

Bilim *ve* Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi Eylül 2023 Yıl 56 Sayı 670 - 11 TL

KÜRESEL ISINMANIN GELECEĞİ ve ÇIKIŞ YOLLARI

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ ÇAĞI ve CHATGPT
TEKNOFEST Girişimcilik Yarışmaları
Giyilebilir Ultrason Tarayıcısı
Kimyasal Bağlar



Özel Ek
Kitap
Ayrıtları

“Benim mânevi mirasım ilim ve akıldır.”
Mustafa Kemal Atatürk

Bilim ve Teknik

Aylık Popüler Bilim Dergisi
Yıl 56 Sayı 670
Eylül 2023

İmtiyaz Sahibi

TÜBİTAK Adına Başkan
Prof. Dr. Hasan Mandal

**Genel Yayın Yönetmeni ve
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**
Ömer Kökçam

Yayın Yönetmeni - Editör
Dr. Özlem Kılıç Ekici

Yayın Danışma Kurulu
Prof. Dr. Emine Adadan
Prof. Dr. Elif Damla Arısan
Ömer Kökçam
Doç. Dr. Nuray Karapınar
Prof. Dr. Evren Mutlugün
Prof. Dr. Faruk Soyduğan

Yayın Danışmanı
Doç. Dr. Rukiye Dilli

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
Ayşe Dilara Cumhur

Mobil Uygulama
Selim Özden

Mali ve İdari Hizmetler
M. Furkan Aktaş

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

Abone İlişkileri
abone@tubitak.gov.tr
yayinlar.tubitak.gov.tr

Baskı
Başak Matbaacılık Tanıtım
Hizmetleri İth.İhr. A.Ş.
basakmatbaa.com

Baskı Tarihi 24.08.2023

Dağıtım TurkuvaZ Dağıtım Pazarlama A.Ş.
tdp.com.tr

Bilim ve Teknik Dergisi, Millî 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.

ISSN 977-1300-3380
Fiyatı 11 TL

Her ayın 1'inde çıkar.



Önceleri bize varlığını sadece bilimsel verilerin gösterdiği bir olgu iken artık günlük hayatımızda bile etkilerini doğrudan gözlemleyebildiğimiz bir gerçeklik hâline gelen küresel ısınma, gerek insan yaşamı gerekse doğal yaşam üzerinde olumsuz etkilerini iyiden iyiye hissettirmeye başladı. Küresel sıcaklıktaki artış, karbon ayak izinin büyümesi, aşırı hava olaylarının daha sık görülmesi, okyanusların ısınması ve asitlenmesi, buzulların erimesi, deniz seviyesindeki yükselme, canlıların yaşam alanlarının yok olması, biyoçeşitliliğin azalması... Tüm bunlar insanlığın küresel ısınmayı yavaşlatma yönünde çok daha fazla önlem alması gerektiğini gösteriyor.

İlay Çelik Sezer, “IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu Işığında İklimin Geleceği ve Çıkış Yolları” başlıklı yazısında küresel ısınma; diğer bir ifadeyle küresel iklim değişikliği tehdidi karşısında neler yapılması gerektiğini Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli altıncı değerlendirme raporu ışığında gözler önüne seriyor. Nilay Dökümcü, Sinan Yirmibeşoğlu ve Burcu Özsoy da küresel ısınma neticesinde Svalbard Takımadası’nın biyoçeşitliliğinin azalmasına yönelik yapılan çalışmaları özetliyorlar. Erdem Ünal “Üretken Yapay Zekâ Çağı ve ChatGPT” başlıklı yazısında, üretken yapay zekânın ne olduğunu, yeteneklerini ve ayırt edici yapay zekâdan nasıl farklılaştığını inceliyor. Emine Adadan, kimyasal türler arasındaki güçlü etkileşimleri, Tuba Sarıgül ise moleküller arası zayıf etkileşimleri ele alıyor.

“Canan Dağdeviren ve Ekibi Geliştirdi: Giyilebilir Ultrason Tarayıcısı ile Erken Meme Kanseri Tespiti” ve “Lityum Metal Pillerin Performansı Giderek Artıyor” başlıklı yazılarımız ile farklı ilgi alanlarına hitap eden Bilim Haberleri, Bilim Çizgi, Tekno-Yaşam, Merak Ettikleriniz, Bilim Tarihinden Notlar, Doğa, Gökyüzü, Düşünme Kulesi, Satranç, Ayın Matematik Sorusu, Zekâ Oyunları ve Yayın Dünyası başlıklı köşelerimizdeki içerikleri de beğenerek okuyacağınızı umuyoruz.

Dergimizin daha düşük fiyata ve ücretsiz kargoyla sizlere ulaşacağı abonelik fırsatından faydalanmak ayrıca hem yeni hem de eski sayılarımızı satın almak için yayinlar.tubitak.gov.tr adresini ziyaret edebilir, “TÜBİTAK Yayınlar” mobil uygulamasını da indirebilirsiniz. Dergimizin internet sayfasını (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 ilgiyle okumanızı diliyor, sonraki sayılarımızı sabırsızlıkla bekleyeceğinizi umuyoruz.

Yeni eğitim ve öğretim yılında tüm öğrencilerimize, öğretmenlerimize ve eğitimcilerimize başarılar diliyoruz. Dergimizin ilgiyle takip edilen köşelerinden seçtiğimiz içeriklerle tasarladığımız özel kitap ayrıçalarının yıl boyu sizlere eşlik etmesi dileğiyle...

Sağlıcakla ve bilimle kalın... Unutmayın #bilimokuyanabilir!

Saygılarımızla,
Özlem Kılıç Ekici

İçindekiler

14

IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu Işığında İklimin Geleceği ve Çıkış Yolları

İlay Çelik Sezer

IPCC'nin Altıncı Değerlendirme Raporu, iklim değişikliği konusunda eylemsiz kalmanın muazzam riskler taşıdığını ve bundan sonra takip etmemiz gereken yolun daha önce görülmemiş ölçekte değişim gerektirdiğini açık ortaya koyuyor.

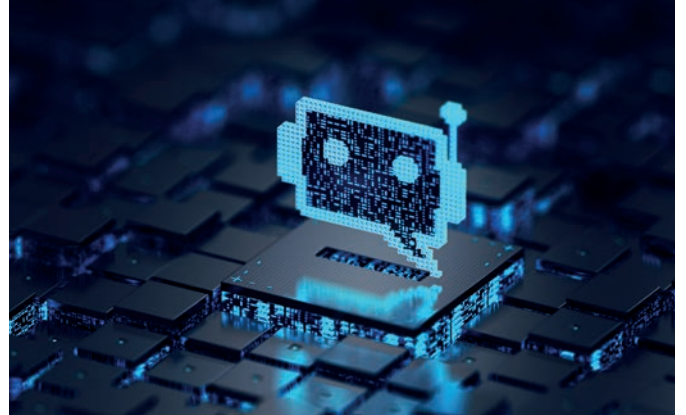


56

Üretken Yapay Zekâ Çağı ve ChatGPT

Erdem Ünal

Günümüzde ChatGPT gibi dil modelleri ön planda olsa da insan yeteneğini sadece onlar taklit etmiyor. Resim, ses, müzik ve video üretebilen yapay zekâ modelleri de mevcut. İçerik üretmek odaklı çalışan bu yapay zekâ türleri, üretken yapay zekâ olarak isimlendiriliyor ve klasik yapay zekâdan belirgin derecede farklılıklar gösteriyor.

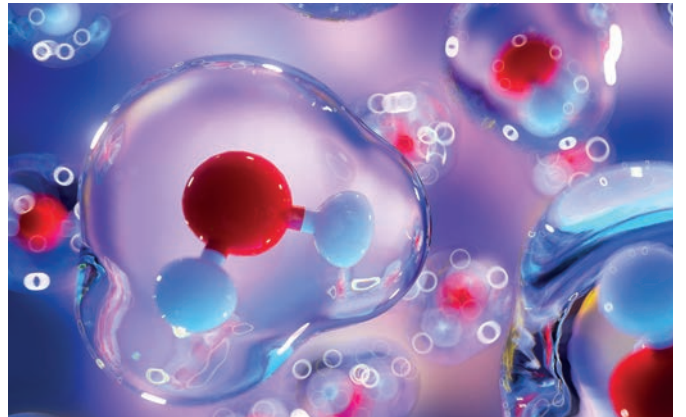


68

Kimyasal Türler Arası Güçlü Etkileşimler: Kimyasal Bağlar

Emine Adadan

Evrendeki tüm maddeleri oluşturan atomlar çok nadir olarak doğada tek tek bulunur. Genellikle aralarında kimyasal bağlar kurarak fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklı maddeler oluştururlar. Evrende kimyasal bağların hiç oluşmadığı bir durumda, sadece doğal yollardan var olan 92 element bulunurdu. Madde çeşitliliğinin bu kadar sınırlı olduğu bir ortamda da yaşam mümkün olmayabilirdi.



4

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!

Özlem Ak

6

Haberler

33

TEKNOFEST Ankara ve İzmir'de Havacılık, Uzay ve Teknoloji Meraklıları Buluşacak

Özlem Kılıç Ekici

34

Bilim Çizgi Hulusi Behçet

Sinançan Kara

36

Canan Dağdeviren ve Ekibi Geliştirdi: Giyilebilir Ultrason Tarayıcısı ile Erken Meme Kanseri Tespiti

Özlem Ak

İnsan vücudunun her köşesinden veri toplayabilen araçlar geliştirmeye devam eden Canan Dağdeviren ve ekibi son olarak, insanların tümörleri henüz erken evrelerdeyken tespit etmelerini sağlayabilecek ve rutin mamogramlar arasında meme kanserine yakalanma riski yüksek olan hastalar için büyük önem taşıyacak giyilebilir bir ultrason cihazı tasarladılar.

38

Karbon Harikası Yapılar

Hayriye Yetiş

42

Tekno-Yaşam

Gürkan Caner Birer

46

Svalbard Takımadası'nın Biyoçeşitliliği Yok mu Oluyor?

Nilay Dökümcü,
Sinan Yirmibeşoğlu,
Burcu Özsoy

Svalbard Bölgesi'ne ait sıcaklık ortalamalarının ve yağış miktarlarının yüzyılın sonuna kadar küresel sıcaklık ortalamalarından daha yüksek bir artış göstereceği, bu durumun da tatlı su ekosistemlerinde ve biyoçeşitlilikte büyük değişimlere yol açabileceği öngörülüyor.

54

Merak Ettikleriniz

Mesut Erol

66

Lityum Metal Pillerin Performansı Giderek Artıyor

Tuncay Baydemir

Lityum iyon piller teorik enerji yoğunluğu sınırına ulaşırken yüksek enerji yoğunluğuna sahip lityum metal pillere duyulan ilgi de giderek artıyor.

74

Kendisi Zayıf, Etkisi Büyük: Moleküller Arası Etkileşimler

Tuba Sarıgül

Moleküller arası etkileşimlerin sayısal büyüklüğü çok yüksek olmasa da etkilerini çevremizde belirgin bir şekilde hissediyoruz. Peki moleküler ölçekteki bu etkileşimlerin nasıl ortaya çıktığını ve fark edebileceğimiz ölçekte hangi etkileri olduğunu öğrenmek ister misiniz?

78

Bilim Tarihinden Notlar: Michelson-Morley Deneyi

Hüseyin Gazi Topdemir

82

Doğa - Flora: Madagaskar'ın Orkideleri

Bülent Gözcelioğlu

84

Gökyüzü: Gökyüzündeki Bazı Parlak Süpernova Adayları

Faruk Soyduğan

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 - Bilim ve Teknik Kitap Ayraçları (5 farklı tasarım)

Nurulhude Baykal,
Hüseyin Diker



Dergimize "Bilim ve Teknik ile Büyüdüm!", "Düşünme Kulesi" ve "Ayın Sorusu" köşeleri ile ilgili içerik gönderen okurlarımız, "Kişisel Verileri Koruma Kanunu" kapsamında, paylaştıkları verilerin ve bilgilerin dergimiz tarafından yayınlanmasına açık rıza göstermiş sayılacaktır.

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.



TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları internet sitesi yenilendi!



<https://yayinlar.tubitak.gov.tr/> adresi üzerinden; dergilerimizin hem yeni hem de geçmiş sayılarını satın alabilir, ayrıca dergilerimize kolayca abone olabilirsiniz.



Bilim ve Teknik



tubitakbiltek



tubitakbilimteknik



TÜBİTAK Bilim ve Teknik

Bilim ve Teknik ile Büyüdüm

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Okurlarımızın *Bilim ve Teknik* dergisinin hayatlarındaki yerini, onlara neler kattığını ve 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 Eylül 2023

“Bir dergiden çok fazlası...”



Merhaba,

Üniversite öncesi dönemlerimizde dergilere ulaşmak, bilim ve teknolojiye haber almak kolay değildi. *Bilim ve Teknik* dergisi, bilim ve teknolojiyle tanışma ve gelişmeleri takip etmek için çıkan ender kaynaklardan biriydi. Tanışınca bırakılacak bir dergi olmadığını takip edenler iyi biliyor. Bilim ve teknoloji kültürünü tatmak için kaynak olması, bu düzlemde değişen dünyayı takip için kanallar açması, öğrenme ve araştırma merakına kattığı ivme ve daha nice... Bir dergiden çok fazla ve farklı misyonu olduğu yıllar içinde anlaşılıyor. Farklı disiplinlerde yaşanan gelişmeleri anlaşılır ve dikkat çekici dille aktarmanın kolay olmadığını son dönemde iyi anlıyoruz. Araştırmanın içinde olduğumuz konularda bile her merak edenin anlayabileceği düzeyde yazılar yazabilmek ciddi emek istiyor. *Bilim ve Teknik* kadrosu ve destek veren dış yazarlarıyla yıllardır bunu başarıyor ve misyonunu seviye arttırarak sürdürüyor.

Astrofizikçi olarak evrenden haber verme, keşiflerden söz etme, gökyüzü meraklılarıyla yazılarda buluşma fırsatını bulduğumuz için çok şanslı ve gururluyuz. Evrenle tanışma penceresini bizler için açanlardan biri olan *Bilim ve Teknik* misyonuna yazı yazarak katkı vermeye çalışmak bizleri çok mutlu ediyor. Umarız çok az da olsa bu pencereleri aralamaya ve yeni merak alanları oluşturmaya destek oluyordunuz.

Bilim ve teknoloji okuryazarlığı ile kültürünün oluşması için önemli kaynaklar sunan TÜBİTAK’a, Bilim ve Toplum Başkanlığına ve özellikle *Bilim ve Teknik* dergisi ekibine emekleri için çok teşekkürler.

Prof. Dr. Faruk Soyduğan

Astrofizikçi

“Her ay yeni ufuklar açtığınız için teşekkür ederim.”



Merhaba,

Daha ilkokul 2. sınıfta sınıf arkadaşımın getirdiği sayıyla tanıştım derginizle. Herkes *Bilim Çocuk* okurken biz *Bilim ve Teknik* dergisini inceliyorduk. Sizin derginiz bizim daha çok bilimle iç içe olmamızı sağlıyormuş gibi hissediyorduk. Tabii ki o zamanlar kelimelerin ve terimlerin çoğunu anlamasam da anlamamanın getirdiği merak duygusu beni bilime daha çok çekti desem yeridir. Her zaman derste anlatılan yüzeysel konulara kafam takılırdı ve sizin derginizle derinliklere inerdim. Hâlâ derginizi takip ediyorum. Çünkü bana öğrenme sürecinin ne kadar uzun ve sonu gelmeyen bir yol olduğunu hatırlatıyor.

Artık üniversite öğrencisiyim ve dolu dolu bir sürü bilgi öğrensem de her zaman *Bilim ve Teknik* dergisinin yeri bende ayrı olacak.

Çizginizi hiç bozmadığınız ve aynı özveriyle bize her ay yeni ufuklar açtığınız için teşekkür ederim. İyi ki *Bilim ve Teknik*.

Zahide Yağmur Sermikli

“Ülkeme ve dünyaya faydalı bir bilim insanı olmak istiyorum”



Merhaba,

TÜBİTAK dergileriyle 3 yaşında tanıştım. O zamanlar ailem bana *Meraklı Minik* okuyordu. İlkokulda *Bilim Çocuk* okumaya başladım. Bilime merakım vardı.

Şimdi 12 yaşındayım ve *Bilim ve Teknik* dergisiyle bu bilim yolculuğuma devam ediyorum. Her sayıyı heyecanla bekliyorum.

Merakımı gidermeme, ödevlerimi güzelleştirmeme ve araştırma yapmama yardım ettiğin için teşekkürler!

Nice sayılara *Bilim ve Teknik*!

#Bilimokuyanbilir

Janset Defne Uğurlu
Öğrenci, Beyoğlu, İstanbul

“İçimde bilime dair tohumları atan ve yeşerten bir kaynak”



Merhaba,

Sanıyorum 6-7 yaşlarında iken, okunabilecek her vesileyi değerlendirirken tanıştım *Bilim ve Teknik* dergisi ile. Kalın ansiklopediler, günlük gazeteler ve teras arasında saklı eski romanlar ile birlikte girdi hayatıma. Aile apartmanımıza her ay giren dergi, en çok dikkatimi çeken okuma parçası oldu zamanla.

Merak ettiklerimi cevaplayan, okudukça hayal alemimde pencereler açan, anladıkça daha çok sorgulatan ve içimde bilime dair tohumları atan ve yeşerten bir kaynak oldu zamanla. Her sayı, bilmediklerimin ne kadar çok olduğunu bana gösterirken ben bilmenin sınırı olmadığını da yine *Bilim ve Teknik* ile öğreniyordum. Şimdi geçmişe baktığımda olmasaydı yerini ne doldururdu bilmiyorum. İnaniyorum ki bir dergi ile dokunuş benim gibi birçok kişinin hayallerini, kariyerlerini şekillendirdi ve farkında olmadan belki de çok şeyi değiştirdi.

İyi ki varsın *Bilim ve Teknik* ve hep olmalısın!

Prof. Dr. Evren Mutlugün

İki Yüzlü Yıldız Keşfedildi



Mahir E. Ocak

Kütlesi nötron yıldızı veya kara delik oluşturabilecek kadar büyük olmayan yıldızlar, yaşam döngülerinin sonunda beyaz cücelere dönüşür. Güneş'in de yaklaşık 5 milyar yıl sonra bir beyaz cüceye dönüşeceği tahmin ediliyor.

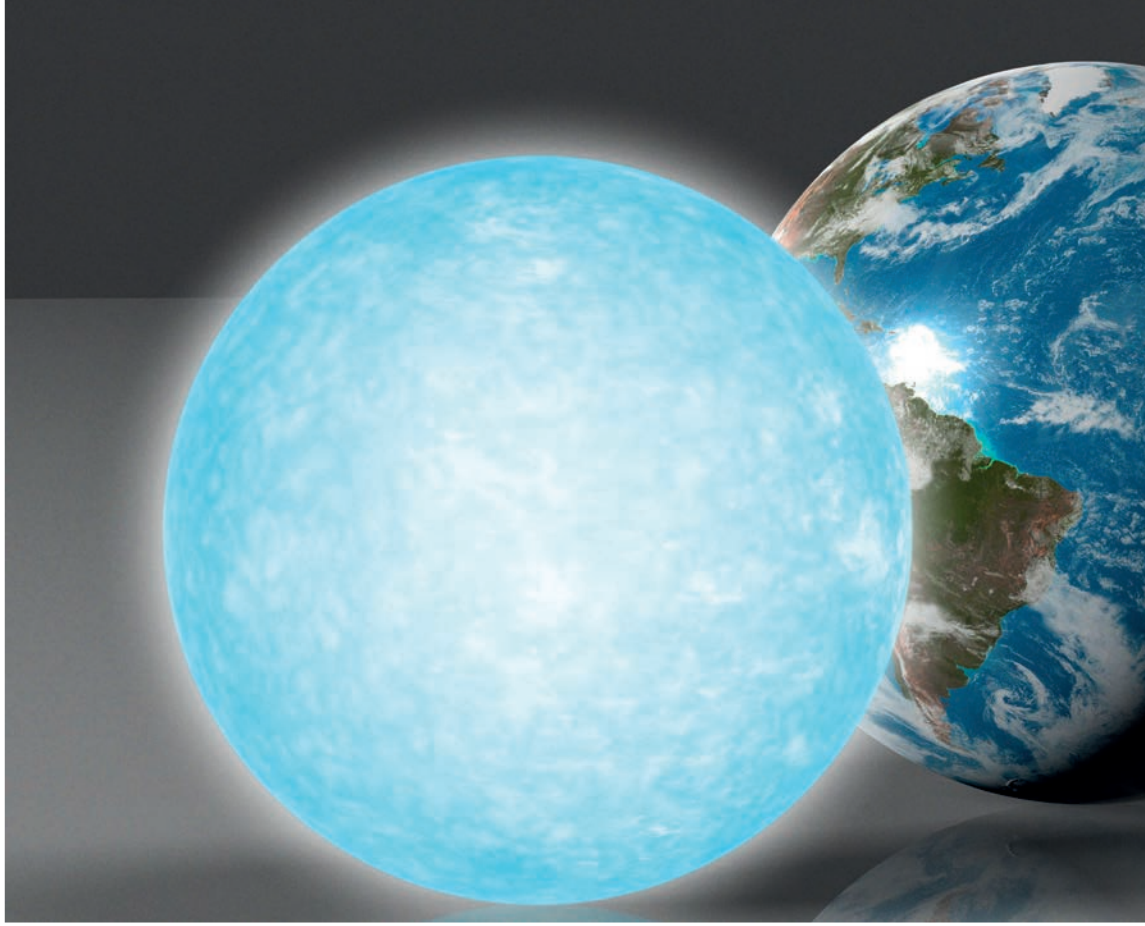
California Teknoloji Enstitüsünden bir grup gök bilimci yakın zamanlarda yeni bir beyaz cüce keşfetti. Bilimsel çalışmalar yıldızın bir yüzünün hidrojen, diğer yüzününse helyumdan oluştuğunu gösteriyor. Beyaz cüceye Roma mitolojisindeki iki yüzlü karakter Janus'un adı verildi. Beyaz cücenin neden heterojen bir yüzeye sahip olduğuysa tam olarak bilinmiyor. Ilaria Caiazzo ve ekibinin gerçekleştirdiği çalışmanın sonuçları *Nature*'da yayımlandı.

Beyaz cüceler gezegenlerle karşılaştırılabilir büyüklükte yoğun gök cisimleridir ve oluştuktan sonra daha ağır elementler yıldızın merkezinde, daha hafif elementlerse yıldızın yüzeyinde yoğunlaşır. Hidrojen en hafif element olduğu için beyaz cücelerin yüzeyi de genel olarak hidrojen oluşur. Ancak bazı durumlarda az miktardaki hidrojen derinlerdeki diğer elementlerin içine karışır ve bu durum yıldızın yüzeyinin büyük oranda helyumdan oluşmasına yol açar. Keşfedilen yıldızda da

buna benzer bir dönüşüm yaşanıyor olabilir. Ancak eğer öyleyse bile bu durum neden beyaz cücenin yüzeyinin iki tarafında farklı elementlerin yoğunlaştığını açıklamıyor.

Keşfe imza atan araştırmacılar, beyaz cücenin neden iki yüzlü olduğunu açıklayabilecek iki mekanizma öne sürüyor. Her iki açıklama da yıldızın manyetik alanına odaklanıyor. Gök cisimlerinin manyetik alanları genellikle asimetriktir ve manyetik alanlar malzemelerin

birbirine karışmasını engelleyebilir. Bu yüzden Janus'un manyetik alanının daha güçlü olduğu tarafta karışma daha az oluyor ve dolayısıyla bu taraf daha çok hidrojen meydana geliyor olabilir. Manyetik alanlar yıldızların atmosferindeki gazların basıncının düşmesine de neden olabilir. Dolayısıyla, ikinci bir olasılık da beyaz cücenin manyetik alanının güçlü olduğu bölgelerdeki düşük basıncın "hidrojen okyanusları"nın oluşmasına imkân vermesi. ■





Bilim İnsanları En Genç Alzheimer Vakasını Teşhis Etti

Özlem Ak

Çin'deki bir hafıza kliniğindeki nörologlar, Alzheimer olduğuna inandıkları 19 yaşındaki bir gence hastalık teşhisi koydular. Bu durum, onu dünyada Alzheimer teşhisi konan en genç kişi yaptı. On yedi yaşında hafıza kaybı yaşamaya başlayan

gençte gün geçtikçe bilişsel kayıplar daha da kötüleşti. Hastanın beyin görüntülerinde, hafızayla ilgili olan hipokampusta büzülme tespit edildi. Ayrıca beyin omurilik sıvısında da en yaygın demans formunun ortak belirteçleri olduğu görüldü. Alzheimer genellikle yaşlıların muzdarip olduğu bir hastalık olarak düşünülüyor. Bununla birlikte, 65 yaşın altındaki hastaları içeren erken başlangıçlı vakalar, tüm teşhislerin %10'unu oluşturuyor.

Otuz yaşın altındaki hemen hemen tüm Alzheimer hastalarının durumu patolojik gen mutasyonları ile açıklanabiliyor ve bu durum onları ailesel Alzheimer hastalığı kategorisine sokuyor. Hastalık ne kadar erken teşhis edilirse kalıtsal yollarla alınan hatalı bir gen sonucu ortaya çıkma olasılığı o kadar yükseliyor. Fakat Pekin'de bulunan Başkent Tıp Üniversitesindeki araştırmacılar, teşhis koydukları hastaya genom çapında bir araştırma yaptıklarında, hafıza kaybının erken

başlangıcından sorumlu olağan mutasyonlardan herhangi birine veya herhangi bir şüpheli gene rastlamadılar.

Çin'de yapılan bu teşhisten önce tespit edilen en genç Alzheimer hastası 21 yaşındaydı. Bu hasta, beyinde anormal proteinlerin birikmesine neden olan ve Alzheimer'ın ortak bir özelliği olan toksik plak yığınlarını oluşturan PSEN1 gen mutasyonunu taşıyordu.

Diğer yandan, Çin'deki bu son vaka gibi hasta öyküleri biraz gizemli. 19 yaşındaki çocuğun ailesinden hiç kimsede Alzheimer veya bunama öyküsü bulunmuyordu.

Bu da hastanın durumunun ailesel Alzheimer hastalığı olarak sınıflandırılmasını zorlaştırıyordu. Ayrıca gencin ani bilişsel gerilemesini açıklayabilecek başka hastalıkları, enfeksiyonları veya kafa travması yoktu. Hafıza kliniğine sevk edilmeden iki yıl önce genç hasta okulda derslerine odaklanmakta zorlanmaya başladı. Okuması da güçleşti ve kısa süreli hafızası zayıfladı. Çoğu zaman, bir gün öncesinde yaşadığı olayları hatırlamıyordu ve eşyalarını sürekli kaybediyordu. Sonunda bilişsel gerilemesi o kadar kötüleşti



metamorworks / iStock

ki liseyi bitiremedi. Hafıza kliniğine sevk edildikten bir yıl sonra, anında hatırlamada, üç dakika sonra kısa süreli hatırlamada ve 30 dakika sonra uzun süreli hatırlamada sorunlar başgösterdi. Hastanın tam ölçekli bellek puanı akranlarına göre %82, anlık bellek puanı ise %87 daha düşüktü.

Nörolog Jianping Jia ve meslektaşları *Journal of Alzheimer's Disease* dergisinde şubat ayında yayımladıkları çalışmalarında; hastalarının belirgin bir patojenik mutasyonu olmaksızın çok erken başlangıçlı Alzheimer'dan muzdarip olduğunu, bu nedenle de hastalığın patogenezinin araştırılması gerektiğini söylüyor. Bu vaka Alzheimer'ın tek bir yol izlemediğini ve düşünüldenden çok daha karmaşık olduğunu göstermenin yanında farklı etkilere sahip çok sayıda farklı yolla ortaya çıkabileceğini de düşünüyor.

Söz konusu vakanın öyküsünü ele alan nörologlar, hafıza kaybı anlayışlarını daha da geliştirmek için

gelecekteki çalışmaların erken başlangıçlı vakalara odaklanması gerektiği kanısındalar. Bu bilim insanlarına göre, gençler üzerinde etkisini gösteren Alzheimer hastalığının gizemlerini keşfetmek, geleceğin en çetin bilimsel sorularından biri olabilir. ■

Beş Kuarktan Oluşan Parçacık Keşfedildi

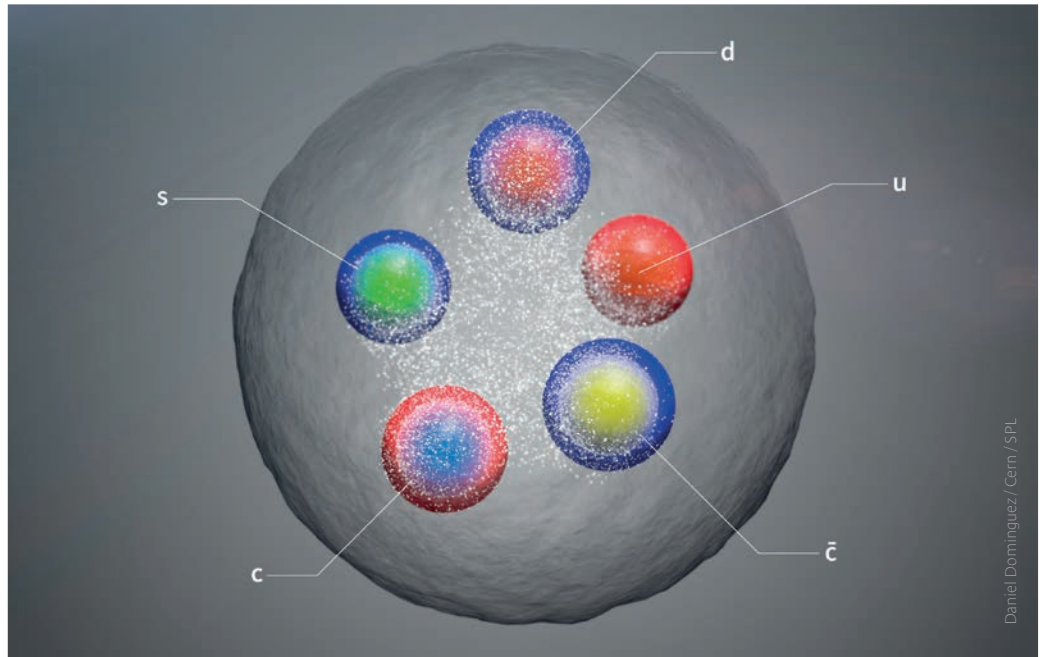
Mahir E. Ocak

CERN'de yapılan deneyler sırasında dört kuark ve bir antiquarktan oluşan yeni bir parçacık tespit edildi.

Hadronlar olarak adlandırılan parçacıklar kuarkların bir araya gelmesiyle oluşur. Bilinen altı tür kuark vardır: aşağı, yukarı, tılsım, acayip, alt ve üst kuarklar. Hadronlar iki ana gruba ayrılır: üç kuarktan oluşan baryonlar ile bir kuark ve bir antiquarktan oluşan mezonlar. Protonlar ve nötronlar, baryon grubu parçacıkların örneklerindendir.

Son 20 yıl içinde parçacık hızlandırıcılarda yapılan deneylerde dört ya da beş kuark içeren çeşitli parçacıklar tespit edilmişti. Yakın zamanlarda bu keşiflere bir yenisi daha eklendi.

Bir grup araştırmacı, *Physical Review Letters* dergisinde yayımladıkları bir makalede, CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda yaptıkları deneyler sırasında, beş kuarktan oluşan yeni bir parçacık tespit ettiklerini açıkladı. Yeni keşfedilen parçacık bir yukarı, bir aşağı, bir acayip ve bir tılsım kuark ile bir tılsım antiquarktan oluşuyor. İlk kez beş kuarktan oluşan ve acayip kuark içeren bir parçacık keşfedilmiş oldu. Detaylı bilgiye Dr. R. Aaij ve arkadaşlarının makalesinden ulaşabilirsiniz. ■



Yeni keşfedilen parçacık bir aşağı (d), bir yukarı (u), bir acayip (s) ve bir tılsım (c) kuark ile bir tılsım antiquarktan ($\bar{c}$) oluşuyor.

Hafif Egzersiz Yaşlılarda Bilişsel İşlevi Artırıyor

Özlem Ak

Yakın zamanda yapılan bir araştırmaya göre, düzenli hafif egzersiz yapmak yaşlı yetişkinlerde bilişsel işlevi geliştiriyor. Araştırmada, üç ay boyunca haftada üç kez düşük yoğunluklu bisiklet sürmenin, özellikle 68-78 yaş arası yetişkinlerin odaklanma, dikkatin yönlendirilmesi, çalışan bellek, bilişsel esneklik ve planlama gibi becerileri kapsayan beynin işlevlerini önemli ölçüde geliştirdiği keşfedildi. Bu bilişsel gelişmeler, beynin yürütme işlevlerini kontrol eden bölgesi olan prefrontal korteksin etkinliğinin artmasıyla ilişkilendirildi.

Önceki araştırmalar, altı aydan bir yıla kadar süren orta ila yüksek yoğunluklu aerobik egzersiz programlarının prefrontal korteks tarafından kontrol edilen yürütme işlevi üzerindeki etkilerine odaklanıyordu. Bu çalışmalardaki asıl zorluk, bireyleri sıkı egzersiz rutinlerine katılmaya ve bunlara



bağlı kalmaya motive etmekte. Japonya'daki Tsukuba Üniversitesi ve California'daki Irvine Üniversitesinden araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar da yürüyüş ve yoga gibi kısa süreli hafif egzersiz seanslarının bile beyni uyarabildiğini ve bilişsel performansta geçici iyileşmeler sağladığını göstermişti. Yine de uzun süreli hafif aerobik egzersizin insanlarda beyin fonksiyonu üzerindeki etkisi ve altta yatan ilgili mekanizmalar henüz keşfedilmemişti.

GeroScience dergisinde yeni yayınlanan bir çalışmada, 55-78 yaş arası sağlıklı yetişkinler rastgele iki gruba ayrıldı. Bir grup üç ay boyunca haftada üç kez düşük yoğunluklu bisiklet egzersizi yaparken

(egzersiz grubu), diğer grup normal günlük rutinlerine devam etti (kontrol grubu). Araştırma ekibi, katılımcıların yürütme işlevini Stroop testi kullanarak inceledi ve görev sırasında prefrontal korteks aktivitesini müdahaleden önce ve sonra fonksiyonel yakın kızılötesi spektroskopi kullanarak değerlendirdi. Elde edilen bulgular, egzersiz grubunun kontrol grubuna kıyasla yürütme işlevinde önemli bir gelişme kaydettiğini ortaya koydu. Veriler yaşa göre analiz edildiğinde, hafif egzersizin faydalarının özellikle yaşlı yetişkin grubunda (68-78 yaş arası) belirgin olduğu görüldü. Bu sonuçlar, üç aylık hafif egzersizin bile beynin işlevsel ağlarını güçlendirebileceğini ve prefrontal korteksin

Stroop testi sırasında daha verimli kullanılmasını sağlayabileceğini gösterdi. Bilişsel işlevlerdeki iyileşme, yürütme işlevlerini kontrol eden beyin bölgesi olan prefrontal korteksin etkinliğinin artmasıyla ilişkilendirildi.

Bulgular, egzersiz yapma motivasyonuna sahip yaşlı bireyler için kolayca erişilebilen yeni egzersiz programları ve stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. ■

Şiddetli Kuraklık Yaşanan Bölgelerde Tarımsal Üretim Yapılabilir mi?

Tuncay Baydemir

Küresel iklim değişikliği; çeşitli bölgelerde kuraklık yaşanma sıklığını, şiddetini ve süresini artırıyor. Bu nedenle tarımsal biyoteknoloji alanında kuraklığa dirençli tohumlar geliştirilmesi ve böylece tarımsal üretimin kesintiye uğramaması için araştırmalar yürütülüyor.

Kuraklık; bitkilerin büyümesini, gelişmesini ve ürün verimliliğini

etkileyen önemli stres kaynaklarından biri. Kuraklık stresi sonucunda ilgili bölgelerde ciddi boyutlarda gıda kıtlığı görülebiliyor. Kuraklıktan etkilenen nüfusun sürekli artması ve kuraklığın etki faktörünün doğal felaketlere oranla daha büyük olması gibi nedenler hızlı bir şekilde çözüm üretilmesini de zorunlu kılıyor. Kuraklık stresine dayanıklı bitkilerin geliştirilmesinin gıda kıtlığının engellenmesi için büyük önem taşıdığı düşünülüyor.

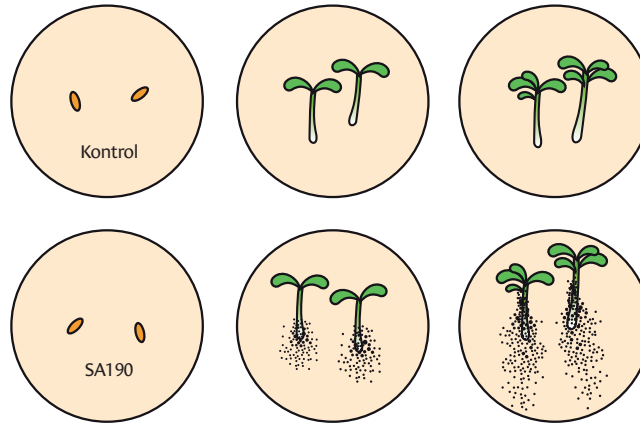
Tarımsal üretimde kullanılan bitkilere çöl bitkilerinden elde edilen bakterilerin eklenmesi ile bitkinin kuraklığa direncinin artırılması, bitkilerin kurak koşullarda yetiştirilmesine olanak sağlıyor. KAUST (King Abdullah University of Science and Technology) araştırmacıları yaklaşık on yıldır çölde yaşayan mikroorganizmaları izole etmek ve bunların analizlerini gerçekleştirmek üzere çalışmalar gerçekleştiriyor. Araştırmacıların hedefinde, mikropların çöl bitkilerine kazandırdığı aşırı ısıya, yüksek tuz oranına ve kuraklığa dayanıklılık gibi özelliklerin tarım

bitkilerine aktarılması ve böylelikle küresel gıda güvenliğinin sağlanması yer alıyor.

Yakın zamanda *EMBO Reports* dergisinde yayımlanan ve KAUST'tan Heribert Hirt ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen uluslararası araştırmanın sonuçları bize bu alanda önemli gelişmeler yaşandığını gösteriyor. Şimdiye kadar yürüttükleri araştırma programı dâhilinde 10.000'den fazla mikrobiyal çöl türünü izole eden Hirt ve arkadaşları, bunları kullanarak farklı bitki türlerini çimlendiriyor ve kuraklığa karşı direnci artan kombinasyonları tespit ediyorlar. Hirt ve arkadaşları, sonuçlarını paylaştıkları çalışmada, çölde yetişen çalı benzeri küçük bir bitki olan

Indigofera argentea'nın kök nodüllerinden elde edilen SA190 diye adlandırılan bakteri suşunu kullandılar. Çalışmada çöl bitkilerinde kuraklığa bağlı olarak gen ifadesini düzenleme işlevini gerçekleştiren SA190 suşu ile diğer bitkilerin su kullanım verimliliğini artırmak ve kuraklık direncini geliştirmek amaçlandı. Kontrol numuneleriyle karşılaştırıldığında ise bunun büyük oranda başarıldığı gözlemlendi. Normal koşullarda SA190'ın önemli bir etkisi görülmezken, bitkiler kuraklığa maruz kaldığında kuraklık stresi ile alakalı genlerin ifade edilmesini sağladığı belirlendi. Yapılan fizyolojik ve genetik analizler sonucunda SA190'ın bitkinin su kullanım verimliliğini artırarak fotosentez

yapmaya ve büyümeye devam etmesini sağladığı gösterildi. Laboratuvar ortamında, yabani bir tür olan *Arabidopsis* bitkisi üzerinde gerçekleştirilen denemelerde; kuraklık stresi olmadığında normal bitki büyümesi ile karşılaştırıldığında herhangi bir fark gözlenmezken, kuraklık stresi ile birlikte SA190 ile kolonize edilen bitkilerin büyümesi kontrol örneklerinin yaklaşık altı katı olarak gerçekleşti. Yetişkin bitkilerin kuraklık koşullarında büyümesi üzerine yapılan çalışmalarda ise SA190 ile kolonize edilen bitkilerin 3 hafta kadar susuz bırakıldığında %90 oranında canlı kaldıkları ve yeniden sulandıklarında da bunların tamamının büyümeye devam ettiği ortaya kondu.



Bitkilerin kuraklık stresine dayanıklılığını artırmak için faydalı mikropların kullanımı büyük bir potansiyel taşıyor.

Araştırmacılar, SA190'ın kolay bir şekilde büyük miktarlarda üretililebileceğini ve bitkilerin kuraklığa dirençli kılınması için kullanılabileceğini belirtiyor. Çalışmanın olumlu sonuçlarının kuraklığa bağlı olarak gelişebilecek gıda kıtlığının engellenmesinde önemli rol oynaması bekleniyor. ■



Mantarlardan Çevreci Yangın Önleyici Tabakalar Üretildi

İlay Çelik Sezer

Araştırmacılar mantar biyokütlesini sıkıştırarak ateşe karşı üst düzey dayanıklılık gösteren levhalar elde etti. Elde edilen malzeme mevcut yangın önleyici malzemelere zehirsiz ve biyolojik olarak parçalanabilir bir alternatif oluşturabilir. Yangın önleyici malzemeler geçmişte asbest ve polibrominlenmiş difenil eterler (PBDE) gibi toksik alev geciktirici kimyasallardan üretiliyordu. Daha sonra

bunların yerini daha güvenli oldukları kabul edilen organofosfatlar gibi birtakım başka alev geciktiriciler aldı. Ancak bazı araştırmalar organofosfatların beyin üzerinde toksik etkiler gösterdiğini ve sucul organizmalara zarar verdiğini gösterdi.

Avustralya'daki RMIT Üniversitesinden Tien Huynh ve ekibi, mantarların oluşturduğu kök benzeri yapılar olan miselyumları kullanarak daha çevreci bir yangın önleyici malzeme geliştirdi. Araştırmacılar gıda olarak da tüketilebilen bazitli mantarları (Basidiomycota) şeker kamışı rafinesinin bir yan ürünü olan sıvı melas içinde büyüttü.

Miselyumun bir bileşeni olan kitinin kitosan adlı maddeye dönüşümünü sağlamak için de besleme suyuna sodyum hidroksit eklediler.

Miselyum, melasın üzerinde keçemsi bir tabaka şeklinde büyüdü. Araştırmacılar bu tabakaları soyup kuruttular ve ardından milimetre inceliğinde tabakalar hâlinde preslediler. Miselyum tabakaları 800°C'de aleve maruz bırakıldığında kitosan hızla kömürden bir dış tabaka oluşturdu ve tabakanın kalan kısmının yanmasını engelledi. Huynh'un belirttiğine göre malzeme alev aldı ancak bir saniye içinde kendiliğinden söndü. Tabakalar

yakıldığında sadece su ve karbondioksit açığa çıktı, bu durum yeni malzemenin mevcut alev geciktiricilere göre daha emniyetli olduğu anlamına geliyor.

Araştırmacılar şimdi de mantarlardan, evlerde ve başka binalarda duvar kâğıdı inceliğinde tabakalar ya da daha kalın paneller şeklinde uygulanabilecek yangın önleyici

kaplama malzemeleri oluşturmayı planlıyor. Huynh geliştirdikleri yeni malzemenin aynı zamanda hayli dayanıklı olduğunu belirtiyor. Öte yandan görünüşe göre malzemenin büyük ölçekli üretiminin önünde bazı zorluklar var. Mantarlar büyümek için ışık ya da elektriğe ihtiyaç duymuyor ancak inşaat endüstrisi için yeterli boyutlarda malzeme üretilmesi için geniş fiziksel mekânlara ihtiyaç duyuluyor. Ayrıca mantarlar canlı organizmalar olduğu için bulaşması da bir risk teşkil ediyor. Yine de üretim ölçeğinin yükseltilmesine yardımcı olabilecek bazı endüstri grupları Huynh ve ekibiyle hâlihazırda iletişime geçmiş. ■

Mikrodalga Fırınlarda “Güvenli” Plastik Kullanmayın

Özlem Ak

Yeni bir araştırma, “mikrodalga fırında kullanılabilir” etiketi taşıyan plastik kaplardan nanometre boyutunda milyarlarca mikroplastığın içindeki gıdaya karışabileceğini ortaya koyuyor.

ABD'deki Nebraska-Lincoln Üniversitesinden bir ekip, her ikisi de ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından kullanımı güvenli olarak onaylanan polipropilen ve polietilenden yapılmış bebek maması kaplarını kullanarak deneyler yaptı. Kapların içine konan çeşitli sıvılar, 1.000 wattlık bir mikroalgada üç dakika ısıtıldıktan sonra mikroplastikler (çapı milimetrenin en az 1/1.000'i kadar) ve nanoplastikler (daha da küçük) açısından analiz edildi. Parçacık sayıları değişmekle birlikte, araştırmacılar mikroalgada üç dakikalık ısıtma sırasında sadece bir santimetre karelik

plastikten bile 4,22 milyon mikroplastik ve 2,11 milyar nanoplastik parçacığın açığa çıkabileceğini gösterdi.

Araştırmacılar, su veya süt ürünlerinin mikroalgada polipropilen veya polietilen kapların içinde ısıtılmasının en yüksek nispi plastik yoğunluğuna neden olduğunu ortaya koydu. Yiyecek ve içecekler bu kaplar içinde soğutulduğunda ve oda sıcaklığında bekletildiğinde bile parçacıklar açığa çıktı ancak bunların sayısı ısıtma ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha azdı.

Çalışmalar bu mikroskobik plastik parçacıklarının bağırsaklara ve temel biyolojik süreçlere potansiyel olarak zararlı olabileceğini gösteriyor. Araştırmacılar tarafından kültürlen ve birkaç gün boyunca kaplardan salınan yoğunluk seviyelerinde plastik partiküllere maruz bırakılan embriyonik böbrek hücrelerinin gördüğü zarar endişelerin yersiz olmadığını gösteriyor.

Environmental Science & Technology dergisinde yayımlanan söz konusu araştırmada, en yüksek plastik seviyelerine maruz kalan böbrek hücrelerinin %77'sinin öldüğü tespit edildi. Bu sonuç, kendi böbreklerimizin bu tür konsantrasyonlara doğrudan maruz kalacağı anlamına gelmesi de özellikle gelişme sürecindeki vücutlarda bu mikroplastiklerin ve nanoplastiklerin potansiyel toksisitesi hakkında bir fikir veriyor.

Bilim insanları plastik parçacıkların vücuda girdikten sonra ne kadar zarar verebileceğini belirlemek için daha ayrıntılı araştırma ve testlere ihtiyaç duyulduğunu düşünüyor.

Nebraska-Lincoln Üniversitesinden inşaat ve çevre mühendisi Kazi Albab Hussain'e göre, tükettiğimiz yiyeceklere dair kalori içeriği, şeker miktarı ve diğer besin öğeleri hakkında nasıl bilgilendirme yapıyorsa yiyeceklerde bulunan plastik parçacıkların sayısı hakkında da aynı şekilde bilgilendirilmeliyiz. Hussain, daha az parçacık salan polimerler bulmak gerektiğinin altını çizerek yeni geliştirilecek bu ürünlerin üzerinde “mikroplastik içermez” ya da “nanoplastik içermez” ibarelerinin yer alacağı günleri ipe çektiğini belirtiyor. ■



Parkinson Sessiz Sedasız On Yıl Boyunca İlerleyebiliyor

Özlem Ak

Yeni bir araştırmanın bulguları Parkinson hastalığının semptomlar ortaya çıkmadan önce on yıldan uzun bir süre sessizce ilerleyebileceğini düşündürüyor. Çalışma, yaygın inanışın aksine beyindeki hareket devrelerinin, aktif dopamin salgılanmasında ciddi bir azalma olsa bile işlevini koruyabildiğini buldu. Hareket için çok önemli olarak görülen dopamin seviyesinin azalması Parkinson hastalığı için ayırt edici bir özellik. Ancak araştırma sonuçlarına göre, aktif dopamin salgılanması neredeyse tamamen durduğunda bile beyin hareket devrelerinin normal şekilde işlev görerek bu duruma karşı şaşırtıcı derecede dirençli olduğu tespit edildi.

Université de Montréal'de (UdeM) yürütülen ve *Nature Communications* dergisinde yayımlanan araştırma, Parkinson'un asemptomatik döneminde beyin şaşırtıcı dayanıklılığına yeni bir



Astrid860 / iStock

ışık tutuyor. UdeM'den sinirbilimci Louis-Éric Trudeau liderliğindeki bir ekibin yürüttüğü çalışmada, farelerin beyinlerinde dopamin salgısı azaltılarak hareket üzerindeki etkisi ölçüldü. Araştırmanın bulgularına göre, hareket devreleri, bu kimyasal habercinin aktif salgılanmasının neredeyse tamamen kaybolmasına karşı bile duyarsız kalabiliyor. Dopaminin hareket için öneminin yanı sıra Parkinson hastalığında beyindeki dopamin seviyesinin çok fazla düştüğü göz önünde bulundurulduğunda, bu sonuç araştırmacılar için oldukça şaşırtıcıydı. UdeM Farmakoloji ve Fizyoloji Bölümünde ve Sinirbilim Bölümünde profesör olan Trudeau, bu gözlemlerinin ilk hipotezleriyle çalıştığını, bu nedenle de kendisini

dopaminin beyinde gerçekte ne yaptığına dair bilgilerini yeniden değerlendirmeye yönlendirdiğini söylüyor. Trudeau ve ekibi, genetik manipülasyonlar kullanarak, farelerde dopamin üreten nöronların bu özelliğini devre dışı bıraktı. Trudeau'nun laboratuvarında doktora öğrencisi olan Benoît Delignat-Lavaud, bu farelerde Parkinson hastalarında görülene benzer bir motor fonksiyon kaybı görmeyi bekliyordu. Ancak fareler tamamen normal bir hareket kapasitesi gösterdi. Bu arada, Centre de Recherche de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal'de bulunan travma uzmanı Louis de Beaumont'un ekibi tarafından beyindeki genel dopamin seviyeleri ölçüldü. Ölçümler, bu farelerin beyindeki hücre

dışı dopamin seviyelerinin normal olduğunu ortaya çıkardı. Bu sonuçlara göre, beyindeki hareket devrelerinin aktivitesi sadece düşük bazal dopamin seviyeleri gerektiriyor.

Bu nedenle, Parkinson hastalığının erken evrelerinde, dopamin üreten nöronlar kademeli olarak kaybedilse de beyindeki bazal dopamin seviyeleri yıllarca belirli bir seviyeyi koruyor olabilir. Bilim insanlarına göre, Parkinson araştırmasındaki bu ilerleme ile birlikte beyinde dopamin salgılanmasında yer alan mekanizmalar daha iyi aydınlatılabilir ve bu tedavi edilemez nörodejeneratif hastalığın semptomlarını azaltmak için yeni yaklaşımların belirlenmesine yardımcı dokunabilir. ■

IPCC Altıncı Değerlendirme Raporu Işığında İklimin Geleceği ve Çıkış Yolları

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi





Küresel ısınma konusundaki en önemli bilimsel otorite mercii sayılan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Altıncı Değerlendirme Raporu iklim değişikliğinin geldiği kritik durumu ve zaman son derece daralmış olsa da hala mümkün olan çıkış yollarını ayrıntılarıyla ortaya koyuyor. Küresel iklim değişikliği artık tüm dünyada, gerek insan yaşamı gerekse doğal yaşam üzerinde olumsuz etkilerini iyiden iyiye hissettirmeye başladı. Önceleri bize varlığını sadece bilimsel verilerin gösterdiği bir olgu iken artık günlük hayatımızda bile etkilerini doğrudan gözlemleyebildiğimiz bir gerçeklik hâline geldi. Değişen yağış rejimlerine bağlı sıra dışı kuraklıklar ve seller, sıcak hava dalgaları, sayısı ve süresi artan orman yangınları, aşırı hava olaylarının görülme sıklığındaki ve şiddetindeki artışlar, küresel iklim değişikliğinin sadece -belki de en göz önündeki- birkaç etkisi.

Ancak iklimin değişmesi gezegenimizdeki tüm işleyişi bir şekilde değiştirdiği için doğrudan ya da dolaylı yollarla insan yaşamını sayısız şekilde etkileme potansiyeline sahip. İşte bu yüzden, kimilerine göre insanlığın karşı karşıya kaldığı en önemli tehdit olarak kabul ediliyor. Küresel iklim değişikliğinin durumunu tespit etme ve bu değişikliği durdurmaya ve ona uyum sağlamaya yönelik alınabilecek tedbirleri belirleme konusundaki en ciddi bilimsel otorite konumundaki Hükümetlerarası İklım Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) de geçtiğimiz mart ayında Altıncı Değerlendirme Raporu'nu (Sixth Assessment

karbon salımını azaltmaya ve iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlamaya yönelik çarelere ilişkin her yıl çeşitli ölçek ve kapsama sahip binlerce bilimsel araştırma yapılıyor. Her 6-7 yılda bir hazırlanan IPCC raporları işte bu araştırmaların bulgularından anlamlı ve bütüncül sonuçlar çıkarılabilmesine imkân tanıyor. IPCC raporları, iklim değişikliği konusunda insanlığın ne durumda olduğunu dünya kamuoyuna duyurmanın yanı sıra uluslararası iklim politikalarının belirlenmesi ve uluslararası iklim anlaşmalarındaki iklim taahhüdü müzakerelerinde de ana bilgi kaynağı olarak kullanılıyor.



Report, AR6) yayımladı. Bu raporla, küresel iklim değişikliğinin durumu ve etkileri, küresel iklim değişikliğiyle mücadelenin durumu ve bundan sonra izlenmesi gereken yollar konularında kapsamlı bir değerlendirme ortaya koydu. Gelin bu rapor çerçevesinde mevcut duruma daha yakından bir göz atalım.

Bir yandan küresel iklim değişikliğinin gidişatı, sonuçları, doğrudan ve dolaylı etkilerine, öte yandan küresel iklim değişikliğini durdurmak amacıyla

IPCC'nin 1990'daki ilk raporundan bu yana yayımladığı altıncı değerlendirme raporu olan AR6, dünyanın iklim değişikliği konusunda en yüksek otorite konumundaki bilim insanlarından oluşan kalabalık bir heyetin iş birliğiyle sekiz yıllık bir süre zarfında hazırlandı.  bölümden oluşan raporun iklim değişikliğinin fiziksel temeline ilişkin bölümü için 234, iklim değişikliğinin etkileri, uyum ve etkilenebilirlik durumuna ilişkin bölümü için 270 ve iklim değişikliğine karşı sera gazı salımlarının azaltılmasına yönelik bölümü için de 278 bilim insanı

İnsanların Neden Olduğu İklim Değişikliğinin Olumsuz Etkileri Yoğunlaşmayı Sürdürecektir

a) Gözlemlenen ve kaynağı iklim değişikliğine atfedilen yaygın ve kapsamlı etkiler ile bunlarla ilintili kayıp ve hasarlar

Suya erişebilirlik ve gıda üretimi



Sağlık ve refah



Şehirler, yerleşim yerleri ve altyapı



Biyçeşitlilik ve ekosistemler



Sembol Anahtarı

Beşeri sistemler ve ekosistemler üzerindeki iklim etkilerine ilişkin gözlemlerde küresel ölçekte değerlendirilmiş artışlar

- Olumsuz etkiler
- Olumsuz ve olumlu etkiler
- İklim kaynaklı değişimler gözlemlendi, etkinin yönüyle ilgili küresel değerlendirme yok.

İklim değişikliğine atfetmedeki güvenilirlik derecesi

- Yüksek ya da çok yüksek güvenilirlik
- Orta düzeyde güvenilirlik
- Düşük güvenilirlik

b) Birden fazla fiziksel iklim koşulundaki değişimlere dayalı, insan etkisine giderek daha fazla atfedilen etkiler

Fiziksel iklim değişikliklerinin insan etkisine atfedilmesi:

Orta Güvenilirlikle Olası



Olası



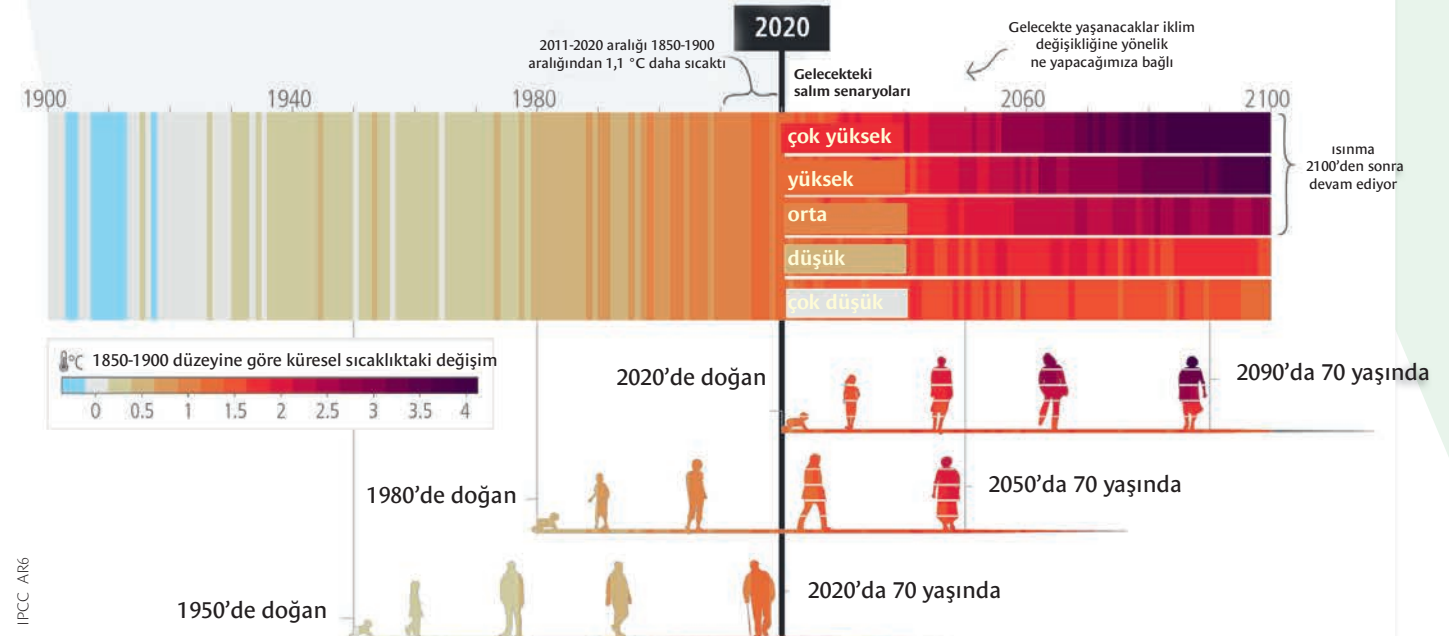
Çok Olası



Neredeyse Kesin



Mevcut ve gelecek kuşakların ne ölçüde daha sıcak ve farklı bir dünya deneyimleyecekleri şu anki ve yakın gelecekteki tercihlerimize bağlı



iş birliği yaptı. Bu üç ana başlıktaki raporlar 2021 ve 2022 yıllarında bağımsız olarak yayımlandı ve çekirdek başyazarların hazırladığı karar vericilere yönelik özetler ülkeler tarafından onaylandı. Raporlar hazırlanırken toplam 66.000 hakem onaylı araştırmanın sonuçlarından yararlanıldı ve binlerce atıf yapıldı. Üç raporun sonuçlarının bütüncül bir şekilde bir araya getirildiği ve bu sonuçlardan anlamlı çıkarımların yapıldığı, 2023 Mart'ında yayımlanan sentez raporunu ise 49 yazar ve 9 editörden oluşan bir çekirdek kadro hazırladı.

Rapor tüm dünyadaki sera gazı salımı artışlarının yıkıcı etkilerine ilişkin pek de iç açıcı olmayan bir tabloyu gözler önüne seriyor. Dünyanın birçok yerinde insanların evlerini ve geçim kaynaklarını kaybetme riskiyle, çeşitli insan topluluklarının da parçalanma tehlikesiyle karşı karşıya kalması; iklim değişikliğinin insanlık için arz ettiği en uç tehditlerin sadece birkaç örneği. Rapor iklim değişikliğinin gidişatını değiştirmeyi başaramamamız durumunda giderek daha büyük tehlike arz eden ve geri dönüşü olmayan riskleri de ortaya koyuyor.

Ancak IPCC'nin yeni raporu ümitli olmak için nedenler de sunuyor. Risklerin şiddetlenmesini önlemeye yönelik yol haritalarının çizildiği raporda, sera gazı salımlarını azaltmaya, atmosferden karbon uzaklaştırılmasını artırmaya ve iklim değişikliğinin etkilerine karşı dirençlilik oluşturmaya yönelik benimsenebilecek eylem seçenekleri olduğuna dikkat çekiliyor. Bunlar hâlihazırda erişilebilir ve bazı durumlarda faydalarına oranla hayli uygun maliyetli. İklim krizini bertaraf etmeye yönelik eylemleri gerçekleştirmeye yetecek zaman aralığı giderek daralıyor olsa da IPCC güvenli ve yaşanabilir bir geleceği temin etmek için hâlâ bir fırsatımız olduğunu vurguluyor.

Küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlı tutmayı başarmamızın hâlâ mümkün olduğunu vurgulayan raporda, tüm sektörlerin ve herkesin tüm seviyelerde uygulaması gereken kritik eylemler belirtiliyor. Rapor özellikle iklim adaletini dikkate alan ve iklim değişikliğine dirençli bir gelişmeye odaklanan kritik eylemlerin gerekliliğine vurgu yapıyor. Raporda en iyi uygulamaların,

teknolojilerin ve etkin politik tedbirlerin paylaşılması yoluyla tüm toplumların karbonca yoğun tüketim yöntemlerini kullanmayı azaltabileceği ya da terk edebileceği üzerinde duruluyor. İnsan refahıyla ilgili en büyük kazanımın düşük gelirli ve dezavantajlı insan topluluklarının iklime ilişkin risklerinin azaltılmasıyla sağlanabileceği raporun altını çizdiği önemli hususlar arasında.

İklim Değişikliği “Yaygın, Hızlı ve Yoğunlaşmakta”

İklim değişikliğinin şu anki ve gelecekteki etkilerine şimdiye kadarki en kapsamlı bakış niteliğindeki Altıncı Değerlendirme Raporu, iklim değişikliğinin durumunu üç kelimeyle tarif ediyor: yaygın, hızlı ve yoğunlaşmakta... Raporun en güncel iklim modellerine dayanan çıkarımları ise çok net: “Hepimiz için yaşanabilir ve sürdürülebilir bir gelecek temin edebilmek adına gerekli fırsat kapısı giderek ve hızla daralıyor!”. Raporda içinde bulunduğumuz 10 yıl içinde yapacağımız tercihlerin ve eylemlerin bizi “şimdi ve daha binlerce yıl” etkileyeceği yüksek bir güven aralığıyla öngörülüyor.

Raporun III. Çalışma Grubu tarafından hazırlanan bölümünde daha iyi olandan daha kötü olana ve nihayet felakete uzanan beş olası senaryo ortaya konuyor. Her bir senaryo, iklim konusunda yapılacak eylemlere ilişkin farklı bir olası zaman çizelgesine ve buna ilişkin öngörülen ısınma miktarına karşılık geliyor. Tüm dünyanın karbon salımlarını hızla kesmek üzere el birliği ettiği en iyimser senaryoda bile dünyamız iklim krizinin en yıkıcı etkilerinden kaçınabilecek ancak geçmişteki salımların etkisi yüzünden sıcaklık en azından yüzyıl ortasına kadar artmaya devam edecek. Raporda deniz seviyesindeki yükselme gibi şimdiden etkisini göstermeye başlamış değişimlerin yüzlerce ila binlerce yıl boyunca geri döndürülemeyeceği belirtiliyor. Bu durum, her ne kadar iklim değişikliği karmaşık etkileşimler içerse ve bölgeden bölgeye farklılıklar gösterse de iklim değişikliğinin etkilerinin iyileşmeye başlamadan önce kötüleşeceği anlamına geliyor.

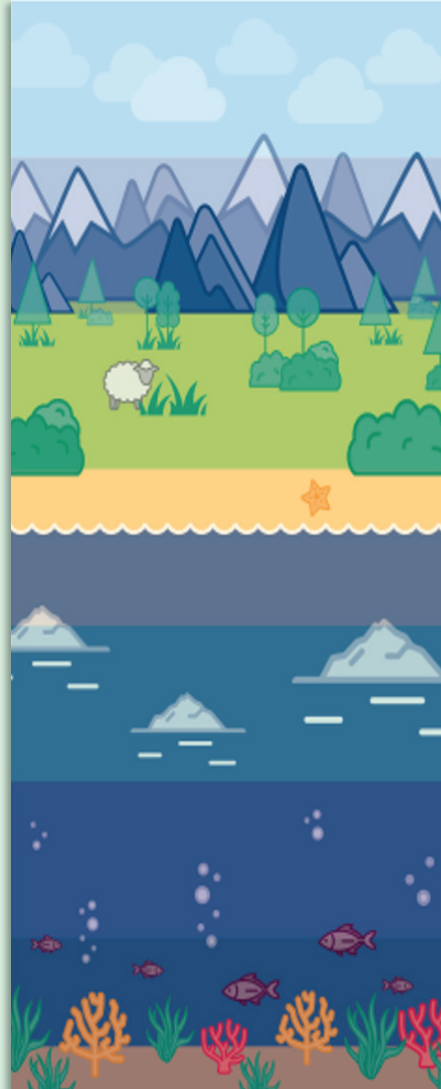
IPCC raporu insanlığın iklim değişikliğinin yaşanmakta olan ve giderek kötüleşen etkilerine uyum sağlamak için yeterince tedbir almadığını açık bir şekilde ortaya koyuyor. Özellikle dezavantajlı durumdaki topluluklar için geçerli olan bu durum, hâlihazırda var olan sosyal ve ekonomik eşitsizlikleri daha da şiddetlendirebilir. Uyum sağlamaya yönelik şimdiye kadarki çabalar ya bölük pörçüktü ya da fazla küçük adımlar niteliğindeydi. Oysa IPCC raporunda hükümetlerin gıda stoklarını güvence altına almak, daha dayanıklı elektrik şebekeleri kurmak ve insanların sağlığını korumak amacıyla acilen dönüşüm niteliği taşıyacak daha büyük tedbirler alması gerektiği vurgulanıyor. Uyum sağlamaya geciktiğimiz müddetçe bunun için elimizdeki imkânlar da o ölçüde azalacak.

İklimde Benzeri Görülmemiş Değişim

IPCC raporu, son 200 yılda küresel ortalama sıcaklıkta, endüstrileşme öncesi döneme göre gerçekleşen 1,1 °C'lık artışın sorumlusunun insanlık olduğunu tekrar vurguluyor. Bu sıcaklık artışı; iklim üzerinde, insanlığın yakın tarihi boyunca, yüzlerce, binlerce yıldır dünyanın hiçbir yerinde görülmemiş değişimlere yol açıyor. Bu 1,1 °C'lık artışın üzerine eklenecek her derece santigratlık sıcaklık artışı bu değişimlerin şiddetini artıracak. Örneğin her 0,5 °C'lık küresel sıcaklık artışı, aşırı sıcaklık ve aşırı yağış olayları ile bölgesel kuraklıkların sıklığında ve şiddetinde gözle görülür

artışlara yol açacak. İnsan etkisinin çok az olması durumunda ortalama 10 yılda bir görülecek sıcak hava dalgaları da muhtemelen küresel ısınmanın 1,5 °C olması durumunda 4,1 kat; 2 °C olması durumunda 5,6 kat ve 4 °C olması durumunda 9,4 kat daha sık görülecek. Öte yandan sıcak hava dalgalarının şiddeti 1,5 °C, 2 °C ve 4 °C'lık küresel ısınma durumlarında sırasıyla 1,9 °C, 2,6 °C ve 5,1 °C'lık artış gösterecek.

Küresel Isınmanın Kanıtları Her Yerde



Karbondioksit yoğunluğu en az 2 milyon yıldır görülmemiş düzeyde.

Buzulların küçülmesi 2.000 yıldan fazladır görülmemiş düzeyde.

Geçtiğimiz on yıl son 125.000 yıldaki en sıcak dönemdi.

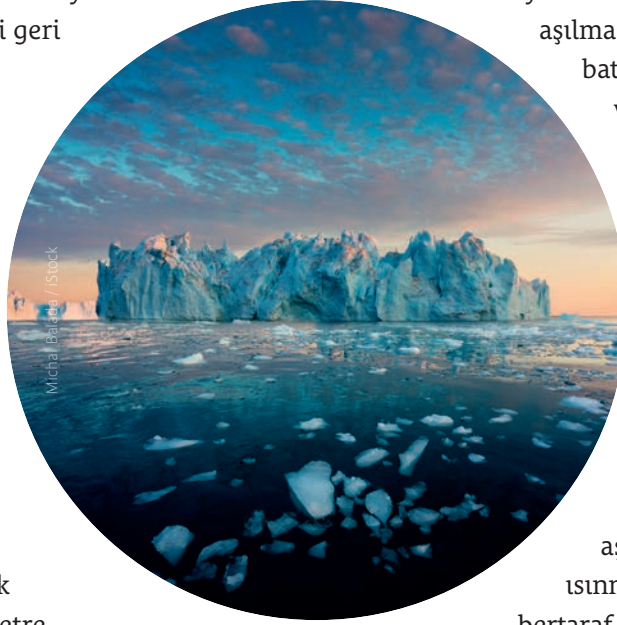
Denizlerin yükselme hızı son 3.000 yıldaki her bir yüzyılda gerçekleşenden daha fazla.

Kuzey Kutbu'nda yaz mevsimindeki buz örtüsü son 1.000 yıldaki en küçük yüz ölçümünü gördü.

Okyanusun ısınması son buzul çağı bittiğinden beri en yüksek hızında.

Okyanus asitlenmesi son 26.000 yılın en yüksek düzeyinde.

Yükselen küresel sıcaklıklar, iklim sistemindeki tehlikeli eşik noktalarına ulaşılma olasılığını da artırıyor. Bu eşikler bir kere geçildi mi kendi kendine şiddetlenen geri besleme döngülerine yol açarak küresel ısınmanın daha da artmasına neden olabiliyor. Örneğin permafrost diye adlandırılan donmuş toprak örtüsünün çözülmesi ya da toplu orman ölümleri bu tür döngülere yol açabiliyor. Bu tür körükleyici geri besleme mekanizmalarının devreye girmesi iklim sisteminde kapsamlı, ani ve geri dönüşü olmayan başka değişimlere de zemin hazırlayabiliyor. Örneğin ısınma 2 °C ila 3 °C arasında bir düzeye ulaştığında Batı Antarktika ve Grönland buz örtüleri binlerce yıllık bir süreç içerisinde neredeyse tamamen ve geri dönüşsüz bir şekilde eriyerek deniz seviyelerinin birkaç metre yükselmesine sebep olacak.



ısınmanın 1,5 °C ile sınırlandırılması bile hepimiz için güvenli sayılmıyor. Örneğin bu ısınma düzeyinde; dünyanın kurak bölgelerindeki 950 milyon insan su sıkıntısı, sıcaklık stresi ve çölleşme ile karşı karşıya kalacakken sele maruz kalacak nüfus oranı %24 oranında artacak.

Öte yandan 1,5 °C'ın geçici olarak bile aşılması; yerel tür yok oluşları, tuzlu bataklıkların tamamen kuruması ve sıcaklık stresine bağlı can kayıpları gibi çok daha ağır ve çoğu durumda da geri dönüşü olmayan etkiler oluşturacak. Dolayısıyla ısınmayı 1,5 °C'a olabildiğince yakın ve hatta mümkünse bunun altında tutmak güvenli ve yaşanabilir bir geleceğe sahip olmamızda kritik önem arz ediyor. Bu ısınma sınırı yüzyıl sonunda aşılsa bile, daha yüksek düzeylerde ısınmayı ve bunun getireceği etkileri bertaraf etmek için sera gazı salımlarının hızla azaltılması o zaman dahi geçerliliğini koruyan bir zorunluluk olacak.

Etkiler Tahminlerin Ötesinde

IPCC raporunun en korkutucu bulgularından biri iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin şimdiden tahmin edilenin ötesinde geniş kapsamlı ve aşırı şiddette olduğu. Dünya nüfusunun yaklaşık yarısı hâlihazırda yılda en az bir ay su sıkıntısı çekiyor. Yüksek sıcaklıklar; vektörlerle yayılan sıtma, Batı Nil virüsü ve Lyme gibi hastalıkların yayılmasını kolaylaştırıyor. İklim değişikliği ayrıca orta ve düşük enlemlerde tarımsal verimliliğin gelişimini de yavaşlatıyor. Afrika'da ürün verimliliği 1961'den bu yana üçte bir oranında azaldı. Aşırı şiddetli seller ve fırtınalar da 2008'den bu yana her yıl ortalama 20 milyon insanı evsiz bıraktı.

Mevcut ısınmanın üzerine eklenecek en küçük ısınma miktarı bile bu tehditleri güçlendirecek. Hatta küresel

Çözümler Mevcut Ancak Finansman Gerekliyor

Küresel ısınmaya uyum sağlama konusu hâlihazırda en az 170 ülkenin iklim politikalarında yer alıyor. Ancak bunların çoğunda bu çabalar planlama aşamasından uygulamaya geçirilmeyi bekliyor. İklim değişikliğine karşı dayanıklılık geliştirmek için alınan tedbirler çoğunlukla ya çok küçük ölçekli, ya münferit olaylara yönelik olarak tepkisel nitelikte ya da çok küçük adımlarla ilerliyor. Çoğu tedbir, anlık etkilere ya da yakın vadeli risklere yönelik olarak alınıyor. İşte bugün mevcut olan uyum düzeyi ile olması gereken arasındaki uçurum büyük ölçüde parasal kaynağın kısıtlı olmasına dayanıyor. IPCC raporuna göre, sadece gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliğine uyum sağlaması

ARTAN SICAKLIKLARDAN KAYNAKLI RİSKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI: IPCC AR6 RAPORUNUN İKİNCİ BÖLÜMÜNÜN ÖZETİ

	1,5 °C	2 °C	3 °C	1,5 °C değil 2 °C olursa	1,5 °C değil 3 °C olursa
BIYOÇEŞİTLİLİK KAYBI Ormanlarda ve karalarda yok olma riski yüksek olan türlerin azami yüzdesi	%14	%18	%29	1,3x DAHA KÖTÜ	2,1x DAHA KÖTÜ
KURAKLIK Su kıtlığı, sıcaklık stresi ve çölleşmeye maruz kalan kurak bölge nüfusu	0,95 MİLYAR kişi	1,15 MİLYAR kişi	1,29 MİLYAR kişi	200 MİLYAR DAHA FAZLA kişi	340 MİLYAR DAHA FAZLA kişi
GIDA GÜVENLİĞİ Uyum çabalarının ve başlıca tarım ürünlerinde oluşacak hasarın maliyeti	63 MİLYAR \$	80 MİLYAR \$	128 MİLYAR \$	17 MİLYAR \$ DAHA FAZLA	65 MİLYAR \$ DAHA FAZLA
YANGINLAR Akdeniz Avrupası genelinde yanlış arazilerdeki artış	%40-54	%62-87	%96-187	1,6x DAHA KÖTÜ	3x DAHA KÖTÜ
AŞIRI SICAKLIK En yüksek sıcaklığın 35°C'ın üzerinde olduğu gün sayısında artış	45-58	52-68	66-87	1,2x DAHA KÖTÜ	1,5x DAHA KÖTÜ
AŞIRI SICAKLIK Güney Afrika'daki yıllık sıcak hava dalgalarının sayısında artış	2-4 KAT	4-8 KAT	8-12 KAT	2x DAHA KÖTÜ	3,3x DAHA KÖTÜ
DENİZ SEVİYESİNDE YÜKSELME 2100 yılı itibarıyla küresel ortalama deniz seviyesinde gerçekleşecek yükselme	0,28-0,55m	0,33-0,61m	0,44-0,76m	1,1x DAHA KÖTÜ	1,4x DAHA KÖTÜ
SELLER Sellere maruz kalan dünya nüfusu	%24	%30	VERİ YOK	1,3x DAHA KÖTÜ	VERİ YOK
MERCAN RESİFLERİ Mercan resiflerinin kaybında ilerleme	%70-90	%99	VERİ YOK	1,2x DAHA KÖTÜ	VERİ YOK

Not: Farklı sıcaklık eşiklerindeki risklerin karşılaştırılabilmesi için iklim değişimi risklerinin öngörülen aralıklarının orta noktasındaki değerler kullanılmıştır.

için 2030 itibarıyla yılda 127 milyar ABD doları, 2050 itibarıyla ise yılda 295 milyar ABD doları kaynağa ihtiyaç duyulacak. Oysa uyum sağlama çabalarına yönelik fonlar 2017-2018 arasında sadece 23 milyar ABD dolarından 46 milyar ABD dolarına yükselmişti.

IPCC raporunun verdiği iyimser bir mesaj ise yeterli parasal desteğin bulunması durumunda küresel ısınmaya uyum sağlamaya yönelik hâlihazırda mevcut olan çözümlerin iklim risklerine karşı dayanıklılık geliştirebileceği. Bu çözümlerin pek çok durumda sürdürülebilir kalkınmaya yönelik daha genel faydalar sağlaması da cabası.

Örneğin ekosistem temelli uyum süreçleri, iklim değişikliğinin insan topluluklarının yaşamını ve geçim kaynaklarını şimdiden tehdit eden yıkıcı etkilerine adapte olmaya yardım ederken bir yandan da biyoçeşitliliğin korunmasına, insan sağlığı konusunda olumlu sonuçlar elde edilmesine, gıda güvenliğinin desteklenmesine, ekonomik faydalar sağlanmasına ve atmosferden karbon çekilmesinin artırılmasına katkı sağlayabilir. Ekosistem temelli pek çok uyum tedbiri, günümüzde görece düşük maliyetlerle uygulanabiliyor. Ekosistemlerin korunması, restore edilmesi ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi; ağaçların tarım alanlarıyla bütünleştirilmesi ve ürün çeşitliliğinin artırılması gibi daha sürdürülebilir tarım uygulamaları bunun örnekleri arasında. Öte yandan, yerli halklar ve yerel topluluklar ile anlamlı iş birliklerine gidilmesi ve ekosistem temelli uyum tedbirlerinin gelecekteki küresel sıcaklıkların ekosistemleri nasıl etkileyeceğinin hesaba katılarak tasarlanması, bu yaklaşımın başarısı için kritik önem taşıyor.

Bazı Etkilere Uyum Sağlamak İçin Çok Geç

Dünyanın çeşitli yerlerinde hayli savunmasız durumdaki pek çok insan topluluğu ve ekosistem, iklim değişikliğinin şimdiden karşı karşıya kaldıkları etkileriyle baş etmeye çalışıyor. Bunların bazıları için uyum sağlamanın önündeki zorluklar görece daha hafif. Örneğin alınabilecek etkin uyum tedbirleri var ancak ekonomik, politik ve sosyal güçlükler bunların uygulanmasını zorlaştırıyor.



Mercan resifi ekosistemlerinin temelini oluşturan mercanların, mercan beyazlaması denen süreçle ölümü, bu ekosistemlerin bütününe etkileyerek yerel halkların geçim kaynaklarını kaybetmesine neden oldu.

Teknik destek eksikliği ya da para fonlarının en çok ihtiyacı olan topluluklara ulaşamaması gibi güçlükler de bunlardan bazıları. Öte yandan dünyanın bazı bölgelerindeki insanlar ve ekosistemler için bıçak kemiğe dayanmış durumda. Buralarda 1,1 °C'lık küresel ısınmanın etkileri o kadar sık ve şiddetli

yaşanıyor ki var olan hiçbir uyum stratejisinin kayıp ve hasarı tamamen engellemesi mümkün değil. Örneğin tropikal bölgelerdeki sahil toplumları, bir zamanlar onlar için geçim kaynağı ve gıda güvencesi olan mercan resifi sistemlerinin büyük oranlarda ölümüne tanık oldu. Diğer yandan alçak rakımlı bazı yerleşim bölgelerindeki topluluklar daha yüksek rakımlı yerlere taşınmak ve kültürel olarak kendileri için anlam taşıyan mekânları terk etmek zorunda kaldı.

İster görece hafif zorluklarla uğraşsınlar ister çok ağır sonuçları yaşıyor olsunlar, dezavantajlı topluluklar için sonuçlar çoğu zaman geri dönüşümsüz ve yıkıcı

Ekosistem Temelli Uyum Tedbirleri İnsanların Hayatını ve Geçim Kaynaklarını Koruyabilir



World Resources Institute (Veri Kaynağı: AR6)

oluyor. Dünya daha da ısındıkça yaşanan kayıp ve hasar artmaya devam ediyor. Örneğin 1,5 °C'lık ısınma aşıldığında, su kaynağı olarak karların ve buzların erimesiyle oluşan suya bağımlı bölgelerde uyum sağlanması mümkün olmayan su kıtlıkları yaşanacak. Isınma 2 °C'a ulaştığında dünyadaki önemli mısır yetiştirme alanlarında paralel olarak üretim kayıpları yaşanma riski çarpıcı biçimde artacak. 3 °C'ın üstüne çıkıldığında ise Güney Avrupa'nın bazı kesimlerinde tehlikeli derecede yüksek yaz sıcaklıkları insan sağlığını tehdit edecek.

Tüm bu kayıp ve hasarları engellemek, asgari düzeye indirmek ve bunlara yönelik çözümler bulmak için acilen harekete geçmek gerekiyor. 2022 Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı'nda (COP27) ülkeler yaşanan kayıp ve hasarlara yönelik, vakfedilmiş bir fon da dâhil olmak üzere, fonlama

düzenlemeleri yapma konusunda uzlaşarak bu yönde önemli bir adım attı. Bu gelişme, iklim müzakerelerinde tarihî bir gelişmeyi temsil ediyor. Şimdi ülkelere düşen, bu fonlama düzenlemelerinin ve vakfedilmiş fonun ayrıntılarını belirlemek. Kayıp ve hasar yaşayan bölgelere ve topluluklara yönlendirilecek bu fonların ne kadar işlevsel olacağını da aslında bu ayrıntılar belirleyecek.

1,5 °C'a Gündümlü Rotada Sera Gazları 2025'de Tepe Noktasına Ulaşmalı

IPCC'nin bulgularına göre, incelenen senaryolar göz önüne alındığında küresel sıcaklık artışının 2021-2040 arasında 1,5 °C'ı bulma ya da aşma ihtimali %50'nin üstünde. Yüksek düzeyde sera

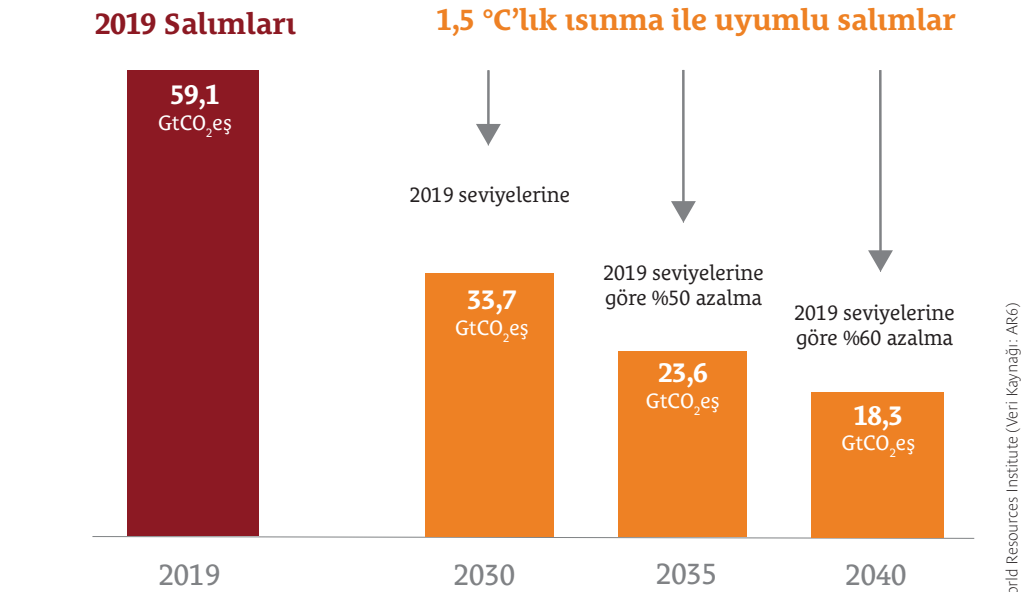
gazı salımını temel alan bir senaryoda ise bu eşiğin 2018-2037 aralığı gibi çok daha erken bir tarihte aşılabileceği öngörülüyor. Böylesi karbon yoğunluklu bir senaryoda ayrıca küresel sıcaklık artışının yüzyıl sonunda 3,3 °C'ye 5,7 °C'ye bulabileceği tahmin ediliyor. Küresel sıcaklıkların endüstrileşme öncesi dönemdekine göre 2,5 °C fazla olduğu son zamanın 3 milyon yıl öncesi olduğu göz önüne alınırsa söz konusu ısınma düzeyinin ciddiyeti daha iyi anlaşılabilir.

Isınmayı 1,5 °C ile sınırlayacak (hiç aşmayacak ya da geçici olarak en fazla 0,1°C ile aşacak şekilde) bir sürece girmek, yakın vadede sera gazı salımlarında kapsamlı azaltımlar yapılmasını gerektiriyor. Küresel ısınmanın bu sınırdan tutulduğu modellemelere göre sera gazı salımlarının bir an önce ya da en geç 2025'te en yüksek düzeyine ulaşması, daha sonra da hızla düşürülerek 2019 düzeyine göre 2030'da %43, 2035'te ise %60 oranında azaltılması gerekiyor. Bazı ümit verici gelişmeler olsa da sera gazı salımlarının yıllık artış hızı 2000-2009 aralığında yılda ortalama %2,1 iken 2010-2019 aralığında yılda ortalama %1,3'e

düştü. Bu da iklim değişikliğiyle mücadeledeki ilerlemenin ne yazık ki olması gerekenin çok gerisinde kaldığı anlamına geliyor. Sera gazı salımları geçtiğimiz 10 yıl boyunca sürekli artarak 2019'da 59 gigaton karbondioksit eşdeğeri (GtCO₂-eş) düzeyine ulaştı. Bu değer, 2010'daki düzeyin %12, 1990'daki düzeyin ise %54 üzerindeydi.

Dünya Kaynakları Enstitüsü (World Resources Institute: WRI) araştırmasına göre, ülkeler ulusal olarak belirlenmiş katkı (Nationally Determined Contribution: NDC) olarak da bilinen taahhütlerini yerine getirse bile küresel sera gazı salımları 2030 itibarıyla 2019 düzeyine göre sadece %7 oranında indirilebilecek. Bu değer, küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlamak için gerekli %43'lük azaltımın yanından bile geçemiyor. IPCC raporu hazırlanırken, yeni veri alımının kesildiği tarihten bu yana, bir grup ülke yeni iyileştirilmiş NDC'ler sunmuş olsa da bunların hesaba katıldığı yeni tarihli araştırmalar bu taahhütlerin de salım azaltımlarındaki eksikliği kapatmaktan yine uzak olduğunu gösteriyor.

1,5 °C Sınırının Yakınlarında Kalabilmek İçin Gerekli Sera Gazı Azaltımları



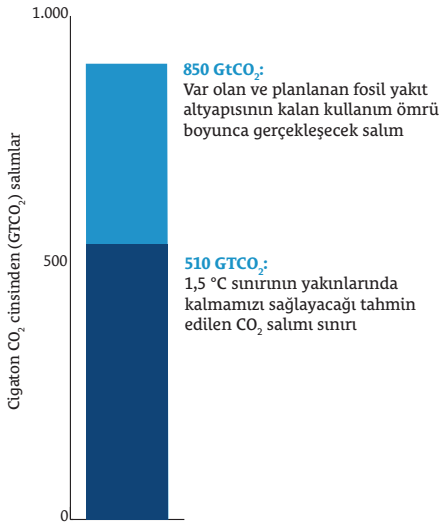
Not: Isınmanın 1,5 °C ile ya da bunun çok az üstünde bir miktarla sınırlandırıldığı senaryolara ilişkin analiz.

Fosil Yakıt Kullanımı Acilen Bırakılmalı

Isınmanın 1,5 °C ile ya da bunun çok az üstünde bir miktarla sınırlandırıldığı senaryolarda karbondioksit salımlarının 2050 başlarında net sıfırı görmesinden önce salınabilecek sera gazı kotası sadece 510 GtCO₂ eşdeğerinde. Oysa sadece mevcut ve planlanan fosil yakıt altyapısından kaynaklanacak karbondioksit salımlarının bile bu kotayı 340 GtCO₂ aşarak 850 GtCO₂'ye ulaşabileceği öngörülüyor.

Birlikte kullanıldığında bu salım düzeyini azaltabilecek çeşitli stratejik çözümler mevcut. Fosil yakıt altyapısının kullanımına son verilmesi ve fosil yakıt tüketimine dayalı yeni altyapı projelerinin iptal edilmesi, fosil yakıtla çalışan güç santrallerinin karbon yakalama ve depolama (Carbon Capture and Storage, CCS) teknolojileriyle donatılarak dönüştürülmesi ve artık dünyanın pek çok yerinde fosil yakıtlardan ucuza mal edilebilen güneş ile rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım ölçeklerinin büyütülmesi bunlardan başlıcaları.

Hâlihazırda var olan ve kurulması planlanan fosil yakıt altyapısından kaynaklanacak CO₂ salımları 1,5 °C hedefini erişilmez kılıyor.



Not: Isınmanın 1,5 °C ile ya da bunun çok az üstünde bir miktarla sınırlandırıldığı senaryolara ilişkin analiz.

World Resources Institute (Veri Kaynağı: AR6)

Örneğin ısınmanın 1,5 °C ile ya da bunun çok az üstünde bir miktarla sınırlandırıldığı senaryolarda, 2050 itibarıyla küresel ölçekte kömür kullanımı %95, petrol kullanımı yaklaşık %60 ve doğalgaz kullanımı da %45 oranında düşüyor. Bunlar karbon yakalama ve depolama gibi aktif karbon azaltma teknolojilerinin önemli oranda kullanımı hesaba katılarak hesaplanmış rakamlar. Bunların gerçekleşmediği durumda, söz konusu senaryoda, fosil yakıt tüketimindeki azaltımların çok daha hızlı olması gerekecek. Örneğin karbon yakalama ve depolama uygulamaları yapılmadığı durumda kömür tüketiminin 2050'ye kadar azalarak son bulması gerekiyor.



Avrupa genelinde kömür tüketen güç santralleri terk edilmeye başlanmışsa da bazı çok taraflı kalkınma bankaları kömür tüketimine dayalı yeni altyapı kapasitelerine yatırım yapmaya devam ediyor. Fosil yakıtların önünde sonunda terk edilmesi gerektiği için bu gidişatın değiştirilmemesi trilyonlarca ABD doları değerinde ölü yatırım anlamına gelebilir.

Acilen Sistemsel Düzeyde Dönüşüm Gerekliyor

Fosil yakıtlar sera gazı salımlarının bir numaralı kaynağı olsa da iklim kriziyle savaşmak için toplumun tamamının ciddi salım kısıtlamalarına gitmesi gerekiyor. Güç üretimi, binalar, endüstri ve ulaşım küresel salımların %80'e yakın kısmından; tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımı türleri de kalan kısmından sorumlu.

Örneğin ulaşım sistemi ele alınacak olursa, salımları çarpıcı biçimde düşürmek için seyahati asgari düzeye indirecek bir şehir planlamasının yanı sıra paylaşımlı taşımaya, toplu taşımaya ve motorsuz araçlara dayalı bir ulaşım sisteminin oluşturulması gerekiyor. Şehirlerde seri bir toplu taşıma sistemi ile bisiklet kullanımını yaygınlaştırmak bunun önemli bir parçası. Böylesi bir dönüşüm; elektrikli yolcu taşıma araçları, ticari araçlar ve otobüslerin sayısını artırmanın yanında bunları destekleyecek büyük ölçekli hızlı şarj altyapısının büyümesini, hatta sıfır karbon salımlı deniz ve hava taşımacılığına yönelik yatırımların artmasını zorunlu kılacak.

Bu değişimleri daha az yıkıcı hâle getirecek politik tedbirler, örneğin sıfır karbon salımlı teknolojilerin

sübvansane edilmesi ve fosil yakıtlı otomobiller gibi yüksek salımlı teknolojilerin vergilendirilmesi, gerekli dönüşümleri hızlandırabilir. Cadde ve sokakların kaldırımlar ve bisiklet yollarına daha çok yer verilecek şekilde yeniden düzenlenmesi insanların daha az karbon salımlı yaşam biçimlerine geçmesini kolaylaştırabilir. Elbette tüm bu dönüşümlerin pek çok yan faydası da olacağını vurgulamak gerekiyor. Örneğin yollarda yolcu taşıyan araç sayısının azalması hem yerel hava kirliliğinde hem de trafik kazaları ve bunlara bağlı ölümlerde azalma sağlayacaktır.

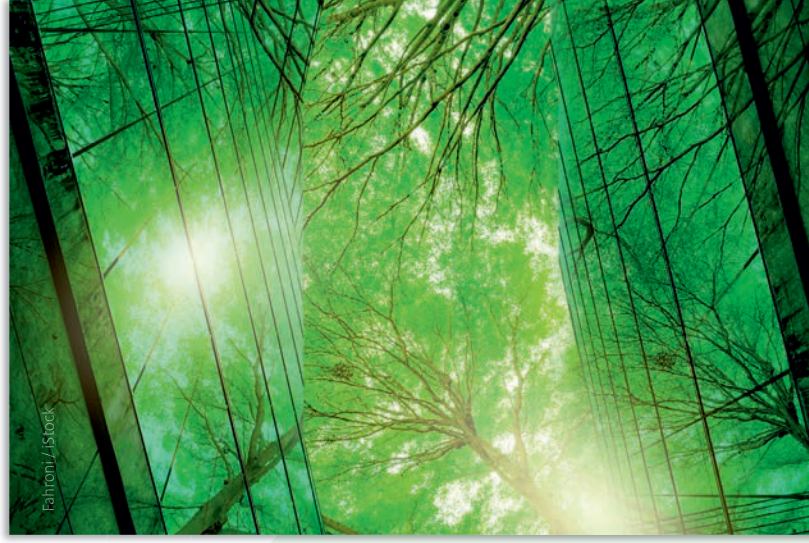
Daha müreffeh bir geleceğin temini için dönüştürücü nitelikte uyum tedbirleri de büyük önem taşıyor. IPCC; uyum tedbirlerinin sistemsel değişimler getirmesinin, tüm sektörleri kapsayıcı olmasının ve risk altındaki bölgelere adil şekilde yayılmasının önemine vurgu yapıyor. İşin iyi yanı iklim değişikliğine yönelik dönüşüm niteliğindeki mücadele ve uyum süreçleri arasında genellikle güçlü bir sinerji görülmesi. Örneğin, küresel gıda sisteminde tarımsal ormancılık gibi iklime duyarlı tarım uygulamalarına yer verilmesi, iklim değişikliğinin etkilerine karşı dayanıklılık geliştirilmesine yardımcı olurken aynı zamanda iklim değişikliğini durdurmaya yönelik mücadeleyi de destekliyor.

İklim Değişimini Durdurmaya Yönelik Anahtar Niteliğindeki 10 Çözüm

-  **1. Kömürlü elektrik santrallerini KULLANMAYI BIRAKMAK**
-  **2. Temiz enerjiye ve verimliliğe YATIRIM YAPMAK**
-  **3. Binaları KARBONSUZLAŞTIRACAK BİÇİMDE YENİLEMEK**
-  **4. Çimento, çeliği ve plastikleri KARBONSUZLAŞTIRMAK**
-  **5. Elektrikli araçlara GEÇİŞ YAPMAK**
-  **6. Toplu taşımayı, bisiklet kullanımını ve yürümeyi YAYGINLAŞTIRMAK**
-  **7. Hava ve deniz taşımacılığını KARBONSUZLAŞTIRMAK**
-  **8. Ormansızlaşmayı DURDURMAK Bozulan ormanları YENİDEN OLUŞTURMAK**
-  **9. Gıda kaybını ve israfını AZALTMAK Tarımsal uygulamaları GELİŞTİRMEK**
-  **10. Daha fazla bitkisel besin ve daha az et YEMEK**

1,5 °C Hedefi İçin Atmosferden Karbon Çekmek Şart

Bir yandan tüm sistemleri köklü bir şekilde karbonsuzlaştırıp bir yandan da iklim değişikliğine karşı dayanıklılık geliştirmek, küresel iklim hedeflerine ulaşılması için yine de yeterli olmayacak. IPCC'nin bulgularına göre ısınmanın 1,5 °C ile ya da bunun çok az üstünde bir miktarla sınırlandırıldığı bütün senaryolar, atmosferden aktif olarak bir miktar karbonun uzaklaştırılmasını da gerektiriyor. Buna yönelik yaklaşımlar, hem karbonu atmosferden ağaçlar ve toprak yoluyla çekip depolamak gibi doğal çözümleri hem de karbondioksiti doğrudan



Karbon Uzaklaştırma Yaklaşımlarına İlişkin Bir Sınıflandırma

Doğal / Biyotik Yaklaşımlar



Ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma: Ormanları yeniden oluşturmak ve ormansız alanlarda ağaç örtüsünü genişletmek için ağaç dikmek.



Toprakta karbon tutulumu: Toprakların karbon tutma kabiliyetini artırabilecek bir dizi tarımsal teknik ve uygulama.



Biyolojik kömür üretimi: Biyokütlenin oksijensiz olarak ısıtılarak bünyesindeki karbonun bozunmaya dirençli olan ve toprak katkı maddesi olarak kullanılabilen bir çeşit kömüre dönüştürülmesi.



Biyokütle ile atmosferden karbon çekilmesi ve depolanması: Biyokütlenin kullanıldığı ve içindeki karbonun depolandığı bir dizi işlem ve uygulama. İklim modellerine sıkça dâhil edilen karbon çekme ve depolama sağlayan biyoenerji uygulamaları bu yaklaşımın bir örneği.



Karbon mineralleştirme: CO₂'yle kimyasal bağ kurup CO₂'yi katı kütle olarak depolayan reaktif kayacın minerallerinin kullanıldığı bir dizi uygulama.



Doğrudan havadan karbon yakalama: CO₂'yle kimyasal bağ kurup CO₂'yi yakalayan kimyasalların kullanıldığı makineler. Bu işlem sonrasında CO₂ toprak altında depolanabilir ya da uzun ömürlü ürünlerin yapımında kullanılabilir.

Okyanusta Karbon Giderme Yaklaşımları



Kıyisal sulak alanların iyileştirilmesi: Karbonun doğal olarak tutulduğu ekosistemler olan mangrovların, tuzlu bataklıkların ve deniz çayırılarının iyileştirilmesi ya da yeniden oluşturulması.



Deniz yosunu üretimi: Fotosentez yoluyla atmosferden karbon çeken deniz yosunlarını yetiştirmek, sonra da bunları okyanusun derinliklerine batırmak ya da bunlardan uzun ömürlü ürünler elde etmek.



Dipten yüzeye yapay akıntı: Deniz dibindeki besince zengin suyu yüzeye yönlendirerek fitoplankton çoğalmasını hızlandırmak. Böylece fitoplanktonların bünyesinde hapsolan karbonun bir kısmı sürecin doğası gereği okyanus dibine batıp burada depolanacak.



Yüzeyden dibe yapay akıntı: Yüzeydeki suyu yapay akıntıyla derinlere göndererek çözünmüş hâldeki inorganik karbonun daha büyük bir kısmının derinlerde tutulup depolanmasını sağlamak.



Besinle gübreleme: Yetersizliği durumunda fitoplanktonların çoğalmasını sınırlayan azot, fosfor ve demir gibi maddelerin sulara eklenmesi. Böylece fitoplanktonların bünyesinde hapsolan karbonun bir kısmı sürecin doğası gereği okyanus dibine batıp burada depolanacak.



Alkaliniteyi artırma: Bir tür karbon mineralleştirme yaklaşımı. Belirli türde ufalanmış kayaların deniz suyunda çözünmüş hâldeki CO₂ ile tepkimeye girmesi için denize bırakılması ve bu sayede çözünmüş inorganik karbon düzeyinin artırılması.



Elektrokimyasal yolla CO₂ uzaklaştırma: Mineralleşme tepkimesini hızlandırmak için elektrik kullanmak ya da elektrokimyasal yolla doğrudan deniz suyundan CO₂ çekmek.

Teknolojik / Abiyotik Yaklaşımlar

atmosferden çeken ve hâlen geliştirilmesi gereken yeni teknolojileri içinde barındırıyor. Ancak bu tür yeniliklere bağımlı kalınmaması için kısa vadede gerçekleştirilmesi mümkün olan azaltım yöntemleri büyük önem taşıyor.

Atmosferden çekilmesi gereken karbon miktarının, sera gazı salımlarını diğer sistemler üzerinden ne kadar hızlı bir şekilde düşürebileceğimize ve küresel iklim hedefleri doğrultusundaki ısınma sınırını ne ölçüde aşacağımıza bağlı olarak yüzyıl ortası itibarıyla yılda 5 GtCO₂ ila 16 GtCO₂ aralığında olabileceği tahmin ediliyor.

Her karbon çekme yönteminin faydalarıyla birlikte mahzurları da var.

Örneğin yeniden ormanlaştırma, hâlihazırda kullanılabilir ve görece düşük maliyetli bir strateji olarak doğru şekilde uygulanırsa insan topluluklarına çok çeşitli faydalar sunabilir. Öte yandan bu ekosistemler içinde depolanan

karbon, ısınma arttıkça sıklığı ve şiddeti artan orman yangınları gibi çeşitli tehditlere karşı savunmasız durumda oluyor. Yine, atmosferden karbon çekip biyoyakıtlarda depolamak daha kalıcı bir çözüm gibi görünse de bu tür yaklaşımlar da tarım arazilerini işgal ederek gıda güvenliğini tehlikeye sokma riski taşıyor. Dolayısıyla atmosferden karbon çekme teknolojilerini ve var olan doğal yöntemleri sorumlu bir şekilde kullanmak için her bir çözümün kendine özgü faydalarını, maliyetlerini ve risklerini iyice anlamak gerekiyor.

İklimle İlgili Finansmanın Hızla Artırılması Gerekliyor

IPCC'nin bulgularına göre fosil yakıtlara yönlendirilen kamusal ve özel para kaynakları, iklim değişikliğine ilişkin mücadele ve uyum çabalarına yönlendirilen parasal kaynakların çok üstünde. Dolayısıyla, her ne kadar IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporu'ndan bu yana iklim değişikliğine ilişkin kamusal ve özel finansman %60 oranında artmış olsa da küresel iklim hedeflerini yakalayabilmek için hâlâ çok daha fazlası gerekli. Örneğin, sadece küresel ısınmayı durdurma hedeflerinin yakalanabilmesi için iklim finansmanının 2030 itibarıyla 3 ila 6 kat artırılmış olması gerekecek.



Ende-poloskun / iStock

Aradaki makasın en geniş olduğu bölgeler; gelişmekte olan, özellikle de daha şimdiden borçlarla, düşük kredi puanlarıyla ve COVID-19 pandemisinden kaynaklı ekonomik buhranlarla boğuşmakta olan ülkeler. Örneğin, küresel

ısınmanın 2 °C'ın altında tutulabilmesi için iklim değişikliğini durdurmaya yönelik yatırımların 2030 itibarıyla Güneydoğu Asya'da ve gelişmekte olan Pasifik ülkelerinde en az altı kat, Afrika'da en az beş kat ve Orta Doğu'da en az on dört kat artmış olması gerekecek. Sektörler bazında ise bu uçurum en çok tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımı çeşitleri için geçerli; bu sektörlerle yönlendirilmiş mevcut finansal kaynaklar, Paris Anlaşması hedeflerinin yakalanması için gerekenin 10 ila 31 kat altında.

İklim değişikliğine uyum çabaları ile yaşanan kayıp ve hasarlar için ayrılan finansal kaynağın da hızla

artırılması gerekiyor. Örneğin, yazımızın başlarında da belirtildiği gibi gelişmekte olan ülkelerin bunun için ihtiyaç duyacağı kaynak 2030 itibarıyla yıllık 127 milyar ABD doları, 2050 itibarıyla ise yıllık 295 milyar ABD doları olacak. Altıncı Değerlendirme Raporu; ülkelerin kayıp ve hasarları gidermek, önlemek ve asgari düzeye indirmek için ihtiyaç duyacağı finansal kaynak miktarlarına ilişkin değerlendirme içermiyor. Ancak son zamanlarda yapılan analizler yakın gelecekte bu miktarların çok büyük olacağına işaret ediyor. Hem uyum

çabalarına hem de kayıp ve hasarlara yönelik mevcut fonlar öngörülen ihtiyacın çok altında kalıyor. Örneğin uyum sağlama çalışmalarına ayrılan fon en yüksek tahmine göre yılda 50 milyar ABD dolarının altında.

İklim Değişikliği Sosyal Adaletsizliği Artırabilir

En yüksek gelir düzeyine sahip %10'luk dilimde yer alan ve gelişmiş ülkelerde görece büyük bir orana sahip hanehalkları toplam sera gazlarının %45'e yakın bir kısmının salımından sorumlu. Öte yandan en düşük gelir düzeyine sahip %50'lik dilimdeki hanehalkları sera gazı salımının en fazla %15'inden sorumlu. Oysa iklim değişikliği en şiddetli etkilerini şimdiden, daha yoksul olan ve tarihsel olarak marjinal hâle gelmiş insan toplulukları üzerinde gösteriyor. Bu durum böyle sürmeye devam edecek.



Bugün 3,3 ila 3,6 milyar insan iklim değişikliğinin etkilerine karşı hayli savunmasız bulunan ülkelerde yaşıyor. Bu konuda en öne çıkan noktaların yoğunlaştığı yerler Kuzey Kutbu, Orta ve Güney Amerika, gelişmekte olan küçük ada devletleri, Güney Asya ve Sahra Altı Afrika'nın büyük bir bölümü. Bu bölgelerdeki pek çok ülkede çatışmalar, mevcut eşitsizlikler ve kalkınmaya ilişkin zorluklar (örneğin yoksulluk ve temiz su gibi temel hizmetlere erişim kısıtları) iklim değişikliğinin getirdiği risklere karşı savunmasızlığı şiddetlendirmekle kalmayıp buralardaki insan topluluklarının iklim değişikliğine uyum sağlama kapasitesini de sınırlıyor. Örneğin iklim değişikliğine karşı yüksek düzeyde savunmasız ülkelerde; 2010-2020 aralığında fırtınalara, sellere ve kuraklıklara bağlı ölümler; çok düşük düzeyde savunmasız olanlara nazaran 15 kat daha fazlaydı.

Öte yandan iklim değişikliğini durdurmaya yönelik çabalar yıkıcı değişimlere yol açma ve eşitsizliği

şiddetlendirme riski de barındırıyor. Örneğin kömürle çalışan güç santrallerinin kapatılması işçileri işsiz bırakabilir, yerel ekonomiye zarar verebilir ve insan topluluklarının sosyal yapısının yeniden şekillenmesine neden olabilir. Yine, ormansızlaştırmayı durdurmaya yönelik doğru uygulamalar yapılmaması yoksulluğu artırıp gıda güvenliğini daha da tehlikeye sokabilir. Benzin gibi yoğun karbon salımlı tüketim mallarının maliyetini artıran karbon vergilendirmesi gibi bazı iklim politikaları da bu tür vergilerden elde edilecek kârın düşük gelirli insan topluluklarının yararına kullanılmasını sağlayacak düzenlemeler yapılmadığında bir ilerleme sağlamayabilir.

değişikliğine uyum faaliyetlerini de kapsayacak şekilde yeniden yapılandırmak, insan topluluklarının iklim değişikliğinin gelecekteki çok çeşitli etkilerine yönelik savunmasızlığını azaltıp adaleti ve eşitliği güçlendirebilir. Bu tür programlar özellikle altyapıya ve temel hizmetlere erişimi yaygınlaştırmaya yönelik çabalarla birlikte yürütüldüğünde etkili oluyor.

Benzer şekilde karar mercileri küresel ısınmayı durdurmaya yönelik stratejileri, sera gazı salımlarının azaltılmasına ilişkin maliyet ve kârın daha iyi şekilde dağıtılmasını sağlayacak şekilde tasarlayabilir. Örneğin hükümetler kömürden elektrik üretimini terk etme çabalarını, işsiz kalan çalışanların yeni



Neyse ki IPCC raporunda iklim değişikliğiyle mücadele ve iklim değişikliğine uyuma yönelik adil bir dönüşümü destekleyecek, dünyamız sıfır karbon salımlı ve iklim değişikliğine dirençli bir geleceğe doğru yol alırken kimsenin yarı yolda kalmamasını güvence altına almaya yardımcı olacak bir dizi tedbir tanımlanıyor. Örneğin sosyal koruma programlarını (nakit destekler, kamusal kalkınma programları ve sosyal güvenlik ağı gibi) iklim

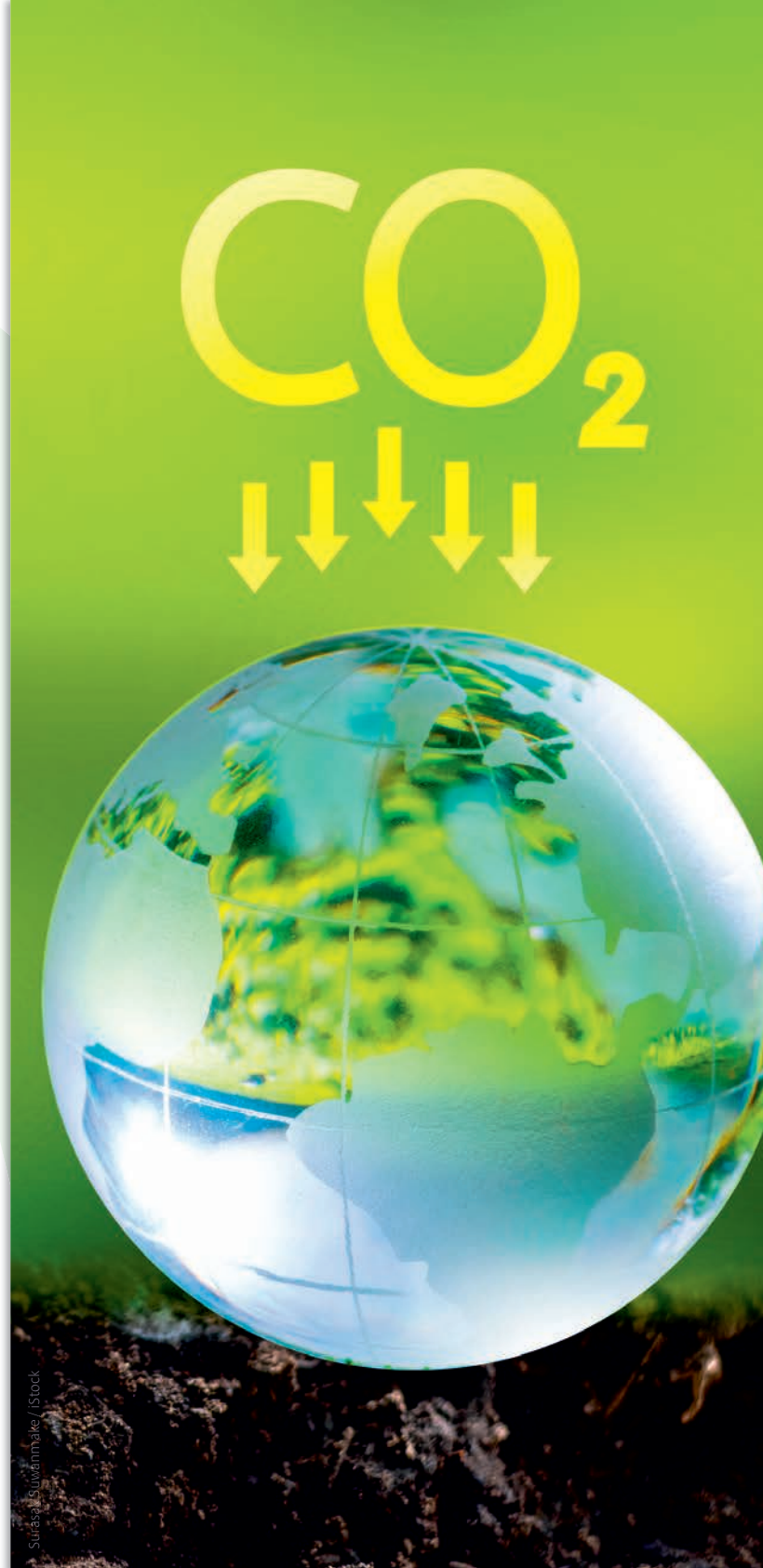
ve kalifiye işler bulmalarını sağlayacak becerileri kazanmalarına yardımcı olacak sübvansiyonlu iş edindirme programlarıyla paralel şekilde yürütebilir. Yine, toplu taşımayı yaygınlaştırmaya yönelik politika uygulamaları, insanların işlerine ya da yerleşim merkezlerine yakın konutlara düşük maliyetle erişimini sağlayacak politikalarla paralel olarak yürütülebilir. İklim değişikliğini durdurmaya ve iklim değişikliğine uyum sağlamaya yönelik tüm tedbirlerde karar

verme süreçlerinin kapsayıcı, şeffaf ve katılımcı bir şekilde gerçekleştirilmesi adil bir dönüşümün gerçekleşmesinde merkezî bir rol oynayacak. Karar verme süreçlerinde toplumun farklı kesimlerinden paydaşları içerecek forumların devreye girmesi; özellikle kamuoyu güvenini pekiştirebilir, iklim değişikliğine ilişkin dönüşümsel eylemlere yönelik kamuoyu desteğini güçlendirebilir ve istenmeyen sonuçların önüne geçebilir.

Ümit Var - Ancak Eyleme Geçersek!

IPCC'nin Altıncı Değerlendirme Raporu, iklim değişikliği konusunda eylemsiz kalmanın muazzam riskler taşıdığını ve bundan sonra takip etmemiz gereken yolun daha önce görülmemiş ölçekte değişim gerektirdiğini apaçık ortaya koyuyor. Ancak rapor aynı zamanda hem iklim değişikliğinin ve peşi sıra gelen etkilerinin aciliyeti ve ciddiyeti konusunda hem de giderek yoğunlaşan etkilerini azaltmak için yapılması gerekenler konusunda hiçbir dönemde sahip olmadığımız kadar bilgiye sahip olduğumuzu da hatırlatıyor.

Küresel ısınmayı 1,5 °C ile sınırlandırmak hâlâ mümkün ancak derhal harekete geçerse! IPCC raporunda ortaya konduğu üzere küresel ölçekte sera gazı salımlarının en geç 2025'te azami düzeyine ulaşması, 2030 itibarıyla yaklaşık yarıya inmesi ve yüzyıl ortasında da sıfır CO₂ salımı düzeyine erişmesi, bununla birlikte bu yolda adil ve eşitlikçi bir dönüşümün sağlanması gerekiyor. Ayrıca iklim krizinden giderek daha çok zarar gören insan topluluklarının bu yeni dünyaya uyum sağlamak için gerekli kaynaklara sahip olmasını teminat altına almak için herkesin elini taşın altına koyması şart. Hükümetler, özel sektör, sivil toplum ve bireyler olarak arzuladığımız geleceği sağlayabilmek için hep birlikte adım atmamız lazım. Daralmış olsa da hâlâ açık olan bir fırsat kapısı var ancak iklim konusunda boşa harcanabilecek bir saniyemiz bile yok! ■



Doç. Dr. Şiir Kılış AR6'yı Değerlendiriyor



2008'den bu yana TÜBİTAK'ta görev yapan ve hâlen TÜBİTAK Başkan Danışmanlığı görevini yürüten Doç. Dr. Şiir Kılış, IPCC Altıncı Değerlendirme Dönemi'nde başyazar olarak görev alan bilim insanlarından oldu. Kılış ayrıca IPCC'nin önceki ay resmen başlayan Yedinci Değerlendirme Döngüsü'nde dünyadan 33 bilim insanı ile birlikte IPCC Yönetim Kadrosunda görev almak üzere sera gazı salımlarının azaltımı odaklı Üçüncü Çalışma Grubunun Başkan Yardımcısı olarak Büro Üyesi seçildi. Gelin Sentez Raporunun en önemli bulgularına ilişkin değerlendirmesini ondan dinleyelim:

“2023 yılında yayımlanan AR6 Sentez Raporu, iklim değişikliğine çözüm oluşturulmasındaki aciliyetin altını çiziyor ve binlerce bilimsel bulguya dayalı olarak azaltım, uyum ve sürdürülebilir kalkınma için entegre yaklaşımların sağlayabileceği imkân ve fırsatları ele alıyor. Mevcut durumda 1,1 °C ısınmış bir dünya içerisinde alışlagelmiş yolların devam etmesi ile 3,2 °C'lık bir küresel ısınma düzeyine doğru hareket ediyoruz. Bu duruma karşı sürdürülebilir olmayan kaynak tüketimlerinin değiştirilmesi, fosil yakıtlardan yenilenebilir enerjiye geçiş sağlanması ve sistemsel değişikliklerin gerçekleştirilmesi için atılan her adım hayati önem taşıyor. Sera gazı salımlarının azaltılmasına yönelik mümkün olan azaltım yollarının modellenmesi kapsamında da binlerce senaryo dikkate alındı. Küresel ısınmanın 1,5 °C ile sınırlı tutulmasında etkin olan örnek azaltım yollarında yenilenebilir enerji, düşük enerji ve malzeme talepleri ile kalkınma yollarının sürdürülebilirliğe yönlendirilmesi odaklı azaltım yolları ön plana çıktı. 2030 yılına kadar gerçekleştirilecek azaltımlar ise şimdi ve binlerce yıl boyunca etkisini gösterebilecek.

Atmosfere salınan her 1.000 GtCO₂, küresel ortalama yer yüzeyi sıcaklığını yaklaşık 0,45 °C artırıyor. Ancak iklim değişikliğine dayalı olarak gerçekleşen çeşitli etkiler lineer değil, katlanarak artış gösteriyor ve tehlikeli eşik noktaları içeriyor. Toplam 127 farklı riskin iklim senaryolarına göre risk düzeyleri de değerlendirildi. Anlaşılacağı üzere iklim değişikliği insan refahı ve yerküremizin sağlığı için olağanüstü bir tehdit. Son 10 yıldaki yıllık ortalama sera gazı salımları ise bir önceki 10 yılın yıllık ortalamasından 9,1 GtCO₂-eş daha yüksekti. Dünya çapında azaltılması gereken sera gazı salımları günümüzde yükseliyor.

Herkes için yaşanabilir, sürdürülebilir ve adil bir geleceğin güvence altına alınması için sektörler ve sistemler genelinde hızlı, kapsamlı ve süreklilik arz eden sera gazı salımları azaltımlarını sağlayabilecek sistem geçişleri gerekiyor. Sistem geçişleri arz ve talep taraflarını net-sıfır salımlı, iklim duyarlı, iklim dirençli ve yeşil büyüme modeline doğru çeken ve aynı zamanda azaltım ve uyum imkânlarını etkin bir şekilde bir araya getiren kapsamlı geçişlerdir. Önem taşıyan sistemlerden biri de 2020 yılında yaklaşık 29 GtCO₂-eş sera gazı sorumluluğu bulunan kentsel sistemlerdir. Enerji verimli kentsel planlama, enerji ve malzeme tüketimlerinin değiştirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrifikasyon imkânlarının artırılması ve yine çoklu faydalar sağlayabilecek yeşil ve mavi altyapıların yaygınlaştırılması azaltım, uyum ve sürdürülebilir kalkınma için faydalar içeriyor. Birçok azaltım ve uyum seçeneğinin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ile sinerji oluşturma imkânı da var. Yeter ki bilimsel bulguları dikkate alalım!”

Kaynaklar

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
<https://www.wri.org/insights/2023-ipcc-ar6-synthesis-report-climate-change-findings>
<https://www.unep.org/resources/report/climate-change-2023-synthesis-report>
<https://www.nrdc.org/stories/ipcc-climate-change-reports-why-they-matter-everyone-planet#sec-recommendations>



TEKNOFEST

Ankara ve İzmir’de Havacılık, Uzay ve Teknoloji Meraklıları Buluşacak

Özlem Kılıç Ekici [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

30 Ağustos - 3 Eylül tarihlerinde Ankara Etimesgut Havalimanı’nda, 27 Eylül - 1 Ekim tarihlerinde ise Çiğli Havalimanı’nda düzenlenecek dünyanın en büyük havacılık, uzay ve teknoloji festivali TEKNOFEST, her yaştan havacılık, uzay ve teknoloji meraklılarını bir araya getirecek. Çeşitli etkinlik ve organizasyonlar sayesinde katılımcıların keyifli zaman geçirmesini sağlarken ilk defa girişim yarışmalarına da ev sahipliği yapacak.

TEKNOFEST programlarına ve organizasyonla ilgili detaylara ulaşmak için <https://www.teknofest.org/tr/> internet sayfasını ziyaret edebilir veya yandaki kare kodu akıllı cihazınıza okutabilirsiniz.



TEKNOFEST’te Ortaya Çıkan Fikir ve Ürünler Girişime Dönüşüyor

TEKNOFEST bünyesinde 2018 yılından beri düzenlenen yarışmalara başvuran lise, üniversite ve üzeri seviyedeki takım veya takım üyelerine özel olarak TEKNOFEST girişim yarışmaları düzenleniyor. Bu yarışmalar kapsamında takım veya takım üyelerinin; girişimcilik eğitimi, geliştirdikleri TEKNOFEST projesi veya farklı projelerin uluslararası rekabet gücüne sahip, inovasyon odaklı, teknoloji düzeyi yüksek, ticari değeri doğrulanmış, pazarlanabilen ürün ya da hizmete dönüştürerek girişimlerini kurmaları amaçlanıyor. Ayrıca, girişim olarak şirketini kurmuş ve Ar-Ge çalışması yürüten veya ticari ürün ya da hizmetini pazara sunmuş kişilerden projelerini ileri seviyeye taşımak isteyen takımlara da destek sağlanıyor. Bu sayede, ülkemiz gençlerinin “Milli Teknoloji Hamlesi”ni gerçekleştirmesine katkı sunulması hedefleniyor.

Bu bağlamda, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 yıllarında TEKNOFEST bünyesinde düzenlenen yarışmaları kapsayan on tema için takımların hazırladıkları girişim sunumu üzerinden:

30 Ağustos-3 Eylül tarihlerinde TEKNOFEST Ankara’da eğitim, ulaşım-mobilité, haberleşme-iletişim, afet yönetimi, uzay-havacılık-savunma ve tarım teknolojileri temalarında;

27 Eylül-1 Ekim tarihlerinde TEKNOFEST İzmir’de ise turizm- oyun, sağlık-iyi yaşam, çevre-enerji- iklim ve engelsiz yaşam teknolojileri temalarında TEKNOFEST girişim yarışmaları gerçekleştirilecektir.

Detaylı bilgi için <https://www.teknofest.org/tr/competitions/competition/255> adresi ziyaret edilebilir.

Bilim Çizgi

Sinancan Kara [bctizgiroman@tubitak.gov.tr

Hulusi Behçet





GÜNAYDIN
ARKADAŞLAR.
BUGÜN SİZLERLE
İŞLEYECEĞİMİZ
DERS BİRAZ
FARKLI
OLACAK.



21, 7 VE 3 YIL
BOYUNCA
TAKİP ETTİĞİM
ÜÇ HASTANIN
ORTAK
ÖZELLİKLERİNİ
ANLATACAĞIM.
ŞU
FOTOĞRAFLARA
BAKIN LÜTFEN.



21 YIL
BOYUNCA
BİR HASTAYI
MI TAKİP
ETTİNİZ
HOCAM?



HASTAMIZ İSTANBUL VE
VIYANA'DA YAKLAŞIK 40 YIL
BOYUNCA TEDAVİ OLMASINA
RAĞMEN GÖRME YETİSİNİ
KAYBETTİ. HASTAYA ÇOK
FARKLI TANILAR KONDU.
FAKAT HİÇBİRİ
İŞE YARAMADI.



HASTANIN
AĞZINDA AFT, GENİTAL
BÖLGESİNDE ÜLSERLER VE
GÖZLERİNDE ÇEŞİTLİ
RAHATSIZLIKLAR
GÖRÜLDÜ.



BU ÜÇ BULGU, HİÇBİR TANIYA
UYMUYORSA BUNUN TEK BİR
ANLAMI OLABİLİR!



DAHA ÖNCE
BİLİNMEYEN,
YENİ BİR
HASTALIK.



1937, PARİS
DERMATOLOJİ
TOPLANTISI

SEBEP
DİŞLERDEN
KAYNAKLI BİR
ENFEKSİYON
OLABİLİR.



BU
BULGULAR
HİÇBİR TANIYA
UYMAYAN, FARKLI
BİR HASTALIĞA
İŞARET
ETMEKTEDİR.



DERMATOLOGLAR
OLARAK BUNUN
YENİ BİR
HASTALIK
OLDUĞUNU
KABUL
ETMİYÖRÜZ.



GÖZ
HASTALIKLARI
UZMANI
OLARAK
SÖYLÜYÖRÜM,
BU ÜÇ BULGU
YENİDİR.
BU YENİ BİR
HASTALIKTIR.



ŞAHSİ
FİKRİM,
PEMFIGUS
HASTALIĞINA
BENZEDİĞİ.
YENİ
OLMAYABİLİR.



BU ÜÇ BULGU
BOYLE
NET TANIMLI
İŞE ESKİ
HASTALIKLARLA
TAM OLARAK
AÇIKLANAMAZ.



TARTIŞMALAR 1947'DE
NETİCELENDİ. ULUSLARARASI
CENEVRE TIP KONGRESİNDE
YAPILAN ÖNERİYLE
HULUSİ BEHÇET'İN TESPİT
ETTİĞİ BU HASTALIĞA
"MORBUS BEHÇET"
ADI VERİLDİ.



BEHÇET
HASTALIĞI,
ÖZGÜN BİR
HASTALIK
OLARAK KABUL
EDİLMİŞTİR!



HULUSİ BEHÇET
(ŞUBAT 1889 - MART 1948)

TÜRK DERMATOLOG VE BİLİM
İNSANI.

HULUSİ BEHÇET, ÜNİVERSİTE
REFORMU SONRASI PROFESÖR
ÜNVANI ALAN İLK TÜRK
BİLİM İNSANIDIR.

BİR KAN DAMARI
ENFLAMASYONU
RAHATSIZLIĞI OLAN BEHÇET
HASTALIĞINI TANIMLAMIS
VE ONA KENDİ ADINI
VERMİŞTİR. BU HASTALIK,
EN SIK ORTA DOĞU VE
ASYA ÜLKELERİNDE
GÖRÜLÜR.

-SON-

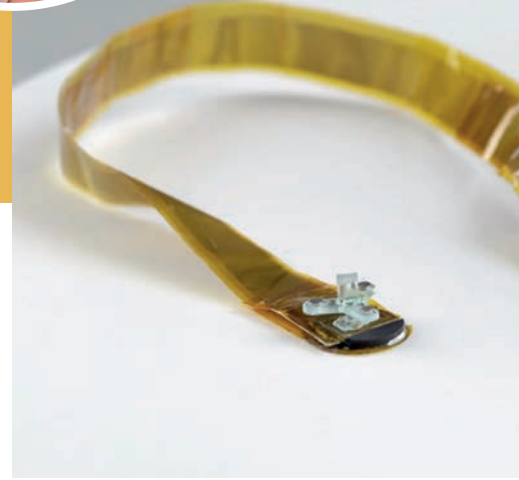
CANAN DAĞDEVİREN VE EKİBİ GELİŞTİRDİ

Giyilebilir Ultrason Tarayıcısı ile Erken Meme Kanseri Tespiti

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



Kadir Has Üniversitesi



Meme kanseri en erken evrelerde teşhis edildiğinde hayatta kalma oranı neredeyse %100. Ancak daha sonraki aşamalarda tespit edilen tümörler söz konusu olduğunda bu oran yaklaşık %25'e düşüyor. İnsan vücudunun her köşesinden veri toplayabilen araçlar geliştirmeye devam eden Dr. Canan Dağdeviren ve ekibi son olarak meme kanseri hastalarının genel sağkalım oranını artırmak umuduyla, insanların tümörleri henüz erken evrelerdeyken tespit etmelerini sağlayabilecek ve rutin mamogramlar arasında meme kanserine yakalanma riski yüksek olan hastalar için büyük önem taşıyacak giyilebilir bir ultrason cihazı tasarladılar.

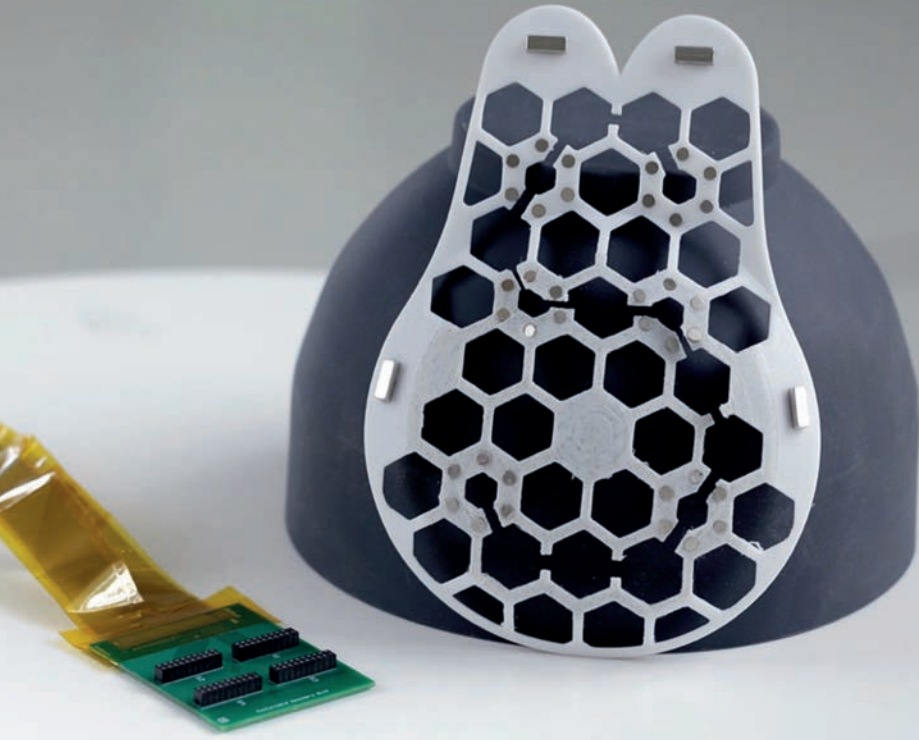
Massachusetts Institute of Technology (MIT) Media Lab'da araştırmalarını sürdüren Canan Dağdeviren; geliştirdikleri ultrason tarayıcısının taşınabilir

ve kullanımı kolay olduğunu söylüyor. Ayrıca, meme dokusunun gerçek zamanlı ve kullanıcı dostu bir şekilde izlenmesini mümkün kıldığını da belirtiyor. Dağdeviren ve ekibi *Science Advances* dergisinde yayımladıkları çalışmalarıyla geliştirdikleri esnek yama benzeri tarayıcının sütyene takılabildiğini, meme dokusunun farklı açılardan görüntülenmesine olanak tanıdığını ve tıbbi görüntüleme merkezlerinde kullanılan ultrason problemleri ile kıyaslanabilecek çözünürlükte ultrason görüntüleri elde edebildiğini belirtiyor.

Bu proje için Dağdeviren, düzenli kanser taramaları yaptırmasına rağmen 49 yaşında geç evre meme kanseri teşhisi konan ve altı ay sonra vefat eden teyzesi Fatma Çalışkanoğlu'ndan ilham aldı. O zamanlar MIT'de doktora

sonrası araştırmacı olan Dağdeviren, teyzesinin baş ucunda, sütyen içine yerleştirilebilecek ve meme kanseri riski yüksek kadınların daha sık taranmasını sağlayacak bir teşhis cihazının kaba bir şemasını çizmişti. Düzenli olarak planlanan mamografiler arasında gelişen ve "aralık kanserleri" olarak bilinen meme tümörleri, tüm meme kanseri vakalarının %20 ila %30'unu oluşturuyor ve bu tümörler rutin taramalar sırasında bulunanlardan daha agresif olma eğilimi gösteriyor.

Vücuda uyum sağlayan giyilebilir elektronik cihazlar geliştirme konusunda uzmanlaşmış olan Dağdeviren,



hareket ettirilebilen küçük bir izleyicinin içine yerleştirilerek tüm göğsün görüntülenmesine imkân tanıyor. Tarayıcı ayrıca farklı açılardan görüntü almak için döndürülebiliyor ve kullanımı için herhangi bir uzmanlık gerektirmiyor. Giyilebilir ultrason bandı tekrar tekrar kullanılabilir. Araştırmacılar bunun meme kanseri riski yüksek olan ve sık taramadan faydalanabilecek kişiler tarafından evde kullanılabilirliğini öngörüyor. Ayrıca, taramaya düzenli erişimi olmayan kişilerde kanser teşhisine de yardımcı olabilir. Araştırmacılar, bir katılımcıdan veri toplandıktan sonra görüntülerin zaman içinde nasıl değiştiğini analiz etmek için yapay zekânın kullanılabilirliği bir iş akışı geliştirmeyi umuyorlar. Bununla birlikte, ultrason teknolojisini vücudun diğer bölgelerini taramak için uyarlamayı da planlıyorlar.

Ultrason görüntülerine ulaşmak için araştırmacıların şu anda tarayıcılarını görüntüleme merkezlerinde kullanılan ultrason makinesine bağlamaları gerekiyor. Ancak şimdi görüntüleme sisteminin yaklaşık bir akıllı telefon boyutunda minyatürleştirilmiş bir versiyonunu geliştirmek üzere de çalışıyorlar. ■

amacının “aralık kanseri” geliştirme olasılığı en yüksek olan kişileri hedeflemek olduğunu ve yapılacak daha sık taramalarla hayatta kalma oranını %98’e kadar çıkarmak istediğini söylüyor. MIT Klinik ve Translasyonel Araştırma Merkezi ile birlikte çalışan araştırmacılar, cihazlarını bir insan katılımcı üzerinde, meme kistleri geçmişi olan 71 yaşında bir kadın üzerinde test ettiler. Araştırmacılar yeni cihazı kullanarak çapı 0,3 santimetre kadar küçük olan kistleri (erken evre tümörlerin boyutu) tespit edebildi. Ayrıca cihazın geleneksel ultrasonla karşılaştırılabilir çözünürlüğe ulaştığını ve dokunun 8 santimetreye kadar derinlikte görüntülenebildiğini de gösterdiler.

Bu ultrason tarayıcı tıbbi görüntüleme merkezlerinde kullanılan aynı tür ultrason teknolojisine dayanıyor. Sadece araştırmacıların ultrason tarayıcısını minyatürleştirmelerine olanak tanıyan yeni bir piezoelektrik malzeme içeriyor. Cihazı giyilebilir hâle getirmek için araştırmacılar, bal peteği benzeri açıklıkları olan esnek, 3D baskılı bir yama tasarladılar. Bu yama, mıknatıslar kullanılarak, ultrason tarayıcısının cilde temas etmesini sağlayan açıklıklara sahip bir sütyene takılabilir. Ultrason tarayıcı, altı farklı konuma

Kaynaklar

<https://news.mit.edu/2023/wearable-ultrasound-scanner-breast-cancer-0728>

KARBON HARİKASI YAPILAR

Hayriye Yetiş [TÜBİTAK Bilim Genç

Elmas da grafen de sadece karbon atomlarından oluşmalarına rağmen, fiziksel ve kimyasal özellikleri nasıl bu kadar farklı olabiliyor?

Karbon evrendeki en yaygın altıncı, insan vücudunda ise oksijenden sonra en çok bulunan ikinci elementtir. İnsan vücudunun kütlece yaklaşık %18'i karbondan oluşur.

Grafit ve kömür gibi karbon türevi maddeler insanlar tarafından tarih öncesi dönemlerde yazı, çizim gibi amaçlar için

kullanılıyordu. Karbondan oluşan maddelerin özellikleri daha iyi anlaşıldıkça sağlıktan enerjiye, teknolojiye giyim sektörüne birçok alanda kullanılmaya başlandı. Uzun yıllar boyunca sadece karbondan oluştuğu bilinen doğal yapılar grafit ve

elmastı. İkisi de karbondan oluşmasına rağmen, grafit ve elmasın kristal yapıları ile fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden büyük farklılıklar gösteriyordu. Örneğin elmas çok sert bir malzeme olmasına rağmen kurşun kalem ucu uçlarından bildiğimiz grafit kolayca parçalanabilir.

Peki, ikisi de karbondan oluşmasına rağmen bu iki maddenin özellikleri neden birbirinden çok farklı?

Grafit ve elmas, karbonun allotroplarıdır. Allotrop aynı elemente ait atomların farklı şekillerde dizilmesi sonucu oluşan, birbirinden farklı geometrik yapıya sahip maddelerdir. Allotropların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklıdır.

Karbonun birçok allotropu bulunuyor. Her geçen gün karbonun yeni allotropları keşfedilmeye devam ediliyor. Gelin, karbonun hayatımızda önemli rolü olan allotroplarından bazılarını daha yakından tanıyalım.

Grafenin iki boyutlu bal peteği örgü yapısı

Elmas: Değerli Bir Taş

Tarih boyunca insanlar tarafından değerli bir taş olarak kabul edilen elmas, bilinen en sert doğal malzemedir. Elmasın yapısındaki karbon atomlarının

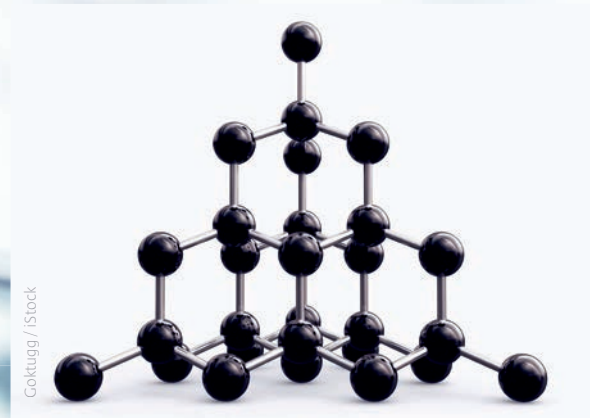
her biri, çevresindeki diğer dört karbon atomu ile düzgün dörtyüzlü geometrik şekle sahip kristal yapılar oluşturur. Elmasın bu kadar sert olmasının sebebi, kristal yapıdaki bağların sağlamlığıdır. Elmas ısıyı iletmediği hâlde,

elektriği iletmez.

Elmas, bilinen en sert doğal malzemedir.

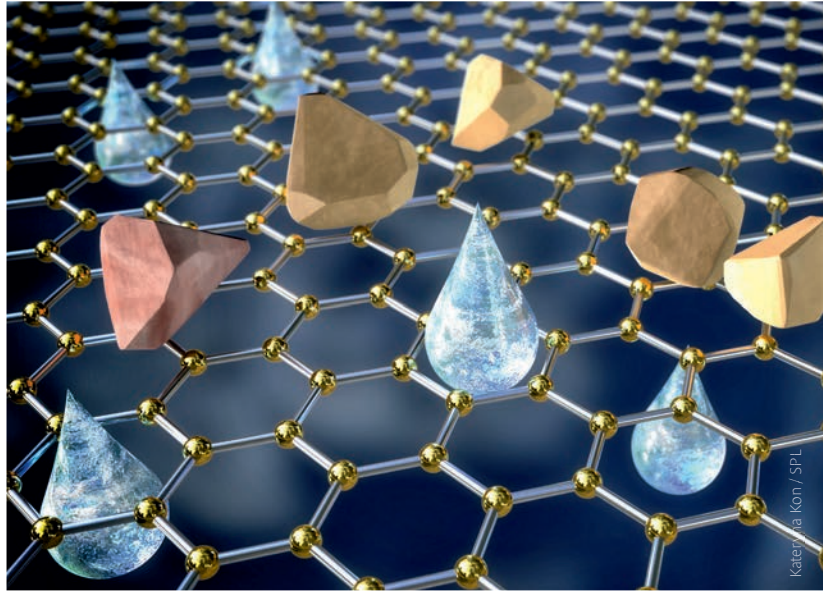
Elmas sağlıktan otomotive, ses teknolojisinden endüstriyel üretime çok farklı alanlarda kullanılıyor. Ayrıca yapay yollarla üretilen nano ölçekteki elmas parçacıklarından, bazı kanser türlerinin tedavisinde yararlanılıyor. Yapılan çalışmalar nanoelmasların vücuda kolaylıkla uyum sağlayabilme özellikleri sayesinde yaraları iyileştirmede ve ilaçların vücuttaki iletimini sağlamada da hayli etkili olduğunu gösteriyor.

Grafen: Bal Peteği Örgü Yapısı



Elmasın düzgün dörtyüzlü geometrik şekle sahip kristal yapısı

Karbon atomunun iki boyutlu bir allotropu olan grafen, karbon atomlarının birbirlerine altıgen oluşturacak şekilde bağlanmasıyla oluşan, tek katmanlı bir malzemedir. Isıyı ve elektriği çok iyi iletir. Grafen keşfedilen iki boyutlu ilk malzemedir. Tek atom kalınlığında bir malzeme olan grafenin kalınlığı, bir saç telinin çapının bir milyonda biri kadardır. Grafen aynı kalınlıktaki çelikten ise 200 kat güçlüdür. Aynı zamanda hafif ve esnek bir malzemedir.



Grafen, su arıtmada kullanılıyor.

Grafen farklı alanlarda yaygın şekilde kullanılan bir malzeme. Örneğin çevre dostu ve maliyeti düşük su arıtma sistemlerinde kullanılıyor. Ayrıca kanser tedavisinde kemoterapi ilaçlarının tümörlere taşınmasında da grafenden faydalanılıyor. Kumaşlarda kullanılan grafen, ısıyı uzun süre korumaya yardımcı olabiliyor ve bakterilerin kıyafetlerin yüzeyinde çoğalmasını engelliyor.

Grafenin başka alanlarda kullanılmasına yönelik araştırmalar devam ediyor. Örneğin grafen kullanılarak üretilen bataryalar sayesinde, elektronik cihazların geleneksel bataryalarındaki pil ömrü sorununun ortadan kalkabileceği öngörülüyor.

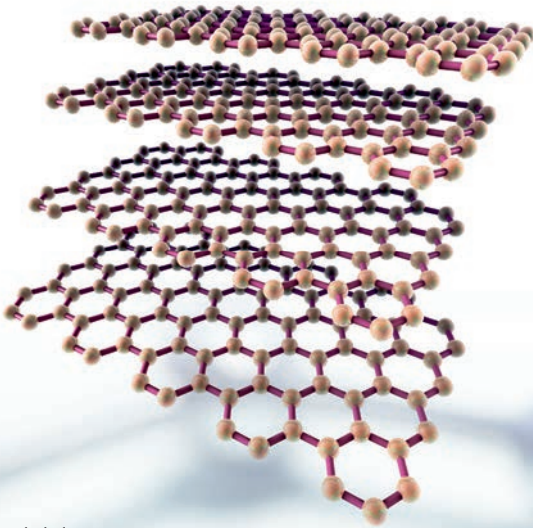
Grafit: Çok Yönlü Bir Mineral

Karbonun bir diğer doğal allotropu ise grafitir.



Grafit, kurşun kalem uçlarında kullanılır.

Grafit, grafen katmanlarının bir araya gelmesiyle oluşur. Siyah renkte ve yumuşak bir yapıdadır. Elektriksi ve ısıyı çok iyi iletir. Ayrıca erime noktası yüksektir. Bu nedenle son derece geniş bir kullanım alanına sahiptir.



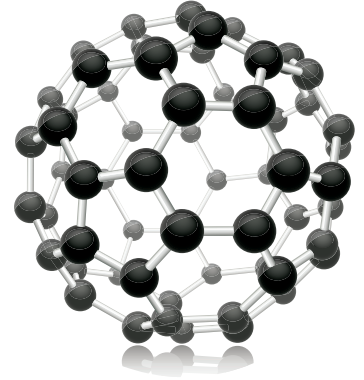
Grafit tabakaları

Isıya karşı dayanıklı yapısı sayesinde metal sanayiinde sıkça kullanılır. Ayrıca grafen katmanlarının birbiri üzerinden kolayca ayrılması sayesinde, metal parçalarının hareketini kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir.

Grafulleren: İki Boyutlu Polimer

Karbonun en son sentezlenen allotroplarından biri olan grafulleren, karbonun diğer bir allotropu olan fulleren moleküllerinin birbirlerine bağlanmasıyla oluşan iki boyutlu bir polimerdir.

Bu yeni karbon formunun çok ince bir yapıya sahip olması, elektronik teknolojilerinden havacılığa, savunma endüstrisinden otomotive birçok alanda kullanılmasına imkân sağlayabilir. Ayrıca grafullerenin yeni nanomalzemelerin geliştirilmesini kolaylaştırabileceği de öngörülmüyor. Isı iletkenliğinin fazla olması sayesinde uzay araçlarında koruyucu kaplama olarak da kullanılabilir. ■



Fulleren molekülü, karbon atomlarından oluşur ve küre biçimindedir.

Bu yazı TÜBİTAK'ın dijital popüler bilim yayını olan Bilim Genç'te yayınlanmıştır.



Kaynaklar

- <https://www.intechopen.com/online-first/84336#>
- <https://www.graphene.manchester.ac.uk/learn/applications/>
- <https://news.mit.edu/2021/graphene-foam-filter-toxins-from-water-0804>
- <https://www.chemistryworld.com/news/new-allotrope-of-carbon-synthesised/4016795.article>
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5848992/>

Tüm TÜBİTAK popüler bilim yayınları için hızlı ve güvenli alışveriş yapabileceğiniz mobil uygulamamıza uygulama mağazalarından erişebilirsiniz!



Mobil uygulamamızı kullanarak;

- Kitaplarımızı inceleyip satın alabilir,
- *Bilim ve Teknik*, *Bilim Çocuk* ve *Meraklı Minik* dergilerine abone olabilir,
- Dergilerimizin hem yeni hem de eski sayılarını satın alabilir,
- Favori listelerinizi oluşturabilir ve istediğiniz kişilerle paylaşabilir,
- İndirim ve kampanyalarımızı takip edebilir,
- Elektronik içeriklerimizi edinip okuyabilirsiniz.

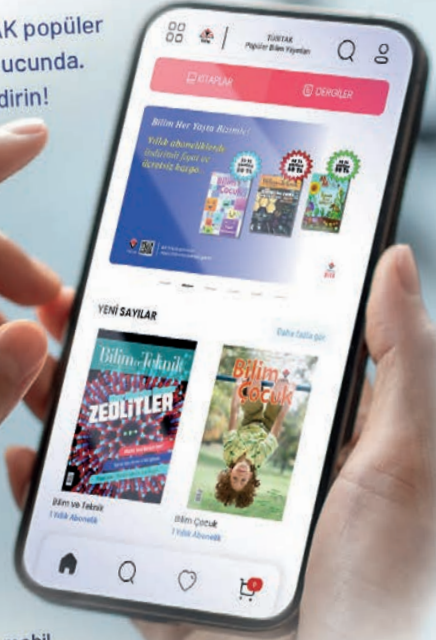
TÜBİTAK popüler bilim kitaplarını ve dergilerini satın alabileceğiniz

MOBİL UYGULAMAMIZ YAYINDA!

Bilimsel ve teknolojik gelişmelerden haberdar olmanızı ve evreni keşfetmenizi sağlayan TÜBİTAK popüler bilim yayınları parmaklarınızın ucunda. Mobil uygulamamızı hemen indirin!



TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları mobil uygulamasını **App Store**'dan ve **Google Play**'den ücretsiz indirebilirsiniz.



TÜBİTAK Popüler Bilim Yayınları internet sitesini de ziyaret edebilirsiniz.



Şehrin Isısını Kullanma Zamanı

Vücudumuz, yaşadığımız binalar, kullandığımız bilgisayarlar, sürdüğümüz taşıtlar ve daha bir sürü şey etrafa ısı yayıyor. Şehirler çevredeki kırsal alana göre ortalama 4 °C kadar daha sıcak ve bu ısı genellikle kullanılmayan bir enerji olarak çevreye yayılıyor. Küresel ısınmanın ve sürdürülebilirliğin her geçen gün daha da önem kazandığı bir dünyada, bu kaynaklardan atmosfere yayılan ısı enerjisini kullanmaya dönük birçok proje geliştiriliyor.

Örneğin, Stockholm’de veri merkezlerindeki bilgisayarların ürettiği ısı enerjisini soğurup evlere satan bir firma var. Londra’nın bir semtinde metro tünellerinden gelen ısı yakalanıp yakındaki evlere taşınıyor. Almanya’da bir parça yola uygulanan teknoloji ile yazın asfaltın ısı depolanarak kışın yolun buzlanmasını önlemede kullanılıyor. Kanada’da evlerde kanalizasyona akıtılan sıvıların ısını toplayan bir sistem sayesinde; 6.000’den fazla eve, bir üniversite kampüsüne ve müzeye 80 °C sıcaklığında su pompalanıyor. Bu proje atık sulardan ısı kazanarak ticari fayda sağlamakla kalmıyor, çevreye de olumlu katkı sunuyor. Doğaya salınan sıcak sular bakterilerin üremesini kolaylaştırıyor ve çevredeki ağır metallerin suya karışımını hızlandırıyor. Bu da içme suyu kalitesini etkiliyor.

2050’ye kadar dünyadaki evlerin üçte ikisinin klimalı olacağı tahmin ediliyor. Bu klimaları çalıştırmak için gerekli enerji miktarı ABD, AB ve Japonya’nın bugünkü toplam enerji tüketimine denk. Bu gibi ek enerji yüklerinin azaltılması için şehir tasarımlarının değiştirilmesi, yeşil alanların artırılması, rüzgâr akışının



sağlanması için binalar arasında boşluklar bırakılması, bina yüksekliklerinin düşürülmesi, çatıların beyaza boyanması ve ısı yalıtım malzemeleriyle kaplanması, yolların ve beton zeminlerin yansıtıcı boyalarla boyanması gibi önlemler alınıyor. Örneğin, Fransa’da 80 ve daha fazla aracın park ettiği park alanlarının üstünün güneş panelleriyle kapatılması zorunlu hâle getirildi.

Tüm bu projeler hacim ve etki olarak henüz küçük olsa da farkındalık oluşturmaları ve geleceğe ışık tutması açısından büyük önem taşıyor.

<https://bit.ly/isiyi-yakala>



Sosyal Medya Dünyasından Haberler

Meta, Instagram ve Facebook Messenger’da karikatür avatar kullanımını yaygınlaştırıyor. Sunulan avatarlar, çizim tarzı olarak şirketin Metaverse’inde kullanılan avatarlara benziyor. Hâl böyle olunca akla ister istemez kullanıcıları Metaverse’e alıştırmak için mi bu özellik tanıtıldı sorusu geliyor! Malum Facebook’un uğruna adını bile değiştirdiği Metaverse henüz beklenen ilgiyi görmüyor.

Metaverse ile uğraşırken üretken yapay zekâ yarışında da biraz geride kalan firma, Llama adındaki dil modelinin daha gelişmiş sürümünü ticari kullanım da dâhil olmak üzere ücretsiz paylaşmaya başladı. İlgili dil modelini kullanan bir Chatbot geliştirerek internete bağlı olma zorunluluğu olmadan kullanmak mümkün. Llama 1’e göre %40 daha fazla veriyile üretilen model, yapılan testlerde GPT 3.5’e benzer performans verilerini yakalıyor. Llama 2 açık kaynak yapay zekâ sistemlerinin gelişmesine önemli katkı sağlayabilir.

Diğer taraftan Meta’nın Twitter’a rakip olarak çıkardığı Threads ilk günlerde çok ilgi görse de günlük indirmeleri önemli ölçüde düştü. Daha da önemlisi, Threads’e harcanan zaman %70 oranında azaldı ve günlük aktif kullanıcılar zirve değerine göre %20-25 düşmüş görünüyor.

Rakip Twitter tarafında da işler hayli hareketli. Kullanıcıların çok daha uzun içerikler üretmesi için yapılan altyapı değişiklikleriyle kullanıcılar Twitter’ı kullanarak kitap bile yazabilecek! Nereden nereye... 140 karakterle başlayan yolculuk kitaba kadar uzandı. Bakalım Twitter tarafında bizi daha neler bekliyor. Bu arada Twitter’ı satın alan Elon Musk firmanın adını ve logosunu resmen “X” olarak değiştirdi. Musk’ın hedefi Twitter’ı ödeme, mesajlaşma, taksi çağırma, e-ticaret gibi birçok farklı işi tek bir uygulama çatısı altında toplayan bir “Süper Uygulama”ya dönüştürmek.

<https://ai.meta.com/llama/>
<https://bit.ly/meta-avatar>
<https://bit.ly/threads-kullanimi>

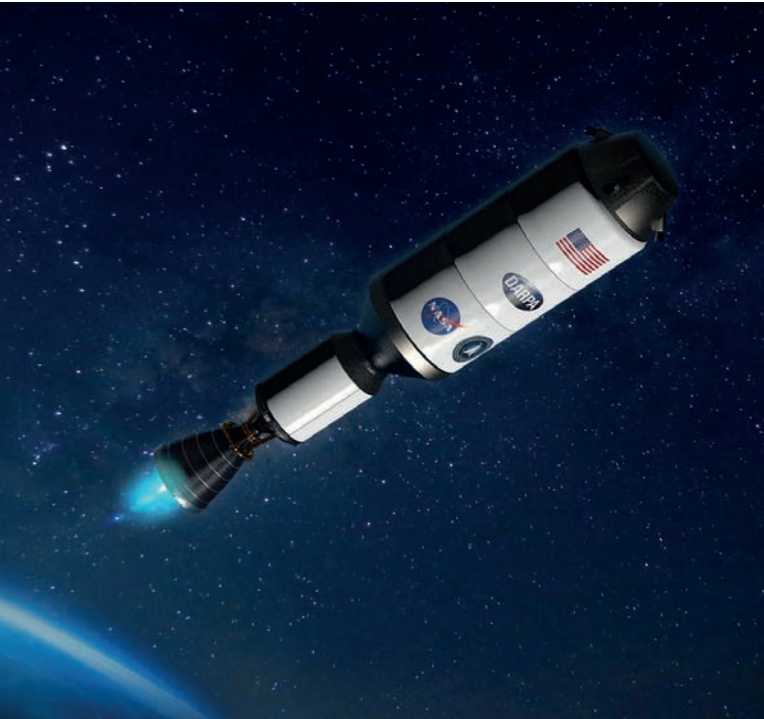
NASA Uzaydan Yere İnternet Hız Rekordunu Kırdı

NASA ve MIT'den bir grup araştırmacı, geçen yıl kendi kırdıkları rekoru ikiye katlayarak uzaydan dünyaya saniyede 200 gigabit hızında veri transfer etmeyi başardılar. Bu hızla, bir uydu 5 dakikalık bir geçişte bir yer istasyonuna 2 terabayttan fazla veri (yaklaşık olarak yüksek çözünürlüklü 1.000 adet film) gönderebilir. Kullanılan TeraByte InfraRed Delivery (TBIRD) teknolojisiyle 530 kilometre irtifadaki uydulardan yeryüzüne lazerle bilgi gönderiliyor. Maliyetleri düşürmek için piyasadan temin edilebilen raf ürünleriyle geliştirilen sistem, lazer ışınlarının atmosferik olaylardan etkilenmemesi için otomatik tekrar istek (ARQ) adında bir protokol de kullanıyor. TBIRD'ün uzaydaki nesnelerle iletişim kurmak için

kullanılan radyo dalgalarından çok daha hızlı olması nedeniyle kara delik görüntüleme gibi astrofizik uygulamaları ve Ay görevleri için kullanılabileceği öngörülüyor.

Öte yandan NASA Mars'a gitmek için nükleer termal roket motorların kullanıldığı DRACO (Demonstration Rocket for Agile Cislunar Operations) adında bir proje üzerine çalışıyor. Projede kullanılan nükleer termal itki (NTP) sistemi, hidrojen yakıtını nükleer bir reaktörle çok yüksek sıcaklıklara hızla ısıtıp geminin itki gücünü oluşturmak için motorun nozulünden akıtmaya dayanıyor. Radyoaktif sızıntıları önlemek adına roket ancak Dünya'yı etkileyecek bölgenin dışına çıktığında nükleer reaktör devreye giriyor. NASA 2018'de bu teknolojinin küçük ve taşınabilir versiyonlarını test etmişti. 2027'de denemelere başlanması hedeflenen DRACO, Mars görevinden önce Ay'a malzeme taşıma işlerinde kullanılacak.

NTP kimyasal olarak itilen roketlere göre birkaç avantaja sahip. İlk olarak, iki ila beş kat daha verimli; böylece uzay gemileri daha hızlı ve daha uzak mesafelere daha kolay seyahat edebilecek. Azalan yakıt ihtiyacı, uzay aracında bilimsel ekipman ve diğer temel malzemeleri depolamak için daha fazla yer anlamına geliyor. Ayrıca nükleer motorlar geminin yörüngesini değiştirerek beklenenden daha hızlı bir dönüş yolculuğu yapmasını kolaylaştırdığı için çeviklik gerektiren iptal senaryolarına daha uygun. Bu faktörler NTP'yi (belki de) Mars seyahati için ideal sistem hâline getiriyor.



<https://bit.ly/tbird-hizi>
<https://engt.co/3KyM4Kp>



Apple Uygulama Pazarının Yıllık Hacmi 1.1 Trilyon Dolar

Apple, 2022’de App Store’da 1,1 trilyon dolarlık ticaret ve 104 milyar dolarlık dijital satış gerçekleştirdiğini duyurdu. Bu rakamlar, Apple’ın mobil uygulama ekosisteminin küresel ekonomiye katkısını gösteriyor. Apple’ın dijital satışları, 2021’e göre %24 arttı. Bu satışların %85’i, uygulama geliştiricilerine ve küçük işletmelere gitti. Apple ayrıca, App Store’da yer alan uygulamaların fiziksel mal ve hizmet satışlarını da artırdığını belirtti. Bu kategorideki en büyük payı; seyahat, eğitim ve sağlık sektörleri aldı.

Diğer taraftan 2007’den kalma ilk nesil kutusu açılmamış bir iPhone 4GB açık artırmada 190.000 dolara satıldı. Orijinal fiyatının yaklaşık 400 katına denk gelen bu bedelle iPhone hayli başarılı bir yatırıma dönüşmüş gibi. Bu haberleri gören koleksiyoncular yeni çıkacak olan Apple Vision Pro için şimdiden sıraya girmişler.

<https://tcrn.ch/3oML1Pg>

<https://bbc.in/45kRGzM>

Video Dünyasından Yenilikler!

Yapılan bir araştırmaya göre, insanların %54’ü etkinlikleri izlemek yerine başkalarının o etkinlikleri yorumlamasını izlemeyi tercih ediyor. Oyun oynamak yerine Twitch üzerinden oyun oynayanları izleyen milyonlar olduğu düşünüldüğünde bu durum pek de şaşırtıcı sayılmaz.

Ayrıca YouTube, bir videonun yüksek sesli, diğerinin kısık sesli olma sorununu çözmek için “Sabit Ses Seviyesi” adlı yeni bir özelliği test etmeye başladı. Televizyonlarda çok eskiden beri olan bu özellik, YouTube’dan müzik dinlemeyi sevenler için faydalı olabilir.



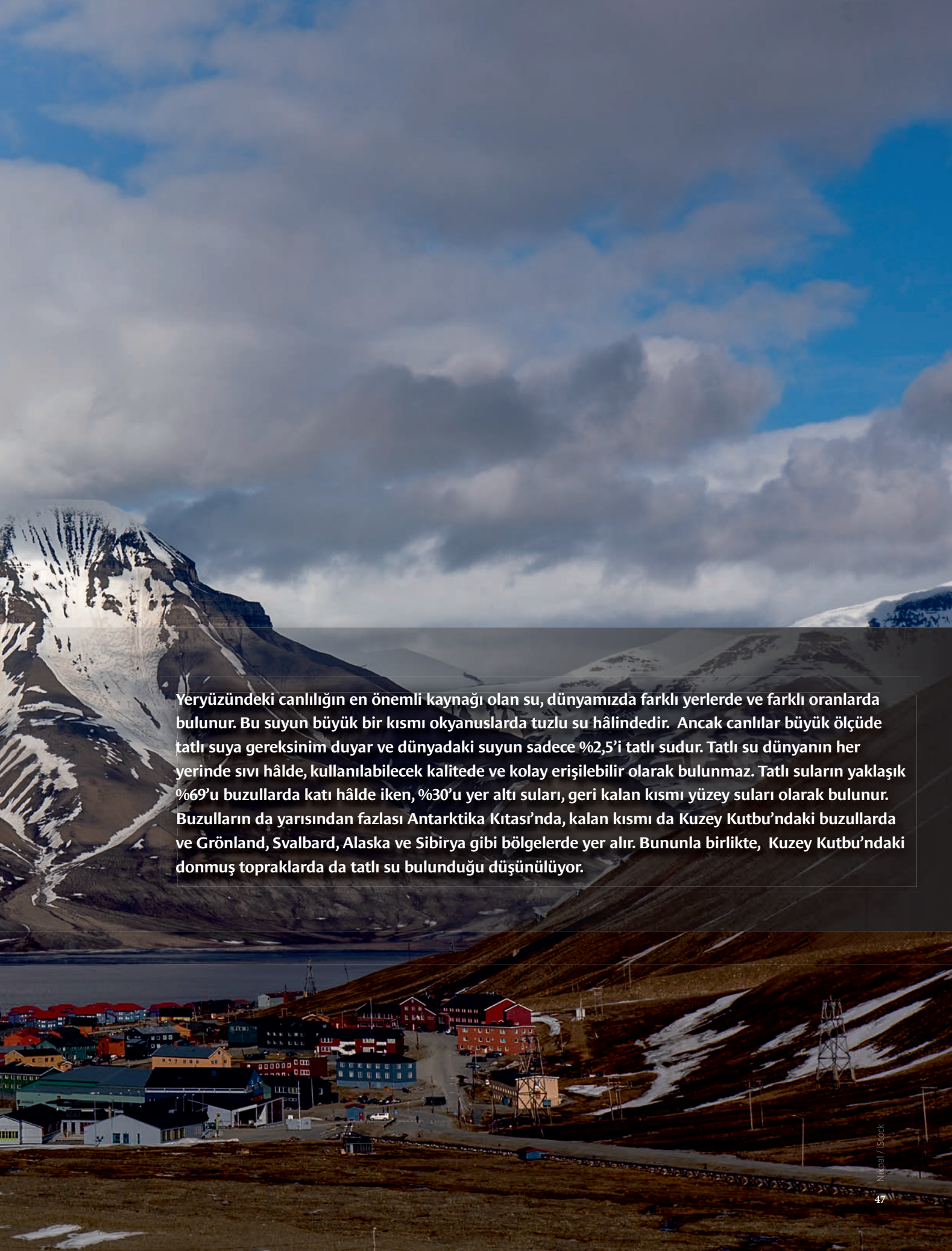
Bu arada Youtube’un geliştiricisi Google, Mayo Clinic’le birlikte Med-Palm 2 adını verdiği bir tıbbi chat botu test etmeye başladı. Amaç (şimdilik!) doktorların yerini almak değil, hastaları doğru yönlendirmek.

<https://bit.ly/youtube-rapor>

Svalbard Takımadası'nın Biyoçeşitliliği Yok mu Oluyor?

Dr. Nilay Dökümcü, Kpt. Yük. Müh. Sinan Yirmibeşoğlu, Prof. Dr. Burcu Özsoy [TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü]

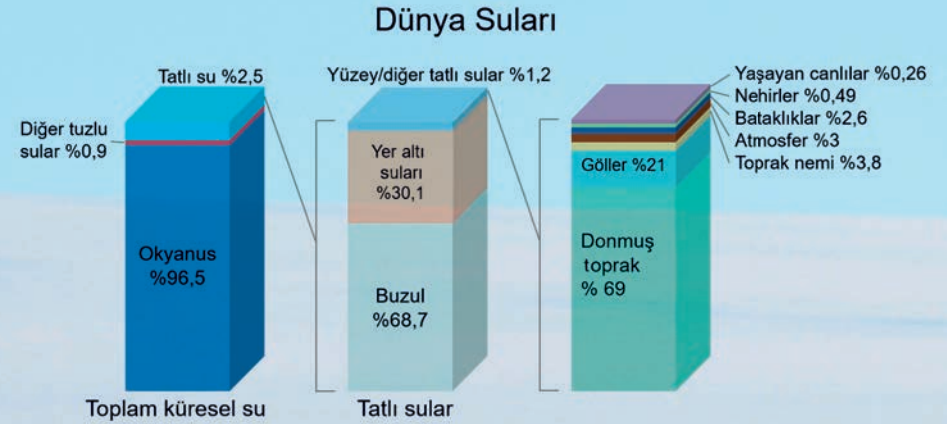




Yeryüzündeki canlılığın en önemli kaynağı olan su, dünyamızda farklı yerlerde ve farklı oranlarda bulunur. Bu suyun büyük bir kısmı okyanuslarda tuzlu su hâlinindedir. Ancak canlılar büyük ölçüde tatlı suya gereksinim duyar ve dünyadaki suyun sadece %2,5'i tatlı sudur. Tatlı su dünyanın her yerinde sıvı hâlde, kullanılabilir kalitede ve kolay erişilebilir olarak bulunmaz. Tatlı suların yaklaşık %69'u buzullarda katı hâlde iken, %30'u yer altı suları, geri kalan kısmı yüzey suları olarak bulunur. Buzulların da yarısından fazlası Antarktika Kıtası'nda, kalan kısmı da Kuzey Kutbu'ndaki buzullarda ve Grönland, Svalbard, Alaska ve Sibirya gibi bölgelerde yer alır. Bununla birlikte, Kuzey Kutbu'ndaki donmuş topraklarda da tatlı su bulunduğu düşünülüyor.

Tatlı su kaynakları bulundukları ekosistemlerde canlılığın devamlılığı için son derece kritiktir. Su kaybı, iklim değişikliği, plansız şehirleşme, artan su talebi ve kirlilik gibi nedenlerden dolayı tatlı sularda olumsuz değişimler ortaya çıkabilir. Suların gittikçe kirlendiği ve kirlenen suların yanlış kullanımlar sonucu çeşitli çevre felaketlerine yol açtığı görülüyor. Kutup bölgelerinin insan etkisine uzak olduğu düşünülse de özellikle kuzey kutbunda Antarktika'ya oranla çok daha hızlı gerçekleşen değişimler insan etkisinin farkını açıkça gösteriyor. Denizlerin asitlik oranı ve sıcaklık ortalamalarının artması sonucu deniz buzları ve buzullar kuzey kutbunda gözle görülür derecede hızla erimeye devam ediyor. Eriyen buzullar doğal yollarla denize ulaşıyor ve tuzlu suya karışarak tatlı su kütlelerinin kaybına yol açıyor.

Buzullardan çok farklı olarak deniz buzları, kış aylarında kutup okyanuslarının donması sonucu, yani deniz suyunun yüzey hattında sıvı hâlden katı hâle dönmesiyle oluşur. Yaz aylarında ise ısınan deniz suyu sıcaklığının etkisiyle tüm Arktik Okyanusu'nu kaplamış olan deniz buzları çok büyük oranlarda erir. Bununla birlikte, günümüzde yaz aylarındaki erime oranları da gittikçe yükseliyor. Bu durum özellikle Kuzey Kutbu'nda kutup ayısı, kutup tilkisi gibi canlıların beslenme olanaklarını olumsuz etkiliyor. Çok çeşitli canlılara eşsiz bir ekosistem sunan deniz buzlarının



Dünyada su kaynaklarının dağılımı (Kaynak: USGS)

yok olması, burada avlanan çok sayıda hayvanın Arktik'teki karasal bölgelere ve tatlı su kaynaklarına doğru göç etmesine yol açıyor.

Kutup bölgelerindeki tatlı sular besin değerlerinin düşük olması ve çok az güneş ışığına maruz kalmaları sebebiyle bilim insanlarının ilgisini çekiyor. İklim değişikliği sürecinin en hızlı etkileri bu tatlı su ortamlarında görüldüğü için burada yaşayan organizmaları incelemek için kutupların tatlı suları doğal laboratuvarlar olarak kullanılıyor. Eriyen buz örtüleri yerine su bitkileri ve alglerin çoğalması, önümüzdeki yıllarda soğuğa adapte türlerin yerlerini yavaş yavaş sıcaklığa adapte türlere bırakacağını gösteriyor. Bu sebeple güneyden göç eden kuş ve balık türlerinin artık daha kuzeye doğru gidebileceği ve böylece habitatların değişebileceği öngörülüyor. Ayrıca kutuplardaki tatlı su kaybının gelecek yıllarda sıklıkla görülmeye devam edilecek

doğal afetler, yağış değişiklikleri, biyoçeşitlilik kayıpları ve su krizi gibi konuları doğrudan ve dolaylı yollarla etkileyeceği düşünülüyor.



Senja Fradhufer / iStock

Svalbard Takımadası

Svalbard Takımadası, kuzey kutbu denince akla ilk gelen yerlerden biri. Dünyadaki en kuzey noktada yer alan yerleşim yeri ve bilim alanı olarak da tanınır. Grönland'ın hemen batısında ve İskandinav Yarımadası'nın kuzeyinde 74 ile 81 derece kuzey enlemleri arasında yer alır. Svalbard Takımadası; Spitsbergen, Nordaustlandet, Edgeoya ve

Barentsoya olmak üzere dört ana adanın ve en güneydeki Ayı Adası'nın birleşimine verilen addır. Bölgedeki Barents Denizi'ne de ismini veren Hollandalı Denizci Willem Barentsz tarafından 1596 yılında keşfedildi. Bu takımadada, dünyanın her bölgesinden getirilen bitki

tohumlarının yer aldığı Küresel Tohum Deposunun ("Kıyamet Ambarı" olarak da bilinir) yanı sıra Ny-Alesund isimli bir de bilim kasabası bulunur. Hatırlayacağınız üzere ülkemizin İlk Ulusal Arktik Bilim Seferi (TASE) 2019 yılında bu bölgeye yapılmıştı ve günümüzde devam eden seferler kapsamında yine Svalbard Takımadası'nda çalışmalar gerçekleştiriliyor.

Svalbard'ın yaklaşık büyüklüğü 61 bin km² iken, bu alanın yarısından fazlası buzullarla örtülü. Günümüzde burada yaşayan üç

bine yakın kişinin büyük çoğunluğu Norveçli, diğerleri ise büyük oranda Ruslar olmak üzere çeşitli ülkelerin vatandaşları. En kalabalık bölgesi Longyearbyen adlı yerleşim yeridir ve burada dünyanın en kuzeyindeki üniversite yer alır.

20. yüzyılda kömür yatakları için kullanılan takımadada 1920 yılında imzalanan Spitsbergen Antlaşması ile Norveç egemenliğine verilmiş



Svalbard haritası

ve bir vali tarafından yönetiliyor. Buna rağmen, antlaşmaya üye diğer ülkelere de birçok haklar tanınıyor, takımadada çeşitli sektörlerde çalışmalar sürdürülüyor. Ülkemiz de bu antlaşmaya imza atmak için gerekli adımları atmaya çalışıyor.

Svalbard Buzulları

Svalbard Takımadası'nın üzerini kaplayan buzul tabakası son buzul maksimumundan beri her geçen yıl gözle görülür şekilde daha çok eriyor. Eriyen buzullardan ortaya

çıkan tatlı su, dağlardan fiyortlara ve denize süzülerek tuzlu deniz suyuyla karışıyor. Günümüzde buzulların gittikçe artan bir hızda erimesi hem daha çok tatlı su kaynağını kaybetmemize hem de deniz seviyelerinin yavaş yavaş yükselmesine neden oluyor. Svalbard üzerinde bulunan buz örtüsü kendi içinde gruplara ayrılıyor. Bunlar tek tek incelendiğinde bölgesel olarak

en büyük buz örtüsünün Austfonna olduğu söylenebilir. Austfonna, maksimum 560 metre yüksekliğiyle 7.800 km² alan kaplıyor. Bunun yanı sıra takımadada yaklaşık 200 buzul yer alıyor.

Svalbard kuzey kutup dairesi içerisinde yer aldığı için kış ayları geldiğinde tam karanlığa bürünebiliyor. Takımadası'nın en güneyi olan 74° kuzey enleminde 84 gün süren tam karanlık süresi, Svalbard'ın en kuzeyi olan 81° kuzey enleminde 128 gün sürebiliyor. Bu karanlık dönemlerde gerçekleşen yağışlar buzulların hacmini arttırıyor. Eğer kışın yeni eklenen buzlar yazın eriyen buzların seviyesini geçerse erime eğiliminden çıkmak mümkün olabilir. Ama günümüzdeki veriler bunun tam tersini gösteriyor.



Svalbard'ın azalan buz örtüsünden güncel kareler (Fotoğraf: Sinan Yirmibeşoğlu)



Svalbard'ın eriyen buzulları (Fotoğraf: Sinan Yirmibeşoğlu)

Takimada'nın Fauna ve Flora Biyoçeşitliliği

Svalbard'daki canlı türü çeşidinin Antarktika Kıtası'yla karşılaştırıldığında daha fazla olduğu görülebilir. Takimada, deniz memelileri (kutup ayısı, balinalar, foklar), deniz kuşları, karadaki canlılar (Ren geyiği, Arktik tilkisi), balıklar (yılanbalığı, kutup balık türleri, kutup morinası), planktonlar, bentik topluluklar ve mikroorganizmalar gibi birçok farklı gruba ait canlı türüne ev sahipliği yapıyor.



İki kutup bölgesi arasında göç edebilen ve dikey dalış yaparak avlanan Kutup Sumrusu (Fotoğraf: Sinan Yirmibeşoğlu)

Bölgedeki Barents Denizi'ne yaz ayları bitimine doğru 20 milyon göçmen kuş gelip takimadadaki tatlı su kaynaklarında yuvalanabiliyor. Günümüzde özellikle kuşların yuvalama noktaları sebebiyle takimadanın birçok bölgesi koruma alanı ve doğal park olarak ilan edilerek gözlem altında tutuluyor.

Bilim insanları canlılığı tespit ve takip edebilmek için bölgede her yıl yeni araştırmalar

gerçekleştiriyor. Türk bilim insanları da bu tür araştırmalarda yerini alıyor. Örneğin, son yıllardaki araştırmalara göre kutup ayları iklim değişikliğinden en çok etkilenen kutup canlıları arasında yer alıyor ve Takimada'da yaklaşık 300 adede kadar düştükleri tahmin ediliyor.



Kaya parçasıyla denize düşen buzul üzerinde kamufle olan kara bacaklı martı (Fotoğraf: Sinan Yirmibeşoğlu)

Kutup ayları deniz buzul üzerinde avlanıp kış uykusuna yatabilmek için yuvalarını buzul bölgelerindeki kar örtüsünün içerisine yapıyor. Dolayısıyla tatlı suyun giderek azalması kutup aylarını olumsuz etkiliyor.



Yok olmaya yüz tutmuş buz örtüsünde av arayan bir kutup ayısı (Fotoğraf: Sinan Yirmibeşoğlu)

Svalbard'daki kutup aylarının tam konumunu görmek isterseniz <http://wwf-ap.org/tracker/polar->

bear/svalbard/ adresini ziyaret edebilir ya da kare kodu akıllı cihazınızdaki barkod okuyucuya okutabilirsiniz.



Tatlı sular da çeşitli canlı türlerine ev sahipliği yapıyor. Svalbard Takimadası'nda tespit edildikten sonra bilimsel olarak isimlendirilmiş 1.100'ün üzerinde karasal ve tatlı su omurgasız bulunuyor. Tatlı su birikintileri olan göl oluşumlarına bakıldığında, bunların çoğunun donmuş toprak ve eriyen buzullar tarafından şekillendiğini fark edebiliyoruz. Düşük sıcaklık ve bölgenin düzenli yağış alması nedeniyle buradaki göller genellikle berrak ve sığdır, ayrıca üzerlerindeki kar birikintisi nispeten azdır. Dolayısıyla güneş ışığı alınan dönemlerde iklim koşullarına bağlı olarak canlılık da çeşitlenir. Fakat besin eksikliği olan bu coğrafyada en büyük besin katkısı dışarıdan gelen deniz kuşları tarafından sağlanır. Svalbard'ın batı kıyısı diğer bölgelerine oranla daha ılıman bir iklime

sahiptir. Bunun sebebi Grönland'ın güneyinden Takimada'ya doğru devam eden Kuzey Atlantik

akıntısının taşıdığı sıcak havadır. Doğu kıyılarında hâkim olan baskın rüzgârlar ve kutup akıntıları nedeniyle her iki bölgede de farklı omurgasız faunası oluşmuştur.

Svalbard'ın izole olmuş eşsiz ekosistemindeki tatlı su alanları birkaç plankton, böcek, kabuklu ve bentik hayvan türüne ev sahipliği yapar. Arktik alabalığı bu bölgede yaşayabilen tek tatlı su balığıdır. Ayrıca bu tatlı sular, yer altı suları bulunmayan bölgelerde yaşayan insanlar için hayati öneme sahip su kaynaklarıdır.

Devam eden araştırmalar bu bölgede yeni taksonların tanımlandığını ve buzullar geri çekildikçe birçok bakteri türü de dâhil olmak üzere yeni canlı türlerinin keşfedilmeyi beklediğini bize gösteriyor. Omurgasız canlılar, özellikle kutup ekosistemlerindeki besin döngüsünde çok önemli yer tutar. Bu sebeple kutup ekosistemlerindeki etkilerinin araştırılması çok değerlidir. Bu sayede her geçen gün değişen dünyamızın ve iklim değişikliğinden en çok etkilenen yerlerin başında gelen kutupların güncel besin döngüsü yakından takip edilmelidir.

Bitki örtüsüne bakacak olursak takımadada 150'den fazla bitki türü var. En fazla tür ise Nordenskiöld Bölgesi'nde bulunur. Kış aylarında yaşanan karanlık dönem yüzünden bitkiler fotosentez gerçekleştiremez. Dolayısıyla büyüme mevsimleri kısa sürer. Buna ek olarak yağışın



Buzulların çekildiği dağ eteklerinde oluşan bitki örtüsü (Fotoğraf: Sinan Yirmibeşoğlu)

da az olması bitkiler için oldukça olumsuz bir ekosistem meydana getirir. Fakat eriyen buzullardan gelen tatlı suya erişimleri bitkilerin canlılığının devam etmesinde önemli bir rol üstlenir.

Norveç Kutup Araştırmaları Enstitüsünün yaptığı tahminlere göre, Svalbard Bölgesi'ne ait sıcaklık ortalamaları içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar küresel sıcaklık ortalamalarından daha yüksek bir artış gösterecek. Ayrıca yağış miktarlarının %40'a varacak oranlarda artabileceği öngörülmüyor. Sıcaklık ve yağış miktarlarının bu denli artmasının tatlı su ekosistemlerinde ve biyoçeşitlilikte büyük değişimlere yol açabileceği düşünülüyor.

Yapılan çalışmalar sonucunda, Svalbard'daki makro organizmalar hakkında yeterince bilgi edinilebilmiş olsak bile, hâlen mikroorganizmalar ve omurgasızlar gibi canlılar hakkında araştırılması gereken yüzlerce konu var. Bu araştırmaları yürütebilmek için ilk

aşamada biyoçeşitliliğin uzun vadeli izlenmesi; besin ağlarının daha iyi anlaşılması; toprak, atmosfer ve suyun niteliğini anlayabilmek için sürekli ölçümler yapılması ve mikrobiyal, omurgasız ve tatlı su topluluklarına yönelik detaylı saha çalışmaları yapılması gerekiyor.

Kuzey kutbunda yer alan tatlı suların ve ekosisteminin geleceğini güvence altına almak için insan etkilerinin küresel alanda en aza indirilmesi, başta fosil yakıtlar sebebiyle ortaya çıkan sera gazlarının önlenmesi, küresel ölçekte geniş kapsamlı tedbirler alınması, çevre dostu teknolojilerin kullanılması ve bireysel davranışlarımızın gözden geçirilmesi gerekiyor.

Kuzey kutbuna dair pek çok konu çalışılmayı beklerken hâlihazırda bölgeyle ilgili çok sayıda araştırma yürütülüyor. Bu çalışmalar sadece Arktik Bölgesi'nde bulunan sekiz ülke

tarafından değil, bilimde öncü ve araştırmada etkin çok sayıda ülke tarafından gerçekleştiriliyor. Ülkemizden de araştırmacılar her yıl canlılık, atmosfer, kirlilik, uluslararası hukuk, çevre, oşinografi, denizcilik, deniz canlıları, eğitim ve farkındalık gibi farklı alanlarda projelerle kuzey kutbuna giderek bilimsel literatüre katkı sağlıyor. 2019 yılında başlayan ve sonrasında 2022’de ve 2023’te gerçekleştirilen Ulusal Arktik Bilim Seferlerimiz (TASE) kapsamında, kuzey kutbunda iklim değişikliğinden insan etkilerine kadar birçok bilimsel çalışma yürütülüyor.

Bu sayede ülkemiz, hem dünyanın en zorlu koşullarında bilimsel çalışmalar gerçekleştirip bilimsel gücünü kanıtıyor hem de Antarktika ile birlikte Arktik’te de projeler yürüterek dünyanın en uç iki noktasında araştırmalar yapan nadir ülkeler arasında yer alıyor. Dünyanın en soğuk kıtası olan Antarktika’da yapılan araştırmaların yanı sıra dünyanın en karanlık okyanusu olan Arktik’te de çalışmalar yapmak, Türk bilim insanlarının yetkinliğini ortaya koyuyor. İki kutup bölgesinin de birbirinden farklı dinamikleri var. Güney kutbunda, Antarktika’da, karaya çıkılıp

çalışmalar yürütülebiliyor ancak kuzey kutbunda böyle bir imkân bulunmuyor çünkü Arktik bölgesi tam anlamıyla bir okyanus alanı. Bu yüzden araştırmacılarımız özellikle kuzey kutbu seferinde bilimsel araştırma gemisi kullanarak okyanusun derinliklerinde birçok çalışma gerçekleştiriyor.



Svalbard sularında araştırma ve turizm faaliyetleri yapan bir gemi (Fotoğraf: Sinan Yirmibeşoğlu)

İlerleyen dönemlerde ülkemizin kuzey kutbunda daha çok bilimsel

Kaynaklar

<https://kare.mam.tubitak.gov.tr/>

Coulson, S. J., Convey, P., Aakra, K., Aarvik, L., Ávila-Jiménez, M. L., Babenko, A., ... & Zmudczyńska-Skarbek, K. The terrestrial and freshwater invertebrate biodiversity of the archipelagoes of the Barents Sea; Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya. Soil Biology and Biochemistry, 68, 440-470, 2014.

Hagen, J. O., Kohler, J., Melvold, K., & Winther, J. G. Glaciers in Svalbard: mass balance, runoff and freshwater flux. Polar Research, 22(2), 145-159, 2003.

Igor Shiklomanov’s Chapter “World fresh water resources” in Peter H. Gleick (editor), Water in Crisis: A Guide to the World’s Fresh Water Resources, 1993.

Yalçinkaya, Ş., Yirmibeşoğlu, S., Balci, N., & Özsoy, B., A Review on Geological View of Svalbard with its Infrastructure and Strategies. International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO), 9(4):024-034, 2022. doi. 10.30897/ijegno.1081659

World Wide Fund for Nature, Norveç Ofisi, WWF Norway <https://www.wwf.no/>

araştırma gerçekleştirmesi planlanıyor. Bu doğrultuda Svalbard Antlaşması ve Arktik Konseyi gibi kuzey kutbunu bilimsel açıdan ilgilendiren oluşumlara yüksek önem verilerek çalışmalar sürdürülecek.

Ulusal Arktik Bilim Seferleri’nin bilimsel çıktıları, yeni seferler

hakkında detaylı bilgiler, kutup seferlerine bilimsel projelerle katılabilmek ve TÜBİTAK’ın kutuplarla ilgili diğer bilim haberleri için TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü’nün web sayfasını takip edebilirsiniz. ■

<https://kare.mam.tubitak.gov.tr/>



Merak Ettikleriniz

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

Kamp Ateşinin Dumanı Neden Bize Doğru Gelir?

Bir gece bahçenizde ya da kamp yaptığınız yerde ateş yaktığınızı düşünün. Hava rüzgârsız olsa bile, ateş başında öylece otururken bir süre sonra ateşten çıkan dumanın size yöneldiğini fark edebilirsiniz. Gözlerinizi yakan ve sizi öksürten bu dumandan yer değiştirerek kurtulmaya çalışabilirsiniz. Ancak duman sizi yeni yerinizde de rahat bırakmayabilir.

Ateş yüksek miktarda enerji açığa çıkararak yakın çevresindeki hava moleküllerinin de enerjisini artırır ve daha hızlı hareket etmelerini sağlar. Sıcaklık artışı olarak da ifade ettiğimiz bu durum, ısınan hava moleküllerinin görece yavaş komşularıyla çarpışarak onları da hızlandırmasıyla devam eder. Moleküllerinin artan süratleri ve çarpışarak ters yönde uzaklaşma olasılıklarının yükselmesiyle birlikte ısınan hava genişlemeye başlar. Tüm bu olaylar zinciri, ateş yakınındaki havanın çevresindeki havadan daha az yoğun hâle gelmesiyle sonuçlanır.

Genleşerek yoğunluğu azalan bir akışkanın Yer'in kütlesi tarafından aşağı çekilme miktarı, çevresindeki moleküllerin onu yukarı itmesinden daha düşüktür. Bu yüzden ısınan hava gökyüzüne doğru yükselir. Konveksiyon da denilen bu olgu; kamp ateşinde, Güneş'te, Dünya'nın mantosunda ve hatta bir fırının içerisinde sıcaklık değişimiyle yönelimi değişen akışkan taneciklerinin hareketliliğini açıklamak için kullanılır.

Yoğunluğu düşen sıcak hava yükselerek ateşten uzaklaşırken, onu her yönden iten yoğun hava yoluna devam eder ve sıcak havadan artakalan boşluğu doldurur. Bu nedenle, ateşin yanında öylece oturduğunu düşünen bir insan, aslında yer değiştiren hava moleküllerinin akışına etki eden bir duvar gibidir. Eğer orada bulunmasaydınız oturduğunuz yönden gelen hava, diğer yönlerden gelen hava ile ateşte buluşur ve ısınarak yükselmeye başlardı. Oysa vücudunuz, arkasından ateşe doğru yol alacak havanın hareketini engeller. Diğer yönlerden gelen hava kütleleri, karşılarında onları durduracak bir hava kütlesi bulunmadığı için ateşe uğrayarak aldıkları dumanla size doğru yönelir.

Eğer ateş başında tek başınıza oturuyorsanız ateşe yakın olduğunuz sürece yer değiştirmenizin pek bir faydası olmaz. Sadece dumanın size farklı bir yönden gelmesini sağlayabilirsiniz. Ateş başında kalabalık bir grup olarak oturduğunuzda ise her yönden hava akışını kısıtlayacağınız için, dumanın uzaklaşmasını sağlayacak havanın ortaya taşınmasını engelleyebilirsiniz.

Kaynaklar

Coltman, E., Lipp, M., Vescovini, A., & Helmig, R. (2020). Obstacles, interfacial forms, and turbulence: A numerical analysis of soil–water evaporation across different interfaces. *Transport in Porous Media*, 134(2), 275–301.

osti.gov/biblio/752061

scienconotes.org/why-does-campfire-smoke-follow-you

Süt Nasıl Peynire Dönüştürülür?

Geçmişte insanlar besleyici ancak çabuk bozulabilen sütte daha uzun süre yararlanabilmek için çeşitli yollar denedi. Çeşitli mikroorganizmalar, enzimler ve tuzun kullanıldığı süreçler sonucunda elde edilen pek çok peynir türü; binlerce yıldır insanlığın yaygın biçimde tükettiği besinlerden biri olmaya devam ediyor.

Basit beyaz bir sıvı gibi görünen sütün içeriği oldukça çeşitlidir. İnek sütünde yaklaşık %87,5 oranında su bulunur; kalan kısmı ise yağ, proteinler, vitaminler, mineraller ve süt şekeri olarak da bilinen laktozdan oluşur. Sütü peynire dönüştürmede temel prensip, besleyici içeriği koruyarak su oranını önemli ölçüde azaltmaktır. Çünkü sütün bozulmasına neden olan mikroorganizmalar bol sulu ortamda rahatlıkla çoğalabilir. Süte eklenen yararlı bakteri ve mantarlar da bozulmaya neden olan mikroorganizmaları baskılar.

Peynir üretim basamakları bir noktaya kadar sütü sindirme işleminin taklit edilmesine benzetilebilir. İçinde maya mantarları bulunmamasına rağmen peynir mayası diye adlandırılan enzim karışımı süte eklenir. Bu madde geleneksel olarak geviş getiren memelilerin midesinden alınsa da çeşitli bitkilerden ve mikroorganizmalardan da elde edilebilir. Peynir mayasındaki enzimler süt proteinlerini parçalayarak sudan ayırışmalarını sağlar.

Sütte en bol bulunan protein, kazein adlı bir moleküldür. Kazein süt içerisinde molekül yığınları biçiminde dağınık olarak bulunur ve bu yığınların yüzeyi kappa-kazein adlı başka bir moleküle kaplıdır. Kappa-kazein moleküllerinin hidrofilik (su-sever) bölümleri su molekülleriyle etkileşerek yığınların askıda kalmasını sağlar. Peynir mayasındaki kimozen adlı enzim, kappa-kazeinlerin hidrofilik bölümlerini parçalayarak yığınlardaki kazeinleri serbest bırakır. Su molekülleriyle kimyasal etkileşimleri kesilen protein yığınları birbirlerine tutunarak topklanmaya başlar. Sütteki yağ, vitamin ve minerallerin çoğu bu protein pıhtısıyla birlikte kalır.

Laktozun önemli bir bölümü ise karışımdan ayrılan peyniraltı suyunda kalır. Bu su ortamdan uzaklaştırıldığında, peynire dönüşecek karışımın su oranı yaklaşık olarak yarısına indirilmiş olur. Uzaklaştırılan su oranı artırıldıkça daha sert ve daha uzun süre bozulmadan kalabilen peynirler elde edilir.

Tuzlanarak zararlı bakterilere karşı uzun süreli koruma kazandırıldıktan sonra farklı türlerde peynirler elde etmek için olgunlaştırma süreci başlatılır. Peynirin içinde ya da yüzeyinde kontrollü biçimde çoğaltılan mantarlar veya bakterilerle farklı damaklara hitap eden lezzetli peynirler üretilir.

Kaynaklar

acs.org/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/2017-2018/december2017/cheesy-science.html

pubs.nmsu.edu/_e/E216

smithsonianmag.com/science-nature/the-science-behind-your-cheese-180981199

Üretken Yapay Zekâ Çağı ve ChatGPT

Erdem Ünal [*Yapay Zekâ Modelleme ve Finans Uzmanı*]

Hayal gücümüzün sınırlarını zorlayan bir dünyaya adım atmak üzere olduğumuzun farkında mısınız? Bu dünyada bilgisayarlar, hesaplama yapabilen bir “beyin” olmaktan çıkıp yapay zekânın yenilikçi ve özgün düşünme yeteneği ile bizi büyüleyecek bir hâle bürünüyor. Edebiyat, müzik, sinema, tasarım, mimari, eğitim ve daha pek çok alan yapay zekânın etkileyici dokunuşuyla şekillenirken insanlık kendi kapasitesini yeniden keşfediyor. İnsan ve makine arasındaki sınırların bulanıklaştığı bir çağa, üretken yapay zekâ çağına hoş geldiniz.

ChatGPT’yi duymayanımız kalmamıştır. Kendisi OpenAI firması tarafından geliştirilen yapay zekâ destekli bir sohbet robotu (chatbot). Yetenekleriyle şaşkınlık veren bu bot, konuşma tarzıyla karşımızda bir insan varmış gibi hissettiriyor. Şiir yazma, problem çözme, önerilerde bulunma gibi konularda olağanüstü bir başarı sergiliyor ve gerçekten insana özgü bir yeteneğe sahip gibi görünüyor. Günümüzde ChatGPT gibi dil modelleri ön planda olsa da insan yeteneğini sadece onlar taklit etmiyor. Resim, ses, müzik ve video üretebilen yapay zekâ ürünleri de mevcut. İçerik üretmek odaklı çalışan bu yapay zekâ türleri, üretken yapay zekâ olarak isimlendiriliyor ve klasik yapay zekâdan (ayırt edici yapay zekâ) belirgin derecede farklılıklar gösteriyor.

Şimdi gelin, hep birlikte bu modellere bir göz atalım.



Ayırt Edici ve Üretken Model Türleri

İstatistiksel modeller ayırt edici (discriminative) ve üretken (generative) olarak iki başlık altında incelenebilir. Ayırt edici modeller, sağladıkları avantajlarla uzun yıllardır ön planda iken son zamanlarda üretken modellerin popülerliği hızla yükseliyor. Peki, bu ayırt edici ve üretken modeller nedir ve ne işe yarar, basit bir örnek üzerinden gidelim.

Elimizde milyonlarca kedi ve köpek fotoğrafı olduğunu farz edelim. Ama tüm fotoğraflar birbirine karışmış ve açık bakmadan hangi fotoğrafın kediye hangisinin köpeğe ait olduğunu bilemiyoruz. Görevimiz ise kedi

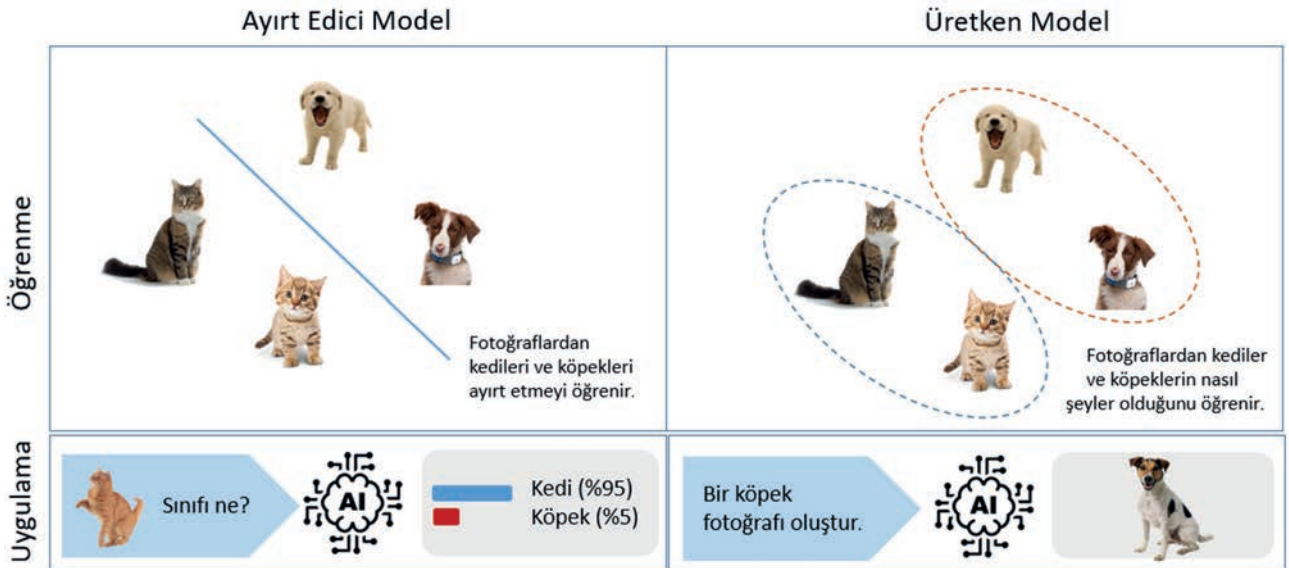
ve köpek fotoğraflarını ayırarak düzenlemek. İnsan gücüyle bunu tek tek yapmanın ne kadar zaman alacağını tahmin edebilirsiniz. İşte bu noktada, yapay zekâ devreye girebilir ve size büyük bir kolaylık sağlayabilir. Siz sadece bazı fotoğrafları kedi veya köpek olarak etiketlersiniz. Ardından, bu etiketlenmiş fotoğrafları yapay zekâya verirsiniz. Yapay zekâ, bu fotoğraflar ve etiketler üzerinden kedi ve köpek ayırımını öğrenmeye başlar. Eğitim tamamlandığında ise kalan fotoğrafları ona sunarak sınıflandırmasını isteyebilirsiniz.

İşte bu süreçte eğittiğimiz ve faydalandığımız model, ayırt edici modeldir. Ayırt edici model, fotoğraflardan kedi ve köpeği ayırt eden özellikleri öğrenmeye çalışır (örneğin kulaklar, burunlar vb.). Bu modeller örnekte olduğu gibi

etiketli veri üzerinden gözetimli (supervised) öğrenme yoluyla eğitilir.

Ancak amacımız hiç var olmamış bir köpek fotoğrafı oluşturmak gibi biraz sıra dışıysa süreç daha farklı işler. Bu durumda elimizdeki milyonlarca köpek fotoğrafını herhangi bir etiketleme yapmadan üretken modele veririz. Model, köpek fotoğraflarındaki verinin dağılımlarını öğrenir. Eğitim tamamlandıktan sonra ondan bir köpek fotoğrafı oluşturmamızı istediğimizde bir sanatçı edasıyla bize hiç var olmamış bir köpek fotoğrafı sunabilir (tabii her zaman mükemmel sonuçlar alamayabiliriz).

Ayırt edici modeller daha eski ve bilinen türler olduğu için bu yazımızda yeni geliştirilen üretken modellere, özellikle de ChatGPT'ye odaklanacağız.



Üretken Yapay Zekânın Kısa Tarihi

Üretken yapay zekâ çalışmalarının tarihi 1950'lere kadar uzanır. İlk örneklerinden olan Gizli Markov Modelleri (Hidden Markov Models) ve Gauss Karışım Modelleri (Gaussian Mixture Models), basit ses ve zaman serisi üretebilecek yetenekteydi. 2010'lu yıllara gelindiğinde ise derin öğrenme alanındaki gelişmelerle birlikte, üretken modellerin gelişim sürecinde büyük bir sıçrama yaşandı.

Yapay zekânın doğal dil işleme alanında, geleneksel olarak N-gram modelleri kullanılıyordu. Bu yöntemde, kelimelerin birlikte kullanım sıklıkları analiz ediliyor ve tahminler yürütülüyordu. Basit ve etkili bir yöntem olmasına karşın, uzun metinlerdeki bağlantıları yakalamada N-gram modellerinin yetenekleri sınırlı kalıyordu.

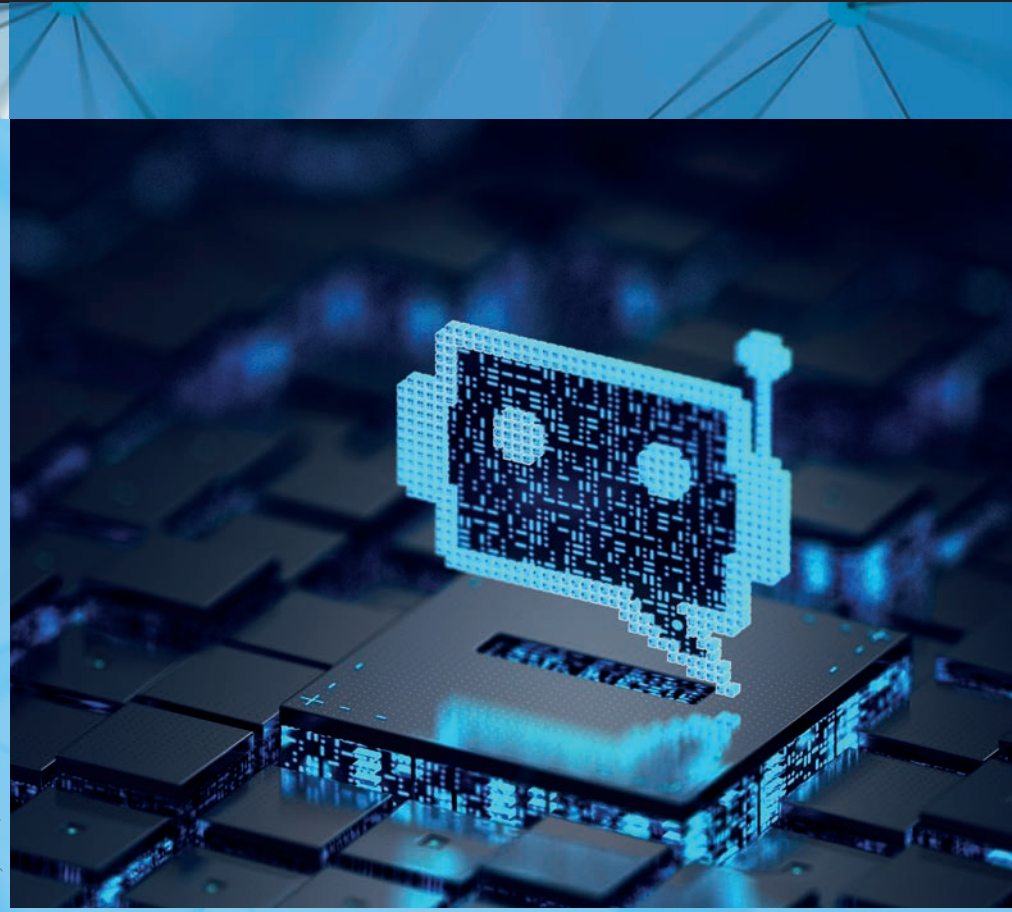
Bu sorunu çözmek adına, tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler) sahneye çıktı. RNN'ler, uzun bağlantıları yakalama konusunda daha başarılıydı ve daha uzun cümlelerin oluşturulmasına imkân sağlıyordu. İlerleyen zamanlarda, RNN'lerin karşılaştığı bazı sorunları aşmak ve kapasitelerini geliştirmek adına Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) ve Kapılı Tekrarlayan Birim (GRU) algoritmaları geliştirildi. Bu

yeni yöntemler, eğitim ve uygulama sırasında hafızayı kontrol eden mekanizmaları ön plana çıktı.

Görsel işleme alanında ise, doku sentezi (texture synthesis) ve haritalama (mapping) gibi geleneksel yöntemler kullanılıyordu. Ancak bu yöntemler, elle tasarlanmış özelliklerin kullanılmasını gerektirdiği için belirli sınırları vardı. Derin öğrenme tabanlı modellerin geliştirilmesiyle birlikte, daha gelişmiş ve otomatik yöntemler kullanılmaya başlandı. Özellikle Generative Adversarial Networks (GAN) ve Variational Autoencoders (VAE) gibi modeller, resim sentezleme ve stil transferi gibi uygulamalarda etkili bir şekilde kullanılmaya başlandı. 2017 yılında, dikkat (attention) mekanizmasının derin öğrenme

alanına kazandırılmasıyla birlikte, "dönüştürücüler" (transformers) sahneye adım attı. İlk olarak doğal dil işleme alanında BERT ile ortaya çıkan dönüştürücüler, LSTM ve GRU gibi mekanizmalara göre ciddi avantajlar sunuyordu. Bu noktadan sonra, üretken yapay zekâ alanında da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandılar ve GPT (generative pre-trained transformers) modelleriyle başarılarını zirveye taşıdılar. Görüntü işleme alanında da benzer bir gelişme yaşandı ve 2020-2021 yıllarında Vision Transformer ve Swin transformer gibi algoritmalar tanıtıldı. Bu yeni dönüştürücüler hızla üretken modellerde kullanılmaya başlandı. Örneğin, en gelişmiş algoritmalarından VQ-GAN ve DALL-E modeli, bu dönüştürücülerden yararlanıyor.

BlackJack3D / iStock



Üretken Yapay Zekânın Merkezindeki Şirket; OpenAI

OpenAI, 2015 yılında ABD merkezli bir yapay zekâ şirketi olarak kuruldu. Yolculuğuna kâr amacı gütmeyen bir şirket olarak başlayan OpenAI'nın bağışçıları arasında Sam Altman ve Elon Musk gibi isimler vardı. 2019 yılı bu şirket için bir dönüm noktası oldu, artık kâr amacı güdüyordu ve Microsoft gibi büyük bir teknoloji şirketi ile ortaklık kurmuştu. Bu ortaklık, OpenAI'ya milyar dolarlar seviyesinde bir finansman imkânı sağladı ve şirketin yükselişine hız kattı.

Bugün, OpenAI dünyaca ünlü bir şirket ve popüleritesi günden güne artıyor. Bunda baş rolü, doğal dil yetenekleri insanı şaşırtacak derecede iyi olan ChatGPT oynasa da şirketin tek muhteşem ürünü bu değil. Hayal gücümüzü zorlayan ve gerçeklik ile fanteziyi birleştiren resim sentezleme yetenekleriyle DALL-E'yi de bu şirketin ürünlerinden.

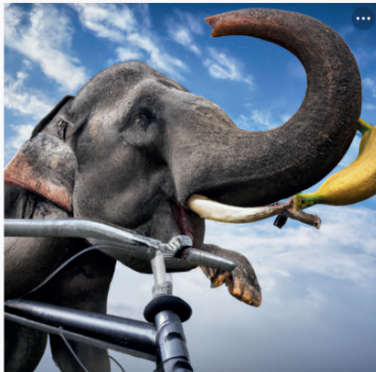
DALL-E ile Metinler Resme Dönüşüyor

Adını, sanatıyla hayranlık uyandıran İspanyol ressam Salvador Dalí'den ve Disney'in sevilen karakteri Wall-E'den alan DALL-E, kullanıcıların tarif ettiği resimleri üretme yeteneğine sahip. Bu noktada, DALL-E'yi internetten resim bulan arama motorlarıyla karıştırmamak önemli; çünkü o, tamamen kendine has yeteneğiyle, özgün eserler ortaya çıkarıyor. Dilerseniz DALL-E'den, absürt ve hayal gücünüzün sınırlarını zorlayan fotoğraflar geliştirmesini de isteyebilirsiniz. Örneğin, "bisiklet sürerken muz yiyen bir fil (!)" gibi bir istekte bulunduğunuzda, DALL-E size aşağıdaki gibi ilginç varyantlar sunabilir.

ChatGPT ile Dilin Sırları Çözülüyor

Kasım 2022'de piyasaya sürülen ChatGPT, o günden beri tabiri caizse ortalığın tozunu attırıyor. Lansmanının sadece 5. gününde 1 milyon kullanıcıya ulaşarak rekor kıran ChatGPT, 2. ayında ise büyük bir başarıya imza atarak 100 milyon kullanıcıya erişti. New York Times gazetesi ondan "halkın kullanımına sunulan, gelmiş geçmiş en iyi sohbet robotu" diye söz etti.

ChatGPT'nin gerisinde kalmak istemeyen rakipleri de yeni ürünlerini piyasaya sürmek durumunda kaldılar. Örneğin deneysel çalışmalarını genelde sadece seçkin bir kitleye sunan



Google, yine bir deneysel ürünü olan Bard'ı herkesin kullanımına açmak zorunda kaldı. Önceleri kendisinden beklenen performansı sergileyemeyen Bard, zamanla yapılan değişikliklerle birlikte bugün ChatGPT'nin en dişli rakibi hâline geldi.

Son yıllarda paylaştığı üretken dil modelleri ile yeterli ilgiyi yakalayamayan Meta (Facebook) ise, ChatGPT'nin tanıtımı sonrası biraz aceleyle de olsa açık kaynak kodlu yeni modelleri LLAMA'yı piyasaya sundu.

Benzer şekilde Baidu, Hugging Face ve Yandex gibi büyük firmalar da kendi modellerini tanıttı veya yakın gelecekte tanıtacaklarının müjdesini verdiler. Bu rekabet ortamı, yapay zekâ dünyasının inanılmaz bir hızla ilerlediğinin ve her geçen gün daha da etkileyici yeniliklerin ortaya çıktığının bir göstergesi.

Peki, ChatGPT'yi bu kadar popüler yapan özellikleri neler?

◆ Canlı sohbet yeteneği: ChatGPT ile yazılırken gerçek bir insanla konuşuyormuşsunuz gibi doğal ve akıcı cevaplar alabilirsiniz. ChatGPT konuşmada yazılanları hatırlayarak konu takibini sağlayabiliyor.

◆ Dil çevirisi becerisi: Türkçe dâhil olmak üzere desteklediği birçok dil arasında kolaylıkla çeviri yapabilir. ChatGPT dil engellerini ortadan kaldırarak iletişimi daha da kolaylaştırıyor.

◆ Özetleme yeteneği: Uzun metinleri sizin için özetleyebilir. Metindeki karakterlerin duygusal

durumlarını analiz edebilir ve önemli noktaları vurgulayarak size zaman kazandırabilir.

◆ Yazım ve dil kontrolü: Metinlerdeki yazım hatalarını tespit etme ve dilbilgisi düzeltmelerini yapma konusunda size yardımcı olabilir.

◆ Kod analizi yeteneği: ChatGPT, kod yazma yeteneğiyle sizi şaşırtabilir. Farklı yazılım dilleri arasında çeviri yapabilir, verilen bir kodun ne işe yaradığını açıklayabilir ve hatta kodunuzdaki hataları veya optimize edilebilecek noktaları sizinle paylaşabilir. Geniş bir yazılım kütüphanesine sahip olan ChatGPT; Python, Java, Kotlin, C# ve PHP gibi birçok dili destekliyor.

◆ İçerik oluşturma yeteneği: Belirlediğiniz bir konuyla ilgili istediğiniz uzunlukta metinler oluşturabilir. Makaleler, piyesler, şiirler, hikâyeler ve hatta arkadaşlarınızla oynayabileceğiniz yeni oyunlar dahi ortaya çıkarabilir. Yenilikçi ve özgün düşünme yeteneğinizin sınırlarını zorlamanız için mükemmel bir ortak!

◆ Basit hesaplamalar: Basit matematiksel problemleri çözerek size yardımcı olabilir.

Tüm bu yeteneklerin somut bir şekilde ölçülebilmesi için ChatGPT ulusal düzeylerde yapılan çeşitli sınavlarda test edildi ve şaşırtıcı bir şekilde iyi sonuçlar elde etti. Örneğin, ABD baro sınavı (UBE), İngiltere-Galler Yeminli Mali



Müşavirlik (ICAEW) sınavı ve bazı tıp sınavları gibi uzmanlık gerektiren alanlarda dahi oldukça başarılı bir performans sergiledi.

Öte yandan ChatGPT gibi büyük dil modellerinin bazı problemleri de var. Örneğin, verdiği bilgiler ile sizi yanıltabilir, hiç yaşanmamış bir olayla ilgili birini suçlayabilir veya hiç yazılmamış bir kitabı size önerme cesaretini gösterebilir. Geliştiricilerin “halüsinasyon” olarak adlandırdığı bu durum nedeniyle, ChatGPT’nin paylaştığı bilgilerin kontrol edilmesi önem taşıyor. Bunların yanı sıra ChatGPT eğitiminde kullanılan kaynaklardaki ön yargıları da benimsemiş olabilir. Dolayısıyla onunla sohbet ederken ırkçı ve cinsiyetçi ifadelerle karşı dikkatli olunması gerekir.

ChatGPT’nin Teknik Özellikleri

ChatGPT, arka planda OpenAI’nın üretken dil modelleri ailesinden olan GPT 3.5 ve 4 modellerini kullanıyor. Bu modeller, çok büyük sayıda parametre içeriyor çok büyük verilerle eğitiliyor. GPT 3.5’in 175 milyar parametreye sahip olduğu bildirilmiş iken, GPT 4 hakkında henüz açıklanan bir bilgi bulunmuyor. Yine de uzmanlar 1 ila 100 trilyon arasında parametreye sahip olduğunu tahmin ediyor. GPT 4, başarı açısından GPT 3.5’i geride bırakarak daha

üst düzey bir performans sunuyor. Ayrıca, çoklu model özelliğiyle de selefinden ayrışıyor. Örneğin yazıya ek olarak resim formatındaki verileri de işleyebiliyor.

ChatGPT’nin eğitim süreci etkileyici ve bir o kadar da zahmetli bir serüveni içeriyor. Model, öncelikle web sayfaları, e-kitaplar ve bilimsel makaleler gibi yaklaşık 45 TB’lık bir veri kümesi ile ön eğitime tabi tutuldu. Bu aşama, modelin temellerini atmada büyük bir öneme sahip. Hem zaten modelin adı da bu eğitim sürecinden geliyor:

Gözetimsiz Öğrenme ile GPT Modelinin Eğitimi

45TB veri



- 1) Vatanını en çok seven görevini en...
- 2) Vatanını en çok seven görevini en iyi...
- 3) Vatanını en çok seven görevini en iyi yapandır...

Web sayfaları, e-kitaplar vb toplanır.

Sonraki kelimeyi tahmin eden otoregresif bir model eğitilir.

Model verilen bir metne teker teker kelimeler ekleyerek uzun cümleler üretir.

Gözetimli Öğrenme ile İnce Ayar Yapılması

Uzayı, 10 yaşındaki bir çocuğa nasıl açıklarsın?



Uzay, her şeyi içine alan sonsuz...



Gözetimli öğrenmede kullanılmak üzere talimatlar hazırlanır.

İnsanlar talimatlara uygun cevaplar hazırlarlar.

Talimatlar ve onlara yazılan cevaplar ile ilk kısımdaki modele gözetimli öğrenme yapılır.

İnsan Geri Bildirimlerinden Pekiştirmeli Öğrenme ile İnce Ayar Yapılması

Uzayı, 10 yaşındaki bir çocuğa nasıl açıklarsın?

- Cevap 1** Uzay bir...
Cevap 2 Boşluk ola...
Cevap 3 Etrafı saran...
Cevap 4 Sonsuz bir...

C1> C2> C3> C4

C1> C2> C3> C4

Talimat ve modelin buna uygun yazdığı cevaplardan örneklem alınır.

İnsanlar modelin farklı cevaplarını iyiden kötüye sıralar

Talimat ve sıralamadan “ödül modeli” eğitilir.

Gökyüzü neden mavi?



Güneşin ışınlarının...



P_k

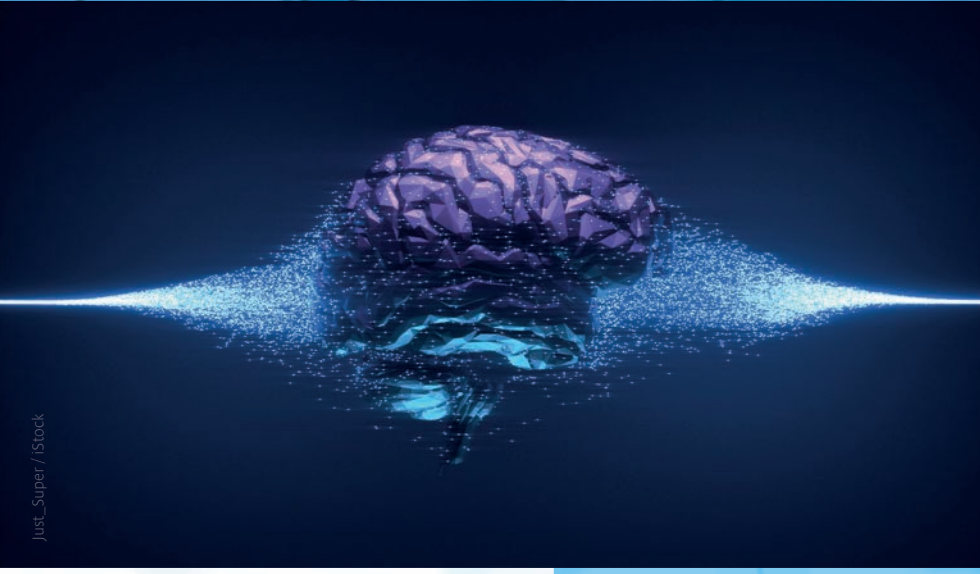
Modele bir talimat verir.

Model, talimatlara uygun bir cevap yazar.

Ödül modeli cevabı değerlendirir.

Değerlendirme puanı modeli PPO* ile güncellemek için kullanılır.

*Proksimal politika optimizasyonu



Üretken Yapay Zekânın Geleceği

Üretken yapay zekâ yeni bir alan olmasa da günümüze dek bu alana yapılan katkılar ve gelişmeler bugünkü boyutta değildi. ChatGPT’nin insansı diyalogları ile DALL-E ve Midjourney’nin muhteşem resim sentezleri bu işin sadece medyatik yüzü. Aslında hemen her alanda üretken yapay zekâ veya ayırt edici yapay zekâ kullanımına yönelik çabalar kendini gösteriyor. Çünkü bu teknoloji, çok yönlü yetenekleri ile her alana hitap etme potansiyeline sahip: yazı yazma, problem çözme, sesi metne dönüştürme, metni seslendirme, müzik besteleme, resim sentezleme veya düzenleme, çizim yapma, kod yazma... Değişim hızı, teknoloji takipçilerinin bile başını döndürecek bir ivme kazanmış durumda. Üstelik bunun daha başlangıç olduğunu söylersek abartmış sayılmayız.

İçerik üretiminin hayati önem taşıdığı sektörlerde, üretken yapay zekâdan büyük ölçüde faydalanılması kaçınılmaz görünüyor. Üretken yapay zekânın ilaç, malzeme ve çip tasarımı, reklamcılık, film ve oyun endüstrisine kadar çok geniş bir yelpazede etkili olarak maliyetleri düşürmesi, inovatif içerikler üretmesi ve üretim süreçlerini muazzam şekilde kısaltması bekleniyor.

GPT ifadesi aslında, İngilizce ön eğitim görmüş üretken dönüştürücü anlamına gelen “generative pre-trained transformers” tamlamasının kısaltması.

Yalnız modelin gelişimi o noktada bitmedi. Daha sonra, sırasıyla gözetimli öğrenme ve insan geri bildirimlerinin kullanıldığı pekiştirmeli öğrenme yöntemleriyle (RLHF) model daha da geliştirildi. Bu aşamalarda, model gerçek dünya etkileşimlerinden dersler çıkararak, daha akıcı ve anlamlı yanıtlar üretme becerisini kazanarak ChatGPT hâlini aldı. İnsanlar tarafından desteklenen bu öğrenme süreci, ChatGPT’nin gerçek bir sohbet deneyimi sunmasını sağlıyor.

Üretken Yapay Zekânın Kullanıldığı Diğer Alanlar

Üretken yapay zekânın potansiyeli, sadece fotoğraf, resim veya metin oluşturmakla sınırlı değil. Bu büyülü teknoloji, ses ve video üretiminde de başarıyla kullanılıyor. Sevdiğiniz bir sanatçının parçalarından beslenen bir üretken model, onun eserlerine olağanüstü benzerlikte yeni eserler sunabilir.

Örneğin yapay zekâ müzik dünyasının ünlü isimlerinden Drake ve The Weeknd’i taklit ederek bir parça üretti ve bu şarkı çok kısa sürede son derece popüler hâle geldi. Spotify’da 600 binden fazla, YouTube’da 1 milyondan fazla, TikTok’ta ise 15 milyondan fazla kez dinlendi ve izlendi. Bu da üretken yapay zekânın becerileriyle ne kadar çarpıcı bir etki oluşturabileceğini bizlere gösteriyor.

Teknoloji üzerine araştırma yapan ve yaptığı araştırmaları hem özel danışmanlık hem de yönetici programları ve konferanslar aracılığıyla paylaşan bir Amerikan teknolojik araştırma ve danışmanlık firması olan Gartner'in tahminlerine göre, - 2025 yılına gelindiğinde, büyük şirketlerin pazarlama mesajlarının %30'u bu yöntemle üretilecek. - 2030 yılında ise gişe rekorları kıran en az bir filmin %90'dan daha fazla oranda yapay zekâ tarafından ortaya çıkarıldığına tanık olacağız.

Elbette, üretken yapay zekânın uygulama alanları bunlarla sınırlı kalmayacak. Yapay zekânın yakın bir gelecekte günlük hayatımızı kökten değiştirebileceğini

söyleyebiliriz. Üstelik bireysel olarak baktığımızda, bu dönüşüm her zaman bizim lehimize olmayabilir. Mesela, bazı işlerin ve mesleklerin yapay zekâyâ devredilmesi bilim kurgu olmaktan çıkıp bir gerçeklik hâline geldi.

Bir diğer yandan gerçeklerinden ayırt edilemeyen sahte içerikler (deepfake) konusunda da dikkatli olunması gerekiyor. Deepfake yöntemiyle, yeterli görüntü ve ses verisi olan herkesin sahte videolarını üretmek mümkün. Bu da toplumsal algı yönetimi açısından tehlike arz edebilir. Yapay zekânın becerilerinin sınırlarını görmek için aşağıdaki resimlere bakmanız yeterli. Zira bu insanların hiçbiri gerçekte yaşamıyor, tamamıyla yapay zekâ ürünü.

Bu yazıda, üretken yapay zekânın ne olduğunu, yeteneklerini ve ayırt edici yapay zekâdan nasıl farklılaştığını inceledik. Yapay zekânın becerileri yukarıda anlattıklarımız ile sınırlı değil elbette. Her geçen gün yeni bir çalışma ile farklı gelişmeler ve yenilikler ortaya çıkmaya devam ediyor.

Yenilikçi ve özgün düşünme yeteneğinin sınırlarını zorlayan yapay zekâ dönüşümü, heyecan verici fırsatlar sunarken bazı sorunları da beraberinde getirebilir. Ancak ilerlemeye karşı koymak yerine; bu teknolojiyi anlamak, doğru bir şekilde kullanmak ve yönlendirmek için gerekli adımları atarak geleceğin şekillenmesinde kilit bir rol oynayabiliriz. ■



Kaynaklar

<https://developers.google.com/machine-learning/gan/generative>
<https://www.turing.com/kb/generative-models-vs-discriminative-models-for-deep-learning>
<https://www.marktechpost.com/2023/03/21/a-history-of-generative-ai-from-gan-to-gpt-4/>
<https://medium.com/artificialis/history-of-generative-ai-paper-explained-6a0edda1b909>
<https://openai.com/product/dall-e-2>
<https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/Dall-E>
<https://www.hpc-ai.tech/blog/colossal-ai-chatgpt>
<https://www.businessofapps.com/data/chatgpt-statistics/>
<https://www.icaew.com/insights/viewpoints-on-the-news/2023/mar-2023/chatgpt-and-accountancy-know-its-limits>
<https://cointelegraph.com/news/chatgpt-v4-aces-the-bar-sats-and-can-identify-exploits-in-eth-contracts>
<https://www.gartner.com/en/articles/beyond-chatgpt-the-future-of-generative-ai-for-enterprises>

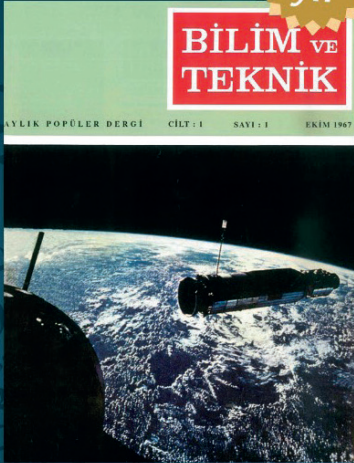


60
yaşında

Nesiller Büyüten Dergiler!

1967

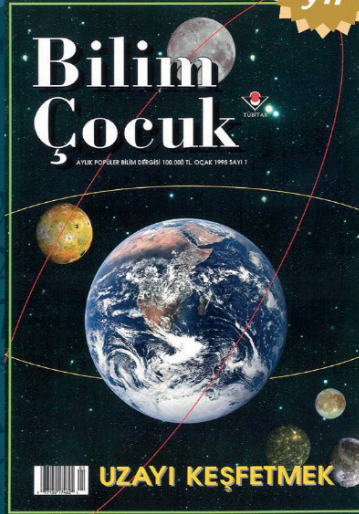
56.
yıl



Bilim ve Teknik

1998

25.
yıl



Bilim
Çocuk

2007

16.
yıl



Meraklı
Minik

Lityum Metal Pillerin Performansı Giderek Artıyor

Dr. Tuncay Baydemir [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

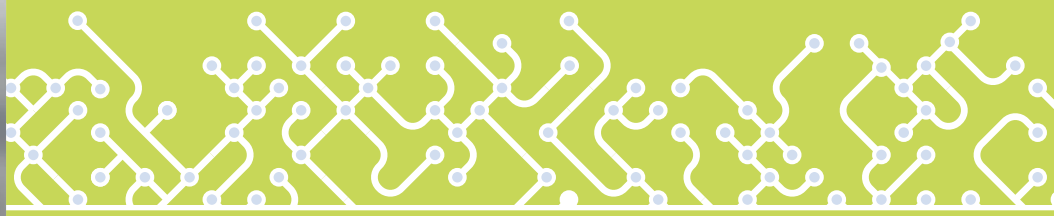
Lityum iyon piller teorik enerji yoğunluğu sınırına ulaşırken yüksek enerji yoğunluğuna sahip lityum metal pillere duyulan ilgi de giderek artıyor. Metalik lityum bazlı anoda sahip bu piller, çok çeşitli elektronik cihazlara enerji sağlamak için kullanılıyor. Ancak bu pillerin çoğunda kullanılan elektrolitler (özellikle karbonat bazlı olanlar) ile lityum metali arasındaki istenmeyen kimyasal tepkimeler, kullanım ömürlerini azaltıyor ve güvenlik endişelerine yol açıyor. Dolayısıyla araştırmacılar yüksek yoğunluklu enerji kapasitesine sahip lityum metal pilleri

daha kullanışlı, daha uzun ömürlü ve daha güvenilir hâle getirmeye çalışıyorlar.

Lityum metal piller yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle yeni nesil piller olarak görülmesine rağmen geleneksel karbonat elektrolitleri ile lityum metal elektrot üzerinde oluşan organik açıdan zengin katı-elektrolit ara fazı, elektrot yüzeyini lityum korozyonuna karşı pasifleştiremiyor. Bu nedenle pilin ömrü, gücü ve güvenliği olumsuz etkileniyor. Pilin bu özelliklerinin olumsuz etkilenmesini önlemek adına organik bileşenleri ara fazdan uzaklaştırmak akıllıca bir yol olarak gözüküyor.

Çin'deki, Tsingua Üniversitesi ve çeşitli enstitülerden bu yaklaşımı benimseyen araştırmacıların katıldığı yeni bir araştırma ile lityum metal pillerin önündeki önemli sorunlar çözülmüş olabilir. Yingchun Xia ve arkadaşları tarafından *Nature Energy* dergisinde yayımlanan çalışmada geliştirilen yöntemin lityum metal pilleri daha kullanışlı hâle getirmesi bekleniyor.

Öncelikle, araştırma ekibi kısaca LiFEA olarak adlandırılan yeni bir asimetrik lityum tuzu (lityum 1,1,1-trifloro-N-[2-[2-(2 metoksi etoksi)



mekanizmasına sahip olmasıydı. Ekip tarafından sentezlenen LiFEA tuzu, sahip olduğu moleküler yapı sayesinde lityum metal anotlar üzerinde inorganik açıdan zengin bir faz oluşmasına neden oluyor, bu da lityum metal anotların daha uzun ömürlü olmasına yol açıyor. Diğer bir ifadeyle, karbonat elektrolitler kullanıldığında metal yüzeyinde biriken ve pil performansını olumsuz etkileyen organik türlerin temizlenmesi sağlanıyor. Böylece inorganik açıdan zengin ve homojen bir arayüz elde ediliyor. Bu da pilin uzun süreli yüksek performans göstererek çalışabileceği anlamına geliyor.

yapılan testlerde bile, pil kapasitesi yaklaşık olarak %80'e düştü. Sonuçlar olumlu olmasına rağmen çalışmanın geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğunu belirten araştırmacılar, tasarladıkları yöntemin elektrikli araçlar benzeri çok çeşitli uygulamalar için hızlı şarj-deşarj döngülü ve yüksek enerji yoğunluklu lityum metal pillerin üretilmesine katkıda bulunacağını düşünüyorlar. Böylece gelecekte daha hızlı şarj olan, daha güçlü ve daha uzun pil ömrüne sahip elektrikli araçlardan söz etmek mümkün olabilir. ■

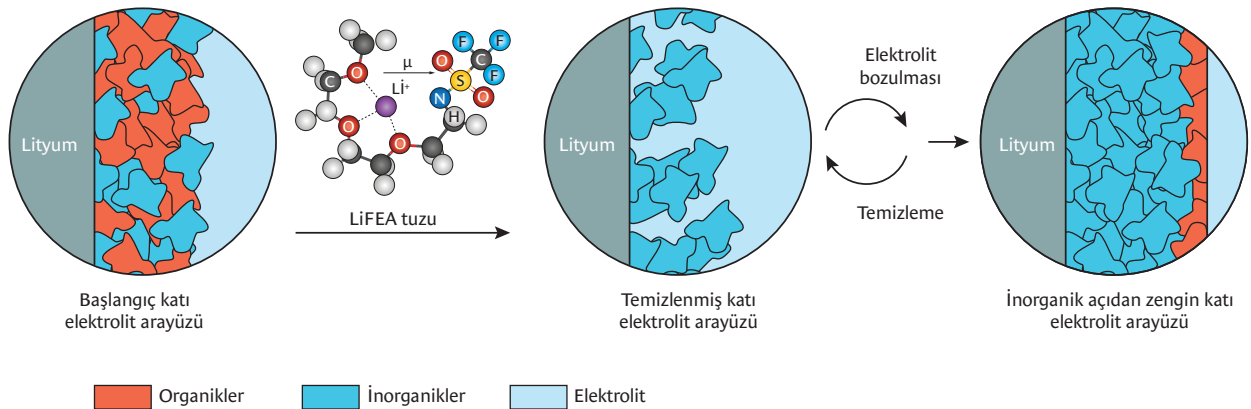
etoksi)]etil] metansülfonamid) sentezlemeyi başardı. Bu tuzun en önemli özelliği, pil çalıştıkça ve elektrolit ayrıştıkça lityum bazlı anodun yüzeyinde oluşan katı-elektrolit ara fazını kendi kendine temizleme

LiFEA tuzu kullanılan pillerle yapılan çalışmalarda normal lityum metal pile göre daha yüksek performans elde edildi. Çok hızlı döngü koşulları altında, yüz döngüden sonra

Kaynaklar

Xia, Y., Zhou, P. ve ark., "Designing an asymmetric ether-like lithium salt to enable fast-cycling high-energy lithium metal batteries", *Nature Energy*, 2023.

<https://techxplore.com/news/2023-07-self-cleaning-salt-molecule-lithium-metal.html>



Kimyasal Türler Arası Güçlü Etkileşimler:

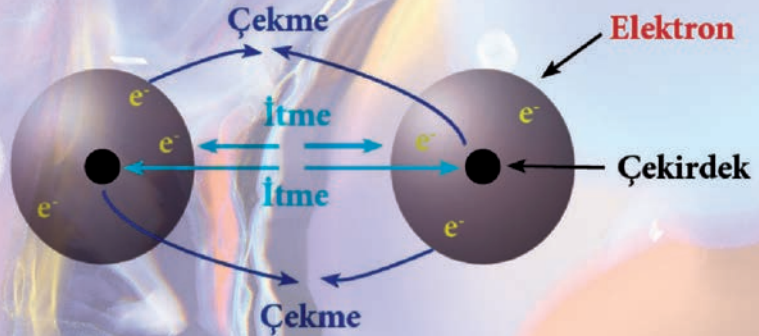
Kimyasal Bağlar

Prof. Dr. Emine Adadan [Boğaziçi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü]

Evrendeki tüm maddelerin atomlardan oluştuğunu biliyoruz. Ancak atomlar çok nadir olarak doğada tek tek bulunur. Genellikle aralarında kimyasal bağlar kurarak fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklı maddeler oluştururlar. Bir an evrende kimyasal bağların oluşmadığını düşünelim! Böyle bir durumda, evrende sadece doğal yollardan var olan 92 element bulunacaktı. Madde çeşitliliğinin bu kadar sınırlı olduğu bir ortamda yaşam mümkün olmayabilirdi.

Kimyasal bağlar, maddeleri oluşturan tanecikleri (atomlar, iyonlar) bir arada tutan elektrostatik kuvvetlerdir. Kimyasal türler arası güçlü etkileşimler olarak da isimlendirilirler. İyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ bu güçlü etkileşimlere örnektir.

Kimyasal bağların neden ve nasıl oluştuğunu merak etmişsinizdir. Doğada kimyasal bağlar oluşur; çünkü kimyasal bağ, atomları oluşturan yüklü parçacıklar (protonlar ve elektronlar) arasındaki potansiyel enerjiyi düşürür; böylece atomlar arasındaki enerji ve uzaklık dengelenerek kararlı bir yapı oluşur. Bilindiği gibi, atomların çekirdeğinde pozitif yüklü protonlar, çekirdeği saran elektron bulutunda da negatif yüklü elektronlar bulunur. İki atom birbirine yaklaştığında, Coulomb yasasına göre, bir atomun elektronları diğer bir atomun çekirdeğindeki protonlar tarafından çekilir, madalyonun diğer yüzünde de bunun tam tersi gerçekleşir (Şekil 1). Bununla birlikte, kimyasal bağ oluşumuna dâhil olan her bir atomun elektronları bir diğerinin elektronlarını iterken, atomların çekirdekleri de birbirinin çekirdeklerini iter. Bu da atomları oluşturan çok sayıdaki yüklü parçacık arasında karmaşık bir etkileşimler dizisine sebep olur. Ancak bu etkileşimler sonucunda, toplamda, yüklü parçacıklar arasındaki net enerji azalırsa kimyasal bağ oluşur. Bir başka deyişle, kimyasal bağ oluştuğunda, bağı oluşturan taneciklerin (atomlar, iyonlar) enerjileri (bağ enerjisi) ve aralarındaki uzaklık (bağ uzunluğu) öyle bir duruma gelir ki itme kuvvetleri ve çekim kuvvetleri dengelenir ve taneciklerin çekirdekleri üzerinde net kuvvet gözlenmez (Şekil 1).



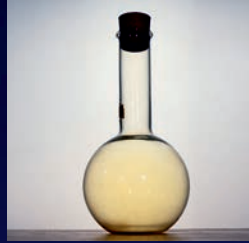
Şekil 1. Atomlar arası itme ve çekme kuvvetleri

İyonik Bağ

Sofra tuzu olarak bildiğimiz sodyum klorür (NaCl), iyonik bir bileşiktir. Sodyum klorürü meydana getiren elementler olan sodyum ve klor, doğada farklı fiziksel ve kimyasal özellikler gösterir. Yumuşak, gümüş-beyaz renkli sodyum metali suyla oldukça hızlı tepkimeye girdiği için doğada saf olarak ve element hâlinde bulunmaz (Şekil 2a). Klor ise keskin kokulu, yeşilimsi sarı renkli ve zehirli bir gazdır (Şekil 2b). Ancak bu iki element kimyasal bağ oluşturduğunda; eski çağlardan beri yaşamımızda önemli bir yere sahip olan beyaz renkli, kristal yapılı ve kokusuz bir katı olan iyonik bağlı sodyum klorür bileşiği elde edilir.



(a) Sodyum metali



(b) Klor gazı

Şekil 2. Sodyum klorür bileşiğini oluşturan elementler

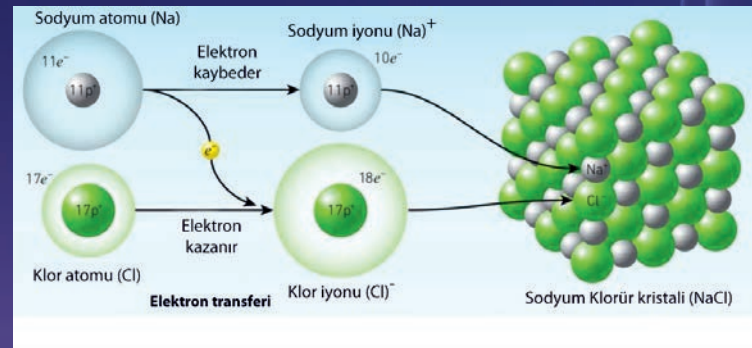
Sodyum klorür tuzu, geniş ölçekte, deniz veya tuzlu göl suyunun buharlaştırılmasıyla elde edilir. Büyük su kütlelerinde sodyum iyonları (pozitif yüklü) ve klor iyonları (negatif yüklü) çözünmüş hâlde bulunur. Su buharlaştırıldığında zıt yükler arasındaki çekim nedeniyle bu iyonlar bir araya gelerek sodyum klorür tuzunu oluşturur. Bu süreçte, sodyum iyonlarının ve klor iyonlarının doğal olarak suda mevcut olduğuna ve tanecikler arasında herhangi bir elektron alışverişi bulunmadığına dikkat çekmek gerekir. Diğer taraftan, bu şekilde elde edilen sofra tuzu, ilk aşamada, saf değildir; dolayısıyla, bir dizi saflaştırma işleminden sonra günlük kullanımımıza sunulur.

Sodyum ve klor elementlerini kullanarak sodyum klorür tuzunu elde etmek istediğimizde iyonik bağ oluşum süreci şöyle gerçekleşir: Sodyum metali ve klor gazı (ametal), uygun ortam oluştuğunda, çevrelerine parlak sarı renkli ışık ve yüksek ısı vererek çok hızlı tepkimeye girer (Şekil 3). Bu esnada, sodyum atomları birer

elektronlarını kaybederek pozitif yüklü iyonlara (Na^+) dönüşür, klor atomları da çevrelerinden birer elektron alarak negatif yüklü iyonlara (Cl^-) dönüşür. Böylece çok sayıda pozitif yüklü sodyum iyonu ile negatif yüklü klor iyonu, zıt yükler arasındaki çekim kuvvetinin etkisiyle bir araya gelerek sodyum klorür tuzunu oluşturur (Şekil 4). Sodyum klorür kristalinde, pozitif yüklü bir sodyum iyonu ile kendini çevreleyen her bir klor iyonu arasında aynı büyüklükte çekim kuvveti mevcuttur. Aynı şekilde, negatif yüklü bir klor iyonu ile kendini çevreleyen her bir sodyum iyonu arasında da aynı büyüklükte çekim kuvveti vardır (Şekil 4). Özetle, herhangi bir (iyonik) tuzun zıt yüklü iyonları arasında oluşan güçlü etkileşime iyonik bağ (ionic bond) ve bu iyonik tuzu meydana getiren elementler arasında gerçekleşen elektron transferi ve iyon oluşumu sürecine de iyonik bağlanma (ionic bonding) denir.



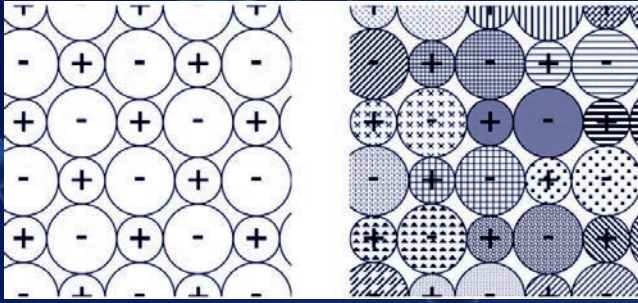
Şekil 3: Sodyum metali ve klor gazı tepkimesi



Şekil 4: Sodyum klorür tuzu oluşum süreci

İyonik bağ ile ilgili en yaygın kavram yanılgısı, iyonik bağlı bileşiklerin moleküllerden oluştuğu algısıdır. Daha açık bir ifadeyle bu kavram yanılgısı şöyle ifade edilebilir: İyonik bileşikler, iyonik bağ

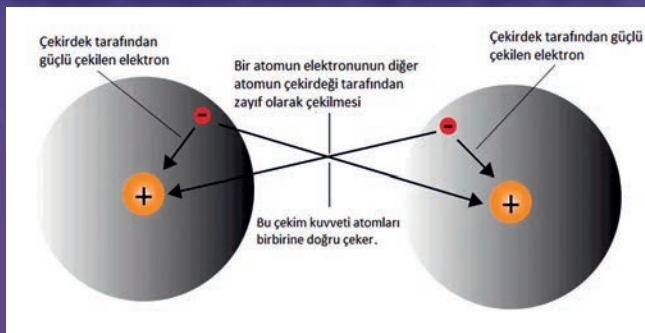
içeren moleküllerden oluşur; böylece iyonik bileşiği oluşturan zıt yüklü iyon çiftleri birbirlerine iyonik bağ ile bağliken bu iyon çiftlerine eşit derecede yakın uzaklıkta bulunan diğer zıt yüklü iyonlara sadece zayıf kuvvetlerle çekilirler (Şekil 5b). Hâlbuki bilimsel olarak kabul gören iyonik bağ yapısı şöyledir: İyonik kristal örgü yapıda, birbirlerine eşit mesafede yakın olan zıt yüklü iyonlardan her biri, birbirine eşit miktarda elektstatik kuvvetle çekilir; bu yapıda iyon çiftlerinden oluşan moleküller bulunmaz (Şekil 5a).



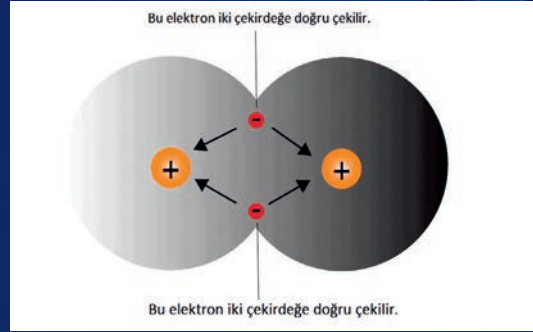
a) b)
 (a) İyonik tuzun iki boyutlu gösterimi
 b) İyonik örgü yapısının iyon çiftleri (molekül) olarak gösterimi (kavram yanılgısı)

Kovalent Bağ

Ametallerin yüksek iyonlaşma enerjisine ve aynı zamanda yüksek elektronegatiflik (ortak elektronları çekme kabiliyeti) değerlerine sahip olduğunu biliyoruz. Bu da ametal atomlarından elektron uzaklaştırmanın nispeten zor olduğu anlamına geliyor. Dolayısıyla, bir ametalin başka bir ametal ile bağ oluşturmaması, ametal atomları arasında elektron paylaşılmasıyla gerçekleşir. Paylaşılan elektronlar, bağ yapan atomların ikisinin de çekirdeği ile etkileşime girer ve Coulomb yasasına uygun olarak potansiyel enerjilerini düşürür. Atomların çekirdekleri ve paylaşılan elektronları arasında oluşan bu güçlü etkileşime kovalent bağ denir (Şekil 6a-6b).



Şekil 6a: Kovalent bağ oluşum süreci



Şekil 6b: Kovalent bağ oluşum süreci

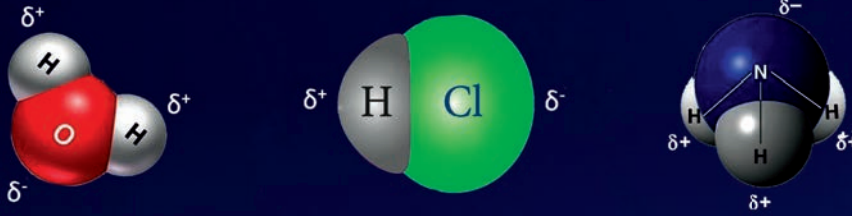
Aynı tür iki atom arasında oluşan kovalent bağa, apolar yani kutupsuz kovalent bağ denir. Apolar kovalent bağda, atomların elektronegatiflikleri aynı olduğu için, bağ oluşumuna katılan elektronlar atomlar tarafından eşit kuvvetle çekilir. Bu nedenle molekülde elektriksel yüklerin dağılımı dengelidir. Örneğin, iki hidrojen atomu birbirine yeterince yaklaştığında, bu atomlardan her birinin çekirdeği hem kendi elektronunu hem de diğer atomun elektronunu güçlü olarak çeker ve bu elektronlar zamanın neredeyse tamamını iki çekirdek arasında geçirir. Bu süreçte, iki atom da aslında aynı elektronları kendilerine doğru çekmeye çalışır, ancak ikisi de elektronları diğerinden alamadığı için iki atomun birbirine çekildiği bir durum ortaya çıkar. Böylece, örneğin apolar kovalent bağlı hidrojen molekülü (H_2) oluşur (Şekil 6). Apolar kovalent bağlı bileşiklere şunları örnek verebiliriz: hidrojen (H_2), nitrojen (N_2), klor (Cl_2), metan (CH_4) ve karbon dioksit (CO_2) (Şekil 7). Bu maddelerin her biri oda sıcaklığında gaz hâlinde bulunur.



Şekil 7. Apolar kovalent bağlı element ve bileşikler – nitrojen, hidrojen, klor, metan, karbon dioksit

Elektronegatiflikleri arasında fark bulunan iki atom arasında oluşan kovalent bağa ise polar yani kutuplu kovalent bağ denir (Şekil 8). Örneğin, su molekülünde (H_2O) oksijen atomunun elektronegatifliği hidrojen atomunkinden büyüktür. Dolayısıyla, su molekülünde

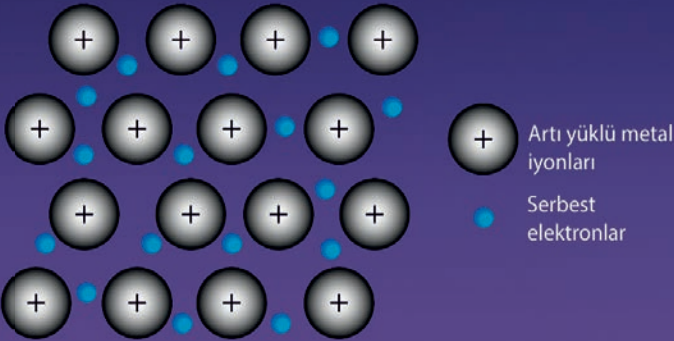
her bir hidrojen atomu ile oksijen atomu tarafından paylaşılan bağ elektronları, oksijen atomu tarafından daha kuvvetli çekilir ve bu elektronlar oksijen atomu etrafında daha fazla zaman geçirir; böylece molekülde negatif yük dengesizliği oluşur. Su molekülü, polar yani kutuplu bir moleküldür; moleküldeki oksijen atomu kısmen negatif, hidrojen atomları ise kısmen pozitif yüklüdür. Polar kovalent bağlı bileşiklere bazı örnekler: su (H_2O), hidrojen klorür (HCl), amonyak (NH_3) (Şekil 8).



Şekil 8: Polar kovalent bağlı bileşikler – su, hidrojen klorür, amonyak

Kovalent bağ ile ilgili en temel kavram yanlışlığı ise paylaşılan bağ elektronlarının bir moleküldeki atomları bir arada tutan kuvvet olarak görülmesidir. Bir başka deyişle, kovalent bağın paylaşılan bir çift elektron olduğunun düşünülmesidir. Hâlbuki; kovalent bağ, bir molekülü oluşturan atomların paylaşılan elektronları (negatif yüklü) ile çekirdekleri (pozitif yüklü) arasındaki elektrostatik çekim kuvvetidir.

Metallik Bağ



Şekil 9: Metallik örgü yapı

Metallerin iyonlaşma enerjileri ve elektronegatiflikleri düşük, elektron verme eğilimleri ise yüksektir. Bu nedenle, metal atomları bağ oluşumunda yer alan değerlik elektronlarını zayıf bir şekilde çeker. Metal atomları birbirlerine bağlandığında, en yüksek enerji seviyesindeki değerlik elektronları atomdan ayrılarak komşu metal atomlarının değerlik orbitallerinde serbest bir şekilde hareket edebilir. Serbest dolaşan değerlik elektronları bir tür elektron denizi oluştururken, metal atomları da pozitif yüklü iyonlara (kanyonlara)

dönüşür (Şekil 9). Bu durum, pozitif yüklü metal iyonlarının elektron denizine daldırıldığı bir görsel şeklinde de düşünülebilir. En açık ifadeyle, metalik örgü içinde, pozitif yüklü metal iyonları ile serbest hareket eden negatif yüklü değerlik elektronları arasındaki

elektrostatik çekim kuvveti sonucunda oluşan güçlü etkileşime metallik bağ denir (Şekil 10).



Şekil 10: Metallik bağ yapısı

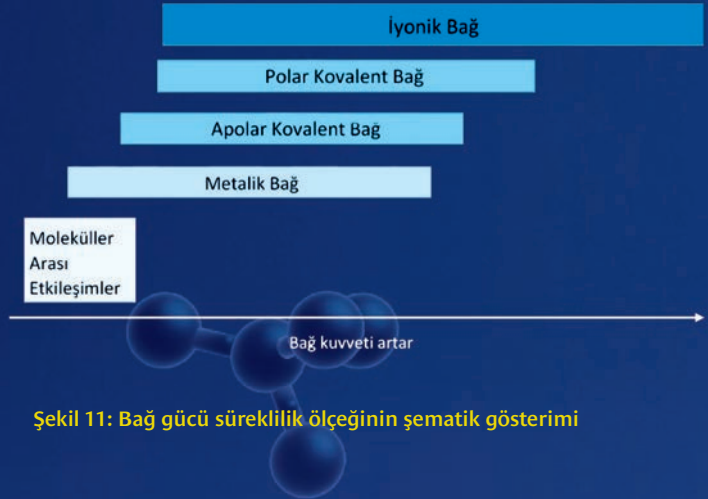
Elektronlar sürekli hareket ettiği için, metal kanyonları ile yer değiştiren serbest elektronlar arasında oluşan metallik bağ her yöne doğru etkindir. Bu da metallerin dövülerek şekillendirilebilmesine imkân sağlar (Şekil 10). Ayrıca metallerin ısı ve elektriği iyi iletmelerinin nedeni, metalik örgüde serbest hareket edebilen değerlik elektronlarıdır. Metallerin erime ve kaynama sıcaklıklarının yüksek olması da metallik bağın göreceli olarak güçlü olmasından dolayıdır.

Metalik bağ ile ilgili en temel kavram yanlışlığı ise metalik bağın nötr metal atomları arasındaki etkileşim olarak düşünülmesidir. Metalik bağ ile ilgili bir diğer kavram yanlışlığı da metalik bağı oluşturan bileşenlerin (atomlar, elektronlar) sadece elektrostatik kuvvetlerle (zayıf etkileşim algısına referans) bir arada bulunduğu ve iyonik bağ ile kovalent bağ gibi düzenli bir kimyasal bağ olmadığı anlayışıdır.

Kimyasal Bağların Gücü

Kimyasal bağlar, en basit ifadeyle, pozitif yükler (iyon, proton) ile negatif yükler (iyon, elektron) arasında, Coulomb yasasına göre, çeşitli derecelerde gerçekleşen etkileşimin neticesinde oluşur. Güçlü etkileşimler temelde bu prensip çerçevesinde oluşsa da iyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağ farklı türde kimyasal bağlardır. Kimyasal bağın türüne göre bağ gücü (bağ enerjisi) belli ölçüde değişir ancak bağ türlerine göre bağ gücünü keskin çizgilerle birbirinden ayıramayız. Çünkü her bir bağ türüne ilişkin doğada gözlemlediğimiz maddelerin bağ gücü geniş bir enerji aralığında bulunuyor ve birbirleriyle örtüşmeler gösteriyor. Bu bağlamda, kimyasal bağ türlerinin bağ gücünün süreklilik ölçeğinde düşünülmesi bilimsel olarak kabul gören yaklaşımdır (Şekil 11). Şematik gösterimden de fark edilebileceği gibi birbirinden farklı element atomları arasında oluşan bağlar (iyonik bağ, polar kovalent bağ), tek tip element atomlarından oluşan bağların (apolar kovalent bağ, metalik bağ) ortalama bağ enerjisinden daha yüksek bağ enerjisine sahiptir (Şekil 11). Bağ gücü sadece bağın iyoniklik derecesinin veya elektronegatiflik farkının bir fonksiyonu değil, aynı zamanda atomun boyutu ve bağ uzunluğunun da bir fonksiyonudur. Dolayısıyla, bağ gücü süreklilik ölçeğinin iki aşırı ucunda yer alan apolar kovalent bağ ve iyonik bağ düşünüldüğünde, doğada gözlemlenen kovalent bağlı ve iyonik bağlı bileşikler bağ gücü olarak bu iki uç arasında konumlanır ve bunlar arasında büyük ölçüde örtüşmeler de bulunur. Örneğin, hidrojen klorür (HCl) polar kovalent bağlı bileşik olarak sınıflandırılrsa da suda neredeyse tamamen iyonlarına ayrışır. Yani bağ yapısı

olarak kovalent özellik göstermesine rağmen suda çözünürken iyonik karakter gösterir. Metalik bağ da bağ gücü süreklilik ölçeğine uyar ve bağ gücü büyük oranda yüksek kovalent karakterli bağlara yakındır (Şekil 11). ■



Şekil 11: Bağ gücü süreklilik ölçeğinin şematik gösterimi

Kaynaklar

- Cracolice, M.S. ve Peters, E.I. (2016). *Introductory chemistry: An active learning approach* (6th edition). Cengage Learning: Boston, MA.
- Hunter, K.H., Rodrigues, J-M.G., ve Becker, N.M. (2022). A review of research on the teaching and learning of chemical bonding. *Journal of Chemical Education*, 99 (7), 2451– 2464.
- Levy Nahum, T., Mamluk-Naaman, R., Hofstein, A. ve Kronik, L. (2008). A new 'bottom-up' framework for teaching chemical bonding. *Journal of Chemical Education*, 85, 1680–1685.
- Pauling, L. (1960). *The nature of the chemical bond—An introduction to modern structural chemistry* (3rd edition). Cornell University Press: Ithaca, New York.
- Tro, N. J. (2011). *Chemistry: A molecular approach* (2nd edition). Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ.
- https://www.youtube.com/watch?v=azI-_S6g8C8
- <https://www.simbucket.com/simulation/436/>
- <https://www.visionlearning.com/en/library/Chemistry/1/Chemical-Bonding/55>
- <https://edu.rsc.org/education-research/avoiding-bonding-misconceptions/3009377.article>
- <https://www.middleschoolchemistry.com/multimedia/chapter4/lesson4>

Kendisi Zayıf, Etkisi Büyük: Moleküller Arası Etkileşimler

Dr. Tuba Sarıgül [TÜBİTAK Bilim Genç

Üç milyar nükleotidden oluşan DNA, mikro ölçekteki hücre çekirdeğinin içine nasıl sığabiliyor? Kertenkeleler nasıl düz duvarda yürüyebiliyor? Su donarken neden genişliyor? Bu soruların cevaplarının hepsi bir kavramla ilişkili: moleküller arası zayıf etkileşimler.



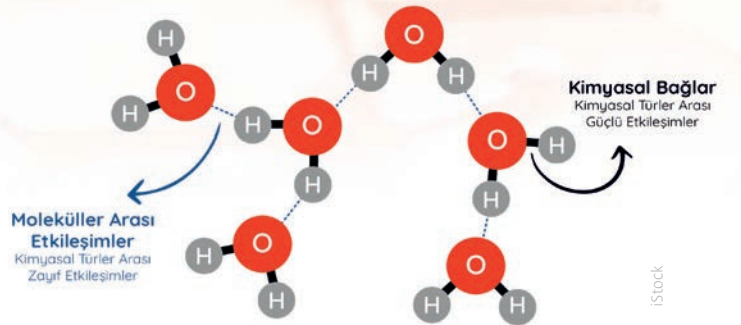
Moleküller arası etkileşimler lise eğitimi sırasında kimya derslerinde karşılaştığımız bir konu. Bu etkileşimlerin sayısal büyüklüğü çok yüksek olmasa da etkilerini çevremizde belirgin bir şekilde hissediyoruz. Peki moleküler ölçekteki bu etkileşimlerin nasıl ortaya çıktığını ve fark edebileceğimiz ölçekte hangi etkileri olduğunu öğrenmek ister misiniz?

İlk olarak atom ölçeğinde kimyasal türler arasında ne tür etkileşimler olduğunu açıklayalım. Çünkü moleküller arası etkileşimler bu konunun bir alt dalı olarak kabul edilebilir.

Atom ölçeğinde farklı türdeki tanecikler (örneğin atom, iyon, molekül, radikal) arasında farklı etkileşimler ortaya çıkabilir. Bu etkileşimleri kimyasal türler arası güçlü etkileşimler ve

kimyasal türler arası zayıf etkileşimler olarak sınıflandırabiliriz. Kimyasal türler arası güçlü etkileşimler zıt yüklü iyonları (örneğin iyonik bileşikler) veya aynı ya da farklı cins atomları (örneğin elementler ve moleküler bileşikler) bir arada tutan kuvvetlerdir. Kimyasal türler arası zayıf etkileşimler ise moleküller arasında ortaya çıkan kuvvetlerdir.

Kimyasal Türler Arası Etkileşimler



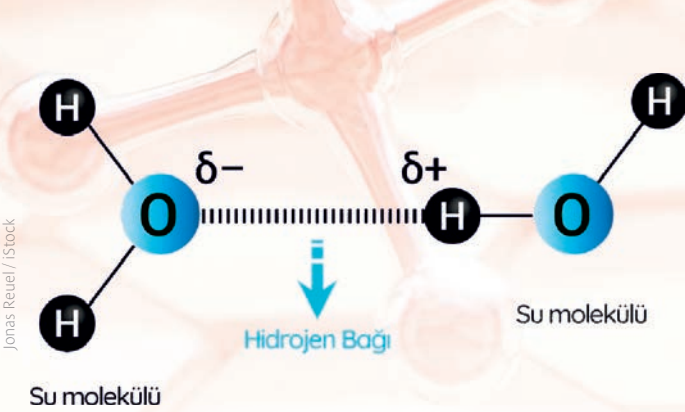
Kimyasal Türler Arası Zayıf Etkileşimler

Kimyasal türler arası zayıf etkileşimler moleküller arasında ortaya çıkar. Kimyasal türler arasında ortaya çıkan zayıf etkileşimleri temel olarak hidrojen bağı ve Van der Waals kuvvetleri olarak iki başlıkta ele alabiliriz.

Hidrojen Bağı

Hidrojen bağı; hidrojenin oksijen, azot, flor gibi elektronegatifliği yüksek elementlerle oluşturduğu moleküller arasında ortaya çıkar.

Hidrojen elektronegatifliği yüksek bir elementle kovalent bağ kurduğunda, bağ oluşumunda yer alan elektronlar elektronegatifliği yüksek elementin atomları tarafından daha fazla çekilir. Bu nedenle elektronegatifliği yüksek atomun üzerinde eksi yük yoğunluğu hidrojene kıyasla daha yüksektir. Sonuçta elektronegatifliği yüksek atom kısmen eksi yükü yüklenirken, hidrojen kısmen artı yüke sahiptir. Bu durum molekülün polar yani kutuplu olmasına yol açar. Polar moleküldeki kısmen artı yüklü hidrojen atomu ile komşu moleküldeki kısmen eksi yüklü atom arasında elektrostatik bir çekim kuvveti ortaya çıkar. Bu etkileşim hidrojen bağı olarak isimlendirilir.



Suyun ilginç ve kendine özgü birçok özelliğinin temelinde hidrojen bağı yer alır. Örneğin kaynama noktasının yüksek olması, ısı kapasitesinin -yani sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli olan ısı miktarının- yüksek olmasının nedeni suyun hidrojen bağı oluşturabilmesidir.



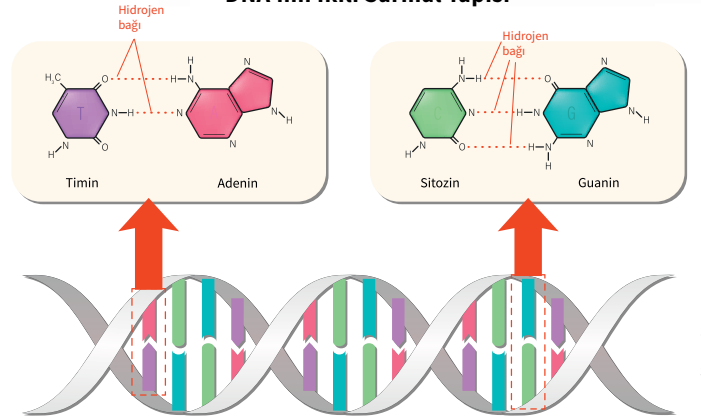
Ayrıca hidrojen bağı, suyun yüzey geriliminin yüksek olmasına neden olur. Bu da su damlacıklarının küresel şekle sahip olmasına yol açar ve bazı canlıların suyun yüzeyinde yürüebilmesini mümkün kılar.



Yüzey gerilimi, sıvıların yüzeyinde oluşan ve yüzeyin esnek bir zar gibi davranmasını sağlayan kuvvettir. Suyun yüzey gerilimi, su molekülleri arasında ortaya çıkan hidrojen bağları nedeniyle yüksektir.

Hidrojen bağlarının canlı yaşamın devam edebilmesinde birçok rolü var. Hidrojen bağı, proteinlerin kendilerine özgü üç boyutlu yapılar oluşturmalarını ve bu şekillerini korumalarını sağlar. Örneğin canlılarda genetik bilgiyi taşıyan molekül olan DNA'nın yapısında birbirine sarmal şekilde bağlı iki zincir bulunur. Hidrojen bağları iki DNA zincirinin birbirine tutunmasını sağlar. Hidrojen bağları en güçlü moleküller arası zayıf etkileşim türüdür.

DNA'nın İkili Sarmal Yapısı



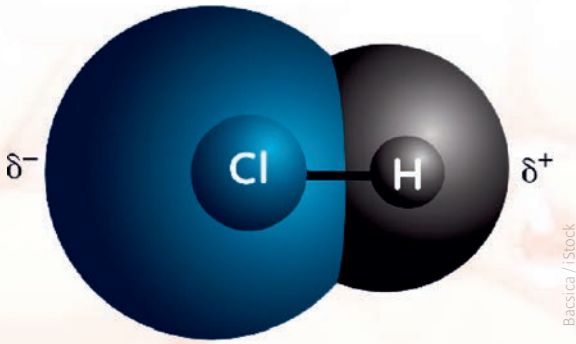
İki DNA zincirindeki azotlu bazlar arasında oluşan hidrojen bağları, DNA'nın ikili sarmal yapıda bulunmasını sağlar.

Van Der Waals Kuvvetleri

Moleküller arası etkileşimler ilk defa Hollandalı fizikçi Johannes van der Waals tarafından 1873 yılında tamamladığı doktora tezinde kuramsal olarak ortaya kondu. Bu nedenle moleküller arasındaki etkileşimler van der Waals kuvvetleri olarak bilinir.

Van der Waals kuvvetlerinin farklı türleri vardır. Dipol-dipol etkileşimleri olarak isimlendirilen moleküller arası etkileşim türü, polar bir molekül ile başka bir polar molekül arasında oluşur.

Örneğin hidrojen klorür polar bir moleküldür. Çünkü



Polar moleküllerde elektron yük dağılımı dengeli değildir. Bu nedenle molekülün bir bölümü kısmen artı, bir bölümü ise kısmen eski yüküdür.

klor elementinin elektronegatifliği hidrojeninkinden büyüktür. Dolayısıyla hidrojen klorür molekülünde, klor atomları bağ oluşumunda kullanılan elektronları hidrojen atomlarına kıyasla daha fazla çeker. Bu nedenle hidrojen klorür molekülünde hidrojen atomları kısmen artı (+), klor atomları ise kısmen eksi (-) yüklüdür. Sonuçta farklı hidrojen klorür molekülleri bir araya geldiğinde zıt kutuplu atomlar arasında elektriksel bir çekim kuvveti ortaya çıkar. Buna dipol-dipol etkileşimi adı verilir.

Kertenkelelerin düz duvarda yürüebilmesinin nedeni van der Waals kuvvetleridir.

Kertenkelelerin ayaklarında temel olarak keratin proteininden meydana gelen ve setae adı verilen mikro ölçekte çok ince tüyler vardır. Bu ince tüylerin uçları duvara temas ettiğinde duvarla tüyler arasında van der



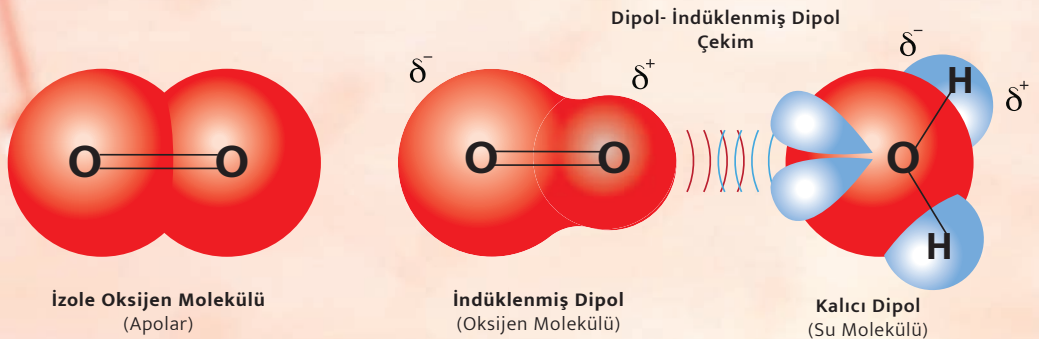
Waals kuvvetleri oluşur. Bu sayede kertenkeleler kendi ağırlıklarını taşıyabilir.

Dipol-İndüklenmiş Dipol Etkileşimleri

Dipol-indüklenmiş dipol etkileşimleri ise polar bir molekül ile apolar yani polar olmayan bir molekül arasında ortaya çıkar.

Polar bir molekül, apolar bir moleküle yeterince yaklaşırsa geçici olarak apolar moleküldeki elektriksel yüklerin dengeli dağılmasını engelleyebilir. Örneğin apolar moleküldeki eksi yükler polar molekülün kısmen artı bölgesine yakın olan kısımlarında yoğunlaşabilir ve kısmen eksi yüklenir. Apolar molekülün, polar molekülün kısmen eksi olan bölgesine yakın kısımları ise kısmen artı yüklü hâle geçer. Bu durum indüklenmiş polar olarak isimlendirilir.

Polar molekül ile indüklenme sonucu geçici olarak kutuplu hâle gelen apolar molekülün zıt kutupları arasında ortaya çıkan elektriksel çekim kuvveti dipol-indüklenmiş dipol etkileşimleri olarak isimlendirilir.

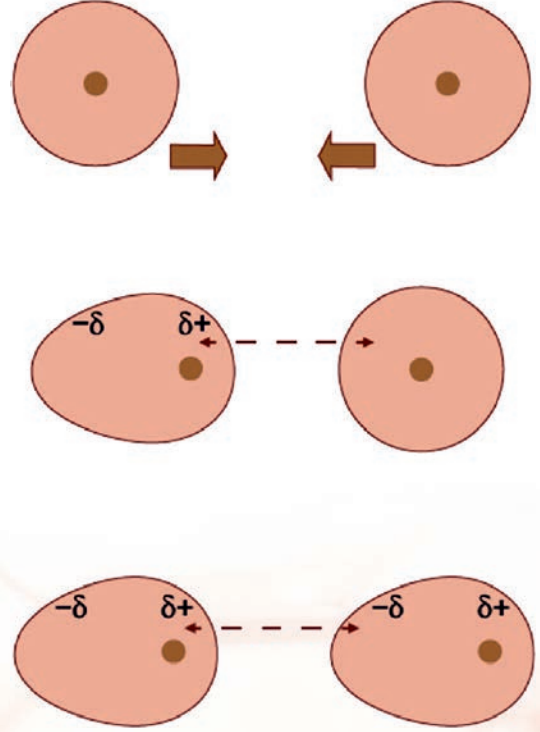


London Kuvvetleri

London kuvvetleri, moleküller arası etkileşimlerin en zayıf olanıdır. Polar ya da apolar olsun, tüm moleküller arasında ortaya çıkabilir.

Çekirdek etrafındaki elektronlar sürekli hareket hâlinindedir. Bunun sonucu olarak zaman zaman atom ya da molekülün etrafında belirli bölgelerde yoğunlaşabilirler. Bu durumda elektronların yoğunlaştığı bölge kısmen eksi, diğer bölümler ise kısmen artı yükü yüklenir. Elektriksel yük dağılımının dengesiz olduğu bu durumda, molekül başka bir moleküle yeterince yakınsa diğer molekülün yük dağılımının da geçici olarak dengesizleşmesine neden olabilir. Geçici olarak kutuplu hâle geçen iki molekülün zıt kutupları arasında oluşan elektriksel çekim kuvveti London kuvvetleri (London dispersiyon kuvvetleri olarak da bilinir.) olarak isimlendirilir.

London kuvvetleri, molekülleri oluşturan atomların elektron sayısı arttıkça büyür. ■



Kaynak

<https://www.science.org/content/article/how-geckos-stick-der-waals>
<https://edu.rsc.org/education-research/enhance-explanations-of-intermolecular-forces/4010443.article>
<https://www.khanacademy.org/science/class-11-chemistry-india/xfbb6cb8fc2bd00c8:in-in-states-of-matter/xfbb6cb8fc2bd00c8:in-in-intermolecular-forces/a/intramolecular-and-intermolecular-forces>
<https://ogmmateryal.eba.gov.tr/panel/panel/EKitapUniteOnizle.aspx?Id=171&sayfa=122>
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Introduction_to_General_Chemistry_\(Malik\)/03:_Compounds/3.09:_Intramolecular_forces_and_intermolecular_forces](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Introduction_to_General_Chemistry_(Malik)/03:_Compounds/3.09:_Intramolecular_forces_and_intermolecular_forces)
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00300>
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00455>
https://chemcenter.ucmerced.edu/sites/chemcenter.ucmerced.edu/files/page/documents/chm_002_workshop_imf.pdf

BİLİM TARİHİNDEN NOTLAR

Prof. Dr. Hüseyin Gazi Topdemir

[Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi,
Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı



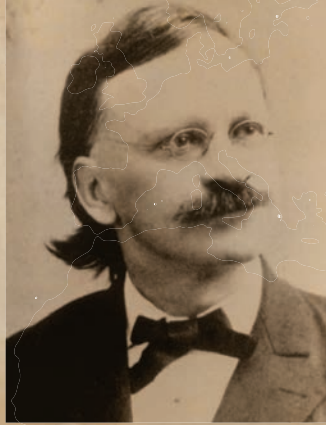
Michelson-Morley Deneyi

Işığın şaşırtıcı doğası çok uzun yıllar boyunca bilim insanlarını cezbetmeye devam etti. Işığın kaynağından çıkan bir parçacık dizisi mi, yoksa dalga biçiminde yayılan bir akış mı olduğu konusunda yapılan deneysel çabalar bile kesin karara varma noktasında yetersiz kalmaya devam etti. Nihayet dalga şeklinde bir akış olduğunun deneysel ve matematiksel olarak kanıtlanmasıyla birlikte, kısa bir süreliğine bilim dünyasında sular durulduysa da bu konuda tamamen bir fikir birliğine varılamamıştı. Çünkü ışık dalgalarını taşıyan bir ortamın varlığına duyulan gereksinim devam ediyordu. Fakat böyle bir ortamın mevcudiyetine ilişkin kimsenin zihninde açık bir fikir yoktu. Düşünce tarihi boyunca bilim insanlarının ellerinde ve zihinlerinde olan sadece esir denilen hayali bir kavramdı. Fizik biliminin bu



Albert Abraham Michelson
(1852-1931)

noktada açıkça bir kriz ile karşı karşıya kaldığı anlaşılmıştı. Şimdi artık karar verme zamanıydı. Esir var mıydı? Varsa mahiyeti neydi? Olağanüstü hızla hareket ettiği açık olan ışık dalgalarını nasıl taşıyabiliyordu? Bu gibi sorular uzayıp gidiyordu. Artık düşünsel veya salt kurgusal kabullerle yetinmenin imkânı kalmamıştı. Olgusal bir kanıt gereksinim vardı. Bunun bir sonucu olarak düşünce tarihi boyunca geliştirilmiş çok sayıdaki esir kurgularının deneysel olarak araştırılması gerekiyordu. Bunu gerçekleştirmek için iki bilim insanı harekete geçti. Albert Abraham Michelson (1852-1931) ve Edward Morley (1838-1923) birlikte çalışarak ünlü Michelson-Morley deneyini gerçekleştirdi.



Edward Morley (1838-1923)

Ortam Olarak Esir

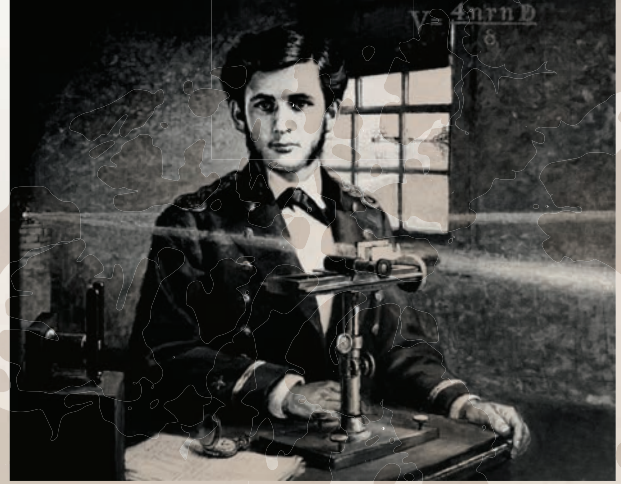
Bir kuramın, sistemin veya ayrıntılı açıklamanın zaman zaman kavramsal açıdan yetersizliğe düştüğü olur. Böyle durumlarda mümkün ancak hayali

olan bir kavrama müracaat edilmesi düşünce tarihinde sır değildir. Esir de böyle bir bakış açısıyla geliştirilmiş bir kavramdır. Kesin olarak ne zamandan bu yana kullanıldığını söylemek zor olsa da Eski Yunan döneminden beri felsefe ve bilim metinlerinde geçtiği biliniyor. Bununla birlikte özellikle on sekizinci ve on dokuzuncu yüzyıllar boyunca hem ışık hem de hareket açıklamalarında sıklıkla kullanıldığı ve on dokuzuncu yüzyılda yaşanan gelişmeler sonucunda ortaya çıkan gereksinime bağlı olarak daha çok çeşitlendirildiği dikkat çekiyor. Ayrıca söz konusu yüzyılda esirin kullanımı sadece ışık konusuyla sınırlı da değildir. Gök cisimlerinin boş uzayda hareket ettiğini mantıklı bulmayan bilim insanlarınca hareket sürecinin bir çerçeveye oturtulmasında, James Clerk Maxwell'in (1831-1879) geliştirdiği elektromanyetik kuramda ise elektrik ve manyetizma konularında ortaya çıkan problemlerin açıklanmasında esir kavramına başvurulmuştur.

Esir hakkında ileri sürülen görüşlerin gün geçtikçe artması, aralarında George Francis Fitzgerald (1851-1901) ve Sir Joseph Larmor (1857-1942) gibi pek çok ünlü fizikçinin de bulunduğu bilim insanlarının başlı başına esir konusunda eserler yazmasına yol açtı. Özellikle Larmor'un *Aether and Matter* (Esir ve Madde, 1900) kitabı etkili bir çalışma olarak bilim tarihinde yerini aldı. Larmor, esir hakkında geliştirilen düşünceler

üzerine incelemelerde bulundu ve konuya ilişkin şunları yazdı: “Bu [esir] bizim bildiğimiz fiziksel eylem türlerinin tümünü iletmek için etkili olabilecek bir ortam olmalıdır; bunun yerine yer çekimini iletmek için bir ortam, elektrik etkilerini iletmek için başka bir ortam, ışığı iletmek için daha başka bir ortam vb. kabul edilseydi, bu durum çözümsüzlükten de beter olurdu. Dolayısıyla, eğer esir için bir kural bulma girişimi söz konusu olacaksa bunun esas olarak farklı duyularla algıladığımız için bize çok farklı görünen çeşitli fiziksel etki türlerinin arasındaki yakın ilişkinin bir sentezini içereceği açıktır.”

Metinde açıkça esirin her tür fiziksel etkileşime aracılık eden ve bu anlamda kendisinin ne olduğundan daha ziyade, sözü edilen fenomenlerin açıklanmasındaki işlevinin öne çıkarıldığı anlaşılır. Doğada fiziksel olarak gözlemlenen Yer’in kütle çekimi etkisi, elektrik akımının iletilmesi, ışık dalgalarının meydana gelmesi ve bir noktadan bir başka noktaya hızla aktarılması, birbirlerinden kilometrelerce uzaktaki gezegenlerin birbirlerini çekmesi ve itmesi, nihayet elektromanyetik fenomenlerin gerçekleşmesi için esir gerekli ortam olarak değerlendirilmiştir. Metinde böyle bir ortamın varlığının kabul edilmesinin tuhaf olarak görülmemesi ve “böyle bir ortamın varlığında ısrar etmek belki saçma gelebilir ama bu durum çözümsüzlükten iyidir” gibi bir savunma yapıldığı da anlaşılıyor. Hatta birçok bilim tarihçisi esir düşüncesine şaşırılmamak gerektiğini, böyle yapılmasaydı başka türlü nasıl açıklamalar yapılabileceğini hayal etmenin gerçekten zor olacağını ileri sürmekten geri durmadı. Çünkü örneğin Christiaan Huygens’in küresel dalga düşüncesi ve süperpozisyon ilkeleri ile klasik optiğin dayandırıldığı ilkeler, gizliden gizliye esir kabulüne dayandırılmasaydı hiçbir anlam ifade etmeyecekti.

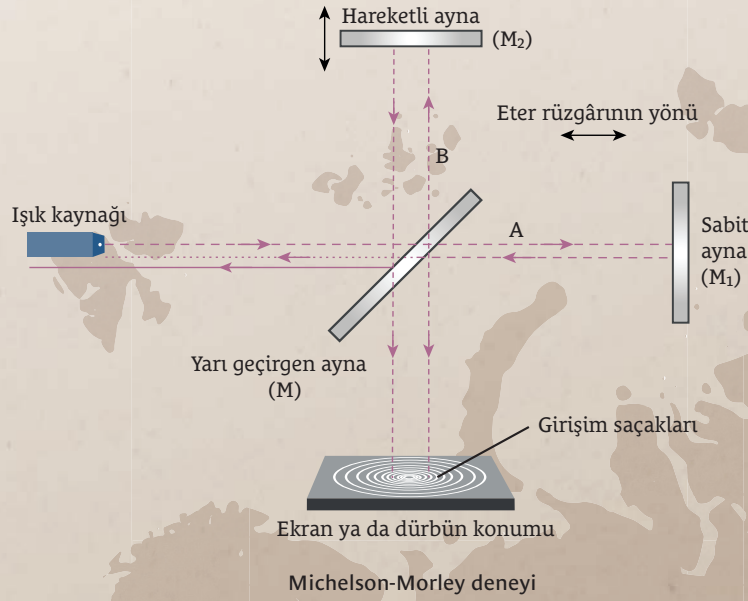


US Navy, Naval History And Heritage Command / SPL

Michelson-Morley Deneyi

Işığın dalga modeliyle birlikte esir kavramı kesin bir kabul hâline gelmiş ve bu bakımdan standart ortam mahiyetini kazanmıştı. Ancak yine de esirin ışığın olağanüstü hızını aktarabilecek özellikte hayali bir madde mi, yoksa saf fiziksel bir madde mi olduğunun açıklığa kavuşturulması ve genel olarak niteliklerinin belirlenmesi gerekiyordu. Bunun için Michelson ve Morley önemli bir deney yaptılar. İkilinin temel varsayımları şuydu: Esir bütün uzayı kaplayan ve durağan bir maddedir. Yer’in ve bütün gök cisimlerinin hareketi esir içerisinde gerçekleşir. Öyleyse Yer hareket ederken etrafında sürekli olarak saptanabilir bir “esir rüzgârı” oluşmalıdır. Öte yandan bütün hareketler Yer’e göreli olarak ölçüldüğüne göre, Yer’in esir içerisinde yaptığı hareket, dönüş yönüne bağlı olarak ışığın hızını etkilemelidir. Yani, Yer’in dönüş yönünde ışık hızlanıyor, tersi yönde ise yavaşlıyor demektir.

Bu düşünce çizgisi mantıklıydı. Sıra ölçmeyi yapacak bir düzeneği oluşturmaya gelmişti. Michelson bir girişim ölçme aygıtı [girişimölçer-interferometer] geliştirdi ve Morley ile deniz seviyesinde bir binanın



zemininde deneylerini gerçekleştirdiler. Girişimölçer, dik açıyla birleştirilmiş iki düz koldan oluşuyordu ve her bir kolun ucunda bir ayna vardı. Kolların birleştiği köşede, kaynaktan gelen ışığın ikiye ayrılmasını sağlayacak biçimde doğrultulmuş, gümüşle kaplanmış yarı geçirgen bir ayna daha bulunuyordu. Böylece ışığın yarısı yüzeyden geçerken diğer yarısının yansıtılarak ilkinde dik açı yapan bir yol izleyerek diğer koldaki aynaya gönderilmesi gerekiyordu. Bu ayırıcı aynadan yansıyan ışık ışınlarından her biri yolları üzerine yerleştirilen aynalar tarafından yansıtılacak ve daha önceki yazılarımızda söz konusu ettiğimiz güçlendirici ve zayıflatıcı girişimleri oluşturmak üzere yeniden birleşeceklerdi. Başka bir deyişle, Yer'in dönüş yönünde ilerleyen ışık ile tersi yönde yol alan ışık, aynı uzaklığı katedecek şekilde yayılacaktı. Bu durumda, farklı iki yönde

salınan iki ışın demetinin kendi yolları boyunca ilerleyip yansıdıktan sonra geri gelme süreleri aynı olursa, aralarında "güçlendirici girişim" olduğu anlaşılacaktı. Gidiş ve yansıma zamanları farklı olursa, aralarındaki evre farkından dolayı, "zayıflatıcı girişim" oluşacaktı. Böylece, iki ışının yol alırken harcadığı zaman miktarındaki en küçük bir değişimi, girişime uğramış ışık üzerinde gözlemlemek mümkün hâle getirilmişti. Michelson ve Morley, ne yaparlarsa yapsınlar, ışığın hızında Yer'in esire göre hareketinden kaynaklanan küçücük bir etki bile bulamadılar. Açıkçası esir yoktu! Şimdi yeni bir açıklamaya gereksinim duyulduğu apaçıktı. Bilim dünyasında kriz yine kapıdaydı.

Gelecek sayıda Michelson-Morley deneyinin sonuçlarını ele alacağız. ■

Kaynaklar

Makarov, I. S., *A Theory of Ether, Particles and Atoms, Introduction to the Reform of Modern Physics*, (Second Edition), Manchester: Open University Press, 2008.

Shaffner, K. F., *Nineteenth Century Aether Theories*, Oxford: Pergamon Press Ltd., 1972.

Topdemir, H. G., *Işığın Öyküsü Mitolojiden Kuantum Elektrodinamiğine Işık Kuramlarının Tarihsel Gelişimi*, (4. Baskı), Ankara: TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 2019.

**Doğa
Flora**

Dr. Bülent Gözcelioğlu
turkiye.dogasi@tubitak.gov.tr

MADAGASKAR'IN ORKİDELERİ



Hint Okyanusu'nun güney tarafında yer alan tropik ada Madagaskar, lemurların ve baobobların anayurdu olarak bilinir. Ancak Madagaskar'ın zengin biyoçeşitliliği içinde lemurların, baobabların ve bukalemunların yanı sıra çok sayıda orkide türü de vardır.

Bugüne kadar Madagaskar'da 1.000'den fazla orkide türü tanımlanmıştır. Bunların da %90'ından fazlası endemiktir, yani yalnızca Madagaskar'da bulunur. Orkideler esas olarak güzel çiçekleriyle meşhurdur. Bundan dolayı onlara, "çiçeklerin kraliçesi" de denir.

Orkideler genel olarak ağaçların gövdesi üzerinde büyür. Güneşin yakıcı etkisinden bu ağaçların yaprakları sayesinde korunurlar. Madagaskar orkidelerinin sadece iki cinsi (Vanilya ve Galeola) tırmanıcı bitkiler gibi büyür.

Madagaskar, baharat vanilyası (*Vanilla planifolia*) dâhil olmak üzere yedi farklı vanilya bitkisine ev sahipliği yapar. Madagaskar'ın kuzeydoğusu, vanilya tarlalarının çoğunun bulunduğu yerdir. Sambava şehri "vanilyanın başkenti" olarak bilinir. Madagaskar'daki bazı orkideler toprakta yetişir. Bazıları toprağın altında yumrular oluşturur. Bu kök yumrular, orkidelerin uzun süreli kuraklıklarda bile hayatta kalabilmesini sağlar. Bu kök özellikleri sayesinde orkideler, Madagaskar'daki nemli yağmur ormanları, kuru ormanlar, yüksek rakımlı yerler, vadiler ve savanlar gibi çok farklı habitatta yaşayabilir. Birçok orkide türü bazı gübre çeşitlerine ve böcek ilaçlarına karşı oldukça hassastır, bu nedenle yoğun zirai ilaçlama ve gübreleme yapılan tarım arazilerinin yakınlarında büyüyemez.

Madagaskar'daki tüm orkidelerin soyu tehdit altındadır. Bundan dolayı tüm orkideler yasal koruma altındadır. Ancak, ağaç kesme, tarım alanlarının açılması ve tarla yakma gibi nedenlerden dolayı orkidelerin yaşam alanları gittikçe daralmaktadır. Orkideler bazen yasa dışı yollarla toplanmakta ve bu da Madagaskar orkidelerinin soyunu tehdit etmektedir.

Gökyüzü

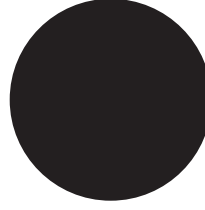
Prof. Dr. Faruk Soyduğan

[fsoydugan@comu.edu.tr

07 Eylül
Son dördün



15 Eylül
Yeni ay



22 Eylül
İlk dördün



29 Eylül
Dolunay



Gökyüzündeki Bazı Parlak Süpernova Adayları

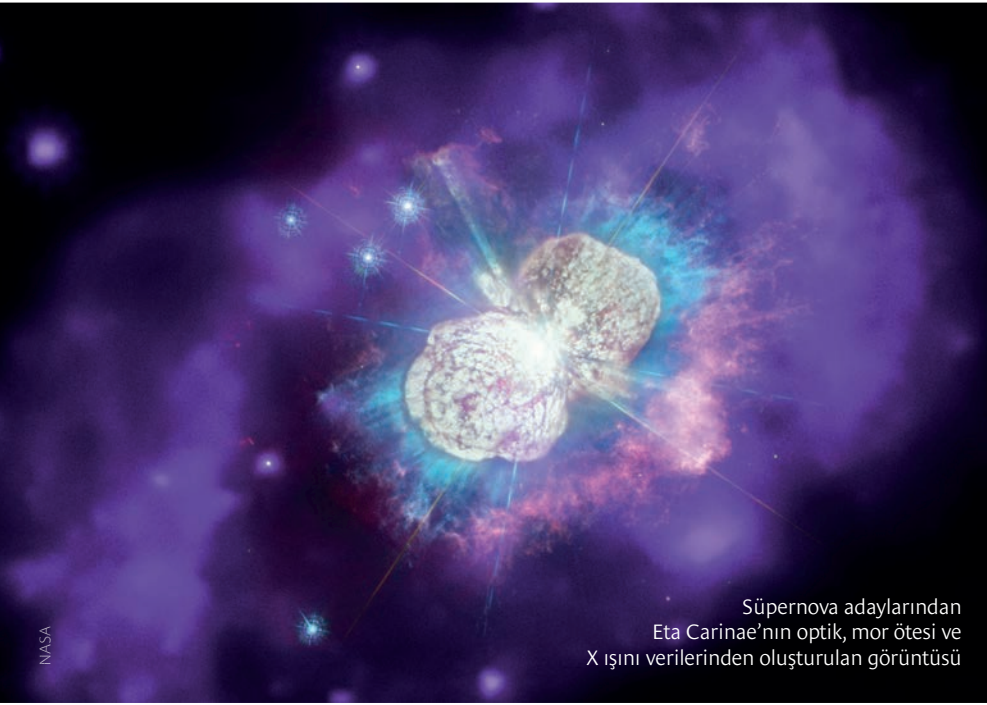
Gökyüzündeki yıldızlar, insanların yaşam süreleri dikkate alındığında, atmosferik etkilerle gösterdikleri küçük değişimler dışında, hiç değişmeyecek gibi görünür. Bu yüzden romantizm akımının önemli şairlerinden John Keats, “Parlak Yıldız” şiirine, “Parlak yıldız! Ben de senin gibi değişmez olsam. . .” diye başlayarak yıldızların zamana meydan okuyan istikrarını öne çıkarır. Dünya atmosferi yüzünden yıldızın ışığında meydana gelen değişim, onların gerçek parlama gücüne etkiyen bir değişim değil, sadece çok uzaktaki yıldızlardan çıkan ışığın gezegenimizin atmosferindeki madde ile etkileşimleri sonucu ortaya çıkan ve bizim algıladığımız bir değişimdir.

Aslında yıldızların büyük bölümü ışık değişimi gösterir ancak bunları belirlemek için teleskoplar ve hassas kameralar gereklidir. Kararlı plazma küreleri olan yıldızlarda, gökyüzünde çıplak gözle görünecek şekilde parlaklık değişimi olması için genellikle patlama düzeyinde önemli fiziksel süreçlerin yaşanması şarttır.

Bunun dışında az sayıda yıldız için gözle fark edilebilecek ışık değişimleri de gerçekleşebilir.

Yıldızlardaki hayati değişimlerin nedenlerinden en önemlisi yıldız patlamalarıdır. Bir yıldız moleküler bulutta doğduğunda başlangıç kütlesi Güneş’in sekiz katını aşarsa büyük kütleli yıldız olarak nitelendirilir. Bu yıldızlar, füzyon reaksiyonlarını sürdüremez duruma geldiğinde şiddetli bir patlamayla maddelerinin önemli kısmını uzaya saçar. Büyük kütleli yıldızların yaşam süreleri görece daha kısadır ve çoğunlukla milyon yıl mertebesinde sürelerde süpernova patlaması geçirirler. Ölüm sürecine giren büyük kütleli yıldızlar, yüzeylerinin sıcaklığına bağlı olarak kırmızı veya mavi süper devler olarak gözlenebilirler. Çok büyük kütleli yıldızlar çekirdeklerinde füzyonla demiri oluşturduklarında; yıldızdaki en ağır element olan demir çekirdekte, ortaya çıkan diğer elementler de en hafifi en üstte kalacak şekilde, ağırlıklarına göre katmanlar oluşturarak, âdeta bir soğan gibi element kabukları meydana getirir.

Füzyon tepkimelerinin durmasından kısa bir süre sonra çekirdek çökmesi gerçekleşir. Bunun ardından da kütlenin önemli kısmını sağan şiddetli patlama meydana gelir. Kalan çekirdek, başlangıç kütlesine göre nötron yıldızı veya kara deliğe dönüşür. Patlamada büyük miktarda enerji açığa çıktığı için süpernovalar özellikle patlama anında ve devamında bir süre çok parlak gözlenirler. Süpernova patlamasında bir gök adanın yaydığı enerjiye eşdeğer enerji çıkabilir, dolayısıyla süpernovalar günlerce veya haftalarca çok parlak kalabilir. Bu şiddetli patlamalar, demirden daha ağır bazı elementlerin oluşmasına yol açar. Patlama sırasında ortaya çıkan etkili şok dalgaları çok uzak mesafelere ulaşabilir ve yeni yıldız oluşumlarını tetikleyecek şekilde moleküler bulutları sıkıştırabilir. Başka deyişle, yıldız ölümleri yeni doğumları başlatabilir. Süpernovaların bu türleri hakkında bilgi verdikten sonra kuzey yarım kürede çıplak gözle izleyebildiğimiz parlak yıldızlardan bazı süpernova adaylarına yakından bakalım.

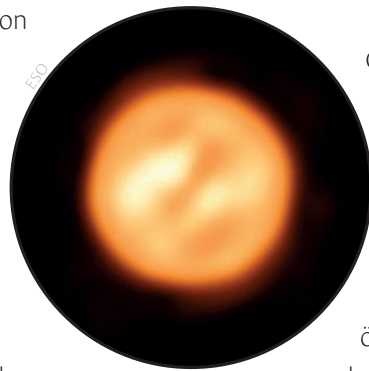


parlaklığı 0 ile 1,6 kadir arasında değişir) süper dev, çıplak gözle görülebilen en büyük boyutlu yıldızlardan biridir. Bu yıldız, Güneş sisteminin merkezinde olsa dış katmanları asteroid kuşağına kadar uzanırdı. Yarıçapı Güneş'in yarıçapının 764 katı olan bu kırmızı kararsız dev, Antares gibi pulsasyon yapan değişen bir yıldızdır. Betelgeuse'nin kütlesinin 16,5 ile 19 Güneş kütlesi arasında olduğu tahmin ediliyor. Yaşamının son evresinde olan aynı tür süper dev yıldızlar gibi bu dev de büyük kütle kayıpları yaşıyor ve her 10.000 yılda bir Güneş kadar kütleyi kaybediyor. 2019 yılı sonları ve 2020 yılı başlarında Betelgeuse'de ani bir parlaklık düşmesi gözlemlendi.

Parlaklığı en yüksek parlaklık değerinin yaklaşık yarısına kadar düştü. Uzmanlar bunu beklenenden fazla ve ani kütle kaybına bağlıyor. Parlaklık düşüşünü süpernova öncesi değişimler şeklinde yorumlayanlar olsa da yıldızın ışık küresindeki dev konvektif hücrelerden veya kendi eksenini etrafında dönmesi nedeniyle kutuplarından kütle kaybettiği açıklamaları daha fazla kabul gördü. Şu anda Betelgeuse'ün parlaklığı tekrar ortalamasının oldukça üzerine çıktı. Başlangıçta çok sıcak ve O tayf türünden büyük kütleli bir yıldız olarak doğduğu tahmin edilen Betelgeuse, farklı kuramsal hesaplamalara göre birkaç yüz bin ile bir milyon yıl arası bir sürede süpernova geçirebilir. Süpernova patlaması geçirdiğinde parlaklığının -12,4 kadire ulaşacağı ve yaklaşık dolunay parlaklığına ulaşarak birkaç ay bu şekilde gözlenebileceği öngörülmüyor. Yaklaşık 8 milyon yaşında, bize 650 ışık yılı mesafede bulunan ve kış üçgeninde yer alan bu kırmızı süper deve artık bu gözle de bakmak gerekiyor.

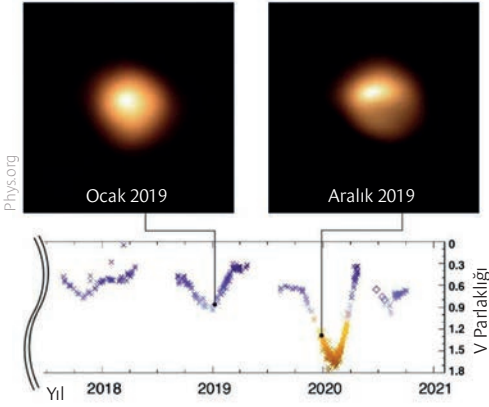
Antares (α Sco) süpernova adayları içinde en çok bilinen parlak yıldızlardan biri. Akrep Takımyıldızı'ndaki kırmızı süper dev yıldız Antares, aslında bir çift yıldız sisteminin üyesidir. Diğer üye yıldız, merkezinde hidrojen yakan ve yaşamının daha erken evrelerinde bulunan yaklaşık 5,5 kadir parlaklığında bir yıldızdır. Süpernova adayı olan Antares'in uzaya yaydığı enerji Güneş'ten neredeyse 100.000 kat fazladır. Yaklaşık 550 pc uzaklığında, yaşamının son dönemindeki bu kırmızı devasa yıldızın yaşının 15 milyon yıl olduğu tahmin ediliyor. Süper devlerde genellikle gözlenen düzensiz değişimler Antares'te de görülüyor. Görsel parlaklığı 0,6 ile 1,6 kadir arasında değişen bu dev, aynı zamanda pulsasyon yapıyor ve bu nedenle yarıçapı yaklaşık %19 oranında değişiyor. Kütlesi şu anda Güneş'in 12 katı kadar olan süper devin yaşamının son

dönemine kadar neredeyse Güneş'in üç katı kadar kütle kaybettiği hesaplandı. Antares'in devasa kütlesi ve yaşamında bulunduğu evre onu bir süpernova adayı olarak listelememizin en önemli sebebi. Bu yıldız birkaç milyon yıl geçmeden gökyüzünde dolunay kadar parlayacak ve gündüz dahi fark edilebilecek bir süpernova üretebilir. Uzaklığı nedeniyle bu patlamanın Dünya'yı etkilemesi söz konusu değildir. Süpernova artığı dışında, ondan geriye yüksek olasılıkla bir nötron yıldızı kalacak.



Antares'in VLT teleskobuyla alınmış görüntüsü

Gökyüzünün iyi bilinen parlak yıldızlarından Betelgeuse (α Ori), bir kırmızı süper dev yıldızdır ve önemli süpernova adaylarından biridir. Avcı'nın omzunda oturan bu dikkat çekici parlak (görsel



Kırmızı süper dev Betelgeuse yıldızının parıllık değışimi ve gözlenen büyük parıllık düşüşü

Gökyüzünün süper devlerinden olan Deneb (α Cyg), Kuğu Takımyıldızı'nda parlıyor. Yaz üçgeninde yer alan Deneb; gökyüzünü tanımak için kullanılan parık, anahtar yıldızlardan biridir. Mavi-beyaz süper dev yıldız olan Deneb'in kütlesi Güneş'in 19 katı, yüzey sıcaklığı ise yaklaşık 8500 K derecedir. Güçlü rüzgârları nedeniyle her 500 yılda bir Dünya kütlesi kadar maddeyi kaybeder. Yaşamına çok daha büyük kütleli (yaklaşık 23 Güneş kütlesi) bir O yıldızı olarak başladığı tahmin edilen Deneb'in kırmızı dev evresine doğru ilerleyeceği ve birkaç milyon yıl içinde süpernova patlaması geçireceği öngörülüyor. Deneb süper dev de değışen bir yıldızdır ve görsel parıllığı 1,21 ile 1,29 kadir arasında değışir. Deneb eğer Güneş sisteminin merkezinde olsaydı, Dünya'nın yörüngesini de aşan bir mesafeyi kaplardı. Yaklaşık 1.500 ışık yılı uzaklıkta yer alan bu süper dev de gökyüzünde ışıldayan parık süper nova adaylarından biridir.

Spica (α Vir), Başak Takımyıldızı'nın en parık yıldızdır. 250 ışık yılı uzaklıktaki Spica, aslında yanında bileşeni olan tayfsal çift yıldızdır. Görünür parıllığı 1 kadire çok yakın olan Spica, merkezinde hidrojenini bitirmiş ve yaşamının ileri

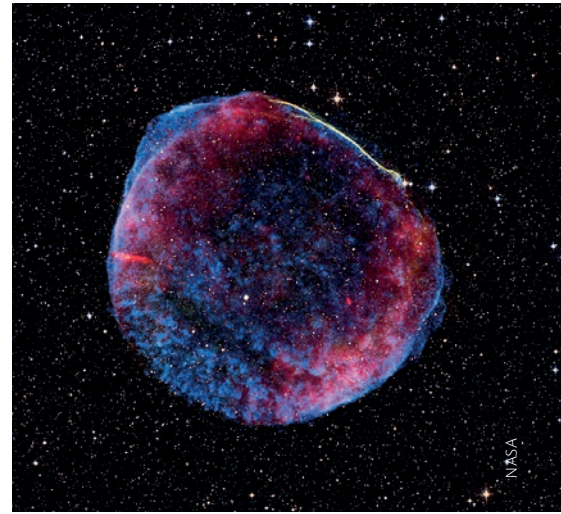
aşamasında bulunan bir B dev yıldızıyla, henüz hidrojen yakan başka bir B yıldızından oluşan bir çift sistemdir. Spica'nın yüzey sıcaklığı yaklaşık 25.000 K derece, kendi etrafındaki dönme hızı ise saniyede 165 km yöresindedir. 12,5 milyon yıl yaşında olduğu tahmin edilen bu dev yıldızın kütlesi Güneş'inin yaklaşık 11 katıdır. Gökyüzünün parık yıldızlarından biri olan Spica, Dünya'ya yakın süpernova adaylarından biridir. Şu andaki fiziksel özellikleri süpernova için birkaç milyon yıldan daha fazla zaman geçmesi gerektiğini gösteriyor.

Kral Takımyıldızı üyesi Mu Cep (μ Cep, Erakis), yaşamının son evresinde olan başka bir kırmızı süper dev yıldız. Yoğun kütle atımı yapan bu dev yıldız, saniyede 10 km hızla genişleyen bir toz kabuğa sahiptir. Kütlesi Güneş'inin yaklaşık 19 katı olan Mu Cep'in yaşamına yaklaşık 25 Güneş kütlesiyle başladığı tahmin ediliyor. Pulsasyon nedeniyle değışen yıldız olarak sınıflanan süper devin görünür parıllığı 3,4 ile 5,1 kadir arasında değışiyor. 2.840 ışık yılına yakın uzaklıkta olan Mu Cep yaklaşık 10 milyon yıl yaşında. Çıplak gözle görülebilen en uzak yıldızlardan biri olan Mu Cep, gökyüzündeki süpernova adaylarından biri olarak görülüyor.

Güneş sisteminin yakınında süpernova adayı bir yıldız bulunmuyor. Bir süpernova ne kadar mesafeden Dünya'ya zarar verebilir (kütle atımları, yüksek enerji yayılımı, şok dalgaları vb. süreçlerle) sorusuna farklı araştırmalar

farklı cevaplar veriyor. Bunlar arasında, süpernova patlaması Dünya'nın 30 ila 50 ışık yılı uzaklıktan daha yakında gerçekleşmezse önemli etkiler oluşturmayacağını öne süren çalışmalar öne çıkıyor.

Gökyüzündeki parık yıldızlardan bazılarının süpernova adayı olduğunu ve aynı zamanda bir nötron yıldızı veya kara delik adayı olduklarını bilmek heyecan verici. Bunların süpernova geçirmeleri için kendi zaman ölçeklerinde kısa ancak insan yaşamı için oldukça uzun süreler (birkaç yüz bin yıldan birkaç milyon yıla kadar uzanan süreler) geçmesi gerekiyor. Aynı zamanda aramızdaki yüzlerce, binlerce ışık yılı mesafeleri de unutmamak gerekiyor. Tabii ki yakınlarımızda bu tür enerji patlama geçirecek bir aday olmadığını ve bu bakımdan güvende olduğumuzu da hatırlatalım.



Süpernova kalıntısı SN 1006'ın farklı dalga boylarındaki (X ışını, optik ve radyo) verilerinden elde edilen görüntüsü

<https://sites.uni.edu/morgans/astro/course/Notes/section2/new9.html>
<https://www.star-facts.com/category/supernova-candidates/>
<https://earthsky.org/astronomy-essentials/safe-distance-from-a-supernova-earth/>
<https://www.space.com/is-betelgeuse-going-supernova>
<https://www.discovermagazine.com/the-sciences/the-closest-supernova-candidate>

Ayın Önemli Gök Olayları

05 Eylül Ay ve Jüpiter birbirlerine yakın görünümde

12 Eylül Ay Dünya'ya en uzak konumunda (406.292 km)

27 Eylül Ay ve Satürn birbirlerine yakın görünümde

28 Eylül Ay Dünya'ya en yakın konumunda (359.914 km)



27 Eylül gün batımında doğu gökyüzü

1 Eylül 23.00
15 Eylül 22.00
30 Eylül 21.00



Gezegenler

Merkür: Geçen ay gökyüzünde Güneş'e yaklaşmaya başlayan gezegen, ayın ilk haftasından sonra Güneş'in batı tarafına geçecek ve artık sabahları gün doğumunda doğu ufku buluncak. Ufuktan yeterince yükselebilmesi için ayın ortasını beklemek gerekiyor. Gezegen eylül sonuna kadar hafifçe kısalan sürelerle gözlenebilir olacak.

Venüs: Sabahları gün doğmadan önce doğuda oldukça parlak bir şekilde gözlenebilecek gezegen neredeyse iki saat gökyüzünde. Ayın ortasından sonra aynı bölgede ufka daha yakın olan Merkür ile birlikte görülebilecek. Gözlem süresi bu ay daha da artarak üç saate ulaşacak.

Mars: Ayın başında, gün batımında batı ufku oldukça yakın olan ve parlaklığı da azalan gezegenin alacakaranlıkta fark edilebilmesi için temiz bir gökyüzü ve yüksekçe bir gözlem yeri gerekiyor. Bu şartlarda ancak ayın ortasına kadar kısa sürelerle gözlenebilir. Bundan sonra gezegen gökyüzünde Güneş'e yaklaşmaya başlayacak ve gözlenmesi mümkün olmayacak.

Jüpiter: Ay başında gece yarısından iki saat önce doğu ufkundan yükselen gezegenin gökyüzünde yıldızlara göre konumu günden güne batıya doğru değişecek. Dolayısıyla daha erken doğmaya başlayacak ve gün doğumuna kadar gökyüzünde buluncak. 5 Eylül'de

Ay ile birbirlerine yakın görünecek gezegene Ay'ın doğusundaki sönük Uranüs de eşlik edecek. Fakat parlak Ay ışığında Uranüs'ü fark edebilmek için teleskop gerekecek. Ayın son günlerine doğru gezegen artık gün batımından iki saat sonra doğacak ve gecenin büyük bölümünde gökyüzünde kalacak.

Satürn: Ayın başında Güneş batarken doğudan yükselmeye başlayan gezegen tüm gece gökyüzünde kalacak. Geçtiğimiz aya göre parlaklığı biraz daha artmış bir şekilde gözlenebilir. Ayın sonuna doğru Güneş battığında doğuda yükselmiş olan Satürn artık gün doğumundan üç saat öncesine kadar gökyüzünde.

Düşünme Kulesi

Ferhat Çalapku [dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr]

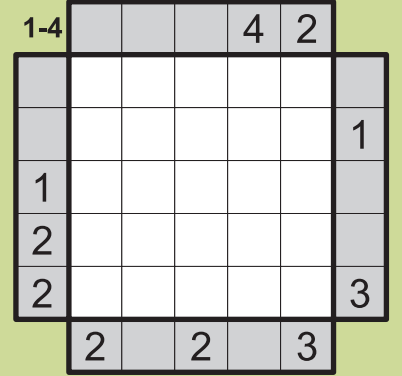
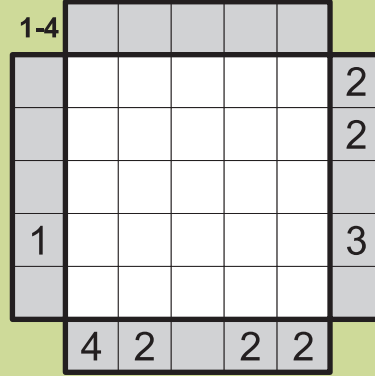
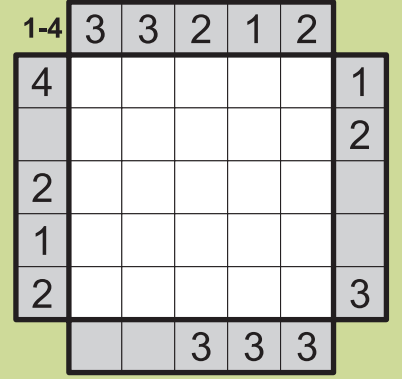
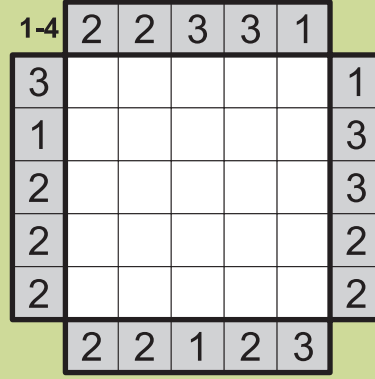
Ayın Oyunu: Boşluklu Apartmanlar

Boşluklu Apartmanlar Oyununun Kuralları

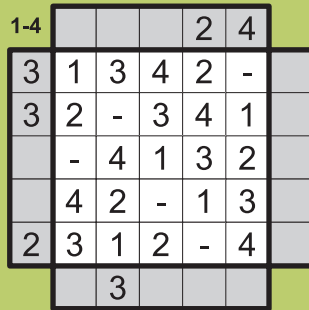
Her bir satır ve sütunda, verilen aralıktaki rakamlar tam olarak birer kez yer alacak şekilde diyagramı doldurun.

Her rakam, yüksekliği o sayıda katı olan bir apartmanı temsil etmektedir.

Diyagramın dışındaki sayılar, o yönden bakıldığında daha yüksek apartmanlarca gizlenmeyip görülebilen apartman sayısını belirtmektedir.



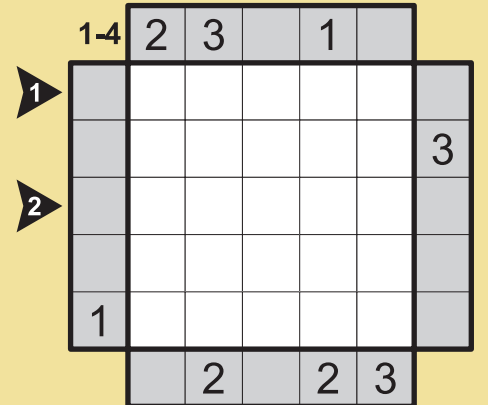
Boşluklu Apartmanlar - Örnek Çözüm



Ödüllü soru

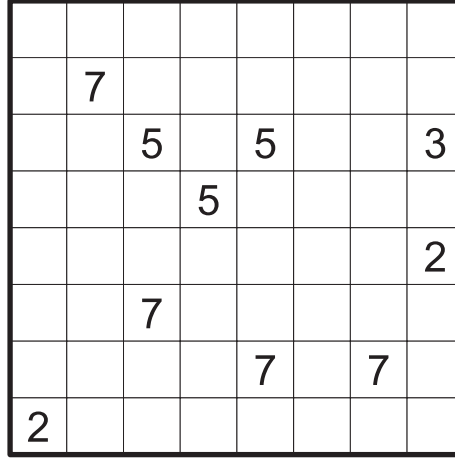
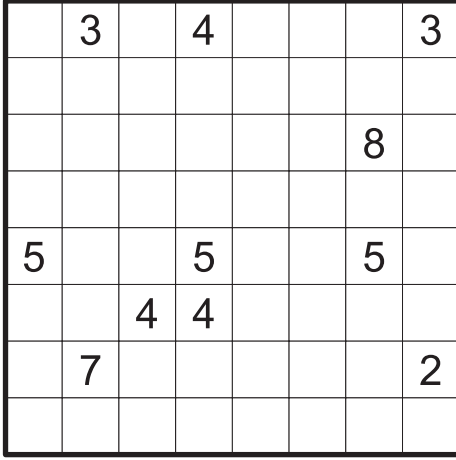
▼ Boşluklu Apartmanlar sorusunu çözüp ok doğrultusundaki içeriği yazarak ad, soyad, adres ve telefon bilgileri ile birlikte dusunme.kulesi@tubitak.gov.tr adresine gönderenler arasından çekilişle belirlenecek 10 kişiye TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları tarafından yayımlanmış *Mikroorganizmalarla Takım Olmak* başlıklı kitap hediye edilecek. Çekiliş sonuçları dergimizin Facebook ve Twitter hesaplarından önümüzdeki ayın ilk haftasında duyurulacak. Geçen ayın ödüllü Ardışık Sudoku sorusunu doğru yanıtlayan ve kitap ödülü kazanan okurlarımızın listesi Facebook ve Twitter hesaplarımız üzerinden duyuruldu.

bilimteknik.tubitak.gov.tr



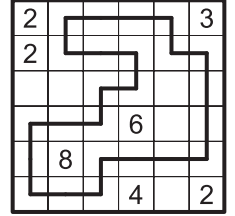
Ok doğrultusundaki içeriği yazın.
Örnek çözümün ilk satırı 1342X şeklinde yazılmalıdır.

Yol Oluşturma: Oyunun amacı komşu hücreler boyunca yatay veya dikey ilerleyen, ayrıca da kendisini kesmeyen kapalı tek bir yol oluşturmaktır. Yol, rakam olan hücrelerden geçemez ve bu rakamlar çevrelerindeki hücrelerden kaç tanesinin yolun parçası olduğunu belirtir.

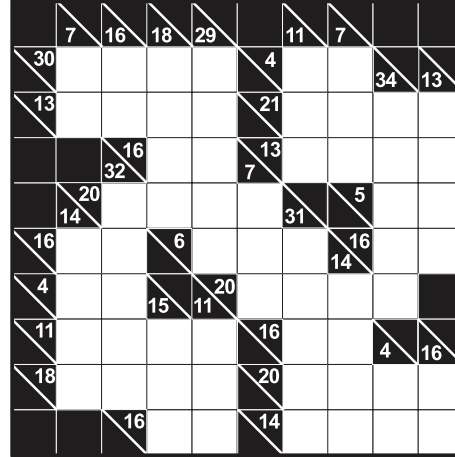
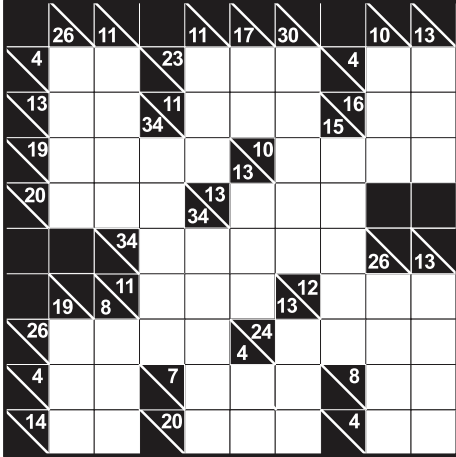


Yol Oluşturma

Örnek Çözüm

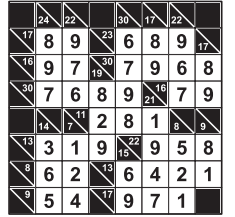


Kakuro: Boş hücrelere 1'den 9'a rakamları yerleştirerek diyagramı doldurun. Çizgiyle bölünmüş karelerde çizginin altındaki sayılar altındaki rakam gruplarının, üstündeki sayılar ise sağındaki rakam gruplarının toplamını vermektedir. Bir toplamı oluşturan rakamlar birbirinden farklı olmalıdır.

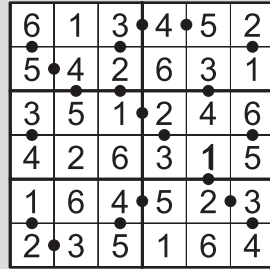
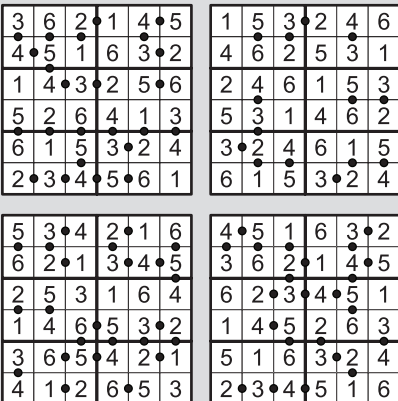


Kakuro

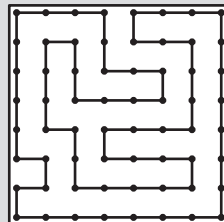
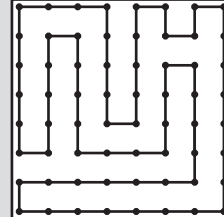
Örnek Çözüm



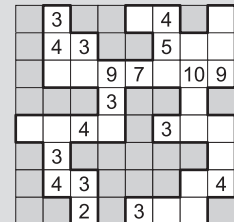
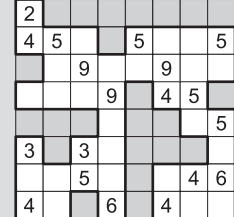
Geçen Sayının Çözümleri



Ödüllü Soru:
Ardışık Sudoku



Patika Oluşturma



Mağara

Ardışık Sudoku

Satranç

Kıvanç Çefle [btsatranc@tubitak.gov.tr]

Değeri Geç Anlaşılan Bir Etütçü Alois Wotawa

Bu yazımızda sizlere Avusturyalı etütçü Alois Wotawa'dan (1896-1970) söz etmek istiyoruz. Wotawa, aslında etüt meraklıları tarafından iyi bilinen bir isim. Hatta yapıtlarının Aleksey Troitzky, Richard Reti ve Leonid Kubbel gibi ustalarinkilerle aynı düzeyde olduğunu iddia edenler bile var. Buna rağmen, genel satranççı kitlesi içinde popülaritesinin arttığını ancak son zamanlarda görüyoruz. Uzun süre gölgede kalmasının bir nedeni, etütlerini nadiren yarışmalara

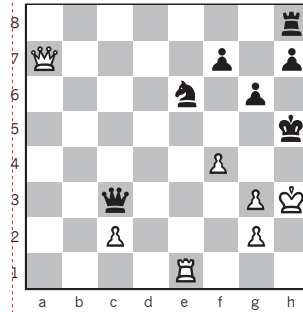
göndermesi, dolayısıyla çok az etüdünün ödül alması olarak değerlendirilebilir. Günümüzde ise satranç kompozisyonlarıyla ilgili internet kaynaklarında ve oyun sonu kitaplarında onun eserlerine artık sıklıkla yer veriliyor. Bunun sebebi de etütlerinin yalnızca estetik olarak değil, didaktik (öğretici) yönüyle de satranç eğitimcileri tarafından öneminin fark edilmesi ve turnuva hazırlığı yapan oyunculara hararetle önerilmesi.

1966 yılında FIDE tarafından Uluslararası Satranç Kompozisyonu

Ustası ünvanı verilen Wotawa'nın birçok etüdü mat fıkline dayanıyor ve fedalar içeren kombinezonların yanı sıra beklenmedik sessiz hamlelerle de seçkinleşiyor. Şimdi örneklere geçelim.

Diyagram 1

Wiener Schachzeitung,
1935



Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm: **1. Kxe6!**

1. Ve7? Axf4+ Şh2
Axc2; 1. Ke5+? Şh6
2. Vxf7 Vxe5 3. fxe5
Ag5+ 4. Şg4 Axf7.

1...fxe6

1...Vc8 2. g4+ Şh6
3. Vxf7 Vc3+ 4.
Şh4+-; 1...f5 2. Ve7
Şh6 3. Vg5+ Şg7 4.
Ke7+ Şg8 5. Kd7 +.

2. Vg7!!

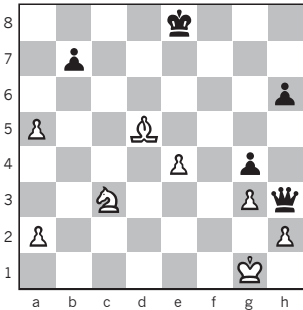
2. Ve7? Şh6=.

2...Vxg7

2...Ve3 3. Vxh8+-.

**3. g4+ Şh6 4. g5+
Şh5 5. g4#.**

Beyazın "ağır toplarını" feda edip yalnızca piyonlarıyla mat edeceğini kim tahmin edebilirdi?

Diyagram 2*Schach-Echo, 1962*

Beyaz oynar ve kazanır.

Çözüm:

1. a6!

Beyaz 2. a7 ve 3. a8=V ile tehdit ediyor. Siyah vezir bu tehdidi önleyemez. Örneğin 1... Vh5 2. a7 ve 3. a8=V.

1...bxa6

Bu hamle zorunluydu. Artık c6 karesi fili ağırlamaya hazır:

2. Fc6+ Şd8 3. Fe8!!

Beklenmedik sakın bir hamle! Tehdit 4. Fg6, 5. Ad5 ve 6. Af4.

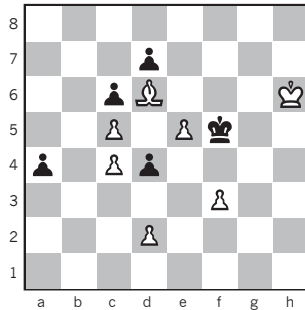
3...Şxe8 4. Ad5 Şd8

4...Vh5 5. Af6+ ve kazanır.

5. Af4+. Kırışmalardan sonra ortaya çıkacak piyon finalini beyaz rahatlıkla kazanacaktır.

Diyagram 3

Deutsche Schachzeitung, 1944



Beyaz oynar ve kazanır.

Siyahın durdurulamaz görünen a4 piyonu göz önüne alındığında, beyazın kazanç yerine beraberliğe oynaması daha gerçekçi olmaz mıydı? Bu konumda beyazın bir mat ağı örebileceğini öngörmek büyük hayal gücü gerektiriyor! Çözüm:

1. d3!!

Hamle sırası önemli: 1. e6? dxe6 2. d3 e5! ve kaybeden beyaz olur!

1...a3 2. e6! dxe6

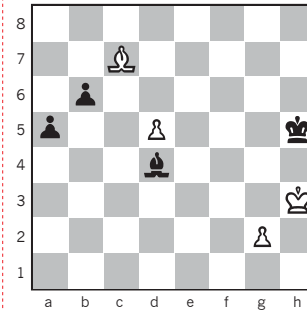
2...Şxe6 3. Şg6 a2 4. f4 a1=V 5. f5#.

3. Fe5!!

Beyaz 4. Fxd4 ile tehdit ediyor.

3...Şxe5 4. Şg5 a2 5. f4#.

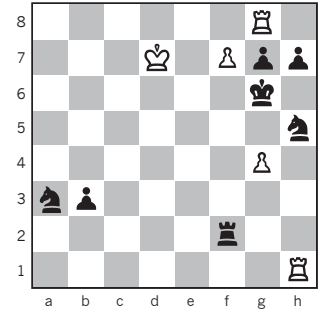
Bu üç örnek sanıyoruz sizlere Wotawa'nın tarzı hakkında bir fikir vermiştir. Ayın soruları olarak çözmeniz için size onun iki etüdünü sunuyoruz.

Ayın Soruları**Diyagram 4***Schach Magazine, 1951*

Beyaz oynar ve kazanır.

Diyagram 5

Deutsche Schachzeitung, 1960



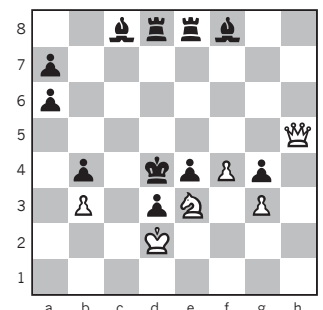
Beyaz oynar ve kazanır.

Geçen Ay Sorulan Problemlerin Çözümleri

Geçen ay sizlere ünlü problem kurgucusu ve bilmece tasarımcısı ABD'li Samuel Loyd'u birkaç problemiyle tanıtmaya çalışmış ve "Ayın Problemleri" olarak sizlere onun dört problemini sunmuştuk. Şimdi bunların çözümünü sunuyoruz.

Diyagram 6

Saturday Evening Gazette (Boston), 1859



Beyaz oynar ve iki hamlede mat eder.

Çözüm:

1. Va4! (zugzwang)

a) 1...Fd7 2. Vd5#;

b) 1...Kd7 2. Af5#;

c) 1...Fe6 2. Ve5#;

d) 1...Ke6 2. Af5#;

e) 1...Fe7 2. Ve5#;

f) 1...Ke7 2. Vxb4#;

g) 1...Fd6 2. Vd5#;

h) 1...Kd6 2. Vxb4#;

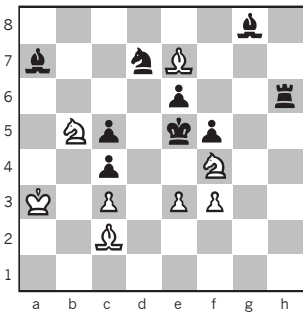
j) 1...Fc5 2. Va1#.

Bu problemde yan yana duran iki fil ve iki kale yapısına (fil/kale/kale/fil sıralamasıyla) “Org Boruları” deniyor. Bu isimlendirmeyi Loyd değil de daha sonradan bir Alman mimar yaptı. Açıkçası neden böyle bir isimlendirmeyi tercih ettiğini bilmek zor. Ama mekanizma açık: bu yapı ile Loyd d7, e7, d6 ve e6 karelerinde dört fil/kale kesişimini (Grimshaw) gösteriyor. Org Boruları teması, daha sonra başka problem kurucular tarafından da sık sık kullanıldı.

Diyagram 7

New York Albion, 1858

Birincilik Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Çözüm: **1. Fa4!**

(zugzwang)

a) 1...Kh1 2. Ag6+ Şd5

3. Ac7#;

b) 1...Fb6 2. Ad6 ve

3. Axc4#;

c) 1...Fb8 2. Ad4 ve 3.

Ac6#; 2...cxd4 3.

cxtd4#;

d) 1...Ab6 2. Ad4 ve

3. Ac6#;

e) 1...Af8 2. Ad6 ve

3. Axc4#;

f) 1...Ff7/h7 2. Ad6 ve

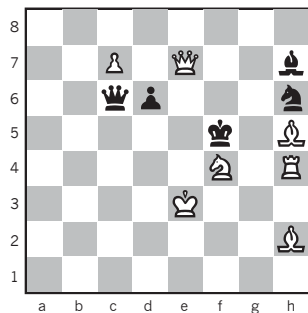
3. Axc4 ya da 3. Axf7#.

Başlangıç konumunda siyahın birçok hareketli taşının olması bekleme hamlesi niteliğindeki anahtar hamleyi başarıyla gizliyor.

Diyagram 8

American Union, 1858

İkincilik Ödülü



Beyaz oynar ve üç hamlede mat eder.

Çözüm: **1. Şd2!** (tehdit 2.

Fg4+ Axc4 3. Kh5#)

a) 1...Vg2+ 2. Axc2 ve

3. c8=V/F#;

b) 1...Vd5+ 2. Axd5 ve

3. c8=V/F#;

c) 1...Vc1/Vc2/Vc3+ 2.

Şxc1/Şc2/Şc3 ve

3. c8=V/F#

d) 1...Ve8 2. Fxe8 Fg8

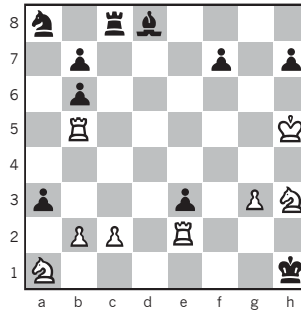
3. Fg6#.

Siyah vezirin birçok yönden şah çekebilmesine rağmen problem öyle kurgulanmış ki üç hamlede mat ölenemiyor.

Diyagram 9

The Era (London), 1861

İkincilik Ödülü



Beyaz oynar ve beş hamlede mat eder.

Hatırlarsanız bu problem için size bir ipucu vermiştik: Beyaz bütün hamlelerini aynı piyonla yapacaktı.

Çözüm:

1. b4! (tehdit 2. Kf5 ve

3. Kf1# ya da 2. Kd5

ve Kd1#)

1...Kc5+ 2. bxc5

Tehdit 3. Kb1#.

2...a2 3. c6

Yine 4. Kf5/Kf1#

ya da 4.Kd5/Kd1#

tehditleriyle.

3...Fc7 4. cxb7 ve 5.

bxg8=V/F#

Unutulmaz bir problem. Loyd

daha sonra bu

probleme, ABD'li şair

Henry Wadsworth

Longfellow'un

“Excelsior” başlıklı

şiiirinden esinlenerek

onun adını verdi. Bunu

“her zaman daha da

yukarı” diye çevirebiliriz.



Ayın Sorusu

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

Bilkent Üniversitesi Fen Fakültesi
Matematik Bölümü

Soruyu çözüp cevabı ad, soyad, adres ve telefon 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:

Garip Eğriler, Tavşanları Saymak ve Diğer Matematiksel Keşifler



Çözümü ile birlikte gönderilmeyen cevaplar değerlendirilmeye alınmayacaktır.

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

Cücelerin Keloğlan'a Verdikleri Ziyafet



Keloğlan 33 cücenin yaşadığı bir çiftliği ziyaret eder. Cüceler de Keloğlan'ın şerefine bir ziyafet düzenler. Ziyafete katılan Keloğlan çiftlik avlusunda 34 kişilik bir yuvarlak masa, o masanın etrafında da 34 sandalye olduğunu fark eder. Masanın üzerindeki her bir sandalyenin karşısında bir kap yemek vardır. Keloğlan 33 cücenin de onun gelmesini beklemeden sandalyelere yerleştiklerini görür ve morali biraz bozulur. Ancak cücelerin bu durum için bir açıklaması vardır. Cüceler masadaki 34 kaptaki 34 farklı yiyecek bulunduğunu, her bir cücenin sevdiği sadece bir tür yemek olduğunu ve cücelerin en çok sevdikleri yemeğin karşısına oturacak şekilde sandalye seçtiğini söyler.

Keloğlan boş kalan tek sandalyenin karşısındaki kaptaki yemeği beğenmez ve yemekten önce cücelere bir oyun oynamayı önerir. Bu oyunun kurallarına göre, cüceler önce kendi isimlerini bir liste hâlinde Keloğlan'a verir (çiftlikteki tüm cücelerin isimleri birbirinden farklıdır ve Keloğlan hiçbir cücenin ismini bilmez). Keloğlan oyun başlamadan önce masadan kalkıp masaya sırtını döner. Oyunun her bir işleminde Keloğlan listedeki isimlerden birini söyler. İsmi söylenen cüce, kendisinin tam sağındaki ya da tam solundaki sandalye boş ise kendi sandalyesinden kalkıp yanındaki o boş sandalyeye oturur. Fakat yanındaki her iki sandalye de doluysa kendi sandalyesinde oturmaya devam eder.

Keloğlan her bir adımda bir önceki işlemde söylediği ismin aynısını ya da farklı bir ismi söyleyebilir. Keloğlan her işlem sonucunda söylediği isimdeki cücenin yer değiştirip değiştirmediğini göremez. Keloğlan istediği kadar işlem yaparak oyunu sürdürebilir ve istediği an oyunu durdurur. Cücelerin kendisi ile empati kurmasını isteyen Keloğlan'ın amacı, oyunun sonunda mümkün olduğunca çok sayıda cücenin başlangıçtaki sandalyesinde oturmaması ve dolayısıyla önündeki kaptaki yemeğin onun sevdiği yemek olmamasıdır.

Keloğlan her durumda (şansına bağlı olmadan) oyunun sonunda en az N sayıda cücenin önünde sevdiği yemek olmamasını garantileyebiliyorsa N sayısının alabileceği en büyük değeri bulunuz ve bulduğunuz bu sayının neden daha büyük olamayacağını gösteriniz.

Zekâ Oyunları

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

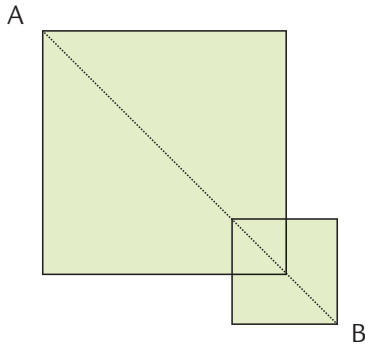
HATALI SAYI

Kutulardaki sayılar belli bir kurala göre oluşturulmuştur. Kutulardaki sayılardan biri hatalı olarak girilmiştir. Bu sayı hangisidir?

1	2	5	12	41	122	...
---	---	---	----	----	-----	-----

ÇAKIŞIK DİYAGONELLER

Alanları 49 birim kare ve 16 birim kare olan iki kare şekilde görüldüğü gibi diyagonalleri çakışık biçimde yerleştirilmiştir. AB uzunluğu $9\sqrt{2}$ birim olduğuna göre bu şeklin alanını hesaplayınız.



İKİ EŞİTLİK

$$a = b + c$$

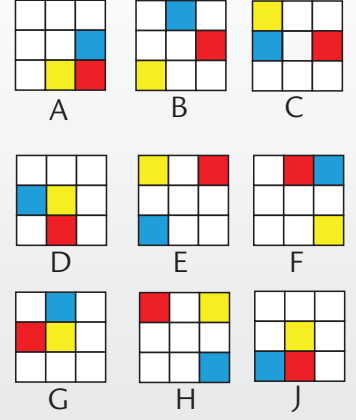
$$a + b = c^b$$

Bu eşitlikleri sağlayan a, b ve c pozitif tamsayılarını bulunuz.

RENKLİ SUDOKU

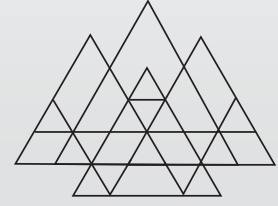
Şekilde görülen 9 tablodan üçü üst üste konduğunda her satırda ve her sütunda her rengin tam olarak bir kez bulunduğu bir tablo elde edilebilir. Bu üç tablo hangileridir?

Tablolar üst üste konarken döndürülemez ve ters çevrilemez.



ÜÇGENLERİ SAY

Bu şekilde toplam kaç üçgen var?



TAM KARE SAYI

Tam kare bir sayı aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 10'a tam olarak bölünmemektedir.
- En sağdaki iki basamağının oluşturduğu sayı da tam karedir.
- Bu iki basamak çıkartıldığında kalan basamakların oluşturduğu sayı da tam karedir.

Bu özelliklere sahip en küçük doğal sayı kaçtır?

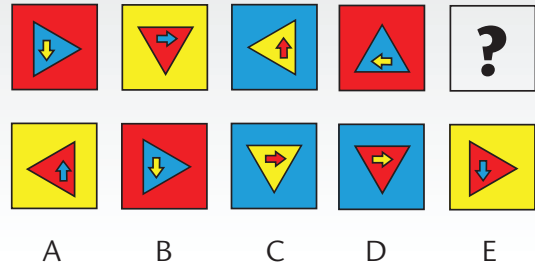
DIŞBÜKEY ÇOKGEN

Bir dışbükey çokgenin tam olarak dört iç açısı geniş açıdır. Bu çokgenin kenar sayısı en fazla kaç olabilir?

- Dışbükey çokgen: Tüm iç açıları 180 dereceden küçük olan çokgen.
- Geniş açı: 90 derece ile 180 derece arasında olan açı.

SORU İŞARETİ

Soru işaretinin yerine aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?



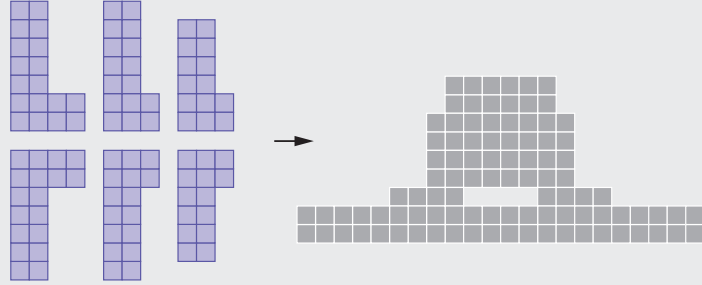
GOL ATMAMA OLASILIĞI

Bir futbol maçında bir takımın 9 numaralı futbolcusunun gol atma olasılığı $\frac{1}{3}$, 10 numaralı futbolcusunun gol atma olasılığı ise $\frac{3}{4}$ 'tür.

Bu maçta ikisinin birden gol atmama olasılığını hesaplayınız.

ALTI "L"

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



GEÇEN SAYININ ÇÖZÜMLERİ

DAİRE

C



YAŞLAR

9 farklı biçimde olabilir.

- $1+9+17=27$
- $2+3+4+5+6+7=27$
- $2+9+16=27$
- $3+9+15=27$
- $4+9+14=27$
- $5+9+13=27$
- $6+9+12=27$
- $7+9+11=27$
- $8+9+10=27$

HARFLER

A gelecek.
PAZAR, PAZARTESİ, SALI, ÇARŞAMBA,
PERŞEMBE, CUMA, CUMARTESİ
günlerinin sesli harfleri.

HARF DEĞERLERİ

5	6	9	6	21
11	15	15	27	
D	E	Ğ	E	R
11	15	15	27	

SAYI OLUŞTUR

974 (4, 36, 125, 978).

TOPLAM 6

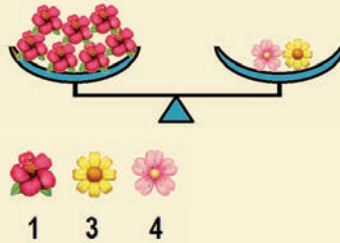
30030

İKİ EŞİTLİK

$a=2$, $b=1$, $c=3$

ÇİÇEKLER

B gelecek.

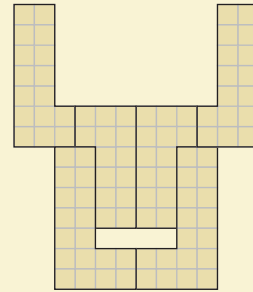


MASA TENİSİ YARIŞMASI

Beş kişi arasında 10 maç yapılabileceğine ve her maçtan 1 puan alındığına göre yarışmada alınacak toplam puan 10'dur. Herkes farklı puan aldığına göre puan dağılımı $0+1+2+3+4=10$ biçimindedir. Masa tenisçilerini birinciden beşinciye kadar A, B, C, D ve E olarak adlandıırırsak maç sonuçları şöyledir:

(A-B:1-0), (A-C:1-0), (A-D:1-0), (A-E:1-0),
(B-C:1-0), (B-D:1-0), (B-E:1-0), (C-D:1-0),
(C-E:1-0), (D-E:1-0).

ALTI "L"



Yayın Dünyası

İlay Çelik Sezer [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Derin Uzay – Güneş Sistemi’nin Ötesine Evren’in Sınırlarına ve Zamanın Başlangıcına Bir Yolculuk

Govert Schilling
Çeviri: Bilge Tanrıseven

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Başvuru Kitaplığı, 2023 (3. Basım)

Bu kitap, bizleri uzayın derinliklerine, ötegezegenlere kadar götüren bir keşif gemisi niteliğinde. Dünya’dan kalkıp uçsuz bucaksız evrenin derinliklerine, gök ada kümelerinin içlerine doğru çıktığımız bu seyahatte kaptan Govert Schilling’in belirlediği rotayı takip edeceğiz. Arka bahçemizdeki gezegenlerin arasında kısa bir tur attıktan sonra çok daha uzağa; yıldızların ve bulutsuların, yıldız kümelerinin, süpernova patlamalarının ve kara deliklerin, gök adaların ve gök ada kümelerinin diyarına, uzayın sınırlarına ve zamanın başlangıcına gideceğiz. Yıldızların doğumuna tanık olacağız, yıldızların ölümünü göreceğiz, artık neredeyse kesin olduğu kabul edilen süper kütleli kara deliklere yaklaşacak, bilinen evrenin teorik sınırlarında gezineceğiz.

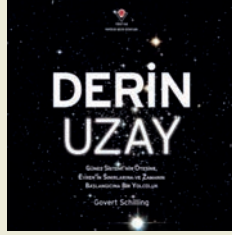
Yüzlerce fotoğraf ve çizimin yanı sıra son derece kapsamlı bir yıldız haritası da içeren Derin Uzay, öğrencilerden gök bilimcilere kadar kozmosun güzelliğini büyüleyici bulan herkes için tam bir baş ucu kitabı niteliğinde.

Öklid’in Elemanları

Ali Sinan Sertöz

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
Yetişkin Kitaplığı, 2023 (5. Basım)

Öklid, MÖ 300 yılları civarında İskenderiye’de yaşadığı düşünülen Antik Çağ matematikçisidir. Elemanlar adlı bu kitabında zamanının bilinen tüm matematiğini yalnızca beş belit



ve beş genel kavramdan başlayarak sistematik bir şekilde yeniden kurgulamıştır. Öklid, on üç cilt olarak yazdığı bu temel geometri ve sayılar kuramı kitabında her yeni önermeyi yalnızca başta verdiği belitleri, genel kavramları ve daha önce kanıtlamış olduğu diğer önermeleri kullanarak kanıtlar. Bu yönüyle Elemanlar, yazıldığı günden itibaren Doğu ve Batı dünyasının düşünce yapısını derinden etkilemiş ve bugünkü bilim paradigmasının doğuşuna öncülük etmiştir. İki bin yıl boyunca her düşünen insanın baş ucu kitabı olmasının yanı sıra ders kitabı olarak da kullanılan Elemanlar’ın on üç cildinin tamamı ilk kez Türkçeye çevrildi. Bu çevirinin başında Öklid’in Elemanları ve çeviride izlenen yaklaşımlar üzerine ayrıntılı açıklamalar yapıldı. Bazen arka sayfada devam eden kanıtları şekil üzerinde takip etmeyi kolaylaştırmak için çift sayılı sayfaların sol üst köşesinde gereken şekil yeniden verildi. Bir kısmı toplu hâlde kitap başlarında, bir kısmı kitap ortalarında, bir kısmı ise önermelerin içinde verilen tanımlar için bir toplu tanımlar dizini oluşturuldu. Son olarak önemli önermeleri kitap içinde bulmayı kolaylaştırmak için Seçme Önermeler Dizini eklendi. Bu kitap, mantığın matematiğe uygulandığı bir başeserdir.

Çizmeli Harikalar – Uzayda

Gökçe Akgül
(Yazar ve çizer)

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
9 yaş +, 2022 (1. Basım)

Adım adım karakter tasarımı ile Çizmeli Harikalar sizlerle! Her bir karakteri çizerken hem eskiz, çizim ve renklendirme sürecini öğreneceksiniz hem de çizdiklerinizle ilgili bilimsel gerçeklere hayret edeceksiniz. Paylaşılan ipuçları ise kendi karakterlerinizi tasarlayıp çizerken sizlere yol gösterecek.

İlk Okuma – Gece ve Gündüz

Emily Bone
Çeviri: Özlem Köroğlu
Çizer: Nina de Polonia

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları,
7 yaş +, 2022 (1. Basım)

Güneş battıktan sonra hangi hayvanlar uyanır? Bu hayvanlar gece boyunca neler yapar? Bu soruların cevaplarını ve gececil hayvanlarla ilgili daha pek çok ilginç bilgiyi bu kitapta bulacaksınız.

