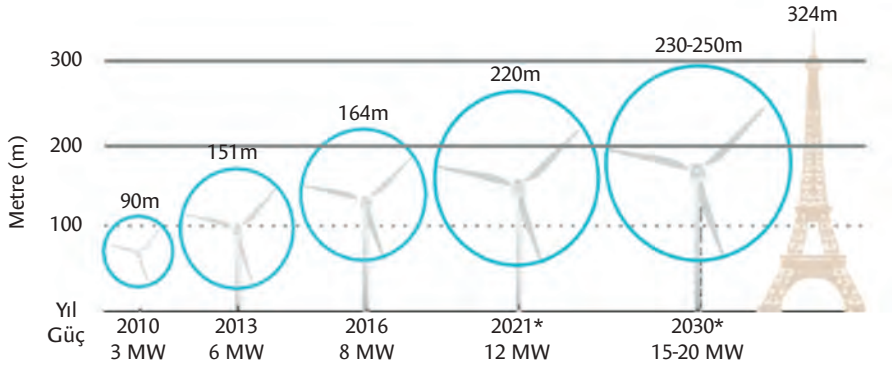
Rüzgâr enerjisi araştırmalarında en önemli alanlardan biri de türbinler üzerine yapılan çalışmalardır. Büyük ölçekli yapılar üzerinde dönen dev kanatların aerodinamik, tüm yapının da dinamik özelliklerinin anlaşılması konusunda önemli aşamalar kaydedildi. Bir rüzgâr türbini, kanatların dönüşü dışında çok hareketsiz görünebilir ancak sistemin tamamı, 20 yıl veya daha fazla olan tüm çalışma ömrü boyunca, farklı yönlerde kendisine etkiyen kuvvetler ve momentler nedeniyle sürekli olarak esner. Bu yüzden türbinlerin uzun dönemli çalışma sürelerinde etkiyen kuvvetlere verdikleri tepkiler ve dinamik etkileşmeler titizlikle araştırılmalıdır. Son 20 yılda, rüzgâr türbini fiziğine ilişkin en son bilgileri (örneğin, aerodinamik, yapısal dinamikler, kontrol sistemleri ve hatta açık deniz uygulamaları için hidrodinamik) birleştiren sayısal rüzgâr türbini benzetim yetenekleri gelişti.

Aşırı hava koşullarında uzun süre çalışabilecek ve verimli güç sağlayan devasa rüzgâr türbinleri tasarlanmaya ve kullanılmaya başlandı. Sonuç olarak, rüzgâr türbinleri, 20 yıldan fazla süre dayanıklı kalıp çalışabilen, dünyanın en büyük esnek makineleri hâline geldi. Son dönemde kule yüksekliklerini 100 metrenin üzerinde sıklıkla görmeye başladık ve kanat uzunlukları da 80 metreye yaklaşıyor. Aslında,

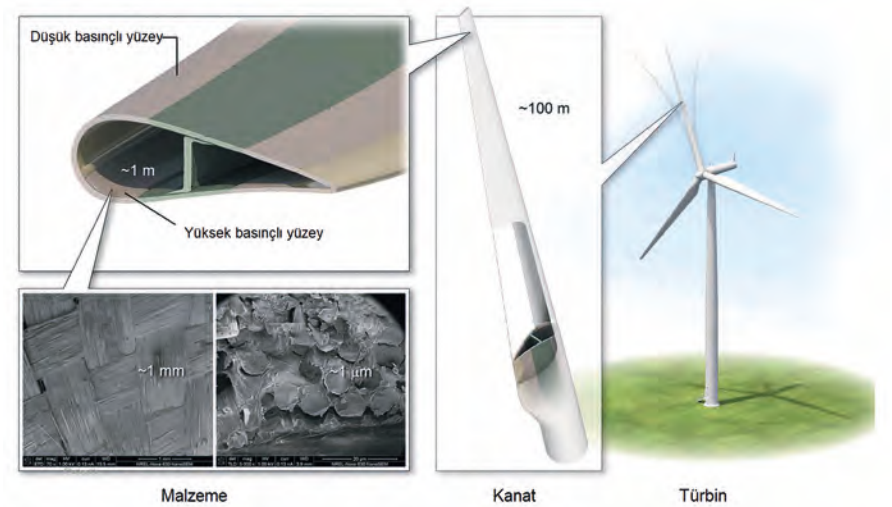


40 yılda türbin kanadı tasarımında gerçekleşen dönüşüm. Aerodinamik açıdan büyük gelişmelerin yanı sıra aynı boyutlardaki yeni nesil kanatlar, 1980'li yıllardakilere göre %90 daha hafiftir.

yüksek güç üreten rüzgâr türbinleri, genellikle 200 m'yi aşan, 60 kattan daha yüksek bir binaya eşdeğer devasa inşaat mühendisliği uygulamaları olarak



Türbin yükseklik, güç ve süpürme çaplarının yıllara göre değişimi
(Offshore Wind Outlook 2019, International Energy Agency. www.iea.org)



Rüzgâr türbini kanatları, büyük ölçekli sorunlara neden olabilen sürekli türbülans kaynaklı yüklemeler nedeniyle küçük ölçekli üretim kusurlarının büyüyebileceği karmaşık kompozit yapılarıdır. (P. Veers ve ark. 2019 çalışmasından derlenmiştir.)

da görülebilir. Özellikle açık deniz (offshore) uygulamaları için çok daha yüksek rüzgâr hızlarına dayanıklı türbin geliştirilmesi, rüzgârın dikey davranışının anlaşılması ve açık denizlerde yüzer yapılar için aerodinamik ve hidrodinamik alanlarda yapılacak araştırmalar rüzgâr enerjisine başka bir soluk getirecektir.

Başta türbinler olmak üzere rüzgâr enerjisi ekipmanlarında hâlâ malzeme bilimi anlamında önemli gelişmelere ihtiyaç duyuluyor. Son yıllarda malzeme teknolojisinde farklı gelişmeler olsa da (fiber takviyeli kompozit malzeme, termoplastik malzemelerin denenmesi ve kullanımı) yüksek maliyet ve geri dönüşüm problemleri bu alandaki araştırmaların önemini ortaya koyuyor. Bu problemler nedeniyle bazı modern türbin üreticileri hâlâ 1990'ların türbin malzemelerini (düşük maliyetli kompozit elyaflar, dayanıklı epoksi reçineler vb.) kullanıyorlar.

Dünyada türbin üretiminde öne çıkan ülkeler Danimarka, Almanya, Hollanda, İspanya, İtalya, Hindistan ve Çin olarak sayılabilir. Şu anda geliştirilen türbinlerde 10 MW'ın üzerinde güce sahip tasarımdaki türbinlerin sayısı 10'u geçti. Farklı güçlerdeki ve modellerdeki türbinlere ve özelliklerine https://en.wind-turbine-models.com/turbines internet adresinden ulaşabilirsiniz.

Rüzgâr Enerjisinde Yeni Nesil Uygulamalar

Titreşimden Enerjiye

Kanatsız olarak geliştirilen bu türbinler, hava akımlarının mekanik sistemler üzerinde neden olduğu titreşimler kullanılarak geliştirildi. Bu güç kaynakları aeroelastik yapılar olarak da düşünülebilir. Temelde elastik bir çubukla dikey olarak sabitlenmiş silindir benzeri bir görünümleri vardır. Silindir veya dikey yapı rüzgâr aracılığıyla salınım yapar ve daha sonra bir alternatör sistemi yardımıyla elektrik üretilir. Dikey esnek yapıya uygulanan kuvvetlerin frekansı, yapının frekansına yeterince yakın olduğunda yapı salınım yapmaya başlar ve rüzgârla rezonansa girer. Bu aynı zamanda "girdap kaynaklı titreşim" olarak da bilinir. Bu yenilikçi rüzgâr türbini daha az malzeme içerdiğinden bakım maliyetlerinin de geleneksel türbinlere göre daha düşük olması muhtemel. Kanatlarının olmaması nedeniyle daha az gürültü oluşturacağı ve yaban hayata daha az zarar vereceği düşünülüyor.

Su Damlalarından Aracısız Elektrik Enerjisi

Hareketli parçası olmayan ve yüklü su damlacıklarını kullanarak elektrik üreten kanatsız bir rüzgâr türbini geliştirildi. EWICON (Electrostatic WInd energy CONvertor – elektrostatik rüzgâr enerjisi dönüştürücü) olarak adlandırılan bu türbin, doğrudan rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretilmesini sağlıyor. Bunu, yüklü parçacıkların rüzgâr sayesinde elektrik alanın zıt yönünde yer değiştirmesiyle yapıyor.



Kanatsız Rüzgâr Türbini



Hollandalı araştırmacılar, yüklü su damlacıklarını rüzgârla iterek elektrik üreten ve hareketli parçası olmayan kanatsız bir rüzgâr türbini olan EWICON'u ürettiler.

Cihaz, bir tenis raketine benzer şekilde, sıralanmış 40 kadar yatay boruyu tutan çelik bir çerçeve ile donatıldı. Her bir tüp, elektro-püskürtme diyebileceğimiz bir yöntemle havaya pozitif yüklü su damlaları bırakacak elektrotlar içeriyor. Pozitif yüklü parçacıklar doğal olarak negatif elektroda doğru hareket eder ancak rüzgâr, parçacıkları negatif elektrottan uzaklaştırır ve potansiyel enerjilerini arttırır. Aslında bu süreç, bir kaya parçasını bir tepenin zirvesine doğru, yer çekimine karşı itmeye benziyor. Bu sayede yüklü su damlalarında biriken enerji kullanılabilir forma dönüştürülüyor. Üretilecek enerjinin miktarı, rüzgârın hızına ve yüklü parçacıkları püskürtmek için kullanılan tüplerin sayısına bağlı olarak değişiyor. EWICON'un avantajları arasında farklı şekil ve boyutlarda olabilmesi, hareketli parçası olmaması ve çok daha düşük bakım maliyetleri olarak görülüyor. Hareketli parçası



Londra'daki Strata isimli bina, rüzgâr türbinlerinin binanın dokusuna entegre edildiği ilk binadır. Bina, enerji ihtiyacının %8'ini üreten üç adet 15 MW gücünde türbine sahiptir.

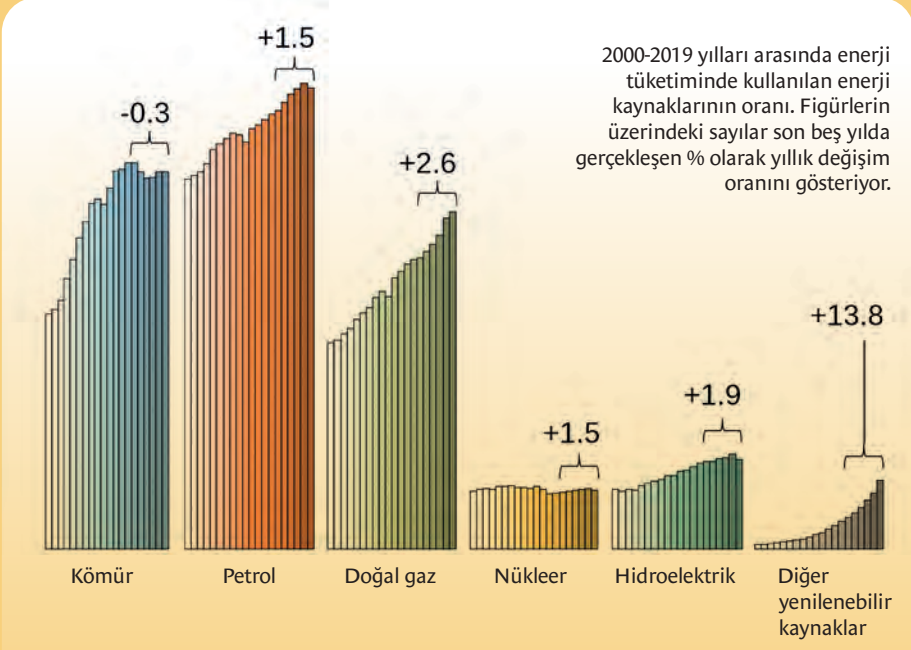
olmaması sayesinde daha az titreşim oluşturuyor ve çok daha sessiz çalışıyor, bu nedenle yerleşim yerlerine yakın alanlarda da kullanılabileceği düşünülüyor. Prototip olarak üretilen bu yeni nesil türbinin, daha büyük ölçekli modelinin üretilmesi için çalışılıyor. Elektrostatik rüzgâr enerjisi dönüşümü olarak da adlandırılan bu süreç konusunda iki farklı uygulama olan WPG (wind power charged aerosol generator - rüzgâr enerjisi şarjlı aerosol jeneratörü) ve SWET (solid state wind energy transformer - katı hâl rüzgâr enerjisi transformatörü) üzerinde de araştırmalar devam ediyor.

Bu iki örneğin dışında, uçan balon veya benzeri yapılara yerleştirilen türbinler; otoyolların ortasına, viyadüklere veya dev köprülerin altındaki rüzgâr kanallarına konulan türbinler; gökdelenlere veya aralarına yerleştirilen türbinler tasarımlarıyla dikkat çekiyor. Enerji teknolojisinde amaç; geliştirilen tasarımlarla maliyetlerin düşürülmesi, çevreye daha az zarar verecek şekilde daha fazla güç elde edilmesi, olağanüstü koşullara dayanıklı uzun ömürlü yapılar inşa edilmesi ve düşük bakım-onarım masraflarına ulaşılması olup bu kapsamda çok sayıda tasarım üzerinde çalışılıyor.

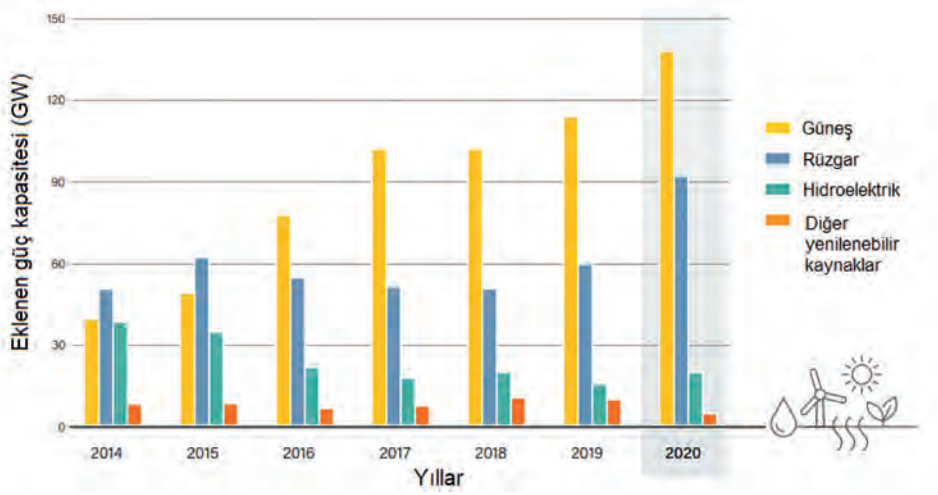
Dünya'da ve Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Kullanımı

İnsanlık tarihi boyunca rüzgâr yaşamı kolaylaştırmak için farklı şekillerde kullanıldı. Yazımızın bu bölümünde, yelkenli gemilerden tahıl öğütmeye, su pompalamadan rüzgâr türbinlerine doğru uzanan bu yolculuğun son dönemine konuk olmaya çalışacağız. Özellikle son yıllarda, ihtiyaçlarımıza da paralel olarak, rüzgârın elektrik enerjisine dönüştürülmesi süreçleri gündemimizin ana konularından biri oldu. Tabii ki rüzgârın en temiz yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olması bu kaynağa verilen önemi açıklıyor.

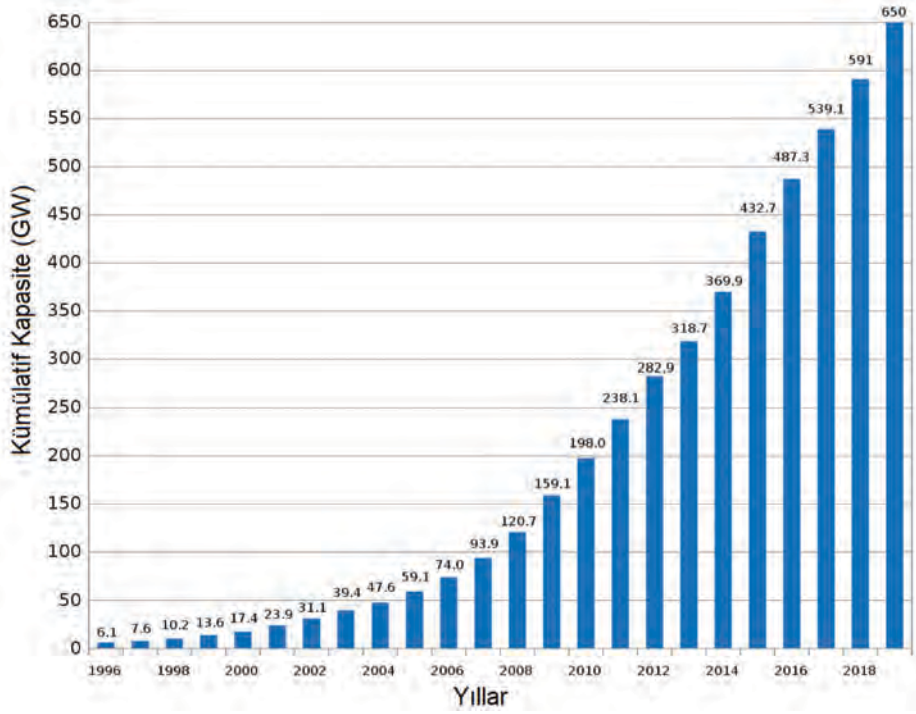
Dünyadaki enerji tüketiminde enerji kaynaklarının kullanım dağılımına bakıldığında hâlâ fosil yakıtların en büyük pay sahibi olduğu açıktır. Buna karşın, 2000-2019 yılları arasında farklı



2000-2019 yılları arasında enerji tüketiminde kullanılan enerji kaynaklarının oranı. Figürlerin üzerindeki sayılar son beş yılda gerçekleşen % olarak yıllık değişim oranını gösteriyor.



Yenilenebilir enerji kaynaklarında eklenen güç kapasitesinin 2014-2020 yılları arası değişimleri (Renewables 2021 Global Status Report)

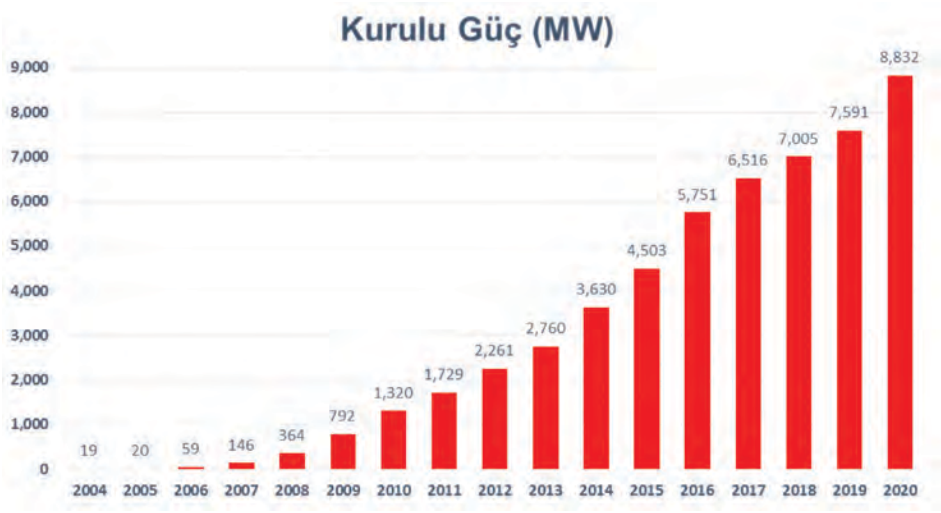


Dünyada rüzgâr enerjisi kümülatif kapasitesinin (Gigawatt – GW cinsinden) yıllara göre değişimi (Kaynak: GWEC – Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi)

enerji kaynaklarının kullanım oranındaki değişim yönelimleri izlendiğinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaklaşık %14 oranında arttığı dikkat çekiyor. Rüzgâr enerjisi kullanımının yıllara göre değişiminde de üstel bir artış göze çarpıyor. Dünyada 2020 yılı itibarıyla ulaşılan rüzgâr enerjisi kapasitesi 733 GW yöresindedir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki artışta rüzgâr enerjisi başı çekmektedir. Kilowatt gücünde tek tek rüzgâr türbinleriyle başlayan bu serüven, megawatt mertebesinde güçlerdeki rüzgâr türbinlerinden oluşan rüzgâr çiftliklerine ve daha da ilerisi okyanuslara kurulan (offshore) yüzen türbin alanlarına doğru ilerledi. Çin'de toplam gücü 7.965 MW olan "Gansu Rüzgâr Çiftliği", İngiltere'nin kuzeybatı kıyılarında kurulan 659 MW gücündeki "Walney Extension Offshore Rüzgâr Çiftliği" öne çıkan büyük kapasiteli uygulamalar olarak dikkat çekiyor.

2019 sonu verilerine göre, dünyada rüzgâr enerjisini en fazla kullanan veya en fazla rüzgâr enerjisi kurulu gücüne sahip ülkeler sıralamasında Çin (236.402 MW), Amerika Birleşik Devletleri (105.466 MW) ve Almanya (61.406 MW) ilk üç sırada yer alıyor. Yine aynı yıl için elektrik enerjisi tüketiminde rüzgâr enerjisinin en çok pay aldığı ülke ise %48'lik oranla Danimarka'dır.

Ülkemiz toprakları ev sahipliği yaptığı farklı medeniyetlerde rüzgâr enerjisi kullanımına ilişkin örnekler sunuyor. En eski örneklerden biri, şu anda ülkemizde rüzgâr enerjisinin etkin üretildiği alanlarda bulunan, Çanakkale ili sınırlarındaki Troya'ya uzanıyor. 14. yüzyılda bölgede rüzgâr değirmenleri bulunduğuna ilişkin elde edilen bilgilerden



Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücünün kümülatif değerler üzerinden yıllara göre değişimi (https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar)

sonra 1960-61 yıllarında Tarım Bakanlığı tarafından yapılan taramalarda 749 adet rüzgâr değirmeni olduğu rapor ediliyor. Rüzgârdan elektrik enerjisi üretimine ilişkin ülkemizdeki ilk örnek denilebilecek uygulama ise İzmir'in Çeşme ilçesinde 1986 yılında kurulan ve 55 kW gücünde olan rüzgâr türbinidir. Bir duraksama döneminden sonra yine Çeşme yöresinde 1998 yılında kurulan Germiyan Rüzgâr Enerjisi Santrali (RES) ile (ülkemizin ilk RES'i) ülkemizin rüzgâr potansiyelinin kullanımında ivmelenme başladı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından, 2006 yılında Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli atlası (REPA) düzenlendi. Bu rapor, rüzgâr enerjisi yatırımları için dikkat çekici ve teşvik edici bir kaynak olarak göze çarpıyor. Mayıs 2009 tarihli Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi'nde 2023 yılında rüzgâr enerjisine dayalı kurulu gücün en az 20.000 MW olmasının hedeflendiği belirtiliyor. Bununla beraber son yıllarda rüzgâr enerjisine eklediğimiz potansiyel güç olarak dünyada dikkat çeken ülkelerden biriyiz. 2021 yılında yayımlanan Küresel Rüzgâr Enerji Konseyi raporuna göre, Türkiye, yeni rüzgâr enerjisi santralleri kurulumları dikkate alındığında (eklenen rüzgâr enerjisi potansiyeli) dünya ölçeğinde ilk 10 ülke içerisinde yer alıyor.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, Türkiye'nin, rüzgâr enerjisi potansiyelinin yaklaşık 48.000 MW olduğu belirlendi. Aralık 2020 sonu itibarıyla, Türkiye'nin rüzgâr enerjisine dayalı kurulu elektrik gücü 8.832 MW'a yükseldi. Bunun, toplam elektrik üretimindeki payı ise %8,09'dur.

Ülkemizde rüzgâr enerjisi potansiyelinin en yoğun olduğu ve en fazla kurulu güce sahip olan üç il Balıkesir, Çanakkale ve İzmir'dir. Doğal olarak yatırımlar, rüzgâr potansiyelinin fazla olduğu bu iller ve yukarıda rüzgâr hızı dağılımlarında yüksek rüzgâr alan bölgelerde yoğunlaşıyor. Kurulu rüzgâr enerjisi santrallerinin dağılımına bakıldığında Türkiye'nin batısı (Kuzey Ege ve Güney Marmara ağırlıklı olmak üzere) öne çıkıyor.

Rüzgâr Enerjisi ve Çevre

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli avantajlarından biri çevre dostu olmalarıdır. Rüzgâr enerjisi, çevreye en az zarar veren kaynakların önde gelenlerindendir. Şimdi rüzgâr enerjisinin, çevre ve doğal hayat üzerindeki etkilerinden bazılarına değinelim:

Temizdir. Rüzgâr temiz, ücretsiz ve kolayca temin edilebilen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Örneğin, 2019'da rüzgâr enerjisi Avrupa'da 118 milyon ton CO_2 emisyonunun önüne geçmişti. Çalışan rüzgâr türbinleri, karbondioksit (CO_2) gibi sera gazları veya nitrojen oksit (NOx), kükürt oksit (SOx) veya partikül madde (PM) gibi diğer hava kirleticileri yaymaz.

Sürdürülebilirdir. Rüzgâr enerjisinin su ayak izi, diğer birçok elektrik üretim biçiminin aksine neredeyse sıfırdır. Rüzgâr türbinlerinin yapımı, nakliyesi, işletimi ve sökülmesi sırasında CO_2 emisyonları yaşanmasına rağmen, bu emisyonlar bir yıldan daha kısa bir işletim süresinde atmosfere geri ödenir. Rüzgâr türbinleri beton ve çelik gibi standart malzemelerden, kanatları da kompozit malzemelerden yapılır. Türbin temellerinde kullanılan çimento, genellikle toprağı kirletmeyen bir malzemedir. Rüzgâr türbinleri endüstrisi ve tedarik zinciri, kaynakları verimli kullanan ve sürdürülebilir malzemeler (düşük karbonlu çelik, kanatlar için geri dönüştürülebilir kompozitler vb.) geliştirmek için çalışıyor. Belirli türbin modelleri, başta kalıcı mıknatıslar olmak üzere, farklı miktarlarda nadir toprak elementleri kullanır. Malzemelerde geri dönüşüm oranı arttırıldığında sürdürülebilirlikte önemli kazanımlar elde edilecektir. Bunun yanında 20-25 yıla kadar ömürleri olan rüzgâr türbinleri, gelişen teknolojiyle daha uzun ömürlü hâle getirilerek birim zamanda oluşacak atık miktarının azaltılması da bekleniyor.

Rüzgâr çiftçiliği, tarıma ve denizciliğe en az zarar verecek, hatta katkı sağlayacak şekilde planlanabilir. Rüzgâr türbin çiftlikleri birçok tarımsal ve benzeri faaliyetlerle bir arada bulunabilir. Rüzgâr çiftlikleri, habitatların ve ekosistemlerin korunmasında rol oynayarak biyoçeşitlilik üzerinde olumlu etkilere sahip olabilir. Rüzgâr çiftlikleri kurulduktan sonra sahaları uzun yıllar bozulmadan kalır. Açık denizlerde rüzgâr çiftlikleri bulunan bölgelerde dip trolü ve dip tarama yapılamaz, bu da deniz tabanını korumamıza yardımcı olabilir. Diğer yandan, kıyı uygulamalarında, kıyı güvenliği ve deniz ulaşımında sorunlar yaşanabilir. Rüzgâr çiftlikleri kurulmadan önce fizibilite çalışmaları hassas bir şekilde yapılmazsa verimli tarım alanlarında ve ekolojik ortamlarda zararlar oluşabilir. Bu yüzden çevresel etki değerlendirmeleri profesyonel şekilde hazırlanarak rüzgâr türbinleri ve özellikle çiftlikleri kurulmadan önce tüm olumsuz süreçler yapay benzetimlerle değerlendirilmeli ve ancak gerekli önlemler alınıp olumsuzluklar en aza indirildikten sonra kurulum gerçekleştirilmelidir.



Rüzgâr çiftliklerinin kuşlar ve yarasalar üzerindeki etkisi, iklim değişikliğinin ve diğer insan faaliyetlerinin etkisiyle karşılaştırıldığında son derece düşüktür. Aynı zamanda, bu etkinin diğer enerji üretim biçimlerinin etkisinden çok daha düşük olduğuna ilişkin çalışmalar da mevcuttur. Rüzgâr çiftliklerinin bu türler üzerindeki etkisini önlemek ve/veya azaltmak için yerel yetkililer ve kuş uzmanlarıyla birlikte çalışılmalıdır. İyi bir planlama ve konumlandırma yoluyla kuşları ve yarasaları rüzgâr türbinlerinden uzak tutmak için



önlemler alınabilir ancak bu uzaklaştırmadan hayvanların ne kadar etkileneceği de titizlikle araştırılmalıdır. Özellikle büyük rüzgâr çiftliklerinin göç yolları üzerinde olmasının getireceği sonuçlar, çiftlikler kurulmadan önce iyi analiz edilmeli ve konumlandırmalar canlılara en az zarar verecek şekilde yapılmalıdır. Bu konuda bir başka çözüm de kuşlar veya yarasalar rüzgâr türbinlerine çok yakın uçtuğunda rotorun dönmesini durdurmaya yarayan özel bir ekipman kullanmak olabilir.

Yeni nesil rüzgâr türbinleri, eskilerinden çok daha sessizdir. Son dönemde tasarım ve teknolojide büyük iyileştirmeler yapılarak mekanik olarak üretilen gürültü çok aza indirildi. Ayrıca kanatların rüzgârdaki hareketinin yarattığı aerodinamik gürültü de önemli ölçüde azaltıldı. Yasal düzenlemelerle rüzgâr türbini sesi için sınırlar getirilebilir. Avrupa'da izin verilen maksimum sınır; gündüz 40- 55 desibel, gece ise 5-10 desibel arasında değişiyor. Örneğin, 350 m uzaklıktaki (genellikle yerleşim yerlerinden çok daha uzak mesafelere inşa edilirler) bir rüzgâr çiftliğinin üretebileceği gürültü 35-45 desibel iken şehir trafiğinin oluşturacağı gürültü 90 desibele kadar çıkabiliyor, hatta orta seviyede karşılıklı konuşmada gürültü seviyesi 40-50 desibele ulaşabiliyor. Yeni geliştirilen kanatsız rüzgâr türbinlerinde gürültünün çok daha aşağı seviyelerde olacağı öngörülüyor.

Yukarıda söz edilen olumlu ve olumsuz yönler dikkate alındığında, rüzgâr, en sürdürülebilir ve çevre dostu enerji kaynaklarından biri

olarak öne çıkıyor. Ancak proje büyüklüğüne ve inşa edildikleri sahanın koşullarına bağlı olarak bazı çevresel olumsuzluklara da yol açabilecekleri unutulmamalıdır. Rüzgâr türbinleriyle ilişkili olumsuz çevresel etkilerin çoğu, ayrıntılı araştırma ve teknolojik gelişmeler sayesinde büyük ölçüde önlenebilir görünüyor.



Sonuç olarak, insanlık fosil kaynakların tükenmeye yakın olduğunun farkında ve bu kaynakların çevreye verdiği zararlar ve küresel ısınmanın getirdiği olumsuz sonuçlarla karşı karşıyadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve enerji tüketimindeki payı gittikçe artıyor. Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisiyle birlikte kullanımı en çok artan yenilenebilir kaynaklardandır. Ülkemizde de rüzgâr potansiyelinin kullanımı son 10 yıl içinde katlanarak arttı ve rüzgâr enerjisi potansiyelinin aktifleştirilmesi açısından dünyada ve Avrupa'daki ülkeler arasında ön sıralarda yer almamızı sağladı. Bu ilerleme, son dönemde küresel ısınma konusunda gösterdiğimiz artan hassasiyete önemli bir dayanak oluşturuyor.

Ülkemizin rüzgâr potansiyeli en yüksek yerlerinden biri olan Çanakkale'nin rüzgârlı günlerinde, rüzgâr türbinlerine bakarak bu yazıyı tamamlamak ayrı bir keyif oldu. Biz Dünyalıların esen yel ile ferahlamanın yanında, ondan gelen enerjiyi de kullanarak daha temiz bir Dünya için daha fazla katkı vermemiz dileğiyle… ■

Kaynaklar

A.Dhanola, H.C.Garg, "Tribological challenges and advancements in wind turbine bearings: A review", *Engineering Failure Analysis*, cilt 118, 104885, (2020).
M. Ebrahimpour, R.Shafaghat, R. Alamian and M. S. Shadloo, "Numerical Investigation of the Savonius Vertical Axis Wind Turbine and Evaluation of the Effect of the Overlap Parameter in Both Horizontal and Vertical Directions on Its Performance", *Symmetry*, 11, 821, (2019).
P. Veers, K. Dykes, E. Lantz vd., "Grand challenges in the science of wind energy", *Science*, 366, 443, (2019).
Y. Wittor, "Harvesting wind energy through electrostatic wind energy conversion - Comparison with common wind turbines and future possibilities", *EGU Master Journal of Renewable Energy Short Reviews*, 2021_09, 48, (2021).
F., Pierre; J., Matthew W.; O., Michael; vd., "Global Carbon Budget 2019". *Earth System Science Data*. 11 (4): 1783–1838. (2019).
M. Acaroğlu, "Alternatif Enerji Kaynakları", *Nobel Yayınları*, Yayın No:1253, (2007).
Offshore Wind Outlook 2019, International Energy Agency. www.iea.org
https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar
https://repa.enerji.gov.tr/REPA/
https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar
https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar
https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf
https://www.emo.org.tr/ekler/dc375089b790ef9_ek.pdf
https://gwec.net/global-wind-report-2021/
https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power
https://energypedia.info/wiki/Wind_Energy_-_Physics
https://www.energy.gov/articles/how-wind-turbine-works
https://electricalacademia.com/renewable-energy/wind-turbine-parts-functions/
https://windeurope.org/about-wind/wind-energy-and-the-environment/
https://www.powermag.com/changing-winds-emerging-wind-turbine-technologies/
http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/TÜBA-Rüzgâr%20Enerjisi%20Teknolojileri%20Raporu.pdf
https://www.wired.co.uk/article/bladeless-wind-turbine-ewicon
P. Jain, "*Wind Energy Engineering*", The McGraw-Hill Companies, Inc., ISBN: 978-0-07-171478-5, pg.33-35, (2011)
S. Wang and S. Wang, "Impacts of wind energy on enviroment: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* Vol. 49, 437-443, (2015)
https://energyeducation.ca/encyclopedia/Wind_power#cite_note-4
https://en.wikipedia.org/wiki/Wind
https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy#Wind_power

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol [*merak.ettikleriniz@tubitak.gov.tr*



Ördekler **Nasıl Kuru Kalabiliyor?**

Ördekler salgıladıkları yağlar ile tüylerini kaplar. Bu yağlar tüy yüzeylerine hidrofobi özelliği kazandırır, yani tüyler su moleküllerini elektrostatik olarak iter. Ayrıca ördeklerin tüyleri suyu dışarıda tutabilen bir yapıdadır. Tüylerindeki dallanmalar arasındaki yüzeylerde minik boşluklar bulunur. Bu gözenekli dokuda hapsedilen hava paketçikleri sayesinde ördekler vücut sıcaklıklarını korur. Ancak ördekler suya daldıklarında, derinlik arttıkça tüylere etki eden sıvı basıncı da artar ve suyu tüyün ötesine geçmeye zorlar. Basınç artışına rağmen ördek cildini ıslanmaktan koruyan ve düşük sürtünmeyle yüzebilmelerini sağlayan etmen ise çok katmanlı tüy yapısıdır.

Bu yılın başlarında yapılan bir deneyde, araştırmacılar çok katmanlı tüy yapısını test etmek için bir düzenek hazırladılar. Bir basınç odasında gerçekleştirilen deneyde, üst üste dizilen ördek tüylerinin üzerine gönderilen su kütlesinin hareketi kamera-larla kaydedildi. Görüntüler, katman sayısı arttıkça suyun en alt tabakaya erişebilmesi için gerekli basınç miktarının da sürekli arttığını gösteriyor. İncelenen ördek türleri arasında, suda daha derine dalanların daha fazla sayıda tüy katmanına sahip olduğu da tespit edildi.

Yani aslında ördekler tamamıyla kuru kalamasalar da tüylerinde ilerlemekte zorlanan suyun ciltlerine ulaşmasını engelleyen çok katmanlı tüy dizilimleri sayesinde yalıtımlarını koruyabiliyor.

Kaynaklar

Ahmadi, S. F., Umashankar, V., Dean, Z., Chang, B., Jung, S., & Boreyko, J. B. (2021). How Multilayered Feathers Enhance Underwater Superhydrophobicity. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 13(23), 27567–27574.
eurekalert.org/news-releases/763343
news.mit.edu/2014/how-cormorants-emerge-dry-after-deep-dives-0616

Buz Banyosu Kaslara İyi Gelir mi?

Daha yaygın olarak buz banyosu adıyla bilinen soğuk su terapisi, sporcuların müsabaka ya da antrenman sonrasında sıkça uyguladıkları toparlanma yöntemlerinden bir tanesi. Genellikle 10-15 °C aralığındaki suyla on dakika civarında uygulanan soğuk suya dalma uygulamasının kas onarımını artırdığı ve uzun vadede sportif performansı geliştirdiği iddia ediliyor. Başarılı sporcuların paylaşımlarıyla popülerliği gittikçe artan buz banyosu üzerinde yapılan araştırmalar ise performansa etkisi konusunda soru işaretleri ortaya çıkarıyor.

Yoğun egzersizler sırasında bazı kas dokularının fazlaca zorlanmasıyla hücre zedelenmeleri ve inflamasyon (yangı) oluşumu sıklıkla karşılaşılan durumlardan. Hücre hasarıyla uyarılan dokularda, sorunlu bölgeyi iyileştirmek ve güçlendirmek için hummalı bir çalışma başlar. Genellikle egzersizden sonraki 12-72 saat aralığında ağrılarla kendini belli eden bu duruma gecikmiş kas ağrısı, halk arasında daha sık kullanılan adıyla "hamlık" denir. Buz banyosunun sıcaklığı ve uyguladığı basınçla hasarlı bölgedeki kan damarları büzülür. Bu sayede, bölgeye yığılmaya başlayan akıntının önü kesilir ve hasarlı alandan uzaklaştırılması gereken laktik asit gibi maddelere de yol açılır. Böylece doku yıkımı ve şişlik miktarı azalır. Ek olarak, buz banyosunun kalp atım hızını düzenlemeye de yardımcı olduğu belirtiliyor.

Egzersiz sonrası buz banyolarının rahatlatıcı ve ağrı azaltıcı etkisi üzerinde bir fikir birliği bulunurken sportif performansa etkisinin ölçüldüğü araştırmalar geniş bir yelpazede sonuçlar sunuyor. Örneğin, bir araştırma grubu ağırlık kaldırma gibi kuvvet odaklı egzersizler yapan sporcuların düzenli buz banyosu yapmalarının devam eden süreçte performanslarına etkisini inceledi ve bu sporcularda güç artışı, kas kütlesi ve hücresel gelişim bakımından eksilme ya da baskılanma gerçekleştiği bulgularına ulaştı. Araştırmacılar, buz banyosunun kas hücreleri için gerekli protein sentezi işlemini sekteye uğrattığını düşünüyor. Yürüyüş ve koşu gibi dayanıklılık odaklı sporlarda ise buz banyosunun etkisi olumlu yönde. Hücrelerimizde enerji üretiminden sorumlu organel olan mitokondri, yüksek miktarda enerji harcayan kaslarımızda bolca bulunur. Yapılan bir araştırmada, dayanıklılık sporları sırasında artan mitokondri etkinliğinin buz banyosu ile daha da arttığı görüldü. Araştırmacılar bunu *PGC-1α* adlı genin soğuk su sayesinde işleyişinin artmasına bağlıyor. Bu genin işleyişindeki artış, mitokondrilerde büyümeye, etkinlik artışına ve yapılarındaki proteinlerin daha aktif çalışmasına yol açıyor.

Kaynaklar

pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24561815
sciencedaily.com/releases/2019/12/191202220355.htm
theconversation.com/health-check-do-ice-baths-after-sport-help-recovery-or-improve-results-44829
wexnermedical.osu.edu/blog/ice-baths-muscle-growth



Sürdürülebilir Et Tüketimiyle İklim Değişikliğini Önleyebilir miyiz?

Doç. Dr. Neşe YILMAZ TUNCEL, Havva POLAT

[*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü*



Gıdaya, özellikle de hayvansal gıdalara olan talep hem nüfustaki hem de refah seviyesindeki genel artış nedeniyle giderek yükseliyor. Araştırmalara göre, 2016 yılında dünya et tüketimi 1992 yılındakine kıyasla %500 arttı, ayrıca et talebi 2050 yılına kadar 455 milyon ton olabilir. Bu veriler beslenme alışkanlıklarımızın son yüzyılda kesin olarak değiştiğini gösteriyor.

Et tüketimi ile küresel ısınmanın ne ilişkisi var?

Hayvansal gıdalar, yiyeceklerden alınan kalorinin %18'ini ve gıda kaynaklı proteinin %37'sini karşılamalarına rağmen orantısız olarak tarımsal alan işgalinin %83'ünden ve gıda ile ilişkili sera gazı emisyonlarının %58'inden sorumludur. Hayvancılık sektöründen kaynaklanan sera gazı salımları yıllık 7,1 gigaton CO_2 eşdeğeri civarında olup bu miktar insan kaynaklı toplam sera gazı salımının %14,5'ini oluşturuyor. Dana eti ve inek sütü üretimi bu sektörden kaynaklı salımın %60'ından fazlasından sorumludur. Artan yoğun et talebini karşılamak amacıyla giderek daha çok sayıda canlı hayvan yetiştirilmesi, daha fazla arazi ve doğal kaynak kullanımının yanı sıra daha fazla yem gereksinimi, daha fazla metan gazı salımı ve daha fazla gübre oluşumu anlamına da geliyor.

Hayvancılık sektöründeki sera gazı kaynakları nelerdir?

Hayvancılık sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının en önemli bileşeni yem üretimi olup, toplam salımın %45'ine (3,2 gigaton CO_2 eşdeğeri) tekabül ediyor. Bununla birlikte üretilen yemin hayvansal proteine dönüşüm oranı çok verimsizdir. Ortalama 1 kg et proteini üretimi için hayvanın 6 kg bitkisel protein tüketmesi gerekir. Bu hesaplama yem miktarı üzerinden yapıldığında, kümes hayvanları ve dana eti için sırasıyla 3,3 ve 25 kg yem miktarına karşılık geliyor. Bu oranlar bitkisel kaynakların artık neden hayvan beslenmesi için değil, doğrudan insan beslenmesi için kullanılması gerektiğini açıklıyor.

Hayvancılık sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının diğer kaynakları ise %39'luk (2,8 gigaton CO_2 eşdeğeri) pay ile enterik fermentasyon (yem sindirim sürecinden kaynaklanan gazlar), %10'luk (0,71 gigaton CO_2 eşdeğeri) pay ile gübre ve %6'lık (0,42 gigaton CO_2 eşdeğeri) pay ile işleme ve taşıma faaliyetleridir.

Hayvancılık sektörünün neden olduğu en önemli sera gazları metan ve nitröz oksittir. Esas olarak enterik fermantasyondan kaynaklanan metan gazı, küresel ısınma üzerinde karbon dioksitten 28 kat daha etkili iken, gübre depolama ve kullanımından kaynaklanan nitröz oksit gazı ise 265 kat daha fazla etkilidir.

Hangi et türünü tüketmek küresel ısınmayı daha fazla arttırıyor?

Geviş getiren hayvanlar, geviş getirmeyenlere kıyasla daha fazla sera gazı salımına neden oluyor. Keçi, koyun ve sığır gibi insanlar tarafından kırmızı et kaynağı olarak tüketilen geviş getiren hayvanlar çok odacıklı midelerinde yemleri fermente ediyor ve bu fermantasyon sonrasında oluşan metan gazını kullanamadıkları için atmosfere salıyorlar. Metan gazı formunda kaybedilen enerji hayvanın tükettiği yemin bileşimi, yemlerin işlenme tekniği ve yem katkı maddeleri kullanımı gibi birçok faktöre bağlı

olarak yemlerle alınan enerjinin %2'si ile %12'si arasında değişiyor. Bir yandan ekonomik kayıp anlamına gelen bu durum, diğer yandan önemli düzeyde sera gazı etkisine sahip olan metanın atmosfere salınması nedeniyle küresel ısınmada rol oynayan etkili bir unsur hâline geliyor. Dünya genelinde yetiştirilen ana hayvan türleri sera gazı salımına etkileri bakımından şu şekilde sıralanabilir: et sığırı (%45), süt sığırı (%26), manda (%12), koyun (%4,5), keçi (%4) ve tavuk (%1,5).



Et benzeri ürünler ve etin alternatifleri

Sürdürülebilir üretim açısından hayvansal ürün alternatiflerinin bitkisel veya başka kaynaklar kullanılarak üretimi, hâlihazırda dünyada en çok kaynak ayrılan araştırma konularından biridir. Günümüzde vejetaryen ve özellikle de vegan ürünler dünyada en hızlı yükselen ürün gruplarından birini oluşturuyor. Bu ürün grubu içerisinde özellikle bitkisel esaslı et ve süt analogları/alternatifleri önemli bir yer tutuyor. Et analogları, ete benzer duyusal ve fizikokimyasal özellikte olmanın yanı sıra fonksiyonel açıdan da et gibi işlev gören ürünlerdir. Farklı üretim teknikleri ile üretilen et analogları temel olarak su, yapılandırılmış (dokulandırılmış) bitkisel protein, yağ, aroma vericiler, bağlayıcılar ve renk maddeleri gibi bileşenlerden oluşur. Bitkisel protein olarak çok çeşitli tahıl ve baklagil kaynakları kullanılmakla beraber, en yaygın kaynak kendine özgü özellikleri ve düşük maliyeti nedeniyle soya proteinidir.

Bu konuda bir diğer yaklaşım ise *in vitro* yöntem veya kültür yöntemi olarak anılan ve laboratuvar şartlarında et üretimini tanımlayan yaklaşımdır. Bu yöntem ile canlı hayvandan alınan bir hücre laboratuvarda uygun bileşime sahip besiyerleri (mikroorganizmaların veya hücrelerin gelişimini desteklemek amacıyla laboratuvar ortamında hazırlanmış sıvı veya jel hâlinde besleyici ortamlar) içerisinde et dokusuna dönüştürülür. Etin canlı hayvan yetiştiriciliği olmadan da üretilmesi pek çok bilim kurgu filmine de konu olmuş ve aslında çok da yeni olmayan bir fikirdir. 1932 yılında, Winston Churchill gelecekte tavuk göğsünü veya tavuk kanadını tavuğun kendisi olmadan da üretmenin bir yolunun bulunacağından emin olduğunu söylemişti. Bununla birlikte yapılan araştırma ve kamuoyu yoklamaları, bu yöntem ile üretilen etlerin tüketiciler tarafından kabulünün düşük olduğunu gösteriyor. Ayrıca *in vitro* yöntem veya kültür yöntemi ile yapay et üretimi, doğası gereği bazı etik sorunları da beraberinde getiriyor.

Et analoglarının yanı sıra bugün ülkemizde de marketlerin inek sütü bulunan raflarında soya sütü, yulaf sütü, Hindistan cevizi sütü, fındık sütü ve badem sütü gibi bitkisel esaslı protein içeren süt alternatifi içecekler/süt analogları da yerlerini aldı.

Et tüketimi sürdürülebilir mi?

Son 50 yılda küresel olarak et üretimimiz yaklaşık olarak 4 katına çıktı. Eğer dünyadaki her bir ülke şu an en çok et tüketen ülkeler kadar et tüketseydi bugün dünyada yaşanabilir arazilerin tamamı hayvanlarla dolu olurdu ve yine de elde edilen miktar nüfusun talebini karşılamaya yetmezdi. Artan nüfus ve et talebi matematiği düşünüldüğünde, toprak ve su gibi tükenir doğal kaynaklar ve sera gazı emisyonları bakımından hâlihazırdaki miktarda et tüketimi sürdürülebilir değildir. Et tüketiminin azaltılması veya alternatif et üretim yöntemleri ile et üretimi, öncelikle canlı hayvan

yetiştiriciliğine olan ihtiyacı azaltacağından daha az kaynak gereksinimi ve dolayısıyla da daha az sera gazı salımı ve çevre kirliliği söz konusu olacaktır.

Gelecekte de et tüketebilecek miyiz?



Bilimsel çalışmalar et üretiminin toplamda bitki esaslı ürünlerin elde edilme sürecine kıyasla daha fazla sera gazı salımına sebep olduğunu göstermiştir. Bu nedenle küresel hava sıcaklığı artışının 2 °C'nin altına indirilmesi hedefinin karşılanması için hayvansal ürün tüketiminin sınırlandırılması gerektiği bir gerçektir. Yaşam döngüsü analizlerine göre hayvan yetiştiriciliğinin iklim değişikliğindeki payı %43 iken, tahıl üretimininki %30, meyve-sebze üretimininki %17, bakliyat üretimininki ise %10'dur. Küresel ısınmanın görmezden gelinemeyecek sonuçları sebebiyle beslenme alışkanlıkları ve düzenlerimizde köklü değişikliklere gitmemiz öneriliyor. Bu değişiklikler arasında öncelikle aşırı tüketimin azaltılması, hayvansal ürünlerin (özellikle kırmızı et kaynaklarının) tüketiminin sınırlandırılması, hayvansal ürünlerin en azından kısmen bitki esaslı et veya süt analogları ile yer değiştirilmesi bulunuyor.

Diğer yandan hayvansal gıdalar protein, demir ve B12 vitamini gibi besin öğeleri açısından son derece değerli kaynaklardır. Dolayısıyla geliştirilen et analoglarının besleyicilik açısından hayvansal etin sağladığı yüksek kaliteli protein ve diğer mikro bileşenlerin getirdiği sağlık yararını karşılaması gerekir. Bununla birlikte, hayvancılık milyarlarca kişi için bir iş kapısı ve geçim kaynağıdır, ayrıca hayvan yetiştiriciliği ve ürünlerinin ticareti pek çok ülke ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu yüzden sorunun cevabı çok boyutlu olarak düşünülmeli ve sözü edilen konular mutlaka birlikte ele alınmalıdır. ■

Kaynaklar

Arslan, C. ve Çelebi, E., "Ruminantlarda Rumende Oluşan Metan Üretimini Azaltmaya Yönelik Çalışmalar", *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi,* Cilt 12, Sayı 3, s. 327-337, 20 Aralık 2017.

Bryant, C., Nek, L. ve Roland, N.C.M. "European Markets for Cultured Meat: A Comparison of Germany and France. *Foods*, Cilt 9, Sayı 9, 21 Ağustos 2020.

Çelik Sezer, İ. "Yerküremiz Isınırken Bireysel İnisiyatiflerin Gücü", *Bilim ve Teknik*, Sayı 632, s. 14-31, Temmuz 2020.

FAO., "Greenhouse Gas Emissions from Agriculture, Forestry and Other Land Use", 2016.

www.fao.org/gleam/en/

https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/ WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf

Kılıç, Ekici, Ö. "Yapay Et Geleceğin Hayvansal Gıdası Olabilir mi?" *Bilim ve Teknik*, Sayı 527, s. 36-41, Ekim 2011.

Tamburino, L., Bravo, G., Clough, Y. ve Nicholas, K. A., "From Population to Production: 50 Years of Scientific Literature on How to Feed The World", *Global Food Security*, Cilt 24, s. 1-8, 2020.

2021

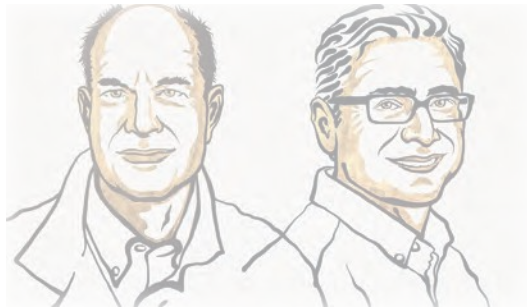
NOBEL BİLİM ÖDÜLLERİ



Dr. Mahir E. Ocak [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*

Her yıl olduğu gibi bu yıl da merakla beklenen Nobel Bilim Ödülleri geçtiğimiz ayın başlarında açıklandı. Fizyoloji veya Tıp, Kimya ve Fizik dallarındaki çığır açıcı başarılarıyla Nobel'e layık görülen bilim insanları 10 Aralık'ta Stockholm'de düzenlenecek törenle ödüllerini alacak. İşte 2021'in Nobel yıldızlarının ödül kazandıran bilimsel çalışmaları.

Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü



David Julius (solda) ve Ardem Patapoutian (sağda)

2021 Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü'nün sahipleri, San Francisco'daki Kaliforniya Üniversitesinden David Julius ve Scripps Araştırma Enstitüsünden Ardem Patapoutian oldu. Araştırmacıların sıcaklık ve dokunma reseptörlerini keşifleri dolayısıyla ödüle layık görüldükleri açıklandı.

Dış uyaranları algılamak, insanlar ve diğer canlılar için hayati önemdedir. Geçtiğimiz yıllarda bu konuda önemli çalışmalar yapan bilim insanları üç kez Nobel Ödülü ile onurlandırılmıştı. 1906 yılında Camillo Golgi ve Santiago Ramon y Cajal sinir sisteminin yapısı, 1932 yılında Charles Sherrington ve Edgar Adrian nöronların işlevleri, 1944 yılında da Joseph Erlanger ve Herbert Spencer Gasser tekil duyu sinirlerinin işlevleri üzerine yaptıkları çalışmalar nedeniyle Nobel Ödülü'nü kazanmışlardı.

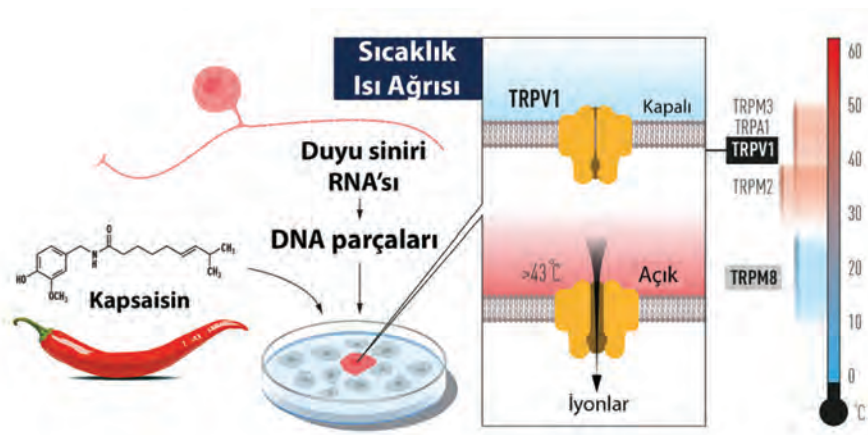
1990'lardan önce yapılan çalışmalar sayesinde, dış uyaranların sebep olduğu sinirsel etkinlikler hakkında büyük bir bilgi birikimi oluşmuşsa da en temel soru hâlâ cevaplanmayı bekliyordu: Isı ve mekanik uyaranları algılayan moleküllerin yapısı neydi ve bu moleküller hangi yollarla sinirlerde elektrik sinyallerinin ortaya çıkmasını sağlıyordu? Julius ve Patapoutian, 1990'lardan sonra yaptıkları çalışmalarla bu temel soruya cevap verdiler.

Isı Reseptörleri

David Julius, 1990'ların sonlarında San Francisco'daki Kaliforniya Üniversitesinde kapsaisin molekülünün neden olduğu yanma hissi üzerine çalışmalar yapıyordu. Pul biberde bulunan bu molekülün sinir hücrelerini uyararak ağrıya neden olduğu biliniyordu. Ancak bu sürecin detayları hakkında fazla bilgi yoktu. Julius ve arkadaşları ilk olarak duyu sinirlerinde ifade edilen milyonlarca geni içeren bir gen kütüphanesi hazırladılar. Araştırmacılar, daha sonra bu kütüphanedeki genleri normal koşullar altında kapsaisine tepki vermeyen kültür hücrelerinde etkinleştirerek, hücrelerin kapsaisine tepki vermesini sağlayan geni tespit ettiler. Çalışmalar bu genin daha sonraları TRPV1 olarak adlandırılan bir iyon kanalı proteinini kodladığını gösterdi.

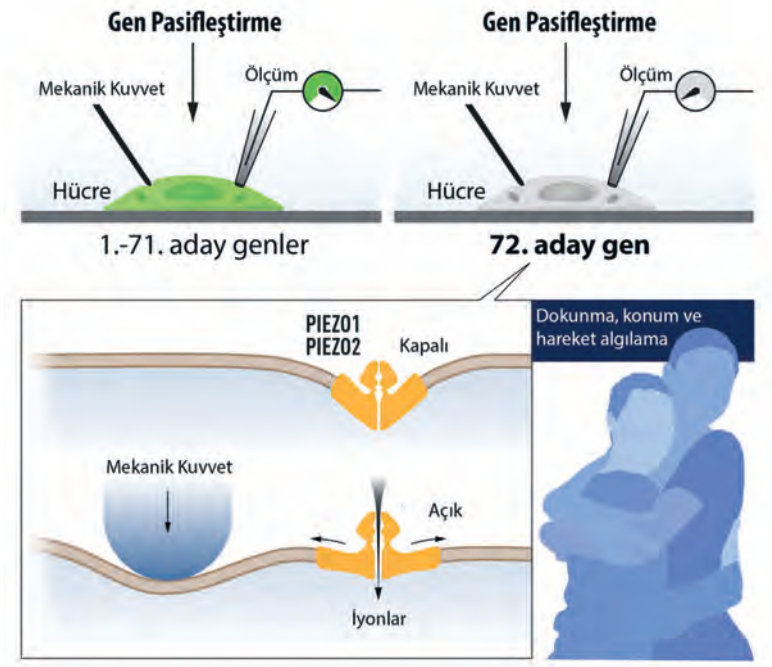
Araştırmacılar kapsaisine tepki verilmesini sağlayan geni bulmak için, oluşturdukları gen kütüphanesindeki tüm genleri tek tek hücre kültürlerinde test ettiler.

Julius ve arkadaşları, TRPV1 iyon kanalı üzerine yaptıkları detaylı çalışmalarda bu iyon kanalının başka hiçbir uyaran olmadığı durumlarda ısıya tepki vererek açılıp kapandığını ve böylece sinir hücrelerinde elektrik sinyallerinin ortaya çıkmasını sağladığını gösterdi. İyon



kanalı belirli bir eşik değerin üzerinde sıcaklığa maruz kaldığında ağrı hissedilmesine neden oluyordu.

Daha sonraları ısıya duyarlı başka reseptörler de keşfedildi. Örneğin Julius ve Patapoutian birbirlerinden bağımsız olarak TRMP8 adlı, soğuğa duyarlı bir reseptör keşfettiler. Bugün sıcaklığın algılanmasında rol aldığı bilinen iyon kanalları arasında TRPV1, TRPA1, TRPM3, TRPM2 ve TRPM8 var. TRP kanalları olarak adlandırılan iyon kanalları farklı sıcaklık aralıklarında aktifleşerek acı hissedilmesine neden oluyor ve böylece canlıyı tehlikeli olabilecek derecede yüksek ve düşük sıcaklıklara karşı uyarıyor. Bu sayede ortaya çıkan koruyucu refleksler, canlının yaşamını devam ettirmesine yardımcı oluyor. Bilimsel çalışmalar, TRP iyon kanallarının aynı zamanda iç organlarda hissedilen ağrının tetiklenmesinde de rol oynadığını gösteriyor.



Basınç Reseptörleri

Ardem Patapoutian'dan önce bakterilerdeki mekanik uyaranlara tepki veren sensörler üzerine çeşitli çalışmalar yapılmışsa da omurgalılarda basıncın algılanmasını tetikleyen moleküller hakkında bilgi yoktu. Patapoutian ve arkadaşları ilk olarak mikropipet ile dürtüldüğünde ölçülebilir büyüklükte elektrik sinyalleri üreten bir hücre dizisi keşfettiler. Araştırmacılar, elektrik sinyalinin mekanik kuvvete duyarlı iyon kanalları tarafından tetiklendiğini varsaydı ve ilk olarak muhtemel reseptörleri kodladığını düşündükleri genleri tespit ettiler. Daha sonra bu genleri tek tek etkisizleştirerek hücrelerin mekanik etkenlere karşı duyarlı olmasını sağlayan geni buldular. Çalışmalar, bu genin daha sonraları Piezo1 olarak adlandırılacak bir iyon kanalı proteinini kodladığını gösterdi. Kısa bir süre sonra Piezo1'e çok benzer bir yapıda başka bir iyon kanalı daha bulundu. Piezo1 gibi basınca duyarlı olan bu iyon kanalına da Piezo2 adı verildi. İlerleyen yıllarda hem Patapoutian ve arkadaşları hem de başka araştırma grupları tarafından yapılan çalışmalar, Piezo1 ve Piezo2 iyon kanallarının dokunma hissinin yanı sıra vücudun kendi konumunu ve hareketlerini algılamasında, kan basıncının ve solunumun düzenlenmesinde ve idrar kesesinin kontrol edilmesinde de rol aldığını gösterdi.

Patapoutian ve arkadaşları, tespit ettikleri 72 aday genin her seferinde sadece bir tanesini pasifleştirerek mekanik uyaranların algılanmasını sağlayan iyon kanalı proteinini kodlayan geni tespit ettiler. Basınca tepki vererek açılıp kapanan iyon kanalları, dokunma hissinin yanı sıra vücudun kendi konumunu ve hareketlerini algılamasını da sağlıyor.

Özetle TRP ve Piezo iyon kanallarının keşfedilmesiyle sıcak, soğuk ve basıncın sinir sinyallerini nasıl tetiklediği daha iyi anlaşıldı. Günümüzde bu kanalların işleyişi ile ilgili bilgilerden kronik ağrılar da dâhil olmak üzere pek çok hastalığın tedavisinde yararlanılıyor.

Nobel Fizik Ödülü



Soldan sağa Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann ve Giorgio Parisi

2021 Nobel Fizik Ödülü'nün bu yılki sahipleri Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann ve Giorgio Parisi oldu. İsveç Kraliyet Bilimler Akademisinden yapılan açıklamada Manabe ve Hasselmann'ın geliştirdikleri iklim modelleri ve insanların Dünya'nın iklimine etkileri ile ilgili çalışmaları nedeniyle, Parisi'ninse düzensiz karmaşık malzemelerle ilgili kuramlara katkısı nedeniyle ödüle layık görüldükleri açıklandı.

Karmaşık sistemler birbiriyle etkileşim hâlinde olan çok sayıda alt sistemden oluşur. Bu sistemleri matematik diliyle ifade etmek zordur. Ayrıca karmaşık sistemler kaotik olabilir; başlangıç koşullarındaki ufak farklar, sistemin zaman içindeki gelişiminde çok büyük değişikliklerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu yüzden karmaşık sistemlerle ilgili hassas tahminler yapmak zordur. Bu yıl Nobel Fizik Ödülü'nü kazanan araştırmacıların üçü de karmaşık sistemler ve bu sistemlerin zamanla gelişimi hakkındaki bilgi birikimine önemli katkılar yaptılar.

İklim Modelleri

Karmaşık sistemlerin örneklerinden biri atmosferdir. Sistem o kadar kaotiktir ki bir kelebeğin kanat çırpmasının bir fırtınayı tetikleyebileceği söylenir.

Atmosferin, Dünya'nın iklimi üzerindeki önemli rolünü ilk kavrayan kişi Joseph Fourier'di. Fransız fizikçi, iki yüz yıl önce yerküreden yayılan ısının atmosfer tarafından soğurulduğunu fark etmişti. Atmosfer tıpkı kışın bitkileri büyütmek için kullanılan seralar gibi davranıyor, yerküreden yayılan ısının hızla uzaya yayılmasını engelleyerek Dünya'nın ısınmasına katkıda bulunuyordu. Atmosferin neden olduğu sera etkisi, Dünya'nın yaşanabilir bir gezegen olması için hayati önemdedir. Sera etkisi olmasaydı Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığı -18 °C civarında olurdu. Bugün yerkürenin ortalama yüzey sıcaklığının 15 °C civarında olmasını sağlayan etken, yerküreden yayılan ısıyı önce soğurup sonra yeniden yayan sera gazlarıdır.

Su buharı, karbondioksit ve metan; atmosferde bulunan sera gazlarından bazılarıdır. Atmosferin neredeyse %99'unu oluşturan oksijen ve azot gazları ise sera etkisine katkıda bulunmaz.

Atmosferde bulunan en güçlü sera gazı, su buharıdır. Ancak atmosferdeki su buharı miktarının insanlar tarafından kontrol edilmesi kolay değildir. Bugün atmosferin yaklaşık



%0,04'ünü oluşturan karbondioksidin miktarındaysa, insan etkinlikleri sonucunda, görece kısa zaman dilimlerinde büyük değişiklikler görülebilir. Örneğin enerji elde etmek için fosil yakıtların kullanılması, atmosfere karbondioksit salınmasıyla sonuçlanır.

İsveçli kimyacı Svante Arrhenius, 19. yüzyılın sonunda Dünya'nın neden zaman zaman buzul çağlarına girdiğini anlamaya çalışırken karbondioksidin iklim açısından önemini fark etmişti. Nobel ödüllü araştırmacı, atmosferdeki karbondioksit miktarı yarıya düşerse yeni bir buzul çağının başlayacağını, atmosferdeki karbondioksit miktarının iki katına çıkması hâlinde ise Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının 5-6 °C artacağını tahmin etti. Arrhenius'un tahmini, güncel tahminlere şaşırtıcı derecede yakındır.

Arrhenius'tan yaklaşık 70 yıl sonra Syukuro Manabe, karbondioksit ile iklim arasındaki ilişkiyi incelemeye başladı. Japon fizikçi, 1960'larda yaptığı çalışmalarda havadaki konveksiyon hareketlerine ve su buharındaki gizli ısıya odaklandı.

Manabe, hesapları kolaylaştırmak için bir boyutlu bir model oluşturmuştu. Atmosferin 40 kilometre yüksekliğinde bir sütun olarak alındığı bu model her ne kadar hayli basit olsa da o zamanların teknolojisiyle hesaplar yapmak saatler sürüyordu. Manabe, oksijen ve azotun Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığı üzerinde önemli bir etkisi olmadığını, havadaki karbondioksit miktarının iki katına çıkması hâlindeyse küresel sıcaklıkların 2 °C artacağını hesaplamıştı. Manabe'nin hesaplarının önemli bir sonucu, atmosferdeki karbondioksit artışının ortalama yüzey sıcaklığını artırırken atmosferin üst katmanlarını soğutacağını göstermesiydi.

Manabe, ilerleyen yıllarda da iklim modelleri üzerine çalışmaya devam etti. Zamanla daha karmaşık ve daha gerçekçi iklim modelleri geliştirdi. İlk üç boyutlu iklim modelini 1975'te yayımladı.

Klaus Hasselmann'ın iklim modelleri konusuna en önemli katkısı ise hava durumu ile iklimi ilişkilendirmeyi ve böylece iklim tahminleri için önemli bir sorun olan kaotik hava olaylarını iklim modellerine dâhil etmeyi başarması oldu.

İklim değişikliklerine kıyasla hava durumu değişiklikleri çok kısa sürede gerçekleşir. Örneğin bir okyanusun ortalama sıcaklığının sadece 1 °C değişmesi binlerce yıl sürer, hava sıcaklığınınsa bir saatten kısa bir sürede 1 °C değişmesi mümkündür. Peki öyleyse atmosfer gibi kaotik bir sistemle ilgili onlarca hatta yüzlerce yıla yayılan tahminler nasıl yapılabilir?



Hasselmann, kaotik hava olaylarının iklim modellerine "parazit" olarak eklenebileceğini öne sürdü. Stokastik yani olasılığa dayalı, hızlı hava olaylarına rağmen yavaş iklim değişikliklerinin tahmin edilmesine imkân veren bir model geliştirdi.

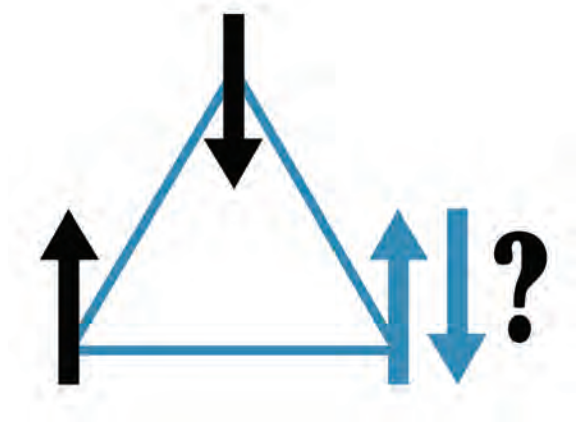
Hasselmann, iklim değişiklikleriyle ilgili modelini tamamladıktan sonra insanların Dünya'nın iklimine etkileri üzerine çalışmaya başladı. İklim modelleri, gözlemler ve kuramsal teknikler kullanılarak Güneş'ten gelen ışıma miktarı, volkanik patlamalar sırasında atmosfere karışan parçacıklar ve atmosferdeki sera gazları miktarı gibi çeşitli etkenlerin iklim üzerindeki etkilerinin ayrı ayrı değerlendirilebileceğini gösterdi. Bu yöntem, insanların iklim üzerindeki etkilerinin incelenmesinde de kullanılabiliyor.

Düzensiz Sistemler

Bir sıvıyı soğutarak katılaştırdığımızı düşünelim. Ortaya çıkan katı genellikle kristalli yapıda olur yani içerisindeki atomlar düzenli bir yapı oluşturur. Ancak soğutma işlemi yeteri kadar hızlı yapılırsa atomlar düzenli bir yapı oluşturacak zamanı bulamaz, sonuçta ortaya düzensiz bir yapı çıkar.

Düzensiz yapıdaki malzemelerin örneklerinden biri, günlük hayatımızın her alanında karşımıza çıkan camlardır. Cam üretimi sırasında ham maddeler önce sıvılaştırılır, sonra hızla soğutulur. Böylece düzensiz yapıda bir katının ortaya çıkması sağlanır.

Giorgio Parisi'nin üzerine çalışmalar yaptığı spin camları da sıradan camlar gibi düzensiz yapıdaki malzemelerdir. Bu malzemelere örnek olarak içine demir karıştırılmış bakırı gösterebiliriz. Demir atomları sayıca az olsa da malzemenin manyetik özelliklerinde önemli değişikliklere sebep olur. Her bir demir atomu küçük bir mıknatıs gibi davranır ve çevresindeki diğer demir atomlarıyla etkileşim hâlindedir. Sıradan bir mıknatısta tüm atomların spinleri aynı yönde hizalanma eğilimindedir. Spin camlarındaki atomların spinleri düzenli bir yapı oluşturmakta zorlanır. Ancak üçüncü atomun spini (aşağıdaki şekilde mavi ile gösterilen) aynı anda her iki komşusunun spiniyle aynı yönde hizalanamaz.



Spin camları, karmaşık sistemler üzerine yapılan çalışmalar için basit bir model sistem sağlar. 1970'lerden sonra aralarında Nobel ödüllü bilim insanlarının da bulunduğu pek çok fizikçi bu sistemler üzerine çalışmalar yaptı. Ancak başarılı sonuçlar elde edemediler.

Parisi, 1979'da istatistiksel mekanikte sıklıkla kullanılan bir yöntemin spin camları ile ilgili çalışmalara uyarlanabileceğini gösterdi. Parisi'nin bulduğu çözümün matematiksel olarak ispatı ise ancak yıllar sonra yapıldı. Parisi'nin yöntemi bugün karmaşık sistemlerle ilgili bilimsel çalışmalar açısından bir kilometre taşı olarak görülüyor.

Parisi, karmaşık sistemlerle ilgili başka problemler üzerine de önemli çalışmalar yaptı. "Neden periyodik olarak tekrar eden buzul çağları var?", "Kaos ve türbülansın daha genel bir matematiksel ifadesi mümkün mü?", "Sığırcık kuşlarının mırıldanmasında örüntüler nasıl ortaya çıkar?" gibi ilk bakışta birbiriyle pek ilgili gibi görünmeyen ancak tamamı karmaşık sistemler çatısı altında değerlendirilebilecek çeşitli konularda başarılı sonuçlar elde etti.

Nobel Kimya Ödülü



Benjamin List (solda) ve David MacMillian (sağda)

2021 Nobel Kimya Ödülü'nü Benjamin List ve David MacMillan kazandı. İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi, List ve MacMillan'ın organokataliz olarak adlandırılan yeni ve dâhiyane bir sentez yöntemi geliştirmeleri nedeniyle ödüle layık görüldüklerini açıkladı.

Kimya denilince ilk akla gelen genellikle kimyasal sentez olur. Teknolojik cihazlardan, giyeceklere ve ilaçlara kadar insanların hayatını kolaylaştıran pek çok ürün kimyasal tepkimelerle üretilir.

Bugün, bilinen pek çok sentez yöntemi olsa da insanlar tarafından geliştirilen yöntemlerin doğadakilere kıyasla çok daha basit ve verimsiz kaldığı söylenebilir. Canlıların vücudunda meydana gelen kimyasal süreçler ise insan eliyle yapılanlara kıyasla daha karmaşık ve verimlidir. Benjamin List ve David MacMillian'ın kimyasal sentez alanına yaptıkları katkı, tepkimeleri daha verimli hâle getirmek için basit organik moleküllerden yararlanmak oldu. Bu sayede çok daha verimli ve çevre dostu sentezlerin yolu açıldı.

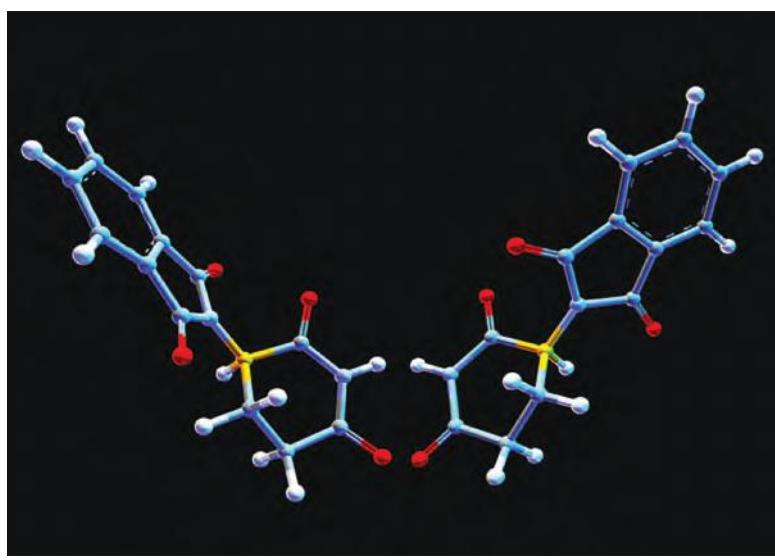
Asimetrik Moleküller

Aynada kendi görüntünüze baktığınızı düşünün. Sağ elinizin aynadaki görüntüsü sol elinize, sol elinizin aynadaki görüntüsü ise sağ elinize benzer. Ancak sağ ve sol elleriniz özdeş değildir.

Benzer biçimde pek çok kimyasal molekül de kendi ayna görüntüsünden farklıdır (bkz. aşağıdaki şekil). Birbirinin ayna görüntüsü olan iki molekül aynı kimyasal formüle sahip olsa da içerdikleri atomlar birbirlerine göre farklı konumlarda bulunur.

Birbirinin ayna görüntüsü olan moleküller farklı fiziksel özelliklere sahip olabilir. Örneğin bir asimetrik molekül polarize ışığı sağa çeviriyorsa, o molekülün ayna görüntüsü polarize ışığı sola çevirir.

Kimyacılar bazen, özellikle de ilaç üretirken, bir molekülün birbirinin ayna görüntüsü olan iki formundan sadece birini sentezlemek isterler. Ancak bu hedefe ulaşmaya imkân veren verimli yöntemler bulmak zordur.



Katalizörler

Kendisi harcanmadan bir tepkimenin hızını artıran maddeler katalizör olarak adlandırılır. 2000 yılına gelene kadar tüm katalizörleri iki grup altında sınıflandırmak mümkündü: metaller ve enzimler.

Metaller kolayca elektron alışverişi yapabilir. Bu özellikleri, bulundukları ortamdaki kimyasal tepkimeleri hızlandırmalarını sağlar. Metallerden elektron alan moleküllerdeki kimyasal bağlar zayıflar, böylece kırılması çok zor kimyasal bağların kırılması kolaylaşır.

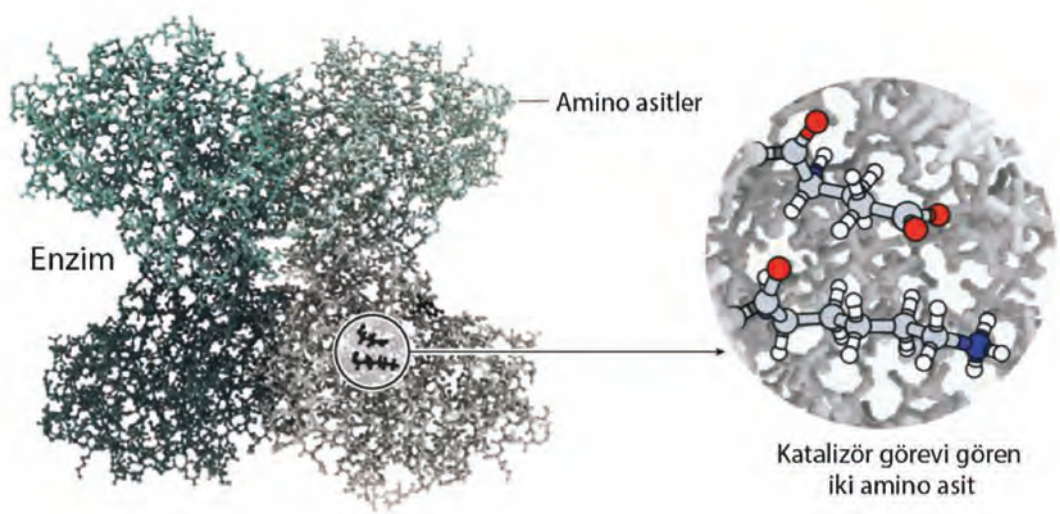
Metal katalizörlerle ilgili sorunlardan biri, metallerin su ve oksijenle kolayca tepkimeye girmesidir. Metallerden katalizör olarak yararlanabilmek için oksijen ve nemin ortamdan uzaklaştırılması gerekir. Ancak büyük ölçekteki sanayi üretimleri sırasında bunu gerçekleştirmek çok zordur. Ayrıca metal katalizörlerin pek çoğu çevreye zararlıdır.

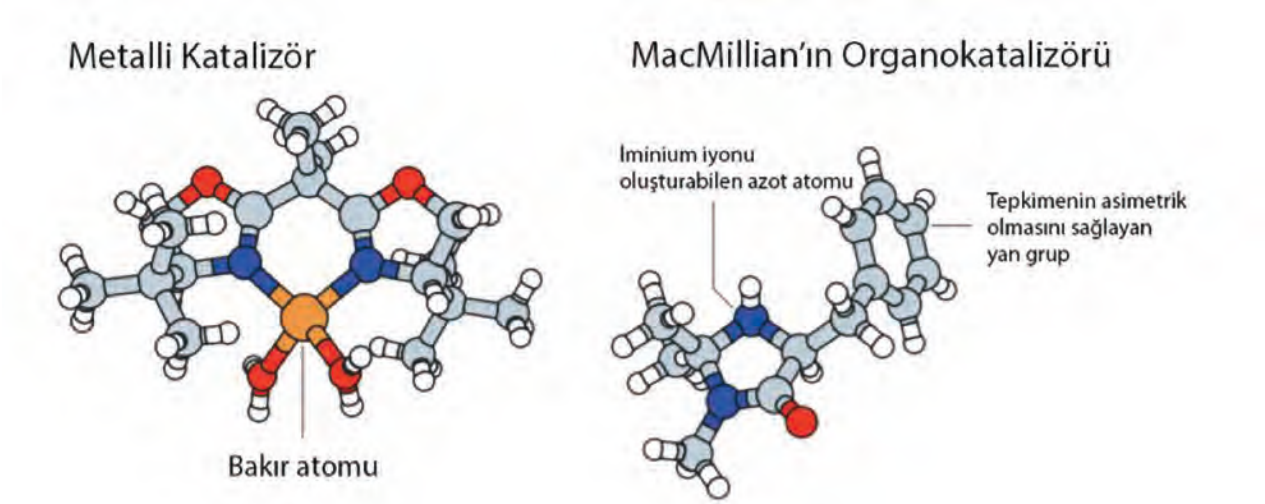
Canlıların vücudundaki katalizörler olan enzimlerse protein yapısındadır. Bu katalizörlerin özelliklerinden biri, asimetrik katalizde çok başarılı olmalarıdır; her zaman iki ayna görüntüsünden birini sentezlemeyi başarabilirler. Enzimlerin bir diğer önemli özelliği de bir arada çalışabilmeleridir. Bir enzim işini bitirdiği zaman diğeri çalışmaya başlar. Böylece çok basamaklı karmaşık sentez süreçleri verimli bir biçimde ilerler. Klorofil ve kolesterol gibi karmaşık yapıdaki devasa moleküllerin sentezlenmesi, bir arada uyumlu ve verimli olarak çalışabilen enzimler sayesinde mümkün olur.

Organokataliz

Yeni katalizörler geliştiren pek çok araştırma grubu, 1990'larda enzim benzeri malzemeler üretmeye çalışıyordu. Bu araştırma gruplarından biri de Kaliforniya'daki Scripps Araştırma Enstitüsünde görev yapan Carlos F. Barbas'ın grubuydu. Benjamin List de o sıralar bu ekipte doktora sonrası araştırmacı olarak yer alıyordu.

List, çalışmaları sırasında enzimlerin tam olarak nasıl çalıştığı hakkında kafa yormaya başlamıştı. Pek çok enzim kimyasal tepkimelerde bir bütün olarak yer almıyor, sadece enzimlerin içerisindeki birkaç amino asit aktif olarak kimyasal tepkimelerde rol alıyordu. Peki öyleyse amino asitlerin kimyasal tepkimeleri hızlandırmak için enzimlerin parçası olmaları gerekli miydi yoksa kendi başlarına da katalizör görevi görebilirler miydi? Daha önceleri bu konu üzerine bazı çalışmalar yapılmışsa da başarılı sonuçlar alınamamıştı. List, prolin adlı bir amino asidin bir aldol tepkimesini hızlandırıp hızlandıramayacağını görmek için deneyler yapmaya karar verdi. Sonuçlar şaşırtıcı derecede başarılıydı. List'in





yaptığı deneyler, basit yapıda ve ucuz bir amino asit olan prolinin verimli bir katalizör olmasının yanı sıra asimetrik katalizde de başarılı olduğunu gösteriyordu.

List, prolin ile deneyler yaparken David MacMillian da Berkley'deki Kaliforniya Üniversitesinde basit organik moleküllerden kimyasal tepkimelerde katalizör olarak yararlanmak için çalışmalar yapıyordu. Kimya bilgisi, kendisine, odaklandığı kimyasal tepkimede yararlı olabilecek bir katalizörün iminium iyonları (azot atomları içeren bir tür organik iyon) oluşturması gerektiğini söylüyordu. Doğru özelliklere sahip birkaç organik molekül seçti ve bu molekülleri bir Diels-Alder tepkimesinde test etti. Sonuçlar beklediği gibi gayet iyiydi. Ayrıca bazı organik moleküllerin asimetrik katalizde de başarılı olduğunu görmüştü.

List ve MacMillian'ın birbirinden bağımsız olarak organokataliz üzerine yaptıkları ilk çalışmalar 2000 yılında yayımlandı. İlerleyen yıllarda dünya genelinde pek çok araştırma grubu daha bu konu üzerine çalışmalar yapmaya başladı. List ve MacMillian, alandaki öncü rollerini devam ettirdiler. Çeşitli kimyasal tepkimeler için ucuz, verimli ve çevre dostu organokatalizörler geliştirildi.

Organokatalizörlerin sıradan metallere göre avantajlarından biri de tıpkı enzimler gibi bir arada çalışabilmeleridir. Daha önceleri çok basamaklı sentezlerde, her bir basamaktaki tepkimeler ayrı ayrı gerçekleştirilir, bir sonraki basamağa başlamadan önce ara ürünlerin ayrıştırılması ve saflaştırılması gerekirdi. Aksi takdirde ortaya çıkan yan ürünlerin miktarı aşırı derecede büyük olur ve sentezin verimi düşerdi. Bir arada çalışabilen organokatalizörler ise ara ürünlerin ayrıştırılıp saflaştırmasına gerek olmadan, birkaç basamağın art arda gerçekleştirilmesine imkân veriyor. Bu sayede ortaya çıkan atıkların miktarı da azalıyor.

Organokatalizörlerin verimliliğini gösteren en çarpıcı örneklerden biri striknin sentezidir. Striknin ilk kez 1952'de 29 basamaklı bir süreçle sentezlenmişti. Üstelik verim sadece %0,0009'du. Başka bir deyişle her bir milyon kilogram ham madde için sadece 9 kilogram striknin elde edilebiliyordu. 2011 yılında organokatalizörler kullanılarak yapılan bir sentez ise sadece 12 basamak içeriyordu ve verimi 7.000 kat daha yüksekti.

Asimetrik moleküllerin önemli olduğu alanların başında ilaç üretimi geliyor. Asimetrik kataliz yöntemleri geliştirilmeden önce üretilen ilaçlarda asimetrik moleküllerin her iki formu da yer alıyor, bazen bu iki ayna görüntüsünden biri sağlığa yararlı iken diğeri sağlığa zararlı oluyordu. Organokataliz yöntemleri sayesinde asimetrik moleküller günümüzde basit, ucuz ve verimli bir biçimde üretilebiliyor. ■

Kaynak

https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2021/advanced-information/
https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2021/popular-information/
https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2021/popular-information/

Ayın Kitabı

Kasım 2021

%25 indirim





TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

@TubitakKitaplar
@tubitakkitaplar

Kitaplarımızı
esatis.tubitak.gov.tr'den ve
Atatürk Bulvarı No: 221
Kavaklıdere Ankara
adresindeki TÜBİTAK kitap
satış büromuzdan satın alabilirsiniz.

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir
[*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı*

İslâm Dünyasında Teknik

Bilimin teorik yönüyle fazlasıyla ilgilenen Müslüman entelektüeller, çok sayıda teorik bilimsel başarıdan sonra uygulamaya dönük çalışmaları da ihmal etmedi ve "hiyel" adını verdikleri otomatların yapımına ilişkin geniş açıklamalar içeren çizimli eserler kaleme aldılar. Boşluk, hava, su basıncı ve buhar gücü gibi konularda geçmiş uygarlıklardan ve kendi deneyimlerinden elde ettikleri bilgiler ışığında hava, su ve rüzgâr gibi doğal kaynakları enerji sağlamakta kullandılar. Bu yoldaki çabaları sonucunda bilim insanları aynı zamanda birer usta mühendise dönüştü.

Endüstriyel ürünler ortaya çıkarmadığı için hiyel geleneğini teknoloji yerine teknik diye ifade etmek daha doğru olacaktır. Bu gelenek, İslâm dünyasında tesadüfen değil, ortaya çıkmasını hazırlayan düşünsel temelleri bulunduğu için doğdu. Doğa karşısında zaman zaman içine düştüğü aczi, doğayı yakından tanıyarak edindiği tecrübelerle aşmaya çalışan insan, bu yolda üretmeyi başardığı su çarkları, yel değirmenleri, manivelalar, palanga ve makara düzenekleriyle çok küçük kuvvet uygulamak suretiyle veya su ve rüzgâr gücünden yararlanarak zor işlerin üstesinden gelmeyi başardı. Böylece hem çaresizliğini gidermek hem de güçlü olma isteğini tatmin etmek imkânına sahip oldu. Bilim insanları, şiddetlendiğinde ağaçları kökünden söken rüzgârın yelkenleri şişirerek denizde hızlı yol almayı sağladığını ve yel değirmeninin çarklarını hareket ettirmekte kullanabileceğini fark etti; kurdukları dişli düzeneklerle suyu veya ağır yükleri yükseğe çıkarmayı başardı ve böylece İslâm dünyasında bilimin büyük gelişme kaydettiği zaman diliminde teknik araç gereç yapımını da zirveye taşıdılar.



Cezerî

Otomat Yapımı

Teknik araç gereç yapma uğraşı çok eski dönemlere kadar uzanır ancak kuramsal alt yapısı bulunan örneklere ilk kez Antik Yunan dünyasında rastlanmıştır. Daha önceki sayılarımızda yer verdiğimiz ve bazı örneklerini tanıttığımız, kısaca "otomat" olarak adlandırılan otomatik kontrol sistemine sahip düzeneklerin yapımı İslâm dünyasında yetkin bir nitelik kazandı. Öncelikle "Benû Mûsâ" (Muhammed, Ahmed ve Hasan) olarak düşünce tarihinde yer edinen kardeşlerden Ahmed'in öne çıkardığı otomatlar, türünün ilk örnekleri olmasalar da yetkin çalışmalardır. Çünkü hava, boşluk ve denge konusunda bilinen ilkeler ve kurallar çerçevesinde hareket

eden Ahmed, farklı sifonlar ve gelişmiş şamandıra düzenekleri yardımıyla valf kontrolünün sağlandığı otomatlar yapmıştı. Bunlardan günümüze ulaşan yaklaşık 100 civarında teknik aracın içerisinde özellikle ince teknik beceri olarak nitelendirilebilecek kadar ayrıntılı düşünülmüş ve hassas bir şekilde bir araya getirilmiş parçalardan oluşan bir gaz lambası bulunuyor. Bu gaz lambasının fitil yüksekliği otomatik olarak ayarlanabiliyordu, Ahmed ayrıca rüzgârda alevi sönmeyen bir başka gaz lambası modeli daha geliştirmişti. Kuşkusuz bunlar o döneme kadar benzeri olmayan araçlardı. Dolayısıyla bu araçları tasarlamanın çağının ötesinde bilgi ve teknik beceri gerektirdiğini söylemek yerinde olur. Her iki lambanın yapımında da otomatik kontrol sistemi başarılı bir şekilde uygulanmıştı. Her iki lambanın da otomatik düzeneğinin kusursuz çalışması için valf ve kefe gibi iki önemli kontrol aracı bulunuyordu. Örneğin lambadaki gaz miktarı belirli bir düzeyin altına düştüğünde,



Cezerî'nin fil saati

besleme ünitesinin valfi açılıyor ve yakıt tankı istenilen düzeye kadar dolduktan sonra kefe ve şamandıra ile besleme ünitesi kapanıyordu. Böylece modern dönem mühendisliğinin temeli olan otomatik kontrol sağlanıyor ve bu yolla sistem dengede tutularak lambanın aydınlatma şiddeti sabitleniyordu.

Benû Mûsâ kardeşlerin başarılı uygulamalarının temel bilgilerini dikkate alan Cezerî ise çok daha karmaşık çalışma düzeneği olan otomatik sistemler geliştirdi. Sistemin karmaşıklığı kefe ve şamandıra gibi kontrol aygıtlarının hassasiyetini gerektiriyordu. Ayrıntılı çizimlerine dayanarak yapılan modellerinin kusursuz çalışması Cezerî'nin tasarladığı kefelerin son derece hassas olduğunun anlaşılmasını sağladı. Kaldı ki kendisi de bu hususu açıkça dile getirmiş ve kendisinden önce yapılan kefelerin kendi tasarladıklarıyla boy ölçüşemeyeceğini belirtmişti. Bununla birlikte Cezerî farklı araç gereçler tasarlayarak bu alanda verilen eserleri zenginleştirdi, başka bir deyişle, ürün yelpazesini genişletti. Ünlü mühendis, havanın genleşmesi ve suyun buhara dönüşmesi gibi hava ve suyun değişebilme özelliklerine dayanarak su saatleri, mum saatleri, sihirli su kapları, farklı şekilde su fışkırtan fıskiyeler ve su pompaları da tasarladı. Özellikle yaptığı su saatleri günümüzde bile ilgi çekiyor, ülkemiz de dâhil olmak üzere pek çok ülkede hâlâ çalışan örnekleri üretiliyor.

Cezerî'nin tasarlayıp nasıl üretileceğini ve işleyeceğini anlattığı su saatleri arasında en ilginç olanı, zamanı ölçmenin yanında bir sanat eseri niteliği de taşıyan ve türünün eşsiz bir örneği olan fil su saatidir. Saat düzeneğini fil figürü üzerine yerleştirdiği bu çalışmasıyla Cezerî, hem zamanı hassas bir biçimde ölçmeyi başardı hem de göz kamaştıracak denli incelikli parçaları bir araya getirerek önemli bir sanat eseri oluşturdu.

Cezerî sadece su saatleri değil, ilk kez kendisinin geliştirdiğini ileri sürdüğü ve çalışma prensibi muma bağlı olan mum saatleri de tasarladı. İlk kez Cezerî'nin çalışmalarında karşılaşılan bir diğer araç grubu ise hastadan alınan kanın

miktarını ölçen kan alma tekneleridir. Diğer yandan, ilk örnekleriyle Antik Yunan dünyasında karşılaşılan ve başarılı bir uygulamasını Arşimed'in yaptığı (Arşimed vidası) düşük zemindeki suyu yukarıya çıkarmaya yarayan araçların yetkin pek çok örneğini Cezerî'nin eserlerinde de bulmak mümkündür.

Sonraki yüzyıllarda otomat yapımı konusuna Türkler de ilgi gösterdi. 16. yüzyılda İstanbul'da yaşamış Takîyüddîn İbn Marûf, bu alana katkı sağlayan son bilim insanı oldu. Takîyüddîn astronom olduğundan daha hassas gökyüzü gözlemi yapabilmek için mekanik saatler tasarladı, hatta Cezerî'nin fil su saatinin bir benzerini yaptı. Takîyüddîn kitabında hiyel konusunda yazılan diğer kitaplarda izlenen yönteme bağlı kaldı, yani öncelikle tasarladığı bir aracın parçalarını tek tek resmetti, daha sonra sırasıyla parçaların nasıl yapılacağını ve her birinin işlevini detaylarıyla anlatarak sistemin nasıl kurulacağını ve denge mekanizmalarını açıkladı, en sonunda da söz konusu aracı bütün olarak betimledi. Makara düzenekleri ve palanga sistemlerini de ele alan Takîyüddîn, herhangi bir ağırlığı binde biri kadar bir kuvvetin uygulanmasıyla kaldırabilen düzenekler tasarladı.

Su çarkları ve pompaları da geliştiren Takîyüddîn'in altı pistonlu su pompası türünün en yetkin örneğidir. Buhar gücünü eğlence ve gösteri amacıyla



Takîyüddîn

kullanmak yerine işe çeviren bir düzenekte kullanan ve bundan dolayı buhar makinesinden önce buhar gücüyle iş gören bir araç yapan da kendisidir. Son derece yalın bir mantığa sahip olan düzenekte, sürekli ısıtılarak buhar elde edilen bir su tankında biriken buharın ince bir boru yardımıyla bir çarkın döndürülmesinde kullanılması söz konusudur. Çark döndükçe dişlilerle kendisine bağlanmış olan mili de döndürmektedir. Milin dönüş hızını belirleyen ise buharın dışarıya çıkış şiddetidir.

Gelecek sayıda Batı dünyasında bilimin yeniden doğuşunu ele alacağız.■

Kaynaklar

Bir, Atilla, *The Book "Kitâb al-Hıyal" of Banû Mûsâ Bin Shakir*, İstanbul: IRCICA, 1990.

Cezerî, El-Câmi Beyne'l-İlm ve'l-Amel en-Nâfî fî Sınâti'l-Hiyel, Çeviren: Sevim Tekeli, Melek Dosay, Yavuz Unat, Ankara: Türk Tarih Kurumu, 2002.

Sezgin, Fuat, İslâm'da Bilim ve Teknik, Cilt 5, Arap-İslam Bilimleri Tarihi Enstitüsü Aletler Koleksiyonu Kataloğu, Çeviren: Abdurrahman Aliy, Yayına Hazırlayan: Hayri Kaplan & Abdurrahman Aliy, (2. Basım), İstanbul: Türkiye Bilimler Akademisi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, T. C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2008.

Topdemir, Hüseyin Gazi, Unat, Yavuz, *Bilim Tarihi ve Felsefesi*, Ankara: Pegem Akademi, 2019.

Topdemir, Hüseyin Gazi, "El-Cezerî Sonrası İslâm Dünyasında Hiyel Geleneğinin Devamı", Karanlık Gösterilen Aydınlık Çağ, Uluslararası Sempozyum El-Cezerî (13-14 Mayıs 2016), İstanbul: T. C. Mardin Artuklu Üniversitesi Kültür Yayınları, 2016.

Prof. Dr. Faruk Soydugan
[*fsoydugan@comu.edu.tr*



Gökyüzünün Öğrencisi ve Amatör Astronom Olmak!

Tüm bilim dalları içinde en fazla amatör temsilcisi bulunan alanın astronomi olduğunu söyleyebiliriz. Amatör kelimesinin altında beklenti duymadan, mutlulukla yapılan iş ve etkinlikler olduğundan, gökyüzü ve evren merakı bu ruhla birleştiğinde, amatör astronomiye ilgi duyan kitleler sürekli var oluyor ve sayıları artıyor. Bu yazıda, amatör astronomi kavramıyla beraber, ulusal ve uluslararası düzeyde amatör astronomların yaptıkları bazı iş, uygulama, etkinlik ve gözlemlere değineceğiz.

Gök bilimi deyince akla ilk gelen kelime **gözlem**dir. Aynı gökyüzünün altındaki bizler, gökyüzündeki cisim ve hareketleri öğrenmekle hayatımıza farklı bir renk katarız. Buna, eğer yakınımızda varsa, bir planetaryumu (gökevi) ziyaret ederek yarı küreye yansımış gökyüzü simülasyonlarıyla beraber gökyüzünü tanımakla başlayabiliriz. Eğer bu imkânımız yoksa mobil gökyüzü uygulamaları (Sky Map gibi) ve bilgisayar yazılımları (Stellarium gibi) da işimizi görecektir. Bunlar da yoksa bir gök atlası da bize yardımcı olabilir. Bu araçlar, gökyüzünde farklı zamanlarda görülen takımyıldız, gezegen ve diğer bazı gök cisimlerini tanımamıza yardımcı olacaktır. Bundan sonra yapmamız gereken, dışarıya çıkıp gündüz ve gece görünür hareketi çıplak gözle takip ederek hem cisimleri (takımyıldızlar, parlak yıldızlar, gezegenler ve diğerleri) tanımaya hem de hareketi anlamaya çalışmaktır. Belki o tarihlerde bir meteor yağmuru veya Ay tutulması vardır, belki de Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS) üzerimizden geçiyordur.

İkinci aşamada gözlemlere anlam katmak için **araştırma ve öğrenme** sürecini çalıştırmak ve hızlandırmak yerinde olacaktır. Bunun için güvenilir kaynaklara başvurmak önemli. Alanında uzman bilim insanları tarafından yazılmış temel astronomi ve astrofizik içerikli kitaplar, popüler bilim kitapları ile popüler bilim dergileri bize rehber olacak ve katkı sunacaktır. İçerikleri, profesyonel astronomlarca hazırlanmış veya güvenilir kaynaklar referans alınarak oluşturulmuş dijital kaynaklar (dijital bilim platformları, belgeseller ve çevrimiçi eğitim videoları) ve internet siteleri de bilgi kaynağı olarak kullanılabilir. Bu sürece, astronomi ve uzay içeriğine sahip sergileri ve ürünleri olan bilim ve teknoloji merkezleriyle bilim müzelerini de dâhil edebiliriz.

Bu ilerleyişe ekleyeceğimiz önemli adımlardan biri de yap-kullan **etkinlik**leri olabilir. Kendi yapacağımız bir Güneş saati ile zamanı ölçmek, oluşturacağımız basit bir usturlab ile gök cisimlerinin yüksekliklerini belirlemek, yaşadığımız yerin koordinatlarına göre düzenleyeceğimiz bir gök atlası ile takımyıldızları tanımak, Galileo'nun kullandığına benzer bir teleskop yani Galileskop yapıp Ay'ı gözlemek ve basit bir tayfçeker yapıp beyaz ışığı renklerine ayırmak bunlardan bazıları olabilir. Bu etkinlikleri, bilim-toplum projeleri kapsamında bilim kamplarında ve bilim merkezlerindeki atölyelerde gruplar hâlinde gerçekleştirmek gibi alternatifler de az değil.

Birikimler arttıkça daha ileri uygulamalar içeren **ölçüm**ler de devreye girebilir. Gökyüzü, çoğunluğu yıldızlar olsa da farklı türlerde nesneler içeriyor. Bu nesnelerin özelliklerini kaynaklardan öğrenebiliriz an-

cak belirli özelliklerini temel bazı yöntemlerle ölçmek veya ölçüm yöntemini yer yüzeyine taşıyarak anlamaya çalışmak bizi bu konuda daha ileri taşıyacaktır. Örneğin, gök cisimlerinin uzaklıklarını ve belirli bir bölgede kaç tane cisim olduğunu belirlemek bunlara örnek olabilir. Gök cisimlerinin uzaklıklarını ölçmek için kullanılan trigonometrik paralaks yöntemini daha iyi anlamak için belirli bir mesafedeki ağacın uzaklığını tahmin etmek için kullanabiliriz. Gökyüzündeki çıplak gözle gördüğümüz cisimlerin birbirlerinden açısal uzaklıklarını da ellerimizi ve parmaklarımızı kullanarak tahmin edebiliriz. Kolumuzu hedefe doğru uzattığımızda yaklaşık olarak serçe parmak 1^0, ortadaki bitişik üç parmak 5^0, yumruk 10^0ye karşılık geliyor diyebiliriz ve bu yöntemi açısal uzaklıkları belirlemek için kullanabiliriz. Büyük Ayı Takımyıldızı'nın Merak ve Dubhe yıldızları arasındaki açısal uzaklığını bu yolla tahmin edebilir misiniz?



Amatör astronomların öne çıkan özelliklerinden olan **paylaşım ve katılımcılık**, onların bu işten daha çok zevk almalarını sağlıyor. Son dönemde, ilköğretimden başlayan ve üniversite de dâhil olmak üzere eğitim-öğretimin farklı basamaklarındaki öğrenciler, ilgili öğretmenlerinin (çok sayıda amatör astronom öğretmen olduğunu söyleyebiliriz) sayesinde astronomi kulüpleri veya toplulukları kuruyor. Sizler de varsa böyle bir gruba katılabilir yoksa da olması için öğretmenlerinizle ve ilgili arkadaşlarınızla girişimde bulunabilirsiniz. Bunun yanında çevrim içi ortamlarda astronomi ve uzay bilimleri konusunda, zaman zaman profesyonel astronomların da yer aldığı forumlara üye olup tartışmalara ve araştırmalara katılabilirsiniz. Gözlemlerde, gözlem aletlerinin kullanımında, etkinliklerde, ölçümlerde ve diğer uygulamalarda takıldığınız noktalara buralarda daha kısa zamanda çözüm bulabilirsiniz. Gözlem şenlikleri, gözlem evlerindeki gökyüzü etkinlikleri ve eğitimlerin yanı sıra amatör astronomi topluluklarının yaptığı organizasyonlar da sizler için paylaşım alanları olabilir. Sizler de gözlem etkinliklerinde kazandığınız deneyimleri çevrim içi ortamlarda ve sosyal medyada paylaşarak bu sürece katkı sunabilirsiniz. Bu etkinliklerde ve organizasyonlarda profesyonel gök bilimcilerle birlikte çalışmak doğru bilgiye ve uygulamaya erişmek için son derece önemlidir. Dolayısıyla etkin araştırma içinde olan profesyonelleri de bu süreçlere ortak etmek için davet edebilirsiniz. Aslında onların bir sorumluluğu da sahip oldukları bilgiyi, kazandıkları deneyimi ve yaptıkları araştırmayı talep edenlerle birlikte konuşmak ve paylaşmaktır. Bu tür organizasyonlar, aynı zamanda onları araştırmalarında da motive edecek girişimlerdir.

Yukarıdaki yazılanlara bakıldığında önemli bir eksiklik göze çarpıyor. Gökyüzü severler **optik araçlarla gözlem** yapmayı çok severler ancak buraya ka-

Leonid (Aslan) Gök Taşı Yağmuru

Dünya'nın, Güneş etrafındaki yörünge hareketi sırasında, kuyruklu yıldızların ve asteroidlerin bıraktığı artıklarla karşılaşmalarından birisi de Kasım ayında gerçekleşiyor. Leonid, yani Aslan gök taşı yağmuruna neden olacak bu tozlu yolda ilerleme dönemi, sağanak oluşturmayacak olsa da meraklılarına gökyüzünde ışıktan izler bırakacak. Leonid'ler tarihte (örneğin 1833, 1966, 2001 yılları) rastlanılan yoğun meteor fırtınalarıyla hatırlanır. 2021 yılında ise yoğun gök taşı hareketliliği beklenmiyor ancak 6 ile 30 Kasım tarihleri arasında yağmuru hatırlatacak gök taşlarını (saatte 10-15 adet) gökyüzünde izleyeceğiz. Gök taşı yağmurunun 17 Kasım günü sabaha doğru maksimuma ulaşması bekleniyor. Bu taşlı ve tozlu yolun malzeme kaynağı 55P/Tempel-Tuttle kuyruklu yıldızı. Meteorların çıkış noktası yağmurun adından da anlaşılacağı üzere Aslan Takımyıldızı sınırları içinde yer alıyor. Leonid'lerin Dünya'ya giriş hızları saniyede yaklaşık 71 km olacak. Bir aya yakın sürecek yağmur sırasında Leonid'lerin Dünya'ya bırakacakları toplam kütlenin 12 ton mertebesinde olacağı tahmin ediliyor. Gök taşı yağmurunun maksimum olacağı 16-17 Kasım gecesinde Ay tüm gece gökyüzünde ve dolunay evresine yakın olacağından görülecek gök taşı sayısı beklenenden az olabilir.



dar bu konudan söz edilmedi dediğinizi duyar gibiyim. Aslında kısmen konusu geçti çünkü gözle gözlem bu işin başlangıcı. Gökyüzünü tanımaya gözle gözlem yaparak başlamak önemlidir. Sonrasında amatörler veya gökyüzü öğrencileri göz dışında optik aletler kullanmaya başlayabilirler. Gözden sonra bir dürbünle (örneğin 10x50 büyütme oranlı bir dürbün) Ay'ın kraterlerini daha detaylı inceleyerek Jüpiter'in dört büyük uydusu, Andromeda Gök Adası, Orion Bulutsusu, açık ve küresel kümeler gibi gök cisimlerini gözleyerek merakımızdan keyif almaya başlarız. Dürbün taşımak ve kullanmak pratik ve kolaydır, ayrıca bu kullanım sırasında sınırlarınızın genişlediğinin de farkına varırsınız. Bu evrede iken teleskop satın almanın ve kullanmanın sırası geldiğini düşünüyorsanız bu dürtünüzü bir müddet dengeleyin. Önce bu konuda deneyimli grupların gökyüzü şenliklerine veya etkinliklerine katılarak, profesyonel gök bilimcilerin çalıştığı gözlem evlerini ziyaret ederek farklı birkaç teleskopla gözlem yapma deneyimini yaşayın. Buna ek olarak alacağınız rehberlik ve yapacağınız araştırmalardan sonra bütçenizi de dikkate alarak bir teleskoba sahip olabilir ve gözlemlerinizi kendi teleskobunuzla yapmanın keyfine varabilirsiniz. Kullanacağınız teleskobun optik özelliklerine bağlı olarak gökyüzünde göreceğiniz cisim sayısı ve çeşidi artacaktır. Burada göreceğiniz ve kaydedeceğiniz görüntüleri kesinlikle uydu teleskop görüntüleri (Hubble Uzay Teleskobu gibi) ve büyük çaplı profesyonel teleskop görüntüleriyle karşılaştırmayınız çünkü bu sizi hayal kırıklığına uğratacaktır. Bu ekipmanlar, milyon hatta milyarlarca liraya mal olan, araştırma tabanlı ve yüksek hassasiyetli araçlardır. Yüksek kalitede görünen ve profesyonel ekipmanla ortaya çıkan bu görüntüler, atmosferin bozucu etkilerinden uzak veya arındırılmış (atmosfer dışından gözlem veya aktif ve adaptif optik yöntemleriyle düzeltmeler yapılarak) gözlemler sonucunda, bazen de farklı dalga boylarında alınan görüntülerin profesyonel yazılımlarla birleştirilmesiyle oluşturulur. Tam da bu noktada, çok güzel fotoğraflar çeken ve işleyen astrofotoğrafçılar olduğunu, aslında onların astronomi alanında olmasa da uzay fotoğrafçılığı konusunda amatörlükten farklı bir boyuta geçtiklerini söylemek gerekiyor.

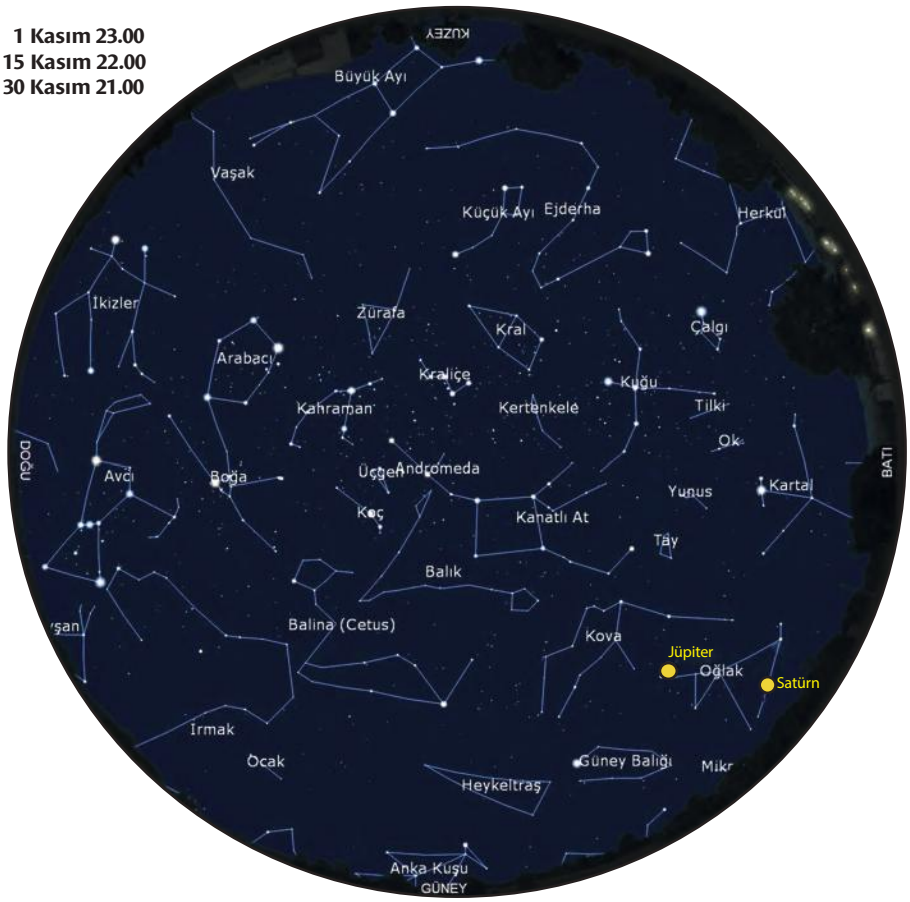
Sırada, **gözlem kaydı, analiz ve yayın** var. Dünyada amatör astronomların profesyonel araştırmalarda sorumluluk aldığını gösteren örnekler çok fazladır. Ülkemizde de bu alana doğru ilerleme hızlanmıştır.

Yaşadığımız evrendeki yıldız sayısı tahminlerine bakıldığında her insana trilyonlarca yıldız düşüyor. Bu yüzden çok sayıda amatör ve profesyonel gök bilimciye ve gökyüzü sevdalısına ihtiyaç var. Gökyüzü öğrencileri arkadaşlarını bekliyor. Sizleri de bu çok yıldızlı okulda uzun süreli öğrenciliğe kayıt olmaya davet ediyoruz -ama unutmayın, bu okuldan mezun olmak yok!

Kaynaklar

https://earthsky.org/astronomy-essentials/earthskys-meteor-shower-guide/
https://in-the-sky.org/news.php?id=20211117_10_100
https://www.unawe.org/awesome/#fragment8
https://astronomyrookie.com/48-tips-for-becoming-an-awesome-amateur-astronomer/
https://ras.ac.uk/education-and-careers/for-everyone/92-getting-started-in-astronomy
https://www.capeandislands.org/show/living-lab-radio-on-cai/2013-10-07/why-amateur-astronomers-are-important-and-how-to-become-one
list/cepheus-constellation/

1 Kasım 23.00
15 Kasım 22.00
30 Kasım 21.00



Ayın Önemli Gök Olayları

06 Kasım Ay Dünya'ya en yakın konumunda (358.900 km)

08 Kasım Ay ve Venüs gün batımından sonra batıda yakın görünümde

10 Kasım Ay ve Satürn birbirlerine yakın görünümde

11 Kasım Ay ve Jüpiter birbirlerine yakın görünümde

21 Kasım Ay Dünya'ya en uzak konumunda (406.300 km)



8 Kasım gün batımı sonrası güneybatı ufku

Gezegenler

Merkür: Gün doğumundan önce doğuda yükselmiş olan gezegenin parlaklığı hayli yüksek. Ayın ortasına doğru gökyüzünde Güneş'e yaklaşmaya başlayacak ve ayın ikinci yarısından itibaren gözlenemeyecek. Gezegen ay sonunda Güneş'in doğusuna geçerek akşam gökyüzüne gelmeye başlayacak.

Venüs: Muhteşem parlaklığı ile gün batımında batı gökyüzünün en parlak gök cismi. Ay boyunca bir saate varan sürelerle gözlenebilir olacak. Güçlü teleskoplarla görüntülenebilecek Plüton'a gökyüzünde yaklaşmaya başlayacak.

Mars: Ayın ilk haftasından itibaren gün doğumundan yaklaşık yarım saat önce doğudan yükselen gezegen ufka yakın olduğu için temiz bir gökyüzünde ve daha yüksekteki Merkür ile birlikte görülebilir. Günler ilerledikçe gökyüzünde Güneş'ten uzaklaşmaya devam edecek ve ayın sonlarına doğru gün doğumundan bir saat önce doğudan yükselecek.

Jüpiter: Parlaklığı hafifçe azalmaya başlayan gezegen artık gecenin ilk yarısında gökyüzünde. Ayın sonuna doğru gün batımında güneyde bulunacak. Oğlak (Capricornus) Takımyıldızı'nı Satürn ile paylaşmaya devam edecek ve artık gece yarısından yaklaşık bir saat önce batacak.

Satürn: Parlaklığı hafifçe azalmaya başlayan gezegen artık gün batımında gökyüzünün güney bölgesinde. Ufuktan fazla yükselemeyen gezegenin gözlem süresi kısalmaya devam ediyor. Ayın ortasına kadar gün batımından sonra yaklaşık beş saat gözlenebilir olacak ve ayın son haftasına girildiğinde gece yarısından iki saat önce batmış olacak.

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapkulu [*dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr*

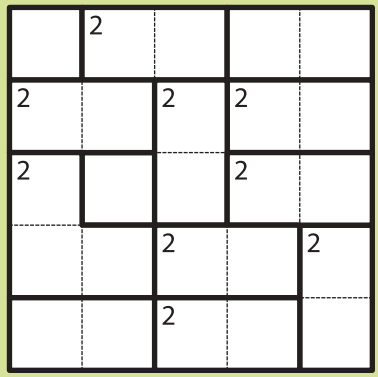
Ayın Oyunu: **İşlemsiz Kendoku**

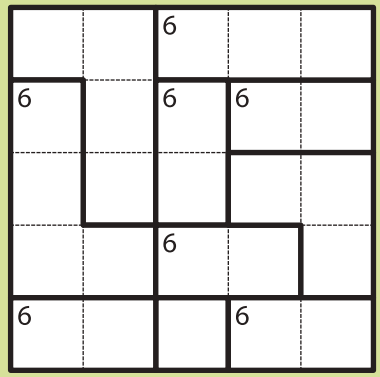
İşlemsiz Kendoku Oyununun Kuralları

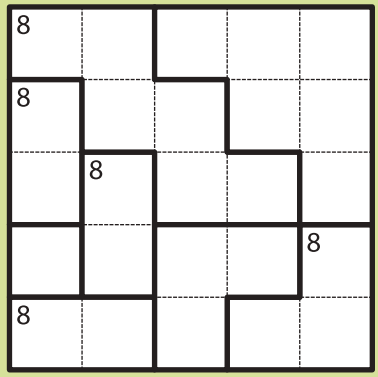
Her bir satırda ve sütunda 1'den 5'e kadar tüm rakamlar tam olarak birer kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun.

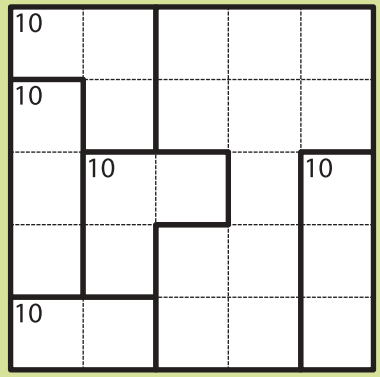
Bir bölge içerisinde rakam tekrarı olabilir.

Kalın çizgiyle belirtilmiş her bir bölgenin köşesindeki sayı, o bölgenin içindeki rakamların dört işlemden (toplama, çıkarma, çarpma, bölme) birisi uygulanarak hesaplanmış sonucunu vermektedir.









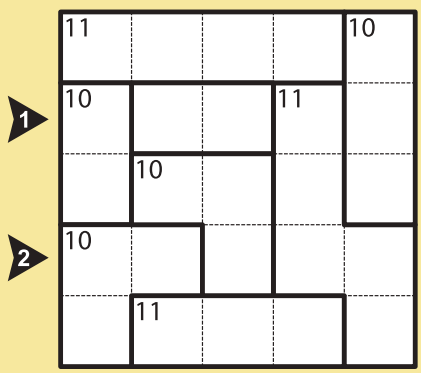
İşlemsiz Kendoku- Örnek Çözüm

8 3	5	2 2	1	12 4
4 4	1	1 3	10 2	5
1	40 2	4	5	3
5	4	1	6 3	2
30 2	3	5	4 4	1

Ödüllü soru

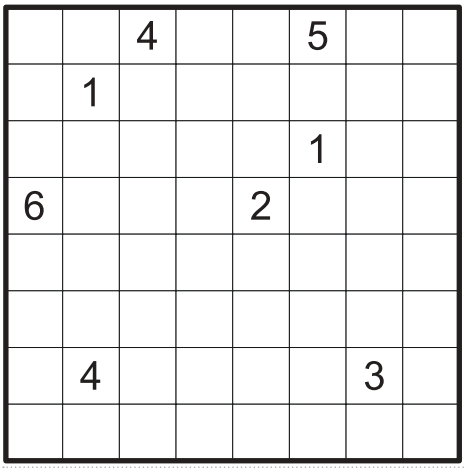
▼ İşlemsiz Kendoku sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad ve adres bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Türkiye'nin Deniz Canlıları - Karadeniz* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş sonuçları dergimizin facebook ve twitter hesaplarından önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak. Geçen ayın ödüllü Toplamlı Apartmanlar sorusunu doğru yanıtlayan ve kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi facebook ve twitter hesaplarımız üzerinden duyuruldu.

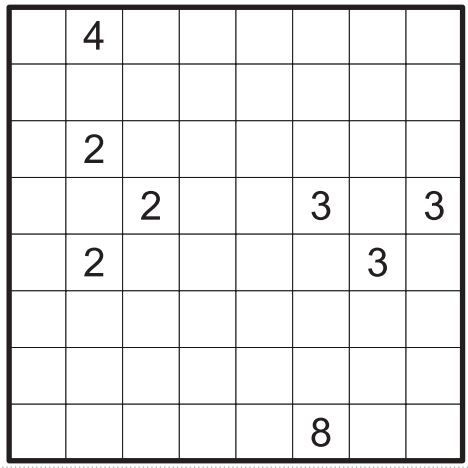
www.bilimteknik.tubitak.gov.tr



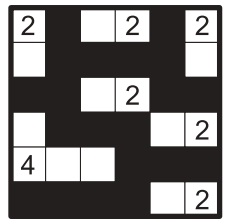
Ok doğrultusunda içeriği yazın. Örnek çözümün ilk satırı 35214 şeklinde yazılmalıdır.

Adalar: Bazı hücreleri siyaha boyayarak öyle bir deniz oluşturun ki oluşan her adanın içinde bir sayı olsun ve bu sayı adanın alanını göstersin. Denizi oluşturan bütün siyah hücreler birbirine bağlantılı olmalı ve hiçbir yerde 2x2'lik deniz parçası oluşmamalıdır.

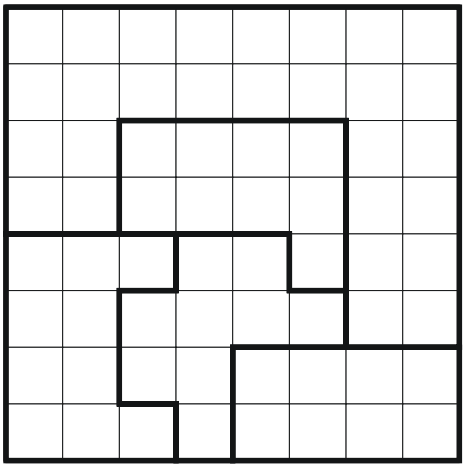


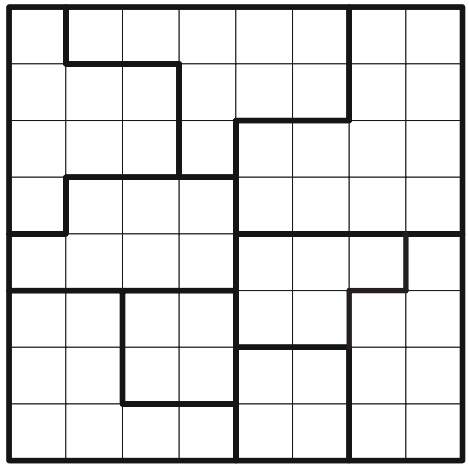


Adalar
Örnek Çözüm

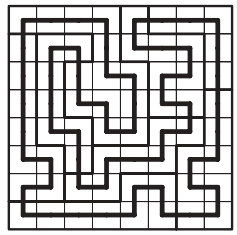


Giriş-Çıkış: Tüm karelerden yatay veya dikey ilerleyerek geçen ve kendisini kesmeyen kapalı tek bir yol çizin. Kalın çizgilerle belirtilmiş bir bölgeye girdiğinizde, çıkmadan önce o bölgedeki tüm karelerden geçmelisiniz.





Giriş-Çıkış
Örnek Çözüm



Geçen Sayının Çözümleri

1-5					
9	12	7	5	13	
9	4	3	2	5	1	6
10	1	4	5	2	3	8
7	2	5	3	1	4	9
12	3	2	1	4	5	5
5	5	1	4	3	2	14
	5	8	9	12	7	

1-5					
		10	9	10	
8	3	5	2	4	1	
	5	3	1	2	4	9
11	2	4	3	1	5	
	4	1	5	3	2	10
12	1	2	4	5	3	8
		11	9	5		

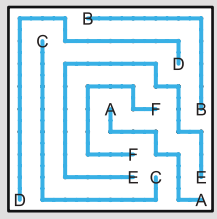
1-5					
12					6
12	3	4	2	5	1	
	4	2	1	3	5	
5	5	3	4	1	2	11
	1	5	3	2	4	
	2	1	5	4	3	12
		6			12	

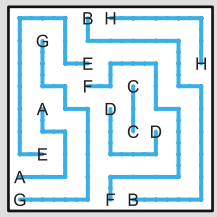
1-5					
	5	4	1	2	3	
	4	3	5	1	2	7
	3	5	2	4	1	10
11	2	1	4	3	5	
11	1	2	3	5	4	
		7				

Toplamlı Apartmanlar

1-6						
18		13				
	3	5	2	4	1	6	6
	4	2	5	1	6	3	
	2	3	6	5	4	1	16
7	1	6	4	3	5	2	
	5	1	3	6	2	4	
	6	4	1	2	3	5	
	10			14		

Ödüllü Soru:
Toplamlı Apartmanlar





ABC Bağlamaca

1-12						
12	40	77	96	3	45	
42	6		7			
72				8		9
120		10		12		
11			11		1	
20		4				5
6	2				3	

1-12						
96	50		54	44	21	
18			2	9		
40		10			4	
84	12					7
24	8					3
55		5			11	
6			1	6		

Çarpmaca

Satranç

Kıvanç Çefle [*btsatranc@tubitak.gov.tr*

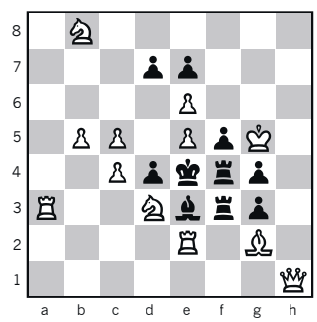
Dokuzuncu FIDE Dünya Kompozisyon Kupası

Dünya Satranç Federasyonu (FIDE) ve Dünya Satranç Kompozisyonu Federasyonu (WFCC) iş birliğiyle düzenlenen Dokuzuncu FIDE Dünya Kompozisyon Kupası'nın kesin sonuçları belli oldu. Yarışma sekiz dalda yapıldı: İki, üç hamlelik ve daha uzun problemler, etüt, yardımlı mat, ters mat, deneysel satranç problemleri ("fairy chess") ve retrograd analiz problemleri. Kendine güvenen herkes yarışmaya problem gönderebiliyordu ancak belirli bir dala en çok bir problemle katılma şartı vardı. Kurgular önce yarışmanın yöneticisine gönderiliyor, o da kendisine gelen kurguyu ilgili hakeme yönlendiriyordu.

Hakemler, kendilerine gelen problemleri orijinallik, zorluk ve estetik yönden değerlendirdiler. Sonra da ödül kazanan problemleri yöneticiye yolladılar, "ön sonuç" denen bu değerlendirme, kurgucuların adları belirtilmeksizin FIDE ve WFCC internet sayfalarında satranç kamuoyuna sunuldu. Bir aylık bir dönem sonunda bir itiraz gelmemesi üzerine bu sonuçlar kesinleşti ve ödül kazanan problemler bu kez kurgucularının isimleriyle birlikte internette ilan edildi.

Size bu büyük satranç olayında ödül kazanmış yapıtlardan örnekler sunacağız. Önce üç hamlelik problemler dalında birincilik ödülü kazanmış problemi görelim (Diyagram 1).

Diyagram 1
Eugene Fomichev (Rusya)
Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Çözüm:

1. Ac6!! *(zugzwang)*
a) 1…d6 2. Vb1! 3. Af2 mat;
b) 1…d5 2. Va1! 3. Vxd4 mat;
c) 1…dxe6 2. Vh2! gxh2 3. Af2 mat;
d) 1….dxc6 2. Vh8! cxb5 3. Va8 mat!

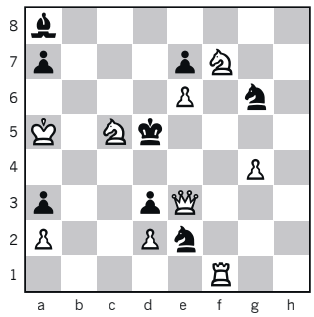
Çözümün olağanüstü tematik bütünlüğüne hayran kalmamak mümkün değil. Hakem dünyaca



ünlü Hintli kurgucu C.G.S. Narayanan da problemden son derece etkilenmiş ve 1. Ac6!! hamlesini "süper tematik anahtar hamle!" olarak tanımlamış. Burada ne var? *Zugzwang*'daki siyah, tek hareketli taşı olan d7'deki piyonunun yapabileceği dört farklı hamle ile karşı koymaya çalışıyor. Yani "Pickaninny teması" söz konusu. Buna karşılık beyaz da her seferinde veziriyle farklı bir hamle yaparak cevap veriyor, daha doğrusu vermek zorunda kalıyor. Örneğin "a" varyantındaki 2. Vb1 "b" varyantında işe yaramaz: 1…d5 2. Vb1? dxc4! 3. Af2+ Şd5!. Sizlere de problemin işleyiş mekanizmasını incelemenizi tavsiye ederiz, bu şekilde problemlerden çok daha fazla zevk alırsınız.



Diyagram 2
Mikhail Marandyuk (Ukrayna)
Dördüncü Şeref Mansiyonu



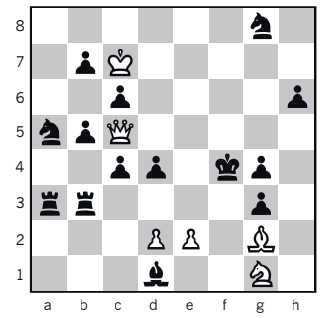
Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Çözüm:

1. Aa4! [tehdit 2. Vc5+ Şe4 (a) 3. Ag5 mat, 2…Şxe6 (b) 3. Vf5 mat]; **a) 1…Ag3 2. Vxd3+ Şxe6 (b) 3. Ac5 mat, 2…Şc6 (c) 3. Vd7 mat;**
b) 1…Ah4 2. Ve5+ Şc6 (c) 3. Ad8 mat; 2…Şc4 (d) 3. Vc5 mat.
c) 1…Ad4 2. Ve4+ Şc4 (d) 3. Kc1 mat; Şxe4 (a) 3. Ac3 mat.
Bir satranç probleminde, siyah şah üzerinde durduğu karenin çaprazında bulunan dört karenin her birine hareket ediyorsa, buna "yıldız kaçış" (star flight) deniyor. Bu fikrin gösterildiği birçok problem var. Burada hakemin beğenisini kazanan özellik ise bu yıldız kaçışların ikişer kez görülmesi (a, b, c ve d ile gösterilen hamleler). Gerçekten yüksek kurgusal yetenek isteyen bir motif!

Sırada üç hamleden daha uzun problemler kategorisinde dereceye giren bir problem var (Diyagram 3).

Diyagram 3
Viktor Syzonenko
Üçüncülük Ödülü

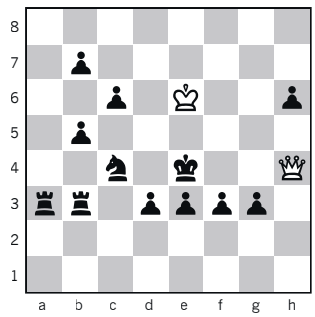


Beyaz oynar ve dokuz hamlede mat eder.

Çözüm:

1. Şd6? (2. Ve5 mat) 1…Ke3! Demek ki beyaz önce siyahı bu savunmadan yoksun bırakmalı:
1. e4! (tehdit 2.Vf5 mat) **1…dxe3 e.p. 2. Ae2+!**
"e" sütunu kapandı ama 2. Şd6 hâlâ mümkün değil çünkü 2…Kd3+ var. Diğer yandan 2. d4? erken olur çünkü 2…c:d3 e.p. 3. Şd6 Ac4+ 4. Şe6 e2! devam yolundan sonra siyah mattan kurtulur.
2…Fxe2 3. d4! (tehdit 4.Ve5 mat) **3…cxd3 e.p. 4. Şd6 Ac4+ 5. Şe6**
Tehdit 6. Vf5 mat. Daha önce 2. Ae2+ hamlesi ile fil e2'ye zorlandığı için şimdi 5…e2 hamlesinin mümkün olmadığına dikkat ediniz.
5…Ae7 6. Vxe7 (7.Vf6 mat) **6…Ff3 7. Vf6+ Şe4 8. F:f3+ gxf3 9. Vh4 mat.**
Ayrı bir diyagramı hak eden enfes bir mat pozisyonu (Diyagram 4).

Diyagram 4

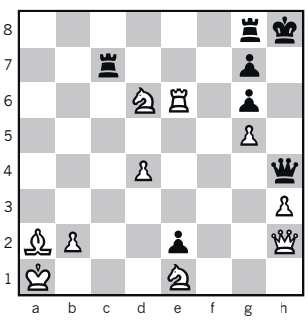


Son olarak, etüt dalında birincilik kazanmış yapıtı sunuyoruz (Diyagram 5).

Diyagram 5

Aleksandr Stavrietsky

Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve berabere kalır.

Çözüm:

Beyazın materyal üstünlüğü olmakla birlikte siyahın çok kuvvetli bir tehdidi var: 1...Kc1+ 2. Fb1 Ka8 mat. Beyaz son derece dinamik oynamalı.

1. Af7+! Şh7! 2. Vxe2 Kc1+ 3. Fb1 Ka8+ 4. Ka6 Ve4!

Hem a8 ve g6'yı savunan hem de 5... Vxb1 mat ve veziri almakla tehdit eden çok güçlü bir hamle.

5. Ac2!

5. Vxe4?? Ka6 mat.

5...Vxc2

5...Vxe2 6. Kxa8 Kxb1 7. Şxb1 Vf1+ 8. Şa2 Vxf7+ 9. b3! Ve beraberlik.

6. Vh5+!! gxh5 7. g6+! Vxg6 8. Ag5+ Şh6 9. Af7+ Şh7 10. Ag5+ ve sürekli şah ile beraberlik.

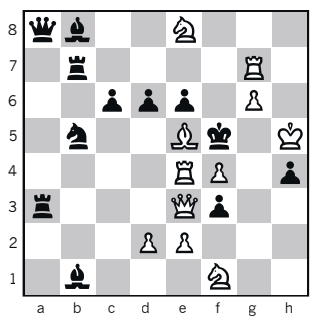
Ayın Soruları

Sizin çözmeniz için aynı yarışmadan iki kurgu seçtik.

Diyagram 6

Leonid Yarosh

Birinci Övgü

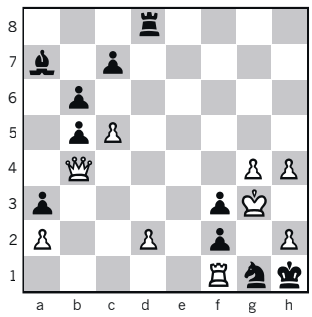


Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Diyagram 7

Sergey Abramenko

Birinci Övgü



Beyaz oynar ve dört hamlede mat eder.

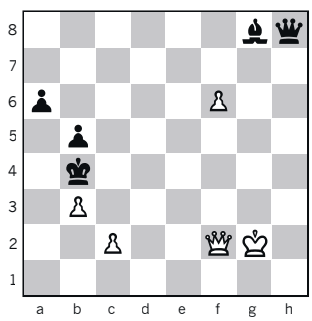
Geçen Ay Sorulan Etütlerin Çözümleri

Diyagram 8

V. ve M. Platov

Sydsvenska Dagbladet Snallposten, 1911

Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar ve kazanır.

1. Vd4+ Şa3

1...Şa5 2. Vd8+ Şb4 3. Vf8+ Şc3 4. f7; 1...Fc4 2. bxc4 bxc4 3. Vd6+ Şb5 (3...Şc3 4. f7 Vg7+ 5. Vg3+) 4. Vd7+ Şa5 5. f7 ve kazanır.

2. Va1+ Şb4 3. f7!! Vxa1 4. f8=V+ Şa5 4...Şc3 5. Vf6+.

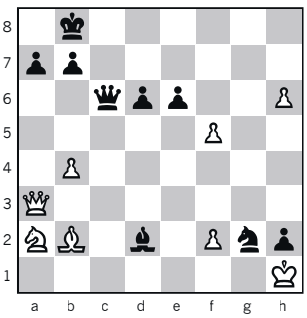
5. Vd8+ Şb4 6. Vd6+ Şa5 7. b4+ Şa4 8. Vxa6+ Şxb4 9. Vxa1 ve kazanır.

Diyagram 9

Vladimir Neistadt

V. Platov-140 Etüt Yarışması, 2021

Şeref Mansiyonu



Beyaz oynar ve berabere kalır.

Çözüm:

Siyah 1...Ah4+ ile tehdit ediyor. 1. Şxh2 oynarsa 1... Ff4+ ve siyah kazanır.

1. b5!

En etkili hamle.

1...Vd5 2. Vxd6+!! Vxd6 3. h7 Fc3 4. Axc3

4. Fxc3? Vd1+ 5. Şxh2 Vh5+ ve siyah kazanır.

4...Vd4 5. f6 Vxf6 6. Aa4 e5 7. Ab6!!

Etüdün zirve noktası. Beyaz 8. Ac7+ (çatal) ile tehdit ediyor. 7. f4 mümkün değildi çünkü 7...Şc7 savunması var.

7...axb6 8. f4!! Axf4 9. Bxe5+ Vxe5 10. h8=V+ Vxh8 ve pat.

Ayın Sorusu

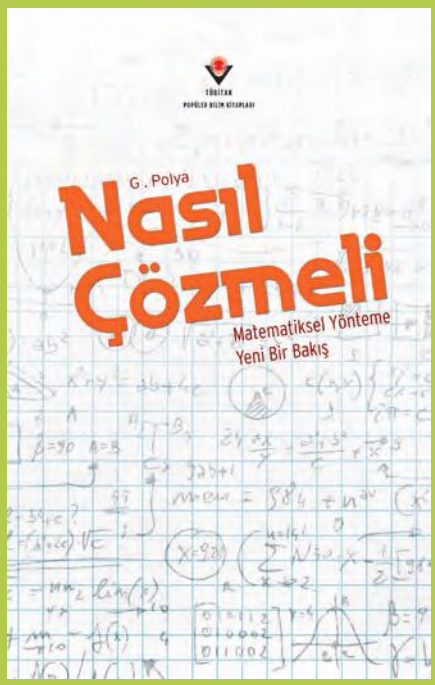
Prof. Dr. Azer Kerimov [*bteknik@tubitak.gov.tr*

Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi
Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı
ad, soyad ve adres bilgileri ile birlikte
bteknik@tubitak.gov.tr adresine
gönderenler arasından
çekilişle belirlenecek beş kişiye
TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
Yayınları'ndan bir kitap
hediye edeceğiz:

Bu ay:

Nasıl Çözmeli



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Doğru çözüm ve çekiliş sonuçları dergimizin sosyal medya hesaplarından (facebook ve twitter) önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak (www.bilimteknik.tubitak.gov.tr).

Kutulardaki Bilyeler

(Matematik)

Keloğlan ve cüceler çiftlik avlusunda bir oyun oynuyorlar. Başlangıçta cüceler 1, 2, . . ., 8 sayılarıyla numaralandırılmış sekiz kutu alıp 1. ve 2. kutulara istedikleri kadar bilye yerleştiriyorlar. Bundan sonra cüceler 3. kutuya 1. ve 2. kutulardaki toplam bilye sayısı kadar, 4. kutuya 2. ve 3. kutulardaki toplam bilye sayısı kadar, 5. kutuya 3. ve 4. kutulardaki toplam bilye sayısı kadar, . . ., 8. kutuya 6. ve 7. kutulardaki toplam bilye sayısı kadar bilye yerleştiriyorlar. Keloğlan $3 \le k \le 8$ olmak üzere, k numaralı kutudaki bilye sayısının k-1 ve k-2 numaralı kutulardaki toplam bilye sayısına eşit olduğunu biliyor fakat hangi kutuda kaç bilye bulunduğunu bilmiyor. Bundan sonra Keloğlan avluyu kısa süreliğine terk ediyor. Oyun kurallarına göre, bu sürede cüceler tek bir hamle yapıyorlar ve bu hamlede ya bir kutu seçip oradan bir veya birkaç bilye alıyorlar ya da kutulardaki bilye sayılarını hiç değiştirmiyorlar. Keloğlan avluya döndükten sonra her hamlesinde her biri bir veya daha fazla kutudan oluşan iki grup seçiyor. Birinci ve ikinci gruplardaki toplam bilye sayılarının eşit olup olmadığını ve eşitlik yoksa hangi grupta daha fazla bilye olduğunu cücelerden öğrenebiliyor.

Oyunun kurallarına göre, Keloğlan'ın herhangi bir kutudaki bilye sayısının azalıp azalmadığını ve azaldıysa bilye sayısı azalan kutunun numarasını belirlemesi gerekiyor. Başlangıçtaki bilye dağılımı ve cücelerin tek hamlesi nasıl olursa olsun Keloğlan bu görevi n hamlede yapmayı garantileyebiliyorsa n sayısının alabileceği en küçük değer nedir?

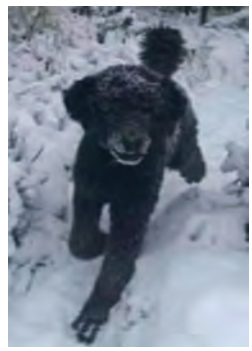
Zekâ Oyunları

Emrehan Halıcı [*zeka.oyunlari@tubitak.gov.tr*

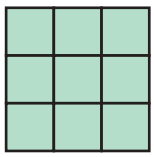
GÖZ ALDANMASI

Bu resme bakınca büyük olasılıkla kışın ormanda yürüyen bir adam görüyorsunuz. Oysa gözünüz sizi yanıltıyor. Ne olduğunu görmek için aşağıdaki fotoğrafa bakınız. Resim büyütülünce sevimli bir köpekle karşılaşıyoruz.





HARF KUTUSU



A, B, C harflerini kutulara öyle yerleştiriniz ki, hiçbir satırda ve sütunda harf tekrarı olmasın. Bu işlem kaç farklı biçimde yapılabilir?

Örnek bir yerleşim aşağıdadır:

A	B	C
B	C	A
C	A	B

BANDO

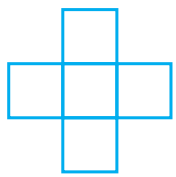


Arda ve Berk bir geçit töreninde bandoyu izlemek üzere yan yana durmaktadır. Bando tam hizalarına geldiğinde Arda bandoyla aynı yönde, Berk ise ters yönde ve aynı hızla yürümeye başlarlar. İkisi de bando kendilerini geçtiği an dururlar. Arda 9, Berk ise 6 metre yürümüş olduğuna göre bandonun uzunluğu ne kadardır?

ON SEKİZ TOP

9 kırmızı, 9 mavi top 3 kutuya rastgele biçimde yerleştirilmiştir. Her kutudan rastgele bir top çekildiğinde üçünün de kırmızı çıkma olasılığı 5/27 oluğuna göre üçünün de mavi çıkma olasılığını bulunuz.

ÇİZİM



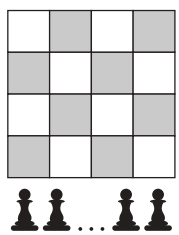
Beş kareden oluşan bu şekli bir kâğıda çizmenizi istiyoruz. Koşullarımız kaleminizi kâğıt üzerinden hiç kaldırmamanız ve çizdiğiniz bir doğru üzerinden tekrar geçmemeniz.

İKİ DİKDÖRTGEN

İki dikdörtgenin kısa ve uzun kenarları birbirlerinden farklı 4 tam sayıdır. Birinci dikdörtgenin alanı ikinci dikdörtgenin çevresine eşittir. Benzer biçimde ikinci dikdörtgenin alanı da birinci dikdörtgenin çevresine eşittir.

Bu özelliğe sahip ve toplam alanları en küçük olan iki dikdörtgenin boyutlarını bulunuz.

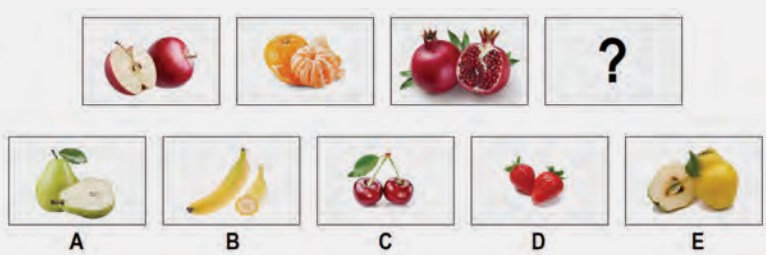
PİYONLAR



4x4'lük bir satranç tahtasına N adet piyon yerleştiriliyor. Siz dilediğiniz iki sıra ve iki sütun seçiyorsunuz ve buralardaki tüm piyonları alıyorsunuz. Hangi sıra ve sütunları seçerseniz seçin tahtada en az bir piyon kaldığına göre N en az kaç olabilir?

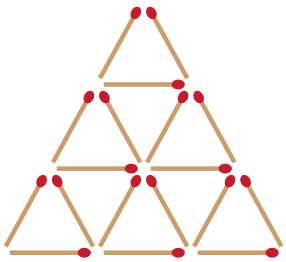
SORU İŞARETİ

Soru işaretinin yerine ne gelecek?



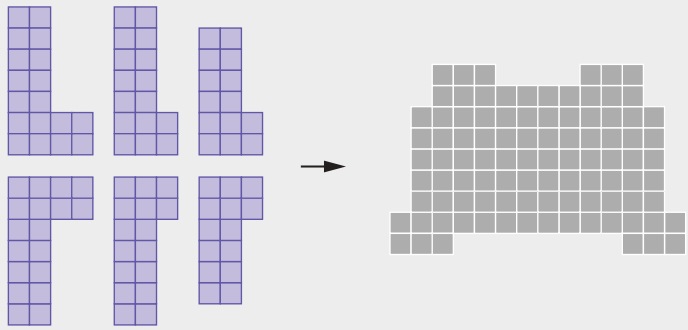
KİBRİT ÜÇGEN

Küçük eşkenar üçgenlerden oluşan büyük eşkenar üçgenin çevresi 9 kibrit uzunluğundadır. Çevresi 27 kibrit olmak üzere benzer biçimde oluşturulacak eşkenar üçgen için kaç adet kibrit kullanmak gerekir?



ALTI "L"

Altı "L" parçasını bir araya getirerek sağdaki şekli elde ediniz. Parçalar döndürülebilir ve ters çevrilebilir.



GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

DÖRT KARE

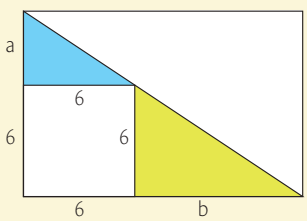
10 birim.
Bir karenin alanı = (248+76+76)/4 =100 birim kare.
Karenin kenar uzunluğu= 10 birim.

TOPLAR

En az 8 top (7 kırmızı, 1 mavi) olabilir.

$$\frac{7}{8}\times\frac{6}{7}=\frac{3}{4}$$

DİKDÖRTGENDEKİ ÜÇGENLER



Karenin alanı=36
Dikdörtgenin alanı=150=(a+6) (b+6)
İki üçgen benzer üçgenler olduğu için a/6 = 6/b
Buradan (a=4,b=9) ve (a=9,b=4) bulunur.
a<b olduğu için a=4, b=9
Mavi üçgenin alanı=12 birim kare
Sarı üçgenin alanı=27 birim kare

YEDİ SAYI

En küçük sayı en fazla 21 olabilir.
Koşulları sağlayan iki dağılım:
21, 22, 23, 24, 26, 29, 30 (Ortalama=25)
21, 22, 23, 24, 27, 28, 30 (Ortalama=25)

SORU İŞARETİ

A
(90 derecelik açı sayıları 0, 1, 2, 3, 4 ve 5 olacak.)

KAZANMA OLASILIĞI

Kazanma olasılığınız değişmez, 1/4 olarak kalır.
Kazanmayan bir arkadaşınızın ismi verildiğinde geriye kalanların 1/3 olasılığa sahip olduklarını düşünmek yanlıştır.
Yarışmada sizi A, üç arkadaşınızı da B, C, D olarak adlandıralım. Kazananı da parantez içinde gösterelim. Dört olası durum şunlardır:
1. (A) B C D
2. A (B) C D
3. A B (C) D
4. A B C (D)

Size verilen isim B olsun. Bu dört seçenekte B'nin verilme olasılıkları şöyledir:
1. (A) B C D: (1/4)x(1/3)=1/12
2. A (B) C D: (1/4)x0=0
3. A B (C) D: (1/4)x(1/2)=1/8
4. A B C (D): (1/4)x(1/2)=1/8

Sizin (yani A'nın) kazanma olasılığınız=
(1/12)/ (1/12 +1/8 + 1/8)= 1/4

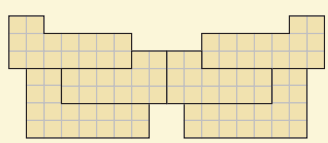
ÜÇGENİN KENARLARI

A=7, B=3, C=5 birim.

SİHİRLİ ÇERÇEVE

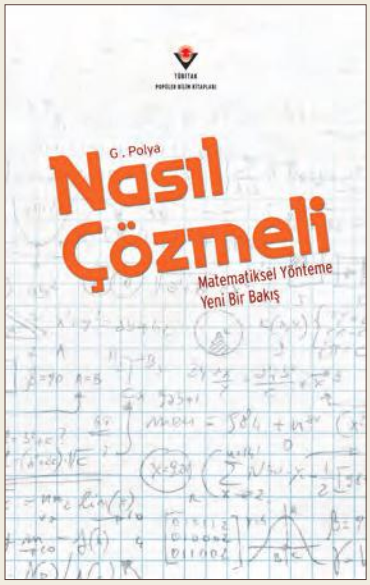
8	3	0	5
6			7
2	9	1	4

ALTI "L"



Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [*TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*



Nasıl Çözmeli - Matematiksel Yönteme Yeni Bir Bakış

George Polya
Çeviri: Burak Selçuk Soyer

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2018 (1. Basım)

Bu kitap, çözüm yöntemleriyle ilgili uzun soluklu ciddi araştırmalara dayanıyor. Kimi yazarların bulgusal diye nitelendirdiği bu tür çalışmaların, günümüzde pek revaçta olmasalar da uzun bir geçmişi vardır ve muhtemelen geleceği de olacaktır. Problem çözme yöntemlerini incelerken matematiğin başka bir yüzünü fark edeceksiniz. Öklid tarzı matematik, sistematik ve tümdengelime dayalı bir bilim olarak ortaya çıkarken pratikteki yani buluş sürecindeki matematik, deneysel ve tümevarıma dayalı bir bilim olarak karşımıza çıkar. Her iki bakış açısı da matematik bilimi kadar eskidir. Ama ikinci yaklaşım bir açıdan daha yenidir.

Yakından Tanıyın - İklim Değişimi



John Woodward
Çeviri: Deniz Candaş

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Başvuru Kitaplığı, 2019 (2. Basım)

Buzullarımız çekilmeye ve kutuplardaki buzlar erimeye başlamışken Dünya'nın iklimini etkileyen çarpıcı değişimleri durdurmak için çok mu geç? Güneş'in gücünün enerji üretmek için nasıl kullanılabileceğini görün. Buzun, binlerce yıllık iklim değişikliğinin inanılmaz öyküsünü nasıl su yüzüne çıkarabileceğini öğrenin. Dünya'daki yaşama zarar veren kirliliği engellemek için neler yapıldığını araştırın ve keşfedin.

Geçmişten Günümüze - Tuz, Pamuk, Kauçuk, Sabun, Kâğıt, Cam, Yün, İpek, Su

Heidi Moore, Barbara A. Somervill,
Christin Ditchfield, Ann Weil
Çeviri: Evra Günhan Şenol, Barış Cezar

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
8 yaş +, 2018 (1. Basım)

Geçmişten Günümüze serisi gündelik hayatımızda önemli bir yer tutan tuz, pamuk, kauçuk, sabun, kâğıt, cam, yün, ipek ve suyun tarih boyunca yaşadığı serüveni anlatıyor. İlgi çekici bilgiler, eğlenceli ayrıntılar ve etkileyici görsellerle dolu olan her bir kitapta farklı bir konuyu tüm yönleriyle keşfedeceksiniz.

