

# Yeraltı Dünyasının Gerçek Hâkimleri

Gezeğin yüzeyindeki tüylü kısmı soyarsanız ya da okyanusları sifonlayıp suyunu boşaltırsanız, sonra da yüzeyin çok altında bir sonda yaparsanız inanılmaz bir dünya keşfedersiniz: Dünya içinde bir dünya. Dünya'nın derinliklerindeki bu karanlık biyosferde (üzerinde yaşam bulunan bölgeler) akla, hayale gelmeyecek yaşam biçimleri, çok zorlu biçimde varlığını sürdürüyor. Isı, basınç ve ağırlıktan hoşlanan garip yaratıklara özgü yaşam biçimleri bunlar. Bu mikroorganizmalar, ilk bakışta yukarıdakilerden pek de farklı değildir. Ancak bunların varlıkları bile, Dünya'nın iç kı-

sımlarında yalnızca çok büyük fiziksel kuvvetlerle kimyasal olayların hüküm sürdüğü, yaşamın bulunmadığı biçimindeki düşüncelerimizi değiştirdi. Bunun yanı sıra, Dünya'nın derinliklerinde birtakım mikroorganizmaların yalıtılmış olarak yaşıyor olması, başka gezegenlerin yüzeylerinde olmasa bile derinliklerinde yaşamın bulunma olasılığını artırıyor.

Derin biyosfer ya da kilometrelerce aşağıya kadar uzanan bir dünya düşüncesi gerçekte daha çok yeni. Yüzyılımızın büyük bir bölümünde mikrobiyologlar, bakterilerin toprak yüzeyinden ya da okyanus tabanın-

dan ancak 1,5 m derinliğe kadar yaşadığına inanıyorlardı. Nitekim jeologlar derin kazılarda bakterilere rastladıklarını öne sürdüklerinde, mikrobiyologlar o bakterilerin kazı aletleriyle yüzeyden taşınmış olacağını savunuyordu. Kimi jeokimyacılar ise yerkürede, mikroorganizmaların yaptıklarına benzeyen birtakım değişimlerin oluştuğunu belirttiler ve bunda ısrar ettiler. Ancak hiç kimse nedenini ortaya koymadı.

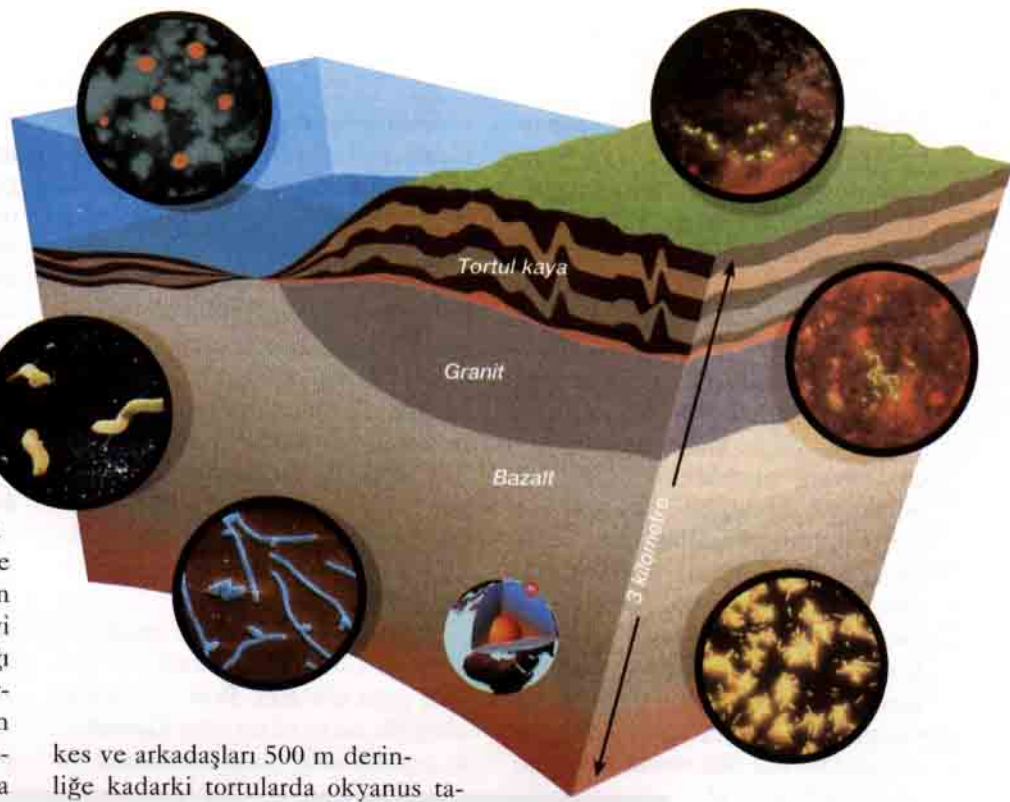
Öteden beri Dünya'nın derinliklerinin canlılar için pek uygun ortamlar olmadığı sanılıyordu. Aşağılara gidildikçe, içerideki radyoaktif bölge, üzerindeki tabakayı ısıttığından sıcaklık yükselmekteydi. Bu doğrultuda oluşmuş yaygın görüşe göre, mikroorganizmalar yüzeye yakın bölgelerde gömülü herhangi bir organik artığı çabucak tüketiyordu. Daha derin kısımlarsa besin yönünden zayıf olmalıydı. Ama en inandırıcı kanıt, bu organizmaları bulmaya çalışanların hiçbir sonuç elde edemeyişiydi. Ne var ki kimi gelişmeler, "steril yeraltı bölgesi" düşüncesinin bir anda yıkılmasına yol açtı. Amerika'da insanlar yeraltı suyu yataklarındaki suların temizliğinden kaygı duymaya başladılar -çünkü nüfusun yarısı içme suyunu kuyulardan sağlıyor. Bu yüzden bunların kirlenmesinden korkuluyordu. Ayrıca ABD Enerji Bakanlığı da nükleer atıkları, yeraltındaki kayalık mağaralarda depolamayı düşünüyordu. Dolayısıyla, varillerden sızabilecek nükleer atıkların hareketini etkileyebilecek ya da yeraltı sularının kimyasal yapısını değiştirebilecek mikroorganizmaların böylesi derin kesimlerde yaşayıp yaşamadıklarını bilmek, büyük önem kazanıyordu elbette. 1987'de ABD Enerji Bakanlığı, Yüzealtı Bilim Programı'nın bir parçası olarak, Güney Carolina'da



Savannah Irmağı kenarındaki nükleer tesislerin altında kalan tortul kayalarda, üç delik açtı. Mikrobiyologlar da bakterileri saptayabilecek yeni tekniklerle donatıldı. Mikroorganizmaları izole edip kültür üretmeseler bile artık nükleik asit sondaları ve DNA'ların parlamasını sağlayan floresan boyalar kullanarak var olduklarını gösterebiliyorlar. Okyanus ortasındaki denizaltı sırtlarında bulunan sıcak deliklerde araştırmalar yapan denizbilimciler (oşinograflar) de 113°C sıcaklığa kadar canlı kalabilen bakteriler keşfederek bir efsaneyi daha rafa kaldırdılar. Savannah Irmağı kenarındaki deliklerden çıkarılan örnekler, yüzeyaltında -en azından en derin deliğin erişebildiği 500 m derinliğe kadar- yaşam bulunduğuna ilişkin tartışılmaz kanıtlar ortaya koydu. O günden beri mikroorganizmalar, yalnızca tortul kayalarda değil, erimiş mağmanın soğumasıyla oluşan granit ve bazalt gibi kayalarda bile, her yerde görülür oldu.

Denizlerde de durum pek farklı değil. Okyanus tabanlarından alınan 750 m derinliğe değin erişen tortu örnekleri de daha başka yaşam izleri taşıyor. Bu araştırmaları yapan Bristol Üniversitesi'nden mikrobiyolog John Parkes "Araştırmalarımızın sınırlarını zorladığımızı sandık ama eldeki bütün örneklerde şaşırtıcı derecede yoğun nüfuslu mikroorganizmalar bulduk" diyor. Okyanus tabanındaki bazalt kayalarda yaşam izleri arayan, Oregon Üniversitesi'nden jeolog Martin Fisk, "Bakterilerin 100°nin altındaki sıcaklıklarda hemen her yerde yaşadığı sonucuna varabilirsiniz. Bu da yer kabuğunun çok büyük bir kısmı demektir" diyor.

Yaşam için tek sınırlayıcı etmen sıcaklık olsaydı, biyosfer 5-10 km aşağılara kadar genişlerdi. Ama magmatik kayalarda yaşam, yalnızca çatlakların içinde bulunur. Kayaların katı kısımlarında hiçbir şey yoktur. Öte yandan, tortularda yaşam her yerdedir, gözenekleri istila etmiştir. Bazı araştırmacılar, bir gram tortuda 100 milyon organizma saptadı. Atlantik'te, Pasifik'te ve Akdeniz'de, 15 noktadan alınan örneklerde, Par-



kes ve arkadaşları 500 m derinliğe kadarki tortularda okyanus tabanındakinin onda biri dolayında biyokütle buldular.

Her yerde boy gösteren mikroorganizmalar aynı zamanda büyük bir çeşitliliğe de sahip. Florida State Üniversitesi'nden mikrobiyolog David Balkwill, Savannah Irmağı örneklerinde on binin üzerinde sayıda farklı mikroorganizma bulunduğunu tahmin ediyor. "Şimdiye değin yalnızca 400 türün özelliklerini belirleyebildik ama yaklaşık 40 farklı cins bulunuyor" diyor. Balkwill'e göre bunlardan çoğu bilinen cinslere ait ama görünüme göre yeni türler. Küçük bir bölümüyse, bilinen herhangi bir cinsle uymuyor ve belki de olağan dışı. Bazıları da bilinen cinsten ama yaşadıkları kayaların ya da çamurların içinde bulunduğu koşullara garip uyum özellikleri geliştirmiş.

Tıpkı yeryüzünde olduğu gibi, yeraltında da kendi özgün topluluklarını barındıran farklı yerleşim bölgeleri bulunuyor. "Pek çok ayrı yerde bazı ortak türlere rastlıyoruz ama nem miktarına, besin çeşidine ve ortamın kumlu ya da killi olmasına bağlı olarak bazı farklılaşmalar oluyor" diyor Balkwill.

Derin biyosferde, bakterilerden başkaları da yaşıyor: Protozoa biçimindeki daha gelişmiş canlılar. Çoğunluğu, mineral parçacıkları arasındaki boşluklarda dolaşıp, bakteri topluluklarında beslenen 2-3µm boyunda kamçılı canlılar.

Protozoalar, bakterilerle besleniyor. Peki bakteriler yaşamlarını nasıl sürdürüyor? Bu, tümüyle yaşadıkları bölgeye ve oradaki kimyasal maddelere bağlı. Tortularda ve tortul kayalarda yaşayanlar, organizma artıklarıyla besleniyor. Kükürt, demir ve manganezin oksitlerinden de oksijen ve enerji sağlıyorlar. Mikrobiyolog Jim Frederickson "Fizyolojileri, içinde yaşadıkları ortamla örtüşüyor" diyor. Oksijensiz ortamda yaşayan bakteriler, karmaşık organik maddeleri aşama aşama kırıp basitleştiren birbirine çok bağlı bir ekip gibi çalışır. Bir bakterinin attığı, ekibin öteki üyeleri için besin oluşturur. Derinlik arttıkça organik madde miktarı da giderek azalır ve sonunda hiç kalmaz (en azından şimdilik böyle olduğu kabul ediliyor). Parkes ise "Gömülü organik maddelerde yaşamlarını beceriklice sürdüren bakteriler bulabileceğimizi ama organik maddelerin seyrekleşmesiyle bakterilere de rastlayamayacağımızı düşünüyordum. Ama birçok bölgede derinlikle birlikte hareketliliğin de arttığını gözledik" diyor. Bunun üzerine Parkes, derinliklerde daha sıcak olan ortamı taklit etmek amacıyla, okyanus tortularını ısıtmış. Isıtılan tortuların kimyasal analizleri sonucunda, sıcaklığın artmasının bir çeşit organik asit olan asetatin artmasına yol açtığı anlaşılmış. Birçok

bakteri türü, asetatın yapısını bozup kendileri için gerekli olan karbonu ve enerjiyi alıyor. "Bu artış tam bir sürpriz. Eğer bu yaygın bir süreçse, derinlik ve de sıcaklık arttıkça enerji kaynakları daha iyileşecektir. Asetat üretimini bakterilerin yapıyor olması bile mümkün; çünkü ısıtılmakla daha çok karmaşık organik madde daha iyi sindirilebiliyor.

Besin olarak kullandıkları mevcut organik maddelerin büyük bir bölümünü kendileri üretmelerine karşın bu organizmaların ve toplulukların gerçekte yüzeyle bir bağlantıları var: Organik maddeler, binlerce hatta milyonlarca yıl öncesine ait bile olsa, güneş enerjisinin ve fotosentezin ürünüdür. Ancak magmatik kayalardaki bakteriler, yüzeyle böylesine zayıf bir bağ bile olmadan yaşamlarını sürdürüyor olmalı çünkü magmatik kayalarda gömülü herhangi bir organik madde bulunmaz (belki çok çok uzun yıllar önce yüzeyden yalıtılmış bir miktar suyun içinde kalan çok az bir miktar). Bu yüzden, Washington Eyaleti'ndeki Columbia Irmağı Havzası'ndaki bazalt kayalarda çalışan araştırmacılar, eser mik-

tarda organik maddenin destekleyebileceğinin çok ötesinde gelişmiş bakteri toplulukları bulunca çok şaşırılmış. Bu buluşla birlikte çok önemli bir durum ortaya çıkıyor. Bazı bakteri türleri, kayalarda çözünmüş olarak bulunan hidrojeni ve karbon dioksitteki karbonu kullanarak kendi organik bileşiklerini üretiyor; bu üretim sırasında metan da açığa çıkıyor.

Bu bakteriler de, yeryüzündeki bitkiler ve denizlerdeki bitkisel planktonlar gibi, yeraltı dünyasının temel üreticileri. Öyle ki bu ekosistem, yeryüzünden ve güneş enerjisinden tümüyle bağımsız olabilen yegane ekosistem. Varlığını sürekli olarak koruyabilir.

Derin biyosferde yaşayanların besin elde etmede kullandıkları çeşitli ve yenilikçi yöntemler, bu den-

li uzun süre dış dünyadan kopuk olarak yaşamlarını nasıl sürdürebildiklerini açıklıyor. Tortularda ya da tortul kayalarda yaşayan bakteriler büyük bir olasılıkla yüzeyden geldi. Üzerlerinde yeni tabakalar oluştuğunda da daha derine gömüldüler. Princeton Üniversitesi'nden Jullis Onstott, Güney Afrika'da Witwatersrand'deki altın madeninin dibindeki bakterilerin 2 milyar yıl önce yüzeyden yalıtılmış olduklarını ileri sürüyor. Magmatik kayalardakilerse, çatlaklarda ilerleyen yeraltı suları tarafından milyonlarca yıl önce yine yüzeyden taşınmış olmalı.

Bulunan bakterilerin canlı olduklarından kimsenin kuşkusu yok ama çoğu ölü gibi. Belki de birkaç yüzyılda bir kez ürüyorlar. Genellikle çok kıt olan besin maddeleri ve



açlık sınırında bir beslenme düzeni, yaşamlarının da yavaş olmasına yol açıyor. New Mexico Maden ve Teknoloji Enstitüsü'nden Tom Kieft "Uzun ömürlü organizmaların metabolizma hızları yavaş oluyor ve kaynaklarını da tutumlu kullanıyorlar" diyor. Organizmalar, depoladıkları polimerleri metabolize ederken, çüçeleşme süreci olarak bilinen bir süreç geçirerek küçülüyor. "Yeraltının derinliklerinde yaşayan organizmaların çoğunluğu çok küçük" diyor Kieft. Mikroorganizmaların yaşını tahmin etmek mümkün olmadığı için, bu şekilde yaşamayı daha ne kadar sürdürebileceklerini kimse bilemiyor.

Dünya'nın iç kısımlarında başka bir biyosferin varlığının anlaşılması, doğal olarak Dünya dışı yaşam araş-

tırmalarını da etkiledi. Yaklaşık 3,8 milyar yıl önce, Dünya daha çok gençken, çok büyük miktarda bakteriye ev sahipliği yapıyordu. O dönemde çok sayıda dev göktaşı yağmurunun ve öldürücü morötesi ışınların etkisi altındaydı. Bazen bir göktaşı çarpması o kadar korkunç şiddette oluyordu ki ortaya çıkan ısı yeryüzeyini kavurarak yüzeydeki yaşamı sona erdiriyordu. Ama yaşam yeniden belirliyordu. Parkes ve birçok bilim adamına göre yüzeyde yaşam olmadığı bu dönemde, yüzeydeki koşullar uygun hale gelene değin yaşam yeraltının derinliklerinde sürmekteydi. Eğer böylesi bir olay Dünya'da olduysa neden başka gezegenlerde de olmuş olmasın? İleride Mars'a seferler düzenlemeyi planlayan NASA bu konuyu gözö-

nünde bulunduyor. Ayrıca NASA'da, Jüpiter'in dış uydularından Europa'nın buzdan yüzeyinin altında nelerin yattığı da merak ediliyor. Bugün için Mars yüzeyi yaşama elverişli değil. Bu nedenle, NASA'ya göre Mars'ta yaşam izleri -bugüne ya da geçmişe ait- bulabilmek için, yeraltına bakılması gerekiyor. Mars yüzeyinin bu-

günkünden daha sıcak olduğu dönemlerde yaşam ortaya çıkmışsa, yüzey koşullarının kötüleşmesiyle yeraltına çekilmiş olabilir. Eğer gerçekten böyle olduysa, en azından geçmişteki yaşamın izlerini taşıyan fosiller olmalı. Mars'tan örnekler toplama projesinde NASA'ya yardımcı olan Onstott, "Bakterilerin yeraltının derinliklerinde uzun yıllardır sürdürdükleri yaşamın, gelecekteki Mars araştırmalarında önemli etkileri olacak" diyor. Mars yüzey araçlarından üçüncüsü (Mars Lander) 2002'de Kırmızı Gezegen'e indiğinde yüzeyin 5 cm altına kadar kazıp araştırmalar yapacak. "Çok az ama bu bir başlangıç" diyor Onstott.

Stephanie Pain, "The Intraterrestrials",  
New Scientist, 7 Mart 1998  
Çeviri: Çağlar Sunay