



-
- Bu notlar, “The Earth” ve “Dynamic Earth” adlarında iki İngilizce ders kitabının belli bölümlerinin kendi yaptığım çevirilerinden oluşuyor. Bazen metne ülkemizden örneklerle kendi kısa görüşlerimi de ekledim.

GENEL JEOLJİ-II DERS PROGRAMI

DERSİN AMACI: Güz yarıyılında öğrenilen Dünya'nın içsel süreçleri üzerine yerkabuğunun dışında (sıg kabuk, hidrosfer ve atmosfer) gelişen süreçleri ekleyerek öğrencide hem daha sonra alacağı bazı derslere (örneğin hidrojeoloji, stratigrafi, sedimantoloji, tektonik gibi) zemin oluşturmak hem de toptan (karmaşık ve birbiriyle ilişkili sistemler topluluğu olarak) yerküre kavramını geliştirmek.

1- ATMOSFER

- 1- Atmosfer: katları, özellikleri
- 2- İklimler: neden oluşur, nasıl dağılır? İklimsel çevrimler ve nedenleri
- 3- Hidrolojik çevrim

2- AYRIŞMA VE TOPRAK

- 1- Ayrışma
 - 1- Mekanik ve kimyasal ayrışma
 - 2- Ayrışmada ana kayanın önemi
- 2- Toprak
 - 1- Toprak oluşumunu denetleyen etmenler
 - 2- Toprak türleri ve dağılımları

3- KÜTLE HAREKETLERİ

- 1- Kütle hareketlerinin nedenleri ve tetikleyicileri
- 2- Kütle taşınma süreçlerinin sınıflanması
- 3- Heyelanlar
- 4- Kaymalar
- 5- Debriz akışları
- 6- Toprak akışları
- 7- Yavaş hareketler

4- YÜZEY SULARI

- 1- Hidrolojik çevrim (kısaca)
- 2- Akarsu akışları
 - *Gradyent, kanal karakteristikleri
 - * Boşalım, debi
- 3- Akış aşağı morfolojik değişiklikler
- 4- Kaide seviyesi, dereceli akarsular
- 5- Akarsu aşındırması
- 6- Akarsu neleri nasıl taşır?
- 7- Akarsuların biriktirdiği çökeller
- 8- Akarsu vadileri
- 9- Drenaj deseni
- 10- Taşkınlar

5- YERALTISULARI

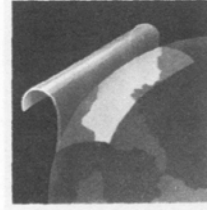
1. Önemi
2. Dağılımı
3. Su tablası nedir?

4. Yeraltısuyu hareketinde ve depolanmasında önemli parametreler
 1. gözeneklilik (porozite)
 2. geçirgenlik (permeabilete)
 3. akitard, akifer
 5. Yeraltısularının hareketi
 6. Kaynaklar
- 6- OKYANUSLAR VE KENARLARI
- a. Okyanusların dağılımı
 - b. Okyanusların derinliği, hacmi
 - c. Okyanusların tuzluluğu
 - d. Okyanusların sıcaklığı ve ısı kapasitesi
 - e. Okyanuslardaki akıntı sistemleri
 - f. Okyanus gelgitleri
 - g. Okyanus dalgaları
 - h. Kıyı erozyonu ve sediman taşınması
 - i. Sahil türleri
- 7- OKYANUS DİPLERİ VE DENİZ TABANI YAYILMASI
- a. Okyanus tabanlarının haritalanması
 - b. Kıta kenarları
 - c. Derin okyanus havzalarının özellikleri
 - d. Okyanus sırtları
 - e. Okyanus kabuğunun yapısı
- 8- KABUK DEFORMASYONU
- a. Gerilim ve deformasyon
 - b. Deformasyon türleri
 - c. Kıvrımlar
 - d. Faylar
- 9- LEVHA TEKTONİĞİ
- a. Kıtaların sürüklenmesi
 - b. Jeomanyetik terslenme
 - c. Paleomanyetizma

1- ATMOSFER

- Atmosfer, Dünya'ya yaşam veren çok ince bir gaz katmanıdır. Alttan üste, Troposfer, Stratosfer, İyonosfer ve Ekzosfer adı verilen farklı altkatmanlardan oluşur.
- Atmosferik olayların cereyan ettiği en alt bölüm olan Troposferin bileşimi:

- % 78 Azot (N₂)
- %21 Oksijen (O₂)
- %0.9 Argon
- Kalanı: CO₂, Ne, He, Kr, Xe, H₂ ve oranı sanayileşmeye bağlı olarak yerden yere değişen CO, SO₂, Ozon ve subuharımdan ibarettir.



İnce bir örtü, *solda* Yerkürenin çevresindeki koruyucu atmosfer kabuğu, oranlanırsa bir elmanın kabuğundan daha kalın değildir. Yerçekimi havayı sıkıştırdığından hava olaylarının tümü yerden ortalama 20 km yüksekliğe kadar görülür.

- Atmosfer deniz seviyesinde, santimetrekareye 1, 033 kg'lık bir basınç uygular. Bu 760 mm yüksekliğinde bir civa kolununun ağırlığına tekabül eder.

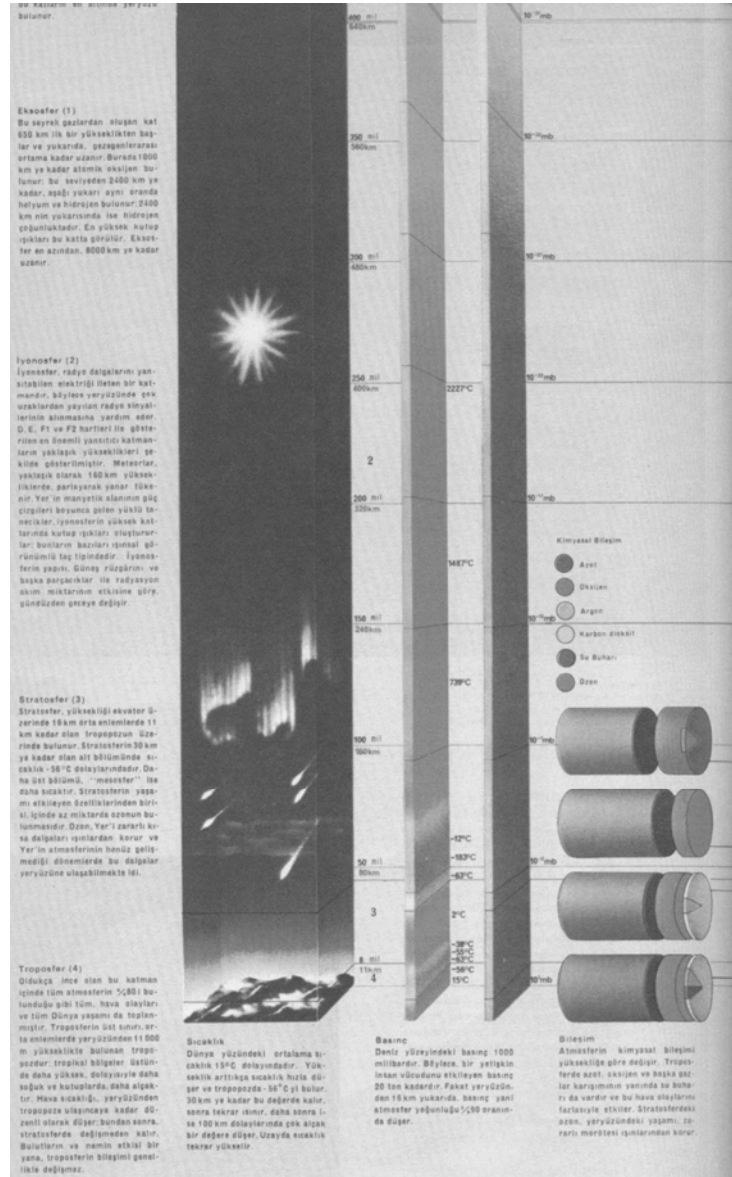
- Atmosfer ile hidrosfer ve litosfer arasında sürekli ısı alışverişisi hava durumlarını oluşturur. Bütün atmosferik olaylar, aslında, Güneş'ten gelen radyasyonun yarattığı ısının atmsferde dolaşımından ibarettir.

- Atmosfer olmasaydı (örneğin Ay'da ve Merkür'de yok) sadece yaşam yok olmaz, pek çok başka süreç te (bozunma, aşınma vb) ortadan kalkardı. Sonuçta çok durağan bir yeryüzü ortaya çıkardı (ayın yüzeyinin 3 milyar yıldır pek değişmediği sanılıyor).

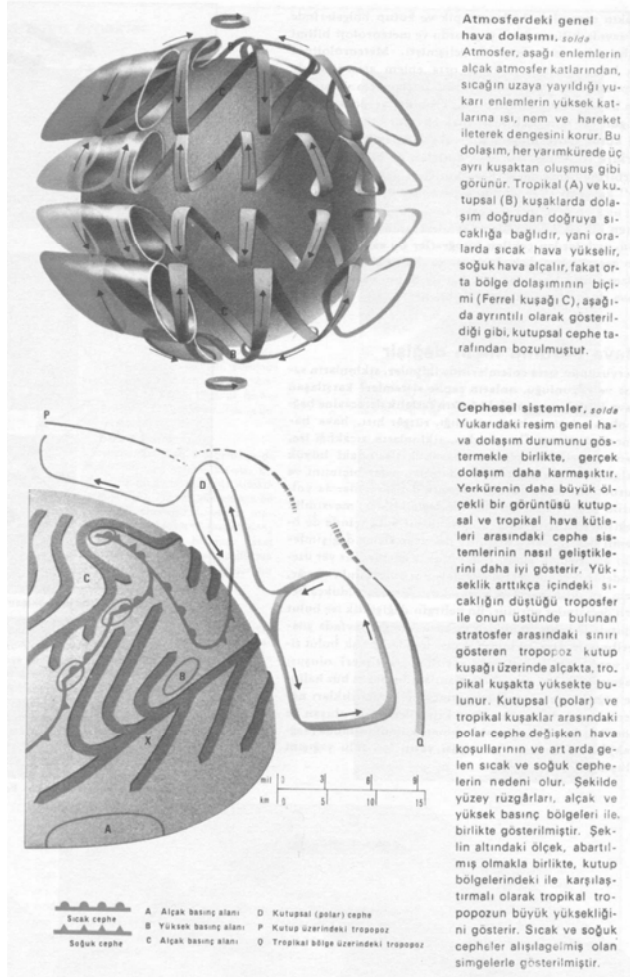
- Atmosfer Dünya'ya meteoritleri de etkisiz hale getirir.

- Uzay boşluğunun sıcaklığı 2000 °C'dir. Buradan atmosfer üzerinden taşküreye geçilirken sıcaklık muazzam düşüş gösterir.

- Yerçekimi sayesinde atmosfer yerinde durur, uzaya kaçmaz.



- Atmosfer aynı zamanda canlı yaşamına zararlı ultraviyole ışınları hapseder. Stratosfer içinde yer alan Ozon (O₃) bu işe yarar. Bu tabaka, aynı zamanda radyo dalgalarının uzaya kaçmasına engel olur.



- Bütün hava olayları atmosferin en alt seviyesini oluşturan Troposfer'in (Topopoz) alt kesimlerinde gerçekleşir.
- Atmosferin $\frac{3}{4}$ 'ü Everest zirvesinin daha altındaki yüksekliklerde bulunur. 30 km'nin daha altında atmosferin %99'u bulunur.
- Bugün genel kanı, dünya atmosferinin dünyanın katı kütlelerinden gaz kaçması (degassing) sonucu geliştiği şeklindedir. Halen devam eden volkanik aktivite bunun güzel bir verisidir. Olay, gravitasyonal kontraksiyon (büzüşme) ve radyoaktif bozunmalar sonucu yerinin sıcaklığının artmaya başlaması ve bunu izleyen bazı elementlerin bileşiklerinden ayrılarak gaz fazında yüzeye ulaşmalarıyla başlıyor. Bu ilk evrede H ve He hafif olduklarından dünyanın çekim alanından büyük ölçüde kaçıyorlar ve uzayda birikiyorlar. Bütün yerküre ve atmosferinde bir CO₂ bütçesi çıkarıldığında kayaçlardaki toplam

karbon miktarının bugün dinamik çevrim içinde olan Atmosfer, hidrosfer ve biyosferdekinin 600 kat fazla olduğu gözüküyor. Bu durumda CO₂'nin atmosferde zamanla giderek azaldığı sonucuna varabiliyoruz. Çalışmalar gösteriyor ki, Prekambriyen'de atmosfer büyük ölçüde CO₂'ten ibaretti. Kambriyen başlarında ilk sucul canlıların ortaya çıkışıyla Atmosferdeki O₂ bugünkünün 1/100'üne, Geç Siluriyen'de ilk karasal organizmaların gözükmesiyle bugünkünün 1/10'üne ulaştı.



Hidrolojik Çevrim

- Suyun değişik fazlarda atmosfer, hidrosfer ve biyosfer arasında yerdeğiştirmesi sürecine verilen isimdir.
- Hidrolojik çevrimin temel nedeni, güneşten ışınım olarak gelen enerjinin yerküre üzerindeki eşitsiz dağılımıdır. Bu durum atmosfer ve litosferde sıcaklık farklarına neden olur, bu ise bir enerji transferini gerektirir. Hidrolojik çevrim bu ısı transferinin bir başka adıdır.
- Hidrolojik çevrim, 16. yy'dan beri ve bugünküne oldukça yakın bir biçimde bilinmektedir. 16 ve 17. yy'larda dindar hristiyanlarla doğa bilimciler arasında hidrolojik çevrim yüzünden ciddi ihtilaflar doğmuş, sonra kilise çevrim kuramını biraz da işine geldiğinden kabul etmiştir.
- Bugün hidrolojik sistemin iyi belirlenen özellikleri şunlardır. 1- altsistemlerdeki suyun hacmi, 2- konaklama zamanları, 3- bir altsistemden diğere uzanan yollar.

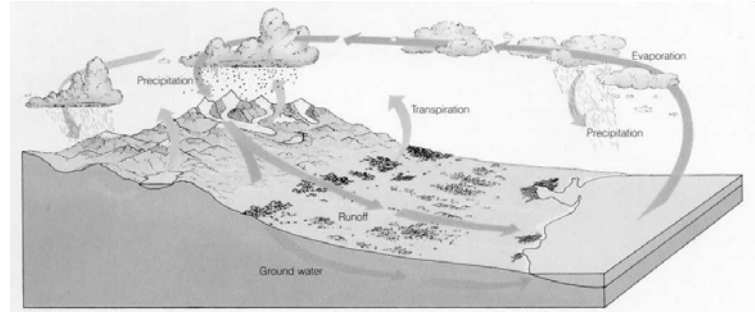


Figure 2.2
The circulation of water in the hydrologic system operates by solar energy. Water evaporates from the oceans, circulates with the atmosphere, and is eventually precipitated as rain or snow. Most of the water that falls on the land returns to the oceans by surface runoff and groundwater seepage. Variations in the major flow patterns of the system include the temporary storage of water in lakes and glaciers. Within this major system are many smaller cycles, or shortcuts, such as evaporation from lakes and transpiration from plants.

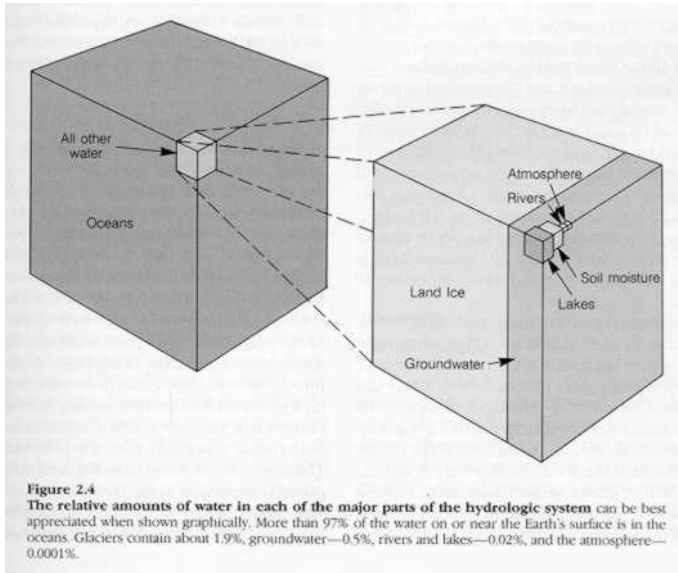


Figure 2.4
The relative amounts of water in each of the major parts of the hydrologic system can be best appreciated when shown graphically. More than 97% of the water on or near the Earth's surface is in the oceans. Glaciers contain about 1.9%, groundwater—0.5%, rivers and lakes—0.02%, and the atmosphere—0.0001%.

- Suyun toplam dünya kütleğine oranı 1/4500'dür
- Su (hidrosfer) dünyanın %71'ini kaplar.

OKYANUSLAR

- Çevrimlerin nihai alt durağı
- Toplam suyun %97'5 'ini oluşturur.
- Konaklama zamanı 13 000 yıldır. (bu ortalama bir değerdir, buharlaşmanın yüzeyde gerçekleştiğini anımsayınız)

BUZULLAR

- Okyanus dışındakilerin %80'ini,

toplamın %2'sini oluştururlar.

- Çoğu güney kutbunda ve daha azı Granland'ta ve İzlanda'da bulunur.
- Konaklama süresi buzulun konumuna göre binlerce hatta milyonlarca yıldır. Şu anki ortalama hesaplar 10 bin yıl mertebesindedir.
- Buzul hacmi ile okyanus suyu arasında dinamik bir ilişki vardır. Dünya'daki buzulların tamamı erise okyanuslardaki su hacmi sadece %2 artacak, ancak deniz seviyesi 100 m yükselecektir.

YERALTISUYU

- Okyanuslardan sonraki en büyük rezervuardır.
- Buraya toprak nemi de katılabilir. Bu sonuncu akarsulardaki
- Toplam sudan daha fazla su içerir.

GÖLLER

* Okyanus dışındaki suyun %0.7'sini kapsar. Bunlardan yarısı tatlı su göleri (yani çıkışı olan göllerdir), yarısı da tuzlu su gölleridir. Hazar denizi kapalı havzaların %75'ini içerir. Göllerde su konaklama süresi 200 yıldır.

ATMOSFER

* Atmosferdeki su miktarı sanıldığı kadar tersine pek azdır. Atmosferdeki subuharının tümü yoğunlaşsa ve yerküre üzerine eşit olarak yayılrsa yalnızca 2 m kalınlığında bir tabaka oluşur. Atmosferde subuharının konaklama süresi 10 gündür. Yani yılda 40 kez atmosferdeki nem dönüşüme uğramaktadır.

HİDROLOJİK ÇEVİRİM SİSTEMİNİN BÜYÜKLÜĞÜ

- Burada muazzam bir enerji gizlidir. Bulutlar birer enerji taşıma aracı olarak bunun iyi bir göstergesidir. Bir hortumun yaratacağı enerji kabaca günde 100 milyar kilovatsaat kadardır ki, bu bütün insanlığın kullandığı bir günlük enerjiye eşittir.
- Sistemden yılda 400 bin km³ su buharlaşmaktadır. Bunun 336 bini okyanuslardan kalanı karalardan buharlaşmaktadır.
- Yağışın 100 bin km³'ü karalara kalanı denize düşmektedir.
- Şayet buharlaşan su geri gelmeseydi okyanuslar her yıl 1 m alçalacak, böylece okyanus havzalarının tamamı 4000 yılda kuruyup çölecekti.

HİDROLOJİK SİSTEMLERİN ETKİLERİ

Akarsu Sistemleri:

- Drenaj ağı vasıtasıyla yeryüzü aşındırılır. Drenaj ağı yeryüzünün nasıl biçimlendirildiğinin canlı tanığıdır.
- Akarsular kum, kil ve çakılların içinde taşındığı ortamlardır. Bunlar göl ve denizlere kavuştukları alanlarda muazzam deltaları oluştururlar.

Buzullar:

- Antarktika'da buz kalınlığı 2-2,5 km kadardır.

HİDROLOJİK SİSTEM VE ÇEVRE

*Hidrolojik sistem insan etkisine oldukça açıktır. Örneğin enerji eldesi, taşkın önleme, sulama gibi amaçlarla yapılan barajlar deltalara sediman getirimini azaltırken, çevredeki yeraltı suyunu etkiler, biriken suda tuzluluğa yolaçar, vb.

2- AYRIŞMA VE TOPRAK

- Yeryüzünün dinamik yapısı, sürekli değişen çehresinin ele alınması, örneklerle zenginleştirme (Batı Anadolu Holosen deltaları örnek verilebilir)
- 200 yıl kadar yakın bir zaman önce bile bu dinamizm bilinmiyordu, hatta dünyanın yaşı bile...
- İçsel süreçlerin (volkanik faaliyetler ve tektonizma) yükselttiği dağlar dışsal süreçlerle sürekli aşındırılıyor.
- Dışsal süreçler (ki bunlar el ele, ardarda çalışırlar):
 - Ayrışma (ya da Bozunma)
 - Kütle yenilmeleri
 - Erozyon

Bozunma, kayacın mekanik olarak kırılmasını (disintegration) veya kimyasal olarak dönüşüme uğratılmasıyla (alteration) ortaya çıkar.

Mekanik bozunma, kayacın minerallerinde bir dönüşüm olmaksızın, daha daha küçük parçalara ayrılması işlemidir.

Kimyasal bozunmada ise kayaç kimyasal bir dönüşüme uğrar, sonuçta yeni mineraller oluşur. Bir kağıdın küçük parçalara ayrılması mekanik bozunma, kısmen yanması ise kimyasal bozunmaya örnektir.

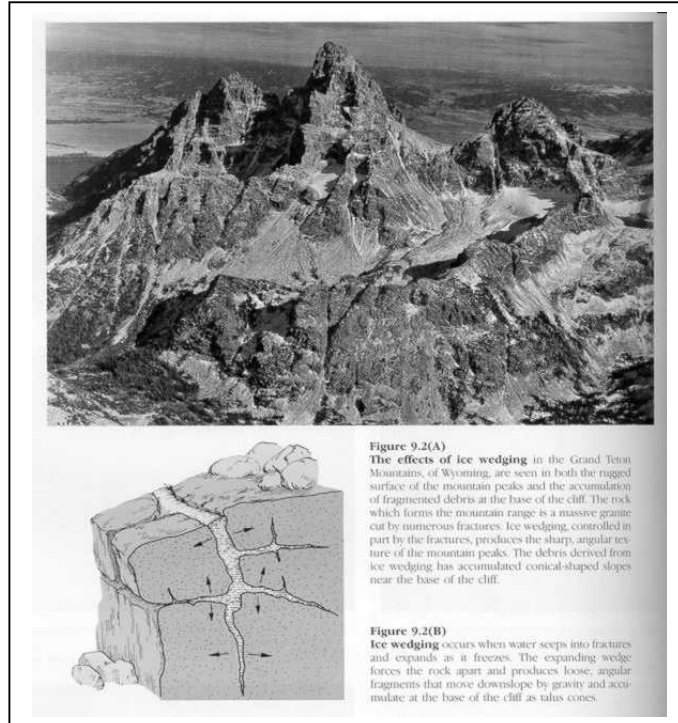
Peki kayaçlar neden bozunur? Oluşum koşullarından (ki bu koşullar onların duraylı olduğu koşullardır) farklı koşullarla karşılaştıklarından...

Mekanik bozunma: Bu, derinleştikçe, yani kayaçları parçalayıp toplam yüzey alanını artırdıkça, kimyasal bozunma için daha uygun koşullar ortaya çıkar. Şu 5 fiziksel süreç kırılmaya yol açar.

- Buz kamalanması
- Yük kalkması yüzünden genleşme
- Termal genleşme
- Biyolojik aktivite
- Tuz kristalleşmesi

BUZ KAMALANMASI (ice wedging) : Mekanik bozunmanın önemli nedenlerinden biridir. Suyun donduğunda hacminin %9 oranında artmasına dayanır. Donmayla uygulanan basıncın büyüklüğünü anlamak için buzlukta ya da kışın kırılan bardakları, kavanozları düşününüz.

Doğada buz kamalanması oldukça köşeli ana kayaç parçaları oluşturur. Süreç, daha çok gece gündüz farkının yüksek olduğu yüksek dağ zirvelerinde, bizim gibii orta enlemlerdeki ülkelerde kış aylarında gözlenir. Buz kamalanması ile ufalanan parçalar yamaç dibinde yamaç talusu adı verilen yığınları



oluşturur.

YÜK KALKMASI (unloading):
Özellikle derinlerde oluşmuş/soğumuş kütleler, üzerlerindeki kayalar aşındırılıp yüzeye çıktıklarında bir basınç serbestleşmesine maruz kalırlar. Ve bu onlarda yüzeye az çok paralel levha levha soyulmalara/ayrılmalara



Figure 9.3
Sheeting in granite of the Sierra Nevada occurs as erosion removes the overlying rock cover and reduces the confining pressure. The bedrock expands and large fractures develop parallel to the surface. The fractures may subsequently be enlarged by frost action.

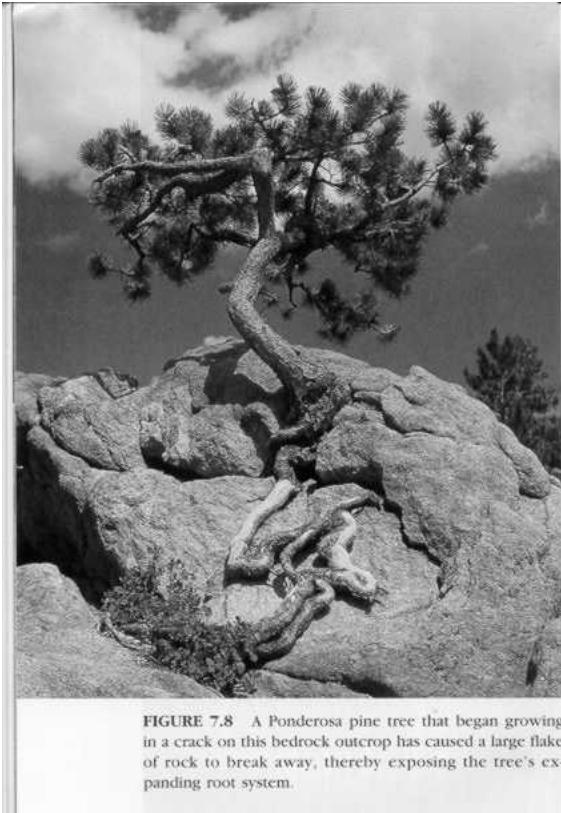


FIGURE 7.8 A Ponderosa pine tree that began growing in a crack on this bedrock outcrop has caused a large flake of rock to break away, thereby exposing the tree's expanding root system.

(sheeting) yol açar. Yük kalkması sonucu kayaların kırıldıkları/kabardıkları en iyi kapalı işletmelerde galeri kenarlarında, ve açık işletmelerde işletme tabanında gözlenir.

ISIL (TERMAL) GENLEŞME: Çöl gibi gündüzleri çok sıcak olan , gece gündüz sıcaklık farkı 30 °C'i aşan yerlerde bu süreç kayaları zayıflatabilir. Ortaya çıkacak, ve uzun zaman tekrarlanacak genişleme ve büzülme kayaları kırıklayabilir. Ancak, yenilerde yapılan çalışmalar bu fiziksel bozunma sürecinin pek abartılmaması gerektiğini göstermektedir.

BİYOLOJİK ETKİNLİK: bitkiler, eşeyleyici hayvanlar ve insan etkinlikleri de (maden işletmelerini düşünün) fiziksel bozunma yaratır.

KİMYASAL BOZUNMA

Kayaç bileşenlerini ve minerallerin iç yapılarını bozan süreçlerdir. Bu süreçle yeni

mineraller oluşabilir, veya bazı eskileri kayaktan uzaklaştırılarak çevreye katılır. Sonuçta bozunmanın gerçekleştiği çevre koşullarına uyum sağlayabilen bileşenler oluşur/ya da varlıklarını sürdür.

En önemli kimyasal bozunma ajanı SU'dur
Saf su (yağmur suyu) iyi bir çözücüdür.

Başlıca kimyasal bozunma süreçleri şunlardır.

- çözünme
- oksidasyon
- hidroliz

ÇÖZÜNME: Tuzun/ yada şekerin suda erimesi türünden, bazı mineraller de suda az ya da çok erirler. Ergime eletronik bir olaydır. Halitin (NaCl) çözünmesinin ardındaki eletronik mantık su moleküllerinin polar olmasından kaynaklanmaktadır. Pek çok mineral saf suda çözünmemekle birlikte su hafif asidik olursa suyun çözme gücü muazzam artıyor. Karbonik asit, atmosferdeki CO₂'in yağmur suyu içinde çözünmesinden oluşuyor. Başka tür bazı organik asitler de var ki, bunlar toprakta organik malzemenin çürümesi sonucunda oluşuyorlar.

Asidik sular (zayıf olsalar bile) örneğin kalsiti (ki bu yeryüzünün 1/5'ini kapsayan karbonat kayalarının ana mineralidir) çözerler. Sonuçta çözücü suya çözelti halinde Ca⁺² geçer. Suların çözdüğü bu iyonlardır ki yüzey ve içme sularımızın kalitesini etkiler; okyanusların bugünkü bileşimlerinden bir ölçüde sorumludurlar.

Oksidasyon: Demir ve çelikten yapılmış aletlerin açıktai hele yağmur altında kaldıklarında pas tuttuğuna hepimiz tanık olmuşuzdur. Aynı olgu Fe-içeren mineraller için de geçerlidir. Aslında günlük dilde pas dediğimiz bazı FeO minerallerinden başka bir şey değildir.

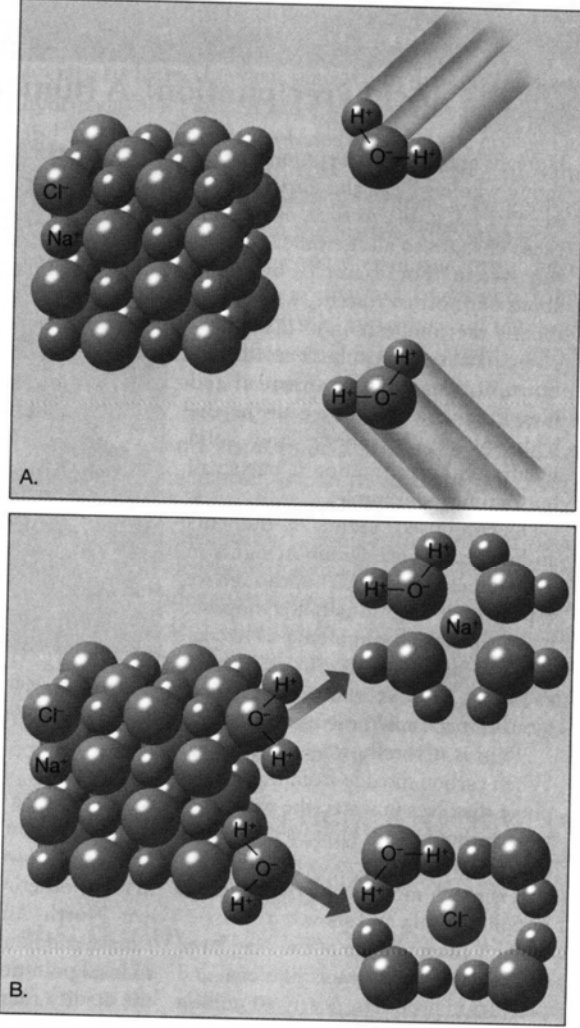
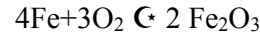


Figure 5.10 Illustration of halite dissolving in water. A. Sodium and chloride ions are attacked by the polar water molecules. B. Once removed, these ions are surrounded and held by a number of water molecules as shown.



Hematit (bir FeO minerali)

Bu sürece oksidasyon denir (çünkü oksijen yeni bir yapıya katılıyor). Bu sürece bazen indirgenme dendiği de oluyor. Çünkü demirin değeriği (elektron fazlası) +3'ten sifira iniyor, yani Fe 3 elektronunu kaybediyor. Oksidasyon ferromagnezyen minerallerin (başlıca olivin, piroksen, hornblend) bozunmasında önemli rol oynar. Oksidasyon sonucunda başlıca hematit (Fe₂O₃) ve limonit FeO (OH) oluşur. Ancak sürecin

çalışabilmesi için önce Fe'in hidroliz ile serbestleşmesi gerekir.

Hidroliz: Kayaç oluşturan minerallerin en yaygını olan silikatlar, hidroliz süreci ile ayrışır. Hidroliz, bir maddenin çoğunlukla asidik karakterli suyla reaksiyona girmesi sürecidir. Graniti ele alalım. Bunun en yaygın minerali K-feldispat oluyor.



Kil mineralleri hidroliz sürecinin nihai ürünleridir. Bunlar yüzey koşullarında oldukça kararlıdır.

KİMYASAL BOZUNMANIN YOLAÇTIĞI DEĞİŞİMLER

Bu süreçler sonucu toprak adı verilen bir agrega oluşur. Kimyasal dönüşüm fiziksel görünüme de yansır. Böylece köşeli bloklar giderek yuvarlak bir hal alır, buna küresel bozunma adı verilir. Bozunma hızı: Başlıca etmenler kayacın çokç akırıklı olması, kayaç karakteristikleri (minerolojik bileşim, çözünebilirlik, bozunmaya karşı genel eğilim)

İklim: suyun bulunabilirliği, sıcaklığın kimyasal reaksiyonların hızlandırma işlevi, dolaylı olarak bol bitki varlığına yol açması. Bu ise toprak asitlerini ve dolayısıyla bozunma hızını artırıyor.

TOPRAK

- Hava ve suyla birlikte en vazgeçilmez değer
- Yaşam ile cansız dünya arasındaki köprü, arayüzey (interface)

Toprak nedir?

Bazıları bunu regolite (yani bozunmadan arta kalan kayaç ve mineral parçalarına) eşitliyorsa da aslında toprak mineral, organik madde, hava ve suyun belirli oranlarda karışımıdır. Her ne kadar oranları değişse de bu 4 bileşen az ya da

çok her toprakta gözlenir.

Humus, bitkiler için besleyici ve tutucudur.

Su, toprakta iken bol çözülmüş içerir.

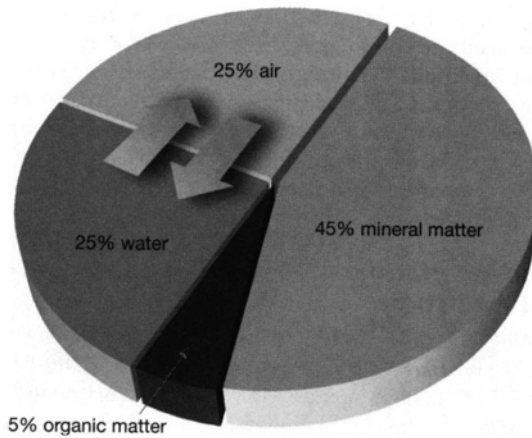


Figure 5 17 Composition (by volume) of a soil in good condition for plant growth. Although the percentages vary, each soil is composed of mineral and organic matter, water, and air.

Toprak oluşumundaki etmenler:

- Ana kaya
 - Kalıntı toprak (ana kaya üzerinde gelişen toprak kavram)
 - Taşınmış toprak (gevşek sedimanlar üzerinde gelişen)
- Zaman
 - Zaman kısaysa toprak ana kayaya benzer olacaktır.
 - Zaman uzadıkça uzayan kimyasal süreçlerin sonucu toprak daha kalın ve ana kayadan oldukça değişik oluyor.
- İklim: en belirleyici etmendir.

- Bitki ve heyelanlar: Ortamdaki baskın bitkilerin niteliğine göre toprak türleri de oldukça değişik oluyor. Öte yandan mikroorganizmalar bitkisel bozunmada oldukça önemli rol oynuyorlar.
- Yamaç eğimi:
 - Sarp yamaçlar: su sızması sınırlı, toprak kötü gelişmiş, üstelik bunlar da aşındırılıyor. Bitki gelişmesi sınırlı
 - Kötü drene olan az çok düz alanlar: Toprak kalın, koyu renkli, bol organik malzeme içerir, drenaj kötü.
 - En uygun toprak gelişimi az çok yatay hafif eğimli yüzeylerde olur. Drenaj çok iyi, bu kimyasal süreçleri hızlandırıyor.

Toprak Profili: Toprak oluşum süreçleri yüzeyden aşağı doğru çalıştığından zamanla toprakta bir tabakalaşma ortaya çıkar. Zamanla daha belirgin olan bu katmanlara toprak horizonları adı verilir. Şekil 5.20’de bir toprak profili gösteriliyor. Bu, tipik bir ılıman iklim kuşağı toprağı oluyor. Farklı zonların özellikleri şöyle:

O zonu: organik zon, alt kısımları humuslu

A zonu: mineral madde + humus zonu

E zonu: açık renkli, organik madde çok az, ince partikül fazla yok, çünkü aşağı doğru yınamış, Buna elüvyon denir. Aynı zamanda bu katmanda çözünebilecek fazla mineral kalmamıştır. Leaching ile bunlar uzaklaştırılmıştır. Buna elüvyon ve liçing zonu da deniyor.

B zonu: E zonundan gelen ince tanelilerin ve zengin çözelitlerin birikme zonu.

Zonu, kısmen bozunmuş anakaya malzemesi

Olgun topraklar

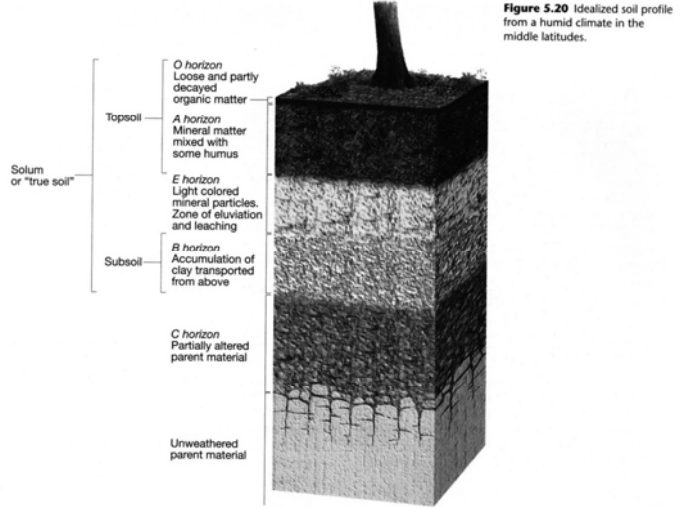
Olgun olmayan topraklar

Toprak türleri

Pedalfar: B zonu Fe ve Al’ca zengin killerden ibaret topraklar. Bunlar orta enlem topraklarıdır.

Pedokal: CaCO₃ birikiminin oldukça yüksek olduğu topraktır. Daha kuru bir iklim ve daha az vajitasyonla karakteristiktir.

Laterit : Sıcak, nemli iklimlerin topraklarıdır. Fe ve Al oksitlerden ibarettir. Kırmızı renkli ve hiç humus içermez.



3- KÜTLE HAREKETLERİ

Heyelanlar kütle yenilmesi adı verilen temel süreçlerin en görkemli örneklerinden biridir. Kütle yenilmesi, kayaç, regolit ve toprağın kendi ağırlığının (gravitenin) doğrudan etkisi ile yamaçaşağı hareket etmesidir. Bu, aşınma süreçlerinden farklıdır, çünkü burada bir taşıyıcı ortama ihtiyaç bulunmamaktadır.

Kütle yenilmeleri çoğunlukla bozunma süreçlerini takip ederler.

Kütle yenilmeleri ve yüzey akışlarının bileşik etkisi ile yeryüzünün en belirgin yüzey şekilleri olan akarsu vadileri oluşur.

Kütle yenilmelerinin kontrol edicileri ve tetikleyicileri

Gravite, kütle yenilmelerinin temel kontrol edicisi olmakla birlikte başka bir çok faktör yamaçaşağı hareketin tetiklenmesinde ve ataletin yenilmesinde önemli rol oynar. Bu faktörler;

- malzemenin suya doygunluk derecesi
- yamacın sarplığı, duruş açısı (gevşek malzemeler için tane boyuna ve nem içeriğine bağlı olarak 25-40 derece arasında)
- Rapedici (kavrayıcı, tutucu) vejetasyonun ortadan kalkması
- Depremlerin oluşturduğu yer sarsılması

Kütle Yenilme süreçlerinin sınıflandırılması

Bu süreçler çoğunlukla malzemenin türüne, gözlenen hareketin türüne ve hızına göre guruplanırlar.

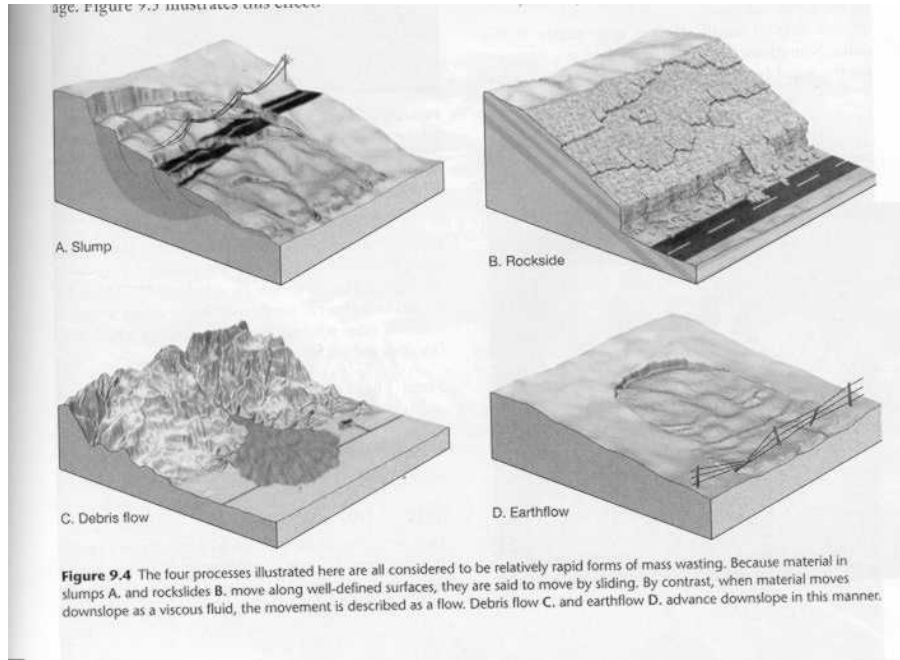
Malzemenin

türü: Düşen malzeme tıkkızlaşmamış olabileceği gibi bizzat kayaç ta olabilir. Eğer toprak ve regolit çoksa yerdeğiştiren malzeme için debriiz, çamur, toprak (earth) gibi sıfatlar kullanılır. Şayet düşen tıkkız bir ana kayaç parçası ise bu kaya sıfatı ile anılır.

Hareketin türü:

- **Düşme (fall):** sarp ve kayaç yamaçlardan yuvarlanma sürecidir. Buz etkisi, bitki köklerinin zorlamasıyla serbestleşen parçalar kayarak aşağı doğru ilerlemesi; yamaç molozları başlıca bu yolla oluşurlar.
- **Kayma (slide):**
- **Akma (simple slide; slump):** Suya doygun tıkkızlaşmamış malzemenin lob veya diller şeklinde yamaç aşağı akmasıdır.

Hareketin hızı:



Kaya düşmeleri ve debrizler çok hızlı, bazen 200 km/sa hızla hareket edebilirler. Bunlara kaya çığlanmaları (rock avalanche) adı verilir. Başka bazı kütle yenilme hareketleri çoğunlukla yavaş gerçekleşirler. Örneğin kripin hızı yılda bir kaç mm'den fazla değildir.

Göçme/heyelan (slump, landslide): bir kaya veya gevşek malzemenin kavisli bir yüzey boyunca kütleli hareketidir. Hızı ne fazla ne de azdır. Yenilme yüzeyi tipik olarak kavislidir (yani kaşık şeklinde). Bir slump tek bir kütle gibi davranan irili ufaklı bloklardan oluşur. Heyelanlar, çoğunlukla yüksek yamaç eğiminden kaynaklanır. Özellikle menderesli akarsuların kenarlarında bu tür yenilmeler yaygındır, ayrıca sarp sahiller de bu tür olayların tehdidi altındadır.

Kaya kayması (rock slide): Ana kayacın kırılıp gevşemesi ve bir düzlem boyunca yamaç aşağı kayması ile gerçekleşir. Kayan kütle konsolide olmamış bir kütle ise buna debriz akması deniyor. Kayaç kayması kütledeki tabaka eğimleri (başka deyişle süreksizlik düzlemleri olan tabaka düzlemi eğimleri) yamacinkine uyumlu ise ortaya çıkar. Bunlar çok hızlı ve yıkıcı olaylardır.

Debriz akışı (debris flow): Bunlar bolca su içinde toprak ve regolitten ibaret akışlardır, ve hızlı sayılırlar. Debriz akışlarının bir uç türü olan çamur akmaları, yarı kurak iklimlerin ve volkanik yamaçların ürünüdürler. Akışkan nitelikleri yüzünden çukurlukları ve vadileri doldurular. Debriz akışı ile bitki örtüsünün azlığı arasında pozitif bir ilişki vardır.

Laharlar: Volkanik yamaçlarda gözlenen debriz akışlarıdır. Bu sözcük bu tür olaylara çokça maruz kalan Endonezya'daki bir volkanik bölge adından gelir. Laharlar oldukça duraysız olan kül katmanlarının yağışlar yüzünden suya doymun hale gelip yamaçaşağı akması ile oluşurlar.

Toprak akması (earth flow): Yamaçlardaki toprak ve regolitin suya doymun hale gelerek yamaç aşağı dil şeklinde kısa mesafeli yerdeğiştirmesine verilen addır. Nemli bölgelerde yağışlardan ve buz erimelerinden sonra ortaya çıkar. Daha çok ince tane boylu zeminlerde gözükür, akış hızları yavaştır. Günler ve yıllar boyunca aktif kalabilirler. Toprak akmasının özel bir türüsivilaşmadır (liquefaction). Deprem sırasındaki güçlü sarsıntı ile killi/siltli zeminlerde ortaya çıkar.

Yavaş hareketler:

Bunlar daha çok az eğimli yamaçlarda gerçekleşiyor ve daha yaygın olarak gözleniyor. **Krip (creep):** toprak ya da regolitin dereceli olarak yamaçaşağı kaymasıdır. Çoğunlukla buz tutma/çözünme ve ıslanma/kuruma çevrimlerinin yamaç örtü malzemesini milim milim yamaçaşağı kaydıracağı düşünülür. Bazen yüksek su içeriği de kripe neden olur. Soliflaksın (solifluction): Altta permafrost (sürekli donmuş kalan toprak/zemin bölümü) bulunduran bölgeler bu tür kütle yenilmelerine açıktır. Bu kripin bir türü olarak ta düşünülebilir, Bu süreçte üstte akan katmana aktif katman denir. Yazın aktif katmanda eriyen su aşağıya sızamaz, yamaç aşağı ilerler, ve aktif tabakanın kripine neden olur.

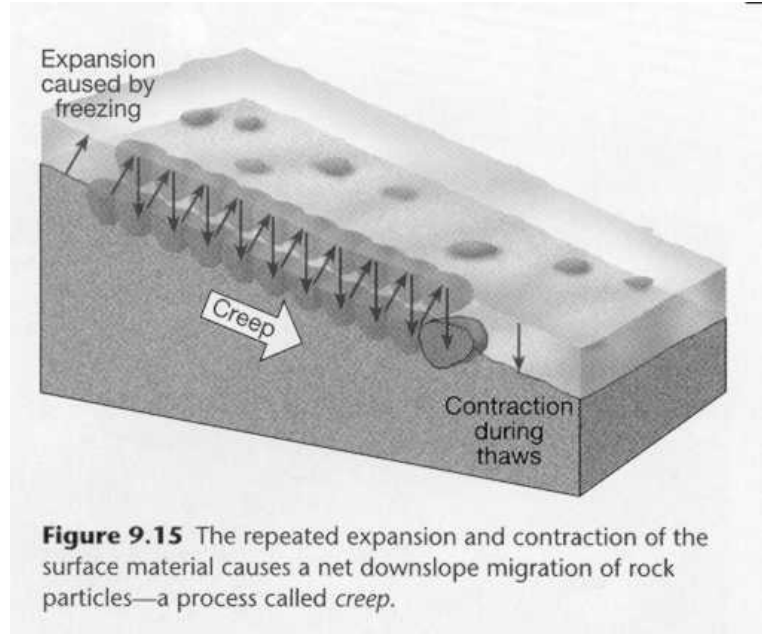
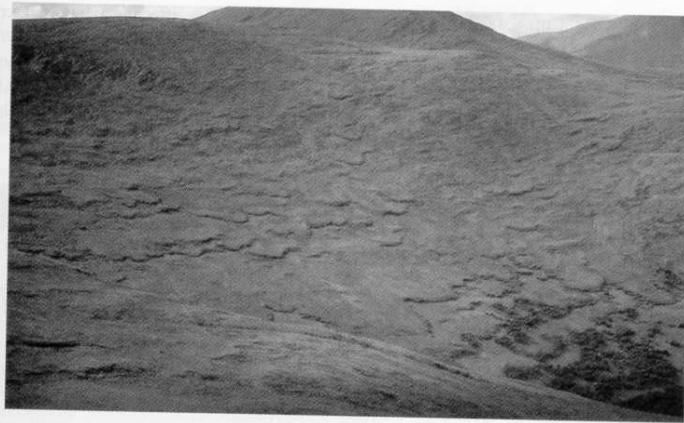


Figure 9.17 Solifluction lobes northeast of Fairbanks, Alaska. Solifluction occurs when the active layer thaws in summer. (Photo by James E. Patterson)



4- YÜZEY SULARI (RUNNING WATER)

İnsanlık 16. yy'a kadar akarsuların yağışlardan veya yeraltısu beslemesinden kaynaklandığının farkına varamıyor.

Akarsu etkinliği, yeryüzünün biçimlendirilmesinde en mahir süreçtirler. Diğer süreçler dönem dönem ve ancak belirli bir coğrafyada egemen olurken, akarsular yerkürenin büyük bir bölümünde sürekli çalışarak belirgin yerçekimleri oluştururlar. Günlük yaşamda, ölçek sorunu ve sürecin çok yavaş işlemesi nedeniyle akarsu etkinliği kolay kavranabilir değildir. Kolorado ırmağının 2 km kadar içine gömüldüğü muazzam vadiyi vadi içinden bir yerden algılamanın zorluğunu düşününüz. Vadiye biraz yukarıdan bakıyor olsanız bile bu vadi gelişiminin ne zaman başladığını bilemediğiniz sürece sürecin hızı ve dolayısıyla önemi konusunda fazla fikre sahip olmazsınız.

Yine de, akarsuların yüzeyin biçimlendirilmesindeki önemi en iyi çok yükseklerden çekilmiş fotoğraflarda ve uydu imajlarında pek belirgindir. Bu belirginlik, ay yüzeyindeki bir kişinin ay yüzeyi biçimlenmesinde kraterlerin önemini kavrayamaması, ancak, bir uzay fotoğrafında durumun apaçık gözükmesine benzetilebilir.

BİR AKARSU SİSTEMİNİN ANA ÖZELLİKLERİ

Bir Akarsuyun özellikleri onun doğduğu en uç noktalardan boşaldığı yere (bir göz ya da denize) kadar nasıl değişir?

Yere düşen yağmur taneleri, çok ince bir zar şeklinde, ki buna örtü akışı (sheet flow) deniyor, yüzey boyunca akar. Bu anda yüzeye düşen suyun ne kadarının zeminin daha alt katlarına süzüleceği/tutulacağı, ne kadarının akışını sürdüreceğini zeminin süzdürme kapasitesi belirler. Bu şu faktörlere bağlıdır.

- yağışın şiddet ve süresi
- toprağın daha önceki nemlilik/kuruluk durumu
- toprak dokusu
- yamaç eğimi
- varsa bitki örtüsünün türü ve yoğunluğu

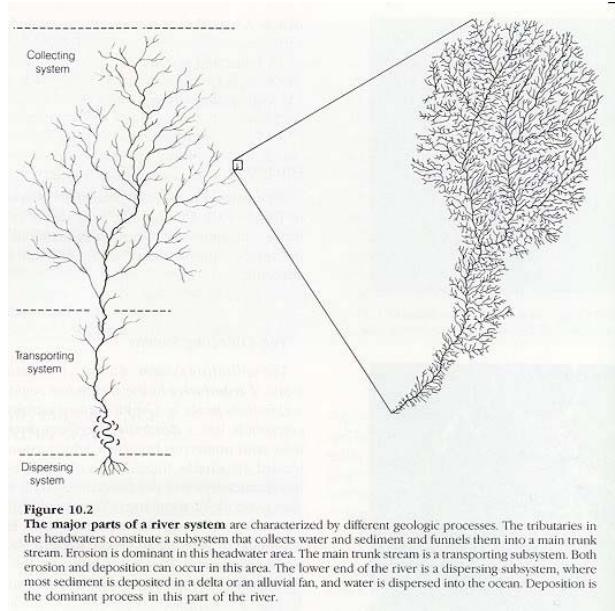
Zemin (dar anlamda toprak) bir kez doymuş hale geldiğinde, örtü akışı bir kaç mm kalınlığında sürekli, sınırlanmamış bir akış haline gelir. Ancak kısa mesafede bu sınırlanmamış akışlar küçük kanalcıklara (ing. Rill) evrilir, bunlar asıl akarsulara su taşıyan sistemlerdir.

Bir akarsu sistemi temel olarak bir ana kanal ve bunu besleyen kollardan (tributaries) oluşmuş düşünülebilir. Bir akarsu sistemi, ki bu bazen bir drenaj havzası olarak ta isimlendirilir, komşu bir sistemden bir subölüm çizgisi (water divide) ile ayrılır.

Akarsu sistemi içinde zemin, genel olarak dağıtıcı ağlarına doğrudur.

Öylesine ki, bu eğim sayesinde hem

düşen yağış, hem de yüzeydeki kum/çakıllar dağıtıcı kanallara doğru kanalizasyon olurlar.



Tipik bir akarsu sistemi, birbirleriyle sınırlı geçişlere sahip 3 alt sisteme ayrılabilir.

- 1- Toplayıcı sistem
- 2- Taşıyıcı sistem
- 3- Dağıtıcı sistem

Toplayıcı Sistem: Bu, su ve sedimanların en tepe noktalardan besleyici kanallar ağı vasıtasıyla ana kanala akıtıldığı sistemdir. Bu, çoğunlukla ağaç görünümlü (dentritik) bir yapıya sahiptir. Tepe noktası diğer sisteme komşu subölüm çizgisine kadar uzanır. Burada besleyici kanal ağı gerçekten boğucu ölçüde detaylıdır.

Taşıyıcı Sistem: toplayıcı sistemden gelen su ve kırıntılı malzemenini son durağa doğru içinde taşıdığı ana akarsu yatağına işaret eder. Genel olarak bir taşınma egemense de, bu sistem yer yer toplayıcı niteliğe sahiptir; yer yer de taşınan çökellerin çöktüğü kesimler (menderesli akarsu kanallarının bükümleri, taşkın ovaları, bizzat akarsu yatakları gibi) mevcuttur.

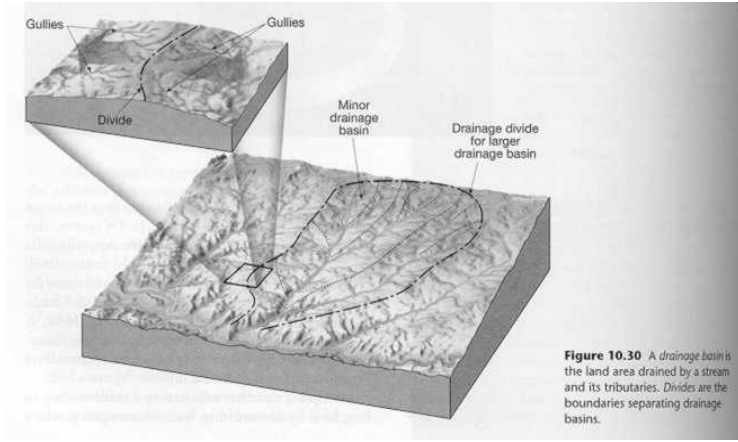


Figure 10.30 A drainage basin is the land area drained by a stream and its tributaries. Divides are the boundaries separating drainage basins.

Dağıtıcı sistem: Bu, su ve sedimanların nihai duraklanma ya da okyanus kenarlarında bir dağıtım ağı (distributary network) vasıtasıyla dağıtıldığı/saçıldığı kesime işaret eder. Buradaki temel süreç taşınan sediman

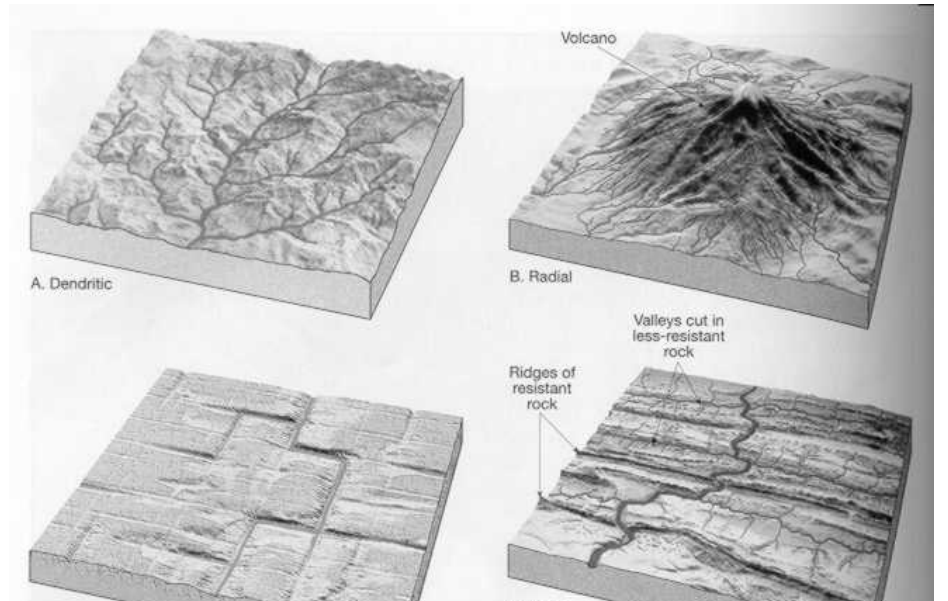
tükünün çöktürülmesidir.

Drenaj ağları

Bir akarsu çoğunlukla daha büyük bir sistemin parçasıdır. Her bir sistem, kendi drenaj alanına (yani akarsuya su sağlayan kara alanına) sahiptir. Drenaj alanları birbirlerinden subölüm çizgileri ile ayrılırlar. Su bölüm çizgileri basit/küçük sırtlardan kıta ölçekli dağ zincirlerine kadar farklı ölçeklerde olabilir.

Drenaj Desenleri: Bir akarsu sisteminin yeryüzündeki izine drenaj deseni adı verilir. Bu, kaya türlerine ve yeryüzünün yapısal özelliklerine (yani fay ve kıvrımlara) göre biçimlenir.

- Dendritik (ağaç şekilli) drenaj: en sık rastlanan türdür. Drenaj ağının üzerine



kurulduğu kayaçların homojen olduğunu (örneğin yatay konumlu kalın tabakalar ya da masif magmatik kayaçlar gibi) gösterir.

- Radyal (ışınsal) drenaj: volkanik koniler veya domlarda gözlenir.
- Dikdörtgen şekilli drenaj: Alttaki zeminde birbirine dik kırık/çatlak sistemlerinin varlığını gösterir.
- Trellis drenaj : besleyici kollar birbirine paralel akar, ve bunlara yanlardan gelen besleyici kollar mevcuttur. Trellis drenaj deseni eğime sahip sert ve yumuşak tabaka ardalanmasının varlığını gösterir.

Doğal akarsularda suyun akışı:

Akarsularda iki tür akış varlığını sürdürür. Laminer akış, su moleküllerinin bir çizgi/levha şeklinde birbirine paralel aktığı durumdur. Bunda akış çizgileri birbirine karışmaz. Ancak akarsu kanalının tabanında veya yanlarında ince bir zar şeklinde izlenir. Türbülanslı akış akış çizgilerinin burgaçlar, kıvrımlar yaptığı bir akıştır. Kısa bir süre için bu burgaçlar akarsuyun genel akış yönünün tesine olabilir. Türbülanslı akış sedimanların taşınmasında önemli bir rol oynar. Türbülanslı akış çoğunlukla yüksek akarsu hızlarında ortaya çıkar.

Bir akarsuyun akışı şu faktörlere bağlıdır.

- 1- su miktarı
- 2- su hızı
- 3- kanalın şekli ve büyüklüğü
- 4- akarsuyun gradiyendi (yatak eğimi)
- 5- kaide seviyesi
- 6- taşınan madde miktarı

Boşalım (discharge)

Boşalım, bir noktadan belirli bir sürede geçen suyu miktarıdır. Çoğunlukla m^3/sn cinsinden ifade edilir. Dünyanın büyük nehirlerinin boşalımları bazı ölçüm istasyonlarında uzun yıllardır gerçekleştirilmektedir. Bu bilgi, su kaynaklarının kullanılması, taşkın kontrolü, erozyon oranlarının tahmini gibi bazı kamusal amaçlar için kullanılır. Türkiye’de bu iş ayrı ayrı Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından yapılır, sonuçları ayrı kataloglar olarak basılır.

Bazı büyük akarsuların boşalımı şöyledir.

Missisipi (Kuzey Amerika)	330 000 m^3/sn
Amazon (Güney Amerika)	1 500 000 m^3/sn

Bir akarsuyun taşıdığı su çoğunlukla yüzey akışından, bir ölçüde de yeraltısuyundan süzmeyle gelir. Karstik kaynaklardan beslenen bazı akarsularda bu ikinci oldukça önemli olabilir. Yeraltısularının beslediği nehirler kurak mevsimde de kesilmez; bunlara sürekli akarsu (permanant stream) denir. Kurak mevsimlerde kuruyan akarsulara mevsimlik akarsu ismi verilir.

Hız

Bir akarsu kanalı boyunca akışın hızı her yerde aynı değildir. Hız kanalın pürüzlülüğüne, şekline, ve akarsu desenine bağlı olarak değişir. Hız genel olarak kanalın ortasında ve en derin yerinin en üstünde en hızlıdır. Buralardan kanal kenarlarına doğru gidildikçe hız düşer. Eğer kanal kıvrılma gösterirse bu durumda en hızlı akış zonu kanalın kavisli dış yüzeyinde gerçekleşir. Bu durum kavisli (menderesli) kanallarda dış yüzeyde aşınma, iç yüzeyde birikme yaratır.

Suyun akış hızı akarsu kanallarının gradyanıyla da ilgilidir. Eğim yüksekse (örneğin yüksek dağ akarsularında) akış hızlı, düşükse (ki bu kanalın giderek kıvrımlanmasının getirir) akış yavaştır. Akış hızı, aynı zamanda akarsuyun büyüklüğüne de (su hacmine de) bağlıdır.

Akarsu gradyanı

Akarsu yatağının eğimidir. Bu, akarsuyun doğduğıyukarı kesimlerde yüksek, buradan aşağıya doğru giderek azalır. Bir akasu gradyanının uzunlamasına profili, yukarı doğru konkav, akarsu aşağısına doğru iyice yatıklaşan bir eğridir. Gradyan genellikle kilometre başına akarsu yatağının irtifa kaybı olarak ifade edilir. Kayalık dağların yukarılarında bu değer 50 m/km iken Missisipi'nin aşağı kesimlerinde 1-2 cm/km'dir.

Kaide seviyesi (base level)

Akarsu yatağının aşındırmayı sürdüreceğı en alt seviyedir. Bu, akarsu çalışmalarının önemli bir parametresidir. Genel olarak bir akarsuyun ya da besleyicinin kaide seviyesi onun bağlandığı veya boşaldığı bir akarsu kolu, ya da okyanus/gölün seviyesidir. Sert bir stratyigrafik seviye, göl veya besleyici akarsu kavşağı ile belirlenen kaide seviyelerine geçici kaide seviyesi denir. Çünkü bunlar zamanla değişir niteliktedirler (göl kurur, dolar, vs). Pratik amaçlar için deniz seviyesi nihai kaide seviyesidir, çünkü bir akarsuyun enerjisi denize kavuştuğunda pratik olarak sifıra iner (bunun istisnası deniz seviyesi altındaki karasal çukurluklardır). Deniz seviyesi değıştikçe akarsuların kaide seviyesi de değışir. Akarsu profili yeni koşullara ayak uydurmaya çalışır.

Akarsu yükü (stream load)

Akarsu, içinde sedimanların (gevşek, parçalanmış regolit) taşınacağı bir ortam işlevi de görür. Akarsuyun taşıma gücü hızının 3-4. kuvveti ile orantılıdır. Yani bir akarsuyun hızı 2 kat artarsa taşıma kapasitesi 8-16 kat artmaktadır. Bir akarsuyun yükü, her zaman üst sınır miktarında sediman bulunmadığından, çoğu kez kapasitesinden daha azdır. Bir akarsuyun taşıyabileceğı en büyük partikül boyuna nun kompetansı denir. Özellikle yüksek gradyanlı akarsularda kompetans muazzamdır. Bazı ani taşkınlarda 80-90 tonluk taşlarının (yaklaşık 3-4 m çapında kütleler) bir kaç km taşındığı bilinmektedir.

Akarsuların taşıdığı malzemenin çoğu drenaj havzasında alterasyona uğramış malzemeden kaynaklanır. Burada kısmen alterasyona uğramış gevşek regolit yağışlar ve izleyen yüzey akışlarıyla akarsulara süpürülür.

Sedimanlar akasular tarafından 3 yolla taşınırlar.

- 1- İnce tane boylu sedimanlar asılı halde (in suspension) "asılı yük" Taşınan en bol fraksiyondur. Tane boyları çamur, silt, ince kumdur. Türbülansın artmasıyla asılı yük miktarı da artar. Bu malzemenin çoğu okyanuslarda, göllerde veya taşkın ovalarında çökeltirilir.

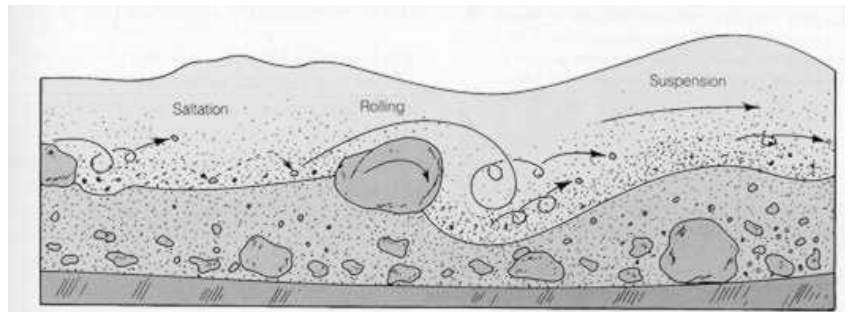


Figure 10.9
Movement of the bed load in a stream is accomplished in a variety of ways. Particles that are too large to remain in suspension are moved by sliding, rolling, and saltation. Increases in discharge, due to heavy rainfall or spring snowmelt, can flush out all of the loose sand and gravel, so that the bedrock is eroded by abrasion.

- 2- İri partiküller yerde sürünerek (by traction) “yatak yükü”
Bunlar kayma, yuvarlanma ve sıçrama/hoplama ile yatak aşağı taşınırlar. Bazı akarsularda toplam yükün %50’sini oluştururlar (çoğunlukla %7-10 kadardır). Bu taşınma şekli yatağın şeklini (aşındırma yüzünden) ve taşınan partiküllerin şeklini biçimlendirir.
- 3- çözünmüş maddeler çözeltide (in silution) “çözülmüş yük”
Doğal olarak, görünmeyen, kimyasal iyonlardır. Bu besleyici yeraltılarına, ve çevredeki toprak profillerinin ve diğer litolojilerin jeokimyasına bağlıdır. En yagın çözülmüş yükler Ca, bikarbonat (HCO_3^-) iyonlarıdır. Na, Mg, Cl, Fe, SO_4 te yaygın olarak bulunur. Bazen organik maddelere de rastlanır. Akarsu akış hızının çözülmüş madde taşınmasında etkisi yoktur.
Çözülmüş yük miktarı drenaj alanının sarplığı ile, dolayısıyla aşındırma hızıyla ilişkilidir. Aşındırma hızı ne kadar yüksek ise suların kayaçlardan bazı elementleri çıkarmak için o kadar az zamanı olacak, bu da çözünme hızını azaltacaktır.

AKARSU SİSTEMLERİNDE DENGE

Bir akarsuyu sürekli olarak denge durumunda tutmaya çalışan faktörler nelerdir? Eğer akarsuyun denge durumu bozulursa ne olur?

Bir akarsu sistemi, birleşmiş, bir bütün gibi işlev gören bir sistemdir. Sistemin bir parçasındaki değişiklik diğer bölümleri etkiler. Bütün sistem öyle çalışır ki, en sonunda akarsuyun gradyanı taşınan su, kanal özellikleri, sediman yükünü taşımak için gereken hızı karşılamak üzere bir dengeye ulaşır.

Bir akarsu, kanal şekli ile gradyanı arasındaki denge sayesinde aşınmanın ve erozyonun olmadığı bir duruma ulaşır ki, bütün akarsular böyle bir denge için ulaşırlar.

AKARSULARIN ÇÖKELTTİĞİ SEDİMANLAR

Akarsuyun hızı azaldığında kompetansı (taşıma gücü) azalır. İri tanelilerden başlayarak akarsu yükü çökeltilmeye başlanır.

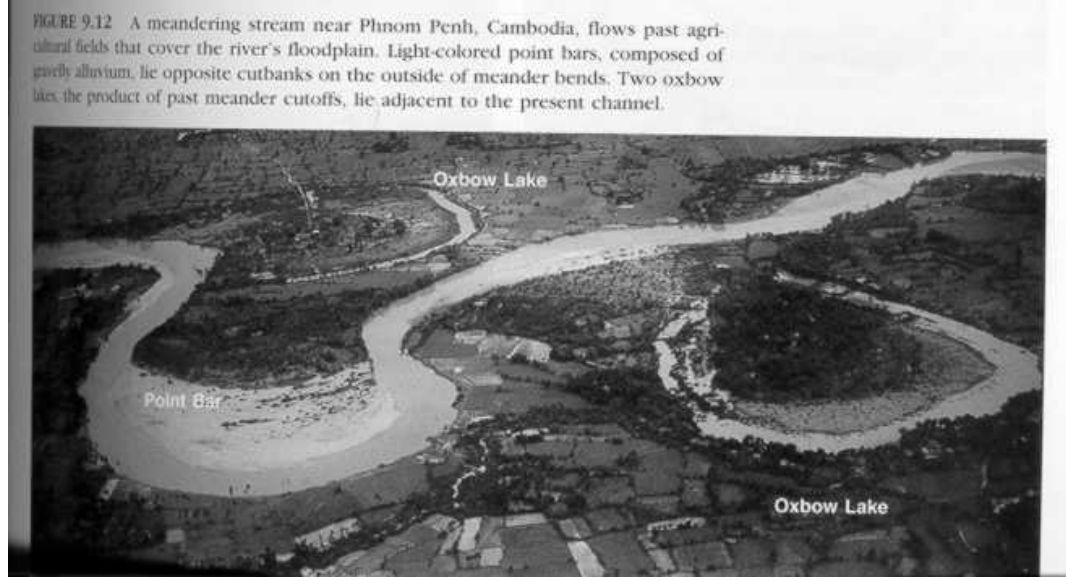
Akarsuların çökelttiği genellikle iyi boylanmış olan malzemeye alüviyon adı verilir. Alüviyonlar akarsuların farklı kesimlerinde (kanallarda, kanal kenarlarında, taşkın ovalarında ve akarsu ağızlarında) çökeltilebilirler.

Kanal çökelleri: Kanal içinde çökelen, çoğunlukla kum/çakıldan ibaret malzemeye “bar” adı verilir. Bunlar akarsuların çökelttikleri geçici yerşekilleridir. Güçlü sellenmelerle bunların bir kısmı aşındırılıp daha aşağılarda yeniden çökeltilir. Ama bir kısmı da kaide seviyesine uymaya çalışmak yüzünden zamanla yeni sedimanlarla gömülür, ve jeolojik kaydın bir parçası olurlar.

Barlar, menderesli akarsularda büklümlerin iç kısımlarında (çünkü burada akıntı hızı düşüktür) oluşurlar. Bunlara “nokta bar” (ing. Point bar) adı verilir. Bunlar plan görünümde hilal şekilli kum birikimleridir.

Bazen barlar, kanalın içinde oluşurlar, bu oluşumlar birikip kanalı tıkadıklarında artık kanal (veya akarsu yatağı)

irili
ufaklı
kanalcık
larla
yarılmış
, kumlu
bir ada
haline
gelir.
Bu tür
akarsula
ra, örgü
biçimli
görünüş
lerine
bakılara
k,



örgülü

akarsu adı verilir. Örgülü kanallar sediman getiriminin akarsu taşıma gücünü aştığı alanlarda ortaya çıkar. Bu koşul 1- bir ana karsuya yüksek gradyanlı, bol malzeme taşıyan bir besleyici kolun girmesiyle 2- çok çok güçlü taşkınların muazzam miktarda malzeme sağlaması ile 3- buzuların önündeki nehirlerde 4- çok yüksek gradyanlı akarsuyun eğiminin aniden azalması ile 5- akarsu boşalımının aniden azalması (örneğin akarsuyun kurak bir bölgeden geçmesi yüzünden) ile gerçekleşebilir.

Taşkın çökelleri: Bir akarsuyun taşması sırasında kapladığı geniş alanlarda bıraktığı sedimanlardır. Her akarsuyun az ya da çok bir taşkın bölgesi vardır. Bazılarında bu 10'larca km genişliğe sahipken bazılarında pek sınırlıdır.

Taşkın çökelleri genellikle ince kum silt ve kilden oluşur.

Özellikle menderesli akarsular ardıl taşkınların bir neticesi olarak kanal kenarlarının çevresinde taşkın ovasına göre daha yüksekte kalan doğal kenarlara (löve) sahip olurlar. Taşkın dönemlerinde su, löveleri de aşarak yaygın bir örtü şeklinde tüm taşkın düzlüğünü kaplar. Örtünün inceliği kısmi vejetasyon yüzünden ana kanal civarındaki bir kuşakta akıntı hızı düşük olur. Buralarda kaba taşkın yükü çökeler. Taşkın ileri evrelerinde daha ötelede silt-killer çökeler.

Bir taşkın ovasına giren dağıtıcı kanal ana kanal kenarındaki doğal löve yüzünden ana kanala boşalamaz, ana kanala paralel olarak uzayıp gider. Bunlara Yazoo besleyici kanalları denir. Bu ad, Missisipi ırmağına komşu, 300 km boyunca akıp giden bir akarsudan alınmadır).

Eğer uygun iklimsel koşullar varsa taşkın düzlükleri bataklık gelişimi için uygun alanlardır.

Aluviyal yelpazeler ve deltalar

Aluviyonların oluşturduğu iki önemli yerçekli aluviyal yelpazeler (aluviyal fanlar) ve deltalarıdır. Benzer şekle sahiptirler, ve özünde aynı nedenle oluşurlar: bir akarsuyun taşıma gücünü aniden yitirmesi. İkisi arasında temel fark, ilkinin karada, ikincinin bir su kütlesi içinde oluşmasıdır. Aluviyal fanların yüzeyleri bazen epey eğimli (10-12°) olabilirken deltaların yüzeyi çok daha yataydır.

Aluvyal fanlar: Dağlık bir bölgeden dar ve derin bir vadi içinde gelen yüksek gradyanlı bir akarsu gradyanını aniden kaybedip bir düzlüğe açılırsa o noktada aluviyal fanlar oluşur. Bunlar koni/yelpaze şeklindedir. Özellikle kurak bölgelerde moloz akmaları (debris flow) ile çökelen aluviyonların birikmesi ile oluşurlar.

Deltalar: Bir akarsuyun bir su kütlesi içine, çoğunlukla okyanusa, girdiği noktada oluşur. Deltalarda çökelen sedimanlar 3 ana tip tabaka halinde organize olurlar. Öntakım tabakaları (foreset bed): akarsu ağzından göl/deniz tabanına doğru dökülen kaba tanelilerden oluşan, göl/denize doğru belli bir ilksel eğime sahip tabakalardır. Bu ilksel eğim tane boyuna göre değişir. Çakıllar daha yüksek ilksel eğim, silt/kumlar daha düşük ilksel eğimler şeklinde yığılırlar.



FIGURE 9.26 A symmetrical alluvial fan has formed at the margin of Death Valley, California, where a stream channel emerges from a steep mountain canyon.

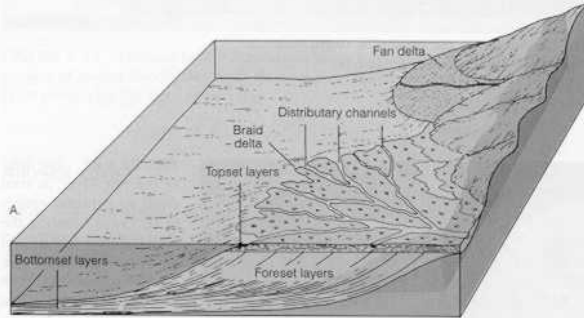
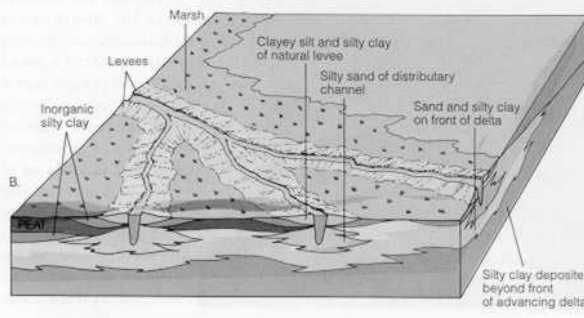


FIGURE 9.28 Main features of deltas. A. A braid delta built into a lake displays topset, foreset, and bottomset layers. A nearby fan delta is an alluvial fan that is building out into the body of water. Part of a large fine-grained delta built into the sea shows the intertonguing relationship of coarse channel deposits and finer sediments deposited on the delta fan and beyond.



Üst takım tabakaları (topset bed): öntakımın üstüne gelen, ve çoğunlukla taşkınlar sırasında oluşur. Suüstü ortama karşılık gelir. Genelde yatay tabakalıdır. Alttakım tabakaları (bottomset bed): akarsu ağzından ötede, öntakımların daha da derinlerinde, az çok yatay konumlu olarak, süspansiyondan itibaren çökelen kil-siltlerden oluşurlar.

Delta, su kütlesine doğru büyüdükçe, akarsuyun gradyanı azalır. Bu

yüzden bir süre sonra sedimanlar yatakta yığılır ve suyun akmasına engel olmaya başlar. Bu esnada

akarsu, yatağını kaide seviyesie indirecek daha yüksek gradyanlı bir yol arar ve bulur. Bu kez delta o kesime doğru büyümeye başlar. Ana kanalın pek çok ikincil kanala, ki bunlara “dağıtıcılar” deniyor, ayrılması süreci böylece gerçekleşmiş olur. Bu sürecin sonunda harita görünümünde yunan alfabesindeki Δ (delta) harfine benzeyen bir yığılım ortaya çıkar. Ancak doğada, kıyı çizgisinin şekli, deniz taban topoğrafyası, dalga ve gelgit etkisi gibi nedenler yüzünden dış görünüş çoğunlukla ideal delta şeklinden uzaktır.

Missisipi deltası, büyük ölçekli deltalara güzel bir örnektir. Bu delta, uzun geçmişinde loblarının (delta segmentlerinin) defalarca yerdeğiştirilmesi sonucunda birikimini sürdürmektedir. Missisipi deltası tipik bir kuşayağı deltası morfolojisi sunar.

VADİLER

Dar vadiler

- Akarsuyun kaide seviyesine inmeye epey bir zamanı oluşunun kanıtıdır. Şelaleler ve çavlanlar böyle vadilerin temel özelliğidir. Bunlar farklı aşındırılabilirlikteki kayaların varlığına işaret eder.

Geniş vadiler

- Kaide seviyesinin çok ani düşmesi yüzünden akarsu yatağı kayalar içine hızla gömülür, akarsu bir denge profiline ulaştığında bu kez yatak yana doğru aşındırmaya başlar. Böylece erozyonal taşkın ovaları ortaya çıkar. Bu taşkın ovaları kaide seviyesinin hafif yükselmesi ile çökme alanı haline gelebilir.

OYULMUŞ MENDERESLER VE AKARSU TERASLARI

Menderesli Akarsu yataklarını çoğunlukla oldukça düz, yayvan vadilerde bekleriz. Ancak bazen sarp, dar vadilerde de mendersli akarsulara rastladığımız olur. Bu nasıl olur?

Böyle bir menderes sistemi başlangıçta büyük olasılıkla kaide seviyesine yakın bir taşkın ovası üzerinde gelişmişti. Kaide seviyesinin düşmesi yüzünden (ki bu ya deniz seviyesinin düşmesinden, ya da bütün kara bölgesinin tektonik olarak yükselmesinden kaynaklanır) akarsu yeni bir profil kazanma eğilimine girer. Bu sırada menderes sistemi zemine gömülür.

4- YERALTISULARI

Hemen bütün dünyada, pek kuyu ve kaynak, birçok şehrin, havzanın ve sanayi tesisinin su ihtiyacını karşılamak üzere sürekli faal durumdadır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan toplam suyun %40' ı, yer altı sularından karşılanır: Yeraltı suyunun toplam içindeki ağırlığı içme suyunda % 50, sulamada % 40, sanayi tesisleri ihtiyacında %25' tir. Türkiye'ye gelince: Ülkemizin toplam yeraltı suyu potansiyeli 12.3 km³'tür. Bunun 3.64 km³'ü Kamu alanındaki sulamalarda, 4.68 km³'ü içme, kullanma ve sanayide, ve 2 km³'ü özel şahıslara ait sulama işlerinde kullanılmaktadır.

Yeraltısuyunun Önemi:

Yeraltısuları yaygın olarak kullanılan, ancak onun içinde bulunduğu ortam göze irak olduğundan ortalama insan tarafından kolayca tahayyül edilemeyen (hatta tersine yanlış olarak bilinen) oldukça bol bulunan bir hayati yeraltı zenginliğimizdir. İnsanlar, suyu yüzeyde hep göl/ deniz ve akarsular şeklinde gözlediklerinden ve bazıları da mağaraların varlıklarını bildiklerinden yeraltısularını hep yeraltındaki nehirlerle ya da göllerle ilişkilendirirler ki, bu ender olarak doğrudur. Yerin tıpkı yüzeyi gibi altı da sert kayalardan oluşur. Ne var ki bunlar, kaya türünden türüne değişmekle birlikte, küçük küçük çok sayıda boşluğu içerirler. Bunların toplamı muazzam hacimler tutar. İşte değişik boyutlardaki bu boşluklardır ki yeraltısuyu onların içinde **barınır / konaklar / yol alır.**

Yeraltısuları, toplam hidrosfer içinde kullanılamaz nitelikli okyanus ve buzulları kenara koyduğumuzda, en büyük orana sahiptir (% 94). Bu oran kolay ulaşılabilir bir tatlı su kaynağı olarak yeraltısularının önemini açıkça ortaya koymaktadır. Buzullardaki tatlı su hacmini de eklerseniz yeraltısuyunun payı %15 civarında olur (Tablo 1.1).

Jeolojik olarak yeraltısuları, **çözünme adı verilen kimyasal süreç** yüzünden önemli aşındırma ajanlarından biridir. Böylece yüzeyde küçük depresyonlar, derinlerde mağaralar oluşur.

Yeraltısuları, aynı zamanda dönemsel olarak akarsuların önemli besleyicileri arasında yer alır. Bu, yeraltısularının ortalama konaklama süresi olan 280 yıldan anlaşılmaktadır.

Yeraltısuyun Dağılımı:

Yüzeye düşen yağışın bir kısmı yüzeysel akışa geçer, bir kısmı buharlaşır. Geri kalanı da zemin tarafından emilir. Alt katlara geçirilen işte bu sonuncu grup yeraltısularının hemen hemen biricik kaynağıdır.

Yüzeye düşen yağışın ne kadarının yeraltına sızacağı yer ve zamana göre değişir. Kontrol eden koşullar;

1- Yamaç eğimi, 2- Zeminin özellikleri, 3- Yağışın kesafeti, 4- Bitkilerin tür ve miktarıdır.

Aşağı süzülen suyun bir kısmı fazla ilerleyemeden zemin tanelerinin yüzeyinde ince bir film olarak tutulur. Bunun bir kısmı buharlaşırken çoğu, bitkilerin kökleri tarafından kullanılır. Bu üst bölümdeki suya **toprak nemi** (soil moisture) denir. Su damlacıkları buradan aşağıya süzülebilirse, ta aşağılara bütün gözeneklerin suyla dolu olduğu kesime kadar ilerler ki bu zona da **doygunluk zonu** (zone of saturation) adı verilir. Bu zondaki suya **yeraltısuyu** (YAS diye kısaltılır) , bu zonun hayali üst yüzeyine **yeraltısuyu tablası** adı verilir.

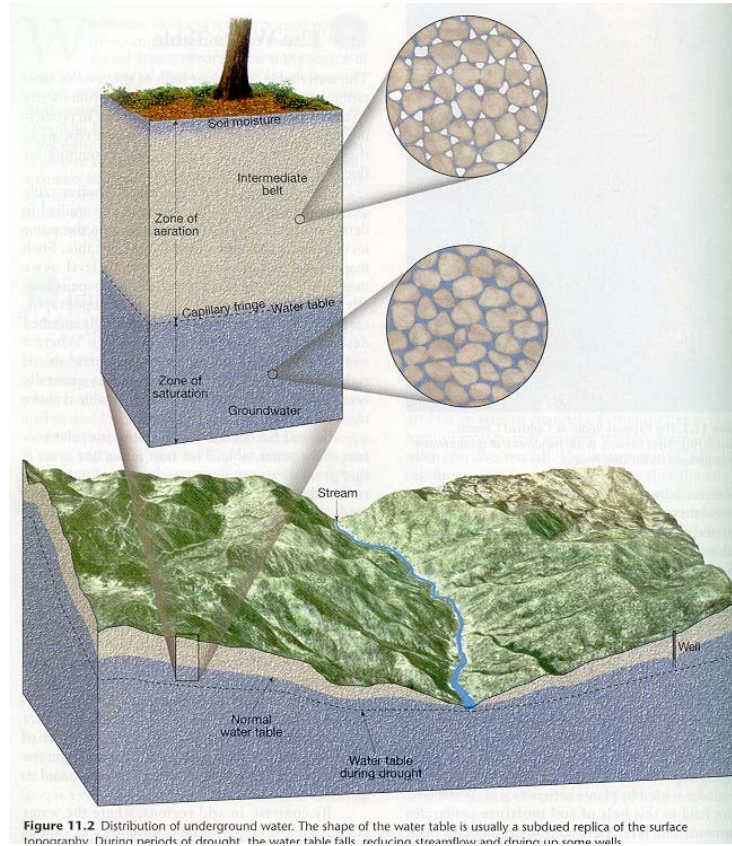


Figure 11.2 Distribution of underground water. The shape of the water table is usually a subdued replica of the surface topography. During periods of drought, the water table falls, reducing streamflow and drying up some wells.

Yeraltısuyu tablasının (veya yalnızca “su tablası” da denir) üst kesiminde, kuru zemin tanelerinin yeraltısuyunu kendilerine doğru çekmesinden kaynaklanan bir kesim, **kapiler saçak**, bulunur. Kapiler saçak ve toprak nemi kuşağı birlikte **havalanma zonu** olarak isimlendirilirler. Bu kesimde tanelerarası boşluk büyük oranda havayla doludur.

Su tablası:

Doygunluk zonunun üst kesimine işaret etmek için kullanılan bir kavramdır. Hidrojeolojik çalışmalarda su tablası seviyesi oldukça önemli bir parametredir. Bunun zaman içindeki değişimlerine bakarak kuyu verimliliğine, akarsu ve kaynakların akış değişimlerine bazı yorumlar getirmek mümkündür.

Su tablası kuyulardan itibaren saptanır ve haritası yapılır. Bu haritalar göstermektedir ki su tablası, masa gibi düz bir yüzeye sahip değil, tersine, genellikle topoğrafyaya uyan tümsek ve çukurluklar içeren hayali bir yüzeydir. Su tablası bazen yüzeye çıkar ki, bunun konumu çoğunlukla bataklık ve akarsulara tekabül eder.

Su tablasının düzensiz topoğrafyasının değişik nedenleri vardır. Bunlardan en önemlisi, YAS'ın oldukça yavaş hareket etmesidir. Bu nedenle diyelim, bir akarsu yatağından beslenme, akarsu altında ve genel YAS tablası üstünde, suyun yavaş süzülmesi yüzünden, bir su tepesi oluşturacaktır. Bu tepe, beslenme kesildikten epey bir zaman sonra ortalama seviyeye inecektir.

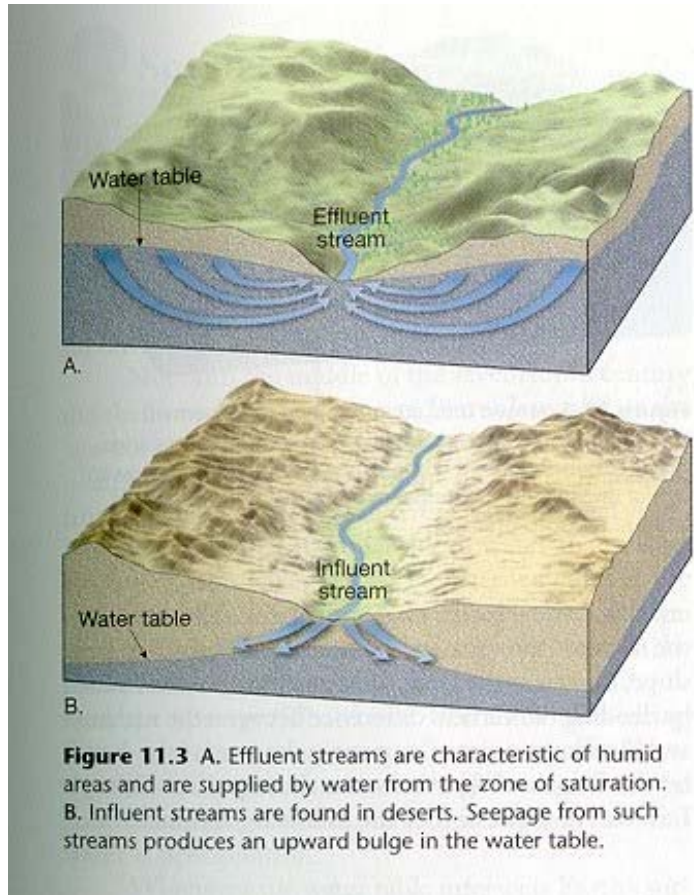
YAS tablası düzensizliklerinin diğer önemli bir nedeni zemin içindeki geçirgenlik (permeabilite) farklılıklarıdır.

Bir YAS tablası ile komşu akarsuyun, beslenme açısından ilişkileri iki türdür. Bir ilişki zamanla diğerine de dönüşebilir.

1- Yeraltısuyundan beslenen akarsu (effluent stream): Nemli, bol yağışlı iklimlerin hüküm sürdüğü bölgelerdeki akarsular yüksek YAS tablası seviyesi yüzünden çoğunlukla YAS' tan beslenirler.

2- Yeraltısuyunu besleyen akarsular (influent stream):

Kurak iklimlerin karakteristik akarsuları böyledir. YAS, düşük yağış yüzünden derinlerdedir. Akarsu YAS' a su sızdırırken, altında YAS tablası seviyesinde bir yükselme oluşturur.



Yeraltısuyunun Hareket ve Birikmesini Etkileyen Faktörler:

Yeraltının yapısı yeraltısuyunun hareket ve birikmesini etkin bir şekilde kontrol eder. Özellikle iki özellik (**Porozite ve Permeabilite**) oldukça belirleyicidir.

Porozite (Gözeneklilik): Yerin altına doğru süzülen su anakaya, sediman veya toprağın sayısız boşluk ve açıklıklarında birikir. Bunlar, bir süngerin boşluğuna benzetilebilir. Boşlukların bir kısmı da kayalardaki kırık yüzeyleri veya çözünmeler yüzünden oluşur.

Zemindeki bütün bu boşluklara gözenek boşlukları adı verilir. Bir zeminde ne kadar suyun tutulacağını malzemenin porozitesi belirler. Porozite, bir malzemenin gözenek boşluğu hacminin toplam hacme oranının % olarak ifadesidir.

Porozite kayaktan kayaca çok değişiktir. Sedimentler genellikle yüksek poroziteye (%10-50 arasında değişir) sahiptirler. Porozite bir sedimentte tanelerin boyu ve şekline, paketlenme türüne (yani nasıl düzenlendiklerine), boylanmasına (yani farklı tane boylarının oranlarına); sedimanter kayacın çimentolanma derecesine bağlıdır.

- Örnek olsun, killeri %50' ye kadar, ve çakıllar ancak %20 kadarlık bir poroziteye sahiptir.
- Farklı tane boylarının karışımı durumunda porozite azalır.
- Çoğu mağmatik ve metamorfik kayalarla bazı sedimanter kayalarda, bileşenler (kristaller) birbirlerine tam olarak kenetlenmişlerdir. Bu yüzden gözenek boşluğu neredeyse yoktur; Ancak bu kayalarda çatlak ve kırıklar boşluk yaratır.

Permeabilite (Geçirgenlik):

Gözenekleri suyla dolu bir malzemenin (kayaç veya sediman), bu suyun ne kadarını verebileceğini anlamak için gözeneklilik yeterli bir kavram değildir. Bir kayaç veya sediman çok gözenekli olabilir, ancak suyunu dışarı vermesi mümkün olmayabilir. Bir malzemenin suyunu vermesi (su verme

kapasitesi) gözeneklerinin birbirleriyle bağlantılı oluşuna ve gözeneklerin geçişi kolaylaştıracak ölçüde geniş olmasına bağlıdır. İşte permeabilite, bir malzemenin su iletilme yeteneğinin bir ifadesidir.

Tablo 2.2' de farklı malzemelerin bazı hidrojeolojik parametreleri gösteriliyor. Bunlardan **ölgül verim**, suyun kendi ağırlığının etkisi ile drene olabilen kısmının hacimsel olarak % oranı; **ölgül tutulma**, taneler etrafında veya çatlak çeperlerinde ince bir film olarak tutulan suyun hacimce % oranını

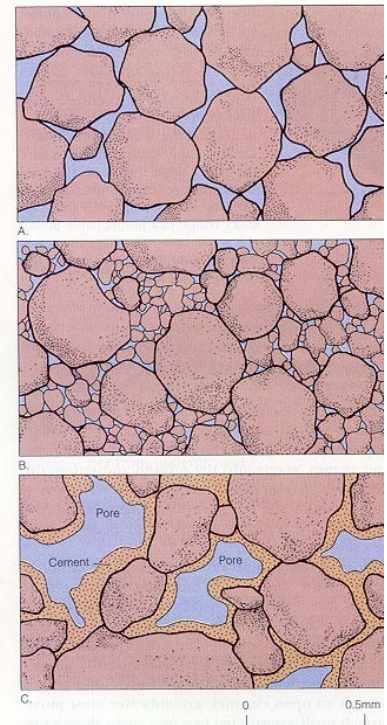


FIGURE 10.2 Porosity in different sediments. A. porosity of 30 percent in a reasonably well-sorted sediment. B. A porosity of 15 percent in a poorly sorted sediment in which fine grains fill spaces between large grains. C. Reduction in porosity in an otherwise very porous sediment due to cement that binds grains together

Table 11.2 Selected Values of Porosity, Specific Yield, and Specific Retention*			
Material	Porosity	Specific Yield	Specific Retention
Soil	55	40	15
Clay	50	2	48
Sand	25	22	3
Gravel	20	19	1
Limestone	20	18	2
Sandstone (semiconsolidated)	11	6	5
Granite	0.1	0.09	0.01
Basalt (fresh)	11	8	3

*Values in percent by volume
SOURCE: U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2220, 1987

anlatmaktadır.

Su hareketini güçleştiren, önleyen geçirimsiz tabakalara **akitard** denir. **Kil iyi bir akitard örneğidir.** Suyun içinden kolayca geçebildiği, kolay hareket edebildiği geçirimli tabakalara **akifer** denir. **Kum ve çakıllar iyi akifer örneklerdir.**

YERALTISUYUNUN HAREKETİ

Yeraltısuyunun hareketini sağlayan enerji yerçekimi kuvveti tarafından sağlanır. Yerçekimi yüzünden su, yüksek su tablasının olduğu alanlardan düşük seviyelere doğru hareket eder. Bazen yeraltısuyu YAS tablasına paralel en kestirme yolu izlerken, bazen de boşalım zonuna doğru kıvrımlı yollar izler. Bunun nedeni derinlerde gözenek suyu basıncının yüksek olması, buna karşın boşalım alanı civarında gözenek suyu basıncının düşük olmasıdır. Bu basit ama önemli bir kuramdır.

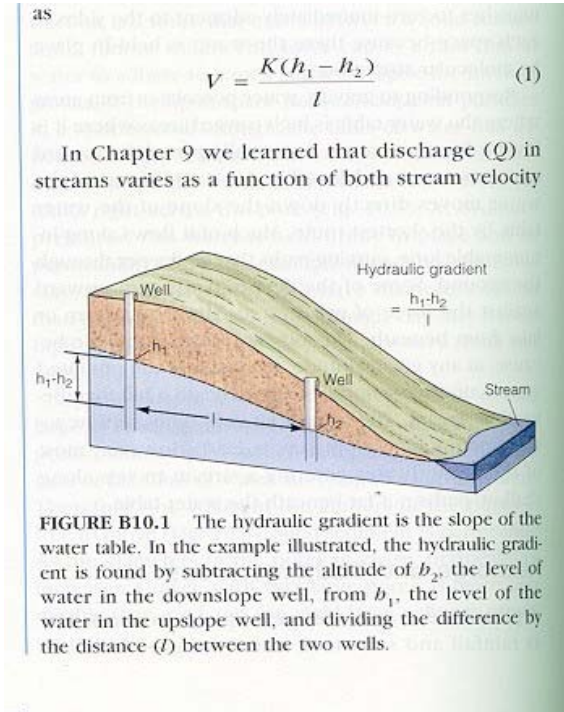
Yeraltısuyunun hareketi ile ilgili modern yaklaşımlar 19. yy'ın ortalarında formüle edildi. Bu dönemde **Henry Darcy, bir Fransız mühendis**, Dijon kentine su sağlama çalışmaları sırasında kendi adıyla anılan yeraltısuyunun hareketi ile ilgili temel yasayı formüle etti. **Darcy yasası**, bir ortamın permeabilitesi sabit kalmak şartıyla, YAS hızının, su tablasının eğiminin artmasıyla arttığını anlatmaktadır. Su tablası eğimi (bu, hidrolik gradyan olarak da bilinir), iki nokta arasındaki yükseklik farkının aynı iki nokta arasındaki yatay mesafeye oranı olarak ifade edilir.

Darcy yasası matematiksel olarak

$$V = K \left(\frac{b}{l} \right) \quad \text{olarak ifade edilir.}$$

(Bu eşitlikte V: hız, k: permeabilite, b/l: hidrolik gradyan (b: düşey mesafe, l: yatay mesafedir).)

Yeraltısuyunun hareket hızını belirlemek için boya deneyleri yapılır. Bazen C^{14} ün (bu bir Karbon izotobudur) oranına dayanan radyometrik yaşlandırmadan yararlanır. Bu ikincide, yeraltına süzülen ve içinde belli oranda karbonik asit (havadaki CO_2 yüzünden) içeren suyun süzülme anında C^{14} oranının belli ve karakteristik olmasından yararlanır. Deşarj alanında ölçülen oran, suyun yaşını, dolayısıyla seyahati boyunca geçen zamanı verecektir. Beslenme ve boşalma yerleri arasındaki mesafe biliniyorsa buradan YAS'ın hızına bir yaklaşım yapılabilir.



Deneyler YAS hızının çoğu akifer için yılda 15 m (günde 4-5 cm) olduğunu göstermektedir. Bazı çok geçirgen malzemelerde bunun 15 katı kadarlık permeabilitelere rastlanmıştır.

Kaynaklar (Springs):

Kaynaklar, binlerce yıl boyunca insanların merak ve ilgisini çekmiştir. Kaynakların bu gizemli algılanışı çok ta şaşırtıcı değildir; çünkü kaynakların beslenmeleri açıkça izlenemez, çoğunlukla her mevsimde akarlar, taşlardan süzülüp gelirler.

17. yy'ın ortalarına kadar, bir drenaj havzasına ait ilk su bütçesi yapılabildiği, yüzey sularının YAS' ı ve dolayısıyla kaynakları besleyebileceğine ilişkin bulgular ortaya çıkarılmaya kadar, kaynakların nihai olarak yağışlar tarafından beslendiği bilinmiyordu.

YAS tablasının yeryüzünü kestiği noktalar, YAS' ın yüzeye çıktığı, böylece kaynakların oluştuğu alanlardır. Çoğu kaynak altta, suyun daha aşağıya süzülmesine engel olan bir akitard tarafından sınırlanır. Böylece YAS, yanall yönde akmaya zorlanır. Suyun içinde bulunduğu akifer seviye yüzeye temas ettiğinde kaynaklar oluşur.

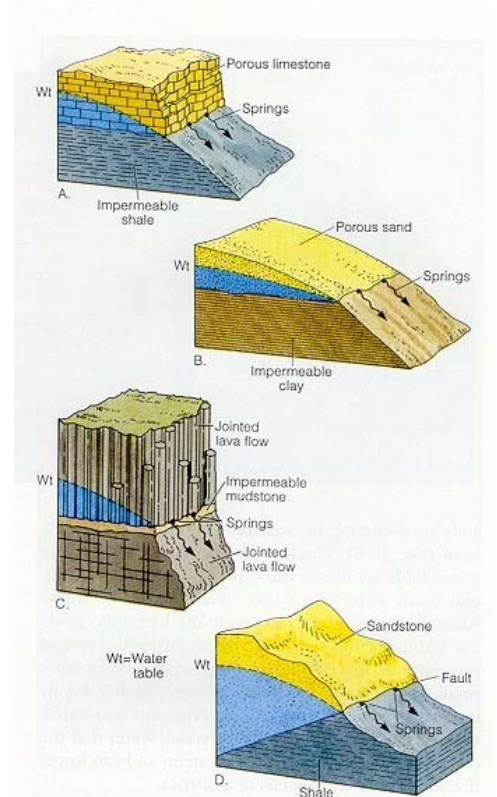


FIGURE 10.7 Examples of springs formed in different geologic conditions. A. A spring discharges water at the contact between a porous limestone and an underlying impermeable shale. B. Springs lie at the contact between a porous sandy unit and an underlying impermeable clay. C. Springs issue along the contact between a highly jointed lava flow and an underlying impermeable mudstone. D. Springs issue along the trace of a fault where it intersects the land surface.

Wells

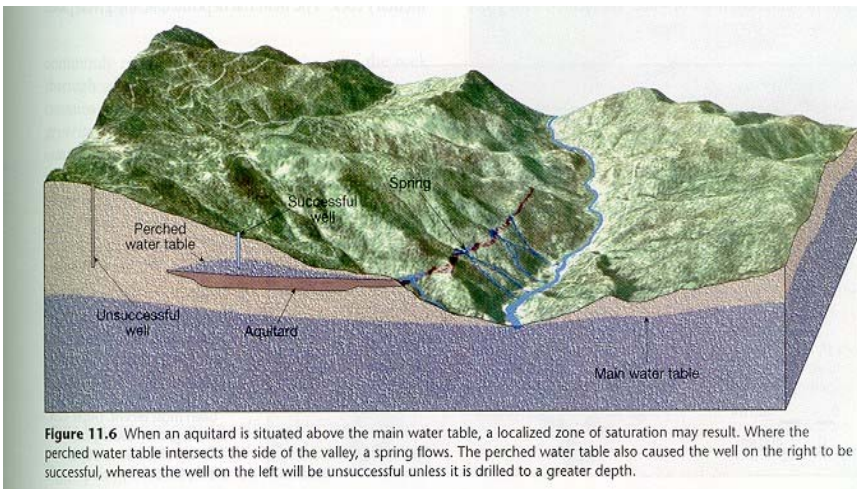


Figure 11.6 When an aquitard is situated above the main water table, a localized zone of saturation may result. Where the perched water table intersects the side of the valley, a spring flows. The perched water table also caused the well on the right to be successful, whereas the well on the left will be unsuccessful unless it is drilled to a greater depth.

Su yeraltına doğru süzülürken, yanall devamlılığı fazla olmayan geçirimsiz bir tabaka tarafından engellenirse sonuçta, bu akitard üstünde bir **tünek akifer** gelişir. Tünek akifer tablasının yeryüzünü kestiği alanlar yaygın

kaynak gelişimlerine sahne olurlar. Ancak bundan başka pek çok jeolojik koşul da kaynak gelişimine neden olabilir. Örneğin suyla dolu olan eklem sistemlerinin yüzeye buluştuğu yerler uygun kaynak

yerleridir.

Sıcak Kaynaklar ve Gayzerler

Tanım olarak sıcak kaynak, yıllık ortalama hava sıcaklığından daha yüksek sıcaklığa sahip kaynaklar için kullanılır. Sadece Birleşik Devletler' de bu türden (6-9⁰C) arasında sıcaklığa sahip 1000' den fazla kaynak bulunur.

Derin madenlerde ve kuyularda gözlenmiştir ki, yerinin sıcaklığı her 100 m' de 2-3⁰C artmaktadır. Buna ısıl gradyan denir. Bu, sıcak suların asıl kaynağıdır. Yeraltıları oldukça derinlere inerse ısıl gradyandan etkilenirler, özel koşullarda yüzeye sıcak kaynaklar olarak dönerler.

Sıcak kaynaklar (ve gayzerler) **çok özel jeolojik yerleşimler isterler**. Örneğin ABD' de kaynakların %95' i ülkenin batısında bulunur: Bunun nedeni bu bölgenin altlarda geniş ve halen sıcak plütonik kütleler içermesidir. Bu kütleler, ısıl gradyanı hızla arttıran, yeraltısuyu ısıtan kütlelerdir. Türkiye'de sıcak su (ve gayzerler) çoğu genç volkanik emareler göstermeyen, ancak kabuk ölçekli çok büyük tektonik yapılarla kaplı depremsellik kuşaklarında gözlenirler.





Gayzerler, yüzeyde kesikli olarak fişkıran ve yer yer 30-60 m yükseğe ulaşan sıcak su kaynaklarıdır. Bir su fişkırmasını çoğunlukla oldukça gürültülü bir buhar patlaması izler. Dünyanın en meşhur gayzeri Yellowstone Ulusal Parkında (ABD) "Old faithful" (yaşlı mümin) gayzeridir. Bu, her bir saatte bir sıcak su fişkırmaları ve izleyen buhar patlamalarını gösterir.

Bu patlamaların ardındaki mantık şudur: Derinlerdeki mağmatik kütlelerin çatlak ve boşluklarında dolaşan soğuk yeraltısuyu, zamanla plütonik kütle tarafından ısıtılır. Ancak derinlerde (300 m' de) 230°C ' ye kadar ısınan su kaynar ve genişler. Bu ,suyun bir kısmının yüzeyden fişkırmasına yol açar. Bir kısmı boşalmış olan derinlerdeki boşluklarda, su basıncı azalır. Bu, kaynama noktasını düşürür ve sonuçta boşluktaki azıcık su da hızla buharlaşır ve patlamalı bir şekilde yüzeye ulaşır. Boşalan oyuklar yeniden YAS ile dolar ve bu süreç devam eder gider.

Sıcak kaynak veya gayzerler, bolca çözülmüş maddeyi yüzeye taşırlar; ve çıkış noktası civarında

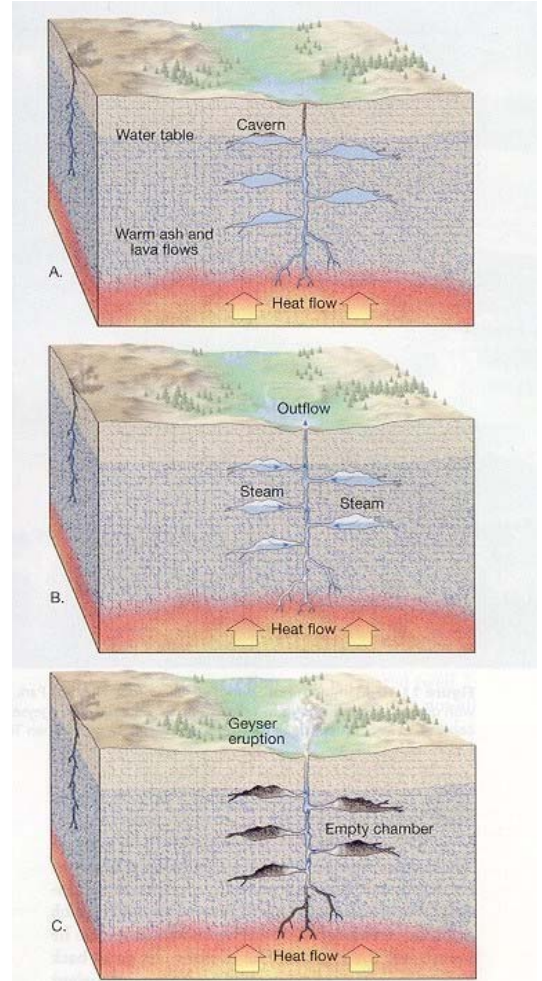


Figure 11.9 Idealized diagrams of a geyser. A geyser can form if the heat is not distributed by convection. A. In this figure, the water near the bottom is heated to near its boiling point. The boiling point is higher there than at the surface because the weight of the water above increases the pressure. B. The water higher in the geyser system is also heated; therefore, it expands and flows out at the top, reducing the pressure on the water at the bottom. C. At the reduced pressure on the bottom, boiling occurs. Some of the bottom water flashes into steam, and the expanding steam causes an eruption.

kimyasal sedimanter kayaçları çökeltirler.

Eğer sıcak sular silikaya (Si) doyunlarsa, sinter (veya gayzerit) adı verilen kayaçlar çökler. Çoğu sıcak su çözülmüş halde CaCO_3 içerir. Bunlar travertenleri (ya da kalkerli tufaları) çökeltirler.

Kuyular (Wells)

YAS' ı almak için en yaygın yöntem, doyunluk zonunu kateden bir boşluk açmak / yani kuyudur. Kuyular, YAS'ın pompalanmadan önce içine drene olduğu küçük rezervuarlar olarak düşünülebilir.

YAS, yıl boyunca yağış durumuna bağlı olarak düşüp yükselebildiğinden, bir YAS üretim kuyusu düşük YAS seviyesinin altında belli bir derinliğe kadar inmelidir. Bir kuyudan su çekilmeye başlandığında kuyudaki YAS tablası seviyesi düşer, buna **düşüm** (drawdown) denir. Düşüm kuyudan uzaklaştıkça azalır. Sonuçta konik şekilli bir su tablası çukurluğu oluşur ki buna **düşüm konisi** (cone of depression) adı verilir.

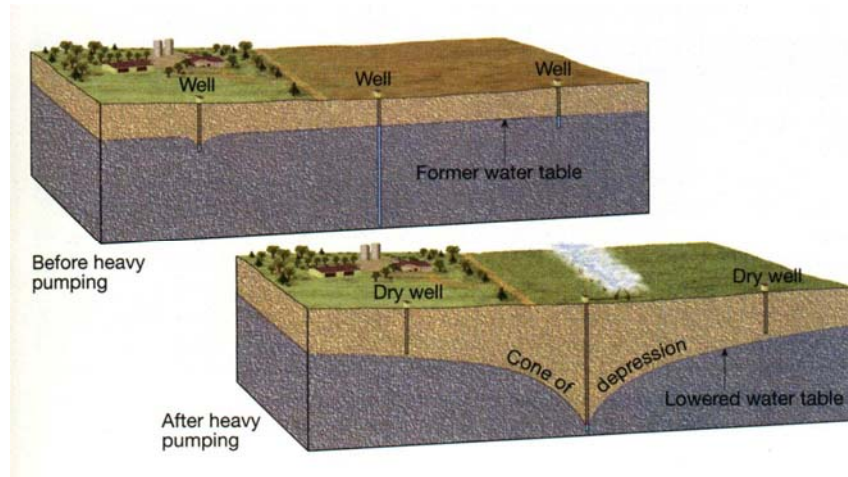


Figure 11.11 A cone of depression in the water table often forms around a pumping well. If heavy pumping lowers the water table, the shallow wells may be left dry.

Çoğu ticari olmayan su çekimleri az ve kısa süreli olduğundan düşüm konisi belirsizdir. Ancak sınai tesisler için yapılan çok ve sürekli çekimler düşüm konisini belirgin hale getirir; bu, çevredeki sığ kuyuların kurumasına yol açabilir.

Birbirine yakın noktalarda açılan iki kuyudan biri boş iken diğeri YAS içerebilir; veya iki kuyudaki su seviyeleri farklı olabilir, bu yeraltının heterojen yapısı dikkate alındığında anlaşılabilir bir durumdur.

Artezyen Kuyular:

Çoğu kuyuda, YAS tablası kendiliğinden yükselmez, akiferin seviyesinde kalır. Ancak bazı kuyular vardır ki, bunlarda YAS, kuyunun ağzına kadar yükselir ve oradan akar. İşte bu ikinci grup kuyular Fransa'nın kuzeyinde Artois ("Artuva" diye okunur) denen bir bölgede yaygın olmaları yüzünden, bunlara **artezyen** adı verilmiştir.

Artezyen, çoğu kişi tarafından yanlış olarak bütün derin kuyular için kullanılır. Bazıları da, YAS kuyudan akıyorsa onlara artezyen der ki, bu daha doğru ancak sınırlayıcı bir kullanımdır. Aslında artezyen, basınç altında YAS seviyesi, akifer seviyesinden daha yükseğe ulaşan (dolayısıyla kuyuda yükselen, akan ya da fişkıran) bütün kuyular için kullanılır.

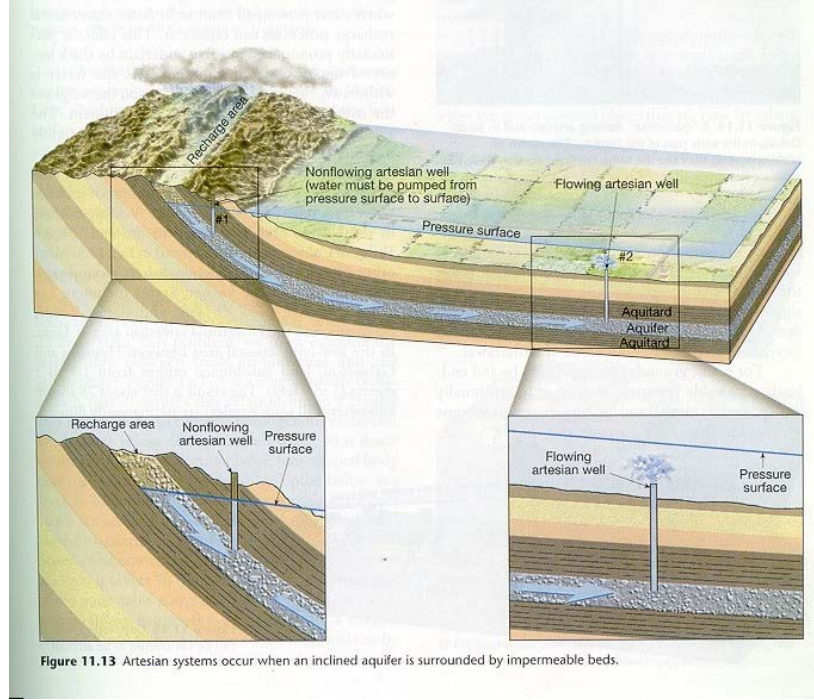


Figure 11.13 Artesian systems occur when an inclined aquifer is surrounded by impermeable beds.

Bir artezyen sisteminin varlığı için şu iki koşulun sağlanmasına gerek vardır.

- 1- Su, eğimli bir akifer içinde tutulu kalmalıdır. Doğal olarak beslenme eğim yukarısından olacaktır.
- 2- Akiferin altında ve üstünde, su kaçmasına engel olacak akitardlar bulunmalıdır.

Böyle bir akifer delindiğinde, kuyudaki su, daha üst katlardaki suyun ağırlığı yüzünden yükselecektir. Su ve katı partiküller / taneler ve kuyu cidarı arasındaki sürtünme yüzünden kuyudaki su seviyesi beslenme bölgesindeki akifer üst yüzeyine kadar çıkamaz.

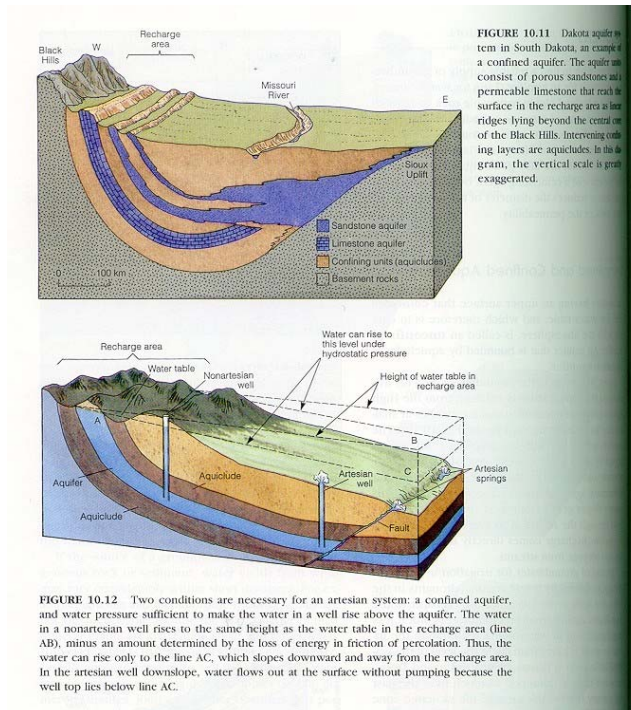


FIGURE 10.11 Dakota aquifer system in South Dakota, an example of a confined aquifer. The aquifer consists of porous sandstones and permeable limestone that reach its surface in the recharge area in the Black Hills. Intervening confining layers are aquicludes. In this diagram, the vertical scale is grossly exaggerated.

FIGURE 10.12 Two conditions are necessary for an artesian system: a confined aquifer, and water pressure sufficient to make the water in a well rise above the aquifer. The water in a nonartesian well rises to the same height as the water table in the recharge area (line AB), minus an amount determined by the loss of energy in friction of percolation. Thus, the water can rise only to the line AC, which slopes downward and away from the recharge area. In the artesian well down slope, water flows out at the surface without pumping because the well top lies below line AC.

Yeraltısuyu çekilmesi ile ilgili sorunlar:

Çoğu yeraltı zenginliği gibi yeraltısuları da nüfus artışı ve sanayileşmeyle birlikte giderek daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Aşırı kullanma (overuse) bir dizi sorun yaratıyor. **Çökmeler, kirlenmeler, aşırı kullanım yüzünden tükenme** bunların başlıcaları:

Yeraltısuyu yenilenmeyen kaynak (non-renewable resource) olarak algılamak: Çoğu kişi, YAS' ı sonsuz bir yeraltı zenginliği olarak değerlendiriyor ki bu yanlıştır. Ne zaman ki YAS çekilimi beslenmenin önüne geçer; sistem stoktan geçinmeye başlar, ve bir süre sonra YAS sistemi büsbütün kuruyabilir. İşte YAS kullanım planlanması bugün DSI tarafından yapılan önemli bir etkinlik olarak gündeme geliyor.

Çökme:

Daha sonra görüleceği gibi zemin çökmeleri YAS' la ilgili bazı doğal süreçler sonucu oluşabilir. Ancak, konsolide olmamış zeminlerde çekme hızı beslenme hızından yüksek ise de, kalkan gözenek suyu basıncı yüzünden üstteki sedimanların ağırlığıyla bir oturma ortaya çıkabilir. Bunun klasik bir örneği ABD' de San Joaquin vadisi'dir (Kaliforniya). Burada 1925'ten 1975'e kadar neredeyse 9 m'lik bir oturma ortaya çıkmıştır. Bunun (şayet yakınlarda büyük akarsu sistemleri varsa), taşkın tehlikesine davetiye çıkardığı açıktır.

Meksiko City'deki bir muhteşem örnekte de, çökme 6-7 m' yi buluyor; bu yüzden eski giriş katlarına ulaşım 2. Kattan sağlanıyor.

Tuzlusu Kirlenmesi:

Kıyı bölgelerde yaygın olarak ortaya çıkmakla birlikte, deniz suyunun mahsur kaldığı eski sedimanter havzalarda da benzer sorun ortaya çıkabilir.

Tuzlu su tatlı sudan daha yoğun olduğundan sahillerde tatlı su, tuzlu su üzerinde bir kama şeklinde yer alır. Gözlemler, YAS tablasının deniz seviyesinden 1 m yukarıda olduğu bir kuyuda, tatlısuyun aşağıda 40 m'ye kadar uzandığını, daha altta tuzlu su bulunduğunu gösteriyor. Bu aynı zamanda, yüzeydeki 1 m'lik düşüm sonucu kuyunun hemen tuzlanacağı anlamına gelir ki bu durumun hassasiyetini açıkça ortaya koyuyor.

Tuzlusu kirlenmesinin önüne geçmek için tatlı atık suların akifere beslenmesi, yüzeyde geniş, çokça süzülme yi sağlayacak tatlısu havuzlarının yapılması, çekimin planlı / kontrollü ve beslenme / çekim

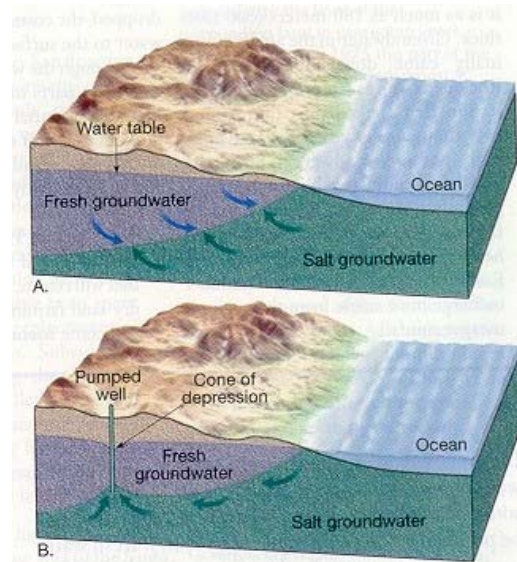


Figure 11.17 A. Because fresh water is less dense than salt water, it floats on the salt water and forms a lens-shaped body that may extend to considerable depths below sea level. B. When excessive pumping lowers the water table, the base of the fresh water zone will rise by 40 times that amount. The result may be saltwater contamination of wells.

denmesini gözeterek şekilde yapılması gibi yöntemler önerilir.

Yeraltısuyunun Kirlenmesi:

Kirliliğin pek çok nedeni olmakla birlikte en yaygın kanalizasyon sistemleri ve septik tanklar (tek tek konutların kendi pis su tutma tankları)'dır. Septik tanklardan / kanalizasyon sisteminden süzülen pis su, permeabilitesi düşük bir akiferde doğal temizlenmeye uğrayabilir (iri pisliklerin / bakterilerin gözeneklerde tutulması, oksidasyonla kimyasal temizlenme vs.). Ancak permeabilitesi yüksekse (örneğin çakıltaşları, bol çatlaklı magmatik kayalar, erime boşluklu kireçtaşları) bu durumda doğal temizlenme iyi gerçekleşmez. Eğer akifer gözenekli kumdan ibaretse, birkaç 10 m' de bir temizlenme gerçekleşir.

Kanalizasyondan başka karayolu tuzları, gübreler ve pestisitler (böcek öldürücü kimyasallar) de YAS'a karışarak kirlilik yaratır. Bunlardan

öte bir dizi kimyasal madde tank / borulardan sızarak YAS'a tehdit oluşturur. Burada, kirliliğin farkına varılışı çoğunlukla insan hasta olduğunda gerçekleşir ki, akifer o zaman çoktan kirlenmiştir, Yapılacak en mantıklı şey, akifer kirlenmesini önlemektir.

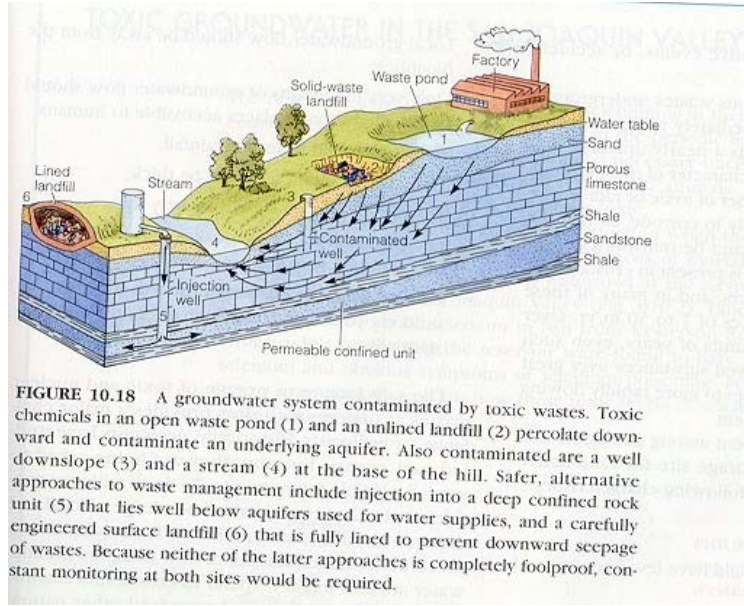


FIGURE 10.18 A groundwater system contaminated by toxic wastes. Toxic chemicals in an open waste pond (1) and an unlined landfill (2) percolate downward and contaminate an underlying aquifer. Also contaminated are a well (4) at the base of the hill. Safer, alternative approaches to waste management include injection into a deep confined rock unit (5) that lies well below aquifers used for water supplies, and a carefully engineered surface landfill (6) that is fully lined to prevent downward seepage of wastes. Because neither of the latter approaches is completely foolproof, constant monitoring at both sites would be required.

Yeraltısuyunu Jeolojik İşlevi

Yeraltısuları kayaları eritir. Mağara ve suyutanların nasıl oluştuğunun anlaşılmasında bu anahtar önemdedir. Kolay eriyebilen kireçtaşı / jips gibi kayaların yeryüzünde milyonlarca km² alan kapladıkları düşünülürse yeraltısularının bu etkisinin boyutu daha kolay anlaşılır.

Yağmur suyu güçlü bir çözücü olmamakla birlikte, havadaki CO₂ ile veya toprak profilindeki organik asitlerle birleşip yeraltına geçtiğinde oldukça çözücü hale gelir.

Mağaralar:

Yeraltısuyunun en muhteşem ürünleri mağaralardır. Sadece ABD' de 17.000 mağara biliniyor, ve gün geçtikçe yenileri keşfediliyor. Türkiye'de de şimdiye değin MTA eliyle 100'lerce mağara keşfedilmiştir, bunlardan birçoğu turizme kazandırılmıştır.

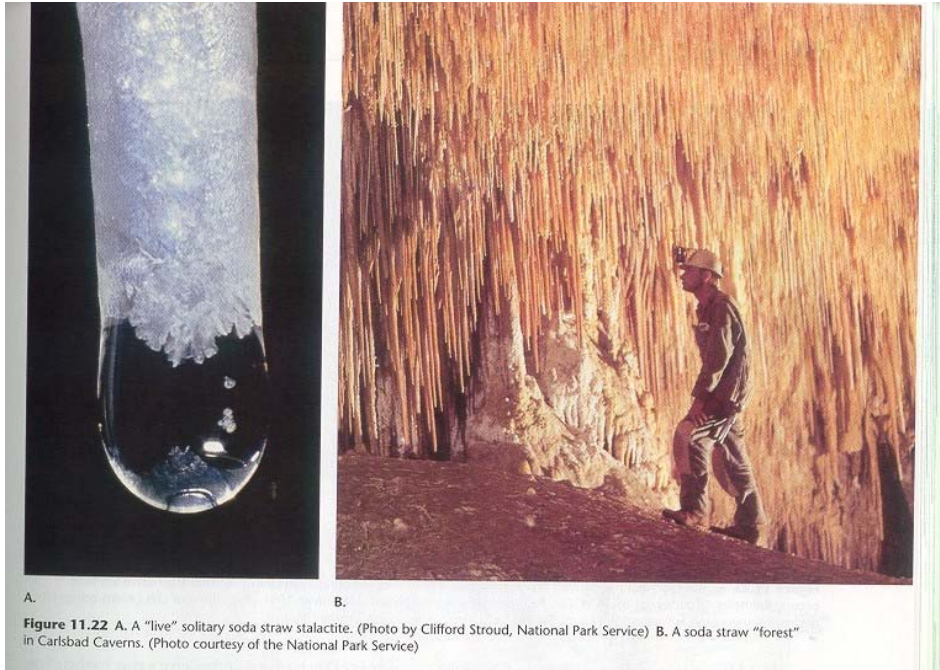
Mağaralar (YAS marifetiyle oluşanlar kastediliyor) çoğunlukla küçük boyutludurlar. Ancak bazıları muazzam boyutludurlar. Örneğin ABD' de Mamut Mağara Sistemi birbiriyle ilişkili (interconnected) geçişlere sahip 540 km uzunluğunda bir sistemdir. New Meksiko'daki Karlsbad mağarasında bir tek oda, 14 futbol sahası genişliğindedir.

Çoğu mağara YAS tablasının hemen altındaki doygunluk zonunda veya onun hemen üstünde oluşur. Burada asidik YAS kayacın kırık ve çatlaklarında gezinirken onları çözer, zamanla bu oyuklar genişler ve mağaralara dönüşür.

Pek çok mağarada, mağara oluşumu belli bir seviyeden başlar ve bugün oluşum en alt yükseltide devam eder. Bu durum, mağaları oluşturan denizaltı geçitleri ile onların drene olduğu akarsuların kodları (yükselteleri) arasında yakın bir ilişki olduğuna işaret eder. Akarsu belli bir seviyede kayarken oluşan mağara sistemi, akarsu yatağını hızla oyup derinleştirdikçe, ona ayak uydurup eski sistemini terk eder daha alt kotlarda yeniden açılır. Eğer akarsu yatakları yavaşça derine gömülüyorsa, bu durumda geçiş sistemleri de yavaşça büyür ve büyük mağaralar oluşmaya başlar.

Mağaraların

kendisi büyük aşınma sistemleri iken, mağara içinde çökme ile ilgili yapılar sıklıkla oluşur. Çökme ile ilgili yapılar ancak YAS tablası daha aşağılara düşüp te alan havalanma zonu içinde kalınca oluşmaya başlar.



Mağaralardaki çökme çoğunlukla CaCO_3 ' tan oluşan traverten adı verilen kayaktan ibarettir. Bu çökellere, kökenlerine izafeten **damlamataşı** (dripstone) da deniyor.

Mağaradaki traverten çökelleriyle oluşan yapıların tamamına **speleothem**'ler (sarkıt-dikit) adı veriliyor. En yaygın speleotem **sarkıt** (stalaktit)'tir. Bunlar tavandan sarkan, damlaların tavanda havayla karşılıklı kayarken CO_2 ' ini yavaşça kaybetmeleri sonucu oluşan konsantrik CaCO_3 yapılarıdır. Orta kesimlerde içi boş bir tüp bulunur. Gelişiminin erken evrelerindeki bu yapılara "soda samanı" (soda straw) adı verilir. Her bir damla küçük küçük CaCO_3 pul bırakarak sonuçta zamanla büyük sarkıtları oluşturur.

Mağara tabanından yukarıya, tavana doğru gelişen yapılara **dikit** (stalagmit) denir. Dikiti besleyen su tavandan düşen tanelerdir. Bunların merkezi kesiminde, sarkıtlardan farklı olarak, bir tüp bulunmaz. Sarkıt ve dikitler zamanla birbirine kavuşabilir ve böylece **kolonlar** (column) oluşur.

Karst Topoğrafyası:

Yeryüzünün bazı bölgelerinin daha geniş ölçekte bakıldığında yeraltısuyu tarafından biçimlendirildiği anlaşılır. Böyle arazilerin **Karst Topoğrafyası** gösterdiği söylenir. Karst sözcüğü, eski Yugoslavya'nın (bugünkü Slovenya'nın) Karst Dağlarından jeolojiye ithal ediliyor. Türkiye'de karst topoğrafyası, büyük kısmı kireçtaşları tarafından kaplı bulunan Toros dağlarında (özellikle Orta Toroslar'da) ve büyük bölümü jipslerle kaplı Sivas havzasında yaygın olarak izlenir.

Karst arazileri pek çok sayıda düzensiz çukurluktan ibaret (bunlara “**suyutan**” (sink hole) adı



A.



B.

Figure 11.23 A. This high-altitude infrared image shows an area of karst topography in central Florida. The numerous lakes occupy sinkholes. (Courtesy of USDA-ASCS) B. This small sinkhole formed suddenly in 1991 when the roof of a cavern collapsed, destroying this home in Frostproof, Florida. (Photo by *St. Petersburg Times*/Gamma Liaison)

veriliyor) tipik bir görüntü arzeder. Aynı zamanda hiç yüzey drenaj ağı içermezler. Bunların derinlikleri

water with human sacrifices centuries ago.

Yugostavia (extending from Slovenia to Mont

FIGURE 10.26. Most of a city block in Winter Park, Florida disappeared into a widening crater as this sinkhole formed in underlying carbonate bedrock.



birkaç m' den birkaç 100 m' ye kadar olabilir. Yoğun yağış dönemlerinde bu çukurlar göle dönüşür. Suyutanlar (sinkhole) çoğunlukla iki şekilde oluşur. İlkinde toprak altındaki kireçtaşı YAS' a karışan sular etkisiyle yavaş yavaş eritilir. Bunda çukur içinde ve çevresindeki kayalarda ani alt üst oluşlar ortaya çıkmaz. Zamanla, kireçtaşı çatlakları boyunca eridikçe çukur yavaşça üstündeki toprakla birlikte aşağı çöker; bunlar sığ ve yayvan yamaçlı suyutanlardır.

Öte yandan suyutanlar, altttaki mağara, çatıları kendi ağırlıklarını kaldıramayıp ani olarak çöktüklerinde de oluşabilir. Bu yolla oluşan çukurluklar tipik olarak sarp yamaçlı ve derindir. Yerleşim alanlarında oluşurlarsa afetlere neden olabilirler. ABD'de Florida'daki "The Winterpark" suyutanı böyle bir doğal afetle oluşmuştur. 8 Mayıs 1981' de, bir Cuma gecesi aniden ortaya çıkıyor, arabaları, ağaçları, evleri ve belediye yüzme havuzunun bir kısmını yutuyor. 450-600 feet (1 fit=30 cm kadar) genişliğinde ve 125-170 feet derinliğindedir.

5- OKYANUSLAR ve KENARLARI

Dünya Okyanusu :

Yerkürenin %70,8'i , birbiriyle bağlantılı olan 3 devasa okyanus (Pasifik, Atlantik, Hint Okyanusları) tarafından kaplanır. Atlantik Okyanusu, genellikle Kuzey Atlantik'in devamı olarak düşünülür. Bu üçü, 50 derece güney civarında, okyanusu adı verilen, bütün antartikayı çevreleyen su kütlesiyle bağlantılıdır. Bu 4 okyanusla birlikte, bunların bağlı oldukları daha küçükleri *Dünya Okyanusu* olarak bilinir. Daha küçük deniz ve körfezlerin şekli ve

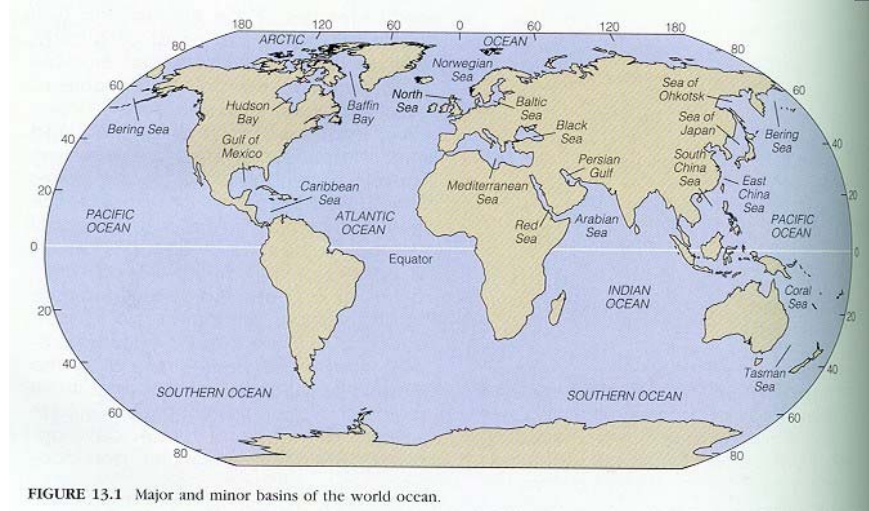


FIGURE 13.1 Major and minor basins of the world ocean.

boyutu oldukça değişkendir. Bunlardan bazıları tamamen, diğerleri kısmen karalarla çevrilidir. Bütün bu su kütleleri özgün coğrafyalarını levha tektoniğine borçludur. Bu sonuncu, ana okyanus havzalarında veya bunların kenarlarında daha küçük havzaların oluşumuna yol açarlar.

Okyanusların Derinliği ve Hacmi:

Geçen 70 yılda, akustik (sesle çalışan) cihazlarla donatılmış gemiler okyanusları binlerce kez katetmişlerdir. Sonuçta, bugün, dünyanın uzak okyanusal havzaları da dahil, bütün okyanus tabanlarının topografyası çıkarılabilmektedir. Şimdiye kadar ölçülebilen en büyük okyanus derinliği (11,035 m) Guam Adası (Batı Pasifik) yakınındaki Mariana Hendeğinde saptanmıştır. Bu değer, Everest Tepesinin yüksekliğinden 2 km kadar daha fazladır. Okyanusların ortalama derinliği 3,8 km kadardır. Halbuki karaların ortalama yüksekliği yalnızca 0,75 km civarındadır.

Okyanuslardaki su hacmi, basit bir hesapla 1,35 milyar m³ kadardır. Bu hacmin yarısından fazlası Pasifik okyanusundadır.

Okyanus Tuzluluğu

Deniz suyunun ağırlıkça ortalama %3,5' i çözülmüş tuzlardan ibarettir, ki bu değer suyu içilemez kılmak için yeterlidir. Bu tuzların tamamının çökmesi durumunda deniz tabanında 56 m kalınlığında bir tuzlu çökeltim birikeceği hesaplanıyor.

Tuzluluk, deniz suyunun acılığının bir ölçüsüdür ve çoğunlukla yüzde (%) olarak değil de binde (‰) olarak ifade edilir. Deniz suyunun tuzluluğu ‰ 33 ile 37 arasında değişir. Bu tuzluluğa katkı yapan iki önemli element Sodyum (Na) ve Klor (Cl)' dur. Bu yüzden denizsuyu buharlaştığında, çözülmüş maddelerin 3/4' ü kayatuzu (NaCl) olarak çökler. Yine de, denizsuyu bazen son derece hassas analitik aletlerle saptanabilecek azlıkta pek çok başka doğal element içerir. Deniz suyundaki tuzluluğun %99,9' dan fazlası sekiz element/bileşik (Klor, Sodyum, Sülfat, Magnezyum, Kalsiyum, Potasyum, Bikarbonat ve Brom'dan) tarafından oluşturulur.

Bu iyonlar nereden gelir? Her yıl akarsular 2,5 milyar ton çözülmüş maddeyi denizlere taşırlar. Bunlar ise, yüze çıkarak atmosfer ve hidrosferle temasa geçen kabuk kayaçlarından yıkanır ve akarsuların çözülmüş yükü haline gelir. Deniz suyundaki başlıca anyonların mantodan geldiğine inanılır. Volkanik patlamalarla açığa çıkan önemli gazlar, bunu doğrudan şekilde CO₂, Cl⁻ ve SO₄⁻² ten ibarettir. Son iki bileşik atmosferik suda (bulut/yağmur) çözülmüş halde bulunur, ve buradan denizlere boşalır. Volkanik gazlar, denizaltı volkanizması ile doğrudan deniz suyuna da karışabilirler. Başka iyon kaynakları, doğal olarak (akarsular ya da rüzgarlarla) denize taşınan kırıntıların çözünmesi; insan etkinliklerinin sonucu gaz, sıvı veya katı kirleticilerin doğrudan okyanusa veya dolaylı olarak önce akarsuya, sonra okyanusa karışımıyla okyanus suyuna katılırlar.

Milyonlarca yıllık yerküre tarihinde akarsuların okyanuslara taşıdığı çözülmüş madde toplamı bugün okyanuslarda varolandan çok çok fazladır. Öyleyse niçin daha yüksek bir tuzluluk söz konusu değildir. Bunun nedeni, bir yandan denizlere ekleme söz konusu iken öte yandan bu iyonların değişik şekillerde sudan uzaklaştırılmalarıdır. Silisyum, Kalsiyum ve Fosfor gibi bazı elementler, iskelet ve kavkılarını yapmak üzere denizel bitki ve hayvanlar tarafından deniz suyundan çekilir. Potasyum ve Sodyum gibi bazı elementler, deniz dibine doğru çöken kil mineralleri tarafından absorbe edilir. Bakır ve Kurşun gibi diğer bazıları ise çamur taşları içinde Sülfür mineralleri olarak deniz tabanında çökler. Belirtilen değişik yollarla iyon uzaklaştırılması, eklenme miktarına az çok denk olduğundan okyanusun tuzluluğu kısa zamanda değişmez.

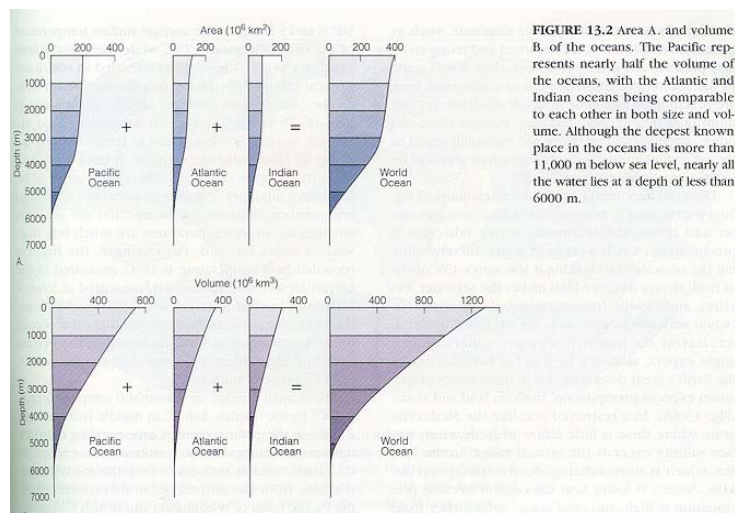


FIGURE 13.2 Area A. and volume B. of the oceans. The Pacific represents nearly half the volume of the oceans, with the Atlantic and Indian oceans being comparable to each other in both size and volume. Although the deepest known place in the oceans lies more than 11,000 m below sea level, nearly all the water lies at a depth of less than 6000 m.

Yüzey sularının tuzluluğunu etkileyen en önemli faktörler şunlardır:

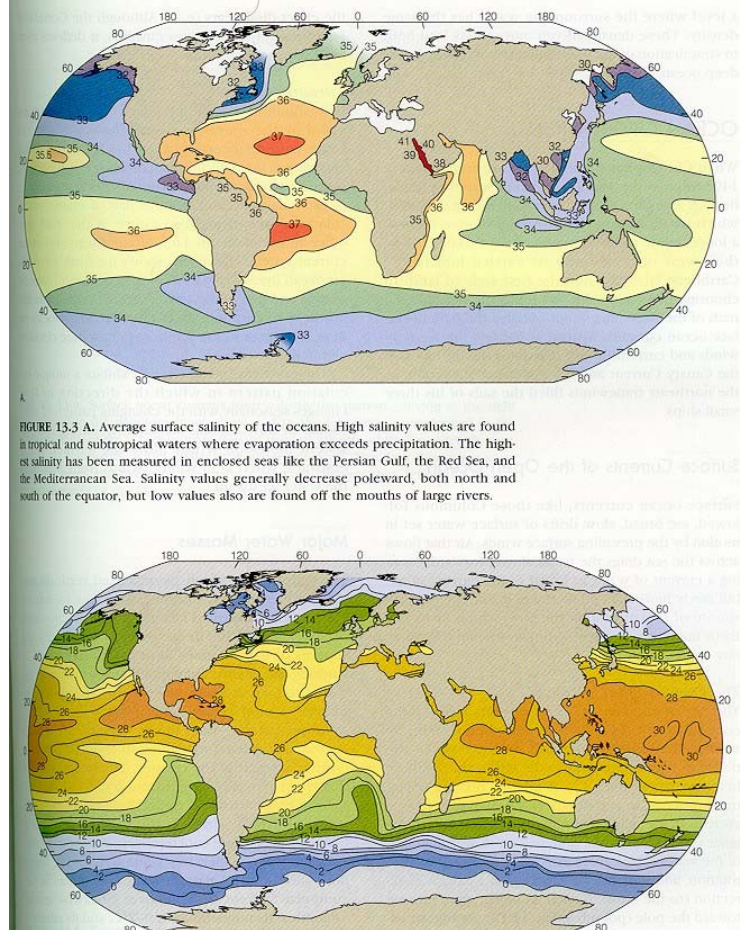
- Buharlaşma (Suyu buharlaştırıp tuzluluğu arttırıyor)
- Yağış (Fazla su eklenmesi suyu seyreltiyor)
- Tatlı su (akarsu) girişleri (Suyu seyreltiyor)
- Deniz buzlarının erimesi/donması (donma sırasında tuz yapıdan atılıyor, deniz daha tuzlu oluyor)

Deniz suyu, buharlaşmanın yoğun olduğu çöller civarında en büyük tuzluluğa sahiptir. Kapalı denizlerde (Akdeniz gibi) yüzey sularında, buharlaşma ve fazla tatlı su kaynağının olmaması yüzünden tuzluluk yüksektir (Kızıldeniz'de ‰ 41 kadar). Ekvator civarında, bol yağış nedeniyle tuzluluk düşüktür. Yukarı enlemlerde de bol yağış ve soğuk hava yüzünden tuzluluk düşüktür. Büyük nehir ağızlarından 100 km açıklarda bile deniz suyu içilebilir tuzluluğa sahiptir.

Okyanusların Sıcaklığı ve Isı Kapasitesi

Florida'dan kuzey Britanya sahillerine yüzmeye gitmeyi düşünen ihtiyatsız bir turist, okyanusların yüzey sıcaklıklarının ne kadar değişken olduğunu kısa zamanda anlar. Gerçekten, deniz suyu yüzeyinin yazınki sıcaklıklarının dağılımı bunu açıkça gösteriyor. Böyle bir harita izotermilerin (aynı sıcaklıktaki noktaları birleştiren eğriler) Doğu-Batı uzanımlı bir kuşak halinde, ekvatora az çok paralel olarak uzandığını gösteriyor. Ağustos'ta en sıcak sular ($>28^{\circ}\text{C}$) 30°N ve 10°G arasındaki, güneş radyasyonu en fazla alan kuşakta bulunuyor. Kışın ise, maksimum radyasyon kuşağı giderek güneye kayıyor.

Okyanusların ortalama yüzey sıcaklığı 17°C kadardır. En yüksek sıcaklıklarsa ($>30^{\circ}\text{C}$) sınırlanmış tropikal bölgelerde, örneğin Kızıldeniz ve İran Körfezi'nde izlenir.



Okyanus kütlesi, karadan, depolayabileceği ısının miktarı açısından farklılık gösteriyor. Belli bir miktar absorbe edilen ısı için, deniz suyu diğer pek çok maddeden daha az sıcaklık yükselmesi gösteriyor. Yani "Isı kapasitesi" yüksektir.

Karadaki çöl gibi bazı alanlarda, en yüksek ve en düşük sıcaklık farkı 146°C ye ulaşırken (sırasıyla Libya Çölü 58°C ve Vostok istasyonu -88°C), okyanuslarda en yüksek ve en düşük sıcaklık farkı (sırasıyla İran Körfezi 36°C ve kutuplarda -2°C) yalnızca 38°C ' dir.

Okyanuslarda yıllık yüzey suyu sıcaklığı farkları, tropiklerde $0-2^{\circ}\text{C}$, orta boylamlarda $5-8^{\circ}\text{C}$ ve kutuplarda $2-4^{\circ}\text{C}$ kadardır. Bu değerler, okyanus kütlesi varlığının havayı nasıl ılımanlaştırdığını da açıklamaktadır. Bu durumdan özellikle insanlığın yararlandığı açıktır.

Düşey Tabakalaşma

Deniz suyunun kimyasal özellikleri derinlikle birlikte değişir. Bunu anlayabilmek için bir şişedeki yağ sirke karışımını karıştırıp koyduğumuzu düşünelim. Bir süre sonra şişede, yağın üstte ve sirkenin altta olduğu bir tabakalaşma gözlenir. Bu durum şişedeki iki maddenin yoğunluğundan kaynaklanmıştır. Tıpkı bu örnekteki gibi, okyanuslardaki su da yoğunluğuna göre bir dizilim gösterir. Deniz suyunun yoğunluğu sıcaklık azaldıkça ve tuzluluk arttıkça artar. Daha yoğun su, gravite yüzünden okyanusların derinlerine, kendisiyle aynı yoğunluktaki sulara kadar çekilir. Yoğunluğun kontrol ettiği bu hareketler derin okyanuslarda hem bir tabakalaşma, hem de su dolaşımına (akıntılara) neden olur.

Okyanus Dolaşımı

Kristof Columbus, 1492'de Çin'i aramak üzere Atlantik Okyanusuna doğru yelken açtığında, 3 yelkenlisinin rotasını belirleyen, Atlantik Okyanusunu doğudan batıya kateden Kuzey Ekvator akıntısı ve aynı yöndeki güçlü rüzgarlardı.

Açık Okyanuslarda Yüzey Akıntıları:

Yukarıda değinilen, Columbus'un kiler gibi yüzey okyanus akıntıları egemen rüzgarların sürüklediği 50-100 m' den daha kalın olmayan su kütleleridir. Bu hareketin nihai kaynağı, dünyayı eşitsiz olarak ısıtan ve rüzgar sistemine yol açan güneştir.

Koriolis Etkisi:

Akıntıların hareket yönü aynı zamanda, Koriolis etkisi diye bilinen, bütün hareketli nesnelere kuzey yarı kürede sağa, güney yarı kürede sola iten, bir etki tarafından da belirlenir. Koriolis etkisi, bizzat kendisi okyanus akıntısı yaratmaz, ancak var olan akıntıların yönünü değiştirir.

Akıntı Sistemleri:

Ticaret rüzgarları (bu ad, yeni çağın başlarında ticaret gemilerinin bu rüzgarlarla yelkenlerini doldurmaları yüzünden verilmiştir) kuşağındaki düşük enlem bölgeleri batıya doğru akan, sıcak kuzey ve güney ekvator akıntılarıyla karakteristiktir.

Her bir büyük okyanus akıntısı "Gyre"

(çayre diye okunur) adı verilen, büyük çemberimsi bir akıntı sisteminin parçasıdır. Bir "Gyre" nin farklı bölümleri / parçaları için farklı isimler kullanılır. Kuzey yarı küredeki "gyre" ler saat yönünde (sağa doğru), güneydekiler saat yönü tersine (sola doğru) dönerek hareket ederler.

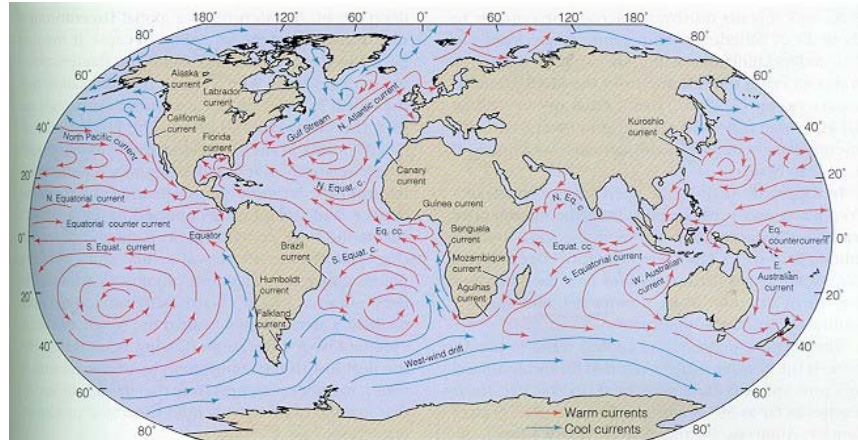


FIGURE 13.4 Surface ocean currents form a distinctive pattern, curving to the right (clockwise) in the northern hemisphere and to the left (counterclockwise) in the southern hemisphere. The westward flow of tropical Atlantic and Pacific waters is interrupted by continents, which deflect the water poleward. The flow then turns away from the poles and becomes the eastward-moving currents that define the mid-latitude margins of the five great midocean gyres.

Ana Su Kütleleri

Okyanus Suları, düşey yönde yoğunluklarına göre tabakalaşmış ana su kütleleri şeklinde düzenlenmişlerdir. Bu yoğunluk farkı derin okyanusların sularında büyük ölçekli bir dolaşım desenine yol açar. Atlantik okyanusundaki bu dolaşım örneği şekil 13.5'te gösterilmiştir.

Atlantik'te 35° K ve G enlemleri arasında yeralan yüzey suyuna Merkezi Su

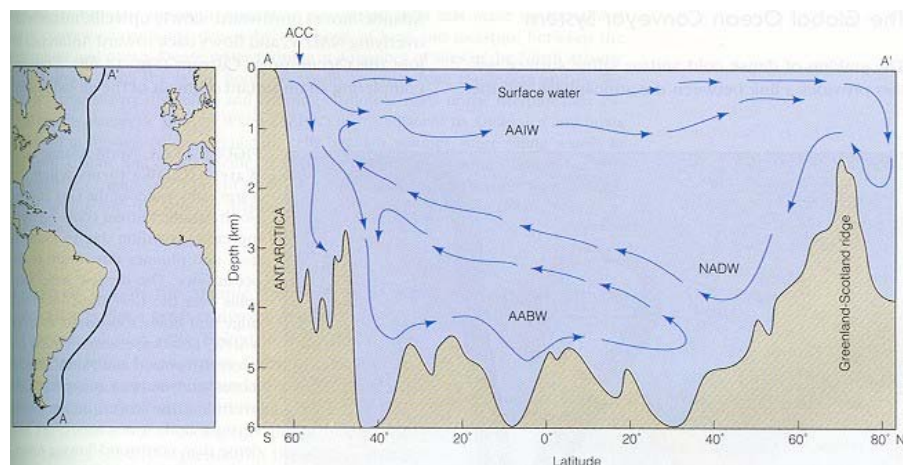


FIGURE 13.5 Transsect along the western Atlantic Ocean showing water masses and general circulation pattern. North Atlantic Deep Water (NADW) originates near the surface in the North Atlantic as southern Pacific surface waters sink because of their

kütlesi (Central Water Mass) adı veriliyor. Bunun sıcaklığı 6-19 °C arasında ve tuzluluğu da ‰ 34-36,5 kadardır. Merkezi su kütlesi kuzey ve güney ucunda, daha soğuk, bol yağış nedeniyle daha az tuzlu su kütleleri tarafından kuşatılırlar. Güney'de Antartika çevresinde saat yönünde dönen en büyük polar su kütlesine Antartika Kutup Çevresi Akıntısı (Antartic Circumpolar Current (ACC)) deniyor; bu 0-2 °C sıcaklıkta ve ‰ 34,6-34,7 tuzluluğa sahip.

Derinlerde, Merkezi Su Kütlesinin altında Orta Su Kütlesi (Intermediate Water Mass) bulunur ki bu, 1500 m derinliklere kadar hüküm sürer. Orta su kütlesinin en yaygını Antartik Orta Su kütlesidir (AAIW): Bu, soğuk subarktic sulardan kaynaklanır: Kuzeye ekvatora ve oradan 20° Kuzey boylamına doğru dalar ve yayılır. Sıcaklığı 3-7 °C ve tuzluluğu ‰ 33,8-34,7 arasında değişir.

Kuzey Atlantik'te, derin okyanus Derin Su Kütlesini (Deep Water Mass) içerir. Bu Orta Su kütlesinden okyanus dibine kadar uzanır. Bu yoğun, soğuk (2-4 °C) ve tuzlu (34.8-35.1 ‰) su, kuzeyde Kuzey Atlantik civarındaki birkaç noktadan türer ve derinlere doğru akarak Güney Atlantik'e uzanır.

Atlantik'in en derin, en yoğun ve en soğuk suyu, Dip Su Kütlesi'dir (Bottom Water Mass). Bu, Antartika'da oluşur ve kuzeye doğru yayılır. Pasifik'te 30° K enlemine kadar ulaşır.

Daha büyük yoğunluğu yüzünden Antartika Dip Suyu, Kuzey Atlantik Derin Suyunun altına doğru akar.

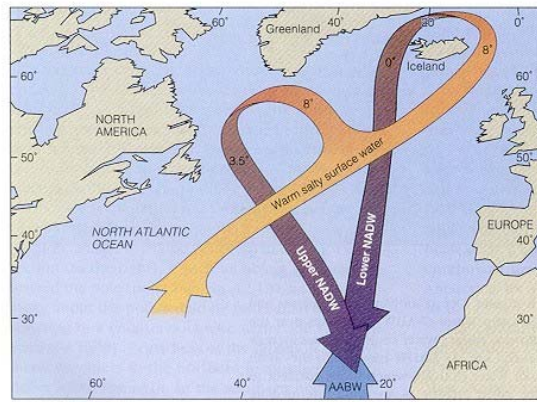


FIGURE 13.6A North Atlantic Deep Water (NADW) forms when the warm, salty water of the Gulf Stream/ North Atlantic Current cools, becomes increasingly saline due to evaporation, and plunges downward to the ocean floor. The densest water then spills over the Greenland–Scotland ridge and flows southward as lower NADW. Less-dense water forming between Greenland and North America moves south and east as upper NADW, overriding the lower, denser water. Because both water masses are less dense than northward-flowing Antarctic Bottom Water (AABW), they pass over it on their southward journey.

Küresel Okyanus Taşıyıcı Sistemi :

Yoğun, soğuk ve/veya tuzlu yüzey sularının okyanusun derinlerine batma olayı, atmosfer ile derin okyanuslar arasında bir bağlantı olanağı sağlıyor. Sonuçta, bir termohalin dolaşım sistemi ortaya çıkıyor. Bu dolaşım sistemi, Kuzey Atlantik'ten güneye Antartika'ya ve diğer okyanus havzalarına kadar uzanıyor.

Kuzey Atlantik Derin Suyunun önemli bir kısmı, batı Kuzey Atlantik'ten giren ılık ve tuzlu yüzey suyunun Grönland ve Norveç denizlerinde soğumasıyla oluşuyor. Buradan derinlere batıyor ve güneye doğru ilerlemeye başlıyor. Buradaki su kaybı, ılık Gulfstream'in kuzeye doğru akışıyla dengeleniyor. Ilık Gulfstream'in atmosferi ısıtması yüzünden Kuzey Batı Avrupa ılıman bir iklime sahiptir.

Kuzey Atlantik Derin Suyu, güneyde Antartik kutup çevresi akıntısına kapılır ve onunla saat yönünde yolculuğuna başlar. Güney Pasifik'te kuzeye doğru yönelen bu derin akıntı Kuzey Pasifik'te ısınarak yüzeye gelir ve 0-30° güney enlemleri arasında bütün Pasifiği ve Hint Okyanusu'nu, ılık, az tuzlu bir sığ akıntı olarak kateder ve yeniden Kuzey Atlantik'e karışır. Bu muazzam boyutlu termohalin dolaşımında, hareket eden su miktarı da muazzamdır. NADW'nin 15-20 milyon m³/sn (Amazonun 100 katına eşit) ve Atlantik Dip Suyu'nun da 20-30 milyon m³/sn olduğu tahmin ediliyor. Bu akıntılar dünyanın bütün dip sularını yaklaşık 1000 yılda bir kez yer değiştirebilecek boyuttadır.

OKYANUS GELGİTLERİ

Ritmik, günde iki kez gerçekleşen okyanus suyu yükselme ve alçalmaları olan gelgitler (İng. Tide) ay (çok daha az ölçüde güneş) ve dünya arasındaki kütle çekiminden kaynaklanır. Açık denizdeki bir denizci gelgiti ayırt edemez; ancak sahilde gelgitlerin etkisi büyür ve jeolojik açıdan oldukça önemli hale gelir.

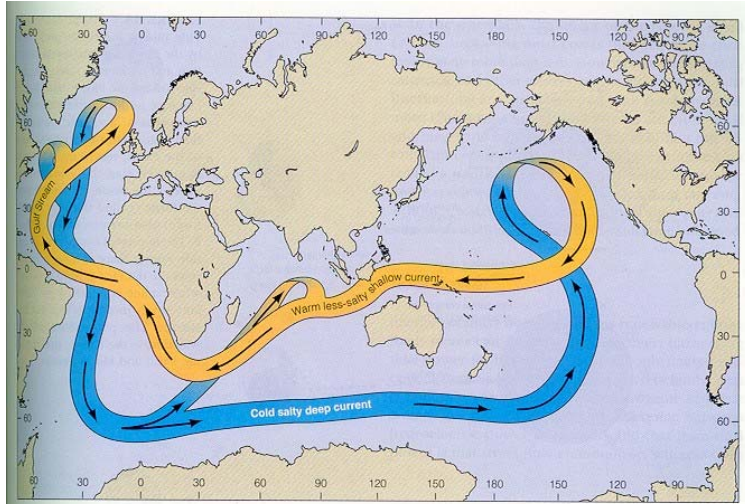


FIGURE 13.6B The major thermohaline circulation cells that make up the global ocean conveyor system are driven by exchange of heat and moisture between the atmosphere and ocean. Dense water forming at a number of sites in the North Atlantic spreads slowly along the ocean floor, eventually to enter both the Indian and Pacific oceans before slowly upwelling and entering shallower parts of the thermohaline circulation cells. Antarctic Bottom Water (AABW) forms adjacent to Antarctica and flows northward in fresher, colder circulation cells beneath warmer, more saline waters in the South Atlantic and South Pacific. It also flows along the Southern Ocean beneath the Antarctic Circumpolar Current to enter the southern Indian Ocean. Warm surface waters flowing into the western Atlantic and Pacific basins close the great global thermohaline cells.

Gelgiti Yükselten Kuvvet:

Ayın yere uyguladığı gravitasyonel çekme, ona eşit fakat ters yönlü bir eylemsizlik kuvvetiyle dengelenir. Bu sonuncu, dünyanın ay-dünya sisteminin ağırlık merkezi çevresinde dönmesinden kaynaklanır. Dünyanın merkezinde eylemsizlik kuvveti ile çekim kuvveti

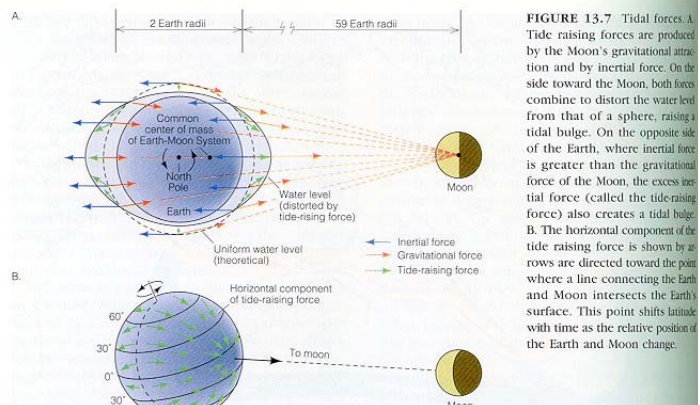


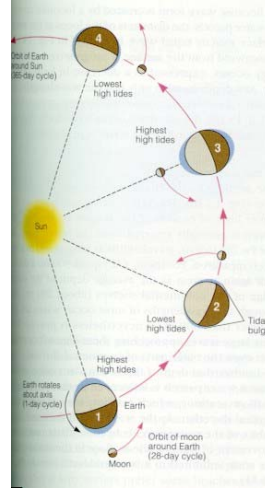
FIGURE 13.7 Tidal forces. A. Tide raising forces are produced by the Moon's gravitational attraction and by inertial force. On the side toward the Moon, both forces combine to distort the water level from that of a sphere, raising a tidal bulge. On the opposite side of the Earth, where inertial force is greater than the gravitational force of the Moon, the excess inertial force (called the tide-raising force) also creates a tidal bulge. B. The horizontal component of the tide raising force is shown by arrows are directed toward the point where a line connecting the Earth and Moon intersects the Earth's surface. This point shifts latitude with time as the relative position of the Earth and Moon change.

birbirini dengelemekle birlikte yeryüzünün bazı kesimlerinde bu kuvvetler dengede değildir. Dünyanın aya bakan yüzeyindeki okyanustaki bir su molekülü, yerin merkezindeki (hayali) bir su molekülünden daha büyük kuvvetle çekilir; çünkü ikincisi aydan daha uzaktadır.

Her ne kadar ayın uyguladığı bu çekim kuvveti küçükse de, akışkan su kolayca şekil değiştirir, böylece dünyanın bu yüzeyindeki her su molekülü ayın merkezine doğru çekilmeye çalışılır. Bu durum okyanusun yüzeyinde bir kabartı oluşturur.

Gelgit Kabartıları

Ay çekimiyle dünyanın aya bakan ve ayın tam tersi yönlerde oluşan gelgit kabartıları, dünya döndükçe belli bir düzen içinde yer değiştirir. Böylece özellikle sahillerde daha kolay hissedilen 1 günde (24 saat) 2 gel ve 2 git durumu oluşur. Her bir ay ayında 2 kez, ay güneş ve dünya aynı hizaya gelirler; bu durumda daha yüksek gel ve daha düşük git durumları oluşur. Bu uç noktaların arasında ise gel seviyeleri daha düşük ve git seviyeleri daha yüksektir. Unutulmamalıdır ki güneş gelgit oluşturmada ayın %46'sı kadar etkindir. Bu yüzden ara noktalarda (uç noktalar arasında) gelgit etkisi sıfırlanmaz.



In the open sea, the effect of the tides is small (<1 m), and along most coasts the tidal range commonly is no more than 2 m. However, in bays, straits, estuaries, and other narrow places along coasts, tidal fluctuations are amplified and may reach 16 m or more (Fig. 13.9). Associated currents are often rapid and may approach 25 km/h. The incoming tide locally can create a wall of water a meter or more high (called a *tidal bore*) that moves up estuaries and the lower reaches of streams. Fast-moving *tidal currents*, although restricted in extent, constitute a potential source of renewable energy that is still large untapped.

Tidal Power

Energy obtained from the tides is renewable energy, for it never can be used up. However, harnessing tidal power for human use has seen only limited success. Water in a restricted bay, retained behind a dam at high tide, can drive a generator the same way that river water can. One important difference between hydroelectric power from rivers and that from tidal power is that rivers flow continuously, whereas tides

FIGURE 13.8 When the Earth, Moon, and Sun are aligned (positions 1 and 3), tides of highest amplitude are observed. When the Moon and Sun are pulling at right angles to each other (positions 2 and 4), tides of lowest amplitude are experienced.

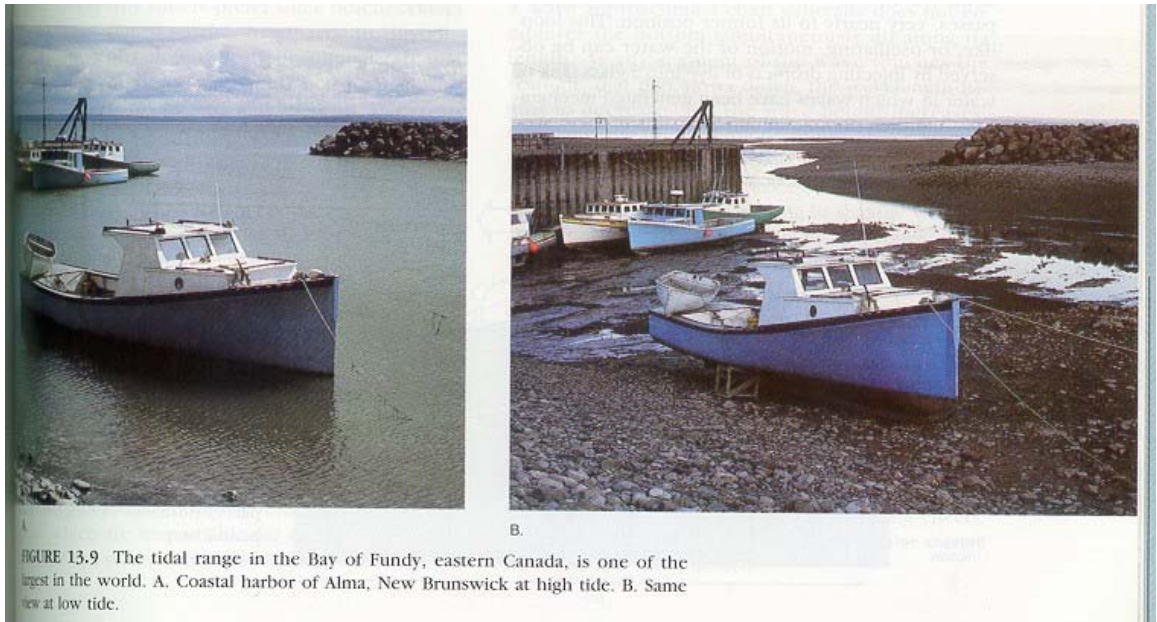


FIGURE 13.9 The tidal range in the Bay of Fundy, eastern Canada, is one of the largest in the world. A. Coastal harbor of Alma, New Brunswick at high tide. B. Same view at low tide.

Açık denizlerde gelgitlerin etkisi küçüktür (<1 m); pek çok sahilde gelgit aralığı 2 m'den fazla değildir. Ancak, körfezlerde, koylarda, boğazlarda gelgit salınımları abartılı olur ve yer yer 16 m'ye ulaşır. Gelgitlerin oluşturduğu akıntılar çoğunlukla hızlıdır, 25 km/sa'e (7 m/sn) ulaşabilmektedir.

OKYANUS DALGALARI :

Okyanus dalgaları enerjilerini su yüzeyi boyunca esen rüzgardan alır. Bir dalganın boyu, rüzgarın ne kadar hızlı, ne kadar deniz yüzeyine yakın ve ne kadar uzun estiğine bağlıdır. Hafif esintiler 1 m'den az yükseklikte yayvan dalgalar oluştururken, hortum oluşturan rüzgarlar (> 115 km/sa) günlerce, binlerce kilometrelik bir mesafede etkili olurlar; sonuçta oluşan dalgalar o kadar yüksektirler ki gemileri bile ters düz edebilirler.

Dalga Hareketi :

Boya deneyleri göstermektedir ki, bir dalga içindeki su molekülleri (veya küçük su kütleleri) çember şekilli rotalar çizmektedirler. Su yüzeyinde çemberin yüksekliği dalga boyu kadarken, derinlere doğru bunun giderek azaldığı ve dalganın dalga boyunun yarısı derinlikten daha aşağılarda tamamen kaybolduğu izlenmektedir.

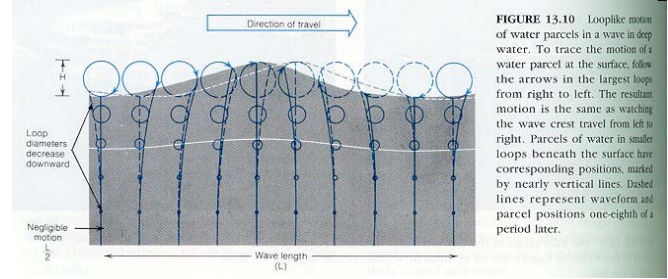


FIGURE 13.10 Looplike motion of water parcels in a wave in deep water. To trace the motion of 1 water parcel at the surface, follow the arrows in the largest loops from right to left. The resultant motion is the same as watching the wave crest travel from left to right. Parcels of water in smaller loops beneath the surface have corresponding positions, marked by nearly vertical lines. Dashed lines represent waveform and parcel positions one-eighth of a period later.

Dalga Tabanı :

Dalga boyunun yarı derinliği ($L/2$) dalga hareketinin etkisinin alt sınırını belirler. Başka deyişle bu derinliğin altındaki deniz tabanında erozyon gerçekleşmez. Bu derinliğe dalga tabanı adı verilir. Pasifik Okyanusun'da yer yer 600 m boyunda dalgalar saptanmıştır. Şu halde bunlar için etkin dalga tabanı 300 m'dir; bu büyüklük çoğu kıta şelflerinin dış kenarının (≈ 200 m) ortalama derinliğinden daha fazladır.

Her ne kadar bir çok okyanus dalgasının boyları bu değerden küçükse de, bazılarının dış şelfi bile etkiliyebilecek boyutlara ulaşması ihtimal dahilindedir.

$L/2$ derinliğinin kara tarafına doğru, su partiküllerinin çember hareketi, sığ deniz tabanı tarafından etkilenir ve elipse dönüşmeye zorlanır. Sığ derinliklerde, dipte artık yalnızca bir ileri geri hareket gözlenir.

Kırılan Dalgalar :

Bir dalga sahile yaklaştıkça hızlı bir değişim geçirir. Dalga $L/2$ derinliğine ulaştığında, dalga tabanı zeminin uyguladığı sürtünme kuvveti ile tanışır; sonuçta dalganın yüksekliği artar, boyu kısalır. Giderek dalgada bir asimetri ortaya

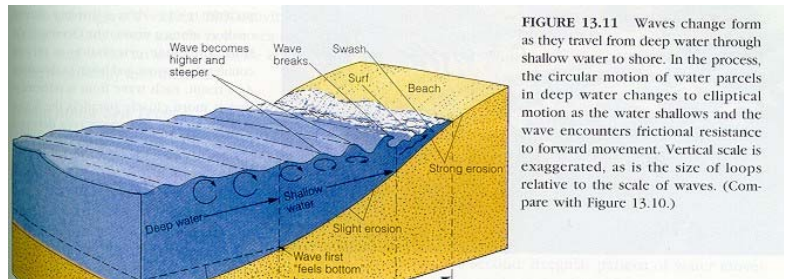


FIGURE 13.11 Waves change form as they travel from deep water through shallow water to shore. In the process, the circular motion of water parcels in deep water changes to elliptical motion as the water shallows and the wave encounters frictional resistance to forward movement. Vertical scale is exaggerated, as is the size of loops relative to the scale of waves. (Compare with Figure 13.10.)

çıkar, kara tarafı deniz tarafına göre dikleşir; ve sonuçta dalga çöker veya kırılır.

Kırılan dalgaların şekli yerden yere değişir. Bu yüzden sörf yapanlar özellikle bu sahilleri seçerler.

Sörf :

Bir dalga kırıldığında suyun hareketi aniden türbülanslı hale gelir. Sörf adı verilen bu ‘‘kırılmış sular’’ kara hattı ile sahil arasındaki dalga etkinliğidir. Sörf zonunda her dalga kayalıklara çarpana veya eğimli bir kumsalı yalaya kadar enerjisini yaymayı sürdürür. Bu işi gerçekleştirip enerjisini yayınca açık denize geri döner. Su geri dönerken karmaşık ve düzensiz yollar izler; geri dönen su kütlesi tabanda bir örtü gibi ve kısmen belli yerlerde yoğunlaşmış dar kanallar şeklindedir. Bunlara ‘‘rip current’’ deniyor; bunlar acemi yüzücüler için ciddi tehlikedirler.

Dalga Kırılması :

Bir sahile yaklaşan dalga dalga tabanına, her zaman sahile paralel bir hat boyunca ulaşmaz. Başka deyişle taban topografyası ile sahil çizgisi arasında değişik nedenlerle bir uyumsuzluk bulunabilir.

Sonuçta, dalga tabanına en önce yaklaşan dalga yavaşlar, dalga boyu azalırken dalga yüksekliği artar; sonuçta dalgalar taban



FIGURE 13.12 Waves arriving obliquely onshore along a coast near Oceanside, California, change orientation as they encounter the bottom and begin to slow down. As a result, each wave front is refracted so that it more closely parallels the bottom contours. The arriving waves develop a longshore current that moves from left to right in this view.

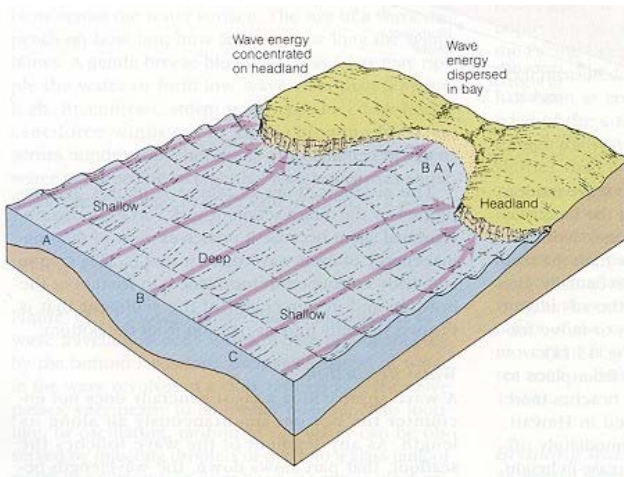


FIGURE 13.13 Refraction of waves concentrates wave energy on headlands and disperses it along shores of bays. This oblique view shows how waves become progressively distorted as they approach the shore over a bottom that is deepest opposite the bay. The result is vigorous erosion on the exposed headland and sedimentation along the margin of the bay.

topografyasına uygun olarak yeniden düzenlenip dizilirler. Dalga kırılması olarak bilinen bu süreç, sığ sularda sahil çizgisine belli bir açıyla gelen bir dizi dalganın yönünü değiştirir. Böylece, örneğin bir

derin su körfezi kenarına 40-50° açı ile yaklaşan dalgalar, sahile 5°'den az bir açıyla kavuşurlar.

KIYI EROZYONU ve SEDİMAN TAŞINMASI

Dünya'nın okyanus kıyıları kara ve denizin birleştiği dinamik zıtlık bölgeleridir. Aşındırıcı kuvvetler karadan bir şeyler koparıırken diğer kuvvetler bu sedimanları taşır veya çökeltirler; ve böylece karaya eklerler. Bu zıtlık neredeyse sonsuz olduğundan pek az sahil tam bir denge durumuna sahip olabilmektedir.

Dalgalarla Aşındırma :

Bir deniz kıyısı boyunca çoğu erozyon sahile doğru ilerleyen dalgalar tarafından gerçekleştirilir. Dalga erozyonu yalnız sörf zonunda değil, aynı zamanda deniz seviyesinin altında ve üstünde de gerçekleşir.

Dalga Seviyesi Altında Aşındırma :

Okyanus dalgaları, tipik olarak dalga boyu ile dalga boyunun 1,5 katı derinliklerde kırılırlar. Çoğu okyanus dalgasının 6 metreden az yüksekliği olduğu düşünülürse şu halde sörf zonunun, yani güçlü aşındırmanın gerçekleşeceği derinlik 9 metre ile sınırlıdır.

Sörf Zonundaki Sürtünmeyle Aşındırma:

Sörf zonundaki önemli bir aşınma türü dalgaların taşıdığı kayalık parçalarının sürtünmeyle ana kayacı kemirmesidir. Dalgaların sürekli hareketiyle bu aletler (yani taşınan partiküller) zemini sürekli kemirir, aşağı doğru indirir.

Deniz Seviyesi Üzerinde Aşındırma:

Güçlü fırtınalar sırasında sörf, deniz seviyesi üstüne de, etkin savrulmalar gerçekleştirir. İskoçya kıyılarını vuran güçlü bir fırtına sırasında taş, demir ve betondan yapılmış 1200 ton ağırlığında bir insan yapısı kütle sörf zonunun oradan sahile kadar taşınmıştır. Bu yapı yerine kurulan 2300 tonluk ikinci bir yapı yalnız beş yıl sonra aynı akıbete uğramıştır. Çok daha küçük dalgalar bile sahilde ana kayadan parçalar koparır. Kabaca denebilir ki dalgaların yaydığı enerji deniz seviyesinin 10 metre altında ve 10 metre üstündeki bir zonda hapsolür, yayılır.

Dalga ve Akıntılarla Sediman Taşınması :

Bir sahilde dalgaların kopardığı bir sediman, ya da akarsuların getirdiği bir kırıntı, akıntılar tarafından yeniden dağıtılarak tipik sahil çökellerinin oluşumu sağlanır; ya da kıta selfine (daha açıklara) doğru taşınır.

Kıyıboyu (longshore)

Akıntıları :

Kırılmaya karşın, çoğu dalga kıyıya belli bir açıyla gelir. Gelen dalga, sahile paralel ve dik olmak üzere iki bileşene

ayrılabilir. Dik bileşen sörfü oluştururken, paralel bileşen sörf zonu içinde kıyı boyu akıntıları ortaya çıkarır. Sörf, sedimanları kıyından aşındırırken, kıyı boyu akıntılar onları sahil boyunca taşırlar; kıyı boyu akıntılarının yönü, egemen rüzgar yönünün değişmesine bağlı olarak mevsimlere göre değişebilir.

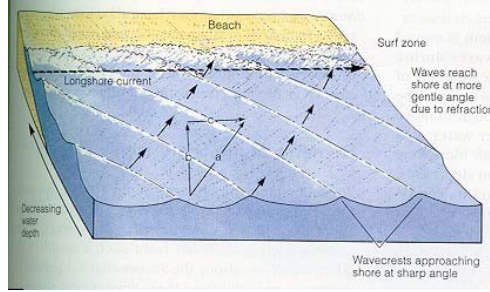


FIGURE 13.14 A longshore current develops offshore as waves approach a beach at an angle and are refracted. The line representing the front of each approaching wave can be resolved into two components: the component oriented perpendicular to the shore (b) produces surf, whereas that oriented parallel to the shore (c) is responsible for the longshore current. Such a current can transport considerable amounts of sediment along the coast.

Kumsal Sürüklenmesi (beach drift) :

Bu arada, su üstündeki kumsalda, karaya doğru gelen dalgalar kıyıya paralel, ikinci bir su hareketine yol açarlar. Dalgaların sahile de belli bir açıyla gelmesi yüzünden, dalgaların kumsal üzerine doğru yükselmesi (swash), sahil çizgisi ile belli bir açı yapar; ve sonra sahil eğimi yönünde su geri çekilir. Bu zig zag hareket sonuçta, tek tek kum tanelerini kumsal boyunca taşır. Bu yolla çakılların bile günde 800 m kadar sahil boyunca taşındığı belirlenmiştir.

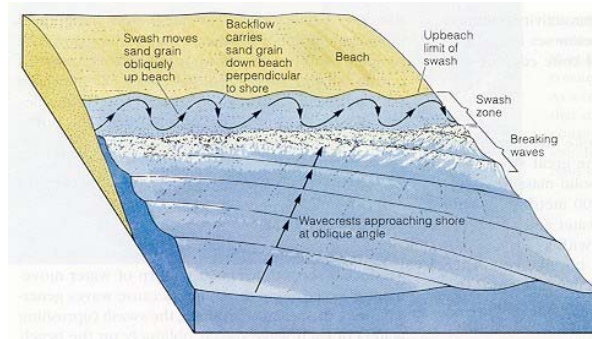


FIGURE 13.15 As surf rushes up a beach with each incoming wave, sand grains are picked up and carried shoreward. Arriving surf approaching the shore at an angle will travel obliquely up the beach. The return flow, pulled by gravity, flows back nearly perpendicular to the shoreline. A grain of sand will therefore move along a zigzag path as successive waves reach the shore. Net motion is down the beach and is called beach drift.

Kıyı Ötesi Taşınması ve Boylanması :

Sörf zonunun deniz tarafında, dip sedimanları, ancak hareket ettirebilecek yükseklikte sıra dışı büyük dalgalar sırasında deniz tarafına doğru az az hareket ederler; partiküller daha derin ortamlara doğru gittikçe, giderek daha az sıklıkta hareket etmeye başlar, çünkü artan derinlikle birlikte akıntılarının enerjisi giderek azalır. Sonuçta, sahilden uzaklarda, yalnızca ince

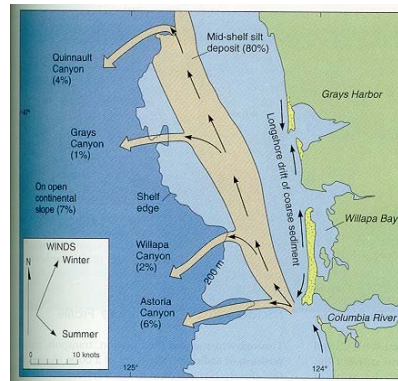


FIGURE 13.16 Dispersal of sediment on the continental shelf off the state of Washington. Suspended sediment from the Columbia River moves northwest offshore, about 80 percent of it accumulating as a mid-shelf silt deposit. The remaining 20 percent either is deposited on the adjacent continental slope or moves down steep submarine canyons.

taneli sedimanlar hareket edebilirler. Böylece sedimanlar deniz tabanında boyutlarına göre bir boylanmaya maruz kalırlar. Sahile yakınlar daha iri taneli; sahilden uzaklar daha ince taneli olur.

SAHİL TÜRLERİ

Açık denizden binlerce kilometre yol olarak gelen dalgalar, sahilde bir engelle karşılaşılır. Onlara, sahildeki kayalara çarparlar; onları aşındırırlar ve uzun dönemde bu süreçlerin çok belirgin sonuçları ortaya çıkar.

Kıyı profiline elemanları:

Sahil boyunca ortaya çıkan değişiklikleri anlayabilmek için sahile dik bir kıyı profilini incelemekte yarar bulunuyor.

**Kumsallar (beaches)*: Kumsallar, çoğu sahilin, hatta sarp, kayalık olanların bile, karakteristik özelliklerinden biridir. Kayalık yamaçların olmadığı sahillerde kumsallar ana kıyı ortamını oluşturur.

Çoğu kimse kumsalı, suyun yıkandığı kumlu yüzey olarak bilirse de, jeolojik olarak kumsal, sörf zonundaki sedimanların tamamını içerir. Bu dinamik

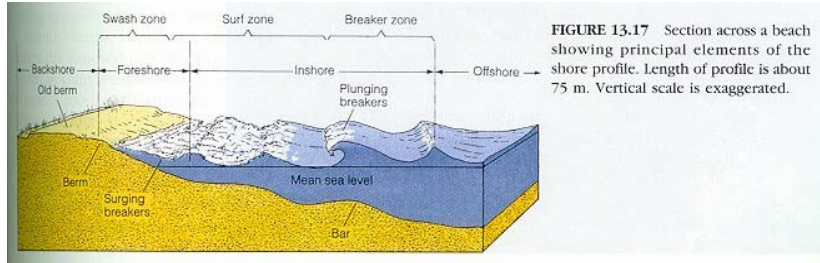


FIGURE 13.17 Section across a beach showing principal elements of the shore profile. Length of profile is about 75 m. Vertical scale is exaggerated.

zonda sedimanlar sürekli bir hareket halindedir.

Kumsal sedimanlarının bir kısmı çevredeki kıyı sarplıklarından türerse de, çoğu, akarsuların denize taşıdığı alüvyonlardan türer.

Alçak, açık bir sahildeki bir kumsal birkaç tipik ayrı elemandan oluşur. İlki, hafifçe eğimli ön sahil (veya sahil önüdür). Bu, en düşük gelgit seviyesinden ortalama yüksek gelgit seviyesine kadar uzanır. Bu sonuncu yerde "berm" adı verilen, az çok yatay ya da karaya eğimli, dalgaların çökelttiği sedimanlar bulunur. Bunun arkasında sahil gerisi alan bulunur ki bu "berm" den sörfün ulaşabileceği en ileri noktaya kadar uzanır.

Kayalık Sahiller : (Rocky (or cliffed) Coasts).

Böyle bir sahilde en sık rastlanan öğeler dalgaların yonttuğu bir sarplık ve yine dalgaların yonttuğu bir düzlüktür. Dalga yonttuğu sarplık sörf tarafından oluşturulur; sörf bir yatay törpü gibi çalışır ve sarplığın altını oyar, sonuçta duraysız kalan sarplık çöker. Çöken sarplığın

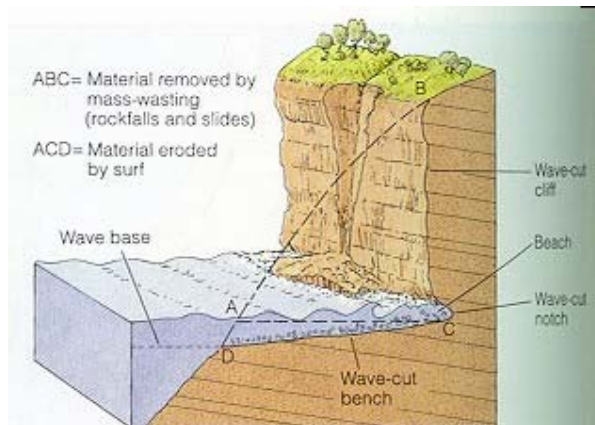


FIGURE 13.18 Principal features of a shore profile along a cliffed coast. Notching of the cliff by surf action undermines the rock, which then collapses and is reworked by



FIGURE 13.19 A nearly horizontal wave-cut bench has formed along the coast at Bolinas Point, California, as the surf, acting like an erosional saw, has cut into and beveled the tilted sedimentary strata.

kırıntıları sörf tarafından dağıtılır. Dalga yontuk düzlemi dalganın etkisiyle oluşan bir platformdur. Nazikçe denize doğru eğimlidir; ve yamaç dalga etkisiyle geriledikçe genişler. Sarp yamaçlı kıyılarla



FIGURE 13.20 Stack and sea arch along the French shore of the English Channel near Étretat carved in horizontally bedded white chalk. The surf first hollows out a sea cave in the most erodible part of the bedrock. A cave excavated completely through a headland is then transformed into a sea arch. An isolated remnant of the cliff stands as a stack on a wave-cut bench offshore.

ilgili diğer aşınma özellikleri; deniz mağaraları, deniz kubbeleri ve ‘slack’lardır.

Başlıca Sahil Çökelleri ve Yerşekilleri:

Şimdiye değin, sörfün aşındırıcı etkisini inceledik. Aşındırıcı sedimanların biriktikleri alanlar da bir o kadar önemli alanlardır. Bunlar büyük ölçüde kıyıboyu akıntıların marifetiyle oluşurlar.

Denizel Deltalar:

Sahilde bazı kesimlerde, karadan sediman getiren süreçler (yapıcı süreçler), sörfün dağıtım yaparak uzaklaştırdığından çok daha fazla sedimanı misafir ederler; böylece sahil çizgisi deniz içine doğru girinti yapar. Deltanın deniz içine doğru ne kadar ilerleyeceği akarsuyun sediman getirim oranı ile, dalgaların bunları dağıtım oranı arasındaki dengeye bağlıdır.

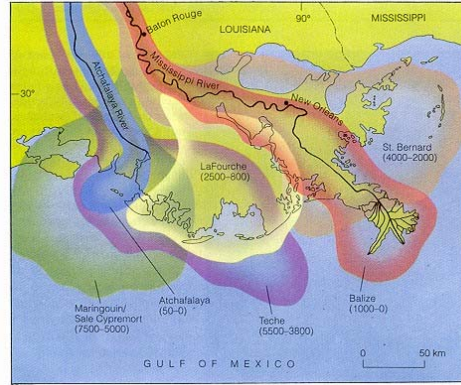


FIGURE 13.21 The Mississippi River has built a series of overlapping sub-deltas as it has continually dumped sediment into the Gulf of Mexico. The ages of sub-deltas are given in radiocarbon years before the present.

Spitler ve İlgili Özellikler:

Spitler, uzun kum veya çakıl sırtlarıdır.

Bir spit, kıyı boyu akıntılarıyla taşınan sedimanların bir körfezin görece derin ağız kesiminde birikmesiyle oluşumuna başlıyor. Birikimin burada başlaması derinliğin fazlalığı ve dolayısıyla akıntı hızının düşüklüğü ile ilgilidir. Spitlerin serbest uçları, dalga kırılması yüzünden kara tarafına bükülme gösterir. bir adayı ana karaya bağlayan spite *tombolo* adı verilir.



Spit'in şekli normal olarak, sedimanın miktar ve kaynağıyla egemen taşınma yönüne (yani rüzgar yönüne) bağlıdır.

Bariyer Adaları (barrier islands)

Bir bariyer adası, açık denizde, kıyıya paralel uzanan ince uzun bir kumlu adadır. Bariyer adasının kara tarafında yeralan ince uzun su külesine lagün (lagoon) adı verilir.

Birleşik Devletlerin güneydoğusundaki çoğu bariyer adası, son buzul çağı sonundaki

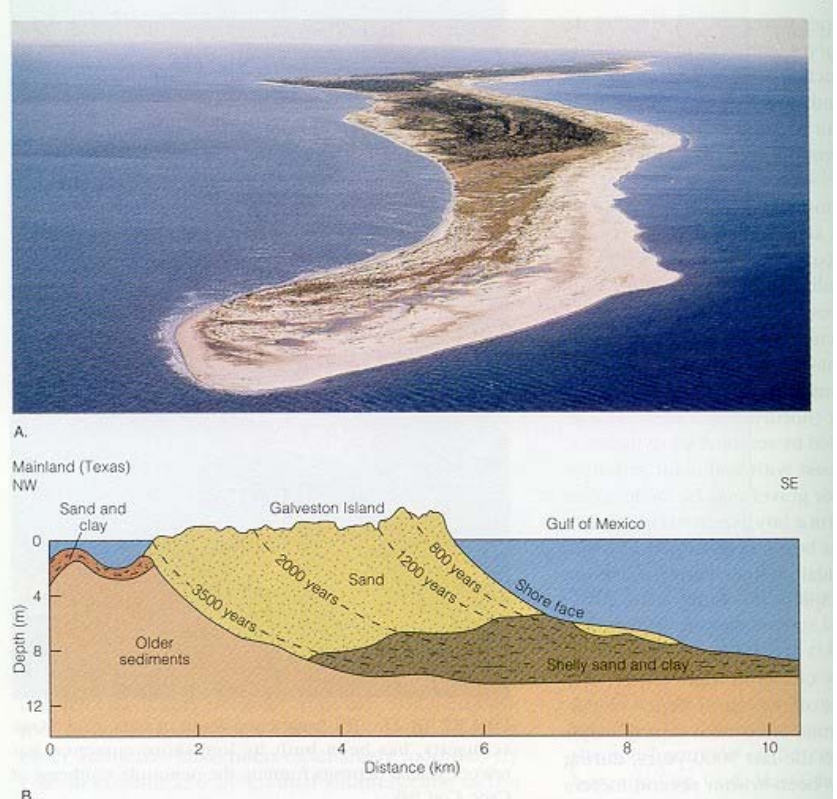


FIGURE 13.24 Barrier islands. A. This sandy barrier island off the coast of Mississippi lies so close to sea level that waves can surge across its surface during large storms, eroding and

deniz seviyesi yükselim hızının Orta Holosen'de yavaşlamayla ortaya çıkmıştır. Bu çökellerin diplerinden (5-10 m derinlikte) alınan sedimanlardaki kavrıkların radyokarbon yaşları (≈ 5000 yıl) bu kanıyı desteklemektedir.

Organik Resifler ve Atollar :

Dünyanın çoğu tropikal sahil kıyısında, resif yapmak üzere CaCO_3 salgılayan bazı organizmaların oluşturduğu yaygın koloniler mevcuttur. Bu tür organizmalar sığ, 18°C 'den daha sıcak berrak sulara gereksinim duyarlar. Şu halde, resifler deniz seviyesine yakın ya da deniz seviyesinde gelişirler ve düşük enlemlerde yaygındırlar.

Üç temel resif türü tanınmıştır. **Saçak resifi**, komşu kara parçasına tutunur veya ona yakın gelişir (Şekil 13-25A). Bunların lagünü yoktur. Bir saçak resifinin az çok düz bir üst yüzeyi vardır. Bu yüzey derin denize doğru yavaş yavaş iner.



FIGURE 13.25 Chief kinds of tropical coral reefs. A. Fringing reef on the island of Oahu in the Hawaiian Islands. B. Barrier reef enclosing the island of Moorea in the Society Islands. A narrow lagoon separates the high island, which is the eroded remnant of a formerly active volcano, from a shallow reef. C. The reef of a small atoll in the Society Islands is surmounted by low, vegetated sandy islands that lie inside a line of breakers along the reef margin.

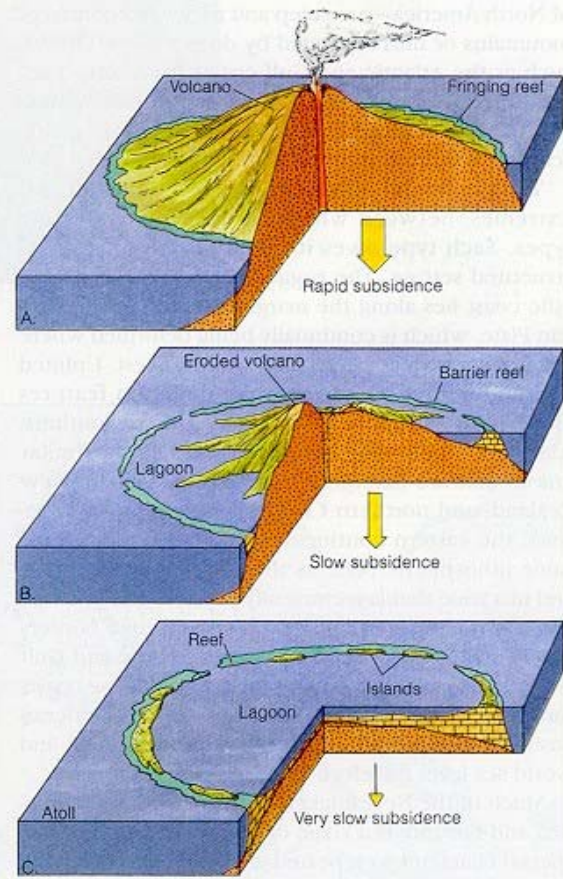


FIGURE 13.26 Evolution of an atoll from a subsiding volcanic island. Rapid extrusion of lava to form an oceanic shield volcano causes the island to subside as the crust is loaded by the volcanic pile. A fringing reef grows upward, keeping pace with submergence, and becomes a barrier reef surrounding the eroding volcano. With continued subsidence and upward reef growth, the last remnants of the volcano disappear beneath sea level and all that remains is an atoll reef surrounding a central lagoon.

Bir bariyer resifi, karadan bir lagünle ayrılmıştır. Böyle resifler bir adayı çevreleyebilir, ya da bir kıtanın sahilinin çok uzaklarında gelişebilir (Avustralya'daki Büyük Bariyer Resifi'nde olduğu gibi).

Bir Atol, sığ bir lagünü çevreleyen çember şekilli bir mercan resifidir. Atoller, çevresinde resifi bulunan bir volkanik dağın çökmesiyle oluşurlar. Sürekli çökme, resif organizmalarını hayatta kalabilmek için sürekli büyümeye, yani deniz seviyesine ulaşmaya zorlar. Ada çökmeyi sürdürdükçe volkanın su üstünde kalan kısmı giderek

azalır, açık denizde bir bariyer resifi sistemi gelişir (Şekil 13.26C). En sonunda bütün volkanik ada çöküp deniz altında kaldığında çember şekilli bir resif kütesi, yani Atol, gelişir. Atoller çoğunlukla

derin denizde gelişir ve 1 km'den az ve 130 km'ye kadar ulaşabilen çaplara sahip olanları da bilinmektedir.

6- OKYANUS DİPLERİ VE DENİZ TABANI YAYILMASI

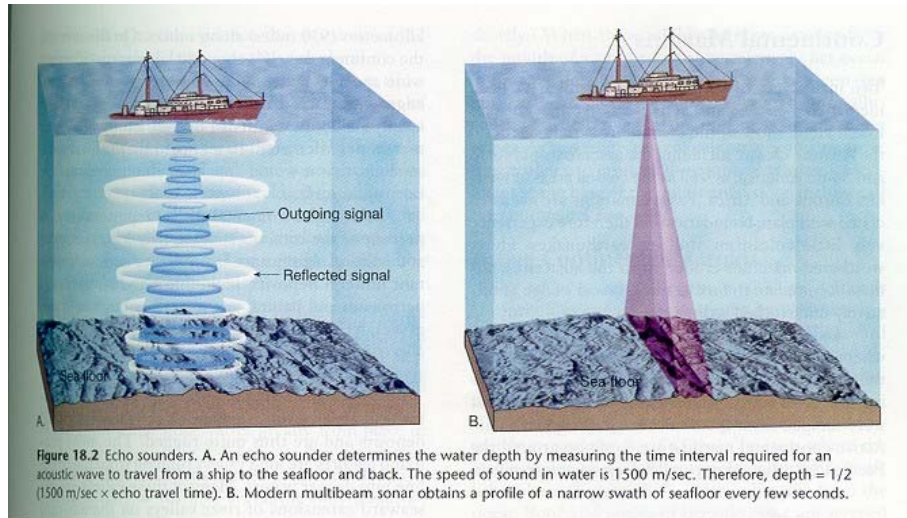
Okyanuslardaki bütün suyu çekip uzaklaştırabilseydik ne görecektik? Göreceğimiz şey muazzam bir morfolojik çeşitlilik olacaktır; Volkan zincirleri, deniz kanyonları, rift vadileri ve oldukça geniş denizaltı platoları. Bu çeşitlilik karalardaki kadar zengindir.

Okyanus tabanının değişen topoğrafyası H.M.S Challenger'ın 1872-1876 ılları arasındaki 3,5 yıllık bilimsel seferine kadar anlaşımamıştı.

Challenger Seferi, o zamana değin Dünya okyanuslarının bir kuruluş tarafından gerçekleştirilen ilk kapsamlı incelemesi olmuştur. Seferi, Britanya Deniz Kuvvetleri Komutanlığı ile Royal Society'nin ortak girişimiydi. Gemi, 110 bin km yol yapmış, ve Kuzey denizi dışında bütün okyanuslara uğramıştır. Yolculuk boyunca okyanusların derinliği, bir ağırlık sarkıtmak suretiyle ölçülmüştür. Ayrıca seferde okyanus suyu sıcaklığı ve akıntı ölçümleri ve bunların yanı sıra okyanus havzalarının şekli ve yüzölçümünün ortaya çıkarılması, haritalarının yapılması da gerçekleştirilmiştir. Bu gezinin sonuçları 50ciltlik bir rapor halinde yayımlanmıştır. Bu raporda bulunan verilerin bazılarının bugün bile kullanıldığı söylenmektedir. Ancak daha sonraları, transatlantik kabloların geçirilmesi sırasında, Challenger'in okyanus derinleri ile ilgili bilgileri bir adım daha ileri götürülebilmiştir.

Okyanus tabanının haritalanması:

1920'lerde elektronik derinlik ölçüm cihazının (buna İngilizce "echo sounder" deniyor) keşfiyle çok önemli bir teknolojik atılım gerçekleşmiştir. "Sonar" da denen bu cihaz okyanus tabanına ses dalgaları gönderir. Hassas bir algılayıcı, tabandan yansıyan dalgaları algılar, ve bir yandan da cihazın saati çok hassas bir şekilde dalganın gidiş ve dönüş zamanlarını



ölçer. Okyanus suyunda ses hızı bilindiğinden (1500 m/sn), böylece mesafeyi ölçmek mümkün olur. Bu iş pek çok profil boyunca yapılır ve sonra bu profiller birleştirilirse sonuçta deniz tabanının bir imajı çıkar ortaya.

Son bir kaç 10 yılda, artık araştırmacılar daha mükemmel araçlar kullanır oldular. Bunun ardında güvenlik/savaş sanayinin yattığına kuşku bulunmuyor. Üstte özetlenen basit echo sounder’lardan farklı olarak bu yeniler “**multi-beam sonar**”lar, bir dizi ses kaynağı ve alıcı aygıtta oluşuyorlar. Bir gidişte bu cihazlarla deniz tabanında dar bir şeridin tam bir batimetrisii elde etmek mümkün oluyor. Ama bu yeni cihazlar da, bunları taşıyan gemilerin hızları saatte 10-20 km’den fazla olmadığından, bütün okyanus tabanlarının derinliklerini incelemek için doyurucu gözüküyor. Gelecekte uydular kullanılarak bu işin kotarılması ümit ediliyor.

Okyanus taban topoğrafyasını (batimetri) ortaya çıkarma teknikleri bir yana bırakılırsa okyanusbilimciler (oceanograhers) okyanus tabanında üç ana birim ayırıyorlar.

- 1- Kıta kenarları
- 2- Derin okyanus havzaları
- 3- Okyanus ortası sırtlar

Şekil 18.3’te bu özellikler Kuzey Atlantik bölgesinde

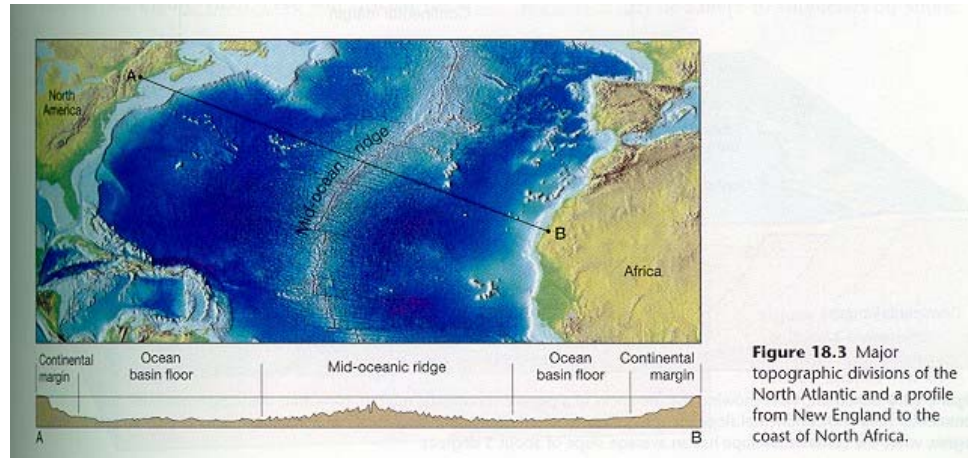


Figure 18.3 Major topographic divisions of the North Atlantic and a profile from New England to the coast of North Africa.

açıkça gözükmektedir. Buradaki A-B profilinin düşey ölçeğinin 40 kez abartılı olduğunu belirtelim.

Kıta kenarları

İki tür kıta kenarı belirlenmiştir. Aktif ve pasif kenarlar. Pasif kenarlar, Atlantik okyanusunu çevreleyen çoğu kıyı alanlarında bulunur. Başlıcaları, Kuzey ve Güney Amerikanın doğu sahilleri ile Afrika ve Avrupanın doğu sahilleridir. Pasif kenarlar, levha kenarları ile ilgili değildir; bu yüzden pek az volkanizma ve depremi tecrübe ederler. Burada, kıta üzerinde bozundurulup aşındırılan malzeme kalın, yaygın ve fazla deforme olmayan (yani kıvrılıp kırılmamış) sediman prizmaları olarak birikirler.

Bunu tersine aktif kıta kenarları, okyanusal litosferin kıta kenarı altına daldığı yerlerde oluşur. Sonuç, dalan litosferik levhanın üzerinden sıyrılan ve bu yüzden oldukça deforme olan sedimanlardan ibaret görece dar bir kenardır. Aktif kıta kenarı, Pasifik çevresi boyunca paralel okyanus hendekleri tarafından eşlik edilerek, yaygın bir şekilde izlenir.

Pasif kıta kenarları:

Kıta şelfi, kıta yamacı ve kıta yükselimi olmak üzere üç özelliği içerir.

Kıta şelfi: Sahil çizgisinden derin okyanus havzasına doğru uzanan, az eğimli bir denizaltı yüzeyidir. Altında kıtasal kabuk bulunduğundan bunun, kıtanın sualtındaki uzantısı olduğu kesindir.

Kıta şelfinin genişliği oldukça değişkendir. Bazı kıtaların kenarlarında hemen hiç bulunmazken bazılarında 1500 km genişliğe ulaşabilir. Ortalama 80 km genişlikte ve 130 m derinliktedir. Eğimine gelince, ancak 1

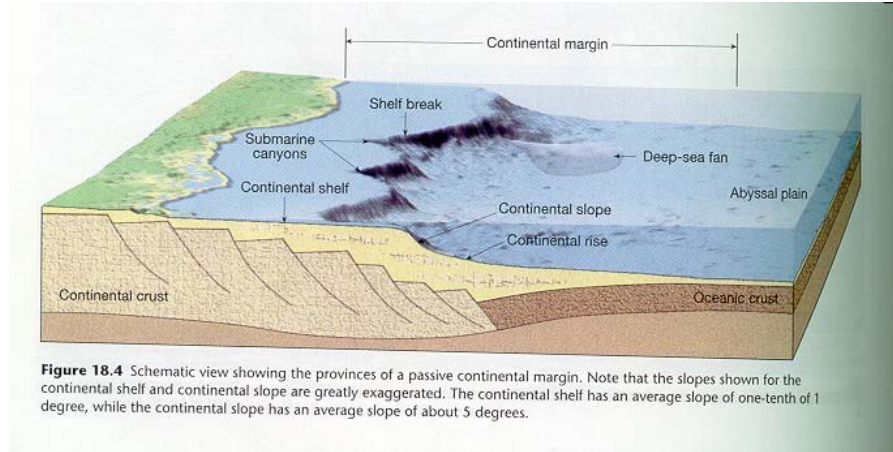


Figure 18.4 Schematic view showing the provinces of a passive continental margin. Note that the slopes shown for the continental shelf and continental slope are greatly exaggerated. The continental shelf has an average slope of one-tenth of 1 degree, while the continental slope has an average slope of about 5 degrees.

derecenin 1/10'u kadardır (yani kilometrede 2 m). Kıta şelfleri toplam okyanus alanının %7.5'ini oluşturmakla birlikte, büyük politik ve ekonomik öneme sahiptirler. Bu alanlar önemli maden yataklarını (petrol ve doğal gaz da dahil olmak üzere), kum ve çakıl ocaklarını içerirler. Kıta şelfleri balıkçılık açısından da önem taşırlar.

Kıta şelfleri genelde engebesiz olmakla birlikte, bazı kesimleri yaygın buzul çökelleri ile kaplıdır ve bu yüzden pürüzlüdür. Bu günkü şelflerin en önemli özelliği, kıyı çizgisinden derin suara kadar uzanan uzun vadi sistemleridir. Bu vadilerin çoğu bugün kıtalar üzerindeki akarsuların deniziğine doğru devamı niteliğindedir. Bu vadilerin, Pleyistosen'de (buzul çağında) suyun bir kısmı buzullarda tutulduğundan okyanus seviyesi düşükken kara üstünde açılmış olması ve buzulların erimesiyle ortaya çıkan deniz seviyesi yükselimiyle denizaltında kaldığı ileri sürülmektedir.

Pasif kıta şelflerinin çoğu kalın sığ-su sediman birikiminden oluşur. Bu sedimanlar yer yer bir kaç km kalınlığa ulaşabilirler ve çoğunlukla sığ denizel kireçtaşları (resifler) ile ardalanırlar. Aralarda sığ denizel sedimanların bulunması kıta şelflerinin yavaş yavaş çöken kıta kenarları olduğunu kanıtlamaktadır.

Kıta yamacı: Kıta şelfinin deniz tarafına doğru olan kenarına işaret eden kıta yamacı, şelfle karşılaştırıldığında daha eğimli bir yapıdır, ve kıta kabuğu ile okyanusal kabuğun sınırını teşkil eder. Kıta yamacının eğimi yerden yere değişmekle birlikte ortalama 5 derece kadardır, yine de eğim yer yer 25 dereceye ulaşabilir. Kıta yamacı şelften daha dar bir özelliktir. Ortalama 20 km genişliğe sahiptir.

Kıta yükselimi: Hendeklerin olmadığı bölgelerde kıta yamacı, okyanus tarafına doğru daha az eğimli bir yapıya geçiş gösterir. Buna kıta yükselimi adı verilir. Bu kesimde eğim 1 derecenin 1/3'üne (ya da kilometrede 6 m) düşüş gösterir. Kıta yamacı, yalnızca 20 km genişlikte olmakla birlikte kıta yükselimi derin okyanus havzasına doğru 100'lerce km uzanabilir. Kıta yükselimi, kıta şelfinden derin okyanus tabanına doğru hareketlenen kalın bir birikimden ibarettir. Sedimanlar kıta yamacının dibine,

denizaltı kanyonlarını (çok büyük vadiler) izleyen türbidit akıntılar tarafından getirilirler. Bu çamurlu akıntılar kanyon ağzında gözüktüklerinde sedimanlarını derin deniz yelpazelerinde çökeltirler. Derin deniz yelpazeleri de, tıpkı aluviyal yelpazeler gibi aynı temel şekle sahiptirler. Kıta yamaçlarının tabanında biriken derin deniz yelpazeleri büyüdükçe yanal yönde birbirleriyle içiçe girerler, ve sonuçta yanal devamlılığı büyük kıta yükselimini oluştururlar.

Aktif Kıta Kenarları:

Bazı sahiller boyunca, kıta yamacı aniden okyanus havzası ile kıta yamacı arasında yer alan derin deniz hendeğine iner. Bu durumda hendeğin kara tarafına doğru olan duvarı ile kıta yamacı esas olarak aynı ögeye karşılık gelir. Böyle yerlerde kıta şelfi ya çok dardır, ya da hiç yoktur.

Aktif kıta kenarları, başlıca, Pasifik okyanusunun çevresinde kıtasal litosferin okyanusal litosfer üzerine yürüdüğü alanlarda bulunur. Burada, okyanus tabanındaki

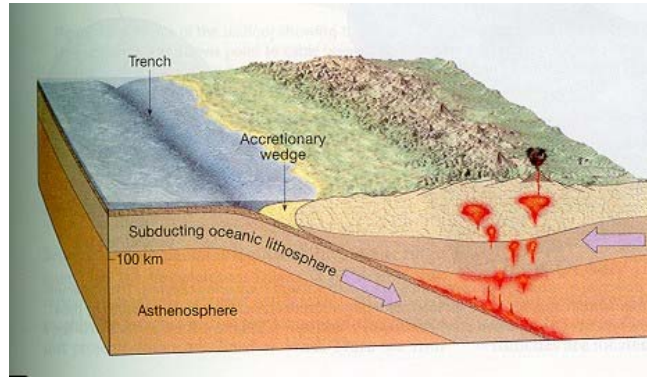


Figure 18.5 Active continental margin. Here sediments from the ocean floor are scraped from the descending plate and added to the continental crust as an accretionary wedge.

sedimanlar ve okyanusal kabuk parçaları, dalan okyanusal levha üzerinden sıyrılırlar, ve üzerleyen kıtanın kenarına sıvanırlar. Bu deforme sedimanlardan ve okyanusal kabuk parçalarından oluşan kaotik birikime yığışım kaması (accretionary wedge) adı verilir. Uzun süren dalma batma sonucunda aktif kıta kenarı boyunca büyük sediman birikimleri oluşabilir.

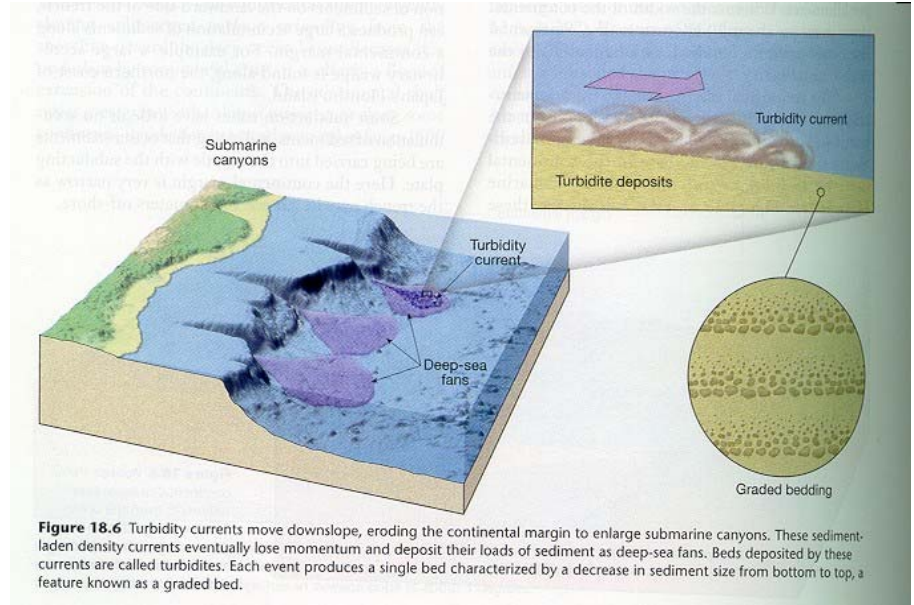
Bazı dalma batma zonlarında çok az sediman birikir, ya da hiç birikmez. Bu okyanusal sedimanların dalan levha ile birlikte üst mantoya çekildiğine işaret edebilir.

Denizaltı kanyonları ve türbidit akıntılar: Derin, sarp kenarlı vadiler olarak bilinen denizaltı kanyonları kıta yamacına oyulmuştur, ve hatta kıta yükseliminden derin okyanus havzalarına kadar uzanabilirler. Bazı denizaltı kanyonları kara üzerindeki büyük akarsuların şelfteki devamı gibiyse de, diğerleri onlardan ilgisiz gözükmetedir. Çünkü bunlar buzul çağındaki düşük deniz seviyesinin oldukça altında açılmışlardır, bu yüzden eski akarsu vadileri olamazlar. Bunlar okyanus seviyesinin çok altındaki bazı süreçlerle ilgili olmalıdırlar.

Elde edilen bir çok veri göstermektedir ki, denizaltı kanyonları, en azından bir ölçüde türbidit akıntılar tarafından açılmışlardır. Türbidit akıntılar yoğun, yanmaçaşağı ilerleyen, sedimanla yüklü su kütleleridir. Bunlar kıta şelfinde veya yamacındaki kum ve çamurlar, deprem gibi ani bir sarsıntı ile yerdeğiştirip süspansiyon haline savrulduklarında ortaya çıkarlar. Kum ve çamurla yüklü bu akış yamaçaşağı ilerleyen dipteki sedimanları da aşındırır. Türbidit akıntılar, en sonunda momentumlarını

kaybederler, ve okyanus havzasının tabanında son bulurlar. Akıntının hızı yavaşladıkça asılı yükler çökelmeye başlar. Önce kaba/iri taneler çökler, bunları daha incelerin çökeli

izler. Türbidit akıntılarının çöelttiği sedimanlara **türbiditler** denir. Şu halde türbiditler, bir türbidit tabakasında tabandan tavana doğru tane boyu küçülmesiyle (ki buna dereceli tabakalanma denir) ile karakterize edilir.



Derin Okyanus havzalarının özellikleri

Okyanus sırtı sistemi ile kıta kenarı arasında derin okyanus havzası yer alır. Bu bölgenin boyutu –ki dünya yüzeyinin neredeyse %30’udur- neredeyse toplam Dünya içinde karaların oranına eşittir. Buralarda çok dikkat çeken düz alanlar (ki bunlara abisal düzlük denir) geniş volkanik zirveler (bunlara da deniztepeleri –ing. Seamount- denir) ve derin okyanus hendekleri bulunur. Bunlardan sonuncular son derece derin çizgisel depresyonlardır.

Derin okyanus hendekleri: Bunlar derin, çizgiseldirler ve okyanusların en derin kesimlerini oluştururlar. Çoğu hendek Pasifik okyanusunda yer alır. Bunlar derinliği yer yer 11 km²ye ulaşan muazzam çukurlardır. Okyanuslarda sınırlı bir alan kaplasalar da jeolojik açıdan oldukça önemlidirler. Hendekler, hareketli levhaların mantoya daldıkları alanlardır. Bu kuşaklar iki levhanın birbirine sürtünmesi yüzünden deprem kuşağıdır. Aynı zamanda bu zonun derinlerinde dalan levhanın erimesi yüzünden bir volkanik etkinlik tezelenir. Bu volkanizma her zaman hendeğe paralel uzanır ve üzerleyen levha üzerinde gelişir.

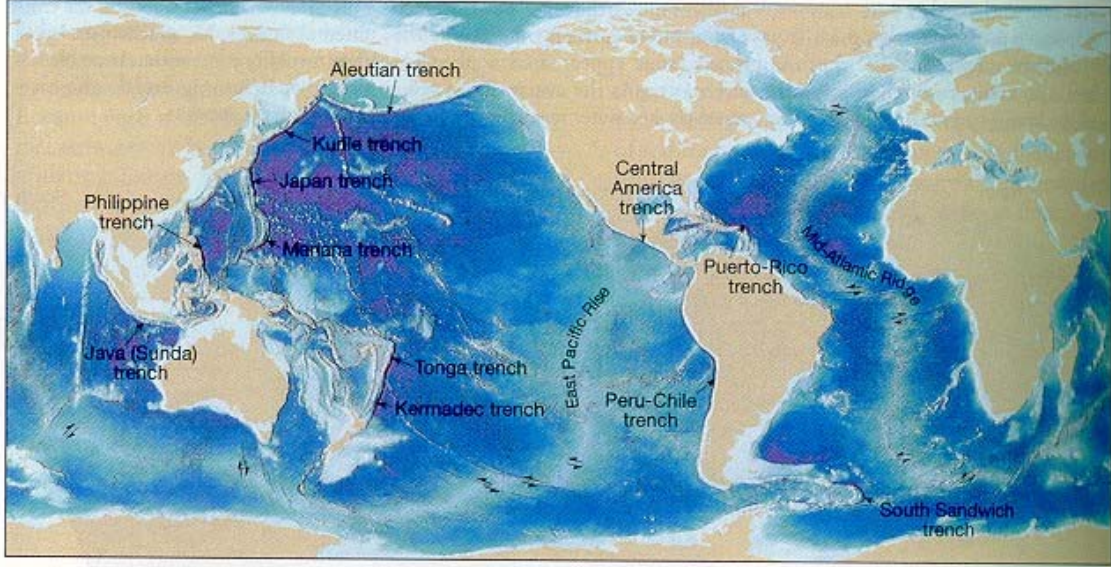


Figure 18.7 Distribution of the world's major oceanic trenches.

Table 18.1 Dimensions of Some Deep-Ocean Trenches

Trench	Depth (kilometers)	Average Width (kilometers)	Length (kilometers)
Aleutian	7.7	50	3700
Japan	8.4	100	800
Java	7.5	80	4500
Kurile-Kamchatka	10.5	120	2200
Mariana	11.0	70	2550
Central America	6.7	40	2800
Peru-Chile	8.1	100	5900
Philippine	10.5	60	1400
Puerto Rico	8.4	120	1550
South Sandwich	8.4	90	1450
Tonga	10.8	55	1400

Abisal düzlükler: İnanılmaz ölçüde düz özelliklerdir. Aslında bu bölgeler dünyanın en alt seviyesi olarak düşünülebilir. Arjantin sahilleri açıklarındaki abisal düzlük 1300 km'yi aşan mesafede yalnızca 3 m'lik engebeler gösterir. Abisal düzlüklerin bu monoton topoğrafyası sık sık, kısmen örtülmüş volkanik çıkıntılar tarafından kesilir. Okyanus tabanının derinlerine nüfuz edebilen, "sismik kesit alıcı" adı verilen aletler yardımıyla yapılan incelemeler, abisal düzlüklerin bu tekdüze ve özelliiksiz topoğrafyasının, aslında pürüzlü bir okyanus tabanı üzerinde biriken sedimanlar tarafından oluşturulduğunu gösteriyor. Araştırmalar, bu sedimanların büyük oranda çok uzaklardan türbidit akıntılarla taşındığını göstermektedir.

Bütün okyanusların abisal düzlükleri vardır. Ancak atlantik okyanusunda, kıta yamacından gelen sedimanların hapsolabileceği az sayıda hendek bulunduğundan, Pasifik okyanusundakilere kıyasla abisal düzlükler daha iyi gelişmişlerdir.

Denizaltı tepeleri (seamounts): Okyanus tabanı üzerinde nokta görünümlü, izole volkanik zirvelere denizaltı tepeleri adı verilir. Bunlar çevrelerindeki topoğrafyaya göre 100'lerce metre yukarda olabilirler. Her okyanusta bu yayvan, konik yükseltilerden varsa da bunlar en yaygın olarak Pasifik okyanusunda bulunurlar. Bu denizaltı volkanlarının çoğu deniztabanı yayılma bölgeleri olan okyanusal sırtların civarlarında oluşurlar. Bu denizaltı volkanları hızlı büyürlerse ada halinde yüzeye kadar çıkabilirler. Atlantikteki bu türden volkanik adalara örnek olarak Azorlar, Ascension ve St. Helena verilebilir. Deniz yüzeyinden yükselip ada oluşturan bu volkanlar yüzey sularının ve dalgaların etkisi ile aşındırılırlar. Milyonlarca yıllık zaman içinde, okyanusal levhanın hareketiyle bu adalar okyanus sırtı bölgesinden uzaklatılırlar, ve okyanus kabuğunun zaman içinde soğuyup büzülmesi yüzünden giderek denize gömülürler. İşte bu üst yüzeyleri aşınmayla traşlanmış/düzleştirilmiş ve sonra suya gömülmüş volkanik adalara “guyot” denir.

Deniztabanı sedimanları: Okyanus ortası sırtların zirvelerine yakın alanlar dışında okyanusların tabanı tamamen sedimanlarla kaplıdır. Bunlardan bir bölümü türbidit akıntılarla çökeltilmiş, bir kısmı da deniz suyundan itibaren çökmüşlerdir. Okyanus tabanı sedimanlarının kalınlığı oldukça değişkendir. Sediman kalınlığı genelde az olmakla birlikte karalardan gelen sedimanların tutulduğu bazı hendeklerde sediman kalınlığı 9 km'yi aşmaktadır. Pasifik okyanusunda tıktızlaşmamış sedimanlar 600 m kalınlıkta veya daha az iken, Atlantik okyanusunda kalınlık 500-1000 m arasında değişir.

Her ne kadar kum boyu malzeme bulunabilirse de, derin okyanus tabanlarındaki en yaygın sedimanlar çamurlardır. Okyanus kıyılarındaki sahillerde ise kum en yaygın olanıdır. Genelde sahilde beklenen çakıllar da, bazen belirli alanlarda zenginleşmiş olarak kıta yamacında bulunabilirler.

Deniz tabanı sedimanlarının türleri: Deniz tabanı sedimanları kökenlerine göre üç genel sınıfa ayrılır. 1- Terrijenik (karadan gelen) 2- Biyojenik (organizmalardan oluşan) 3- Hidrojenik (sudan türeyen).

Terrijenik sedimanlar: Kıtasal kayaçların yüzeysel bozunmasıyla serbestleşen kayaç parçaları ve mineral taneler okyanuslara taşınırlar. Kum boyu taneler sahilde kalırken, daha ince tane boylular 1002lerce km suda asılı halde taşınarak zamanla deniz tabanına çöker. Bu yüzden okyanusların her tarafı az ya da çok terrijenik malzeme alır. Bu sedimanların okyanus tabanında birikim hızları oldukça yavaştır. 1 cm kalınlığında bir tabakanın birikebilmesi için 5.000-50.000 yıl gerekir. Akarsuların ağzlarında (deltalarda) ise sediman birikme hızları daha yüksektir. Örneğin Meksiko körfezinde biriken sedimanlar 5-6 km kalınlığa ulaşmıştır. Uzun zaman süspansiyonda kalarak derin denize taşınan ince tane boylu malzeme kimyasal reaksiyonlar (özellikle oksidasyon) için yeterince zamana sahiptir. Bu yüzden derin deniz sedimanları çoğunlukla kırmızı veya kahverengi renklerde bulunurlar.

Biyojenik sedimanlar: Biyojenik sedimanlar denizel bitki ve hayvanların kavkı ve iskeletlerinden oluşur. Bunlar, çoğunlukla aokyanus yüzeyi yakınında güneş ışığının nüfuz edebildiği kesimde yaşayan mikroskopik organizmalar tarafından oluşturulur. İşte bu organizmaların kavkıları/iskeletleri, organizmalar öldükçe deniz tabanına doğru sürekli “yağar”. En yaygın biyojenik sedimanlar kalkerli (CaCO_3) kavkı çamurlarıdır (kavkılar çok çok küçük olduklarından bunların birikimi çamura benzer). Bu kavkılar ılık yüzey sularında yaşayan organizmalara aittir. Organizma bu sulara ölünc kavkısı dibe doğru batır, dipteki soğuk suya gömüldüğü ölçüde çözünmeye başlar. Bunun nedeni, derinlerdeki soğuk su içinde daha fazla CO_2 'in bulunması, dolayısıyla yüzey suyundan daha asidik olmasıdır. 4500 m'den daha derin deniz sularında kalkerli kavkılar tamamen çözünür; bu yüzden daha derin sulara kalkerli kavkılar çökmez.

Diğer biyojenik sedimaller, silisli çamurlar ve fosfatça zengin malzemelerdir. Bunlardan ilki Diyatome (tek hücreli alg) ve radyolarya (tek hücreli hayvan) adı verilen silisli iskelete sahip organizmaların kavkılarından oluşur. İkincisi ise balık ve diğer büyük denizel organizmaların kemik, diş ve iskeletlerinden türer.

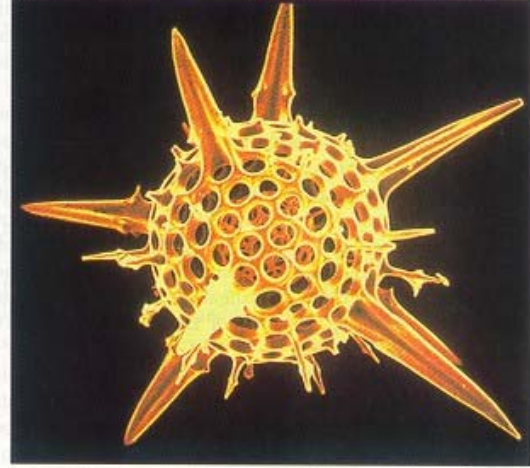
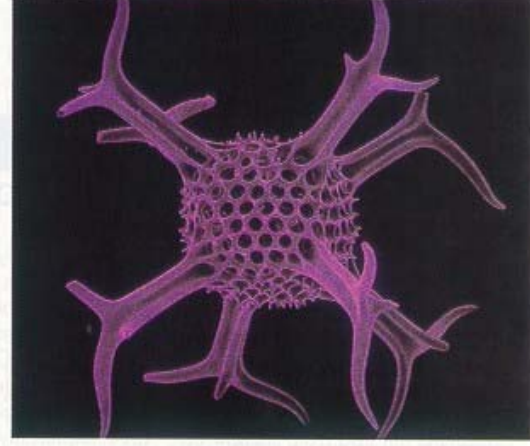


Figure 18.10 Microscopic radiolarian hard parts are examples of biogenous sediments. These photomicrographs have been enlarged hundreds of times. (Photos by Manfred Kage/Peter Arnold, Inc.)

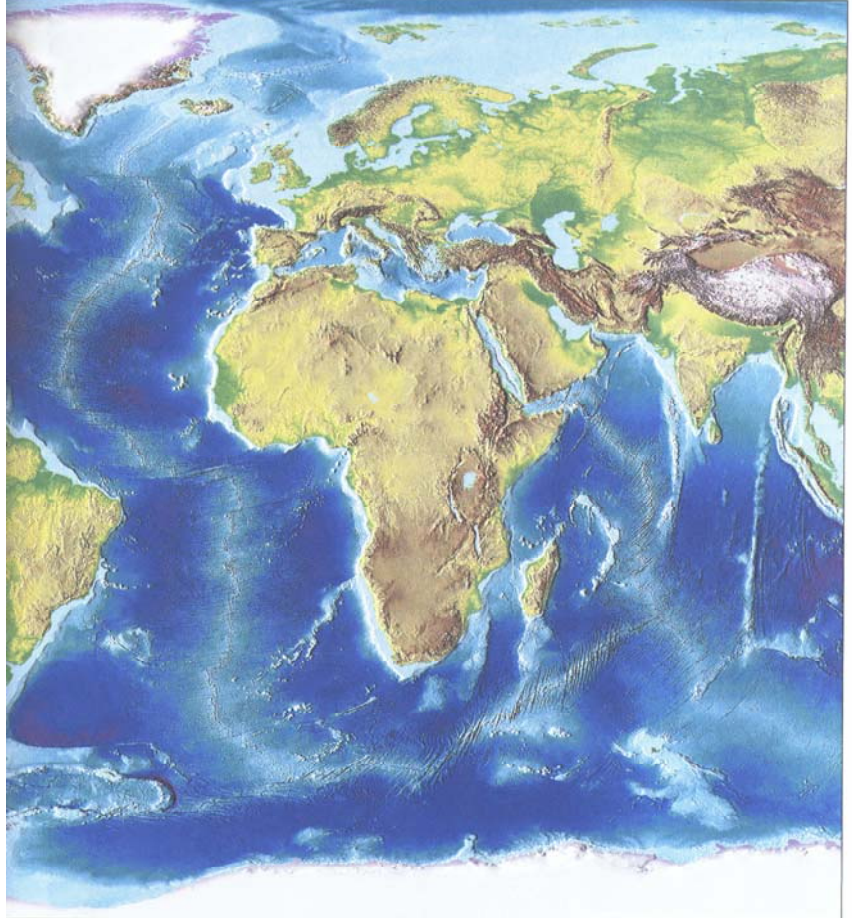
OKYANUS ORTASI SIRTILAR (mid-ocean ridges)

Okyanus ortası sırtlarla ilgili bilgilerimiz, okyanus tabanı morfolojisi ölçümlerinden, derin deniz sondajlarından alınan örneklerden, derinlere dalabilen denizaltılardan yapılan doğrudan gözlemlerden ve bir zamanlar oluşup ta kara üzerine itilen okyanus kabuğu dilimlerinin ilkelden incelenmesinden gelmektedir. Okyanus sırtları, yükseltileriyle, yaygın faylanmalarıyla ve çok sayıdaki volkanik yapılarıyla karakteristiktir.

Bunlar henüz oluşan kabuk üzerinde genişler.

Birbirine bağlı okyanus sırtı sistemi, dünyanın en uzun topoğrafik yapısıdır, ve uzunluğu 70.000 km'yi aşar. Sırt sistemi büyük transform faylar tarafından bölümlere (segment) ayrılmıştır. Ayrıca bazı segmentlerin eksenleri boyunca, faylarla belirlenmiş derin vadiler bulunur ki bunlara rift vadileri denir.

Okyanus sırtları, çevreleyen derin deniz havzasından 2-3 km daha yüksekte bulunmalarına



karşın, kıta üzerinde bulunan dağlara benzemezler. Bunlardan ikincisinde kıvrılıp kırılmış kalın sedimanter istifler bulunurken, ilki tamamen faylanıp yükselmiş bazaltik lavlardan oluşur.

Deniz tabanı yayılması: Deniz tabanı yayılması kuramı, 1960'larda Princeton Üniversitesi'nden (ABD) Harry Hess tarafından formüle edildi. Daha sonraları jeologlar, Hess'in, deniz tabanı yayılmasının rift zonları adı verilen, okyanus sırtlarının zirvelerinde yeralan, kısmen dar ve uzayıp giden yapılarda oluştuğu iddialarını doğrulamıştır. Levhalar kenarlara doğru ilerledikçe dipten gelen magma çatlakları doldurur ve yeni okyanusal litosfer dilimleri oluşur. Bu bitmek bilmeyen süreç, sırttan öteye, yürüyen merdiven gibi ilerleyen yeni okyanusal litosfer üretir.

Yayılma hızı ve sırt topoğrafyası: Aktif rift zonlarında, sürekli fakat zayıf depremler olur, ve buralarda ısı akışı diğer kabuk bölümlerinden her zaman daha fazladır. Burada, okyanus kabuk dilimlerinde faylanmanın neden olduğu düşey yerdeğişmeler ve



Figure 18.12 A photograph taken from the *Alvin* during project FAMOUS shows lava extrusions in the rift valley of the Mid-Atlantic Ridge. Large toothpaste-like extrusions such as this were common features. A mechanical arm is sampling an adjacent blister-like extrusion. (Photo courtesy of Woods Hole Oceanographic Institution)

ve volkanik yığışmalar, okyanus sırtı sisteminin pürüzlü topoğrafyasının sorumlularıdır. Dahası sırt eksenini boyunca bulunan kayalar oldukça tazedir, bir sediman örtüsü içermez. Sırt ekseninden uzaklaşıldıkça topoğrafya giderek çöker, sediman ve su kalınlıkları artar. Sırt sistemi derece derece derin okyanus havzalarının sedimanla kaplı abisal düzlüklerine geçer.

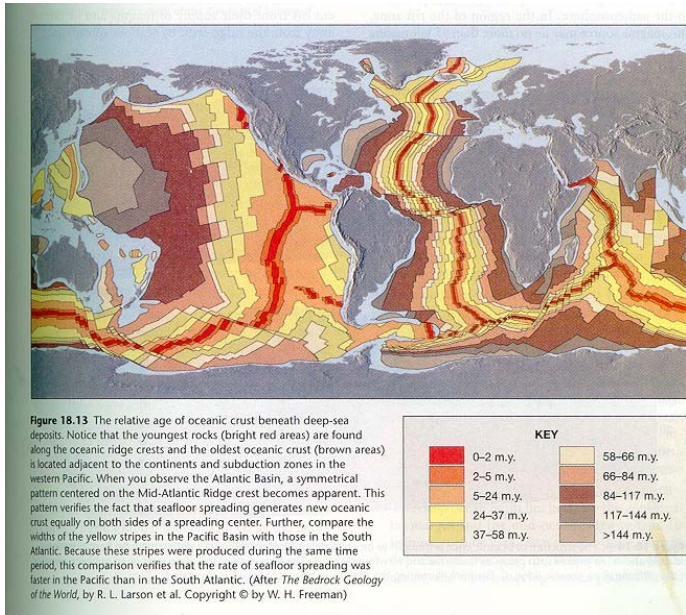


Figure 18.13 The relative age of oceanic crust beneath deep-sea deposits. Notice that the youngest rocks (bright red areas) are found along the oceanic ridge crests and the oldest oceanic crust (brown areas) is located adjacent to the continents and subduction zones in the western Pacific. When you observe the Atlantic Basin, a symmetrical pattern centered on the Mid-Atlantic Ridge crest becomes apparent. This pattern verifies the fact that seafloor spreading generates new oceanic crust equally on both sides of a spreading center. Further, compare the widths of the yellow stripes in the Pacific Basin with those in the South Atlantic. Because these stripes were produced during the same time period, this comparison verifies that the rate of seafloor spreading was faster in the Pacific than in the South Atlantic. (After *The Bedrock Geology of the World*, by R. L. Larson et al. Copyright © by W. H. Freeman)

Okyanus sırtlarının farklı bölümleri, daha ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde aralarında pek çok farklılık bulunduğu gözlenir. Örneğin Doğu Pasifik yükselimi, yüksek yayılma hızlarına (ortalama 6 cm/yıl) sahiptir ve en yüksek yayılma hızına (ortalama 10 cm/yıl) Easter adası civarında ulaşır. Bunun tersine, Kuzey Atlantik'te yayılma hızı ortalama 2 cm/yıl'dır. Yayılma hızlarının sırt topoğrafyasını etkilediği açıkça anlaşılmıştır. Şöyle ki; atlantik ortası sırtta yavaş yayılma yüzünden pürüzlü

bir topoğrafya ve büyük bir merkezi rift vadisi bulunur. Tersine, hızlı yayılmanın sözkonusu olduğu Doğu Pasifik riftinde rift vadisi yoktur ve daha basık (alçak) bir topoğrafya mevcuttur.

Okyanus sırtlarında henüz üretilmiş olan okyanus tabanı henüz sıcaktır, ve bu yüzden daha yoğun olan derin okyanus havzası kayalarından daha fazla hacim kaplar. Genç litosfer zamanla yeni eklenmelerle yayılma ekseninden uzaklaştıkça soğur, büzülür ve yoğunlaşır. İşte bu nedenle sırtlardan uzak okyanus havzalarıda daha derin alanları oluştururlar. Soğumanın ve büzülmenin tam olarak gerçekleşebilmesi için

100 milyon yılın geçmesi gerekir. BU zaman içinde bir zamanlar okyanus sırtı sisteminde bulunan kayalar derin okyanus havzaları haline gelirler, ve kalın bir sediman birikimi ile örtülürler.

Deniz tabanı yayılması sırasında yeni malzeme uzaklaşan levhaların her ikisine de eşit olarak eklenir. Yani yeni okyanus tabanının sırtın iki tarafında da simetrik olarak gelişmesi beklenir. Atlantik ve Hint okyanuslarında bu durum doğrulanır. Ancak, Doğu Pasifik yükselimi, Pasifik okyanusunun ortasında bulunmaz. Çünkü, bir zamanlar bu sırtın doğusunda oluşan okyanusal kabuk Amerika Levhasının altına dalarak üst mantoda kaybolmuştur.

OKYANUS KABUĞUNUN YAPISI

Her ne kadar çoğu okyanus kabuğu gözlerimizden uzakta, denizin binlerce metre derinlerinde oluşorsa da, biz jeologların bu kayaları birinci elden inceleme olanaklarımız mevcuttur. Newfoundland (ABD), Kıbrıs, Kaliforniya (ABD), Toros Dağlarında Aladağlar gibi bazı yörelerde okyanus kabuğunun parçaları geçmişteki bir dizi olay sonucu kara üzerine çıkmıştır. Bu mostraları inceleyerek araştırmacılar okyanus kabuğunun üç farklı düzeyden meydana geldiği sonucuna ulaşmışlardır. En üst düzey bazaltik yastık lavlardan (pillow lava) oluşur. Ortadaki düzey birbiriyle bağlantılı daykadan oluşur, ve levha dayklar olarak isimlendirilir. En alt düzey ise gabro adı verilen, bazaltik magmanın derinlerde soğumasıyla oluşan iri taneli bir kayaktan oluşur. Okyanus kabuğunu oluşturan bu kaya istiflenmesine **“ofiyolit kompleksi”** adı verilir.

Değişik ofiyolit komplekslerini inceleyen araştırmacılar okyanus

tabanının oluşumu için şöyle bir senaryo geliştirmişlerdir: Yeni okyanusal kabuk oluşurmak üzere yukarı doğru göçeden magma, astenosferdeki peridotitlerin ergimesinden türüyor. Ve bu türeme Rift zonu bölgesinde bu magma deniz tabanının 35 km kadar altında gerçekleşiyor. Erimiş, ve çevresine göre daha az yoğun olduğundan, magma yukarı doğru yükseliyor ve sırt zirvesinin yalnızca bir kaç km altındaki magma odasına yerleşiyor. Okyanus tabanı, kırılardan çekildikçe, ve sırttan itildikçe kabukta pek çok çatlak gelişiyor; magma buralardan yüzeye ulaşıyor. Çatlaklarda katılan magma levha daykları, magma odasında yavaş yavaş kristalleşen magma da tabakalı gabroları oluşturuyor.

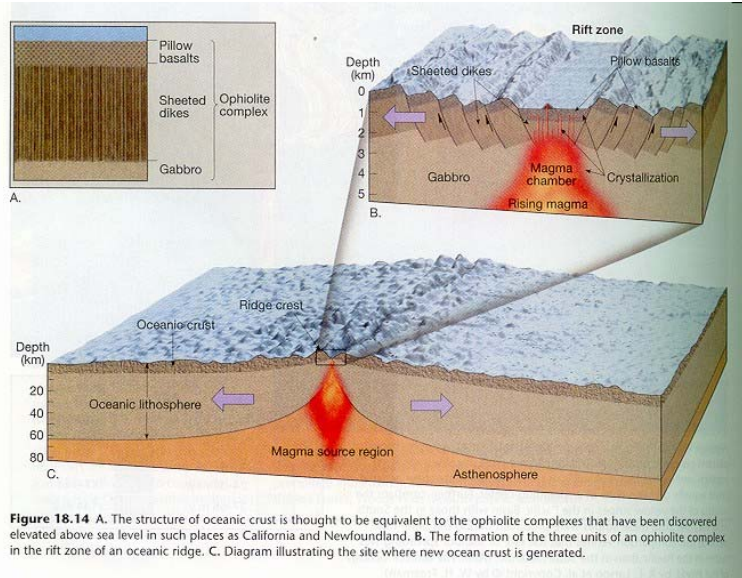




Figure 18.15 Ancient pillow lava at Trinity Bay, Newfoundland. (Photo courtesy of the Geological Survey of Canada, photo no. 152581)

The magma that remains in the subterranean chamber will crystallize at depth to generate thick units of coarse-grained gabbro. This lowest rock unit forms as crystallization takes place along the walls and floor of the magma chamber. In this manner the processes at work along a ridge system generate the entire sequence of rocks found in an ophiolite complex.

7- KABUK DEFORMASYONU

Dünya dinamik¹ bir gezegendir. Önceki bölümlerde bozunmanın, kütle yenilmelerinin ve su, rüzgar ve buzun yol açtığı aşınmanın yeryüzünü sürekli olarak biçimlendirdiğini öğrendik. Bunlara ek olarak, tektonik kuvvetler de kabuk içerisinde kayaçları deforme ederler² (şekil değiştirmeye zorlarlar). Yerküre içinde bu muazzam kuvvetlerin çalıştığını gösteren başlıca kanıtlar, binlerce metre kalınlığındaki kaya tabakalarının kıvrımlanması, buruşması, devrilmesi ve bazen de oldukça kırıklanmasıdır. Örneğin Kanada Kayalık dağlarında bazı kaya birimleri neredeyse yatay olarak 100'lerce km boyunca birbirleri üzerinden aşmışlardır. Daha küçük ölçekte kabuk hareketi, büyük depremler sırasında faylar boyunca birkaç metre ölçeğinde de gerçekleşir. Bunlara ek olarak, kabuktaki riftleşme (ve ileri aşamalarda deniz tabanı yayılması) ve gerilme uzunlamasına çöküntüler (depresyonlar) oluşturur ve böylece okyanus havzaları oluşur.

Tektonik etkinliğin sonuçları dünyanın büyük dağ kuşaklarında çarpıcı bir belirginliğe sahiptir. Buralarda, denizel organizmaları içeren kayaçlar deniz seviyesinden binlerce metre yukarıda bulunurlar ve buradaki masif kayaçlar sanki hamurdan yapılmışçasına yoğun bir şekilde kıvrılmışlardır.

Yapısal jeologlar, bugünkü deformasyon şekline bakarak “bu işin nasıl gerçekleştiğini” anlamaya çalışırlar. Kıvrım ve fayların yönelimlerini çalışarak başlangıçtaki jeolojik durumu, bu kaya yapılarını oluşturan kuvvetlerin yön ve doğasını belirlerler. Jeoloji tarihini oluşturan bu karmaşık olaylar böylece bir çözüme kavuşturulmaya çalışılır.

Kayaç yapılarının jeolojik geçmişi yorumlamadaki önemlerinin yanı sıra, bunlar ekonomik açıdan da önemlidirler. Örneğin, çoğu petrol ve doğal gaz oluşuğu, bu akışkanları şu ya da bu tip bir rezervuarda hapseden (tutan) jeolojik yapılarla ilişkilidir. Öte yandan kayaç çatlakları, dünyanın önemli metalik cevher kaynaklarını oluşturan hidrotermal cevherleşme yerleri olabilirler. Bunların da ötesinde kayaç yapılarının doğrultusu ve diğer özellikleri, köprü, hidroelektrik santrali ve nükleer santral gibi büyük inşaat projelerinde mutlaka dikkate alınmalıdır.

DEFORMASYON

Deformasyon, bir kayacın şekil ve hacmindeki değişikliklerin tamamına işaret eder. Kabuk deformasyonunun çoğu levha sınırları boyunca oluşur.

¹ Eski Yunanca “*dynamikos*” (güçlü, powerful) 'tan türer. “*Dynasthai*” (tr. hanedan) de aynı kökten gelir. “güç sahibi olan akraba birliği” anlamına gelir.

Dynamic : fiziksel güç veya enerjiye ilişkin, aktif, sürekli (ve verimli) bir etkinliği olan (kişi).

Dynami + t : patlama gücüne sahip olan.

² Bir kayaç parçasını kırmayı ya da kıvrımayı deneyiniz. Her gün karşılaştığımız kuvvet boyutlarının bunu becermeye yetmediğini göreceksiniz.

Gerilim (Stress) ve Deformasyon (Strain)

Tektonik kuvvetlerin kayaçları nasıl olup ta deforme ettiğini anlamak için *gerilim* ve *deformasyon*

kavramlarını incelemeye

ihtiyaç vardır. Gerilim, bir

kayacın şekil / hacmini

değişmeye zorlayan

kuvvetin büyüklüğüdür.

Yerkabuğunda gerilim,

bütün yönlerde eşit

olabileceği gibi farklı

yönlerde farklı

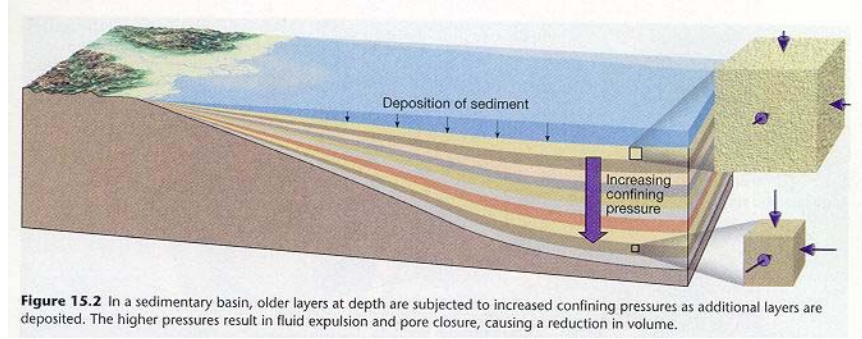
büyükliklerde olabilir. Deformasyon ise, gerilim uygulanmasıyla kayaçta ortaya çıkacak şekil / hacim değişikliğine işaret eder.

Deforme olmuş bir istifi incelerken bir jeolog şu soruyu sorar : "Bu yapılar bize, oluşumları sırasındaki kuvvetlerin büyüklük ve doğrultusu hakkında ne söyler?"

Etkiyen kuvvetlerden biri olan Confining Pressure (hapsolmuş basınç), tıpkı hava basıncı gibi her yönde eşit miktardadır. Bu, ilgili noktanın üzerindeki sedimanların ve taneler arası gözenek sıvılarının ağırlığı yüzünden oluşur. Bu basınç yüzünden, derinlerde kayaçlar daha tıkHz hale gelirler.

Hapsolmuş basınç, derinlerdeki kayaçların differansiyel kuvvetler yüzünden deforme olması sırasındaki davranış şeklini etkilediğinden önemlidir. Yüzeğe yakın ortamlarda, ki buralarda hapsolmuş basınç ve sıcaklık düşüktür, kayaçlar '**kırılgan**' (rigid) olarak tanımlanırlar; çünkü deforme olduklarında kırılırlar. Halbuki hapsolmuş basıncın yüksek olduğu büyük derinliklerde kayaçlar '**sünümlü**' (ductile) hale gelirler; bu yüzden differansiyel kuvvetlere maruz kaldıklarında kırılmaktan çok "akarlar".

Gerilimler (stresses) farklı yönlerde farklı büyüklüklerde uygulandıklarında, bunlar differansiyel gerilimler olarak isimlendirilirler. Bir kaya kütlelerini kısaltan gerilimler sıkışmalı (compressional) gerilimler olarak bilinir. Tersine eğer gerilimler birbirine zıt yönde çalışıyorlarsa, bunlar kaya birimini uzatmaya, çekip ayırmaya çalışacaklardır, ki bu tür gerilimler çekme (tansiyonal) gerilimleri olarak bilinir. Bu ikisine ek olarak differansiyel gerilimler kayaçların makaslanmasına (shearing) yol açabilir. Makaslama, bir oyun kartı destesinin altı sabitlenip üstünde asılındığında ortaya çıkan kaymaya benzer bir sonuç yaratır. Sığ derinliklerde makaslama, bir gevrek kayaç kütleleri birbirinin yanı sıra kaymaya zorlanan dilimlere ayrıldığında ortaya çıkar. Büyük derinliklerde ise, kayaçlar yüksek sıcaklık ve basınç altında kaldıklarından deformasyon sırasında süneümlü bir şekilde davranırlar. Bu, onların makaslamaya,



uğradıklarında kırılmak yerine, akmalarını veya oldukça karmaşık bir şekilde kıvrımlanmalarını açıklamaktadır.

Deformasyon Türleri

Kayaçlar kendi dayanımlarından daha

yüksek bir gerilime maruz kaldıklarında çoğunlukla kıvrımlanarak, akarak veya kırılarak deforme olurlar. Kayaçların kırıldığını tahayyül etmek, onları zaten gevrek olarak düşündüğümüzden, kolaydır.

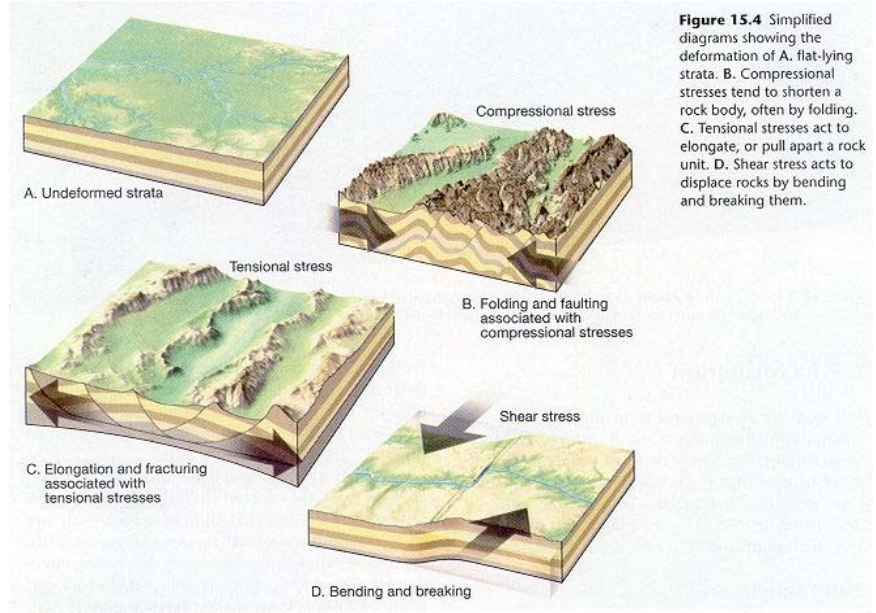


Figure 15.3 Rocks exhibiting the results of ductile behavior. These rocks were deformed at great depth and were subsequently exposed at the bottom of the Grand Canyon. (Photo by E. J. Tarbuck)

Fakat kocaman kaya kütleleri nasıl oluyor da hiç kırılmaksızın çok karmaşık kıvrımlar şeklinde bükülebiliyor. Bunu anlayabilmek için yapısal jeologlar laboratuvar deneyleri yaparlar. Bu deneylerde, kayaçlar kabuğun farklı derinliklerindeki benzer koşullarda gerilimlere tabi tutulur.

Her ne kadar kayaçlar birbirlerinden az çok farklı şekillerde deforme olurlarsa da, bu deneyler kayaçların ortak karakteristiklerini ortaya çıkarmak için yararlıdır. Gerçekten, yapılan araştırmalar, stres altında kalan kayaçların başlangıçta elastik olarak

deforme olduğunu gösteriyor. Elastik deformasyon sırasında oluşan deformasyon tersinirdir; yani stres uygulanmaktan vazgeçildiğinde deformasyon tamamen ortadan kalkar; nesne deformasyon öncesi haline döner. Çoğu deprem sırasında ortaya çıkan enerji, başlangıçta kayaçlarda elastik enerji olarak depolanmıştır. Elastik limit (yani gerilimin kalkmasıyla kayacın eski haline dönebileceği en büyük gerilim değeri) aşıldığında; kayaçlar ya plastik olarak deforme olurlar, ya da kırılırlar. Plastik

deformasyon kalıcı değişiklikler yaratır, yani kıvrılma ve akmayla boyut veya şeklinde ilelebet değişiklikler oluşur.

Laboratuvar deneyleri göstermiştir ki, kabuğun derin kısımlarında varolması beklenen sıcaklık ve basınç koşullarında çoğu kayaç, elastik limit geçildiğinde plastik olarak deforme oluyor. Kıvrım ve akma şeklinde plastik olarak deforme olan kayaçlar "sünümlü" (ductile) diye isimlendirilir. Bunun tersine, yüzey koşullarında teste tabi tutulan kayaçların çoğu elastik limiti geçtiklerinde bir katı gibi davranırlar ve kırılırlar. Bu tür deformasyona gevrek yenilme adı verilir.

Ortamsal koşulların (yani basınç ve sıcaklık) yanında, mineral bileşimi de bir kayacın nasıl deforme olacağını büyük ölçüde belirler. Örneğin, güçlü içsel moleküler bağlara sahip minerallerden oluşan kayaçlar gevrek kırılmaya yüksek direnç göstermek eğilimindedirler. Halbuki zayıf bağlara sahip olanlar sünümlü akışa daha yatkındırlar. Bu ikinci grup kayaçlara kaya tuzu, jips, mermer ve şeyl örnek verilebilir. Buna karşılık kuvarsit, granit ve gnays hem sağlam hem de kırılğan deformasyona müsaittirler.

Araştırmacıların laboatuvarda temsil etmeyi başaramadıkları anahtar faktörlerden biri jeolojik zamandır. Bildiğimiz gibi bir gerilim çabuk/ani bir şekilde uygulandığında, örneği bir çekiç darbesi gibi, kayaç kırılmak eğilimindedir. Öte yandan, bu aynı kayaç, gerilimin uzun bir dönem boyunca uygulanması durumunda plastik olarak deforme olabilir. Örneğin mermerden yapılmış sıralar birkaç yüzyıllık bir zaman diliminde kendi ağırlıkları altında bel verebiliyorlar. Doğada uzun zaman dönemi boyunca uygulanan küçük kuvvetler, kayaçların deformasyonunda kuşkusuz önemli bir rol oynuyorlar.

Özet olarak, kayaçların dayanımlarını aşan gerilimlere maruz kalması durumunda nasıl davranacağı üç faktör tarafından belirleniyor. 1- Ortam (yani kayacın bulunduğu basınç ve sıcaklık) kayacın nasıl deforme olacağını güçlü bir şekilde etkiliyor. Yüzeye yakın koşullarda (düşük P ve T) çoğu kayaç kırılğan davranış gösteriyor. Ancak yüksek P ve T koşullarını hüküm sürdüğü kabuk derinlerinde aynı kayaçlar sünümlü akış şeklinde bir deformasyon gösteriyorlar. 2- Kayacın dayanımı deformasyonun niteliğini belirliyor. Bazı kayaçlar zayıftır; güçlü kayaçları ancak kırabilecek koşullarda bu zayıf kayaçlar sünümlü akış göstereceklerdir. 3- Zaman, kayaç deformasyonunda önemli rol oynar. Ani gerilimler altında ancak kırılabilecek olan kayaçlar, uzun zamana yayılan gerilimler altında akış gösterebilirler.

Jeolojik Yapıların Haritalanması

Deformasyon süreci farklı boyutlarda yapıların oluşumuna yolaçar. Ölçek açısından bir uçta dünyanın devasa dağ sistemleri yer alır. Diğer uçta, bir kayaçtaki kılcal çatlaklardan veya mikroskobik kıvrımlardan söz edilebilir. Ölçeği ne olursa olsun bu yapıların tamamına kayaç yapıları adı verilir.

Peki, jeologlar bu kayaç yapılarını nasıl tanımlar ve haritalarlar?

Bir bölgede çalışırken bir jeolog ilk elde, bölgedeki ana yapıları saptar ve haritalar. Arazideki yapılar çoğunlukla öylesine büyüktürler ki, iyi bir gözlem noktasından bile bunun ancak küçük bir kısmı gözlenebilir. Çoğu durumda, gözlenip haritalanacak kayaçların büyük bölümü bir bitki veya genç sediman örtüsü altında gizlenebilir. Sonuç olarak, arazinin haritası, sınırlı sayıdaki mostradan (Türkçe yüzlek te deniyor; İngilizce “outcrop”) toplanan bilgilerin bir sentezi ile oluşacaktır. Bu zorluğa karşın bazı teknikler vasıtasıyla bir jeolog arazideki yapıların yönelim ve şeklini yeniden kurgulayabilir. Son yıllarda haritalama çalışmaları, hava fotoğrafları ve uydu imajlarından da oldukça yararlanmaktadır.

Jeolojik haritalama, sedimanter kayaçların yüzeylendiği yerlerde daha kolay gerçekleştirilir, çünkü bunlar başlangıçta yatay tabakalar halinde oluşmuşlardır. Eğer bu tabakalar (oluşumlarının üstünden epey zaman geçtikten sonra) bugün hala yatay konumlarını koruyorlarsa, bir jeolog bu arazinin yapısal olarak etkilenmediği sonucuna varır. Ancak, eğer tabakalar eğimli, kıvrımlı ya da kırılmış ise, bu oluşumlarından sonra bu kayaçların deformasyon geçirdiği anlamına gelir.

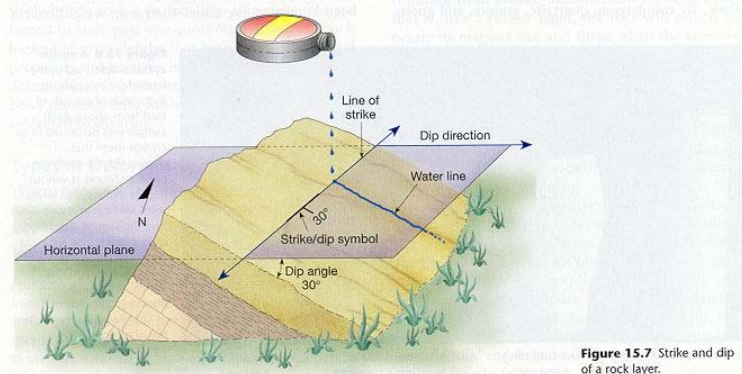
Doğrultu ve Eğim

Jeologlar, tabakalı kayaların ve fay yüzeylerinin konumlarını saptamak üzere “doğrultu” ve “eğim” adı verilen ölçümleri kullanırlar.

Yüzeydeki kayaçların doğrultu ve eğimlerini bilerek jeologlar yüzeyin altında örtülü olan, ya da derinlerde bulunan kayaçların ve fayların niteliklerini ve yapısını anlayabilirler.

Doğrultu, eğimli bir tabaka yüzeyinin veya fay düzleminin yatay düzlemle olan arakesitinin manyetik kuzeyle yapmış olduğu açının büyüklüğüdür. Bu büyüklük pusula ile ölçülür ve örneğin K 10° D şeklinde ifade edilir ve “Kuzey on derece Doğu” diye okunur.

Eğim ise tabaka veya fay yüzeyinin yatay düzlemle arasındaki açının büyüklüğüdür. Eğim, bu açı değeri ile birlikte tabakanın eğimli olduğu yön ile ifade edilir. Örneğin 30° GD. Şu halde bu tabakanın doğrultu ve eğimini tam olarak ifade etmek istersek:



K 10° D / 30° GD diye yazmak gerekir.

Arazide jeologlar, yüzeyde mümkün olduğu kadar çok tabaka eğim ve doğrultusu ölçerler. Daha sonra bunlar bu bölgenin topoğrafik haritası ya da hava fotoğrafı üzerine işlenir. İşte böyle bir harita üzerinde tabakaların yönelimlerinden yararlanılarak büyük boyutlu yapıların varlığına hüküm verilir.

KIVRIMLAR

Dağ oluşumu sırasında, yatay konumlu sedimanter ve volkanik kayalar, "kıvrım" adı verilen dalga şekilli bir dizi bükümler kazanırlar. Kıvrımları, en iyi, bir kağıt destesini kenarlarından sıkıştırdığımızda gözlemleriz. Doğada kıvrımlar oldukça farklı boyut ve şekillerde karşımıza çıkarlar. Bazı kıvrımlar geniş fleksürler halindedir; bunlarda yüzlerce metre kalınlığındaki sedimanlar hafifçe öne doğru çökmüştür. Bazı kıvrımlar ise, örneğin metamorfik kayalarda mikroskopik ölçekli olanlar, oldukça sıkıdır. Boyut farklılıklarına karşın, çoğu kıvrım (ama hepsi değil!) kabukta kısıalma ve kalınlaşmaya yol açan gerilmelerden kaynaklanır. Kıvrımlar ender olarak tek tek bulunur; çoğunlukla birisi diğerini izleyen bir dizi ondülasyon şeklinde gözlenirler.

Kıvrımları ve kıvrımlanmayı anlayabilmek için

kıvrımların farklı kesimlerini isimlendirmede kullanılan terminolojiyi bilmek gerekir. Kıvrımın iki tarafına *kanatlar* (limbs) denir. Her tabakanın en çok kıvrıldığı noktaları birleştiren çizgiye kıvrımın eksen adı verilir. Bazı kıvrımlarda eksen yataydır. Başka bazılarında ise eksen, yatay düzlemle "dalım açısı" denen bir değer kadar açı yapar. Eksen düzlemi ise, bir kıvrımı mümkün olduğu kadar simetrik kesen hayali bir düzlemdir.

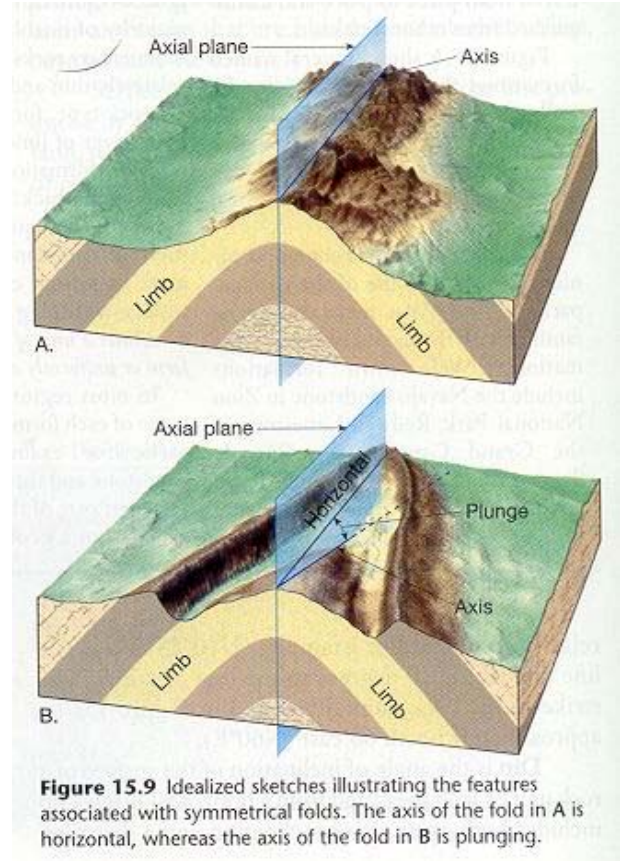


Figure 15.9 Idealized sketches illustrating the features associated with symmetrical folds. The axis of the fold in A is horizontal, whereas the axis of the fold in B is plunging.

Kıvrım Türleri

En yaygın iki kıvrım türü *antiklinal* ve *senklinal*dir. Bir antiklinal bir tabakanın kubbe şekilli kıvrılmasıdır. Senklinal ise bir tabakanın çukur/tekne yapacak şekildeki kıvrılmasıdır. Çoğunlukla her antiklinali bir senklinal izler, başka deyişle bir antiklinal kanadı, aynı zamanda bir başka senklinalin kanadıdır da. Yönelimlerine bağlı olarak bu temel kıvrımlar *simetrik* (eksen düzleminin iki yanındaki tabakalar

eşit eğime sahiptir) ve *asimetrik* (eksen düzleminin iki yanındaki tabakalar farklı eğime sahiptir) olarak tanımlanır. Bir asimetrik kıvrım, eksen düzlemi boyunca bir tarafa devrilmişse buna "*devrik kıvrım*" (overturned fold) adı verilir. Bir devrik kıvrımda eksen düzlemi yatay konumlu ise buna da "*yatık kıvrım*" (recumbent) denir. Yatık kıvrımlar bazı dağlık bölgelerde yaygındır.

Her ne kadar çoğu kıvrım sıkıştırma gerilmelerinin (compressional stresses) etkisi altında olmuşsa da, bazı kıvrımlar düşey yer değiştirmeler sonucu oluşabilirler. *Monoklinal* adı verilen yayvan bükülmeler böylece oluşurlar.

İki kanadı olan antiklinal ve senklinallerden farklı olarak, monoklinallerin tek kanadı bulunur. Bu yapıların derin temel içindeki dike yakın faylanmalar sonucu oluştuğuna inanılır. Derin kabuktaki kırılğan kayaçlar koparak/kırılarak yerdeğiştirmeye yanıt verirken üstteki daha esnek sedimanter kayaçlar kıvrılarak deforme olurlar.

Domlar ve Havzalar

Temel kayaçların yukarıya doğru yayvan yükselimleri üstteki sedimanter kayaçları deforme eder; onlarda büyük kıvrımlar oluşturur. Eğer bu yükselme olayı çember veya elips şekilli bir yapı oluşturmuşsa bunlara "*dom*" adı veriliyor. Tersine aşağı doğru çöken alanlara ise "*havza*" denir.

Güney dakota'nın batısındaki "The Black Hills" adlı zirvenin yukarı doğru yükselmeyle oluşan bir *dom yapısı* olduğuna inanılır. Burada, erozyon yükselen sedimanter tabakaları aşındırmış, ve böylece derinlerdeki yaşlı magmatik ve metamorfik kayaçlar yüzeye çıkmıştır.

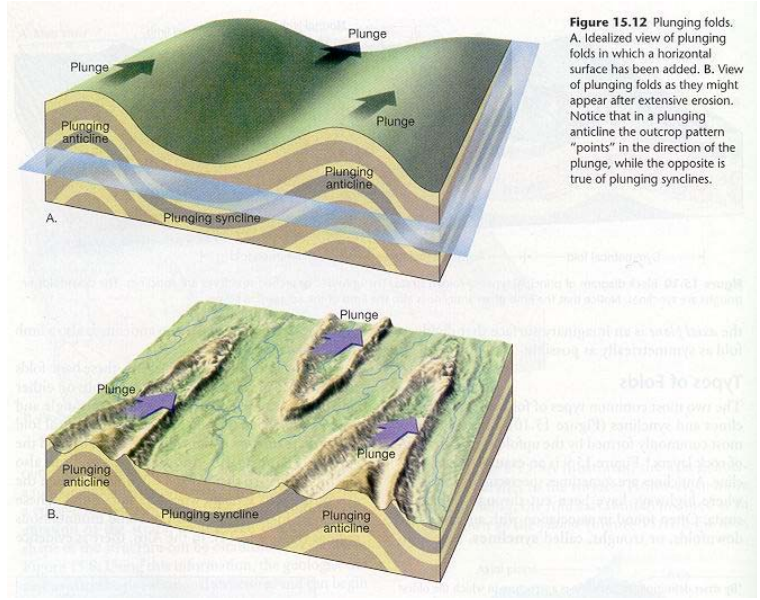


Figure 15.12 Plunging folds. A. Idealized view of plunging folds in which a horizontal surface has been added. B. View of plunging folds as they might appear after extensive erosion. Notice that in a plunging anticline the outcrop pattern "points" in the direction of the plunge, while the opposite is true of plunging synclines.

Domlar, magmanın üstteki sedimanter kayalar içine sokulması (intrusion) ile de oluşabilir. Tuz oluşuklarının yukarı doğru hareketi de, Meksika Körfezinde yaygın olduğu üzere, tuz domlarını oluşturabilir.

FAYLAR

Faylar, üzerinde belirgin yerdeğiştirmenin bulunduğu yer kabuğundaki kırıklardır. Yol kenarlarında sedimanter tabakaları birkaç metre öteleyen küçük faylara sıklıkla rastlamışızdır. Bu tür faylar çoğunlukla tekil kırıklar şeklinde bulunur. Öte yandan, Kaliforniya'daki (ABD) *San Andreas Fayı* gibi büyük faylar yüzlerce km'lik atıma sahiptir ve birbirine bağlı pek çok fay yüzeyinden ibarettir. Bu fay zonları birkaç km genişliktedir ve yüksekte çekilmiş hava fotoğraflarında kolayca tanımlanabilirler.

Fay yüzeyleri boyunca ortaya çıkan ani hareketler çoğu depremin nedenidir. Ancak çoğu fay bugün aktif değildir; geçmişteki deformasyonun kalıntılarıdır. Aktif faylar boyunca fayın iki yanındaki kabuk blokları, birisi diğerine göre hareket ettikçe, kırılıp ufalanırlar. Hafifçe tutturulmuş, çoğunlukla killi olan bu ufalanmış malzemeye *fay tozu* adı verilir. Bazı fay yüzeylerinde, sürtünme yüzünden kayalar oldukça parlaklık kazanırlar ve çizilirler; üzerlerinde oluklar oluşur. İşte bu parlak yüzeylere "slikenside", bunlar üzerindeki çiziklere de "slickenline" adı verilir. Bu yüzeyler jeologlara, fay üzerindeki son hareketin gerçekleşme doğrultusu ile ilgili bilgiler verirler. Jeologlar fayları işte bu bağlı hareketlere göre (ki bunlar yatay, düşey veya oblik olabilirler) sınıflarlar.

Eğim Atımlı Faylar : (Dip-Slip faults)

Başlıca hareketin eğime (fay düzlemi eğimine) paralel olarak gerçekleştiği faylara eğim atımlı faylar adı verilir. Eğim atımlı faylar boyunca gelişen düşey yer değiştirme fay sarplığı adı verilen uzun, alçak sarplıklar oluşturur. Fay sarplıkları depremi yaratan yer değiştirme sırasında ortaya çıkar. 1983'teki güçlü bir deprem, 3 m.

yüksekliğinde bir sarplık oluşturmuştur.

Fay düzleminin altındaki bloğa taban bloğu (footwall) ve üstündeki bloğa da tavan bloğu (hanging wall) demek yer bilimciler arasında adet olmuştur. Bu isimlendirme de

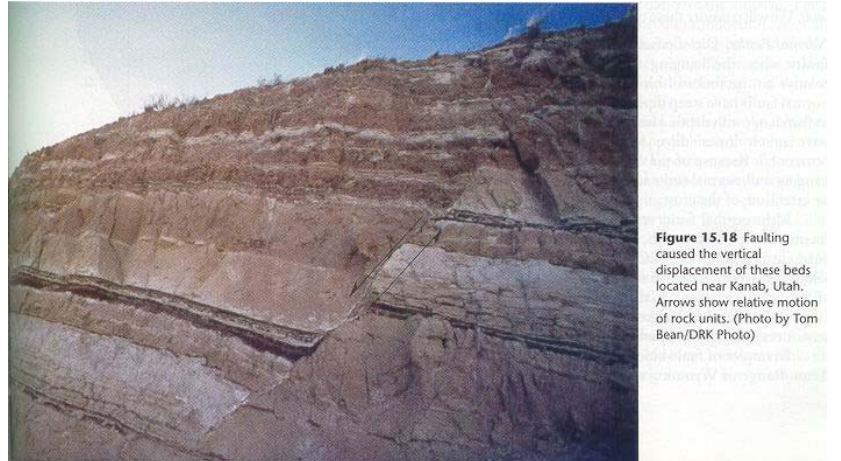


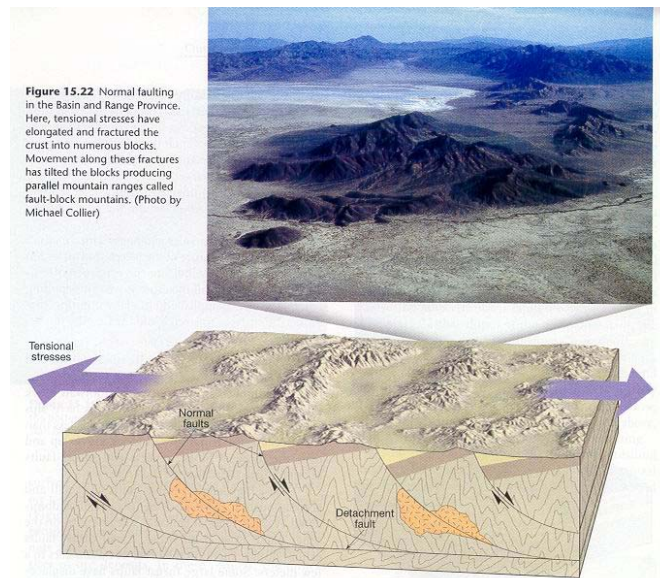
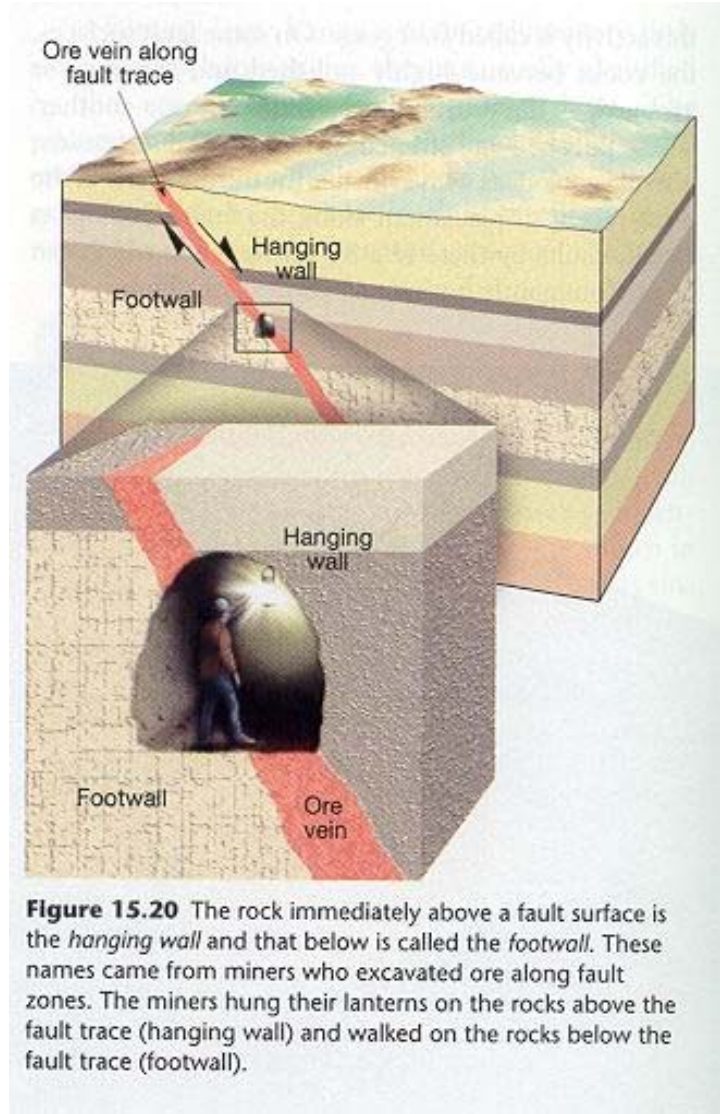
Figure 15.18 Faulting caused the vertical displacement of these beds located near Kanab, Utah. Arrows show relative motion of rock units. (Photo by Tom Bean/DRK Photo)

fay zonları boyunca gelişen cevherleşmelerde galeriler süren madenci ve prospektörlerin faaliyetlerinden türemiştir. Fay düzlemindeki bir tünelde madencinin üstünde durduğu, ayağını bastığı blok (ingilizce footwall'daki işte bu "ayak") taban bloğu ve çalışmak için elini serbestleştirmek üzere fenerini astığı blok ta "hanging wall" (biz geometriye göre tavan bloğu diyoruz) adını almıştır.

Eğim atımlı fayların iki ana türü var. Normal faylar ve ters faylar. Şayet ters fay 45° 'den daha düşük eğime sahipse buna bindirme fayı (thrust fault) adı veriliyor.

Normal Faylar

Tavan bloğunun taban bloğuna göre aşağıya doğru hareket ettiği eğim atımlı faylardır. Çoğu normal fay 60° 'den daha yüksek eğime sahiptir ve bu değer



derinlere doğru giderek azalır. Ancak bazı eğim atımlı faylar oldukça düşük eğime sahiptirler ve hatta fay düzlemi yataya yakındır. Tavan bloğunun aşağı doğru hareketi nedeniyle normal faylar kabuğun uzamasına yani genişlemeye yararlar.

Çoğu normal fay küçük atıma sahiptir. Başkaları ise yılanvari dağ cepheleri boyunca onlarca kilometre uzanabilir. Birleşik Devletler'in batısında buna benzer büyük ölçekli normal faylar "fay bloğu

dağları" denen büyük yapıları oluşturmuştur. Batı Anadolu'da yüksek dağlar (Muğla-Balıkesir arası) ve bunlar arasındaki ovalar benzer bir mekanizmayla oluşmuşlardır.

Fay bloğu dağlarının iyi bilinen bir örneği Birleşik Devletler'in batısındaki "Basin and Range" bölgesidir. Bu bölgede kabuk, 200 kadar kısmen küçük dağ zincirinin oluşmasını sağlamak üzere normal faylanmaya uğrayarak uzamıştır. Ortalama uzunlukları 80 km. olan bu dağ zincirleri komşu çukurluklardan (havzalardan) 900-1500 m. yüksekte bulunurlar. Şekil 15.22'de, normal fayların eğimlerinin derinlere doğru azaldığını ve derinlerde "ayrılma fayı (detachment fault)" adı verilen neredeyse yatay bir faya bağlandıklarına dikkat ediniz. Ayrılma fayları yeraltında kilometrelerce devam eder, ve alttaki sünümlü deformasyon gösteren kayalarla üstteki gevrek kayaları birbirinden ayırır.

Normal faylanma, levhaların birbirlerinden uzaklaştıkları yayılma merkezlerinde baskın bir süreçtir. Burada normal faylarla sınırlanmış, graben adı verilen bir merkezi blok levhalar birbirlerinden ayrıldıkça biraz daha çöker. Bu grabenler, horst adı verilen daha yüksek yapılarla sınırlanmış, uzun vadileri oluştururlar. Doğu Afrika rift vadisi, üstünde eğimlenmiş horstların çizgisel dağ topoğrafyası oluşturdukları birkaç büyük grabendir oluşur. Yaklaşık 6000 km. uzunluğundaki bu vadi ilk insan fosili için bazı kazı faaliyetlerinin de yapıldığı bazı bölgeleri içerir.

Ters ve Bindirme Fayları

Bunlar, tavan bloğunun taban bloğuna göre yukarı doğru hareket ettiği eğim atımlı faylardır. Çoğu yüksek açılı ters fay, diğer ana fay türlerinin tamamlayıcısı olarak bulunur, küçük boyutludurlar ve pek yaygın değildir. Bindirme fayları ise hemen her ölçekte bulunur. Küçük bindirmeler mm.'den birkaç m ölçeğe kadar ulaşılır. Bazı büyük ölçekli bindirmeler ise 10'larca - 100'lerce kilometrelik atıma sahip olabilirler.

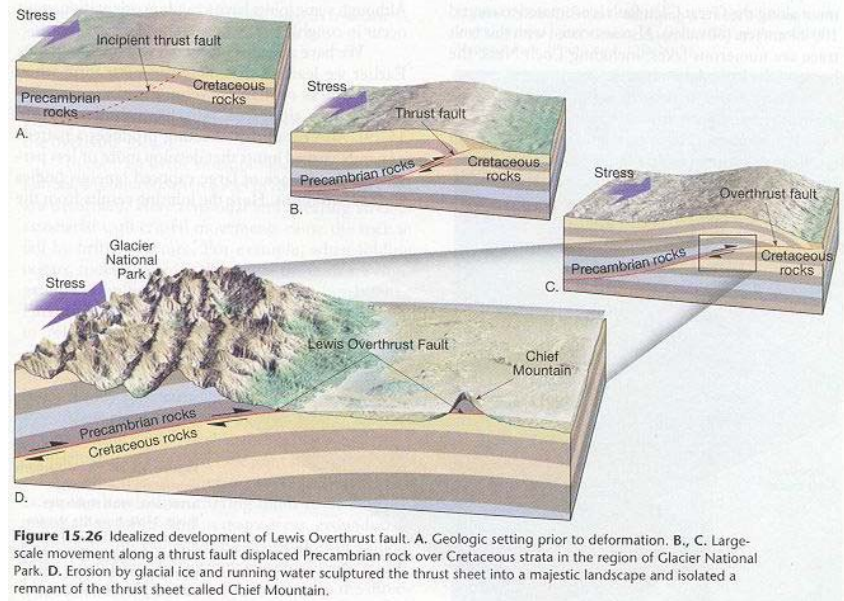


Figure 15.26 Idealized development of Lewis Overthrust fault. A. Geologic setting prior to deformation. B., C. Large-scale movement along a thrust fault displaced Precambrian rock over Cretaceous strata in the region of Glacier National Park. D. Erosion by glacial ice and running water sculptured the thrust sheet into a majestic landscape and isolated a remnant of the thrust sheet called Chief Mountain.

Normal faylar çekme gerilmesinin egemen olduğu alanlarda oluşurken, bindirmeler, güçlü sıkışma gerilimlerinden kaynaklanır. Bu yerleşimlerde kıta blokları birbirinin üzerine doğru itilir, öylesine ki tavan blok taban bloğun üstünde yer alır. Bindirme fayları en belirgin olarak levhaların çarpıştığı yitim zonlarında veya diğer yaklaşan sınırlarda gelişirler. Sıkışma kuvvetleri faylar kadar kıvrımları da oluştururlar ve sonuçta kabuğun kısılmasına ve kalınlaşmasına yol açarlar.

Alpler, Kuzey Rocky dağları, Himalayalar ve Appalaşlar gibi bazı dağlık bölgelerde bindirmeler, 50 km.'den fazla yer değiştirmelere (atımlara) neden olmuşlardır. Bu büyük ölçekli hareketin sonucu ise yaşlı kayaların genç kayaların üzerinde bulunmasıdır.

Doğrultu Atımlı Faylar : (Strike-Slip faults)

Baskın (dominant) yer değiştirmenin yatay düzlemde fay düzleminin doğrultusuna paralel gerçekleştiği

faylar bu isimle anılır. Devasa boyutları ve çizgisel görünüşleri yüzünden çoğu doğrultu atımlı fayın

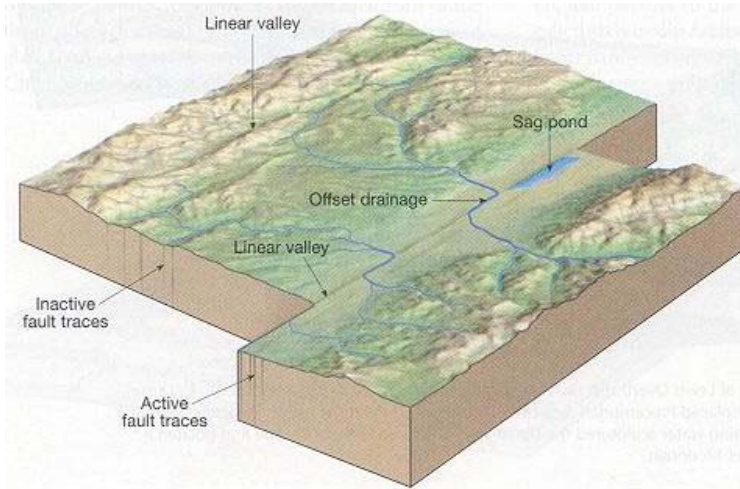


Figure 15.28 Block diagram illustrating the features associated with strike-slip faults. Note how the stream channels have been offset by fault movement. The faults in this diagram are right-lateral strike-slip faults. (Modified after R. L. Wesson and others)

izi çok uzak mesafelerden gözlenebilir. Hareketin üzerinde gerçekleştiği tek bir kırık olmaktan ziyade, büyük doğrultu atımlı faylar birbirine az çok paralel bir kırıklar zonundan ibarettir. Ancak, son hareket bu zon içindeki bir tek kolda (strand) gerçekleşir ve akarsu yatağı gibi bazı özellikleri ötelir. Ayrıca faylanma sırasında oluşan parçalanma yüzünden bu zonda erozyon fazladır; bu ise çizgisel vadi ve çukurlukların oluşumuna yol açar.

Bir doğrultu atımlı fayda, siz bloklardan biri üzerinde dururken karşıdaki blok sağınıza doğru hareket ediyorsa buna sağ yanal (right lateral) doğrultu atımlı fay; solunuza doğru hareket ediyorsa buna da sol yanal doğrultu atımlı fay adı verilir. Kuzey Anadolu Fay zonundaki faylar sol yanal doğrultu atımlı bir faylardır.

Çoğu doğrultu atımlı fay litosferi keser ve iki büyük kabuk levhasının hareketleri arasında bir arabulucu görevi görür. Bu tür özel doğrultu atımlı faylara *transform fay* adı verilir. Çoğu transform fay okyanusal

litosferi keser ve okyanusal yayılma sırtlarını birbirine bağlar. Diğerleri, birbirlerine göre yatay yönde hareket eden kıtasal levhalar arasındaki uyum sağlama işlevi görür. En iyi bilinen transform faylardan biri Kaliforniya'daki (ABD) San Andreas fayıdır. Levha sınırı oluşturan bu fay Kaliforniya körfezinden Pasifik sahillerindeki San Fransisko'ya kadar 950 km. boyunca uzanır. 29 milyon yıl önceki oluşumundan bu yana bu fay üzerinde 560 km.'lik bir atım gerçekleşmiştir.

Çatlaklar : (Joints)

En yaygın kayaç yapılarıdır. Çatlaklar (bazen eklem de denir), üzerlerinde belirgin yer değiştirmenin olmadığı kırıklardır. Her ne kadar bazı eklemler rastgele yönelime sahipse de, çoğu, birbirine kabaca paralel gruplar halinde bulunurlar. Şimdiye kadar ki derslerimizde iki eklem tipini öğrenmiş bulunuyoruz.

Uzun, sütun şekilli yapılar oluşturan Kolon çatlakları (eklemleri) (coloumnar joints), magmatik kayaçlar soğurken oluşur. Yük kalkması sonucu oluşan levhalaşma (sheeting) da batolit gibi büyük magmatik

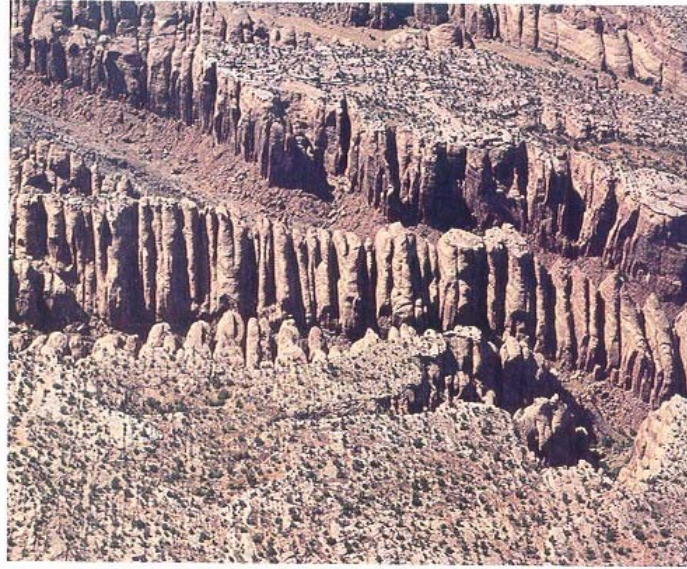


Figure 20.22 Joint systems in resistant sandstones in Arches National Park, Utah, have been enlarged by weathering, forming deep, narrow crevasses. The set of intersecting joints reflects the orientation of stress that deformed the rock body.

kütellerin yüzeyine az çok paralel hafifçe kıvrımlı çatlak desenleri oluşturur.

Bu iki durumdan farklı olarak, çoğu eklem, dış kabuğun deformasyonu sırasında oluşur. Burada kabuğun hareketleri ile ilgili çekme ve makaslama gerilmeleri, kayaçların gevrek kırılmayla yenilmesine yol açar. Örneğin kıvrım gerçekleşirken kıvrım ekseninde bulunan kayaçlar uzarlar ve çekme çatlaklarını oluşturmak üzere ayrılırlar. Yaygın bir eklem deseni, kabuğun kısmen belirsiz veya açıkça algılanabilir yükselmesi ya da çökmesi yüzünden de gelişebilir. Çoğu durumda bir yerdeki eklemlenmenin nedeni açık bir şekilde anlaşılamayabilir.

Çoğu kayaç birbirini kesen iki veya üç eklem takımı tarafından pek çok sayıda düzenli bloğa bölünmüştür. Bu eklem setleri çoğu zaman başka jeolojik süreçler üzerinde çok güçlü bir etkiye sahiptir. Örneğin kimyasal bozunma bu çatlaklar boyunca yoğunlaşır; çoğu yerde yeraltısularının hareketi ve

sonuçta çözünebilir kayaçlarda gelişecek çözünme bu eklem desenleri tarafından denetlenir. Ek olarak, bir eklemler sistemi, akarsuların akış yönünü etkileyebilir (dikdörtgen drenaj sistemini anımsayınız!).

Eklemler, ekonomik açıdan da önemlidirler. Dünyanın bazı önemli cevher yatakları eklem sistemleri boyunca yerleşmiştir. Bunlar, mineralli akışkanlardan ibaret hidrotermal sıvıların çatlaklar boyunca göçmesi ve önemli miktarda bakır, gümüş, altın, çinko, kurşun ve uranyumu çökeltmesiyle oluşurlar.

Ayrıca, oldukça eklemli kayaçlar mühendislik projelerinin inşasında (barajlar, otoyollar gibi) risk taşırlar. 5 Haziran 1976'da Idaho (ABD)'daki Teton barajının yıkılması sonucu 14 kişi ölmüş, 1 milyar dolar civarında bir maddi kayıp ortaya çıkmıştır. Bu toprak gövdeli baraj kolay aşındırılabilir kil ve siltlerden inşa edilmişti ve oldukça çatlaklı volkanik kayaçlar üzerine kurulmuştur. Çatlaklı kayaçların gözeneklerini doldurmaya teşebbüs edilmişse de, su yavaşça yüzey altındaki çatlakları doldurmuş, ve baraj temelini etkilemişti. Sonunda hareket eden su kolay aşındırılabilir kil ve siltler içinden kendine bir tünel bulmuş ve barajın dakikalar içinde yıkılmasına ve akış aşağı kesimlerin 20 m. yüksekliğindeki bir su duvarının altında kalmasına yol açmıştır.

8- LEVHA TEKTONİĞİ

20. yy' ın başlarında okyanus havzalarının yaşıyla ilgili olarak egemen olan görüş, onların epey eski olduklarıydı. Dahası çoğu jeolog kıtalar ve okyanusların kalıcılıklarını, yani konumlarını ve biçimlerini değiştirmeksizin hep varlıklarını sürdürdüklerini kabul ediyordu. Dağların, bir zamanlar eriyik olan dünyanın zamanla soğumasının yol açtığı gerilimler yüzünden oluştuğuna inanırlardı. Öyle ya, iç kısım soğuyup büzüldükçe zaten katı olan dış kabuk, bu hacim küçülmesi yüzünden kıvrılıp kırılacaktı. Yani dağlar, su kaybedip büzüşen meyvaların yüzeyindeki kırışıklıklar gibi algılanıyordu. Her ne kadar yetersizse de, bu düşünce sistemi zamanın jeolojik kavrayışını büyük ölçüde biçimlendirdi.

Ancak, 1960' lardan bu yana muazzam miktarlardaki yeni veriler gezegenimizin nasıl çalıştığı ve nitelikleri konusundaki kavrayışımızı kökten bir şekilde değiştirdi. Bu gün yerbilimciler olarak biliyoruz ki, kıtalar yerküre üzerinde yavaş yavaş göç ediyorlar. Kara kütlelerinin birbirlerinden ayrıldığı yerlerde uzaklaşan iki blok arasında yeni okyanus havzaları oluşuyor. Bu arada okyanus tabanının yaşlı bölümleri, derin okyanus tabanlarındaki hendeklerde mantoya doğru çekiliyorlar. Bu hareket yüzünden kıtasal bloklar en sonunda birbirleriyle çarpışıyorlar ve dünyanın büyük sıradağlarını oluştururlar. Sonuç olarak o zamandan bu yana yeryüzündeki tektonik süreçler ilişkin yeni bir devrimci model ortaya çıktı.

Bilimsel düşüncedeki bu derin tersyüz oluş sözcüğün tam anlamıyla bir bilimsel devrim olarak tanımlanmıştır. Başka bilimsel devrimlerdeki gibi düşüncelerin ortaya atılmasıyla genel kabul görmesi arasında epey bir zaman geçmiştir. Devrim, 20. yy başlarında kıtaların dünya üzerinde sürüklendiğini ileri süren düz bir mantıkla başlamıştır. Yıllar süren ateşli tartışmalardan sonra, kıtaların kaydığı fikri, imkansız bulunduğundan, yerbilimcilerin büyük çoğunluğu tarafından reddedildi.

Hareketli bir dünya kavramı, özellikle Kuzey Amerikalı Jeologlar için nahoş bir şeydi, çünkü bur kavramı destekleyecek çoğu veri kendilerinin pek aşına olmadıkları güney kıtalardan toplanmıştır. Ancak 1950 ve 1960' larda yeni veriler neredeyse terkedilmiş olan bu öneriyeye yeniden dikkat çekti. Artık 1968' de, bu yeni gelişmeler, kıtaların sürüklenmesi ve deniz tabanı yayılmasının özelliklerini içeren şimdiye kadarki en kapsamlı teorinin, levha tektoniği teorisinin, hayat bulmasının sağladı.

Kıtaların Sürüklenmesi: Erken doğmuş bir düşünce

Kıtaların, özellikle Güney Amerika ve Afrika'nın, bir parçalı resim bulmacasının bölümleri gibi birbirine uyduğu düşüncesi dünyanın makul doğruluktaki ilk haritalarının gelişmesiyle ortaya çıktı. Ancak buna, bir Alman meteorolog ve jeofizikçi olan Alfred Wegener'in "Kıtalar ve Okyanusların Kökeni" ni bastığı 1915 yılına değin pek az önem verildi. Bu kitabında Wegener köktenci nitelikteki kıta sürüklenmesi (continental drift) hipotezinin temel hatlarını ileri sürüyordu.

Wegener, bir zamanlar varolduğunu düşündüğü bir tek süperkıtanın (Pangea “bütün kıtalar” anlamında bir uydurma sözcük) varlığını önerdi. Dahası o, bu süperkıtanın 200 milyon yıl önce daha küçük kıtalara kırılmaya başladığını, ve daha sonra da bunların bu

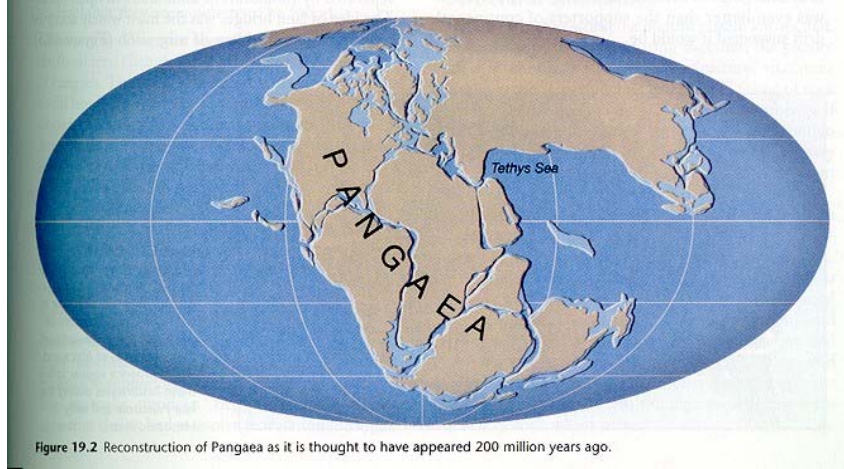


Figure 19.2 Reconstruction of Pangaea as it is thought to have appeared 200 million years ago.

günkü konumlarına sürüklendiklerini idda etmiştir. Bu hipotezin savunuculuğunu yapan Wegener ve diğerleri iddalarını desteklemek için temel veriler topladılar. Kuzey ve Güney Amerika'nın birbirine uyması, fosil kanıtları, kaya yapıları ve eski iklimler, hepsi, şimdi ayrı olan bu kara kütlelerinin bir zamanlar bitişik olduğu fikrini destekliyordu. Şimdi bu kanıtları inceleyelim:

Kıtaların Uyumu:

Ondan önceki bir kaçı gibi Wegener de güney Atlantik'in iki yakasının kıyı şekli arasındaki dikkat çekici benzerliğin farkına varmış, ve bu kıtaların bir zamanlar bitişik olabileceğini ileri sürmüştü. Ancak onun bugünkü kıyı çizgileri boyunca kıtaları birbirine çakıştırmak üzere kullanması derhal diğer yerbilimcilerin muhalefetini çekti. Bu muhalifler, haklı bir şekilde, kıyı çizgilerinin aşındırıcı ve biriktirici süreçler tarafından sürekli değiştirildiğini ileri sürüyorlardı. Kıtalar yer değiştirmiş olsa bile onların kenarlarının bugün iyi bir uyum göstermesi bu yüzden pek mümkün olamazdı. Dahası, pek çok fosil kanıtı, dünya yüzünün jeolojik geçmişte yükselmeler ve çökmeler yaşadığını

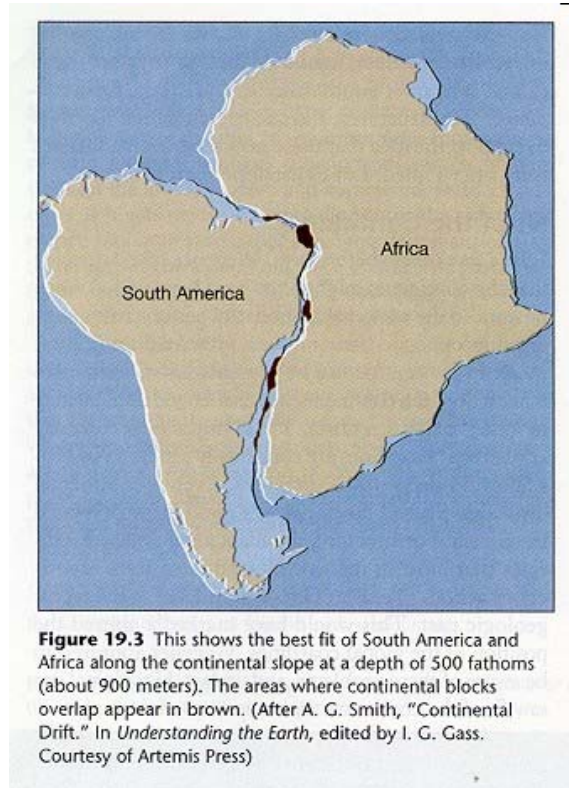


Figure 19.3 This shows the best fit of South America and Africa along the continental slope at a depth of 500 fathoms (about 900 meters). The areas where continental blocks overlap appear in brown. (After A. G. Smith, "Continental Drift." In *Understanding the Earth*, edited by I. G. Cass. Courtesy of Artemis Press)

göstermişti. Ek olarak bu da eski kıta kıyılarının şeklinin ve konumunu değiştirmiş olmalıydı. Wegener bu sorunlardan habersizdi; üstelik onun kıtaların yap-boz misali uyumu fikri oldukça kaba bir yaklaşımdı.

Aslında kıtaların gerçek dış sınırları kıta şelfinin açık denize kavuştuğu yerde başlar. Bugün, kıta şelflerinin deniz tarafına doğru kenarı denizin birkaç yüz metre altında bulunur. 1960' ların başında Sir Edward Bullard ve iki arkadaşı, Güney Amerika ve Afrika' nın şelflerinin 900 m derinlikteki kıta şelflerinin uyumunu gösteren bir harita ürettiler. Çok belirgin uyum Şekil 19.3' te göstermiştir. Her ne kadar kıtaların üst üste çakıştığı birkaç bölge varsa da buralar akarsuların çok büyük miktarlarda sediman getirerek kıta şelfinin genişlettikleri alanlara karşılık geliyorlar. Kıta şelfinin uyumu kıta sürüklenmesini ileri sürenlerin düşündüklerinden bile daha iyidir.

Fosil Kanıtlar:

Her ne kadar Wegener Atlantik' in iki yakasındaki kıyıların dikkat çekici benzerliğiyle yakından ilgilenmişse de, o, başlangıçta hareketli bir dünya düşüncesinin imkansız olduğuna inanmıştı. Wegener, Güney Amerika ile Afrika'yı birbirine bağlayan bir kara köprüsünün varlığına ilişkin fosil kanıtlardan sözeden bir makaleyle karşılaşana kadar kendi düşüncesini de pek ciddiye almamıştı. Gerçekten,

Wegener bu

konudaki

yayınları

araştırarak

paleontologların

(bitki ve

hayvanların

fosilleşmiş

kalıntılarının

inceleyen bilim

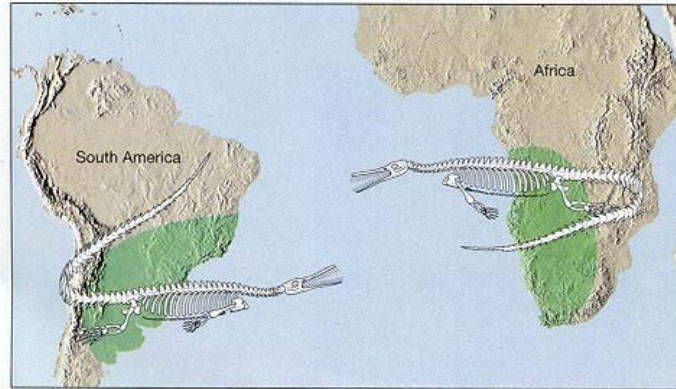


Figure 19.4 Fossils of *Mesosaurus* have been found on both sides of the South Atlantic and nowhere else in the world. Fossil remains of this and other organisms on the continents of Africa and South America appear to link these landmasses during the late Paleozoic and early Mesozoic eras.

adamları) birbirinden epey ayrı duran kara kütlelerindeki özdeş fosillerin varlığını açıklamak üzere bir tür kara bağlantısının varlığında hem fikir olduklarının gördü. Bu gereklilik, özellikle geç Paleozoyik – erken Mesozoyik yaşam formları için doğrudur.

Mezosorus: Wegener, Pangea süperkıtasının varlığına ilişkin kanıtlarına bir güvenilirlik kazandırmak için her iki kıtada olan, ama şimdi ayırık duran iki kıta arasındaki okyanusu geçemeyecek bazı fosil organizmaların bahsedildiği çalışmalardan sözeder. Bunun klasik örneği, olasılıkla sucul olan, fosil kalıntıları yalnız Güney Amerika ve Güney Afrika' da bulunan testere dişli (snaggle-toothed) bir sürüngen olan *Mezosorus*' tur. Eğer bir organizma güney Atlantik okyanusunu geçebilecek kadar iyi yüzebilseydi, kuşkusuz başka kıtalara da yayılırdı. Başka kıtalarda bulunmadığından Güney Amerika ve Afrika'nın bir şekilde bitişik olması gerektiğini ileri sürüyordu.

Wegener zamanında, birbirinden binlerce kilometrelik açık okyanusla ayrılmış yerlerdeki özdeş fosillerin keşfi nasıl açıklanıyordu? Kara köprüsü fikri, göç sorununun çözümünde en yaygın kabul göreniydi (Şekil 19.5).

Örneğin biz bugün biliyoruz ki, son buzul çağı sırasında deniz seviyesinin düşmesi Asya ile Kuzey Amerika arasındaki dar Bering boğazı boyunca hayvanların geçişine olanak sağladı. Buna benzer şekilde Afrika'yı Güney

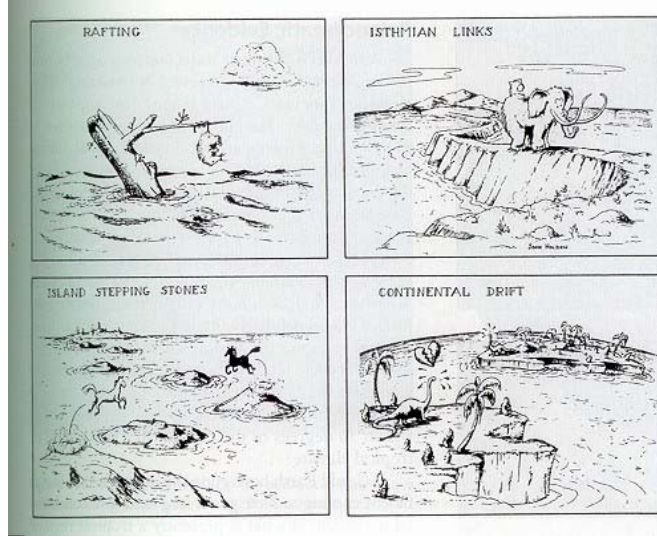


Figure 19.5 These sketches by John Holden illustrate various explanations for the occurrence of similar species on landmasses that are presently separated by vast oceans. (Reprinted with permission of John Holden)

Amerika'ya bağlayan bir kara köprüsü mümkün müydü? Bu gün kesinlikle biliyoruz ki, bu büyüklükte kara köprüleri mevcut değildi. Eğer olsaydı onları deniz altında bir yerlerde bulurduk; ancak bulamıyoruz.

Glossopteris: Wegener, Pangea'nın varlığını kanıtlamak üzere bir eğreltiotu türü olan *Glossopteris*'in de yayılımından söz ediyor. Çok uzaklara sürüklenemeyen iri tohumlarıyla tanınan bu bitkinin büyük ölçüde Afrika, Avustralya, Hindistan ve Güney Amerika' da geç Paleozoyik' te bulunduğu biliniyor. Ayrıca Wegener *Glossopteris* fosil artıklarının yalnız subpolar iklimde yaşadığını da öğrenmiş bulunuyordu. Şu halde, bu kıta parçaları bir zamanlar birleşik olmalıydı; çünkü kıtaların bu günkü konumu, soğuk seven bu bitkiler için hepten uygun değildi. Wegener' e göre bu fosiller bir süperkıtanın varlığını gösteren ikna edici kanıtlardır.

Bugünkü Organizmalar:

Kitabında Wegener, kıtaların sürüklenmesi kavramını desteklemek üzere bugünkü organizmaların dağılımından da söz eder. Örneğin, benzer atalara sahip olan güncel organizmalar, son birkaç on milyon yıl boyunca yalıtılmış bir şekilde evrimleşmiş olmalıydılar. Bunun en açık olanı Avustralya marsupiyalleri (örneğin kanguru) gibi her iki Amerika' da bulunan fosil marsupiyal opozumlarla akrabalığı bulunan hayvanlardı.

Kayaç Türleri ve Yapısal Benzerlikleri:

Resim yap bozlarıyla uğraşan herkes, parçaların birbirine uymasının yanısıra, sonuçta ortaya çıkacak resmin de süreklilik göstermesi gerektiğini bilir. Kıta sürüklenmesi yap bozuna uyması gereken bir başka resim kıtalar üzerindeki kaya türleri ve dağ kuşaklarıdır. Eğer bu kıtalar bir zamanlar bir bütün idiyse, bir kıta üzerinde belli bir bölgedeki kayaç, bu kıtaya sınır itibariyle uyan diğer kıta üzerindeki komşu bölgede aynı yaş ve türde bulunmalıdır.

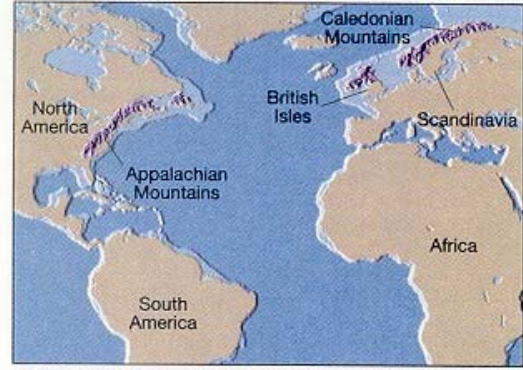
Bu kıtanın sahilinde kaybolan ve sonra bu kez diğer kıtanın üzerinde yeniden gözükten dağ kuşağı şeklindeki bu tür kanıtlar mevcuttur. Örneğin, Appalaşları içeren dağ kuşağı Birleşik Devletlerin doğusu boyunca kuzeydoğu gidişli olarak uzanır ve New Foundland sahili açıklarında kaybolur. Benzer yaş ve yapıdaki dağlar Britiş adalarında ve İskandinavya’da da bulunur. Bu kara kütleleri yeniden bir araya getirildiğinde (Şekil 19.6 B) dağ zinciri neredeyse sürekli bir kuşak halini alır.

Wegener, Atlantik’in iki yakasındaki kayaç yapıları benzerliğinin bu kara parçalarını kuramsal olarak birbirine bağlamasından çok hoşnut kaldı.

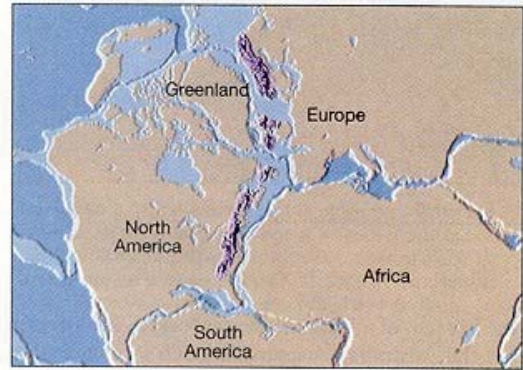
Kendi ifadesiyle; “Bütün yapılan, sanki yırtılan bir gazete kağıdını, kenarlarının denkleştirerek bir araya getirmek ve sonra yazı satırlarının bir taraftan diğer tarafa kesintisizce geçişini sağlamak gibi bir şey!”

Eski İklimsel Kanıtlar:

Alfred Wegener meslekten bir meteorolog olduğundan, kıta sürüklenmesini destekleyen Paleoklimatik (eski iklimsel) verileri sağlamayla yakından ilgiliydi. Çabaları, dramatik bir küresel iklim değişimine ilişkin kanıtları bulduğunda meyvasını verdi. Özellikle, Paleozoyik döneminin sonuna yakın (220-300 Milyon yıl arasında) kalın bir buz örtüsünün güney yarıkürede geniş alanları kapladığını öğrendi. Aynı yaştaki buzul çökeli tabakaları Güney Afrika’ da, Kuzey Amerika’ da ve Hindistan ve Avustralya’ da gözlemlendi. Bu buzul çökellerinin altında çizilmiş ve üzerinde oluklar oluşmuş anakayaçlar bulundu. Bazı yerlerde, buzulların şimdiki deniz tarafından karalara doğru kaymış olduğu saptandı. Geç Paleozoyik



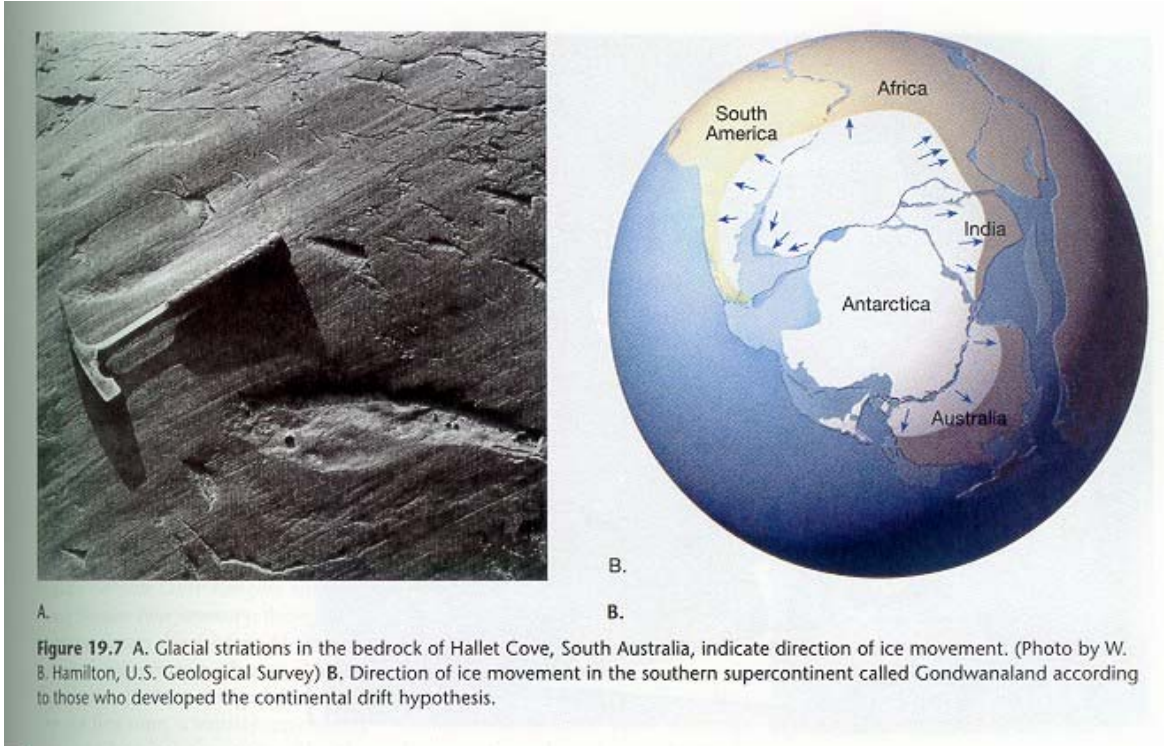
A.



B.

Figure 19.6 Matching mountain ranges across the North Atlantic. A. The Appalachian Mountains trend along the eastern flank of North America and disappear off the coast of Newfoundland. Mountains of comparable age and structure are found in the British Isles and Scandinavia. B. When these landmasses are placed in their pre-drift locations, these ancient mountain chains form a nearly continuous belt. These folded mountain belts formed roughly 300 million years ago as the landmasses collided during the formation of the supercontinent of Pangaea.

buzullaşmasının kanıtlarını içeren alanların çoğu bugün subtropikal / tropikal kuşakta, Ekvatorun 30



derece iki yanında bulunur.

Gerçekten dünyanın bugün tropikal kuşakta kalan bazı bölgeleri, bir zamanlar, yaygın bir kıtasal buz örtüsünün oluşumuna yol açan bir soğukluk dönemi mi geçirmiştir? Yani kıtalar bugünkü konumlarındayken sözü edilen geçmişte bütün bölge soğumuş muydu?

Wegener bu hipotezi aynı zaman diliminde (yani o zaman güneyde buzullar gelişirken) kuzey yarıkürede geniş tropikal bataklıkların bulunması yüzünden reddediyordu. Gelişkin bitkileriyle bu bataklıklar en sonunda Birleşik Devletler, Avrupa ve Sibirya' nın kömür yatakları haline gelmişlerdir. Bu kömür yataklarından elde edilen fosiller göstermektedir ki, o zamanki ağaç eğreltiotları büyük yapraklara sahiptiler ve bu olasılıkla tropikal yerleşimi göstermektedir. Dahası o zamanki kömürler arasında korunmuş ağaçların büyüme halkaları gelişmemişti, ki bu tropikal koşullarda pek gözlenmeyen mevsimsel sıcaklık değişimleri yüzündendir.

Wegener' in iddası, Güney Afrika bölgesinin güney kutup civarında olduğu o zamanki bir tek kıtanın (Pangea) sözkonusu olduğu idi.

Fakat bugünün kurak sıcak Avustralya' sında buzullar nasıl gelişmiş olabilirdi? Çok yaygın açık sular boyunca kara hayvanları nasıl göç etmiş olabilirdi? Veriler ikna edici olmakla birlikte, bilim camiasının çoğunluğunun “kıta sürüklenmesi” kavramını ve bunun mantıksal sonuçlarını kabul etmesi için 50 yılın geçmesi gerekti.

Büyük Tartışma:

Wegener' in önerisi 1924'te, kitabı İngilizce, Fransızca, İspanyolca ve Rusça' ya çevrilene kadar, açık bir eleştiri çekmedi. Bu tarihten 1930' da ölümüne kadar onun "sürüklenme hipotezi" düşmanca bir eleştiri dalgasına maruz kaldı. Saygın Amerikan Jeoloğu R.T. Chamberlain' den aktarırsak; "Wegener'in hipotezi genelde avare türünden bir hipotezde; öylesine ki, dünyamıza özgürlük getirdi, onu daha az bağılı kıldı. Başka saçma, çirkin rakip teorilerden çok daha az onu kısıtladı. Bu kuramın bütün arzusu oyunu daha az sınırlayıcı ve daha az keskin belirleyici kurallarla oynamaktır."

W. B. Scott, eski Amerikan Felsefe Kurumu başkanı, kıta sürüklenmesi ile ilgili egemen Amerikan görüşünü, hipotezi tanımlayan şu bir kaç sözcükle açıkladı.

"Tam bir deli saçması"

Kıtaların Sürüklenmesi ve Paleomanyetizma

1930' larda Wegener' in ölümünden 1950' lere kadar kıta sürüklenmesi hipotezi konusunda pek az yeni açılım sağlanabildi. Dünya yüzeyinin % 70 inden fazlasını kaplayan okyanusların altı konusunda pek az şey biliniyordu. İşte bu kısmen araştırılmamış bölge, gezegenimizin pek çok gizinin çözülmesinde bir anahtar olmuştur.

Kıta sürüklenmesi konusunda yeni bir ilginin başlangıç atılımı, olasılıkla, yeni bir çalışma alanı olan, kayaç manyetizması ile gelmiş olmalıdır. Kayaç manyetizmasını çalışan ilk araştırmacılar, bugünkü manyetik alanın

niteliklerini anlayabilmek için geçmişte yerin manyetik alanının nasıl değiştiğini incelemenin yarar sağlayacağını umdular. Pusula kullanan herkes bilir ki, manyetik alan bir kuzey ve bir güney kutba sahiptir. Bugün bu kutuplar coğrafik kutulara yakındır, fakat onunla tam çakışmazlar.

Paleomanyetizma

Pek çok açıdan bir manyetik alan, basit bir mıknatıs çubuğunun ürettiğine benzer. Görülmez kuvvet çizgileri dünyayı kat eder ve bir kutuptan diğerine uzanır. Kendisi de küçük bir mıknatıs olan ve serbest hareket edebilen bir pusula iğnesi, bu kuvvet çizgilerine paralel olarak yönlenir ve sonuç olarak kutupları gösterir.

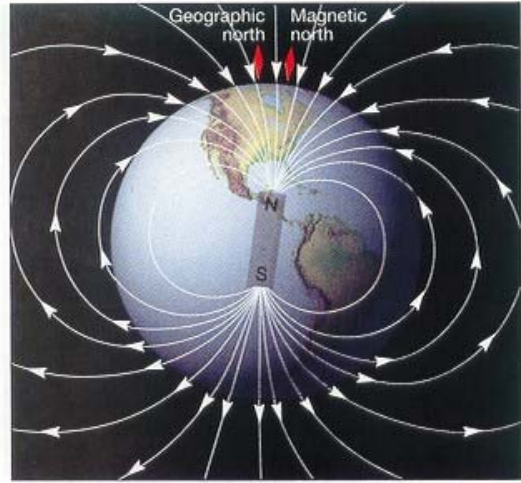


Figure 19.9 Earth's magnetic field consists of lines of force much like those a giant bar magnet would produce if placed at the center of Earth.

Eski zamanlardaki manyetik alan incelemeleri, belli kayaçların “fosil pusulalar” işleri gören bazı mineralleri içermesi gerçeğine dayanır. Bu demirce zengin mineraller (örneğin manyetit gibi) bazaltik bileşimli lav akışlarında yaygındır. Curie (Küri diye okunur) noktası olarak bilinen bir sıcaklıkların daha yükseğe ısıtılırsa, bu manyetik mineraller manyetizmalarını kaybederler. Ancak, bu demirce zengin mineraller Curie sıcaklığının (yaklaşık 5800C) altındaki bir sıcaklığa soğutulduklarında, o anki manyetik kuvvet çizgilerine paralel doğrultuda bir mıknatıslanma kazanırlar. Mineral bir kez katılaştığında, sahip olduğu manyetizma o konumda donup kalacaktır. Bu açıdan onlar, mıknatıs iğnesi gibi davranacak; soğuma anındaki manyetik kutba işaret edeceklerdir. Bu durumda, şayet kayaç yer değiştirmiş, ya da

manyetik kutup konum değiştirmiş ise, kayaç manyetizması çoğu durumda, orijinal (ilksel) yönelimini koruyacaktır. Binlerce, hatta milyonlarca yıl önce oluşmuş olan bu oluşumları anındaki manyetik kutup konumlarını “kaydetmiş” olan kayaçlar, şu halde “fosil manyetizma” veya “paleomanyetizmaya” sahiptir denir.

Kayaç manyetizmasının bir başka önemli yönü şudur ki, manyetizma kazanmış mineraller yalnız manyetik kutupların doğrultusunu göstermez; aynı zamanda oluştukları yerin enlemi (kutba yakınlığı, ekvatorundan uzaklığı) konusunda da bilgiler taşırlar. Paleomanyetizmadan enlemin nasıl elde edilebileceğini gözümüzün önüne getirebilmek için, düşey bir düzlem üzerine yerleştirilmiş bir pusula iğnesi düşünelim. Böyle bir düzenek kuzey manyetik kutup civarında durduğunuzda manyetik kuvvet çizgilerine paralel olarak ve neredeyse yeryüzüne dik olarak duracaktır. Bu düzenek ekvatora doğru yaklaştırıldıkça eğim açısı giderek azalacak ve bu civardaki yatay kuvvet çizgilerine paralel duracaktır. Bu basit deney bize göstermektedir ki paleomanyetizma kayaçların eski enlem konumlarını belirlemek için kullanılabilir bir araçtır.

Kutup Gezinmesi

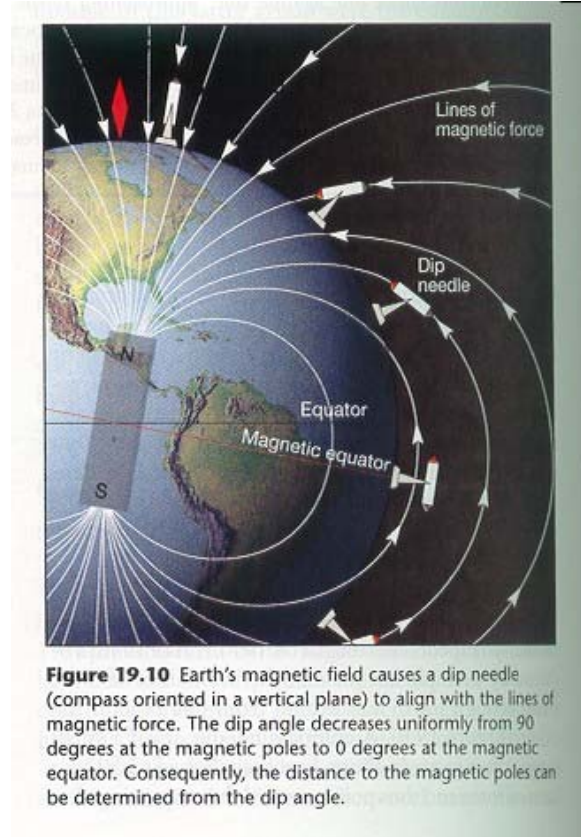


Figure 19.10 Earth's magnetic field causes a dip needle (compass oriented in a vertical plane) to align with the lines of magnetic force. The dip angle decreases uniformly from 90 degrees at the magnetic poles to 0 degrees at the magnetic equator. Consequently, the distance to the magnetic poles can be determined from the dip angle.

1950' lerde S. K. Runcorn ve arkadaşlarının Avrupa' da yürüttüğü bir çalışma hiç beklenmedik bir keşfe yol açtı. Farklı yaşlardaki lav akışları içinde bulunan denirce zengin minerallerin manyetik diziliminin oldukça farklı olduğu bulundu. Manyetik kuzey kutbunun görünür konumunun işaretlenmesi, son 500 milyon yıl içerisinde, kutbun konumunun Hawaii yakınındaki bir yerden, kuzeye doğru doğu Sibirya' ya ve oradan da, bugünkü konumuna yavaş yavaş göç ettiğini (gezindiğini) göstermiştir. Bu, ya manyetik kutbun zaman içerisinde göç ettiğinin (ki buna "polar gezinme" deniyor) ya da lavların zamanla hareket ettiğini başka deyişle kıtaların sürüklendiğinin güçlü bir kanıtıydı.

Manyetik kutupların hareket ettiği biliniyorsa da, manyetik alan çalışmaları göstermektedir ki, manyetik kutupların ortalama pozisyonları coğrafik kutupların pozisyonlarına tekabül etmektedir. Bu, bizim manyetik alanın kısmen yerin kendi etrafında dönmesinden kaynaklandığına ilişkin bilgimize uygun düşmektedir. Coğrafik kutuplar belirgin bir şekilde gezinmiyorsa ki bunun böyle olduğunu biliyoruz, manyetik kutuplarda büyük ölçüde gezinemez. Öyleyse, görünür polar gezinmenin daha kabul edilebilir bir açıklaması kıta sürüklenmesi hipoteziyle sağlanmıştır. Eğer manyetik kutupların konumu sabitse, görünür hareket kıtaların sürüklenmesiyle oluşturmalıdır.

Bu son fikir, Avrupa' nın kayaç manyetizmasından sağlanan enlemi ile paleomanyetizmadan sağlanan kanıtların

karşılaştırılması ile daha da desteklendi. Kömür oluşturan geniş bataklıklar bütün; Avrupa' yı kapladığında, paleomanyetik çalışmalar Avrupa' yı ekvatora yakın bir yerde göstermektedir, ki bu, kömür yataklarının özelliklerine uygundur.

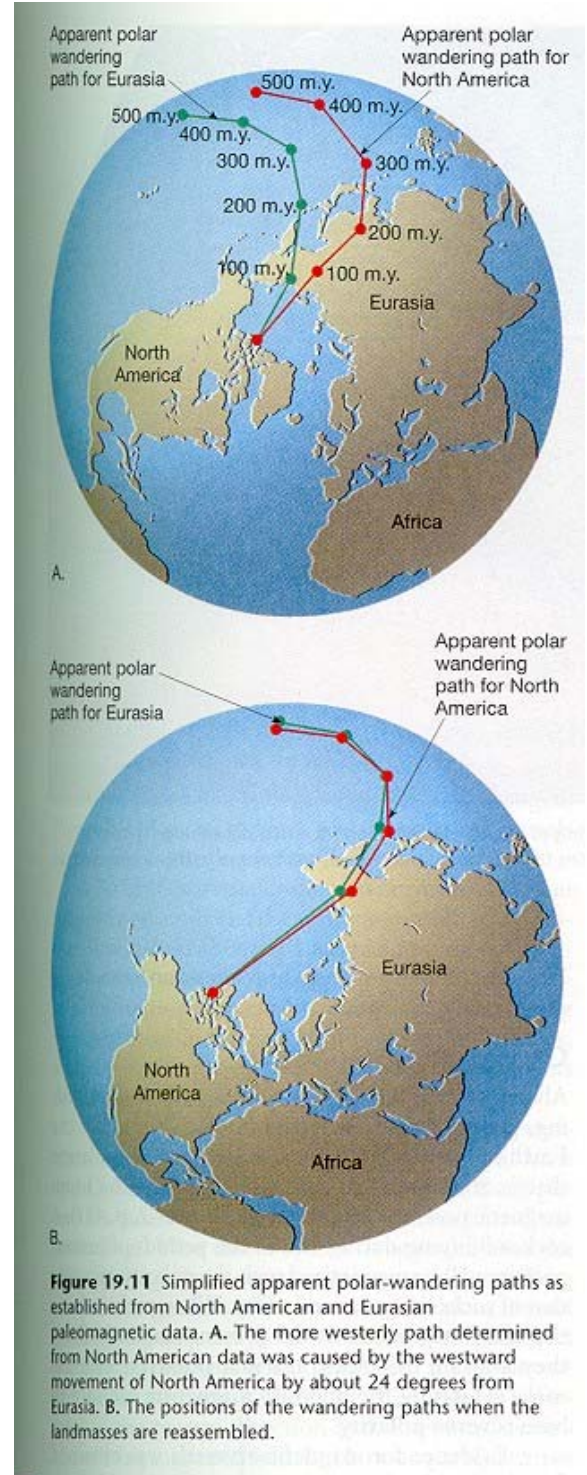


Figure 19.11 Simplified apparent polar-wandering paths as established from North American and Eurasian paleomagnetic data. A. The more westerly path determined from North American data was caused by the westward movement of North America by about 24 degrees from Eurasia. B. The positions of the wandering paths when the landmasses are reassembled.

Kıta sürüklenmesi için daha fazla kanıt, birkaç yıl sonra Kuzey Amerika ve Avrupa için polar gezinme eğrilerinin oluşturulmasıyla gerçekleşti. Kuzey Amerika ve Avrupa'ya ait eğriler, herkesi şaşırtacak bir şekilde, benzer bir rotaya sahipti, yalnızca 240 boylamıyla ayrılmıştı. Bu kayaçlar soğuduklarında, birbirine paralel göç eden iki manyetik kuzey kutbu bu vardı? Bu imkansızdı. Bu polar göç yollarının farklılığı, şimdi ayrı duran bu iki kıta yanyana getirildiğinde halloluyordu. O zaman iki gezinme eğrisi birbiriyle çakışıyordu.

Bu yeni veriler kıta sürüklenmesine olan ilgiyi alevlendirmesine karşın, düşüncelerde net bir atılıma yol açmadı. Bunun bir nedeni, paleomanyetik verileri elde etmede kullanılan tekniklerin yeni olması ve, henüz test edilmemiş olmasıydı. Dahası, kayaç manyetizması zamanda gerilere gidildikçe zayıflıyordu. Su sorunlara ve diğer muhalif görüşlere karşın bazı araştırmacılar kıta sürüklenmesinin gerçekleştiğine ikna oldular. Yeni bir dönem başlamıştı.

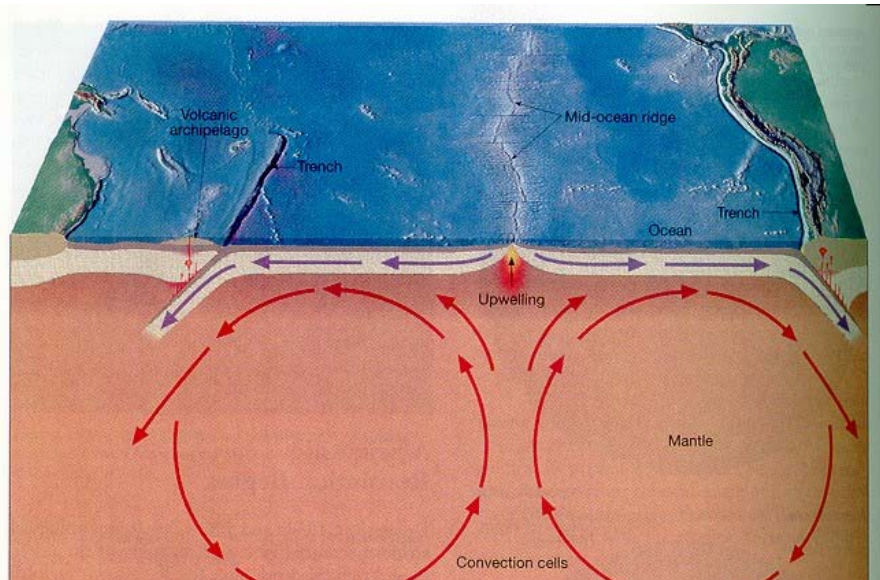
Bir Bilimsel Devrim Başlıyor

1950 ve 60' larda, büyük teknolojik ilerlemeler okyanus tabanlarının yoğun bir şekilde haritalanmasını olanaklı kıldı. Bu çalışmalar küresel ölçekli bir okyanus sırtı sisteminin keşfini getirdi. Dahası, Atlantik ortasındaki sırt Atlantik'in her iki kenarına paralel bulunuyordu. Atlantik ortası sırt boyunca uzanan bir merkezi vadinin keşfi de oldukça önemliydi, bunun varlığı bu merkezi bölgede büyük çekme gerilmelerin çalıştığını gösteriyordu. Buna ek olarak yüksek ısı akışı ve volkanizma da okyanus sırtı sistemini karakterize ediyordu.

Okyanusların başka bölgelerinde de ek bazı keşifler yapıldı. Derin okyanus çukurları civarında yapılan deprem çalışmaları, buradaki tektonik aktivitenin kabuğun oldukça derinlerinde gerçekleştiğini gösterdi. Deniz 100' lerce metre altında bulunan zirveleri düzleştirilmiş denizaltı dağları (seamount) önceleri olasılıkla su üstünde bulunmuş ve aşınmayla tepeleri aşındırılmıştı. Bütün bu önemli bilgilere ek olarak okyanusların tabanından taranan kayaçların yaşları 160 milyon yılı geçmiyordu. Acaba okyanus tabanı jeolojik olarak daha genç bir özellik miydi?

Deniz Tabanı Yayılması (Sea Floor Spreading)

1960' ların başında henüz keşfedilmiş olan bu yeni olgular Princeton Üniversitesinden



(ABD) Harry Hess tarafından, daha sonra deniz tabanı yayılması olarak adlanan bir hipotez olarak bir araya getirildi. Alçak gönüllü bir kişi olan Hess makalesini “Jeoşiiir’ de bir deneme” olarak sundu. Önceki kuram olan “Kıtasal Sürüklenme” nin okyanusal havzaları büyük ölçüde ihmal etmesinin aksine, deniz tabanı yayılması doğrudan görüşümüzün uzağındaki alanın aktivitesine odaklanmıştır. Şimdi artık klasik olan makalesinde, Hess, okyanus ortası sırtların manto yükselim zonlarının üstünde konumlandığını önerdi. Mantodan yükselen malzeme yanlara doğru yayıldıkça, deniz tabanı tıpkı bir kaşyıcı kuşak gibi sırt zirvesinden öteye doğru taşınır. Burada çekme kuvvetleri kabuğu kırıklar ve magmanın içine girebileceği ve yeni okyanusal kabuk oluşturabileceği bir boşluk sağlar. Yani deniz tabanı sırttan uzaklaştıkça, sırtta yeni kabuk oluşumu gerçekleşir. Hess, ayrıca, Peri – Chile hendeği gibi derin okyanus hendeklerinin okyanusal kabuğun gezegenin içine çekildiği yerler olduğunu ileri sürmüştür. Buralarda, okyanusal kabuğun yaşlı kısmı mantoya doğru çekildikçe yavaş yavaş tüketilir. Bir araştırmacının dediği gibi: ”Okyanusal kabuğun genç olduğuna şüphe yoktur” hatta; Deniz tabanı yayılması hipotezinin zemin bulmasıyla birlikte, Harry Hess bilimsel devrimin bir başka evresini başlattı. Düşüncelerini destekleyen nihai kanıtlar birkaç yıl sonra bir lisans üstü öğrencisi Fred Vine ve danışmanı D. H. Matthew’ un çalışmaları ile geldi. Vine ve Matthews’ un çalışmalarının büyüklüğü, daha önceleri ilgisizmiş gibi düşünülen iki fikri, Hess’ in deniz tabanı yayılması hipotezini ve henüz keşfedilmemiş olan jeomanyetik terslenmeyi, birleştirebilmesindeydi.

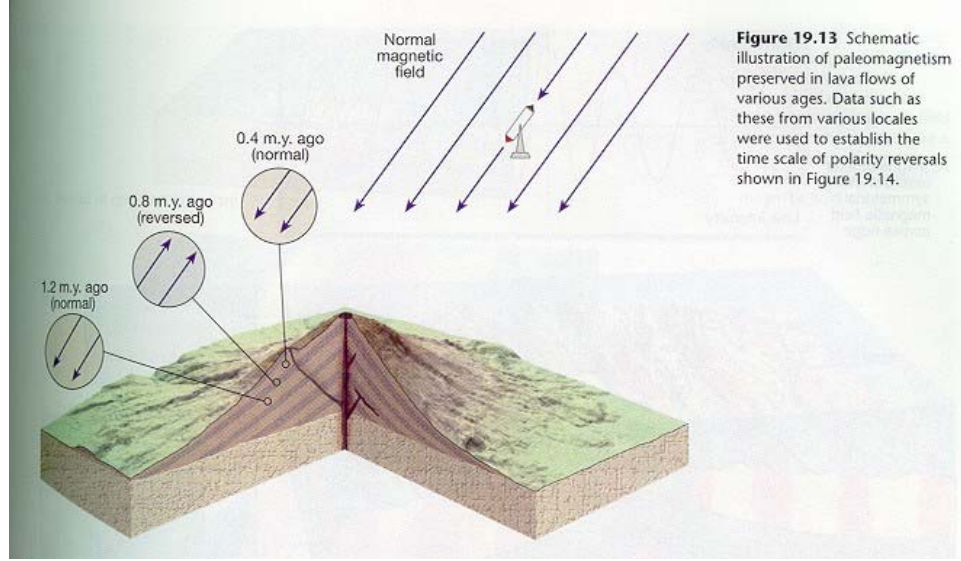
Jeomanyetik Terslenmeler

Hess’ in deniz tabanı yayılması formüle ettiği dönemde Jeofizikçiler yerin manyetik alanının periyodik olarak terslendiği (yani zamanla kuzey manyetik kutbu güney ve güney manyetik kutbun da kuzeye dönüşmesi) olgusunu kabul etmeye başlamışlardı. Ters polarite dönemlerinden birinde katılmış olan bir kayaç, bugün oluşan kayaçların tersi bir şekilde mıknatıslanmış olacaktır. Bugün manyetik alanda aynı manyetizmayı sunan kayaçlar “normal polarite” tersi söz konusu ise “ters polarite” sahiptir denir.

Manyetik

terslenme kanıtları
dünyadaki sediman
ve lav
örneklerinden elde
edilmiştir.

Manyetik
terslenme kavramı
bir kez kabul
gördükten sonra,
araştırmacılar
polarite

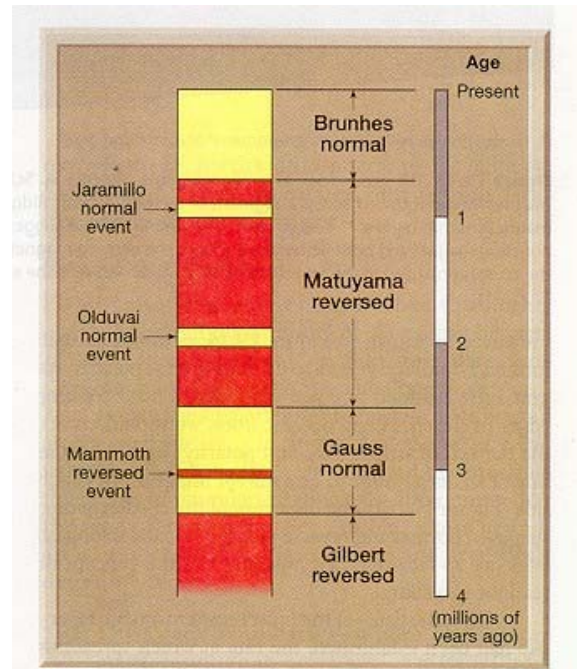


terslenmeler için bir zaman ölçeği oluşturmaya giriştiler. Yeryüzünde volkanik aktivitenin, kesik kesik te olsa milyonlarca sürdüğü bölgeler vardır. İş, farklı yaşlardaki çok sayıda lav akışında paleomanyetizma polaritesini ölçmektir. Bütün yerküreden toplanan bu veriler yerin manyetik alanı değiştiği zamanki yaşları saptamakta kullanılmıştır. Şekil 19.14' te son birkaç milyon yıl içinde polarite terslenmesi zaman ölçeğini göstermektedir.

Bu arada, manyetik terslenmelerle deniz tabanı yayılması hipotezi arasında belirgin bir ilişki açığa çıkarılmıştır. Araştırmacılar kabaca sırtta paralel yüksek ve alçak şiddetli manyetizmanın sözkonusu olduğu kabul şeritlerinin varlığını saptamışlardır. Bu manyetometre adı verilen, oldukça hassas, okyanus tabanını sırtta dik yönde kateden gemilere yüklenmiş aletlerle gerçekleştirilmiştir.

Bu oldukça basit manyetik değişim deseni 1963' te, Fred Vine ve P. H. Matthews düşük ve yüksek şiddetli dilimlerinin keşfini Hess' in deniz tabanı yayılması keşfine bağlayan kadar açıklamamıştı. Vine ve Matthews, yüksek şiddetli manyetizma şeritlerinin normal polarite gösteren okyanusal kabuğa karşılık geldiğini ileri sürmüşlerdir. Sonuç olarak bu kayalar varolan manyetik alanı

arttırırlar (güçlendirirler). Tersine, düşük yoğunluklu şeritler okyanusal kabuğun ters yönde polarize



olduğu, ve sonuç olarak varolan manyetik alanı zayıflattığı bölgelerdir. Fakat, normal ve ters mıknatıslanmış kayaç şeritleri bütün okyanus tabanlarına nasıl yayılabiliyordu ?

Vine ve Matthews, magmanın sırtları boyunca sokulduğu ve katılaştığını, manyetik bileş

Enlerin varolan (o anki) manyetik alanın polaritesini aldığı sonucuna vardılar. Son 700.000 yılda, küresel sırt sistemi boyunca normal mıknatıslanmış kabuk oluşmuştur. Ancak Şekil 19.14' te görüldüğü gibi, 1.5 milyon yıl önce oluşmuş okyanusal kabuk ters polarite gösterir. Sırtın iki yanına eşit

miktarlarda lav şeridi eklendiğinde, gerek polarite gerekse şekil itibarıyla okyanus sırtının bir tarafındaki desenin diğer taraftaki desenin aynadaki görüntüsü olması beklenir. İşte bu ard arda dizilen normal ve ters polarite şeritler, deniz tabanı yayılması kavramının şimdiye kadar sunulan en güçlü kanıtlarıdır.

Şu halde, bir kez en son manyetik

terslenmenin tarihi bir kez

saptandığında farklı sırtlardaki

yayıma hızları kesin olarak

saptanabilir. Örneğin Pasifik Okyanusu' nda, belirli bir zaman dilimindeki manyetik şeritler Atlantik Okyanusu' ndakinden daha geniştir. Buradan, Pasifik mermezindeki yayılmanın Atlantikttekinden daha hızlı gerçekleştiği sonucu çıkarabiliriz.

Artık bugün, paleomanyetizmanın kıta sürüklenmesi ve deniz tabanı yayılmasını desteklemek üzere ileri sürülen en ikna edici kanıt olduğu konusunda ortak bir kanaat bulunuyor. 1968 yılıyla birlikte, Jeologlar oluşlarını manyetik terslenmelerden çokta farklı olmayacak bir şekilde tersyüz etmeye başladılar. Bilimsel düşünce akımı artık hareketli bir dünyaya doğru ilerliyordu.

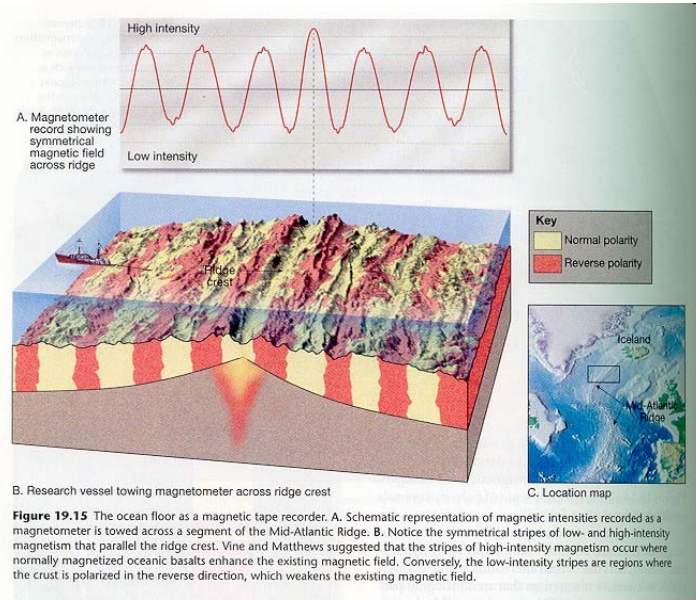


Figure 19.15 The ocean floor as a magnetic tape recorder. A. Schematic representation of magnetic intensities recorded as a magnetometer is towed across a segment of the Mid-Atlantic Ridge. B. Notice the symmetrical stripes of low- and high-intensity magnetism that parallel the ridge crest. Vine and Matthews suggested that the stripes of high-intensity magnetism occur where normally magnetized oceanic basalts enhance the existing magnetic field. Conversely, the low-intensity stripes are regions where the crust is polarized in the reverse direction, which weakens the existing magnetic field.

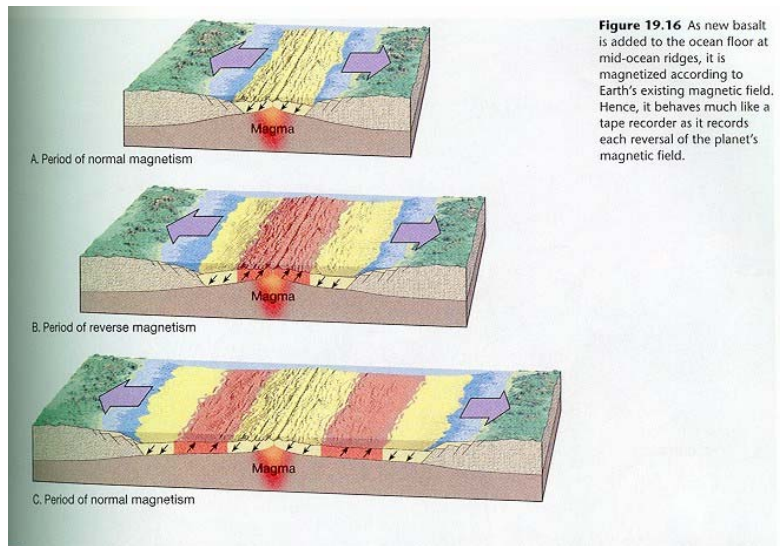


Figure 19.16 As new basalt is added to the ocean floor at mid-ocean ridges, it is magnetized according to Earth's existing magnetic field. Hence, it behaves much like a tape recorder as it records each reversal of the planet's magnetic field.

Levha Tektoniği: Eski düşüncenin yeni bir sürümü:

1968 yılıyla birlikte kıta kayması ve deniz tabanı yayılması kavramları Levha Tektoniği olarak bilinen daha kapsamlı bir teori halinde birleştirildi. Levha tektoniği Yer litosferinin yitik ve deniz tabanı yayılması mekanizmasıyla gözlenen hareketini açıklayan, ki bu hareketler sonucu kıtalar ve okyanus havzaları oluşuyor, değişik düşüncelerin bir birleşimidir. Levha tektoniğinin ima ettiği şeyler o kadar sınırsızdır ki, sonuçta bu teori pek çok jeolojik sürecin algılanmasına bir zemin oluşturdu.

Levha tektoniği modeline göre, mantonun en üst kısmında yer alan kabuk litosfer olarak bilinen, rijit ve dayanımlı bir tabaka olarak davranmaktadır. Bu en üst kabuk mantodaki astenosfer adı verilen daha zayıf bir bölge üzerinde yer alır. Dahası, litosfer “Levha” adı verilen çok sayıda parçaya bölünmüştür. Bunlar sürekli hareket halindedir ve şekil ve boyut açısından değişime uğrarlar. Şekil 19.17’ de gözüktüğü gibi, başlıca 7 büyük

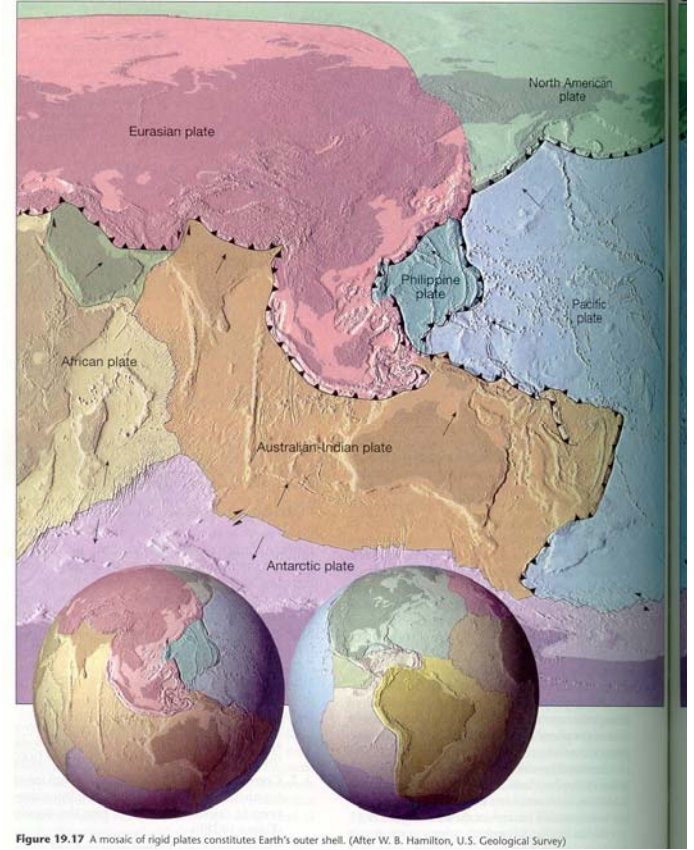
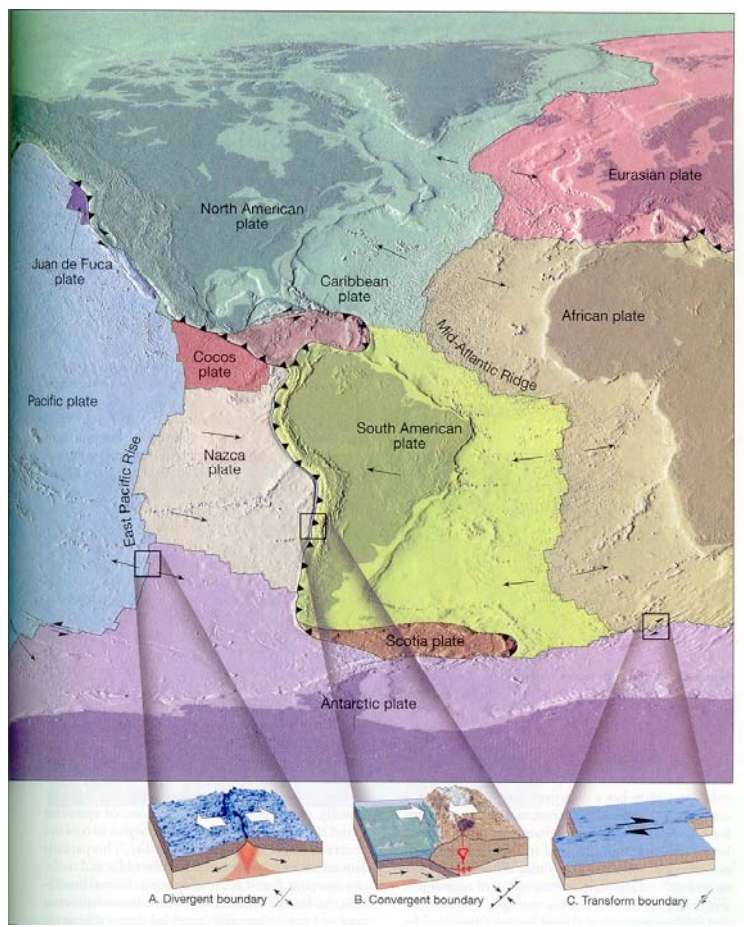


Figure 19.17 A mosaic of rigid plates constitutes Earth's outer shell. (After W. B. Hamilton, U.S. Geological Survey)

levha tanınmıştır. Bunlar Kuzey Amerika, Güney Amerika, Pasifik, Afrika, Avrasya, Avustralya ve Antartik levhalarıdır. Bu şekilde, bazı büyük levhaların bir kıtanın tamamıyla birlikte geniş bir deniz tabanın da kapsadığına dikkat ediniz (Örneğin Güney Amerika Levhası). Bu durum Wegener’ in kıta kayması hipotezinden büyük bir sapmadır. Wegener, kıtaların okyanus tabanı boyunca hareket ettiğini ileri sürmüştü, ancak okyanus tabanı ile birlikte hareket ettiğini düşünmemişti. Belirtilen şekilde, ayrıca, hiçbir levhanın sınırının tamamen kıta kenarların tarafından belirlenmediğine de dikkat ediniz.

Bu yedi büyük levhaya ek olarak bir de orta boy levhalar vardır: Karayip, Nazka, Filipin, Arap, Kokos ve İskoçya levhaları. Bunlara ek olarak bir düzine kadar Şekilde gösterilmemiş küçük boyutlu levhanın varlığına belirtelim. Bugün biliyoruz ki, litosferik levhalar oldukça yavaş (yılda birkaç santimetre mertebesindeki) hızlarla fakat sürekli bir şekilde hareket etmektedirler. Bu hareket, yer içindeki eşit olmayan ısı dağılımı tarafından sürdürülmektedir. Yerin litosferik levhalarının devasa ögütücü hareketi depremlere neden olur, volkanları oluşturur ve çok miktarda kayacı dağlar şeklinde deforme eder.



Levha Sınırları:

Levhalar, çevresindeki başkalarına göre yekpare küresel bir hareket halindedirler. Levhaların iç kısımları deforme olabilirse de, tek tek levhalar arasındaki asıl etkileşim (ve dolayısıyla deformasyonun çoğu) levhaların sınırlarında oluşur. Aslında levha sınırlarının belirlenmesine ilişkin ilk girişimler deprem yerleri kullanılarak yapıldı. Sonraki çalışmalar levhaların üç farklı sınırla bağlandığını, ve bu üç sınırın farklı hareketler sergilediğini ortaya çıkardı. Bu sınırlar;

- 1- Uzaklaşan Sınırlar (Divergent boundaries): Buralarda levhalar birbirlerinden uzaklaşırlar; bu, yeni deniz tabanı oluşturmak üzere magma malzemesinin yukarıya doğru yükselmesine yol açar
- 2- Yaklaşan Sınırlar (Convergent boundaries): Buralarda levhalar birbirlerine yaklaşırlar ve sonuçta okyanusal litosferi mantoya dalarak tükenmesi gerçekleşir.
- 3- Transform Faylı Sınırlar: Buralarda, levhalar litosfer oluşum veya yitimi gerçekleşmeksizin, birisi diğerinin yanından sürtünerek geçer.

Her bir levha bu sınırlardan birkaçı ile sınırlanmıştır. Örneğin Nazka levhası, batıda bir uzaklaşan sonra, doğuda yaklaşan sınıra ve uzaklaşan sınırları atıma uğratan birçok transform fayla sınırlanmıştır. Her ne kadar dünyanın toplam yüzey alanı değişmiyorsa da, yaklaşan ve uzaklaşan levhaların dağılımına göre alan açısından büyüyüp küçülebilirler. Örneğin Atlantik ve Afrika levhaları neredeyse tamamen uzaklaşan sınırlar tarafından çevrelenmiştir ve bu yüzden alan açısından giderek büyümektedirler. Bunun tersine Pasifik levhası kuzey ve batı kenarları boyunca mantoya dalarak tüketilmektedir, ve bu yüzden alanı azalmaktadır.

Bunların ötesinde, bu rijit bloklara etkileyen kuvvetlere bir yanıt olarak yeni bazı levha sınırları da oluşabilir. Örneğin kısmen yeni bir levha sınırı Doğu Afrika rift vadisi olarak bilinen bölgede halen gelişimini sürdürmektedir. Eğer burada yayılma devam ederse Afrika levhası bir okyanusla bölünmüş iki levhaya ayrılacaktır.

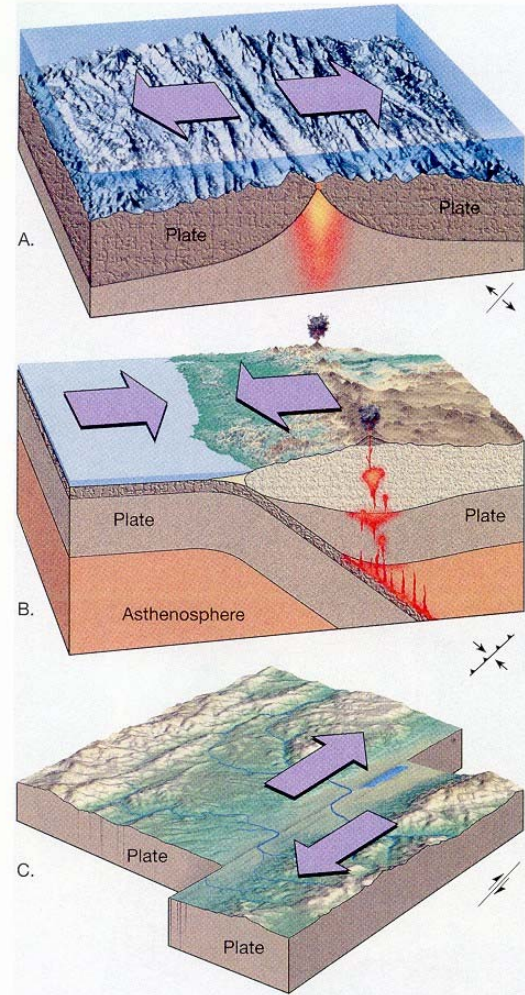


Figure 19.18 Schematic representation of plate boundaries showing the relative motion of plates. A. Divergent boundary. B. Convergent boundary. C. Transform fault boundary.