

Yaşamın Sonu

Dünya'daki yaşamın ömrü çoktan yaralandı. Gelecekte Dünya cehenneme dönecek: Havasızlıktan boğulan bitkiler, buharlaşan ozon, temizlenmiş çöller ve asitli hava... O, dünyanın sonunun geldiğini haber veren bir kâhin değil, NASA'yla çalışan bir jeokimyager ve iklim araştırmacısı, Pennsylvania Eyalet Üniversitesi'nden James Fraser Kasting. Kasting'in kötü bir haberi var. Dünya, şişen Güneş'in alevleriyle sterilize olmadan çok önce, büyük iklim değişiklikleri gezegenimizdeki canlı türlerinin çoğunun yok olmasına neden olacak. Bitkiler havasızlıktan boğulacak, atmosfer çözülmeye başlayacak ve sular buharlaşacak. Bu, kulağa bir felaket senaryosu gibi gelebilir ve öyle de. Ancak bu kötü haberin bir de iyi yanı var: Bilim adamlarına göre o günlere daha çok zaman var.

Niels Bohr'un, bir konuda tahmin yapmanın özellikle de gelecek söz konusuysa güç bir iş olduğu sözünü anımsatalım. Kasting ve arkadaşları da aynı sorunla karşı karşıyalar. Ancak onların çıkış noktaları sağlam: Gelecek milyar yıllarda, Güneş'in merkezindeki enerji üretiminin değişmesine bağlı olarak, yıldızımızdan gelen parlak ışıklar ve sıcaklık sürekli olarak artacak. "Güneş'in parlaklığındaki % 0,25 oranındaki bir artış bile yeryüzündeki sıcaklığın 0,5 derece yükselmesine neden olur" diyor New York'taki Goddard Uzay Çalışmaları Enstitüsü'nden David Ring. Ring de Güneş'teki değişimlerin iklim üzerindeki etkilerini modelleyenlerden.

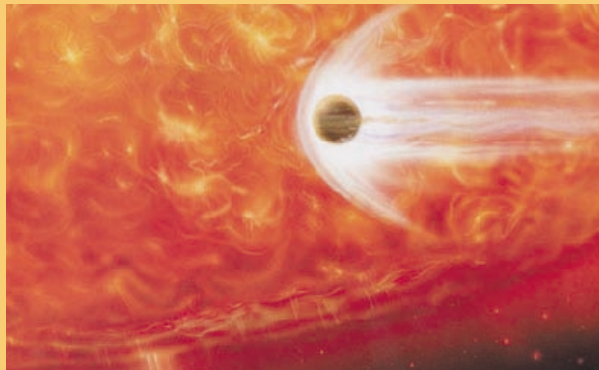
1645-1715 yılları arasındaki küçük buzul devri de, Güneş'in etkinliğindeki görece küçük değişimlerin Dünya iklimi üzerindeki etkisini gösteriyor. Bu yıllarda Dünya, 10 000 yıl önceki en son buzul döneminden sonra en soğuk dönemini geçirmiş. Washington D. C.'deki Deniz Kuvvetleri Araştırma Enstitüsü'nden Judith Lean, bu dönemdeki ağaçlardaki karbon 14 izotopu ölçümlerinden, o dönemde Güneş'in parlaklığının % 0,25 oranında azalmış olduğunu

hesaplamış. Astronomi hesaplamaları da, o dönemde Güneş'te hiç leke bulunmadığını gösteriyor. Bu lekelerin sıklığı, Güneş'teki etkinliklerle bağlantılı.

Öte yandan, oluştuğu zamandan, yani yaklaşık 4,6 milyar yıl öncesinden günümüze kadar Güneş'in parlaklığı yalnızca % 30 oranında arttı. Bu artış yavaş yavaş gerçekleştiği için, jeokimyasal tepkimelerle dengeleniyordu. Kasting, eğer atmosfer olmasaydı, Dünya yüzeyinin sıcaklığının -18°C olacağını hesaplamış. Gerçekteyse, bu sıcaklık ortalama 15°C. Çünkü, atmosferdeki sera gazları, özellikle de karbondioksit, su buharı ve metan, yeryüzüne gelen Güneş ışınlarının bir bölümünü tutarak uzaya geri yansımaları engelliyor. Sıcaklık arttığında, havadaki su buharının yoğunluğu geometrik olarak

artıyor. Böylece, Güneş'in parlaklığındaki yüzde ikilik bir artış, ortalama sıcaklığı yaklaşık dört derece yükseltiyor. Bu durumda kutuplarda öyle çok buz eriyecek ki, denizlerin yüzeyi 40 santimetre kadar yükselecek. Binlerce kilometrekare toprak sular altında kalacak. Kutupları kaplayan buz tabakası yok olduğunda da, yeryüzünden daha az ısı yansıtılacağı için, sıcaklıklar daha hızlı yükselecek. Sonra, biyojeokimyasal karbon çevriminin dengesi geliyor. Karbon çevrimi, eşit ağırlıklı olarak bir yanda karbondioksit ve kalsiyumsilikatlar, bir yanda da kalsiyumkarbonat ve silisyumdioksitten oluşuyor; karbonların büyük bölümü karbonat olarak kireç taşına bağlanıyor. Sıcaklıklar yükselince buharlaşma, yağmur ve rüzgârlar artar. Böylece erozyon oluşumu güçlenir. Serbest kalan kalsiyum,

deniz suyundaki karbonatlarla tepkimeye girer. Planktonlar ve mercanlar bu minerallerden kendilerine kabuklar oluşturur. Zaman geçtikçe bunlar ölür ve deniz tabanına çöker. Mercan kayalıkları bu yolla, milyonlarca yılda oluşmuştur. Bu kabuklara bağlanmış karbonatlar, havadaki karbondioksitin yardımıyla kendilerini yeniden oluştururlar.



Son olarak atmosferdeki karbondioksit de deniz tabanına ulaşır. Yanardağlar bu gazı tekrar havaya üfler ve silisyumdioksit yeraltında tekrar silikatlara dönüşür.

"Bu süreç, son dört milyar yılda yeryüzündeki sıcaklıkların dengelenmesini sağladı" diyor Kasting. Kasting ve Ken Calderia, eğer Güneş'in parlaklığı daha fazla artarsa, bu karmaşık düzenleme dengesinin bozulacağını hesaplamışlar. Öyle olursa, önümüzdeki 500 milyon yılda karbondioksit miktarı bugünkü % 0,035'lik oranından % 0,014'e düşecek. Ancak, endüstriyel etkinlikler ve motorlu araçlardan çıkan gazların artması bu hesaba katılmamış.

Kritik nokta, % 0,0015. Bugünkü bitki türlerinin % 95'i bu oranın altında fotosentez yapamaz. Fotosentezin ana maddesi 3 atomlu karbonlardan oluştuğu için bu adı alan C₃ bitkileri tükenenler. C₄ bitkileri, bir süre daha yaşayacaklar, karbondioksit miktarı yaklaşık % 0,0001 olana dek. Daha sonra onlar da yok olacaklar. Bu da, 900 milyon yıl içinde gerçekleşecek. Daha sonra, dünyadaki besin zincirlerinin çoğu bozulacak. Bunlar, olumsuz öngörüler gibi görünüyor. Ancak yine de İngiliz araştırmacılar James Lovelock ve Michael Whitfield'in öngörülerinden daha olumlular. 1982 yılında Lovelock ve Whitfield, önümüzdeki 100 milyon yılda bütün yüksek organizmaların yok olacağını hesaplamışlardı. Onlardan daha iyi bir iklim modeli bulmuş olan Kasting, bunun çok kötümser bir tahmin olduğu düşüncesinde. 80'li yıllarda düşük miktardaki karbondioksit konsantrasyonu akışı üzerine iyi bir iklim modelinin bulunmadığını belirtiyor.

Korku senaryolarının bir sonraki adımı: 1,1 milyar yıl içinde stratosfer "nemli" duruma gelecek. Atmosferin üst tabakalarındaki su buharı, % 10 oranına ulaşacak. Bugün atmosferin üst tabakalarında su buharı bulunmuyor. Çünkü su, yağmur olarak tekrar yeryüzüne düşmek üzere alçaklardaki bulutlarca toplanıyor. Sonra, Güneş'ten gelen morötesi ışınlar su moleküllerini bölüyor. Serbest kalan hafif su molekülleri her yana dağılıp yok oluyor. 100 milyon yıllık bir süre içinde, ozon da buharla-

Yeni Yerler

Yıldızımızın parlaklığının artması sonucu Dünya'daki yaşamın yok olacağı gerçeği, araştırmacıların Dünya'daki yaşamın süreceği yeni yerler peşine düşmelerine neden oldu.

Örneğin, Güneş'in parlaklığının 1,5-4 kat artması, Mars'ta Dünya benzeri yaşamın gerçekleşebileceği sıcaklıklar oluşturacak. Eğer o zaman geldiğinde insanlar hala var olurlarsa, bir süre orada yaşayabilirler. Ancak, Ames'teki Iowa Eyalet Üniversitesi'nden Lee Anne Willson, 6 milyar yıl sonra Güneş bir kırmızı deve dönüşüğünde, Mars'ın da kavrulacağını hesaplamış.

Mars'tan sonra insanlar belki de Güneş'e uzak gezegenlerde yaşamlarını sürdürecektir. Jüpiter'in uydusu Europa'nın buzdan zirhi eriyerek büyük okyanuslar oluşturacak. Bu durumda, birkaç yüz bin yıl içinde buharlaşmadan önce sıvı su, Dünya'dakine benzeyen yaşam biçimlerinin oluşması için uygun bir ortam sağlıyor. Ancak, evrimin ikinci bir şansının daha olup olmayacağı kesin değil. Trieste'deki Uluslararası Kuramsal Fizik Merkezi'nden Julian Chela-Flores gibi kimi biyologlar, Europa'nın derin denizlerinde egzotik canlılar bulunabileceğini düşünüyor.

Tucson'daki Arizona Üniversitesi'nden Ralph D. Lorenz ve Ames Araştırma Merke-

zi'nden Christopher P. McKay de, Satürn'ün en büyük uydusu Titan'da yaşamın sürebileceğini düşünüyorlar. Şu anda Titan'daki sıcaklık, -180°C.

Ancak, 6 milyar yılda Güneş'ten gelen morötesi ışınlar öyle güçlenecek ki, Titan'ın azottan oluşan kalın atmosferindeki sis tabakası gitgide çözülecek. Bugün Titan'ın atmosferi, Güneş'ten gelen ışınların % 90'ının geçmesini engelliyor. Bu sis, morötesi ışınların etkisinde (Titan'da bol bol bulunan) metan gazı çıkaran farklı hidrokarbonlardan oluşmuş. Bu sis kaybolduğunda, uydunun yüzeyine bugünkününün 17 katı Güneş ışığı vuracak. Daha fazla Güneş ışığı ve atmosferdeki metanın neden olduğu sera etkisi, Titan'ın ortalama sıcaklığının -100°C'nin üzerine çıkmasını sağlayacak. Atmosfer'deki amonyak, dondurucu soğuktan koruyucu etki yapacak, böylece sıvı amonyak bulunacak.

McKay ve arkadaşları Titan'ın, Dünya dışındaki yaşam koşullarının araştırılması için doğal bir laboratuvar olacağı görüşündeler. Yaşamın oluşması için gereken biyokimyasal yapıtaşları orada hazır ve önümüzdeki 500 milyon yıl boyunca çevre koşulları da buna uygun olabilir. Belki de Dünya öldüğünde Titan yaşamın yeni ev sahibi olur.

şacak. 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda üreyen termofil bakterilerin varlığı tehlikeye girecek. Yeryüzündeki felaketten çok uzakta olduğu için, yalnızca yeryüzünün kilometrelerce altındaki lav çatlaklarında yaşayan mikropoların şansı olacak.

Ancak, bütün bunların tam olarak ne zaman gerçekleşeceğini kestirmek çok zor. Atmosferin, kayaların, denizlerin ve yaşam biçimlerinin arasındaki etkileşimler ve ilişkiler çok karmaşık olduğundan, şu anda hiçkimse kesin çıkarımlarda bulunamıyor. Ayrıca, Gü-

neş ışınlarının bir bölümünü geri yansıtan bulutların bu hesaplamalara katılması da olanaksız. Kasting, kendi senaryolarının da kötümser olduğunu kabul ediyor, çünkü bulutlar sayesinde Dünya'daki yaşamın şansı kat kat artabilir. Zaten, Dünya'daki yaşam süresinin üçte ikisi de böyle akıp gitmiş.

Yaklaşık 2,5 milyar yıl sonra, değişen atmosfer koşulları ve jeokimyasal koşullar nedeniyle kireçtaşları artık çözülmeyecek. Yanardağlardan çıkan karbondioksit atmosfere karışarak güçlü bir sera etkisinin oluşmasına neden olacak. Daha önceleri yağmurlarla yıkanan havadaki kükürtdioksit, serbestçe dolaşacak ve atmosferi asitli kıllacak. Dünya da, kırmızı devin etkisine girmeden önce, bugünkü Venüs'e benzeyen bir cehenneme dönecek. Kırmızı dev tarafından yakalandığında Dünya, atmosferinin geri kalan bölümünü de yitirecek, tamamen kuruyacak ve kızaracak. Güneş'in ikinci devlik aşamasından sonra yeryüzü bir kez daha katılacak. Ama sıcaklıklar birkaç yüz derece daha yükselecek; yaşamın ve kültürün bütün izleri Dünya'dan silinecek.

Vaas, R., "Finale für das Leben", *Bild der Wissenschaft*, Kasım 2000.
Çeviri: Ashi Zülâl

Güneş'in Ölümünden Kaçış

GÜNEŞİMİZ sonsuza dek parlamayacak. Yaklaşık yedi milyar yıl sonra Güneş, bir kırmızı deve dönüşecek ve Dünya'yı yutacak. Bu durumdan çok daha önce, yani günümüzden yaklaşık bir milyar sonra Güneş'in parlaklığı öylesine artacak ki Dünya'nın okyanusları buharlaşacak. Sıvı haldeki su günümüzde yaşamın ön şartı. Gezegenimizin yaklaşık üçte ikisini sular kaplıyor. Gelecekte suyun kaybedilmesi kuşkusuz gezegenimiz için ölümcül olur. Bununla birlikte bu istenmeyen duruma bir çare bulabilmek için yeterli zamana sahibiz. O zamana dek gökadamızdaki başka gezegenleri yerleşime açıp Dünya'nın korkunç sonundan kurtulacağımızı düşünenler var; ne var ki gezegenimizin güzelliğini bırakıp başka yerleşim yerleri aramak birçok kişiye fazla cazip gelmiyor. Evimiz olarak nitelendirdiğimiz Dünya'yı kurtarmak için belki de bir çözüm yolu vardır.

Güneş'in ısısının artması ve genişlemesiyle birlikte Güneş Sistemi'ndeki yaşam alanı da daha dışarı kayacak. Bu durumda yapılması gereken şey, Dünya'nın da bu sıcaklıktan etkilenmeyeceği daha uzak yörüngeye çekilmesi. İsviçreli fizikçi Mięczyław Taube, ilk olarak 1982'de Dünya'yı yerinden oynatabilme projesi üzerinde düşünmeye başlamış. Taube, ekvator boyunca yerleştirilmiş 20 kilometrelik kuleler üzerinde yer alacak 240 füzyon roketi kullanmayı tasarlamış. Güneş'teki büyüme arttıkça Dünya'nın çevresinde olan bu motorlar çalıştırılarak Güneş'ten bir parça daha uzaklaşılacak. Böyle bir projede roketlerin hangi yükseklikte durması gerektiğinin büyük önemi var. Yeterli yükseklikte roketten çıkan gazlar uzaya bırakılabilir ve bu da bir itki sağlar; aksi takdirde gazlar atmosferimize karışır ve bu da başlı başına bir felakete neden olur. Taube'nin ölçümlerine göre bu iş için 830 katrilyon Watt enerji gerekiyor. Gerekli olan gücü sağlamak içinse 2,4 ton döteryumun helyumla işleme girmesi gerek. Bu işlem sonunda ortaya çıkacak 15 000 ton hidrojen itici gaz görevi görecek ve Dünya'yı harekete geçirecek. Bu yolla Dünya Jüpiter'e kadar ulaşabilir ve dev gezegenin bir uydusu haline gelebilir. Ne var ki Jüpiter'e kadar yapılacak bir yolculuk bize oldukça pahalıya patlayabilir. Jüpiter'e doğru yapacağımız yolculuk uzun süreceğinden, bu yolculukta kullanılacak itici yakıt için yeryüzünün kütesinin yüzde sekizini uzaya atacacağız. Bu, bütün okyanusların tamamından daha fazla bir miktar. Bu durumda yeterince yakıtı nereden bulabiliriz? Bunun yanıtı da Jüpiter'de yatıyor. Güneş Sistemimizdeki diğer gezegenler içinde en fazla hidrojene sahip gezegen Jüpiter. Yine de Jüpiter'e kadar gitmek, bizi Güneş'in zararlı ışınlarından koruyamayabilir. Taube, bu durumda okyanusların buharlaşmasının kaçınılmaz olduğunu ama bizi koruyacak olanın da atmosfere karışmış okyanuslar olacağını söylüyor; çünkü su buharı Güneş ışınlarını geri yansıtıyor. Güneş'ten çok uzaklaşmak da aslında Dünya'yı kurtarmak için yeter-

li çözüm değil. Güneş kırmızı dev halinde yalnızca birkaç milyon yıl kalacak. Bir süre sonra bir beyaz cüceye dönüşecek. Bu durumda Güneş'ten bugünkü gibi yararlanabilmek için Merkür gezegeninkine benzer bir yörüngeye oturmamız gerek. Güneşe bu kadar yaklaştığımızdaysa Dünya, dönüş hızını kaybedecek ve tıpkı bugün Ay örneğinde olduğu gibi yalnızca bir yönünü Güneş'e dönecek. Bu tek yönlülük, sonsuz gece ve sonsuz gündüz olarak adlandırılabilir. Dünya'nın iki yüzünde büyük ısı farkları oluşacak. Beyaz cüceden yayılan mor ötesi ve X ışınları da Dünya'yı tehdit edecek. Taube'nin bütün bu felaketlere karşı önerdiği çözümse Dünya'ya yakın yapay bir güneş yaratmak. Taube, Jüpiter'i hammadde kaynağı olarak kullanıp bir nükleer füzyon yoluyla elde edilecek enerjinin bu iş için yeterli olabileceği düşüncesindedir.

İngiliz bilim adamı Martyn

Fogg bu konuda daha cesur. Fogg, Jüpiter'in bir güneş dönüş-

tü-



r ü l -
m e s i n i
öneriyor. Bu-
nun için gezegenin
merkezindeki ısıyı artıracak bir ateşleyici güce gerek du-

yuluyor. Böyle bir güç sözcüğü bir kara delikten elde edilebilir. Jüpiter'in bir kırmızı cüce yıldız dönüşmesi elbette çok kolay olmayacaktır. Bunun için gezegenin en azından 100 milyon yıl kara delikle etkileşimde olması gerekir. Jüpiter böyle bir etkileşim içindeyken karadelğin neden olduğu çekim alanının Dünya'yı yaşamaz bir yere dönüştüreceği kesin. Ama gelecek nesillerin gezegenimizi kurtarmak için bu tür sorunlara çare bulacak zamanlar var. Doğru çözümlü bulmak ve bunu uygulayabilmek gelecek nesillere düşüyor.

Yıldızımızdan gelen ışınların yalnızca milyarda 0,45'i Dünya'ya kadar gelebiliyor; geri kalanıya yararsız bir şekilde uzay boşluğunda kayboluyor. Peki bu kayıpların önüne geçilebilir mi? Bu durumu Güneş gerilemeye başladığında nasıl kendimize uygun bir duruma getirebiliriz? Texas'taki Houston Üniversitesi'ne bağlı Uzay Sistemleri Çalışmaları Enstitüsü'nün müdürü David Criswell, 1985 yılında Star-Lifting (Yıldız Yükseltme) düşüncesini ortaya attı. Buna göre Güneş, Dünya'ya yeterli miktarda ışın göndermeyi sürdürecektir duruma gelmeli. Bu da Güneş'in 2000 kat daha uzaya işması anlamına geliyor. Güneşimizi bu duruma gelecek denli büzüştürmeliyiz. Bunun temeli bir yıldızın yaşama süresi ve parlaklığının kütesine bağlı oldu-

ğu düşüncesi. Parlaklık kütesinin üçüncü ya da dördüncü kuvvetine çıktığında yıldızın yaşama süresi, kütesinin ikinci ya da üçüncü kuvvetine düşer. İçinde meydana gelen nükleer füzyon süreçlerindeki artış, basınç ve sıcaklıkta da çok yüksek artışlara neden olur. Büyük bir yıldızın küçük bir yıldızla göre daha fazla kütesi vardır ama daha çabuk yanar.

Peki bir yıldız nasıl hafifletilebilir? Criswell, Güneş'in yörüngesinde iyon hızlandırıcılarla bir çember oluşturmayı öneriyor. İki hızlandırıcı yükümlü parçacıklarla birbiri çevresinde böyle bir çember oluşturabilir. Bunlardan iki tane kullanılması gerekiyor çünkü ışınların olağanüstü güçlü olmaları gerek. Bu hızlandırıcılar tek başlarına değil birlikte hareket edecekler; birbirlerini etkisizleştirip çevrelerinde görece zayıf bir dipol alanı oluşturacaklar. Böylece karşılıklı bir manyetik alan oluşmuş olacak. Bu sayede de Güneş'in kutuplarındaki gazlar ısıtılabilir ve manyetik alanların yönettiği birer jet gibi Güneş'i terk edecekler. Criswell'in hesaplarına göre bu hızlandırıcılar, Güneş enerjisinin her yıl milyarda üçünü uzaya gönderecekler. Bu miktar, Dünya'nın kütesinin % 0,1'ine denk geliyor. Yaklaşık 300 milyon yıl bu şekilde yaşayacak Güneş, bu sürenin sonunda hâlâ parlayan bir yıldızın sahip olacağı minimum seviyeye gerileyecek. Bunun ardından 23 milyar yıl boyunca bir kırmızı cüce gibi çevresine ısı ve ışık saçacak. Bu madde fıskırmalarıyla aslında başka kırmızı cüceler yaratmak da olası. Kuramsal olarak Güneş'ten çıkan ışınlarla bir düzine kadar kırmızı cüce yaratılabilir. Bu da her biri yaşanabilir birçok gezegenin sahip olabileceği güneşçikler anlamına gelir. Ne yazık ki bu durumun bazı problemleri var gibi görünüyor:

Güneş'in yalnızca üst tabakası bu yolla küçük güneşçiklere çekildiğinde, çekirdek, bileşenleriyle birlikte yanmış olarak kalır. Geriye kalan kısım da bir kırmızı deve dönüşür ve Dünya için felakete yol açabilir. Yalnızca yeni "üretilmiş" kırmızı cüceler güvenli yıldızlar olacaktır. Bir diğer sorunsu kırmızı cücenin yalnızca üst yüzeyine yakın bölgeler yaşama izin verecektir. Bu nedenle Dünya'nın bu büzülmüş yıldızla yaklaşması gerekir. Ne var ki çok fazla yaklaşma da Dünya'yı Merkür'ün bugünkü durumuna düşürebilir.

Üçüncü olasılık kulağa daha ütopyik geliyor: Bizim yaşlanıp ömrünü doldurmakta olan Güneşimizi genç bir yıldızla değiştirmek. İki yıldız birbirine çok yaklaştığında böyle durumlarla karşılaşmak hiç de az rastlanır bir durum değil. New Mexico'da Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'ndan gökbilimci Jack Gills, 1984 yılında beri bilgisayar simülasyonlarıyla bu konu üzerinde çalışıyor. Hills'in araştırmalarına göre bir yıldız bir gezegeni ana güneşinin iki ya da üç katı yakınlığa geldiğinde çalabilir. Gelecekte Dünya'yı Güneş'ten daha genç bir yıldızla değiştirmenin hazırlıklarına şimdiden başlamalıyız belki de.

Walter, U., "Flucht vor dem Sonnentod", *Bild der Wissenschaft*, Kasım, 2000
Çeviri: Gökhan Tok