

DEPREMLERİN SIRRI ÇÖZÜLÜYOR



Bilgisayar tomografisi sayesinde, artık yıllardan beri insan vücudunun inceliklerini sanki bir fotoğraf çekmiş kadar açıklıkla görebiliyoruz. Şimdi ise jeologlar benzer âletlerle gezegenimizin iç yapısını araştırıyorlar. Elde edilen sonuçlar, gerçekten şaşırtıcıdır.

Theodor DOLEZOL

1960 'lı yıllara gelinceye kadar, jeologların başlıca âleti, akıl ve balyoz idi. Akıl günümüzde de gerekli ama, artık jeologların, kaya kütlelerini incelemek için balyoz sallamalarına gerek kalmamıştır. Bugün doğal ve yapay deprem incelemeleri, özel bir önem kazanmış bulunuyor. Bunların yardımıyla dünyanın iç bölgelerinin modelleri geliştirilebilmekte ve hiçbir zaman erişemeyeceğimiz yer derinliklerinin yapısı belirlenebilmektedir.

1864'te Fransız yazar Jules Verne, Dünyanın Merkezine Seyahat adlı romanını yayınladı. O sıralarda yer içinin soğuk mu, yoksa ateşler içinde mi

olduğu bilinmiyordu. Jules Verne, bu romanında jeolog Prof. Lindenbrock'u şöyle konuşturur: "Henüz yer yarıçapının on iki binde biri kadarında ne olduğunu biliyoruz. Yerin daha içlerinin sıcak olduğu kanıtlanmış değildir."

Gerçekten de o sıralarda yerin içleri hakkında hemen hemen hiçbir bilgimiz yoktu. Ancak yüzyılımızın başlarında deprem dalgalarının incelenmesini sağlayan sismograf bulunduğu zaman, derinlerin araştırılmasına doğru bir pencere açılmış oldu. Göttingen'de ise, jeofiziğin kurucusu Emil Wiechert etki artırıcı bir kaldıraç düzenine bağlanmış 17000 kilo ağırlığındaki bir sarkaç ile yer hareketlerini ve dep-

Avrupa büyüklüğünde bir sondaj kesiti. Bu hayali gösterim, fotomontajla sağlanmıştır. Şekilde, üzerinde yaşadığımız katı kabuğun ne kadar ince olduğu görülmektedir. Acaba bunun altında ne vardır ve burada hangi kuvvetler etkili olmaktadır?



rem dalgalarını kaydetmekteydi. Dalgaların süre farklarından, yer içindeki katmanların yoğunluğu hesaplanabilmektedir. Yoğunluk arttıkça, dalgaların hızı da artmaktadır.

Wiechert, 1907'de katmanların davranışında 1500 kilometreye kadar sabit bir değişim olduğunu, fakat oraya gelince sıçramalı bir değişiklik meydana geldiğini açıkladı. Bunu şöyle yorumluyordu: "1500 kilometre derinlikte katmanların yapısında, büyük bir olasılıkla, ani bir değişiklik meydana geldiğini kabul etmeliyiz. Bu farkın taş mantodan metal çekirdeğe geçiş dolayısıyla ortaya çıktığını var sayabiliriz." Daha sonraları bu 1500 kilometrenin az hesaplanmış olduğu, aslında manto ile çekirdek arasındaki sınırın 2900 kilometre derinlikte başladığı ortaya çıktı.

Bir süre sonra, Wiechert'in iki tabakalı yer mo-

deli yerini metal çekirdek, taş manto ve ince bir kabuktan oluşan üçlü bir modele bırakmış ve Danimarkalı sismolog Inge Lehmann, 1936'da yer çekirdeğinin aslında katı bir iç ve sıvı bir dış tabakadan oluştuğunu ileri sürmüştü. Bilim adamları, Dünyanın günümüzden 4,6 milyar yıl önceki ilk erime safhasında demir ve nikel gibi ağır elementlerin çekim kuvvetinin etkisiyle çekirdeğe çöktüğüne ve hafif elementlerin üst tabakalara yükseldiğine, bundan sonra kıtaların ve denizlerin yapısında fazla bir değişiklik olmadığına hükmetmişlerdi. Dünya'nın bu "sabit" modeli, Alman deprem araştırmacısı W. Hiller'in 1957'de açıkladığı bulgularla sarsıntıya uğradı: 1955 Kasımıyla 1956 Şubatı arasında meydana gelen 56 şiddetli depremden 49'u Pasifik Okyanusu çevresin-



Orta Atlantik sırtı: Magma deniz tabanındaki yarıklardan yükselir ve plâkaları birbirinden ayırır. Her yıl, 20 kilometre küp yeni okyanus kabuğu meydana gelir.



Hawaii'deki volkanlar, lav fışkıyelerini 300 metre kadar yükseğe püskürtürler. Patlama biçimindeki bu püskürmeler, yükselmekte olan magmadaki yüksek basınçtan ileri gelir.



Lazer ölçüm aletleriyle yer kabuğundaki en küçük sarsıntılar ölçülebilir. Dünyanın dört bir çevresindeki ölçüm istasyonlarının sağladığı verilerden, bilgisayarlar dünyanın iç yapısını hesaplayabilmektedir.

de ortaya çıkmıştı. Sarsıntılar çoğu kere okyanusun bir bölümünden öbürüne sıçramaktaydı. Hiller, bundan, depremlerin kaynağının yer mantosunda, hatta yer çekirdeğinde bulunduğu ve yer içinin eskiden sanıldığı kadar sabit yapılı olmadığı sonucuna vardı.

Altmışlı ve yetmişli yıllarda yapılan gözlemler, jeolojide daha da büyük bir devrim yarattı. Araştırma gemileriyle deniz dibinden çıkarılan sondaj örnekleri, okyanus kabuğunun 200 milyon yıldan daha yaşlı olmadığını ortaya koymuştu: Atlantik ve Pasifik sırtındaki yanık sistemlerinden yükselen magma, de-

Depremin sarsıntıları, sadece köprüleri yıkmakla kalmaz (burada San Fransisko'daki Bay Bridge köprüsü görülüyor). Bu dalgalar, yerin ana gövdesini de titreştirirler.



premidir. Depremierdeki basınç dalgalarının bu tabakadan geçerken hızı saniyede altı kilometredir. Bu da, granitin yoğunluğuna tekabül etmektedir.

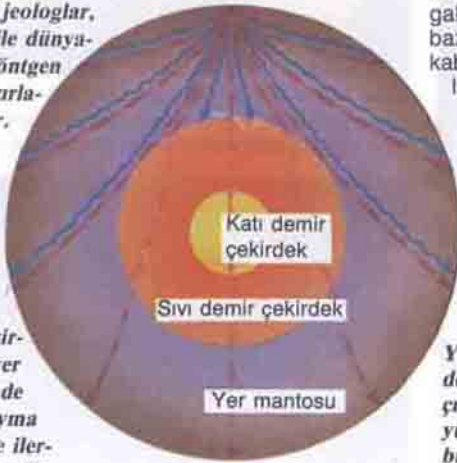
Alt kabuğa gelince, burada sodyum ve potasyum gibi hafif elemanların oranı azalır ve bunlar yerlerini kalsiyum, baryum ve magnezyum gibi daha ağır elemanlara bırakırlar. Bu tabakadaki basınç ya da P dalgalarının hızı, saniyede 7 kilometreye çıkar. Bu da, bazaltın yoğunluğuna denk düşmektedir. Okyanus kabuğu ise, tamamıyla magma maddesinden yapıldır. P dalgalarının buradaki yayılma hızı, magnezyumca fakir tabakalarda saniyede 6,8 kilometreden magnezyumca zengin tabakalarda saniyede 7,2 kilometreye kadar çıkmaktadır.

Okyanus kabuğunun son yirmi yılda daha incelikle araştırılmış olmasına karşı, kıta kabuğu durmaksızın süren petrol ve yer altı kaynakları araştırmalarına rağmen, henüz sırlarını fazlasıyla açıklamış değildir. Bu problemi çözmek için, kısaca KTB denen derin kıta sondajı proje-

Yer mantosu: Bu tabaka, yerin 2890 kilometre derinliğine kadar erişir. Zaten burada yerden çıkarken gördüğünüz temsili sondaj çekirdeğinin yüksekliği de bu kadardır.

Deprem dalgalarının hızı, derinlik arttıkça saniyede 8 kilometreden 13,7 kilometreye kadar yükselmektedir.

Deprem dalgalarından yararlanan jeologlar, tomografi ile dünyanın bir röntgen resmini hazırlamaktadırlar. Basınç dalgaları dediğimiz dalgalar (kırmızı) ilerleme yönleri boyunca titreşirler ve sıvı yer çekirdeğini de aşarlar. Kayma dalgaları ise ilerleme yönüne dik durumdadır ve sıvı yer çekirdeğini aşamazlar.



vamlı olarak yeni kabuk oluşturuyor ve yerin yüzeyi genişlemediği için, buna karşılık yer yüzünün mesela Pasifik'teki deprem bölgelerinden birine kabuk tekrar mantonun içine itiliyordu.

Bugün, yerin yapısı hakkında Jules Verne zamanı kadar karanlıkta değiliz. Günümüzde dünyanın bir üst ve alt kabuğu, bir üst ve alt mantosu, ayrıca katı iç çekirdeğini çevreleyen sıvı bir dış çekirdeği olduğu kabul edilmektedir. Kabaca, dünyayı bu tabakalı yapısıyla bir soğana benzetebiliriz.

Dünyanın üst kıta kabuğu; silisyumun oksijen ve alüminyuma bağlanmasıyla oluşan ve potasyum ile sodyumca zengin kayalardan ya-





Yukarı Pfalz'te bir sondaj kulesi: Jeologlar, buradan yerin on kilometre derinliğine kadar ulaşmak istiyorlar. Yukarıda ön sondajdan elde edilen kaya çekirdeği görülüyor.

leri geliştirilmiştir. Bavyera'da küçük Windischschchenbac kentinin yakınlarında 8 Eylül 1990'dan beri 80 metrelik bir sondaj kulesinin yardımıyla, yeni geliştirilmiş bir delgi, yer içlerinde yol açmaktadır. Projeye katılmış olan bilim adamları, şartlar elverirse, 1994'te 10000 metrelik bir derinliğe ulaşabileceklerini umuyorlar. Arada, 1987 ve 1989 yılında yapılmış ön sondajlarla 4000 metre derinliğe kadar ulaşabilmiştir. Bunlardan sağlanan örnekler, iç kayaların yapısını şimdiye kadar sanıldığından çok daha karmaşık olduğunu göstermektedir.

Bilim adamları, daha önce yapay deprem dalgaları ile yaptıkları incelemelere dayanarak, kaya tabakalarının bir çanak biçiminde olacağına hükmetmişlerdi. Halbuki, tabakalar dikey olarak yer içlerine uzanmaktadır. Şaşırtıcı olan başka bir şey, 3900 metre kadar derinlikten 75000 litrelik sıcak bir sıvının yukarıya pompalanmasının ve tahlilinin yapılmasının başarılabilmesiydi. Sıvıda yüksek oranda metan ve azot bulunuyordu. Yer yüzünün düşük basıncında bu gazlar kaçarak, geriye tuz oranı yüksek bir su kalıyordu. Üstelik dip tabakalarda beklenmedik kadar yüksek nisbette heyuma rastlanmıştı. En şaşırtıcı bulgu, bundan 380 milyon yıl kadar önce 700 derece santigratlık bir sıcaklık ve 8000 bar'lık bir basınç altında oluşmuş paragnays tabakalarında 400 milyon yıllık çok küçük canlıların korunmuş fosillerinin tespit edilmiş olmasıydı. Emmermann, bu tabakaların 20 milyon yılda 30 kilometre gibi bir asansör hızıyla yer yüzüne yükselmiş olduğunu hesaplamaktadır.

Sondajlar, yer içindeki sıcaklığın öngörülenden daha hızlı yükseldiğini göstermiştir. Jeofizikçiler, sı-

caklığın kilometre başına 20 derece santigrat yükselişini tahmin etmişlerdi. Halbuki gerçekte bu değer 30 derece santigrat oldu. Araştırmacılar, 4000 metrelik deney sondajının bitim ucunda 100 derece santigrada ulaşılacağını sanıyorlardı. Aslında 118 derece santigratlık bir sıcaklık ölçüldü.

Jeofizikçiler, özellikle doğal ve yapay deprem dalgalarını inceleyerek yer içinin yapısı hakkında bilgi sahibi olmak istemektedirler. Karadaki yapay depremler, gücü tam olarak bilinen patlamalar, denizdeki yapay depremler ise, çok fazla sıkıştırılmış havanın birdenbire genişletilmesi ile meydana getirilmektedir. Böylece ortaya çıkan dalgaların yansıma ve kırılma biçimlerinden yer içindeki değişik yoğunluk sınırları belirlenebilmektedir. Bu yöntemle 1960'lı yıllarda dünyanın katı kaya örtüsü litosferin birbirleriyle yavaşça sürtüşen bir dizi plâkadan oluştuğu anlaşılmıştır. Bunlardan bazıları, örneğin Ege ya da Arabistan plâkası, birkaç yüz kilometre kare büyüklüğündedir. Buna karşı Kuzey ve Güney Amerika plâkası ya da Avrasya plâkası, milyonlarca kilometre karelik bir alan kaplamaktadır. Bu plâkaların dış hatları, her zaman kıtalarinkine uyuşmamaktadır. Örneğin Kuzey Amerika plâkası ile Avrasya plâkası, Atlantik Okyanusu'nun ortasında birbirine çatmaktadır. Plâkaların önemli bir ortak özelliği, sabit olmaları ve ancak kenarlarda deformasyona uğramalarıdır. Bundan dolayı, deprem ve volkan püskürmesi gibi doğa olayları bu kenarlarda meydana gelmektedir.

Aslında plâkalar tektoniği, daha 1910'da Alman meteorologu Alfred Wegener tarafından öngörülmüş-

Sıvı demir çekirdek: Buradaki sütunda turuncu olarak gösterilmiş bulunan çekirdek, 2900 ilâ 5100 metre derinliktedir. Sismologların hesaplamasına göre, erimiş çekirdek tam bir küre biçiminde



değildir. On kilometreye kadar çıkan ve kalp atışı bir ritim gösteren girinti ve çıkıntıları mevcuttur. Böyle anormallikler, çekim dalgalanmalarına ve yer yüzeyinde deformasyonlara yol açar.



Jeologlar, bulunmuş meteoritlere bakarak kendi gezegenimizin yapısı hakkında sonuçlara varmaktadır. Resimde Namibya'daki Hoba çiftliğinin arazisinde bulunan 60 ton ağırlığındaki demirden bir meteorit görülmektedir. Dünyamızda olduğu gibi, dünya dışı katı maddeler de demirden ya da kayalardan oluşmaktadır.

tü. Wegener dünya haritasını incelemiş ve Atlantik Okyanusu'nun Amerika ile Avrupa kıyılarının sanki sonradan ayrılmış gibi birbirine uyduklarını görmüştü. Wegener, buna dayanarak kıtaların yer değiştirdiklerini ileri sürdü. Bu teoriye yapılan itiraz, bunu sağlayabilecek bir kuvvetin varlığının düşünülmemeyeceği idi. Bu durum 1957'de değişti. O sırada, yer bilimciler 1957'yi "Uluslararası Jeofizik Yılı" olarak ilan etmişler ve bazı araştırma projeleri başlatmışlardı. Araştırmaların hemen başında okyanus sirtlarının sınırı çözüldü ve burada yer mantosundan çıkan sıcak magmanın deniz zeminini iki tarafa doğru birbirinden ayırdığı ortaya çıktı. Böylelikle Orta Atlantik sırtı bölümünde Amerika, her yıl hemen hemen iki santimetre kadar Avrupa'dan uzağa itilmektedir.

Wöndischeschenbach sondajı, 300 derece santigrata erişildiği 10000 metrelik derinlikte durdurulacaktır. Bunun nedeni böyle bir sıcaklıkta hem delgi âletinin hem de yönlendirici ve ölçüm yapıcı elektronik mekanizmaların görevlerini yapamaz hale gelecek olmalarıdır. aslında yer kabuğu ile yer mantosu arasındaki sınır, ortalama 33 kilometre derinlikte bulunmaktadır. Bu sınıra, varlığını daha 1910 yılında Zagreb Gözlemevi'nde kaydedilmiş deprem dalgalarını değerlendirerek ortaya çıkarmış olan Yugoslav meteorologu Andrija Mohorovicic'in adı verilerek "Mohorovicic kesintisi" ya da kısaca "Moho" denmiştir. Moho kesintisinde, P dalgalarının hızı saatte 8 kilometreye düşer; çünkü Moho, mantonun yoğun ve zor eriyen minerallerine bir geçiş gösterir. Üst mantonun başlıca maddesi, bir magnezyum-demir silikat olan olivin'dir.

Okyanusların altında Moho, altı ilâ on kilometre derinliktedir. Kıtalar altında bu derinlik 25 ilâ 40 kilometreye, sıradağlar altında 70 kilometreye kadar çıkar. Bu derinlik farkları, litosfer ile üst manto arasında tıpkı buz dağları ile su arasındakine benzer bir yüzme dengesinin varlığı ile açıklanmaktadır. Plâkalar ne kadar ağırsalar, o nispette dibe çökerler.

Moho'nun altında, aradaki iki kesinti göz önüne alınmazsa, basınç ya da P dalgalarının hızı, oldukça

düzenli biçimde saniyede 13,7 kilometreye düşmektedir. 2890 kilometrelik derinlikte ise, yer çekirdeğinin sınırına varılmaktadır. Deprem dalgalarının incelikli analizinden, Moho'nun üst mantodan altlığı ile birlikte, litosfer plâkaları bölgesinde olduğu ortaya çıkarılmıştır. Plâkalar ise 100 ilâ 200 kilometre kalınlığında, astenosfer denen daha zayıf bir tabaka üzerinde yüzmektedir. Mineraloglar, bu tabakada su bulunduğunu sanmaktadır. Sadece % 0,1'lik bir su oranı bile, o bölgede görülen basınç altında olivin'in erime derecesini düşürerek, onu bükülgen hale getirmeye yetmektedir. Astenosferi bastıran litosfer tabakaları, 45 derecelik bir açı ile dibe batmakta ve yer mantosunun daha sert bölümlerine erişmektedirler. Bu yer açma hareketleri sırasında, yer yüzeyinin 70 ila 650 kilometre dibinden kaynaklanan dip sarsıntılarına yol açabilirler. Ancak daha sık görülen ve daha yıkıcı olan depremler, yer yüzünün birkaç yüz metre ile birkaç kilometre altında meydana gelen ve plâkaların birbirlerine yatay olarak çatmasından oluşan yüzey depremleridir.

Amerikalı jeofizikçi Cliff Frohlich, yaklaşık 400 kilometrelik bir derinlikte dalga hızında kaya yoğunluğunun artışı gösteren ani bir yükselme olduğunu ve bu bölgede olivin'in daha yoğun bir madde olan spinell'e dönüşerek deprem kaynaklarının minimuma indiğini belirtiyor. Bunun anlamı şudur: Bu bölgedeki kesintide bulunan maddeler, basınç altında yeniden kristalleşme vasıtasıyla hacimlerini daraltılmaktadırlar. Frohlich, 650 kilometre derinlikte görülen ikinci kesintinin, spinellin daha yoğun bir mineral olan perovakit'e dönüşmesinden ileri gelebileceğini söylüyor. Yalnız, yer alt mantosunun aynı biçimde yapıllı olması, onun homojen olması demek değildir. Birçok bölümleri deliklidir. Dipten ince uzun sütunlar halinde sıcak magma astenosfere, hatta yer yüzeyine kadar çıkar. Bu sütunlara "plume = sorguç" denmektedir; çünkü bunlar, uzun ve tüy sapına benzer bir kanalın ucunda sorguç biçiminde bir açılım gösterirler. Bir mantara benzetebileceğimiz bu sorguçlar, yer kabuğunun bir ile iki kilometreye kadar yükselmesine sebep olurlar.

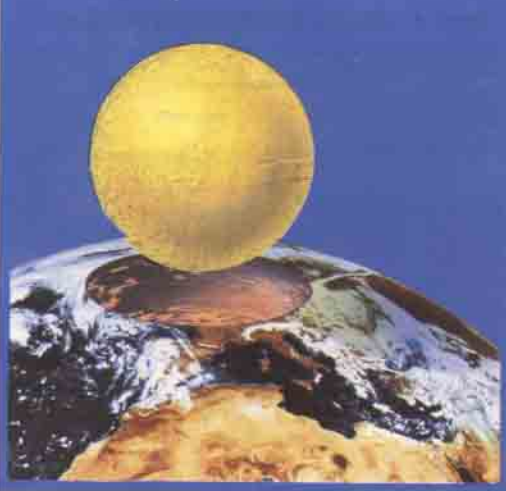
Bu sorgular, bilgisayar simülasyonlarına dayanan Amerikalı jeofizikçi Robert S. White'in belirttiğine göre, artlarından yükselenlerden 50 ilâ 100 derece santigrat daha sıcak olan madde topraklarının yukarıya çıkması ile oluşmaktadır. Mantar şapkasını meydana getiren toprak, daha sonra ortaya çıkan sorgutan daha geniş çaplıdır. Sorgular, yer mantosundaki konumlarını hemen hiç değiştirmezler. Yeteri kadar yükseldikleri zaman, "hot spot-sıcak nokta" olarak yer kabuğunu delerler. Bunlar genel olarak yüz milyon yıl, bazı hallerde bunun iki katından daha uzun süre etkinliklerini sürdürürler ve ısının yerin en içlerinden yer yüzeyine doğru aktarılmasını sağlayan sistemin bir parçasını oluştururlar. Litosfer tabakaları üzerlerinden kaydığı zaman, milyonlarca yıllık sürenin geçişinden sonra, tek bir hat üzerinde birbirini izleyen aktif volkanlar dizisi ortaya çıkar. Buna bir örnek, Hawaii Adaları zinciridir.

Bir okyanus ortası sırtının yarık bölgesi bile, böyle yer mantosundan beslenen bir sıcak noktanın üzerinden geçebilir. O takdirde bölge, su seviyesine kadar yukarıya yükseltilebilir. Bunu volkanik bir ada olan İzlanda'da gözlemek mümkündür.

Şimdi Amerikalı yerbilimciler, olağan sorgular yanında süper-sorgular bulunup bulunmadığını tartışmaktadırlar. Süper-sorgulara bir örnek olarak 120 milyon yıl önce Yeni Gine'nin kuzeydoğusunda, deniz çökelti tabakalarının 900 metre dibinde, Alaska'nın iki katı kadar büyük bir bölgede, merkezde 40 kilometreye kadar erişen kalınlıkta dünyanın en muhteşem bazalt yığıntılarının oluşturmuş bulunduğu Ontong-Cava platosunu belirtebiliriz.

Olağan sorgular, tek başına böyle boyutlarda bazalt kütleleri oluşturmazlar; ama, sayıları daha çok olduğundan, yığıntıları gene de bir süper-sorgucunkıyla karşılaştırılabilecek miktarlara çıkar.

Demir çekirdek: Bu çekirdek, merkezde 3,5 milyon atmosfere kadar çıkan basınçla katı bir küreye dönüşmektedir. Çekirdekte 7200 derece santigratlık bir sıcaklık olduğu tahmin ediliyor.



Böylece bundan 66 milyon yıl önce, Hindistan'ın batısında 500 bin yıldan kısa bir süre içinde iki milyon kilometreküp kadar lav püskürtülmüş ve batı ile orta Hindistan'da yüzlerce metre kalınlıkta bir bazalt tabakası meydana gelmiştir. Gene Kuzey Atlantik'te 57 milyon yıl kadar önce, 2000 kilometre uzunluğunda, 50 ilâ 100 kilometre genişliğinde ve ortalama beş kilometre kalınlığında, Hindistan'dakiler gibi iki milyon kilometre küp hacminde bazalt yığıntıları oluşmuştur.

Sorguların ve süper sorguların volkanik püskürtüleri ne ölçüde olursa olsun, yerbilim tarihi açısından daha önemli olan, astenosferden okyanus ortası sırtlarına doğru yükselen ve buradaki çatlaklardan çıkan püskürtülerdir. Bunlardan 500 bin yıllık bir sürede, on milyon kilometre küp hacminde madde püskürdüğü tahmin edilmektedir.

Lavlarla birlikte yer mantosundan denize ve sonda atmosfere karbondioksit ve metan da püskürtülmektedir. Bu iki gaz da, sera etkisi dolayısıyla yer yüzeyinin sıcaklığını artırmaktadır. Yer yüzünde tropik bir çağın ya da buz çağının yaşanması, bunların püskürtülüş miktarına bağlıdır. Bazı belirtiler, günümüzden 120 milyon yıl önce, süper sorguların son devrinde çok daha fazla karbondioksit ve metan püskürtüldüğünü ve dünyanın kutuplara kadar tropik bir çağ yaşadığını göstermektedir. Bu devirde, Alpilerin ve Himalayaların yükselmesi gibi büyük jeolojik etkinlikler meydana gelmiştir.

Araştırmacılar, sorguların yerin çekirdek-manto sınırından beslendiğini ileri sürmektedirler. Bilgisayar modelleriyle yapılan araştırmalardan yerin sıvı dış çekirdeğinin 2900 ilâ 5000 kilometre derinlikte bulunduğu ve en içteki katı çekirdek bölgesine gelince, sıcaklığın 7000 derece santigrata kadar çıktığı hesaplanmıştır. Gerek dış, gerek iç çekirdeğin % 90 kadar demirden, % 10 kadar da kükürt, oksijen ve silisyumdan oluştuğu tahmin edilmektedir.

Yerin ısı mekanizması henüz tam bilinmiyor. İç çekirdekte oluşan enerjinin ışınım yolu ile dış çekirdeğe aktarıldığı ve su kadar akışkan olan dış çekirdekten konveksiyon akımları ile yer mantosuna ulaştırıldığı sanılıyor. Sıvı demir iyi bir elektrik iletkeni olduğu için, çekirdekteki akımlar bir kendi kendini harekete geçiren dinamo gibi etki yapmakta ve dünyanın mıknatıs alanını meydana getirmektedir. Ancak bu alan düzenli olmayan süreler içinde çökmekte ve sonra ters kutuplu olarak yeniden doğmaktadır. Son üçbuçuk milyon yıl içinde dokuz kere meydana gelmiş olan bu kutup değiştirme olayının nedeni tam olarak bilinmemektedir.

Yer çekirdeğinin dörtbuçuk milyar yıldan beri yer mantosuna ve yer mantosunun yer kabuğuna aktardığı enerji, esas itibarıyla radyoaktif elemanların bozunumuyla oluşmaktadır. Çok ilerde bir gün bunlar tükendiği zaman, sıcaklık düşecek ve dış çekirdek tabakası da kristalleşecektir. Bunun sonuçları herhalde yıkıcı olacak; çünkü plâkalar tektoniği motoru duracaktır. Sonuçta karbondioksinin yer mantosuna çıkışı sona erecek ve dünya yüzünde sonsuz bir buz çağı başlayacaktır.

P.M. 12/1991'den kısaltarak çev.:
Dr. Ergin KORUR