

Jeolojik İmzamız: Antroposen

İlk olarak 1980'lerde bir biyoloji profesörü olan Eugene F. Stoermer'in (1934-2012) türettiği, daha sonra da 1995 yılında ozon tüketen bileşiklerin etkilerini keşfettiği için Nobel Ödülü alan Paul Crutzen'in bilimsel bir konferansta kullandığı "Antroposen" terimi ciddi tartışmalara sebep oldu. Terimde, insanoğlunun doğada yarattığı tahribatın büyüklüğü temel alınsa da bu tahribatın telafisinin jeolojik süreçler açısından önemi hâlâ tartışılıyor.



Acaba gerçekten insanoğlu yerkürede, jeolojik bir döneme adını verebilecek kadar iz bıraktı mı? Yoksa bu sadece Dünya'ya hâkim olma, kendimizi diğer canlılardan üstün görme düşüncesinin bir sonucu mu? Bunu ilerleyen zamanlarda göreceğiz. Ancak bundan önce yaşadığımız dönemin neden Antroposen olmaya aday olduğunu görelim.

18. ve 19. yüzyıl pek çok konunun büyük tartışmaları eşliğinde sorgulandığı bir dönemdi. Jeolojinin de dâhil olduğu çeşitli bilim alanlarında yeni keşifler yapılmaya, insana, doğaya hatta evrene dair pek çok soru cevap bulmaya başlamıştı. Ancak yerkürenin yaşı nedir sorusuna henüz doğru bir cevap bulunamamıştı. Hiç şüphesiz bu durum en çok jeologları zora sokmuştu. Başlangıçta kayaçları oluştukları dönemlere göre kategorize etmeyi denediler, ama sınırları nereye koymaları gerektiği konusunda günümüzde de örnekleri görülen uzlaşmazlıklar yaşadılar (Kuvaterner sınırının 2009 yılında değişmesi gibi). Bu uzlaşmazlıkların temel sebebi, çeşitli kayaçların ve fosillerin birbirlerine göre yaş sırasına sokulabilmesine rağmen, bu yaşların kesin olarak belirlenememesiydi. Çünkü sadece dönemlerin tarihlendirilmesinde değil, yerkürenin yaşı konusunda da güvenilir bir sonuç yoktu. 1700'lerin başından itibaren Edward Halley, Fransız doğa bilimci Georges-Louis Leclerc, Charles Darwin ve Lord Kelvin'in de aralarında bulunduğu pek çok bilim insanı bu konuya kafa yormuştu.



Evvel zaman içinde ...

... diye başlayan hikâyelerde, ne kadar evvelin kast edildiği şüphelidir. 100 yıl, 500 yıl ya da belki 1000 yıl. Bunlar, jeolojik ölçekte değerlendirildiğinde, oldukça kısa zamanlar.*

(*Doğal süreçlerle bir bölgede biriken malzeme miktarı, malzemeyi taşıyan taşıyıcılara -akarsu, deniz vb- ortamın atmosferik koşullarına ve malzemenin türüne bağlı olarak değişir. Ancak çok genel bir ifadeyle, derin deniz ortamında 0,2-1 cm kalınlığında silisli çamur birikmesi için yaklaşık 1000 yıl geçmesi gerektiği söylenebilir.)

Günümüzde kapsamlı ve geniş bilimsel kanıtlara dayanarak, Dünya'nın yaşının yaklaşık 4,54 milyar yıl ($4,54 \times 10^9$ yıl) olduğuna karar verilmiştir. Bu değer bilinen en eski karasal minerallerin yaşı (Batı Avustralya'da bulunan küçük zirkon kristalleri) ve Güneş Sistemi'nin yaşı (meteor parçacıkları ve Ay'dan gelen örnekler üzerinde yapılan radyometrik ölçümler sonucunda ortaya çıkan sonuçlar) arasında sağlanan denkleştirme ile belirlenmiştir.

Jeolojik Zaman Çizelgesi

Jeolojik zaman çizelgesinin temelinde yatan ilke 17. yüzyılda Nicholas Steno tarafından süperpozisyon yasasıyla formüle edilmiştir. Jeolojinin temel kurallarından biri olan süperpozisyon, sedimanter yani çökel kayaların belirli bir sürede çökmesi sonucunda en altta en yaşlı, en üstte en genç kayacın oluşmasıyla açıklanır. Yasa kuramsal açıdan çok basit olmasına rağmen, doğadaki kayalar için durum bu kadar yalın değil. Genel olarak, rahatsız edilmemiş (atmosferik etkilere maruz kalmamış ya da çok az maruz kalmış, erozyon, kıvrım, kırılma gibi aktif süreçlere uğramamış) bir çökme ortamında kayalar birbirlerine paralel, yatay tabakalar halinde çökelse de, çevremizde çoğunlukla yatay olmayan, kıvrımlı, aşınmış ve deformasyon geçirmiş sedimanter tabakalar gözleriz. Bu nedenle her yerde kayaç tabakalarını sıralamak aslında sanıldığı kadar kolay değildir.

18. ve 19. yüzyılda William Smith, Charles Lyell, Georges Cuvier, Jean d'Omalius d'Hallo ve Alexandre Brogniart kayaç katmanlarının içerdikleri fosillere göre tanımlanmasına, daha doğrusu yer kürenin tarihinin bölümlenmesine öncülük etmiştir.

İlk jeolojik zaman çizelgesi 1913'te İngiliz jeolog Arthur Holmes tarafından yayımlanmıştır. 1977'de Uluslararası Stratigrafi Komisyonu küresel ölçekte jeolojik dönemleri ve fauna bölümlerini tanımlamak için çalışmalara başlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda jeolojik zaman çizelgesi bugünkü halini almıştır.

Jeokronolojik açıdan belirlenen en büyük zaman birimi Zaman'lardan oluşan Üst Zaman'dır (Eon). Zaman'lar Devir'lere (Periyod), Devir'ler Devre'lere (Epok), Devre'lerse Çağ'lara ayrılır. Bu birimlerin kronostratigrafik karşılıkları ise aynı sırada Eonothem, Erathem, Sistem, Seri ve Kat'tır.

Kayaç tabakalarının ifade edilmesinde seri, kat gibi kronostratigrafik terimler, jeolojik olayların aktarılmasında ise devir, devre gibi jeokronolojik terimler kullanılır.

Kuvaterner

Kuvaterner periyodu son buzul dönemlerini kapsayan Pleistosen ve günümüz insanının ortaya çıktığı Holosen devrelerinden oluşur. Kuvaterner'i Dünya genelinde önemli kılan diğer bir özelliği de kıta konumlarının günümüze yakın bir hal almış olmasıdır.

Kuvaterner'in büyük bölümünü kapsayan Pleistosen, kutup buzullarının hayli yaygınlaştığı başlıca dört büyük buzul döneminden ve bu dönemleri bölen ılıman, hatta tropik dönemlerden oluşur. Pleistosen'in sonunda buzul çağı sona erer, iklim yumuşar, denizler yükselir. Yaşanan son buzul çağının kapanmasıyla başlayan Holosen, 11 bin yıl öncesinden günümüze kadar süren zaman dilimini ifade eder. Yaşadığımız devreyi tanımlayan Holosen insanlığın tüm kayıtlı tarihini ve uygarlığını içerir. Devrenin baskın organizması olan insanlar yerleşik hayata ve tarım toplumuna geçiş pek çok uygarlık kurmuş ve Holosen doğasını ciddi biçimde etkileyip değiştirmiştir.

Antroposen

Aralarında Nobel Ödülü'nü paylaşan kimyacı Paul Crutzen'in de bulunduğu, Leicester Üniversitesi'nden yerbilimciler Jan Zalasiewicz ve Mark Williams ile Avustralya Ulusal Üniversitesi İklim Değişimi Enstitüsü Başkanı Will Steffen'den oluşan bir ekip, *Environmental Science and Technology* dergisinde yayımladıkları çalışmada, Dünya'ya etkileri milyonlarca yıl sürecek değişimlere uğrattığımız için,

Dünya'nın yeni bir jeolojik döneme girdiğini ve bu döneme Antroposen denmesi gerektiğini savundu. Zalasiewicz 2007'de Londra Jeoloji Birliği'nin Stratigrafi Komisyonu başkanlığına, bir toplantıda stratigrafi uzmanlarına Antroposen ile ilgili görüşlerini sormuş. Toplantıdaki 22 kişiden 21'i bu kavramın dikkate değer olduğunu söylemiş. Sonrasında ekip de Antroposen terimine ve kapsadığı kavramlara jeolojik açıdan resmi bir problem olarak bakma kararı almış.

Uluslararası Jeolojik Zaman Çizelgesi*

Fanozozyik	Senozozyik	Eonothem/Eon Erathem/Era	Sistem/Periyod	Seri/Epok	Kat/Çağ	Numerik Yaş (Milyon yıl)	
					Holosen		
					Pleistosen	Üst	0,0117
						Orta	0,0126
					Pliyosen	Kalabriyen	0,781
						Gelasiyen	1,806
						Piyasenziyen	2,588
					Miyosen	Zankleyan	3,600
						Messiniyen	5,333
						Tortoniyen	7,246
						Serravaliyen	11,62
						Langiyen	13,82
						Burdagaliyen	15,97
						Akitaniyen	20,44
							23,03

Çizelgenin tamamına <http://www.stratigraphy.org/> adresinden ulaşabilirsiniz.

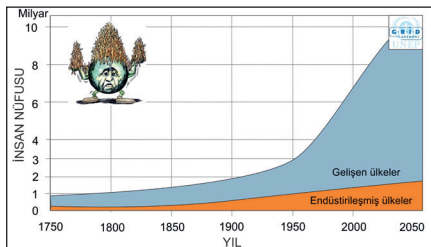
Peki gerçekten de Antroposen yeni bir devreye isim olabilecek özelliklere sahip mi? Devreler on milyonlarca yıla yazılsa da yazının başında da bahsettiğimiz gibi jeolojik ölçekte kısa zaman dilimleridir. Tüm jeolojik zamanların, devrelerin, devirlerin ve çağların tanımlanmasında tortul tabakalar arasındaki değişimler (örneğin ortaya çıkan ya da ortadan kaybolan fosiller) göz önüne alınmıştır. Ancak Antroposen'de durum tamamen farklıdır. Çünkü eğer şu an yaşadığımız devrenin Antroposen olarak adlandırılması kabul edilirse, Antroposen kayaç kayıtları henüz tamamlanmamış bir devre olacaktır. Peki kayıtlar oluştuğunda, acaba etkilerimiz bugün düşündüğümüz kadar kalıcı olacak mı? Tartışılır.



Antroposen teriminin ortaya çıkmasını ve kullanımının yaygınlaşmasını sağlayan araştırmacılardan bazıları: (soldan sağa) Eugene F. Stoermer, Michigan Üniversitesi Çevre ve Doğal Kaynaklar Okulu; Paul Crutzen, Max-Planck Kimya Enstitüsü; Jan Zalasiewicz ve Mark Williams, Leicester Üniversitesi Jeoloji Bölümü; Will Steffen, Avustralya Ulusal Üniversitesi

Dört bilim insanı ve onları destekleyen pek çok kişi kontrolsüz nüfus artışı, betonarme kentlerin hızlı türeyişi, dur durak bilmeyen fosil yakıt tüketimi ve atmosfere karışan sera gazları oranındaki yükselişi yarattığımız yıkıma sebep olarak gösteriyor. Tarihsel dönemlerde yerküre üzerinde etkisi çok az olan insan nüfusundaki sürekli ve hızlı artış, insan nüfusunu çevre problemleri listesinin en üst sırasına taşıdı. Yani sayımızın bu hızla çoğalması artık gezegen için ciddi bir tehlike oluşturuyor. Grafikte de görüldüğü gibi 1800'lerden 1900'lere kadar Dünya nüfusu 1 milyardan 2 milyara çıkarken, 2000'lerde 6 milyara çıkmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar çok miktarda fosil yakıtın yanması sonucu, küresel ısınmanın ortasında olduğumuza işaret ediyor. Dünya'nın ısınması sadece yeryüzüne gelen ışığın miktarına değil yeryüzünden yansıyan güneş ışığı miktarına ve yeniden yansıyan bu ışınların atmosferde tutulmasına bağlı. Bu durum, gelen enerji ile giden enerji arasında bir denge oluşturur.

Yerküreden yansıyan ışınların başta karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulmasına sera gazı etkisi deniyor.



1750'den günümüze nüfus artışını gösteren grafik

Atmosferde belli bir dengede olan bu gazların miktarındaki artış yerkürede ısınmayı artırıyor.

Sera etkisi her ne kadar doğal bir olgu olsa da fosil yakıt tüketimi, ormanların yok oluşu, aşırı tarım yapılması gibi insan etkinlikleri, atmosferde büyük oranda CO₂ ve diğer sera gazlarının birikmesine sebep oluyor. Hepimizin bildiği gibi küresel ısınma, sera etkisinin de içinde bulunduğu etmenler nedeniyle atmosferdeki periyodik sıcaklık artışına bağlı ısınmadır. Burada asıl sorun yaratan nokta, insan etkisi nedeniyle, çıkanla orantısız olarak atmosfere giren sera gazlarındaki artış ve bundan kaynaklanan girdi-çıkı dengesi zıdır. 16.02.2011'de Cenevre'de açıklanan Birleşmiş Milletler Çevre Raporu'na göre 21. yüzyılda ortalama hava sıcaklığının 1,4 °C ile 5,3 °C arasında artacağı, bu zulların erimesiyle denizlerin 8-88 cm kadar yükseleceği ve uzun vadede Dünya'nın fiziksel yapısında ciddi değişiklikler ortaya çıkacağı belirtilmiştir.

Çalışmacıların dikkat çektiği bir başka nokta ise teknolojinin de yardımıyla yaptığımız ya da yerle bir edebildiğimiz yapılar. Bir taraftan hayatımızı kolaylaştıran bu yapılar diğer taraftan yerkürede ciddi fiziksel değişimlere yol açıyor. Rusya'daki Mir Elmas Madeni buna önemli bir örnek. Mir 1955'te Rus jeologlar Yuri Khabardin, Ekaterina Elagina ve Viktor Avdeenko tarafından keşfedilip 1957'de üretime açıldı. Sovyetlerin sahip olduğu ilk ve en derin elmas madeni olan Mir, ABD'deki Bingham Kanyonu Madeni'nden sonra insanların açtığı ikinci en büyük çukur olma özelliğine sa-

hip. Bugün çalıştırılmayan madenin çapı 1,2 kilometre, derinliği ise 525 metre. Madenin bulunduğu saha -çukurun derinliği havada türbülansa sebep olduğu için uçuşa kapalı. Ayrıntıları bir kenara bırakıp genel bir karşılaştırma yapalım: Bir arazi şeklinin doğal süreçlerle aşınması yaklaşık olarak 0,01-1 mm/yıl sürer. Yani 500 metre yüksekliğinde bir yüzey şeklinin aşınması için 500 bin yıl ile 50 milyon yıl arası bir zaman geçmesi gerekir. Aradaki inanılmaz fark, insanın yer süreçlerindeki değişimlerde sandığımızdan da fazla etkisi olduğunun korkutucu bir örneği. Tüm bunlar, içinde bulunduğumuz devreyi Antroposen olarak adlandırabileceğimiz görüşünü destekleyen veriler. Ancak bu verileri jeolojik süreçlerle beraber doğadaki geri dönüşümleriyle karşılaştırdığımızda, hangi tarafın baskın olduğu konusunda çelişki kalmamak mümkün değil.

Teknoloji devi olarak tanımlayabileceğimiz, depreme dayanıklı yapıları, her türlü afete ve sonrasında hazır insanlarıyla tanınan Japonya'da Mart 2011'de meydana gelen 9 büyüklüğündeki depremde yaklaşık 16 bin kişi hayatını kaybetti. Deprem sonrasında yüksek düzeyde tsunami uyarısı yapıldı. Yaklaşık 2 bin 100 km uzunluğundaki sahil şeridi üzerindeki şehirler, deprem ve sonrasında gelen tsunamilerle yerle bir oldu. Tsunami ülkede kara ve demir yollarının ağır hasar görmesine, çok sayıda evin yıkılmasına ve yangına sebep oldu. Japonya'yı sarsan depremde soğutma sisteminde hasar meydana gelen Fukuşima Nükleer Santrali'nin reaktörlerinde baskının yükselmesiyle patlamalar oldu.



Rusya'nın Doğu Sibirya bölgesinde bulunan ve 2011 yılında kapatılan Mir Elmas Madeni. Maden sahası, havada sebep olduğu türbülans nedeniyle uçuşa kapalı durumda. İnsanın doğa üstündeki baskısı için etkileyici bir örnek.



Esra Gürbüz
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında mezun oldu. Aynı yıl başladığı yüksek lisans araştırmasını doğrultu atımlı faylar ve ilişkili havza sistemleri konusunda Ankara Üniversitesi'nde 2012 yılında tamamladı. 2011 yılından beri Aksaray Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak çalışan yazar, aynı üniversitede tektonik alanında doktora çalışmasını sürdürüyor.

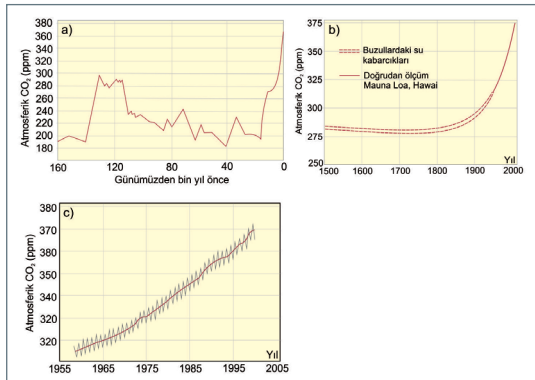
Sadece bu örneğe bile bir adım geriden bakarsak, meydana getirdiğimiz asıl etkinin yapıma değil daha büyük yıkımlara sebep olduğunu söylemek çok da yanlış sayılmaz.

Bu ve daha birçok örnek, doğal süreçlerin aslında silinmez sandığımız tüm izlerimizi bir anda silebileceğini açık olarak gösteriyor. Dolayısıyla kendimize ithafen adlandırmayı düşündüğümüz bu devre, bir yandan da doğanın bize karşı ne kadar lütfkâr ya da yıkıcı olabileceğini de gösteriyor.

Antroposen'in Başlangıcı?

İkinci ve en az ilki kadar önemli bir tartışma da Kuvaterner'e ait bir devre olarak kabul edilmesi halinde, Antroposen'in ne zaman başladığı ya da başlayacağı hakkında. Crutzen, Antroposen'in 18. yüzyılın sonlarına doğru karbondioksit düzeylerinin kesintisiz bir yükselişe geçtiği dönemde başladığını söylüyor. Virginia Üniversitesi'nden paleoklim uzmanı William Ruddiman 8 bin yıl kadar önce tarımın icat edilmesiyle Antroposen'i başlattığımızı belirtiyor. Bazı bilim insanları bu sürecin başlangıcını Sanayi Devrimi olarak kabul ederken, bazıları radyoaktifitenin keşfini işaret ediyor. Hatta Antroposen'in henüz başlamadığını düşünenler bile var. Crutzen, yaptığı konuşmalarda Antroposen'in önemini farklı bir açıdan da ele almayı ihmal etmiyor. Bu terimin bir uyarı niteliğinde olması gerektiğini ve sebep olduğumuz olumsuz etkileri azaltmak için yapılabilecek şeyleri düşünmemizi istiyor.

Hepsi birden değerlendirildiğinde hayli karmaşık görünen bu konunun bir çözüme bağlanması şimdiye kadar zaman alacak gibi. Kim bilir belki yakın bir tarihte Antroposen'de yaşadığımız fikri resmi olarak kabul görür ya da aslında yerküre üzerinde doğal süreçlere kafa tutabilecek kadar da büyük bir güce sahip olmadığımız anlaşılır ve bu devreye doğaya ithafen bir ad verilir.



Atmosferik CO₂ oranındaki değişimleri gösteren grafikler

- Atmosferdeki CO₂ oranları
(a) Antarktika'daki kanıtlara göre geçmiş 160.000 yılda atmosferik karbon dioksit konsantrasyonu
(b) 1500 ile 2000 yılları arasında atmosferik karbon dioksitin ortalama konsantrasyonu
(c) Mauna Loa'da (Hawaii) karbon dioksitin atmosferdeki yoğunluğu

Kaynaklar

- Kazancı, N., "Neojen-Kuvaterner sınırının değişmesi ve beklenen gelişmeler", *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 52, Sayı 3, Aralık 2009.
- Kayabalı, K. ve Akyol, E., *Çevre Jeolojisine Giriş*, 3. Baskı, 2006. (orjinali Keller, E., *Introduction to Environmental Geology*, 3. Basım, Pearson Education, 2005.)
- Kolbert, E., "İnsan Çağı: Antroposen", *National Geographic*, Sayı 119, s. 106-127, Mart 2011.
- Zalasiewicz, J., Williams, M. ve ark., "Are we now living in the Anthropocene?", *GSA Today*, Cilt 18, Sayı 2, s. 4-8, 2008.
- Schneider, S. H., "The changing climate", *Scientific American*, Cilt 261, Sayı 743, s. 70-79, 1989.
- Williams, M., Zalasiewicz, J., Haywood, A. ve Ellis, M., "The Anthropocene: A new epoch of geological time?", *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 369, s. 835-1111, özel sayı, 2011
- http://en.wikipedia.org/wiki/Pelagic_sediment
- http://tr.wikipedia.org/wiki/Sera_etkisi
- http://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_time_scale