

Hiçbir Şey  
Göründüğü  
Kadar  
Durağan  
Değil

# Kaya Döngüsü

*Yerkabuğunu oluşturan kayalar, atmosferle astenosfer arasında sonu gelmez bir döngü içindedir. Bu döngü magmatik, başkalaşım ve tortul kayalar olmak üzere üç ana gruba ayrılan kaya türlerinin birbirine dönüşümü biçiminde gerçekleşir. Yerkabuğunun parçalı ve hareketli doğasıyla, atmosferdeki etkinliğin sağladığı bu dönüşümler; yerkabuğunda bugüne değin binlerce kez yinelenmiş bir madde döngüsüdür aslında.*

**B**İR TAŞ PARÇASI ilk bakışta önemsiz gibi görünür. Oysa dikkatli ve deneyimli bir gözlemci için doğa kurallarının yazılı olduğu bir kitâbe, yer tarihinin kayıtlı olduğu gerçek bir belgedir aslında. Daha çok insan öncesi geçmişe tanıklık eder bu belge; sunduğu ya da değerlendirilmesi gereken zaman ölçeğinin birimiyse milyonlarca yıl içerir. 4,5 milyar yıllık yer tarihinin ancak son dönemlerine tanıklık eden insan soyu için kavranması güç bir zaman ölçeği...

Binlerce metre tortulun denizlerde birikmesini ya da heybetli dağların aşınarak deniz seviyesine kadar alçalmasını sağlayan yerbilimsel süreçleri, kuşkusuz olağan yollarla gözleyemeyiz. Bunlar; ancak yerkabuğundaki izlerine (kayıtlarına) rastlayabildiğimiz doğal süreçlerdir. Bu nedenle pek çok farklı türdeki yer gerecinin, bizim algılayamadığımız uzun bir zamanın buyruğu altında olduğunu söyleyebiliriz. Öyle ki, bize durağan ya da hiç değişmiyormuş

gibi gelen pek çok yerbilimsel oluşum (sözgelimi dağlar, tepeler, göller, kumsallar...) aslında sonu gelmez bir devrimin içindedir. Tıpkı bir duvar saatinin akrebine baktığımız da nasıl onun hareket ettiğini göremezsek, bir dere yatağındaki irice bir andezit çakılına baktığımızda da onun hareketini de göremeyiz. Akrebin hareketini algılamakta zorlanan duyularımız, çakılın içinde bulunduğu süreci algılamaktan çok uzaktır.

Bu andezit çakılının kaynağı pekâlâ birkaç kilometre ötede-



ki bir volkan konisinden yayılan andezit lav akıntısı olabilir. Onu kaynağından koparan ve kilometrelerce ötedeki bu dere yatağına sürükleyen güçse, yerkabuğuna milyarlarca yıldır egemen olan doğal yerbilimsel süreçlerinden başkası değildir. Benzer süreçlerin, sözkonusu çakılı daha küçük parçalara, belki de mineral bileşenlerine ayırıp, bir tortul kayanın bileşimine sokabileceğini de söyleyebiliriz. Hatta bu tortul kayanın farklı pek çok türde kayaya dönüşebileceğinin yanı sıra, yerkabuğundaki buna benzer bir madde dolaşımının kabuğun ilk oluşumundan bugüne değin binlerce kez yinelenmiş olduğunu, bundan sonra sayısız kez yineleneceğini de söyleyebiliriz.

Kuşkusuz yerkabuğundaki herhangi bir madde dolaşımının yalnızca bir kez gerçekleşmesi için geçmesi gereken zaman milyonlarca, belki de yüz milyonlarca yıldır. Yer bilimlerinin uygarlığımıza yaptığı belki de en önemli katkılardan biri, bu çok büyük zaman ölçeğinin ve bununla ilgili olan kıtalar ya da okyanuslar ölçeğindeki madde dolaşımının kavranabilmesini sağlamak olmuştur. Çağdaş yer bilimlerinin kurucusu sayılan James Hutton, yer hakkındaki gözlem ve değerlendirmelerini 1795'te yayımlanan 'Yerin Teorisi' adlı kitabında bir araya getirmişti. Bugün de benimsenen pek çok temel yer bilim kavramı ve olayı gibi, yerkabuğundaki madde dönüşümünden ve döngüsünden de söz ediyordu bu kitabında. Yerkabuğunu oluşturan üç ana kaya grubunun birbirine dönüşümü Hutton'u öylesine etkilemiş olmalı ki, mekaniğini anlayamadığı bu olay karşısında "...ne bir başlangıcın izlerini, ne de bir sonun uzak olasılığını bulabiliyorum." demekten kendini alamamıştı. Oysa, bu doğal sürecin na-

**Akarsularla denizlere ya da göllere taşınan farklı türde ve boydaki yer gereci buralarda depolanır. Kalınlık arttıkça sıkışan tortul, bünyesindeki suyu ve havayı dışarı atar. Derinlere indikçe pekişen malzeme taşlaşmaya başlar ve zamanla tortul kayalar oluşur.**



**Kıyılar, tortul kayalar için uygun oluşum ortamlarından biridir. Dalgalar farklı yollarla denize ulaşan yer gereci (kum, çakıl, deniz kabuğu vb) sonu gelmez gelgitlerle sürükler ve aşındırırlar.**

sıl gerçekleştiği, Hutton'un ölümünden yaklaşık iki yüzyıl sonra, Levha Tektoniği kuramının ortaya çıkışıyla tam olarak açıklığa kavuşacaktı.

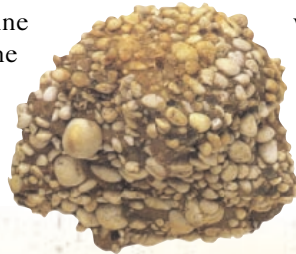
Genel bir yaklaşımla magmatik, metamorfik (başkalaşım) ve sedimenter (tortul) kayaların birbirine dönüşümü biçiminde gerçekleşen bu madde döngüsü, yerkabuğunu oluşturan irili ufaklı "levha"ların, devâsa bir makineyi andıran hareketinin sonuçlarından yalnızca biridir. Kendilerine özgü oluşum biçimi, ortamı, fiziksel ve kimyasal özellikleriyle bu ana kaya türlerinin her biri, atmosferle astenosfer arasında sürekli bir dönüşüm durumundadır.

## Birike Birike...

Sözgelimi kalsiyum iyonunun (Ca<sup>++</sup>) yerkabuğundaki serüveniyle ilgili olarak kurulabilecek bir senaryo, hem kayaların birbirine dönüşümüne hem de yine

yerkabuğundaki madde (element) döngüsüne iyi bir örnek oluşturabilir.

Deniz suyunda ortalama binde 0,41 oranında bulunan kalsiyum iyonu, bazı mikroskobik bitkilerin temel besin kaynağıdır. Bu tür bitkilerle beslenen bir deniz kabuklusuyusa –bu pekâlâ bir deniz tarağı (Lamellibranchia) olabilir- bu sayede edindiği kalsiyumu, kavrısını (kabuğunu) yapmak için kullanır. Böylece kalsiyum iyonu, karbon ve oksijenle birleşerek kalsiti yani kalsiyum karbonatı oluşturur. Derken günlerden bir gün, kalsitten evinde nice acı tatlı günler geçiren Lamellibranchia ölür; evi de deniz tabanındaki tortula gömülür ya da, dipteki akıntılarla sürüklenerek dalgaların da yardımıyla bir kumsala taşınır. İkinci olasılığı göz önüne alırsak ve elbette bir meraklı tarafından toplanmazsa; dalgaların, kabuğu sonu gelmez gelgitlerle kıyıda yuvarlayacağını, bir süre sonra da kırarak ufalayacağını bekleyebiliriz. Sonra bu kabuk parçalarının kum ve çamura



gömülmesi de güçlü bir olasılık.

Kumsallar kimi zaman uygun birer depolanma ortamı oluşturabilirler. Bu durum genellikle binlerce metre tortulun birikebildiği ve çok geniş alanları kaplayan yerteknelerinde

(jeosenklinaller) gözlenir. Bu arada yerteknelerinin, yerkabuğunun düşey doğrultudaki hareketleriyle oluştuğunu da söyleyelim. Aşağı ya da yukarı yönde gerçekleşebilen bu hareketlerin yılda yalnızca birkaç milimetre olduğu da göz önüne alınacak olursa, Akdeniz ya da Karadeniz gibi birikinti alanlarının ve buralardaki yerteknelerinin de milyonlarca yılda oluştuğunu söyleyebiliriz.

Sözü fazla uzatmadan kalsiyum iyonunun serüvenine dönelim. İşte böyle bir alanda zamanla derinleşen yerteknesi, denizin de yavaş yavaş karaya doğru ilerlemesine yol açacak, kumsaldaki kabuk parçaları da karadan gelen, kum, kil ya da çakıl gibi tortul maddeleri altında gittikçe daha derine gömülecektir. Bu yolla oluşan tortul kütle, üzerine biriken ve birikmeye devam eden başka tortulların etkisiyle sıkışarak, bünyesindeki suyun ve havanın neredeyse tamamını dışarı atar. Böylece, üzerindeki basıncın ve derinliğe bağlı olarak az da olsa yükselen sıcaklığın da etkisiyle tortul, gittikçe kendi içinde kaynaşarak taşlaşır. Bu durumda artık birikmiş tortuldan çok, kayadan söz etmek daha doğru olur. Çünkü oluşum artık bir tortul (sedimanter) kayadır.

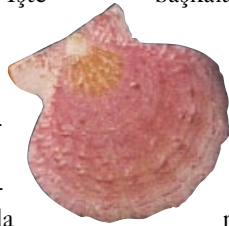


Atmosfer, aslında güçlü bir aşındırıcı ve ayrıştırıcıdır. Sözgelimi su, kayalardaki mikro çatlaklara sızarak, donup çözüldükçe bu çatlakları genişletirken, rüzgâr

da taşıdığı tozla kaya yüzeyini aşındırır. Böylece kaya zamanla aşınır ve parçalanır. Kayalarda atmosferin neden olduğu benzer aşındırma ve ayrışmalar, yerbilimlerinde günlenme adını alır.

## Birikmeye Devam

Şimdi başka olasılıkları bir yana bırakıp, yerteknesinin derinleşmeyi sürdürdüğünü varsayalım. Bu durumda oluşan tortul kaya daha da gömülür ve ona etkiyen basınç ve sıcaklık da giderek yükselir. Yüksek basınç ve sıcaklık, bu durumdaki bir tortul kaya için, önemli yeni bir değişime yönelik bir başlangıcın habercisidir. Basınç ve sıcaklığın ulaşacağı belirli bir değerde



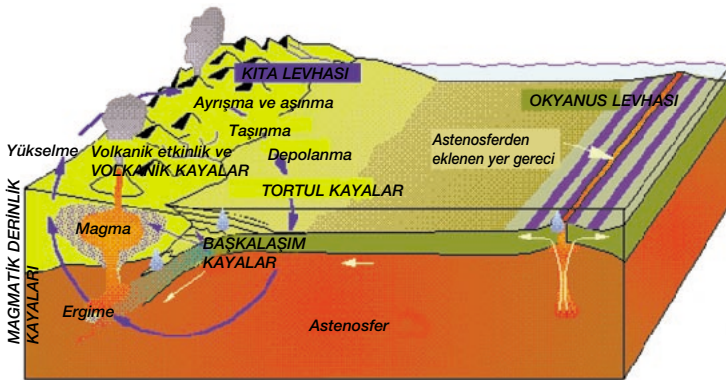
başkalaşımın, yani yerbilimlerindeki adıyla metamorfizmanın başlayacağını söyleyebiliriz. Bu arada kalsit parçasının bileşimindeki kalsiyum iyonu da aşırı sıkışma ve yüksek sıcaklık nedeniyle karbon ve oksijenden ayrılır. Böylece serbest hale geçen kalsiyum iyonları uzun süre serbest kalmazlar; ortamda bulunan diğer elementlerle yeni bileşikler oluşturabilirler. Örneğin yerkabuğunda en yüksek oranda bulunan iki element; yani silisyum ve oksijenle, kalsiyum iyonu sulu bir kalsiyum alüminyum sillikat oluşturabilir. Böylece ortaya çıkan yeni bileşik  $CaAl_2(Al_2Si_2)O_{10}(OH)_2$  yani margarittir. Kalsiyum iyonunun bünyesinde bulunduğu kayaya türüne göre tortul (sedimanter) kaya

yerine, artık başkalaşım (metamorfik) kaya demek daha doğru olur. Çünkü margarit, örneğin klorit şist gibi metamorfik kayalara özgü bir mineraldir. Özetle tortul kaya, yüksek basınç ve sıcaklığın etkisiyle başkalaşım kayaya dönüşmüştür, kalsiyum iyonu şimdi başka bir tür kayanın, yani bir başkalaşım kayanın bünyesinde artık.

## Daha Ne Kadar?

Bu başkalaşımın ardından, yerteknesinin derinleşmeye (çökmeye) devam ettiğini varsayalım. Bu durumda, yeryüzünden onlarca kilometre derindeki çok yüksek sıcaklık ve basınç klorit şist ya da akışkan duruma getirir ve kalsiyum iyonu da bu koşullar altında yeniden serbest kalır.

Kalsiyum iyonunun bundan sonraki macerasına geçmeden önce, bulunduğu ortamı, ayrıntılara yönelmeden tanımlamakta yarar var. Yerkabuğundaki pek çok olayın nedeni olan levha hareketleri, yerteknelerinin oluşmasını sağlayan düşey doğrultulu hareketlerin de nedenidir kuşkusuz. Kıtasal kabukla okyanusal kabuk sınırında gelişen yertekneleri, bu sınır boyunca uzanırlar. Kimi zaman bu sınırlar aktif duruma geçip bir yitim kuşağına dönüşebilir. Yitim kuşağı, birbirine doğru

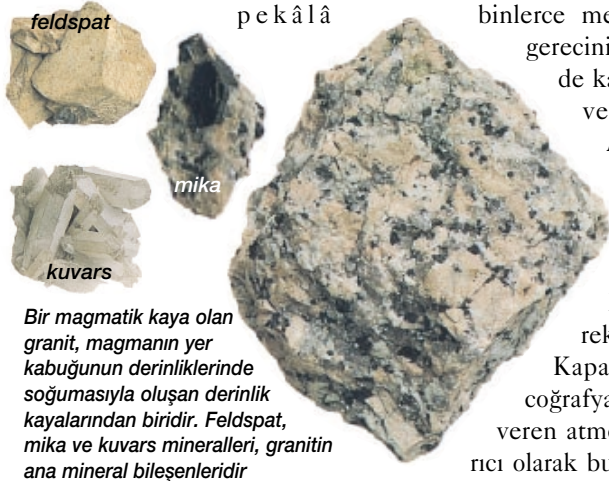


Tek parça olmayan yerkabuğu, kıtasal litosfer ve okyanusal litosfer adını alan levhalardan oluşur. Hareketli olan bu levhalar, birbirine doru itilebildikleri ya da birbirlerinden uzaklaşa bildikleri gibi, itilip uzaklaşmadan ve aynı doğrultuda ancak aksi yönde de hareket edebilirler. Yandaki blok diyagramda görüldüğü gibi iki okyanusal levha bir sırt boyunca birbirinden ayrılır. Ayrılmanın nedeni, iki levha arasına astenosferden eklenen yer gerecidir. Okyanusal levhanın bir kıtasal levhayla sınırındaki durumsa, kimi zaman bu iki farklı levhanın birbirine itilmesi biçiminde gerçekleşir. Bu durumda kıtasal levhanın altına dalan okyanusal levha (daha yoğun olduğu için) astenosfere girerek ergir. Ergiyen yer gereci daha sonra kıtasal levha içinde yükselir. Bunun sonucunda magmatik kayalar oluşur. Atmosferin etkisiyle bu tür kayalar, parçalanır, ufalanır ve akarsu ya da rüzgâr gibi araçlarla deniz ya da göl gibi depolanma ortamlarına taşınır. Buralarda biriken yer gereci kilometrelerce

kalınlığa ulaşabilir. Kalınlık arttıkça, alttaki yer gereci sıkışır ve taşlaşır, böylece tortul kayalar oluşur. Kalınlık artarsa, ortamdaki basınç ve sıcaklık artar. Bu koşullarda ortamdaki tortul kayaların, başkalaşım kayalara dönüşmesini sağlar. Eğer böylesi bir oluşum, bir yitim zonunda bulunuyorsa, levha hareketleriyle astenosfere girip ergiyebilir. Böylelikle yer gereci bir kez daha kıtasal levha içinde yükselmeye ve magmatik kaya oluşturmaya hazırdır.

itilen iki levhadan birinin (ki bu yer-  
kabuğunun okyanus tabanını içeren  
kısmı, yani daha yoğun olan okyanus  
levhasıdır) diğeri altına girdiği, başka  
bir deyişle astenosfere daldığı levha sı-  
nırındır. Dalan levha kolayca öngörüle-  
bileceği gibi astenosfer içinde ergir ve  
çoğu kez altında yer aldığı kıta levha-  
sının içinde yükselmeye başlar. Bu;  
magmatik kayaların tipik oluşum biçim-  
idir aslında. Kıtasal litosfer içinde  
yükselen magma, yeryüzüne ulaşma-  
dan soğuyup katılaşır derinlik kaya-  
ları oluşur. Yeryüzüne ulaştığı zaman-  
larda da volkanik etkinlik görülür ve  
volkanik kayalar oluşur.

Şimdi yine kalsiyum iyonuna dö-  
nelim. astenosfere dalan, yerteknesi-  
nin tabanını oluşturan okyanus levha-  
sıyla birlikte, klorit şist de ergimeye  
başladığını ve böylece kalsiyum iyo-  
nunun bir kez daha serbest kaldığını  
söylemiştik. İyon astenosferde, soğu-  
ma başlayıncaya kadar serbest kalır.  
Öte yandan, viskozitesi yüksek bir sıvı  
gibi davranan astenosfer malzemesi,  
üzerinde bulunan yerkabuğu içinde  
yükselirken soğuma da başlar. Bu yer  
gereci, derinlik ve bileşimine göre de-  
ğişik türde magmatik kayalar oluşturu-  
r; bunlar derinlik kayaları ya da vol-  
kanik kayalar olabilir. Bu durum, kalsi-  
yum iyonunun yeni bir bileşik oluşturma-  
sı ve yerkabuğundaki yolculuğunu  
(serüvenini) şimdi de bir magmatik  
kaya bileşiminde sürdüreceği anlamına  
gelir. Bulunduğu yeni ortamda kal-  
siyum iyonunun, olası seçenekler ara-  
sından silisyum, oksijen ve alümin-  
yumla bileşik yapacağını var sayarsak,  
bu kez ortaya çıkan mineral (magma-  
tik kayalarda sıkça rastlanan)  $CaAl_2Si_2O_8$   
bileşimli feldspat olacaktır. Feld-  
spat minerali de pekâlâ



Bir magmatik kaya olan  
granit, magmanın yer  
kabuğunun derinliklerinde  
soğumasıyla oluşan derinlik  
kayalarından biridir. Feldspat,  
mika ve kuvars mineralleri, granitin  
ana mineral bileşenleridir



Akarsular aşınan yer  
grecini, deniz ya da  
göl gibi gezegenimizi  
depolanma  
alanlarına taşırlar.

bir volkandan çevreye yayılan lavla  
birlikte yeryüzüne yeniden ulaşabile-  
ceği gibi, örneğin yerin derinliklerinde  
yavaş yavaş soğuyarak oluşan granitin  
bileşenlerinden biri de olabilir.

## Yeniden Gün Işığına

Şimdi hayal gücümüzü biraz daha  
zorlayalım. Bir granit minerali olan  
feldspatin ve onun bileşimindeki kal-  
siyum iyonunun yeryüzüne ulaşip ye-  
niden serbest hale geçebilmesi için  
milyonlarca yıl beklemesi gerekecek-  
tir. Çünkü granitin gün ışığını görebil-  
mesi, önce yerkabuğu hareketleriyle  
deniz seviyesi üzerine çıkmasına, da-  
ha sonra da üzerinde bulunabilecek  
binlerce metre kalınlığındaki yer  
grecinin (ki bunlar farklı tür-  
de kayalar olabilir) aşınması  
ve taşınması gereklidir.

Ama bu işte yüzmil-  
yonlarca yıllık dene-  
yimi olan atmosfer-  
in, er ya da geç bu-  
nu da başaracağından  
kuşku duymamak ge-  
rek. Grand Canyon ya da  
Kapadokya gibi pek çok  
coğrafyaya bugünkü biçimini  
veren atmosfer, sabırlı bir aşındı-  
rıcı olarak burada da kendini göste-

recektir. Yağmur eritecek, buz ve Gü-  
neş mikro çatlakları büyük yarıklara  
dönüştürerek parçalayacak, sert rüz-  
gârlar taşıdığı tozla bir zımpara gibi  
aşındıracak, ve akarsular ortaya çıkan  
malzemeyi kilometrelerce uzaktaki  
denizlere taşıyacaktı. Sonunda derin-  
lerdeki granit, üzerindeki kaya yükün-  
den kurtulmuş, atmosferle yüzyüze  
gelmiştir artık. Gelmiştir gelmesine  
de, benzer bir süreç, söz konusu granit  
için de işlemekte gecikmez. O da par-  
çalanmaya ve ufalanmaya başlar. Bu  
sırada kalsiyum iyonu içeren feldspat  
mineralleri de granitten ayrılacaktır.  
Daha da ileri giderek, fiziksel ufa-  
lanma ve kimyasal ayrışmanın, zaman-  
la feldspat minerallerini de bileşenle-  
rine ayırabileceğini ve akarsularla de-  
nizlere taşıyacağını bekleyebiliriz.  
Böylece kalsiyum iyonu yeniden açık  
denizlerde ve benzer bir serüvenin  
eşiğindedir artık. Hutton'un, bu çev-  
rim karşısındaki sözlerini anımsama-  
mak elde değil: "...ne bir başlangıcın  
izlerini, ne de bir sonun uzak olasılığı-  
nı bulabiliyorum."

Murat Dirican

Konu Danışmanı: Gürol Seyitoğlu  
Doç. Dr. AÜ. Fen Fak. Jeoloji Müh. Böl.

Kaynaklar  
Plummer, C., McGeary, D., *Physical Geology*, 1993  
Prinz, M., Marlow, G., Peters, J., *Rocks and Minerals*, 1998  
[http://www.science/-geol202/rock\\_cycle/rockcycle.html](http://www.science/-geol202/rock_cycle/rockcycle.html)