

Bir Derin “Dondurucu”

Central Park'ta 20 bin yıl önce buz pateni yapmak, dondurucu bir şeydi. Aslında Manhattan'ın herhangi bir yeri de öyleydi... Bu tarihte son buzul dönemi zirvesindeydi ve dev buz şeritleri New York ve Londra kadar güneye uzanmıştı. Tüm dünyada ortalama sıcaklık günümüzden 6 °C daha düşüktü. Deniz seviyesi 100 metre alçalmış ve okyanus akıntıları çok daha yavaştı. Atmosfer kuru ve tozlu; tüm iklim kararsızdı ve soğuk ya da dondurucu dönemler arasındaki hızlı gidiş-gelişlere gebeydi. Aslında bu olaydan yaklaşık 100 bin yıl öncesinde herşey bugünküne daha benzerdi. Bundan da 20 bin yıl önce Dünya yine bir başka dondurucu soğuşun kışkıracındaydı.

Soğuktan sıcağa, sonra tekrara soğuga bu gidiş gelişler son milyonlarca yıldır devam ediyor. Uzun süredir araştırma yapılmasına karşın, hiç kimse bu olayların nedeni konusunda uzlaşmıyor. Doğal iklim sisteminde meydana gelen bu kaymaları anlayabilirsek, Dünya'nın bizim iklim değiştirici çabalarımıza nasıl yanıt vereceğini daha iyi tahmin etmemiz belki de mümkün olacak.

Şu ana kadar başı çeken görüş, güneş ışığının değişim örüntüsünün ve Kuzey Atlantik'teki akıntıların etkilerini birleştiren bir açıklamaydı. Daha sonra 1996'da Kaliforniya'dan iki bilim adamı, bu iklimsel değişikliklerin uzaydan Dünya'ya dökülen tozlar olabileceğini iddia etti. Bu görüş şu anda bir kenara bırakılmış olsa da, geleneksel modele karşı içerdiği iddialar bir başka grup araştırmacının çalışmalarını körükledi.

Buzul çağlarının geleneksel açıklaması 1920'lere kadar uzanır. Yugoslavyalı astronom Milutin Milankoviç Dünya'nın yörünge düzlemindeki küçük salınımların bu durumun asıl suçlusu ola-

bileceğini öne sürdü. Milankoviç Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinin Ay'ın (ve diğer gezegenlerin) kütle çekimi nedeniyle bozulduğuna dikkat etmişti. Bu olay Dünya'nın yörüngesinin hareketiyle ilgili üç şeyi değiştiriyordu: Yörüngenin şekli “daha oval ya da daha yuvarlak”, Dünya'nın dönme ekseninin eğikliği ve yılın Dünya'nın Güneş'e en yakın olduğu zaman.

Aslında bu değişiklikler Dünya'ya ulaşan toplam güneş ışımaya miktarında çok küçük farklar yaratıyorsa da, Dünya'nın farklı yerlerinin, farklı zamanlarda aldıkları ışımaya miktarları üzerinde bunların etkileri büyük oluyor. Güneş ışığı örüntüsündeki düzenli döngülerin ovalikte 100 bin yıllık, eğiklikte 41 bin yıllık ve Güneş'e yakın olma durumunda 23 bin yıllık periyota sahip olduğu sonuç olarak anlaşıldı. Milankoviç Dünya'nın iklimini gün ışığı örüntülerindeki bu değişimlerin denetlediğini düşünmüştü.

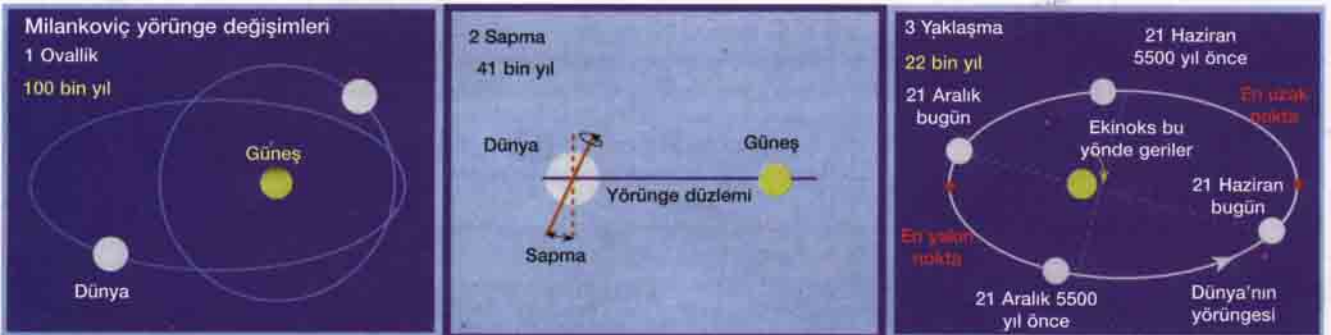
Geçen yıllarda iklimin nasıl değiştiğini inceleyen bilim adamları bu üç periyoda dair sinyaller buldular. 23 ve 41 bin yıllık döngüler için Dünya'daki iklim değişikliklerini büyüklüğü ve örüntüsü gün ışığınıninkine gayet uyuyor. Ancak, 100 bin yıllık can alıcı döngüde (buzul çağının olduğu zaman ölçeği) Milankoviç'in kuramı bir sorunla karşı karşıya kalıyor. Buzul çağlarının başlama ve bitişine ilişkin iklim değişikliklerinin büyüklüğü gerçekte diğer iki döngüde olduğunun on katı. Ovallık yüzünden oluşması beklenen iklim değişiklikleri, buzul çağlarını açıklamak için doğru zaman ölçeğine sahip olsalar da, fazlasıyla küçükler.

Bu sorunla başa çıkabilmek için Milankoviç, başka bir faktörün daha gün ışığı örüntülerindeki değişikliği artırdı-

ğını öne sürdü. En olası gördüğü aday da, buzul çağlarında kuzey yarım küredeki kıtalarda olduğu bilinen geniş “buz örtü”leriydi. Yazın bu alanlara göre az gün ışığı gelirse, buz örtülerinin erimek için bir şansları olmuyordu. Bu yüzden de yıldan yıla sürekli büyüyorlardı. Büyük ve genişleyen bir buz örtüsü üzerindeki havayı doğrudan soğutarak ve Güneş ışınlarını uzaya daha fazla geri yansıtarak etrafındaki bölgeyi soğutur. Böylece, başlangıçta sıcaklıktaki küçük bir düşüş buz örtülerinin oluşumunu tetikleyebilir. Bu da sonuç olarak daha da fazla soğumaya yol açar.

Ancak bir bölgedeki böyle bir değişim, gezegenin geri kalanını nasıl etkiler? 1980'lerde Arnold Gordon ve Wally Broecker, Kuzey Atlantik'in bölgesel iklim değişikliklerini tüm dünyaya aktaran kendi özel bir sisteminin olduğunu keşfettiler: Okyanus suları için küresel bir “taşıyıcı bant” oluşturan ve bu arada ısıyı da taşıyan derin okyanus akıntıları. Kuzey Atlantik'te batan su, güneye doğru akıp, Antarktika'nın etrafından dolaşıp, yüze çıkmadan önce tekrar kuzeye, Pasifik'e doğru gider. Kuzey Atlantik'teki bölgesel iklimin değişimi kolaylıkla suyun battığı hızı değiştirir ve sonuç olarak tüm dolaşım sistemini etkiler.

Böylece genel bir uzlaşma ortaya çıkmaya başladı. Kuzey yarımküredeki gün ışığı örüntülerindeki değişim, Kuzey Atlantik civarındaki buz örtülerini değiştirdi. Bu da okyanus taşıyıcı bantını etkiledi ve Dünya'daki ısı taşıma yolunu değiştirdiğinden gezegeni soğuttu. Ancak yine de bazı sorunlar bulunuyordu. Örneğin, Dünya'nın yörüngesinin ovalliğini değiştiren ortalama etki 100 bin yıllık döngüye, daha dikkatli bir inceleme bu döngülerin bazılarının 95



bin, bazılarının ise 125 bin yıl uzunlukta olduğunu göstermiş. Buna karşın iklim kayıtları sadece 100 bin yıllık döngüler göstermekte. Bu durum ya iklim kayıtların her iki döngüyü içerecek kadar ayrıntılı olmamasından ya da yörünge ovalliğinin 100 bin yıllık döngüye yol açan bir neden olmayışından kaynaklanıyor olabilir.

1996'da Kaliforniya Üniversitesi'nden iki araştırmacı, Richard Muller ve Gordon MacDonald tartışmalı yeni bir yaklaşım önerdiler. Araştırmacılar, tüm Güneş Sistemi'nin üzerinde döndüğü ortalama düzleme göre Dünya'nın yörünge düzleminin iki yana salınım yaptığına işaret ettiler. Bu salınım tam 100 bin yıllık bir tek döngüye yol açıyordu. Bu yeni "eğim" modelinde ovalik döngüsündeki iki farklı periyot olma sorunu yok. Ancak salınım Dünya'ya ulaşan gün ışığı miktarında bir değişiklik yaratmıyorsa, o zaman iklimi nasıl etkiler?

Muller ve MacDonald, iklimin atmosfere giren kozmik tozdan etkilenebileceğini öne sürüyorlar. Araştırmacılar Dünya'nın Güneş Sistemi'nin geri kalanıyla aynı düzlemde döndüğü sırada atmosfere daha fazla tozun girdiğini ve gün ışığını etkileyerek, buzul çağlarını harekete geçirdiğini öne sürüyorlar. Düzlemden sapınca da, daha az toz geliyor ve gezegen tekrar ısınıyor.

Ancak bu etkiyi yaratacak kadar kozmik toz var mı acaba? Yıllar boyunca ne kadar tozun geldiğini belirlemenin yollarından biri okyanus çökellerine bakmak. Franco Marcantonio ve Ken Farley bu soru üzerinde çalışıyorlar. Çalışmaları sonuçlanmamış olsa da, şu ana kadarki veriler son iklim döngüleri sırasında kozmik toz akışında önemli değişiklikler olmadığı doğrultusunda.

Eğim değişimlerini iklimdeki değişikliklerle ilişkilendirecek mekanizmaların eksikliği birçok araştırmacının Muller ve MacDonald'ın modelini ciddiye almasını engelledi. Ancak neden olduğu tartışma, bilim adamlarının var olan verilere tekrar bakmalarına, yeni bilgiler toplamalarına ve buzul çağlarına ilişkin geleneksel açıklamalarla ilgili yeni sorular sormalarını sağladı. Kuzey yarımküredeki buz örtülerine dair kuram ne kadar başarılı?

Scripps Oşinografi Enstitüsü'nden Chris Charles tarafından yapılan bir araştırma kuramın pek de iyi olmadığı-



na dair belirtiler gösteriyor. 1996'da Charles ve üç meslektaşları ilginç bir keşif yapmışlardı: Kuzey Atlantik ve taşıyıcı bandındaki değişiklikler diğer yerlerdeki değişikliklerin gerisinde kalıyordu. Araştırmacılar Güney Atlantik'te son 80 bin yıldır biriken çökelleri incelediler. Çökellerin farklı derinliklerinde foraminifera adı verilen küçük deniz yaratıklarının kabuklarını çıkardılar. Foraminifera büyürken kabukları da yerel kimyasal koşulların (bu canlıların yaşadıkları okyanusun yüzey sıcaklığı, Kuzey Atlantik'ten büyük okyanus taşıyıcı bandı tarafından getirilen suyun sıcaklığı vs.) bir çeşit kaydını tutuyor.

Kabuklar Güney Atlantik Okyanusu'nda ne zaman sıcaklık değiştiyse, geçen suyun miktarının da değiştiğini göstermiş. Ancak asıl sürpriz, dolaşımdaki değişikliğin sıcaklık değişiminden kısa bir süre sonra olması. Bir başka deyişle Güney Atlantik, Kuzey Atlantik'ten önce değişiyordu. Peki, güneydeki sıcaklık kuzeydeki değişen koşullarla belirleniyorsa bu durum nasıl olabilir?

Charles Kuzey Atlantik'in kendisinin de aslında başka bir yerdeki değişikliklere yanıt verdiğini öne sürüyor. Geride kalıyor çünkü, kuzeydeki kıtalardaki buzullar akıntılarının yanıt vermesini geciktiriyor -tıpkı bir soğuk hava deposu gibi. Charles'ın incelediği çökeller sadece 80 bin yıl geriye uzandığından, tüm buzul çağı döngülerini değil de, son buzul çağında oluşan iklimsel dalgalanmaları kapsıyor. Ancak yine de veriler Kuzey Atlantik'in küresel iklimin tek belirleyicisi olmadığını göstermiş.

Yukarıda belirtilen ve başka bazı nedenlerden ötürü, kimi araştırmacılar Atlantik'in kuzeyindeki değil de, güneyindeki okyanus dolaşımının değişiminin anahtarı olabileceğine inanıyor. Güneyin değişimlerde önemli rol oynayabileceği bir başka yol da, atmosferdeki karbon dioksit oranını (dolayısıyla da doğal sera etkisinden kaynaklanacak olan ısınma oranını) değiştirmesi. 1980'lerde John Martin okyanusun bazı bölgelerinde,

özellikle de Antarktika yakınlarındaki bölgelerde, su bitkilerinin yaşamında önemli bir gıda olan demirin konsantrasyonunun çok az olduğunu belirtmişti. Eğer bu bölgeler buzul çağı sırasında şimdikinden daha fazla demir içeriyorsa, bu suların o dönemde biyolojik olarak daha aktif olması gerekir. Bitkiler fotosentez yapar; bu da sonuç olarak atmosferdeki karbon dioksitin daha fazlasını tükettikleri anlamına gelir.

Bu fikir 1996'da bir grup araştırmacı tarafından sınanmış. Okyanusun bir bölgesine kovalarca demir boşaltan araştırmacılar, Martin'in de öngördüğü gibi biyolojik aktivitede ve tüketilen karbon dioksit oranında büyük artışlar elde etmişler. Buzul çağları sırasında iklim daha kurak, rüzgar da daha şiddetlidir, böylece okyanusa daha fazla miktarda toz düşer. Muhtemelen gün ışığındaki küçük miktardaki bir değişim, daha kurak ve tozlu bir ortam yaratır. Bu da Güney Atlantik Okyanusu'na sürüklenen (ve çok miktarda demir içeren) toz miktarını artırır. Su bitkileri de atmosferden karbon dioksiti emerek, buzul çağlarına neden olurlar.

Kuzey yarımküre modelinin taraftarları sahayı hemen terk etmeye istekli değiller. Modelleri Dünya'nın geçmişine dair bildiklerimizin birçoğunu açıklıyor. Örneğin geçmişte deniz seviyeleri en yükseğe, kuzey yarımküre modelinin en çok erimeyi öngördüğü zamanda çıkmıştı.

Londra ve New York'un 20 bin yıl önce neden buzlar altında olduğundan kesin olarak emin olabilmek için sıcaklığın, karbon dioksitin ve okyanus dolaşımının hassas kombinasyonlarını bir kuram bir araya getirmeli. Bunu başardığımızda, iklim sisteminin, insanlığının aktiviteleri yüzünden atmosfere salınan karbon dioksit nasıl tepki vereceği konusunda daha çok şey öğrenebiliriz. Şu anda tam o noktada değilsek de, oraya doğru gidiyoruz...

Gideon Henderson, "Deep Frozen", New Scientist, 14 Şubat 1998
Kısaltarak Çeviren: Murat Maga