GENEL FİZİKİ COĞRAFYA

Editör
Prof. Dr. Barbaros Gönençgil

nobel

GENEL FİZİKİ COĞRAFYA

Editör: Prof. Dr. Barbaros Gönençgil

Yayın No. : 2145
Eğitim No. : 420
ISBN : 978-605-7928-54-2
Basım Sayısı : 1. Basım, Aralık 2018

© Copyright 2018, NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ. SERTİFİKA NO.: 40340
Bu baskının bütün hakları Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.ne aittir. Yayınevinin yazılı izni olmaksızın, kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz.

Çalışma içeriklerinden yazarlar sorumludur.

Genel Yayın Yönetmeni : Nevzat Argun -nargun@nobelyayin.com-
Yayın Koordinatörü : Gülfem Dursun -gulfem@nobelyayin.com-

Redaksiyon : Seda Çelikkaya -seda@nobelyayin.com-
Sayfa Tasarım : Semra Avcı-semra@nobelyayin.com-
Kapak Tasarım : Mehtap Yürümez -mehtap@nobelyayin.com-
Baskı ve Cilt : Atalay Matbaacılık / Sertifika No.: 15689-
Büyük Sanayi 1 Cad. Elif Sok. No.:7/236-237 İskitler / ANKARA

Kütüphane Bilgi Kartı

Gönençgil, Barbaros.
GENEL FİZİKİ COĞRAFYA */ Editör: Prof. Dr. Barbaros Gönençgil*
1. Basım. VIII + 416 s. 16x23,5 cm. Kaynakça var, dizin yok.
ISBN: 978-605-7928-54-2
1. Coğrafya 2. Fiziki Coğrafya 3. Coğrafya Eğitimi

Genel Dağıtım

ATLAS AKADEMİK BASIM YAYIN DAĞITIM TİC. LTD. ŞTİ.
Adres: Bahçekapı mh. 2465 sk. Oto Sanayi Sitesi No:7 Bodrum Kat Şaşmaz-ANKARA - siparis@nobelyayin.com-
Telefon: +90 312 278 50 77 - **Faks:** 0 312 278 21 65
E-Satış: www.nobelkitap.com - www.atlaskitap.com - **Bilgi:** esatis@nobelkitap.com - info@atlaskitap.com

Dağıtım ve Satış Noktaları: Alfa Basım Dağıtım, Ana Basım Dağıtım, Arasta, Arkadaş Kitabevi, Başarı Dağıtım, D&R mağazaları, Dost Dağıtım, Güneş Dağıtım, Kitapsan, Nezih Kitabevleri, Prefix, Remzi Kitabevleri, TveK Mağazaları

BÖLÜM 4: JEOLOJİK TEMEL BİLGİLER 103
Hüseyin Turoğlu

GİRİŞ 103
1. JEOLOJİ BİLİM DALININ KONUSU VE KAPSAMI 105
1.1. Jeoloji Bilim Dalının Bölümleri 105
2. DÜNYA'NIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ 107
2.1. Dünya'nın İçyapısı 108
2.2. Dünya'nın Oluşumu 110
2.3. Dünya'nın Yaşı 111
3. YERKABUĞU MALZEMELERİ: KAYALAR 117
3.1. Elementler ve Mineraller 119
3.2. Magmatik (Katılaşım) Kayalar 120
3.3. Tortul (Sedimanter) Kayalar 121
3.4. Metamorfik (Başkalaşım) Kayaları 122
4. YERYÜZÜNÜ ŞEKİLLENDİREN ETKEN VE SÜREÇLER 124
4.1. Levha Tektoniği 125
4.2. Volkanik Faaliyetler 129
4.3. Volkanik Merkezlerin Dağılışı ve Tektonizma 133
KAYNAKÇA 134

BÖLÜM 5: JEOMORFOLOJİ 137
T. Ahmet Ertek

GİRİŞ 137
1. AKARSU TOPOĞRAFYASI 156
2. BUZUL TOPOĞRAFYASI 169
3. KURAK VE YARIKURAK BÖLGELER (EOLİYEN) TOPOĞRAFYASI 176
4. KIYI TOPOĞRAFYASI 178
5. KARST TOPOĞRAFYASI 183
6. VOLKAN TOPOĞRAFYASI 188
7. YAPIYA BAĞLI TOPOĞRAFYALAR 193
8. ANA YERŞEKİLLERİ 199
KAYNAKÇA 201

BÖLÜM 6: GENEL KLİMATOLOJİ 203
Zahide Acar Deniz

GİRİŞ 203
1. KLİMATOLOJİNİN KONUSU VE AMACI 203
2. METEOROLOJİK GÖZLEMLER VE KLİMATOLOJİDE KULLANILIŞI 204
2.1. Meteorolojik Ölçümler ve Gözlemler 205
3. HAVA DURUMU VE HAVA TAHMİNİ 210
4. İKLİM 212
5. YERKÜRE ATMOSFERİ 213
5.1. Atmosferin Özellikleri 214
5.2. Atmosferin Katları ve Bileşimi 214
6. GÜNEŞ RADYASYONU VE YERKÜRENİN ENERJİ BİLANÇOSU 216
7. YERKÜRENİN SICAKLIK ÖZELLİKLERİ 218
7.1. Enlem Etkisi 218
7.2. Yerkürenin Günlük Hareketi 220

Bölüm 4

JEOLOJİK TEMEL BİLGİLER

Hüseyin Turoğlu
İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü

GİRİŞ

Adı "Geo" ile başlayan üç bilim dalı; geo-graphy (coğrafya), geo-logy (jeoloji), geo-physics (jeofizik) dünyayı çalışma konusu olarak ele alan bilim dallarıdır.

"Jeoloji", köken olarak "ge/geo (Dünya)" ve "logos/logia/logy/logie (bilim/çalışma/araştırma)" kelimelerinden türetilmiştir. Dünya'nın yapısını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, tarihini ve başlangıçtan günümüze gelişimini, şekillenmesinde rol alan etken ve süreçleri çalışma konusu olarak ele alan bir bilim dalıdır. Bu tanımlayıcı özelliği itibarıyla jeoloji; coğrafya ve jeofizik bilim dalları ile birlikte "Yer Bilimleri" bütününü oluşturan, birbirini tamamlayıcı, birbiri ile yakın ilişkili, birbirine ihtiyaç duyan üç bilim dalından biridir.

Yerbilimleri

Coğrafya, jeoloji ve jeofizik bilim dallarının ortak yönü; çalışma konularının "Dünya" olmasına karşın kendi içlerinde, konu ve yöntem olarak önemli farklılıklara sahiptirler. Bu üç bilim dalını "yer bilimleri" çatısında toplayan temel unsur; çalışma alanlarının ve konularının "Dünya" olmasıdır. Coğrafya bilim dalı yeryüzüne ve insana odaklanırken, jeofizik ise yerin içini ve yeraltını, jeoloji ise yerküre özellikle yerkabuğunu bir bütün olarak kendine konu alır.

Jeoloji; dünyanın yapısını, yer kabuğundaki zamana bağlı gerçekleşen fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikleri, dinamik etken ve süreçleri inceleyen bir bilim dalıdır.

Jeofizik bilim dalının en önemli farklılığı; kendine has araştırma yöntemlerinin olmasıdır. Yerkürenin içyapısını ve özelliklerini, katı arzı; fizik yöntem ve ilkelerini esas alan yaklaşım ve metotlarla araştırır. Jeoloji bilim dalı gibi Dünya'nın içyapısı ve yerkabuğu ile ilgili tanımlama misyonu dışında, ayrıca bu kapsamdaki problemleri anlamaya, çözüm üretmeye ve faydalanmaya yönelik hedefleri vardır.

Fiziki (yeryüzü ve güncel dinamik süreçler) ve beşerî (insan) konulardan oluşan iki alt bilim dalına sahip olması; çalışma-araştırma konusu yeryüzü olan coğrafya bilim dalını diğer iki bilim dalından ayıran temel özelliktir. Coğrafya bilim dalı; "Mekân, İnsan, Zaman" bütünselliğini anlamaya, tanımlamaya çalışır, ilişkisel gelişim ve etkileşimini sorgular, analiz eder, sonuçlara ulaşır ve sonuçları farklı amaçlar için kullanır. Buradaki "mekân"; yeryüzüdür. İnsan; beşerî çevreyi temsil eder. Zaman ise mekân ve insan unsurlarının ilişkisel yapısı ve gelişimindeki değişimin belirleyici, yönlendirici faktörüdür.

Coğrafya-Jeoloji

Coğrafya; günceldir. Fiziki ve beşerî unsurlar, güncel dinamik etken ve süreçlerin şekillendirici etkisi altında değişim ve gelişme gösterir. Biz fark etsek de fark etmesek de güncel morfodinamik etkenler (akarsular, rüzgârlar, dalga ve akıntılar, buzullar vb.) ve süreçler (fiziksel, kimyasal, biyolojik) aşındırma, taşıma ve biriktirme faaliyetleri ile jeomorfolojiyi değiştirmeye devam ederler. Zamana bağlı değişim; sadece jeomorfolojide değil, aynı zamanda iklim özelliklerinde, doğal bitki örtüsünde, toprak özelliklerinde, kısaca fiziki coğrafyanın tüm elemanlarında gerçekleşen doğal bir gelişmedir.

Özellikleri, zamana bağlı olarak değişim gösteren fiziki mekân; üzerinde beşerî fonksiyonlarında dinamik olarak sürdürüldüğü ve ilişkisel etkileşimi olan doğal ortamdır. İşte bu dinamizm coğrafyanın kendisidir ve geriye gidebildiği en eski geçmiş; coğrafyanın konularına ait güncel karakteristiklerin başlangıç zamanıdır. Ondan öncesi ise "Paleo" ön eki ile tanımlanır. Paleo-coğrafya; günümüz coğrafyası ile bir benzerliği olmayan, günümüzdekinden farklı koşullar altında gelişme göstermiş ve şekillenmiş coğrafyayı tanımlar.

Jeoloji; dünyanın oluşumundan günümüze kadar geçen süreyi ilgi alanı olarak alır. Yerkabuğu ve onu oluşturan malzemeler, onların özellikleri, evrimleri, varoluşlarından günümüze canlılar, jeolojik mazi içindeki hikâyeleri jeolojinin çalışma kapsamı içindedir.

Yukarıdaki açıklamalarda özetlenen coğrafya-jeoloji farklılıklarına rağmen mekânsal aynılık nedeni ile yerküreyi çalışan bu iki bilim dalı, araştırmalarında kendi hedefleri doğrultusunda birbirlerinin verilerine ihtiyaç duyarlar. Bu yüzden gerek jeoloji çalışmalarında coğrafi içerik ve gerekse coğrafya araştırmalarında jeoloji verilerinden oluşan bölümler sıklıkla yer alır. Ancak bu içerikler; ilgili bilim dalı çalışmalarının hedefine ulaşmasında katkı sağlayacak kapsamda olup çalışmanın ana hedefinin önüne geçmez.

Coğrafya ile jeoloji bilim dallarının bu karşılıklı birbirini destekleyen ilişkisel iş birliği özellikle fiziki coğrafya çalışmalarında çok belirgin olarak ön plana çıkar. Jeomorfoloji; fiziki coğrafyanın klimatoloji, hidrografya, biyocoğrafya, pedoloji gibi çalışma alanlarından biridir ve jeomorfoloji araştırmaları için fiziki coğrafyanın bu araştırma alanlarına ait verilere ihtiyaç duyulur. Coğrafya, fiziki coğrafya ve daha özel olarak da jeomorfoloji araştırmaları için ayrıca "jeoloji" verileri de içerikleri ve kapsamları değişmekle birlikte önemli ve gereklidir.

1. JEOLOJİ BİLİM DALININ KONUSU VE KAPSAMI

Jeoloji bilim dalı, dünyanın hem fiziksel özelliklerini (fiziksel jeoloji) ve hem de tarihsel geçmişini (tarihsel jeoloji) anlamaya çalışır. Bu iki ana konuyu üç ana başlık altında ele alır. Bunlar; (1) Dünya'nın fiziksel özellikleri, (2) Dünya'yı şekillendiren etken ve süreçler, (3) doğal kaynaklar ve tehlikelerdir.

1. **Dünya'nın fiziksel özellikleri** kapsamında; Dünya'nın oluşumu, içyapısı, katı arz adı verilen yerkabuğu, mineraller ve elementler, kayalar, Dünya'nın yaşı, kıta kalkanları, stratigrafi (tarihsel jeoloji) vb. konular sayılabilir.
2. **Yeryüzünü şekillendiren etken ve süreçler** kapsamında; tektonik faaliyetler (levha tektoniği, orojenik ve epirojenik hareketler) ve volkanik faaliyetler ana konu başlıklarıdır.
3. **Doğal kaynaklar ve tehlikeler;** jeolojinin insan ve diğer canlı yaşamı için anlamlı olan kaynak niteliğindeki (su, toprak, bitki, madenler, peyzaj, vb) doğal özelliklerdir. Tektonik hareketlerin neden olduğu depremler, tsunamiler, volkanik faaliyetlerin doğal sonucu olan volkanik püskürmeler ve farklı türlerdeki kütle hareketleri bu kapsamda öne çıkan konu başlıklarıdır.

1.1. Jeoloji Bilim Dalının Bölümleri

Jeolojinin çok sayıda alt bilim dalı vardır. Mineraloji, petroloji, sedimantoloji, stratigrafi, yapısal jeoloji, uygulamalı jeoloji; jeoloji bilim dalının alt bölümlerindendir.

Mineraloji; doğada var olan minerallerin fiziki özelliklerini, kimyasal bileşimlerini, kristal yapılarını, doğada oluşum ve dağılımlarını tüm yönleriyle araştıran, jeolojinin alt disiplinidir.

Petroloji; kayaların bileşimleri, dokuları (tekstür), yapıları (strüktür) ile ilgilenen, bunların kökenleri, oluşumları ve dağılış özelliklerini inceleyen, jeolojinin alt bilim dalıdır. Petrografi ve deneysel petroloji olmak üzere iki alt dalı vardır. Petrografi, petrografik mikroskop vasıtasıyla kayaların incelenmesi, tanımlanması ve sistematik sınıflandırmalarının yapılması ile ilgilidir. Deneysel petroloji, kaya oluşumunun meydana geldiği fiziksel ve kimyasal koşulları belirlemek amacıyla kayaların laboratuvar sentezini ve bu konulara ait araştırmaları kapsar.

Sedimantoloji; karasal, denizel ve geçiş ortamlarındaki birikimin fiziki özelliklerini, sedimentlerin boyutlarını, şekil özelliklerini, yatay ve düşeydeki tane boyu dağılış özelliklerini, depo içindeki sedimentlerin bileşimini konu alan, jeolojinin alt bilim dalıdır. Ayrıca sediment taşınması ve biriktirilmesinin mekanizması, çevresel koşullar, diğer jeolojik kayıtların çıkartılması konuları da araştırma alanı kapsamındadır.

Stratigrafi; farklı karakterlerdeki kayalardan oluşan tabakaların ardalanmalı yapılarına ait olmak üzere onların bileşimleri, sıraları, mekânsal dağılışları, sınıflamalarının yapılması "stratigrafi" biliminin çalışma alanı kapsamındadır. Biyostratigrafi, kronostratigrafi, litostratigrafi gibi alt bölümlerinden söz edebiliriz.

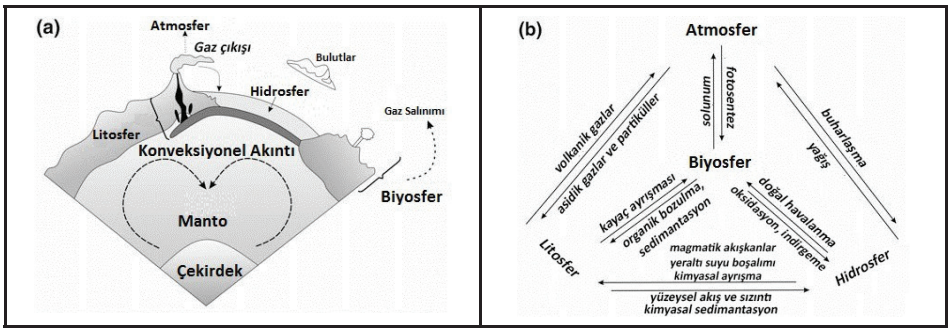
Yapısal jeoloji (tektonik); Yerkabuğu ve onu oluşturan kayalar üzerinde, farklı ölçeklerde (makro/kıtasal ve mikro/mikroskobik) ve farklı şekillerde meydana gelen deformasyonları çalışma konusu olarak alan jeolojinin bir dalıdır.

Paleontoloji; çeşitli jeolojik devirlerde yaşamış olan insan, hayvan ve bitki türlerine ait fosiller üzerinde araştırmalar yapar ve jeolojik devirlerde yaşamış olan canlılar hakkında bilgi sahibi olunmasına yardımcı olur. Paleontoloji, fosil bilim ya da taşıl bilim olarak da bilinir. Bir başka tanımlamayla soyu tükenmiş organizmaların fosillerini ve biyolojisini inceleyen bilim dalıdır.

Uygulamalı jeoloji; jeolojinin ekonomik, mühendislik, su temini veya çevre sorunlarına insan aktivitesi ile ilgili çeşitli alanlara uygulanmasını konu alan bölümüdür. Mühendislik jeolojisi, hidrojeoloji, çevresel jeoloji, afet jeolojisi, ekonomik jeoloji, maden jeolojisi, volkanik mühendislik, kaya mekaniği; uygulamalı jeoloji kapsamındaki alt uygulama alanlarıdır.

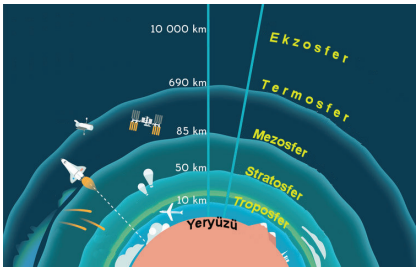
2. DÜNYA'NIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Bir gezegen olarak Dünya, dört ana bileşenden oluşur. Bunlar; (1) Atmosfer, (2) Hidrosfer, (3) Litosfer, (4) Biyosferdir (Şekil 1).



Şekil 1: Dünya'nın dört bileşeni. (a) Atmosfer, Hidrosfer, Litosfer ve Biyosfer. (b) Aralarındaki karşılıklı ilişki (Jain, 2014).

Atmosfer; Dünya'yı çevreleyen gazküredir. Bu gaz kütlesinin %99'u, nitrojen (N_2) ve oksijenden (O_2) meydana gelir. Geriye kalan sadece %1'lik bölümünü de argon ve çok az oranda da diğer gazlar meydana getirir (Tablo 1). Yeryüzünden itibaren 10000 km'den daha fazla bir kalınlığa sahip olan atmosfer; sıcaklıkları ve gaz içerikleri farklılık gösteren 5 kattan (Troposfer, Stratosfer, Mezosfer, Termosfer, Ekzosfer) meydana gelmiştir (Barry ve Chorley, 2004) (Şekil 1, 2) (Tablo 1).



Şekil 2. Atmosferin katları (Web 1).

Tablo 1. Atmosferin kimyasal bileşimi (Barry ve Chorley, 2004)

Bileşimi	Oranı (%)
Nitrojen (N_2)	78.084
Oksijen (O_2)	20.948
Argon (Ar)	0.934
Karbon Dioksit (CO_2)	0.033
Diğerleri (Ne, H, CH4, Kr, H_2, Xe, etc.)	0.002

Hidrosfer; yeryüzündeki ve yeraltındaki bütün doğal suları (okyanus, deniz, göl, akarsu ya da yapay su rezervasyonu) temsil eder. Hidrosferin yaklaşık %97,25'ini deniz ve okyanuslardaki tuzlu su kütlesi temsil eder. Hidrosferin toplam hacmi, dünyanın toplam kütlesinin sadece %0,03'ünü yapar (Şekil 1).

Litosfer; atmosfer ve hidrosfer hariç katı arzı temsil eder. ***Jeosfer*** ise Dünya'nın yeryüzünden iç merkezine kadarki litosfer, manto ve çekirdek dâhil tüm kısımlarını temsil eder (Şekil 1).

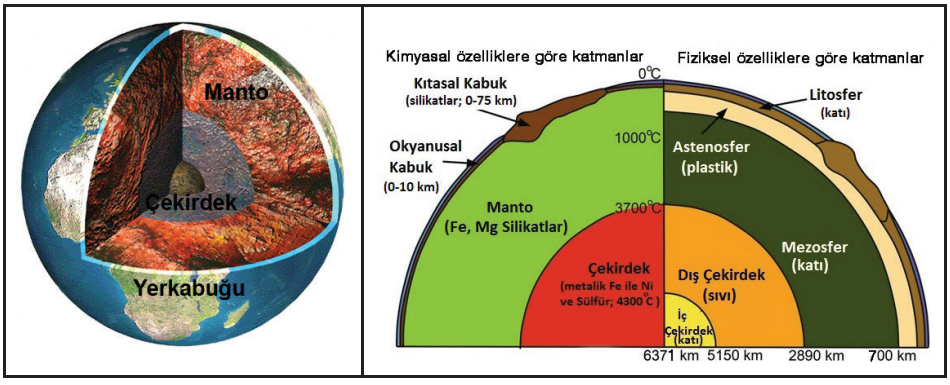
Biyosfer; atmosfer, hidrosfer ve litosferde yaşayan canlı yaşam çevresini temsil eder (Şekil 1).

2.1. Dünya'nın İçyapısı

Dünya'nın içyapısını, fiziksel ve kimyasal özellikleri farklılıklar gösteren üç ana bölüm oluşturur. Bunlar; **(1)** Çekirdek, **(2)** Manto, **(3)** Litosferdir.

Çekirdek: İç çekirdek ve dış çekirdek olmak üzere iki bölümden oluşur (Şekil 3). İç çekirdek katıdır, demir ve nikelden oluşur. Derinliği 5150-6371 km, kalınlığı 1221 km, kütle oranı %1,6, yoğunluğu 13,4 gr/cm^3 tür. Dış çekirdek; derinliği 2890-5150 km, kalınlığı 2260 km, kütle oranı %30,6, yoğunluğu 10,8 gr/cm^3 tür (Şekil 3) (Sen, 2001; Lutgens, vd. 2012; Jain, 2014).

Manto: Erimiş, yarı erimiş, katı ve gaz maddelerden oluşan, sıcaklıkları 1000°C-3700°C arasında değiştiği kabul edilen hamurumsu akışkan özelliğe sahiptir (Sen, 2001; Jain, 2014). Üst manto (10/35-50 km ile 400 km derinlikler, yoğunluğu 3,4-4,4 gr/cm^3 arasında) ve alt manto (650/700 km ile 2890 km derinliklerde, yoğunluğu 4,4-5,6 gr/cm^3 arasında) olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bu iki bölüm arasında ise geçiş zonu (400-700 km arası derinlikler) yer alır. Manto, mekanik katmanlar olarak *Mezosfer (katı)*, *Astenosfer (plastik)* ile birlikte yerkabuğunun altındaki *litosferik magma*yı da içerir (Lutgens, vd. 2012) (Şekil 3).



Şekil 3: Dünya'nın kesit özellikleri (Jain, 2014).

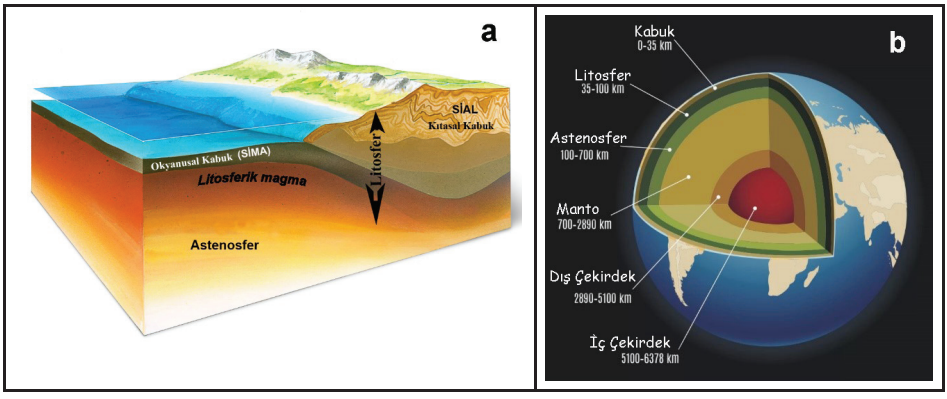
Yerkabuğu: Dünya'nın en dış katmanı olan "yerkabuğu"; manto üzerinde yer alan ve en az kalınlığa ve hacme sahip bölümüdür. Farklı bileşimli kaya-

lardan oluşmuştur. Ortalama kalınlığı karalarda 35 km, okyanus altında 7-10 km kadardır. Yerkabuğunun kütle oranı %0,4 kadar, yoğunluğu ise 2,7-3,3 gr/cm^3 olarak kabul edilir. Yerkabuğunun karalar ve okyanus altındaki bölümleri kimyasal ve minerolojik bakımdan da farklılıklar gösterir. Bu farklılıkları dikkate alarak yerkabuğu aşağıdaki gibi iki grupta sınıflandırılmıştır (Selley, 2005; Kusky, 2008; Lutgens, vd., 2012) (Şekil 3).

Kıtasal kabuk bunlardan biri olup silisyum oksit (%65-75 SiO_2) ve Alüminyum oksitçe (Al_2O_3) zengin kayalar olan granit, kumtaşı, kireçtaşı, vb. kayalardan oluşur. Kısaca "**SİAL**" olarak da anılır. Ortalama yoğunluğu 2,7 gr/cm^3 kadardır (Selley, 2005; Kusky, 2008; Lutgens, vd., 2012) (Şekil 3, 4).

Okyanusal kabuk ise diğer gruptur. Bazik karakterdeki koyu renkli, ağır magmatik kayaçlardan oluşur ve "**SİMA"** adı verilir. SİMA'nın bileşiminde demiroksit ve magnezyumoksit önemli yer tutar. Yoğunlukları 2,9 gr/cm^3 kadardır. SİMA içinde ayrıca yoğunluğu 2,9 gr/cm^3 olan daha ağır ve daha bazik (ultrabazik) unsurlar da yer alır. Okyanus tabanları SİMA'dan oluşur (Selley, 2005; Kusky, 2008; Lutgens, vd., 2012) (Şekil 3, 4).

Litosfer (Taşküre); dünyanın katı olan dış katmanını temsil eder. Yeryüzünden itibaren ortalama 100 km kalınlığa sahiptir. Bu katman; yer kabuğunu (Kıtasal kabuk-SİAL veya Okyanusal kabuk-SİMA) ve mantonun katı ve kırılgan olan en üst kısmını "Litosferik Magma" kısmını içerir (Şekil 4). Litosferden sonra astenosfere geçilir. Litosfer; viskoz, yoğun erimiş, akışkan bir katman olan astenosfer üzerinde yüzen farklı büyüklüklerdeki katı levhalar olarak yer alır (Ketin, 1977; Sen, 2001; Selley, 2005; Lutgens vd., 2012; Jain 2014).

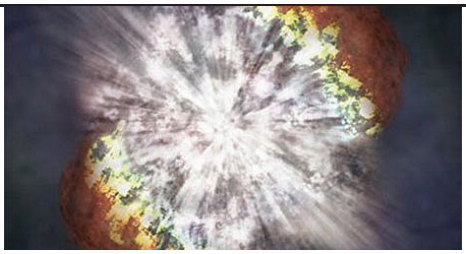


Şekil 4: Dünya'nın kesitinde; katı zon (Litosfer) ve astenosfere ait kısmının kesiti (Lutgens vd., 2012) (Web 2).

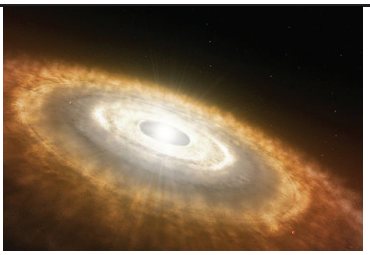
2.2. Dünya'nın Oluşumu

Büyük Patlama (Big Bang) Teorisi; yaklaşık 13,8 milyar yıl önce evrenin tek ve belirsiz bir hacme sahip bir noktadan (tekillikten) hızla genişleyerek nasıl büyüdüğünü ve bugünkü hâlini alış hikâyesini ifade eder. Genişleyerek büyüme; soğumaya, atomların oluşmasına, bu atomların bir araya gelip kümelenmelerine, yıldızların ve galaksilerin oluşmasına yol açmıştır (Web 3, 4).

Yıldızlar; kendi enerjilerini üreten gök cisimleridir. Yüksek sıcaklık ve basınç etkisi ile kütle çekimi kuvveti kontrolünde varlıklarını sürdürürler. Yıldızlar; nükleer füzyon tepkimeleri sonucunda patlayarak (Süpernova) yok olabilirler ya da büyük kütleli yıldızlarda; kütle çekiminden kaynaklanan potansiyel enerjinin azalmasına bağlı olarak yıldızın dış katmanlarının yıldızdan uzaklaşması ile bir süpernova patlaması gerçekleşebilir. Süpernova ile yeni yıldızlar oluşur. Süpernovalar Güneş'ten çok daha güçlü enerji yayabilme özelliğine sahiptir (Şekil 5, 6). Süpernovalar; maddenin evrende dağılmalarına-saçılmalarına ve yeni Güneş Sistemlerinin meydana gelmelerine neden olurlar. Güneş Sistemi'mizin oluşumunu da yaklaşık 6,6 milyar yıl önce gerçekleşen bir süpernova patlamasının tetiklediği kabul edilmektedir (Şekil 5, 6) (Web 5, 6, 7).



Şekil 5: Bir süpernova, bir yıldızın yaşam döngüsünün sonunda gerçekleşen büyük bir patlamadır (NASA).



Şekil 6: Solar Nebula ve Güneş Sistemi'mizin oluşumu (Universetoday)

Dünya'nın oluşumunu açıklamaya yönelik bazı hipotezler geliştirilmiştir. Bunlardan iki tanesi olan; "Nebula Hipotezi" ve "Planetesimal Hipotezi" ön plana çıkmaktadır.

Nebula Hipotezi

Güneş Sistemi'nin oluşumu ve evriminin açıklanmasında yaygın olarak kabul gören varsayımdır. İlk olarak 1734 yılında Emanuel Swedenborg tarafından öne sürülmüştür. Immanuel Kant 1755 yılındaki çalışmalarıyla, daha sonra Pierre-Simon Laplace 1796-1824 yıllarında birkaç baskı yapan "The System of the World" isimli kitabında açıklamalarıyla, Swedenborg'un "Nebula Hipotezi" daha

da geliştirmiştir. Bu araştırmalar nedeni ile Nebula Hipotezi; aynı zamanda "Kant-Laplace" Teorisi olarak da anılmaktadır (Selley, 2005; Lutgens vd., 2012). Türkçe literatürde ise Nebula Hipotezi; "Bulutsu Hipotezi" olarak kullanılmaktadır.

Nebula Hipotezine göre; Güneş ve Dünya dâhil Güneş Sistemi'mizdeki tüm gezegenlerin oluşumu, 6,6 milyar yıl öncesinde gerçekleşen süpernovanın tetiklediği gelişim süreci içinde, dev bir moleküler gaz ve toz bulutu olarak (Solar Nebula) başladı (Şekil 6). Solar Nebula; toz ve gaz kütlelerinin daha yoğun bölgelere toplanmaya başladığı, daha yoğun bölgelerin gittikçe daha fazla madde çekmesi, momentumun korunmasına ve dönme hareketinin başlamasına neden olmuştur. Bu gelişme; çekirdekteki basınç ve sıcaklığın artmasına, hidrojen atomları birleşerek helyum oluşmasına neden olmuştur. Oluşan malzemenin çoğu, hemen hemen mevcut maddenin yüzde 99'undan fazlası merkezde toplanarak Güneş'i meydana getirmiştir. Maddenin geri kalanı ise etrafında dönen disk içine doğru düzlemsel olarak yayılarak dağılmıştır. Zaman içinde merkezdeki kütle Güneş'i oluştururken malzemenin geri kalanı, Güneş'in etrafında dönen gezegenlere dönüşmüştür. Dünya'nın da içinde bulunduğu Güneş Sistemi'mizin şekillenmesi yaklaşık 4,57 milyar yıl öncesine atfedilmektedir (Web 5, 8, 9, 10, 11).

Planetesimal Hipotezi

T. C. Chamberlin, 1897'de jeolojik ve iklimsel argümanlar temelinde, gezegenlerin soğuk katı parçacıkların yığılmasıyla oluştuğunu öne sürmüştür. Sonradan Nebula Hipotezine alternatif olarak F. R. Moulton ile birlikte "Chamberlin-Moulton teorisi" olarak 1905'te Güneş Sistemi'nin kökeni hakkında kapsamlı bir "gezegensel teori" (Planetesimal Hipotezi) yayınlamışlardır. Daha sonra bu hipotez, 1918'de James Jeans ve Harold Jeffreys tarafından "Güneş ile ikinci bir yıldız arasında yakın bir karşılaşmanın ve çarpışmasının doğal sonucu" şeklinde daha da geliştirilmiştir. Planetesimal Hipotezi; Güneş Sistemi'nin iki yıldızın çarpışmasının bir sonucu olarak ortaya çıktığı düşüncesini içerir. Oysa evrende, yıldızların birbirinden çok uzak olduğu ve bu çarpışma olasılığının matematiksel olarak çok zayıf olduğu kabul edilmektedir. Bu düşük ihtimal evrende çok az gezegen sisteminin olması anlamına gelir. Dolayısıyla Planetesimal Hipotezi geçerliliğini koruyamamıştır (Brush, 1977; Selley 2005) (Web 10).

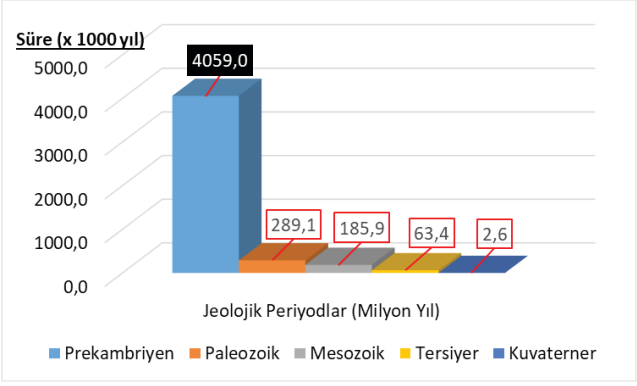
2.3. Dünya'nın Yaşı

Dünya'nın yaşı, katı arz üzerindeki geçmişin arşivi niteliğine sahip; biyolojik, jeolojik, radyometrik tarihlendirme, astronomik kanıtlardan elde edilen tarihlendirmelere dayandırılmaktadır. Bilinen ve kabul edilen dünyanın yaş ve evrelerine ait tarihlendirmeler bilimsel delillere dayandırılsa bile sonuçta bir varsayım olduğu unutulmamalıdır. Zira gelişen bilim ve araştırma teknolojileri

sayesinde her geçen gün yeni bir bulgu, keşif ve bilgiye ulaşılmakta, bu gelişmeler bazen doğru bildiğimiz yanlışların düzeltilmesine, yeni tarihlendirmelere ulaşılmasına, jeolojik kronolojide değişikliklerin yapılmasına neden olmaktadır. Bu yüzden "Uluslararası Stratigrafi Komisyonu" o yılki bilimsel gelişmeleri dikkate alarak gerekli değişiklikleri yapmak sureti ile her yıl yenilenmiş "Uluslararası Kronostratigrafik Tablo" yayınlamaktadır (Tablo 2) (Şekil 7, 8) (Web 12).

Günümüz bilgileri itibarıyla Güneş Sistemi'mizin oluşumu ve Dünya'nın yaşının 4,6 milyar yıl olduğu kabul edilmektedir (Tablo 2) (Şekil 7, 8). Biyolojik, jeolojik, radyometrik tarihlendirme, astronomik kanıtlardan elde edilen çıkarımlar; hem yaş hem de doğal ortam koşullarına ait bilgilerdir. Dünya'nın günümüzden önceki dönemlerine ait bu bilgi birikimi; Dünya'nın oluşumundan günümüze kadar tarihlendirmeler ile birlikte farklı coğrafi koşulları tanımlayan sınıflamalar yapılmasına fırsat vermektedir. Bu yaklaşım içinde, genel kabul gören jeolojik kronoloji; Prekambriyen, Paleozoik, Mesozoik, Senozoik olmak üzere 4 ana periyot olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 2) (Şekil 7, 8).

Jeolojik periyot, devir ve dönemlerin süreleri; jeolojik geçmiş hakkında ne kadar bilgiye sahip olduğumuz ile doğrudan ilişkilidir. Jeolojik geçmiş hakkında, günümüze yaklaştıkça daha fazla bilgi sahibi olmamız, daha detaylı sınıflama yapma, devir, dönem ve alt dönemlerin daha detaylı ve dolayısıyla daha kısa süreler için sınıflandırma yapılmasına fırsat vermektedir. Geçmişe doğru gidildikçe bildiklerimiz azalmakta, sınıflama süreleri uzamaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Jeolojik periyotlara ait süre karşılaştırması.

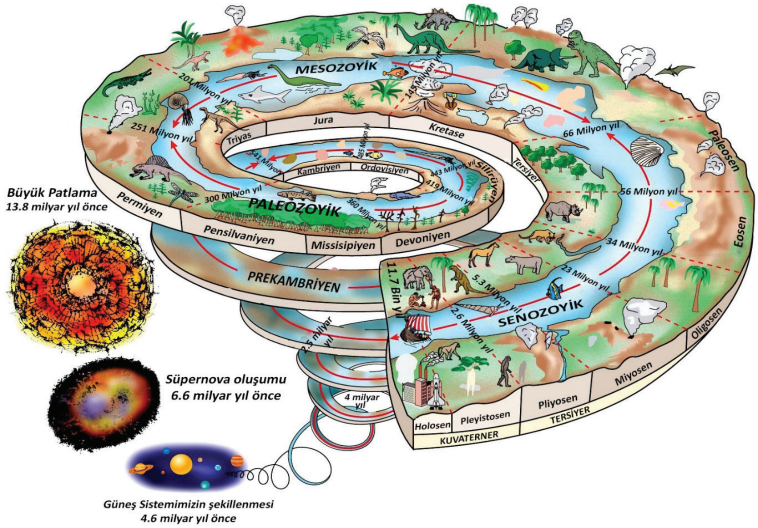
Prekambriyen; jeolojik kronoloji içindeki en uzun süreli ve dünya tarihi hakkında en az bilgi sahibi olunan dönemini temsil eder (Tablo 2). Günümüz bilgileri ışığında Prekambriyen; 4,6 milyar yıl ile 541 milyon yıl aralığı olarak kabul edilmiştir (4.059.000.000 yıl) (Şekil 7). Kambriyen öncesi dönem olarak Hadean, Arkeen, Proterozoik olmak üzere 3 dönem sınıflandırılmıştır. Katı arzın şekillenmesi, karaların ve denizlerin oluşması ve yeryüzündeki dağılışları, Arkeen'den itibaren bakteriler ve mavi-yeşil alglerin görülmeye başlaması, stromatolitlerin (Var olan en eski siyanobakteri fosilidir ve bizlere ilk canlılar hakkında bilgi verir.

Siyanobakteriler; güneş enerjisini kullanarak "fotosentez yapma" özelliği kazanmış ve oksijensiz olan okyanuslara oksijen aktarmaya başlamış bakterilerdir.) varlığı Hadean ve Arkeen dönemlerinin karakteristik özellikleridir. Prekambriyen'in sonlarına denk gelen dönemlere ait çok hücreli organizmaların fosil iz kanıtlarına rastlanmaktadır. Prekambriyen yaşam formlarının çoğunun kabuklarının olmadığı ve fosillerin tespit edilmesinin daha zor olduğu düşünülmektedir. Bu döneme ait bitki fosilleri hayvan fosillerinden biraz daha erken bulunmuştur. Prekambriyen'e ait kömür, petrol veya doğal gaz yoktur. Çok katmanlı yaşam formlarının ortaya çıkmasıyla bu dönemin sona erdiği kabul edilmektedir (Stokes, 1965; McAlester, 1973; Ketin, 1977; Preston, 1978; Lutgens vd., 2012) (Web 12, 13).

Paleozoik; jeolojik kronoloji içinde 541 milyon-251,9 milyon yılları aralığı zaman dilimini (289,1 milyon yıl) temsil eder (Tablo 2) (Şekil 7, 8). Kambriyen patlaması, Kambriyen Dönem'in başlangıcında Dünya'daki canlı çeşitliliğinde yaşanmış ani artıştır. "Kambriyen Patlaması"nda; Paleozoik Dönem'in yeryüzündeki canlı tür ve popülasyonlarındaki hızlı artış ile başladığı kabul edilir. Kambriyen, Ordovisiyen, Siluriyen, Devoniyen, Karbonifer ve Permiyen; Paleozoik Dönem'in alt devirleridir. Kambriyen ve Ordovisiyen'de trilobitler, omurgasızlar, kafadanbacaklılar yaygınlaşmıştır. İlk kara bitkilerinin Silüriyen'de ortaya çıktığı kabul edilir. İlkel köpekbalıkları, böcek fosilleri ve gelişen kara bitkileri Silüriyen ve Devoniyen devirlerinin öne çıkan canlılarıdır. Devoniyen'in sonlarına doğru deniz ve karada yaşayabilen amfibi sürüngenlerin ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Yeryüzü karaları bu dönemde "Pangea" adı verilen tek bir süper kıta şeklinde olduğu ve dünyanın diğer kısımlarının sular ile kaplı olduğu kabul edilmektedir. Paleozoik Dönem'in sonlanması ise Permiyen Dönem'de meydana geldiği kabul edilen; canlı türlerine ait nesil tükenmesi ve yok oluşa atfedilir. "Permiyen kitlesel yok oluşu" adı ile tanımlanan bu gelişmede o dönemde yeryüzündeki tüm canlıların yaklaşık %95'inin yok olduğu kabul edilmektedir (Stokes, 1965; McAlester, 1973; Ketin 1977; Preston, 1978; Selley, 2005; Lutgens vd., 2012) (Web 14).

Ana yaş	Periyod	Devir		Dönem	Milyon yıl
Fanerozoyik	Senozoyik	Kuvaterner		Holosen	0,0117
				Pleyistosen	2,588
		Tersiyer	Neojen	Pliyosen	5,333
				Miyosen	23,03
			Paleojen	Oligosen	33,9
				Eosen	56,0
				Paleosen	66,0
	Mesozoyik			Kretase	145,0
				Jura	201,3
				Triyas	251,9
	Paleozoyik			Permiyen	298,9
				Karbonifer	358,9
				Devoniyen	419,2
				Silüriyen	443,8
				Ordovisiyen	485,4
				Kambriyen	541,0
Prekambriyen	Proterozoyik				2500
	Arkeen				4000
	Hadean				4600

Tablo 2. "Uluslararası Kronostratigrafik Tablo-2018/07"den özetlenmiş jeolojik kronoloji (Cohen vd. 2018) (Web 12, 13).



Şekil 8: Dünya'nın; başlangıçtan, Prekambriyen'in basit yaşam formlarına ve günümüz insanının biyolojik evrimine uzanan özetlenmiş diyagramı (Pearson Prentice Hall - U.S. Geological Survey; Preston, 1978 den değiştirilerek).

Mezozoik, jeolojik kronoloji içinde 251,9 milyon-66,0 milyon yılları aralığı zaman dilimini (185,9 milyon yıl) temsil eder (Tablo 2) (Şekil 7, 8). Triyas, Jura ve Kretase; Mesozoik Dönem'in alt devirleridir. Mesozoik; dinazorlar çağı olarak da tanımlanır. Permiyen kitlesel yok oluş sonrasında, bu dönemde büyük bir hızla yeni canlı türlerinin ortaya çıktığı, canlı türlerinin çeşitlendiği, irileştiği, et obur ve ot obur dinazor türlerinin yaygınlaştığı kabul edilmektedir (Fotoğraf 1a, b, c). Triyas; dev sürüngen ve dinazorların yaygınlaştığı dönemdir. Jura; dev kuşlar ve memelilerin yaygınlaştığı alt devirdir. Bu dönemde zengin çeşitliliğe sahip gür bitki örtüsü hayvan toplukları için de beslenme kaynağı olmuştur. Mesozoik'te "Levha Tektoniği" kuramı ile kıtaların hareketleri, yeryüzündeki karalar ve yüzey şekilleri, denizler ve batimetrik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler dönemin öne çıkan doğal gelişmeleridir. Mesozoik iklimi için ortalama sıcaklıkların günümüzden daha yüksek olduğu, karasal iklimin sıcak çöller için uygun koşullar sağladığı, Ekvator kuşağı ve alçak enlemlerin bol yağış aldığı ve gür tropikal yağmur ormanlarının gelişmesine neden olan bir iklim tipi öngörülmektedir (Fotoğraf 1 a, b, c). Mesozoik-Senozoik geçişi; dinazorların kaybolduğu yeni bir yok oluşun yaşandığı dönem olarak kabul edilir (Stokes, 1965; McAlester, 1973; Ketin 1977; Preston, 1978; Scotese, 2000; Selley, 2005; Lutgens vd., 2012) (Web 15).







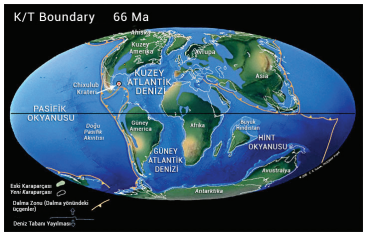
Fotoğraf 1a, b, c: Mezozoik coğrafyasına ait görseller (Web 2; Web 16, 17).

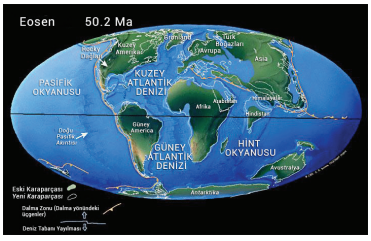
Senozoik; jeolojik kronoloji içinde 66,0 milyon-günümüz yılları aralığı zaman dilimini (66,0 milyon yıl) temsil eder (Tablo) (Şekil). Senozoik; Paleojen (66,0-23,03 milyon yıl aralığı), Neojen (23,03-2,588 milyon yıl aralığı) ve Kuvaterner (2,588-Günümüz zaman aralığı) olmak üzere 3 devirden oluşur. Paleojen ve Neojen ayrıca "Tersiyer" olarak da bilinir (Selley, 2005; Lutgens vd., 2012) (Fotoğraf 2a).

Paleojen (42,97 milyon yıl); Paleosen, Eosen ve Oligosen'den oluşur. Paleosen; geç Kretase ile birlikte canlı türlerinde yok oluş ve iklim değişikliği ile başlar. Kara ve denizlerin şekil ve konumları bugünkünden çok farklıdır. Eosen'de Hindistan Asya ile çarpışmaya, Tibet Platosu ve Himalayalar oluşmaya başlamıştır (Scotese, 2000). Eosen iklimi küresel olarak sıcak ve yağışlı kabul edilmektedir. Gür bitki örtüsü, günümüz memelilerinin (atlar, yarasalar, tavşanlar, kunduzlar, sıçanlar, fareler, etobur memeliler ve balinalar) ataları, Eosen Dönemi'nde gelişmişlerdir (Selley, 2005)(Fotoğraf 2b).

Neojen (17,697 milyon yıl); Miyosen ve Pliyosen olarak sınıflandırılmıştır. **Miyosen** genel olarak küresel yüksek sıcaklıkların etkisi altında geçen dönemdir. Özellikle Üst Miyosen (Tablo 2); evaporit havzaların oluştuğu, "Messiniyen Tuzluluk Krizi" olarak bilinen, Akdeniz'in sularının çekildiği ve Atlas Okyanusu ile bağlantısının kesildiği bir dönemdir (Turoğlu, 2009) (Fotoğraf 2c). Sıcak iklim koşulları **Pliyosen**'in başlarında küresel olarak etkisini hâlen sürdürüyorken orta Pliyosen'den itibaren giderek sıcaklıklarda azalma başlamış ve serin iklim koşulları etkili olmuştur. Şiddet, süre ve sıklık özellikleri dengesiz olan soğuk ve sıcak iklim koşulları, trend olarak soğuma eğilimi göstererek Pliyosen'in ikinci yarısında küresel olarak etkili olmuştur (Selley, 2005; Turoğlu, 2011) (Fotoğraf 2d).

2,588 milyon yıl olarak kabul edilen **Kuvaterner;** Pleistosen (2.588.000-11.700 yıl aralığı) ve Holosen (11.700 yıl) olarak kabul edilir. Kuvaterner'in en belirgin iki özelliği; bu dönemde meydana gelen küresel iklim değişiklikleri ve insanın tarih sahnesine çıkmasıdır (Selley, 2005; Turoğlu, 2009; Turoğlu, 2011) (Fotoğraf 2e).











Fotoğraf 2a, b, c, d, e, f, g: Başlangıçtan günümüze, Senozoik coğrafyasına ait görseller (Scotese, 2000; Web 2; Web 18, 19, 20).

Kuvaterner'in hemen hemen tamamını temsil eden Pleistosen; soğuk ve sıcak dönemlerin ardalandığı, önceleri 41 bin, daha sonra ise 100 bin yıllık soğuk koşullara bağlı olarak küresel buzulların dünyayı etkisi altına aldığı, buzullaşma dönemlerinde deniz seviyesinin alçaldığı, buzul arası dönemlerde yükselen sıcaklıklar nedeni ile buzulların eridiği ve deniz seviyesinin yükseldiği, bu coğrafi gelişmelere bağlı olarak da klimatik, jeomorfolojik, hidrografik, pedolojik ve biyocoğrafik değişiklikler gerçekleşmiştir (Turoğlu 2011) (Fotoğraf 2e). Kuvaterner'de tektonik ve volkanik faaliyetler de etkinliklerini sürdürmüşlerdir. Holosen; Kuvaterner'in sadece 11.700 yıllık, hâlen içinde bulunduğumuz genel olarak sıcak dönemini temsil eder (Fotoğraf 2f). Hâlen Holosen sıcak döneminde olduğumuz kabul edilirken "Antroposen" olarak tanımlanan yeni bir döneme girildiği bilim adamları arasında tartışılmaktadır. İnsanlığın; doğal ortam koşullarının doğal seyrine müdahale ederek ciddi boyutlarda ve şiddette değişmesinde rol oynamasını; Antroposen Dönemi tartışmasının dayanağı olarak kabul etmektedirler (Fotoğraf 2g).





Fotoğraf 2a, b, c, d, e, f, g: Başlangıçtan günümüze, Senozoik coğrafyasına ait görseller (Scotese, 2000; Web 2; Web 18, 19, 20).

Tablo 3. Senozoik içinde, detaylandırılmış Neojen ve Kuvaterner kronostratigrafik tablosu (Turoğlu, 2009; Web 12, 13).

Periyod	Devir		Dönem	Sınıf	Ad	Zaman (x1000 yıl)
Senozoyik	Kuvaterner		Holosen		Holosen	0,0 - 11,7
			Pleyistosen	Üst	Tarantian	11,7 - 126,0
				Orta	Ionian	126 - 781
				Alt	Calabrian	781 - 1.806
				Enalt	Gelasian	1.806 - 2.588
	Tersiyer	Neojen	Pliyosen	Üst	Piacenzian	2.588 - 3.600
				Alt	Zanclean	3.600 - 5.333
			Miyosen	Üst	Messinian	5.333 - 7.246
					Tortonian	7.246 - 11.608
				Orta	Serravalian	11.608 - 13.820
					Langhian	13.820 - 15.970
				Alt	Burdigalian	15.970 - 20.443
					Aquitanian	20.443 - 23.030
		Paleojen	Oligosen			23.030 - 33.900
			Eosen			33.900 - 56.000
			Paleosen			56.000 - 66.000

Anadolu için günümüz ana yeryüzü şekillerinin oluşum ve gelişimi; kabaca Neojen ve Kuvaterner'de gerçekleşen tektonik ve volkanik faaliyetler ile belirginleşmiştir. Dış etkenler (akarsular, rüzgârlar, dalga ve akıntılar, buzullar) ve süreçler (fiziksel, kimyasal ve biyolojik); aşındırma, taşıma ve biriktirme faaliyetleri ile ana yeryüzü şekillerini işleyerek şekillendirmişlerdir. Bu sistemin çalışmasında tektonik hareketler, volkanik faaliyetler, iklim özellikleri ve zaman; belirleyici, yönlendirici rol oynamıştır. Bu sebepten dolayı; yerbilimciler tarafından Neojen ve Kuvaterner daima özel öneme sahip olmuştur, çok sayıda ve çok yönlü araştırmalar yapılmıştır. Böylesi bilimsel veri zenginliği Neojen ve Kuvaterner dönemleri kronostratigrafik sınıflandırmasının daha detaylı olarak yapılmasına imkân vermiştir (Tablo 3).

3. YERKABUĞU MALZEMELERİ: KAYALAR

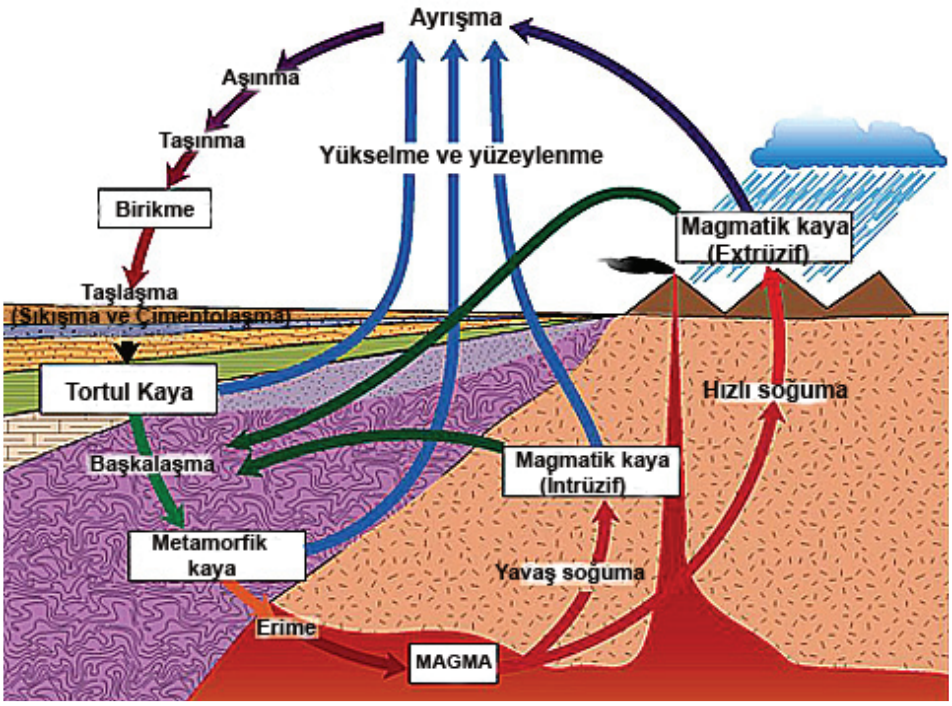
Genel anlamda, mineral topluluklarına kaya adı verilir. Kayaların bir tek mineralden oluşan örneklerine karşın birden fazla mineralin bir araya gelmesi ile oluşan örnekleri de vardır. Yerkabuğu malzemeleri organik ya da inorganik olabilir. Doğada var olan kayalar üç grupta toplanır. Bunlar; **(a)** Magmatik (Katılaşım) kayalar, **(b)** Tortul (Sedimanter) kayalar, **(c)** Metamorfik (Başkalaşım) kayalardır. Bu kaya türleri, yerkabuğu dinamiklerinin kontrolü altında "Kaya Döngüsü" dönüşümünden etkilenirler ve değişimleri gerçekleşir (Şekil 9).

Kayaların kökeni magmadır. Mantodan, litosfer içinde yeryüzüne yükselen magma iki şekilde kayaya dönüşebilir. Magma; ya litosferin farklı derinliklerine enjekte olarak orada yavaş yavaş soğuyarak katılaşır ve intrüzif magmatik (katılaşım) kayalarına dönüşür. Ya da doğrudan yeryüzüne çıkar ve hızlı bir şekilde soğuyarak ekstrüzif magmatik (katılaşım) kayalarına dönüşür (Şekil 9).

Magma; yüzeylenip lav hâlinden katılaşarak magmatik kayalara dönüştüklerinde atmosferik koşulların etkilerine maruz kalarak fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik yöntemlerle ayrışmaya başlarlar. Ayrışan kayalar; akarsular, rüzgârlar, dalga ve akıntılar, buzullar gibi dış etken ve süreçlerle aşındırılıp sediment olarak taşınır ve daha sonra biriktirilirler. Sedimentler organik ya da inorganik olabilir (Şekil 9).

Sedimentlerin, zaman içinde sıkışma ve çimentolaşmaya maruz kalmasıyla taşlaşma (Diyajenez) gerçekleşir ve "Tortul kayalar" oluşur. Tortul kayalar, sıcaklık ve basınç etkisi altında değişime uğrayarak başkalaşırlar ve metamorfizma gerçekleşir. Tortul kayalar olduğu kadar, magmatik kayalar da metamor-

fizmaya uğrayabilirler ve "Metamorfik kayalar" oluşabilir (Şekil 9). Eğer metamorfik kayalar yerin derinliklerinde yeterli sıcaklıklara ulaşırlarsa eriyerek tekrar magmaya karışırlar. Tüm kaya türleri yüzeylendiklerinde atmosferik koşullarla karşılaşırlar ve kaya yüzeylerinden itibaren ayrışma başlar. Bu durumda; magmatik, metamorfik ve tortul kayaların ayrışma ürünü sedimentleri tortul kayaları oluşturabilir (Şekil 9).



Şekil 9: Yerkabuğu malzemeleri olan kayalar, dinamik etken ve süreçlerin kontrolünde değişim, dönüşüm döngüsü içindedir. Bu döngü; "Kaya Döngüsü" olarak tanımlanır (Erinç 1982 ve Web 14'ten değiştirilerek).

3.1. Elementler ve Mineraller

Elementler; kayaları meydana getiren temel unsurlar olup ayrıştırma ya da birleştirme ile oluşturulamazlar. Katı, sıvı ve gaz hâlinde olabilirler. Saf, homojen ve maddelerdir. Günümüz için bilinen, 92 tanesinin doğal yolla oluştuğu kabul edilen, 118 element vardır. Ancak yerkabuğunu oluşturan kayaların %99,5'i bilinen elementlerin sadece 8 tanesi tarafından oluşturulur (Clarke ve Washington 1924; Crawford, 1998; Cull, 2009; Lutgens vd. 2012).

Mineraller; kayaların elementlerden oluşan temel yapı taşlarını oluştururlar (Şekil 10, 11). Doğal olarak oluşmuş, doğadaki elementlerin iki ya da daha fazlasının bir araya gelmesi ile belli bir kimyasal formülü olan, genellikle inorganik, katı, özel kristal yapılı ya da amorf yerkabuğu malzemeleridir. Tek bir mineralden oluşan kayalar (Şekil 10) olduğu gibi iki ve daha fazla mineralden oluşan kayalar da vardır (Şekil 11).

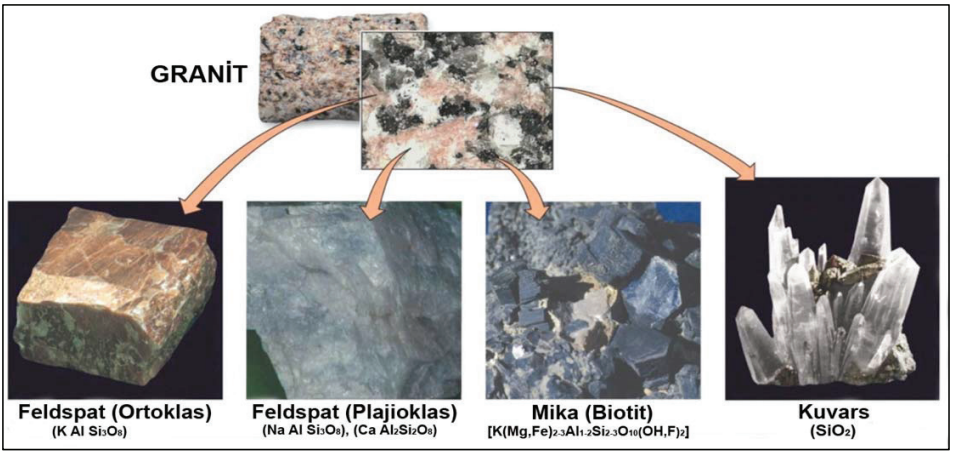
Her mineral kendine has kristal yapısına sahiptir. Kristalli olmayan, gözle görülemeyecek kadar küçük kristallere sahip olanlar "amorf" olarak isimlendirilir. Dünya'da 2000'den fazla mineral bilinmektedir. 30 kadarı tabiatta bulunan başlıca kayaların bileşimine girmekte ve onları oluşturmaktadır. Her mineral; kendine özgü ve tanımlayıcı karakteristik fiziksel özelliklere sahiptir (Erinç 1982; Crawford, 1998; Cull, 2009).

Tablo 4. Kayaları oluşturan elementler ve dağılış oranları

Element	Yerkabuğu	Dünya
Oksijen(O)	%46,3	%29,5
Silisyum (Si)	%28,2	%15,2
Alüminyum (Al)	%8,2	%1,1
Demir (Fe)	%5,6	%34,6
Kalsiyum (Ca)	%4,1	%1,1
Sodyum (Na)	%2,4	%0,6
Potasyum (K)	%2,1	%0,1
Magnezyum (Mg)	%2,3	%12,7
Diğerleri	%0,8	%5,1



Şekil 10: Kuvarsit (SiO_2) tek bir mineralden (Kuvars minerali - SiO_2) oluşan, amorf metamorfik bir kayadır.



Şekil 1.1: Kayalar bir ya da birden fazla mineralin bir araya gelerek bileşik yapmasıyla oluşurlar. Örneğin; granit, her biri ayrı bir mineral olan kuvars, feldspat ve mikadan meydana gelir (Kresan ve Mencke, 2010).

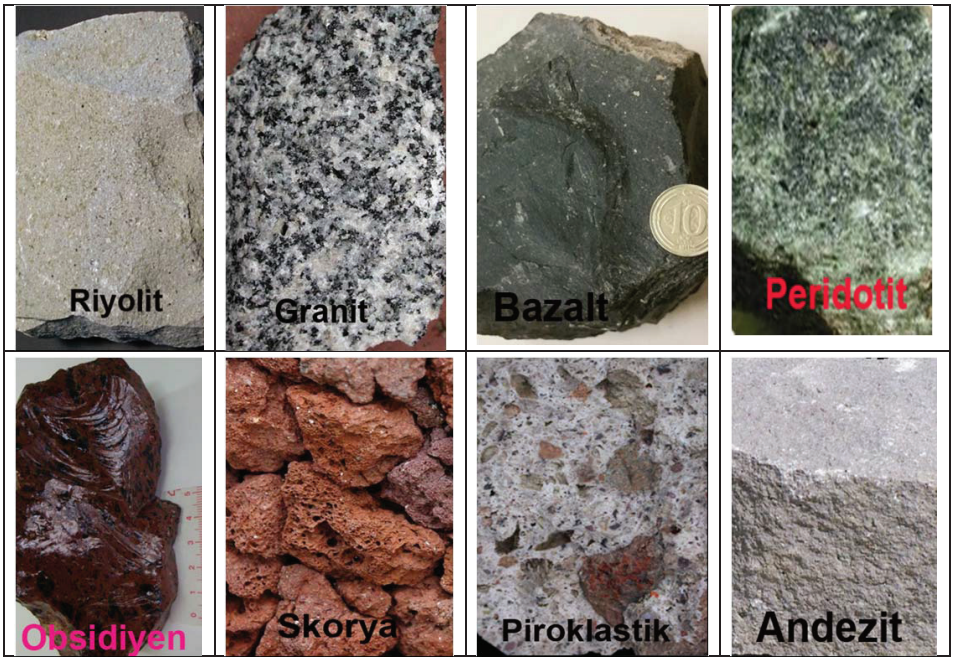
3.2. Magmatik (Katılaşım) Kayalar

Magmanın soğuyup katılaşmasıyla oluşan kayalardır. Magmanın nerede ve hangi koşullarda soğuduğu ve katılaştığı; oluşan magmatik kayanın kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerinde belirleyici rol oynar. Levha sınırları magmatik faaliyetler için zayıflık zonları olup magmanın sıklıkla litosfer içine enjekte olduğu ya da yüzeye çıktığı kuşaklardır.

Magmanın, litosferin derinliklerinde yavaş yavaş soğuması ve kaya hâline geçmesi ile iri kristalli katılaşım kayaları oluşur (Tablo 5). Bu tür kayalar "Faneritik dokulu" kayalar olarak tanımlanır. Magmanın yeryüzüne çıkması, hızla soğuması ve katılaşmasıyla; mineraller iri kristallerden oluşmaya fırsat bulamazlar ve ince kristalli olurlar. Bu tür kayalara ise "Afanitik dokulu" kayalar adı verilir. Magmanın, yeryüzüne yakın derinliklerinde soğuması ve katılaşmasıyla iri ve ince kristalli minerallerin birlikte bulundukları bir yapı gelişir ve bu yapıya "Porfirik doku" adı verilir. Porfirik dokunun oluşmasında; magmayı oluşturan minerallerin farklı soğuma sıcaklıklarına sahip olması ve yüzeye yakın bir derinliğe enjekte olan magmanın, yerin bu seviyesindeki sıcaklığı nedeni ile bazı minerallerin çok hızlı bir şekilde katılaşmalarına ve ince mineralli olmalarına, bazı minerallerin ise yavaş yavaş soğumaları ve iri kristalli olmalarına sebep olur. Magmatik kayaların diğer bir doku türü ise camsı dokudur. Obsidiyen; camsı dokudadır ve magmanın çok ani soğuması ile gerçekleşir. "Veziküler doku" ise magmatik kayaların gözenekli-boşluklu doku kayalarını tanımlar. En tipik olanları "skorya" ve "pomza"dır. "Kırıntılı (Piroklastik) doku" ise volkanik faaliyetler sırasında etrafa saçılan kırıntılardan oluşan kaya dokusudur (Şekil 12).

Tablo 5. Magmatik kayaların sınıflaması (Erinç, 1982; Lutgens, 2012 web 21).

Oluşum yeri	Asidik	Ortaç (Nötür)		Bazik	Ultrabazik
Yüzey	Riyolit	Trakit	Andezit	Bazalt	Çok nadir
Yarı derinlik	Riyolit porfiri	Trakit porfiri	Andezit porfiri	Bazalt porfiri	
	Granit porfiri	Siyenit porfiri	Diyorit porfiri	Gabro porfiri	
Derinlik	Granit	Siyenit	Diyorit	Gabro	Peridotit



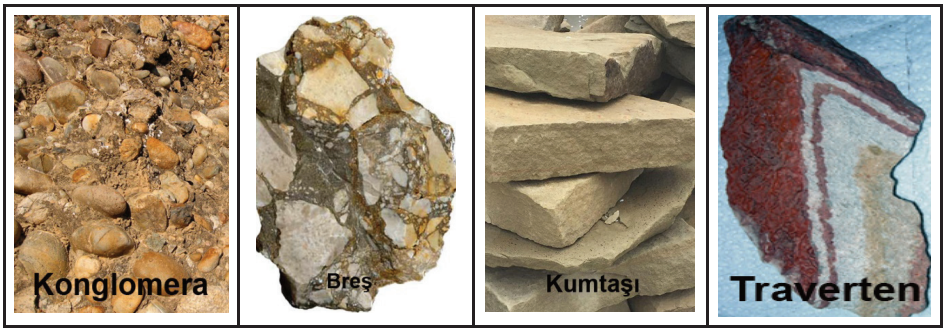
Şekil 12: Riyolit, granit, bazalt, peridotit, obsidiyen, skorya, piroklastik, andezit magmatik kayalardan bazılarıdır.

3.3. Tortul (Sedimanter) Kayalar

Yeryüzündeki kayaların ayrışma ürünü malzemeleri ya da flora veya fauna kalıntılarının taşlaşmasıyla (diyajenez) oluşan kayalardır. 3 sınıfta gruplanır. Bunlar; (a) Kırıntılı (Klastik, Detritik) tortul kayalar, (b) Kimyasal tortul kayalar, (c) Organik tortul kayalardır.

Şekil özellikleri kenarlı köşeli ya da yuvarlak olan, tane boyutları ise iri, orta ya da ince taneli olan, fiziksel parçalanma ile oluşan anakaya kırıntıları diyajenej geçirdiklerinde kırıntılı (klastik, detritik) tortul kayaları oluştururlar.

Konglomeralar, breşler, kumtaşları, arkoz ve grovaklar, kiltaşları, çamurtaşı, silttaşı bu grubun örneklerindendir (Şekil 13) (Erinç, 1982; Crawford, 1998; Cull, 2009; Lutgens, 2012).



Şekil 13: Konglomera, breş, kumtaşı, traverten; tortul kaya örneklerinden bazılarıdır.

Kimyasal tortul kayalar; suda eriyik olarak bulunan tuzların ve minerallerin kimyasal olaylar sonucunda çökelmeleri ile oluşan kayalardır. Oluşum şekillerinin farklılıkları nedeni ile (a) Kimyasal çökeller, (b) Evaporitler, (c) Sert kabuklar olmak üzere 3 türü vardır.

Karbonatlı çökel tortul kayalar; kalkerli olanlar (kalkerler, dolomit, traverten, kalker tüfleri (tüfa), sarkıt ve dikitler, kalker yumruları) ve silisli olanlardır (gayserit, kalsedon). Jips, tuz, kalker, anhidrit; evaporit tortul kaya örnekleridir. Kalkerli, tuzlu (hallitik), jipsli, silisli, demirli (lateritik) tortul kayalar "sert kabuklar"dır.

Organik tortul kayalar; unsurları organik kökenli olan sedimentlerin diyajenes sonucu kaya hâline dönüşmesi ile oluşan "tortul kaya" grubudur. 3 türü vardır. Bunlar; (a) Silisli organik kayalar (Radyolarit ve diatomit bu grubun 2 kaya türüdür.) , (b) Karbonatlı organik kayalar (mercan resifleri, tebeşir, foraminiferli kalkerler örnek verilebilir), (c) Karbonlu organik kayalardır (turba, linyit, kömür, taşkömürü, antrasit, petrol).

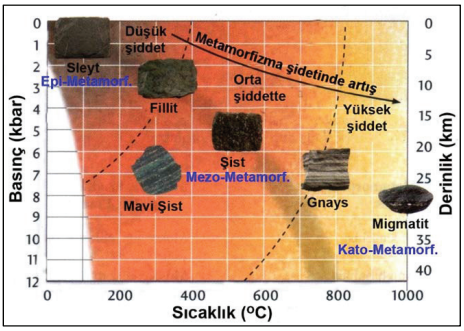
3.4. Metamorfik (Başkalaşım) Kayaları

Bu kayalar; var olan tüm kaya türlerinin sıcaklık, basınç ve/veya dolaşımda olan sıcak akışkanların etkisi altında, geri dönüşümü olmayacak şekilde değişikliğe uğrayarak yeni bir kaya hâline gelmesi ile oluşurlar. Kayalardaki başkalaşım; yukarıda belirtilen koşullar altında, erime olmadan, rekristalizasyona uğrayarak

gerçekleşir. Bu koşullar, genel anlamda konverjans levha sınırlarında sağlanır ve bu ortamlarda gerçekleşen başkalaşıma "Bölgesel Metamorfizma" adı verilir. Diğer iki başkalaşım yöntemi ise lokal etkilere sahip olan, "Kontak metamorfizması" ve "Dinamik metamorfizma"dır. Kontak metamorfizması; temasa bağlı olarak gerçekleşir. Dislokasyon ya da katalistik metamorfizma adı da verilen dinamik metamorfizma tektonik deformasyon zonlarında meydana gelir.

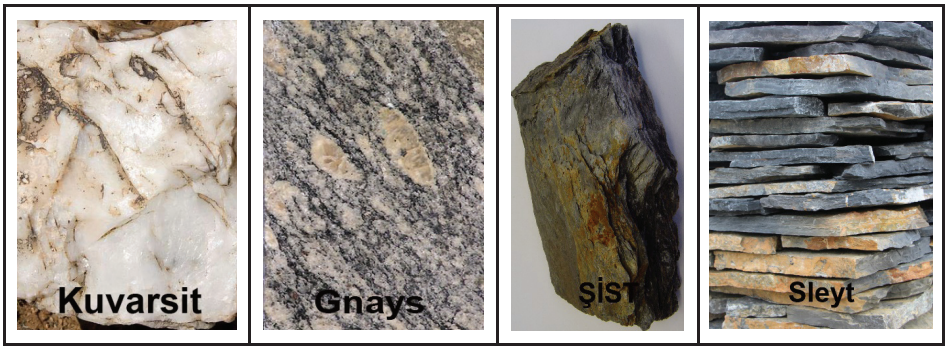
İki temel metamorfik kayaç türü vardır. Bunlar; **(a)** Foliasyonlu metamorfik kayalar, **(b)** Foliasyonsuz metamorfik kayalardır. Basınç ve sıcaklık faktörlerinin etkisi altında gerçekleşen başkalaşmada kayalarda foliasyonlanma (yapraklanma) meydana gelir. Gnays, fillit, şist ve sleyt gibi foliasyonlu (yapraklı) metamorfik kayaçlar; sıcaklık ve yönlü basınca maruz kalarak oluşan şistik yapıdaki (katmanlı, yapraklı) veya bantlı bir görünüme sahiptir. Foliasyonsuz metamorfik kayalar ise kütlevi yapıda olup yapraklanma (şistik) ya da bantlı yapı arz etmezler. Kuvarsit, mermer vb. metamorfik kayalar foliasyonsuz metamorfik kayalardır.

Metamorfik kayalar; metamorfizma koşullarına bağlı olarak başkalaşım geçirirler. Bölgesel metamorfizma süreci içinde olup başkalaşıma uğrayan kayanın bulunduğu derinlik, o kayanın nasıl ve ne derecede başkalaşıma uğrayacağını belirler. Derinlik arttıkça sıcaklık ve basınç yükselir, birlikte etkili olarak kayayı değişime uğratır. Konverjans levha sınırı zonlarında kaya derine indikçe metamorfizma şiddeti artar (Şekil 14). Yüzeye yakın derinlikler; düşük sıcaklık ve düşük basınç koşulları demektir. Bu yüzden düşük şiddetteki metamorfizma gerçekleşir (Epi-metamorfizma).



Şekil 14: Değişen koşulların kontrolünde gelişen metamorfizma tür ve şiddet gelişimi (Grotzinger ve Jordan, 2010).

En şiddetli metamorfizma ise sıcaklık ve basınç değerlerinin en yüksek olduğu derinliklerde gerçekleşir. Bu koşullardaki başkalaşma; Migmatit adı verilen iri kristalli metamorfik kayaları oluşturur. Sıcaklıkların daha da artması, metamorfizma koşullarını ortadan kaldırır, kayaların erimesine ve magmaya karışmasına neden olur (Web 16). Kuvarsit, gnays, şist, sleyt metamorfik kayalardan en sıklıkla karşılaşılan örnekleridir (Şekil 15).



Şekil 15: Kuvarsit, gnays, şist ve sleyt; metamorfik kaya örneklerinden bazılarıdır.

4. YERYÜZÜNÜ ŞEKİLLENDİREN ETKEN VE SÜREÇLER

Yeryüzü stabil olmayıp enerji kaynağına bağlı zaman faktörünün kontrolünde gerçekleşen ve şekillenen değişim dinamizmine sahiptir. Değişimi gerçekleştiren etken ve süreçlerin iki farklı enerji kaynağı vardır. Bunlar; (1) Dış kaynaklı enerji ve (2) İç kaynaklı enerjidir.

Dış kaynaklı enerji; güneş enerjisi ve gravite kuvveti dış kaynaklı enerjinin iki temel unsurudur. Birer etken olan akarsular, rüzgârlar, dalga ve akıntılar, buzullar; enerjisini Güneş'ten alır ve yeryüzünü fiziksel, kimyasal yöntemlerle aşındırırlar, taşırlar ve taşıdıkları organik-inorganik malzemeleri enerjilerinin azaldığı yerde biriktirerek yeryüzünü büyük bir sabırla değiştirir, şekillendirirler (dış etken ve süreçler). Güneş ve gravite; jeomorfolojinin (yeryüzü şekillerinin) oluşum ve gelişiminde rol alan morfodinamik etken ve süreçler için temel enerji kaynağıdır.

İç kaynaklı enerji; Dünya'nın içsel sıcaklık enerjisidir. Bu enerji, kaynağını; Dünya'nın oluşumu ile ilgili gelişmelerin doğal sonucu ve ayrıca içerdiği radyoaktif elementlerden alır. Dünya'nın içyapısının %67,4'ünü manto oluşturur. Mantonun litosfere yakın kısmının (±100 km derinlik) sıcaklığı yaklaşık 300°C civarındayken dış çekirdeğe yakın olan (±2900 km derinlik) kısmının 3700°C sıcaklığa kadar yükseldiği kabul edilmektedir.

İç etken ve süreçler; yeryüzünün şekillenmesinde ana yapıcı rollere sahiptir. Okyanus ve denizlerin açılması ya da kapanması, dağların oluşması, çarpılma ve yükselmelerin gerçekleşmesi, yeni kayaların oluşması vb. büyük boyutlarda ve geniş alanları etkileyen yapısal değişiklikleri gerçekleştirirler. Bir başka ifade ile yapıcı rolleri vardır.

Dış etken ve süreçler ise iç etken ve süreçlerin ortaya çıkardığı ana yapısal şekilleri aşındıran, değişikliğe uğratan, tahrip edici, taşıdıklarını biriktirip yeni jeomorfolojiler oluşturma rollerine sahiptirler.

İç etken ve süreçler; jeolojik olarak ön plana çıkan ve yeryüzünü şekillendirici, yapıcı etken ve süreçlerdir. Bunlar; (1) Levha Tektoniği ve (2) Volkanik Faaliyetlerdir.

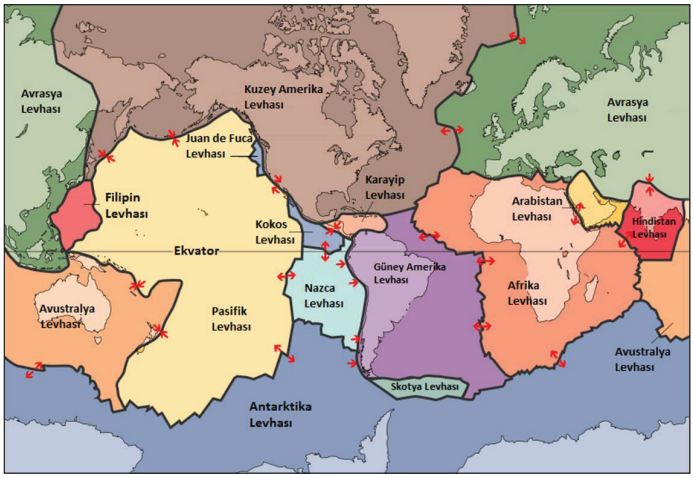
4.1. Levha Tektoniği

Ana yeryüzü şekilleri olan sıra dağlar, deniz ve okyanus çanakları, var olan deniz ve okyanusların kapanması ya da yenilerinin açılması, kıtaların yer ve şekil değiştirmeleri, günümüzde anlamlandırılması zor görünen geçmişe ait hayvan ve bitkilerin dağılışı, okyanus ortası sırtlar ve çukurlukların açıklamaları "Levha Tektoniği" Kuramı ile yapılmaktadır. Alfred Wegener'in "Kıtaların Kayma Teorisi, aslında Levha Tektoniği Kuramının temelini teşkil eder.

Litosfer; "fotoğraf puzzle" parçaları gibi irili ufaklı tektonik levhalardan oluşur. Tektonik levha; hem kıtasal hem de okyanusal litosferden oluşan, masif, katı ve düzensiz şekilli parçalardan oluşan Dünya'nın dış kısmına verilen isimdir. "Litosferik levha" olarak da ifade edilir. 7 tane olan büyük tektonik levhaların alanları 40-50 milyon km^2 den daha fazla büyüklüklere sahiptir. Alanları 5-25 milyon km^2 olan orta büyüklükle ve alanları 5 milyon km^2 den az olan küçük levhalar litosferi oluşturur (Tablo 6) (Şekil 16) (Crawford, 1998; Gates ve Ritchie, 2007; Grotzinger vd., 2007; Sawe, 2018) (Web 22).

Tablo 6. Boyutlarına göre büyük ve küçük tektonik levhalardan bazıları (Sawe,2018).

Büyük Levhalar	Orta Büyüklükte ve Küçük Levhalar
Pasifik Levhası (103,3 milyon km^2)	Somali Levhası (16,7 milyon km^2)
Kuzey Amerika Levhası (75,9 milyon km^2)	Nazca Levhası (15,6 milyon km^2)
Avrasya Levhası (67,8 milyon km^2)	Filipin Denizi Levhası (5,5 milyon km^2)
Afrika Levhası (61,3 milyon km^2)	Arap Levhası (5,0 milyon km^2)
Antarktik Levhası (60,9 milyon km^2)	Cocos Levhası (2,9 milyon km^2)
Hint-Avustralya Levhası (58,9 milyon km^2)	Caroline Levhası (1,7 milyon km^2)
Güney Amerika Levhası (43,6 milyon km^2)	Scotia Levhası (1,6 milyon km^2)

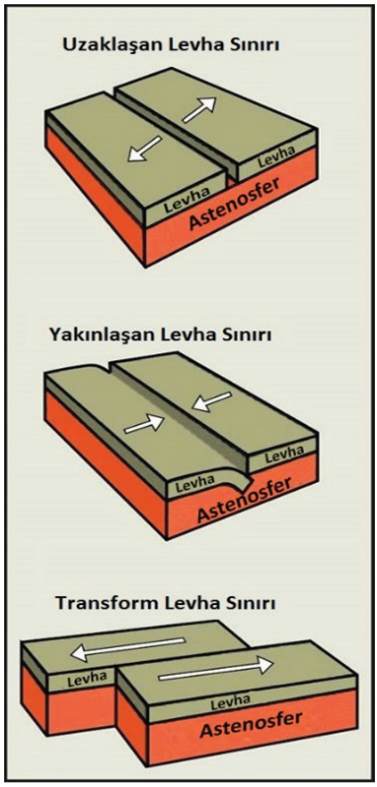


Şekil 16: Litosferi oluşturan levhalar (Web 22).

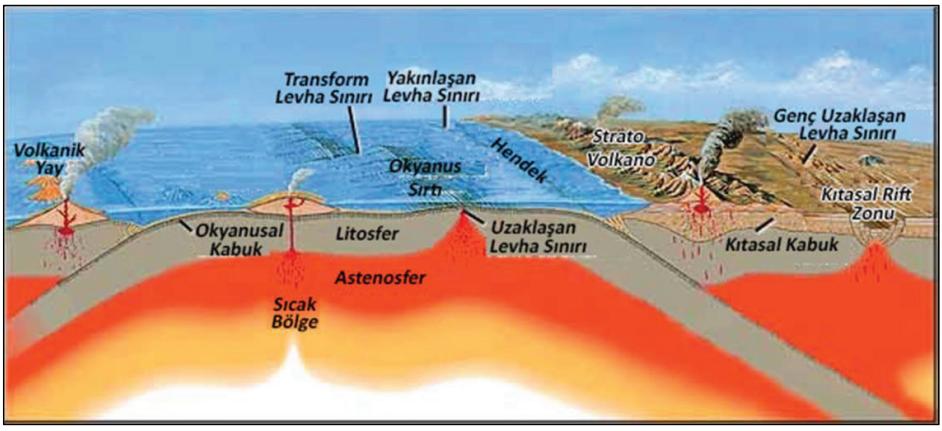
Yerkabuğunu oluşturan levhalar yılda 2,5 cm ile 15 cm arasında değişen hızlarla üç şekilde hareket ederler. Levhalar ters yönlerde hareket ederek birbirlerinden uzaklaşırlar. Bunlara "Diverjans Levha Sınırı" adı verilir. Bazen de levhalar birbirlerine yaklaşırlar ve çarpışırlar. Bunlara "Konverjans Levha Sınırı" adı verilir. Bazen ise levhalar yatay yönde kaymak sureti ile yer değiştirirler. Bu hareket ise "Transform Levha Sınırı" olarak tanımlanır (Crawford, 1998; Gates ve Ritchie, 2007) (Şekil 17, 18).

Levha hareketlerinin temel enerji kaynağı magmanın sıcaklık özelliğidir. 2840 km kalınlığındaki mantonun sıcaklığı her derinlikte aynı değildir. Üst manto bölgesinde sıcaklığın 1000°C civarında olmasına karşın derine indikçe alt mantoda (2700–2890 km derinlikler) sıcaklık artar ve çekirdeğe yaklaştıkça sıcaklık 3700°C civarına kadar yükselir (Jain, 2014). Manto içinde, derinliğe bağlı sabit sıcaklık artışına "Jeotermal Gradyan" adı verilir (Şekil 17, 18).

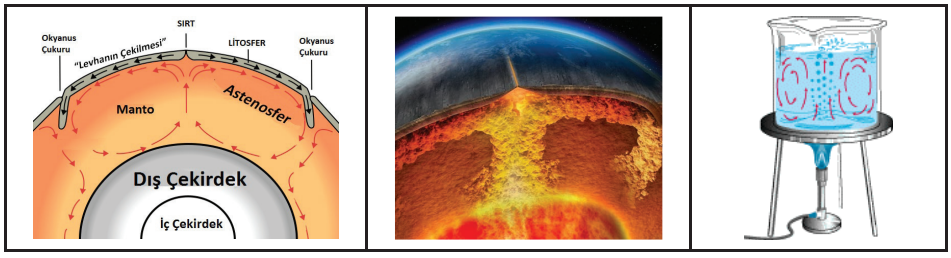
Mantodaki bu sıcaklık farkı; kıvamlı bir akışkan olan magma içinde konveksiyonel akıntı oluşturur (Şekil 19). Alt mantoda yüksek sıcaklık nedeni ile yoğunluğu azalan magma yükselir. Jeotermal gradyan nedeni ile üst manto-litosfer geçiş bölgesindeki daha az sıcaklık; magmanın yoğunluğunun artmasına ve alt manto derinliklerine doğru çökmesine neden olur (Şekil 17, 18).



Şekil 17: Tektonik levhaların hareket türleri (Web 23).

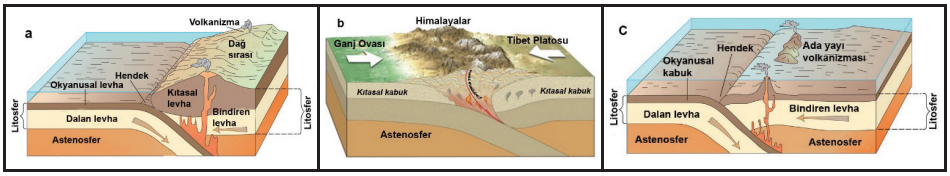


Şekil 18: Astenosfer üzerinde, üç farklı harekete sahip tektonik levha sınırları (Web 24).



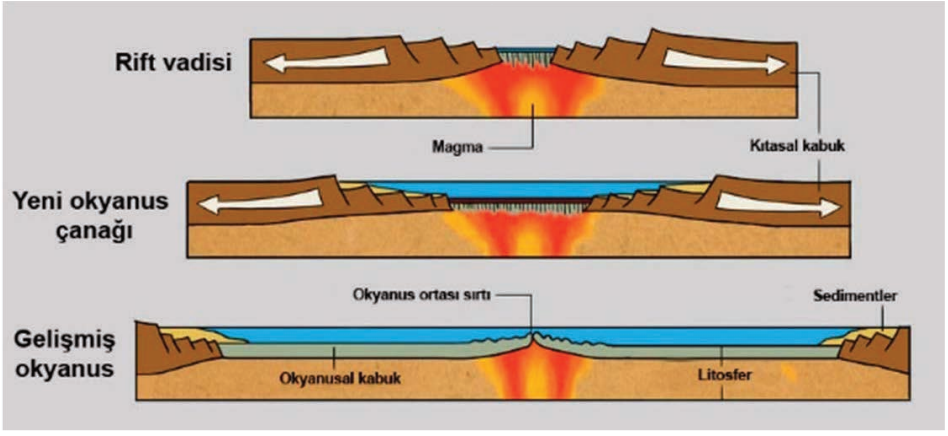
Şekil 19: Magmanın manto içindeki dairesel akıntı sistemi; jeotermal gradyanın ortaya çıkardığı doğal bir sonuçtur, aynı ateş üzerindeki kap içinde kaynayan suyun içindeki su hareketi gibi (Web 22).

Konverjans Levha Sınırları; çarpışan levha sınırlarıdır ve 3 türü vardır. Bunlar; (1) Kıtasal levha-Okyanusal levha çarpışması, (2) Kıtasal levha-Kıtasal levha çarpışması, (3) Okyanusal levha-Okyanusal levha çarpışmasıdır (Şekil 20). Konverjans levha sınırlarında; çarpışan levhalardan yoğunluğu daha fazla olan levha, diğerinin altına dalar ve astenosfer içinde derine doğru ilerleyerek eriyip magmaya karışır ve yitime uğrar. Okyanusal levha (2,9-3,0 gr/cm^3) kıtasal levhaya (2,6-2,7 gr/cm^3) göre daha yoğundur (Grotzinger, vd., 2007). Bu yüzden dalan ve yitime uğrayan okyanusal levhadır. Okyanusal levha-Kıtasal levha çarpışmasında okyanusal levha astenosfere dalar ve yitime uğrar. Okyanusal levhanın astenosfere dalması ile iki levha sınırında hendek (trenç) oluşur. Çarpışma sınırının kıtasal levha tarafında ise dağ sıraları ve volkanizma gelişir (Şekil 20a). Kıtasal levha-Kıtasal levha çarpışmasında çarpışma zonunda kalınlaşma ve yüksek engebeli, dağ kuşağı ve yüksek plato oluşumu gerçekleşir (Şekil 20b). Okyanusal levha-Okyanusal levha çarpışmasında ise daha yoğun olan levha yitime uğrar, "ada yayı volkanizması" gelişir (Crawford, 1998; Gates ve Ritchie, 2007; Kusky, 2008) (Şekil 20c).



Şekil 20: Konverjans levha sınırının 3 farklı türü: (a) Okyanusal levha-Kıtasal levha çarpışması, (b) Kıtasal levha-Kıtasal levha çarpışması, (c) Okyanusal levha-Okyanusal levha çarpışması (Web 22, 25).

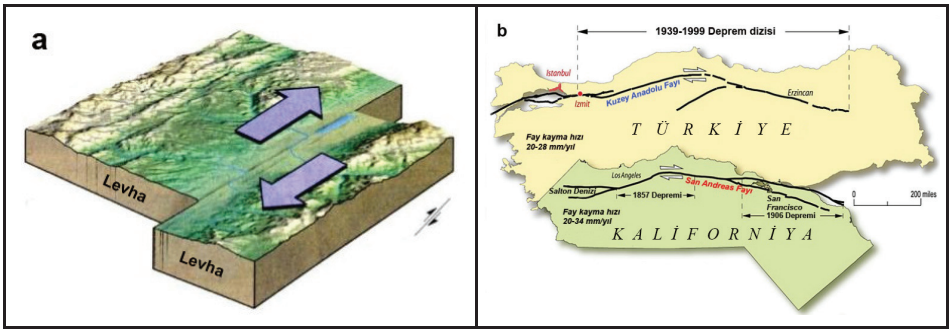
Diverjans Levha Sınırları; birbirinden uzaklaşan levhaların sınırıdır. Deniz ve okyanuslarda olduğu kadar karalar üzerinde de birbirinden uzaklaşan levha sınırları olabilir. Deniz ve okyanuslardaki diverjans levha sınırları; yeni kabuk oluşumlarının, Orta Atlantik Sırtı ve Doğu Pasifik Yükselişi gibi okyanus ortası sırtların geliştiği zonlardır. Karalar üzerinde gelişen diverjans levha sınırları önce "Rift vadilerinin" oluşması ile başlar ve levhaların birbirinden uzaklaşmasının ileri aşamalarında yeni bir deniz-okyanus çukurluğu açılır. Yeni açılan deniz-okyanus tabanında ise okyanusal kabuk ve okyanus ortası sırt gelişir (Crawford, 1998; Gates ve Ritchie, 2007) (Şekil 21).



Şekil 21: Isınarak yükselen magma litosfere büyük bir basınç uygulayarak kıtasal kabuğun önce yükselmesine ve incelmesine, sonra faylarla deformasyona uğramasına ve ters yönde çekilmek suretiyle rift vadisi oluşmasına neden olur. Levhaların zıt yönlerdeki sürüklenmeleri; yeni kabuk ve yeni bir okyanusun oluşmasına neden olur (Web 26).

Transform Levha Sınırları; tektonik levhaların bir kayma düzlemi boyunca yatay yönde yer değiştirmesine ait levha sınırıdır (Şekil 22a). Transform levha sınırı boyunca büyük depremler oluşabilir. Pasifik ve Kuzey-Amerika levhalarına ait sınır; bir transform levha sınırıdır. Bu iki levhanın birbirine ters yönlü hareket

ederek yatay yer değiştirmesi; Kaliforniya'daki San Andreas fay düzlemi boyunca gerçekleşir. "Kuzey Anadolu Fayı" bu konudaki bir diğer meşhur örnektir (Şekil 22b). Anadolu Levhası, kuzeyde yer alan Avrasya Levhası ile transform levha sınırına sahiptir. Anadolu Levhası yılda 20-28 mm'lik bir hızla batı yönünde ilerlemektedir (Ketin, 1976; Ketin, 1977; Crawford, 1998; Stein, 2000).



Şekil 22: (a) Diğer levha sınırlarında olduğu gibi kabuk deformasyonlarının meydana gelmeden, levhaların yatay yönlü olarak aksi istikametlerde yer değiştirmesi; transform levha sınırının karakteristik özelliğidir. (b) Kuzey Anadolu Fayı (NAF); Avrasya ile Anadolu levhaları arasındaki transform levha sınırıdır. Pasifik ve Kuzey Amerika levhaları arasındaki San Andreas fayı da bir transform levha sınırıdır (Stein, 2000) (Web 22).

4.2. Volkanik Faaliyetler

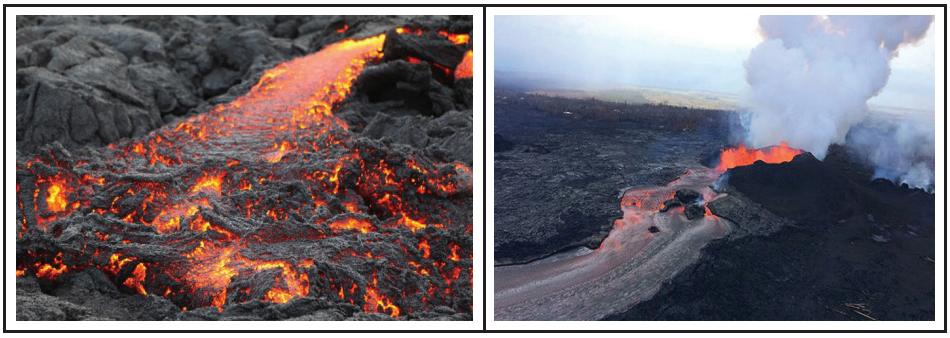
Volkanik faaliyetler; enerjisini yerkürenin içinden alan ve yeryüzü şekillerinin oluşumundaki diğer jeolojik yapıcı faktördür. Kaynağı manto olan akışkanlar ve gazlar ile birlikte ayrıca katı malzemelerin yeryüzüne çıkmasına, saçılmasına, yayılmasına ait faaliyetler olup genellikle "volkanizma" olarak ifade edilir. Farklı yöntemler ile gerçekleşen volkanizma; manto ürünlerinin volkanizma öncesindeki mevcut topoğrafyayı örterek değişmesine, yeni yeryüzü şekillerinin oluşmasına neden olur. Volkanizma; "ekstrüzif magmatik faaliyet" olarak tanımlanır. Magmatizma (Plütonizma) adı verilen "intrüzif magmatik faaliyet" ise magmanın yerkabuğu içine enjekte olarak orada katılaşmasını ifade eder (Şekil 9).

Volkanizma ürünleri

Magma; yerkabuğunun altında bulunan ve mantoyu oluşturan, kayaların eriyik hâlidir. Magma; volkanizma ile yeryüzüne çıktığında "Lav" adı verilir ve akışkanlıklarını korudukları sürece "Lav" olarak tanımlanırlar. Ancak akışkanlıklarını uzun süre koruyamazlar ve soğuyarak katılaşıp volkanik (magmatik) kayalara dönüşürler.

Lavlar, kimyasal özellikleri dikkate alındığında asidik, nötür (ortaç), bazik ve ultrabazik olabilir ve soğuma hızları onların kimyasal özellikleri ile doğrudan

ilişkilidir. Asidik olan lavların sıcaklıkları 800-900°C civarındayken bazik karakterli lavların sıcaklıkları 1100-1200°C civarında olabilir (Şekil 23). Sıcaklıkları daha az olan asidik lavlar, bazik lavlara oranla daha kısa sürede soğuyarak katılaşırlar ve engebeli, kabartılı, yüksek topoğrafya oluşmasına neden olurlar. Bazik karakterli lavlar ise yüksek sıcaklıkları nedeni ile akışkanlıklarını uzunca bir süre koruyabilir ve doğal eğim koşullarının kontrolünde çevreye yayılıp yavaş yavaş soğuyarak alçak, basık bir topoğrafya oluşmasına neden olurlar.

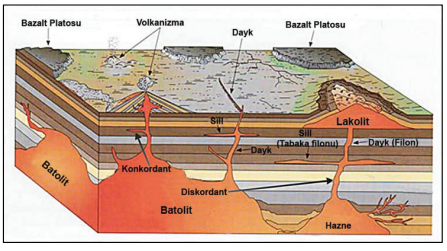


Şekil 23: Lavlar, yeryüzüne çıkıp yayılan akışkan manto ürünleridir.

Gazlar; volkanizma ile yeryüzüne çıkan diğer manto kökenli ürünlerdir (Şekil 23). Gazların %90'ını su buharı oluşturur. Ancak volkanik faaliyet sırasında su buharının yoğuşması nedeni ile bu oran %60'a düşer. Diğer önemli gaz; %10-40 oranındaki karbondioksittir (CO_2). Bileşiminde kükürt bulunan kükürt dioksit (SO_2) ve hidrojen sülfür (H_2S) gazları da önemli bir orana sahiptir. Hidrojen (H_2), karbon monoksit (CO), metan (CH_4), sülfür (S_2), azot (N_2), amonyak (NH_3), oksijen (O_2) ve az miktarda da nadir gazlar oluşur. Cl, F, Br, Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Bi, Na, K ise nadir elementlerdir (Crawford, 1998; Kresan ve Mencke, 2010; Lutgens, vd. 2012).

Magmatizma

Magmatizma (plütonizma) ile plütonik yapılar oluşur. "Masif plütonlar" ve "damar plütonlar"; plütonik yapıları oluşturur. Batolit, lakolit, lapolit masif plüton yapılarıdır (Şekil 24). Derinlerde, yerkabuğunun alt seviyelerinde oluşan büyük hacimli yapılardır. Damar plütonları subvolkanik zonda oluşan plütonik yapılar olup sill (tabaka filonu), dayk (filon) bu yapıların örnekleridir (Kusky, 2008).



Şekil 24: Magmatizma ve volkanizma yapılarının özetlenmiş şematik kesitleri (Web 27).

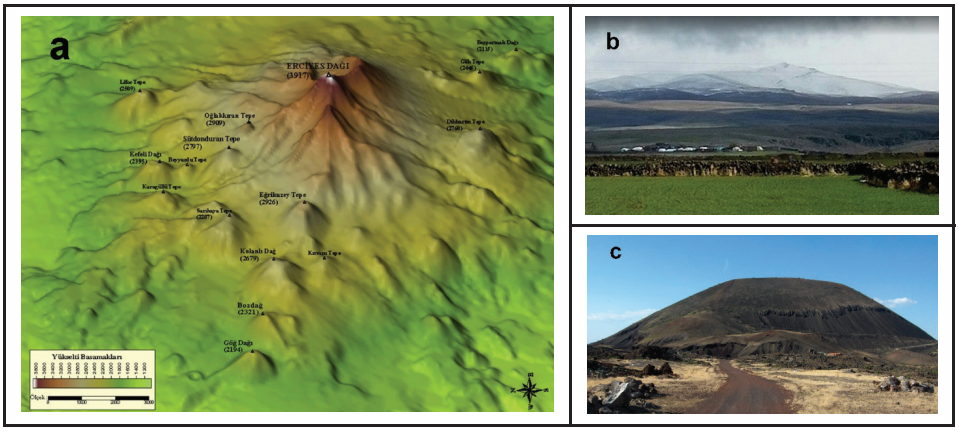
Volkanların sınıflaması

Volkanlar; çözünmüş gazlar ve su buharı ile birlikte bulunan basınç altındaki magmanın, yerkabuğunun zayıflık zonlarında, bir baca aracılığı ile yeryüzüne çıkması, birikmesini ve/veya yayılmasını ifade ederler. Bu doğal gelişim; oluşan yeryüzü şekilleri, oluşum mekanizması ya da volkanik faaliyet sırasında yeryüzüne çıkan volkanizma ürünlerinin neler olduğu dikkate alınarak üç tür olarak sınıflandırılır. Bunlar; **(a)** Kalkan şekilli volkanlar, **(b)** Kompozit volkanlar, **(c)** Tefra (piroklastik) konilerdir.

Kalkan şekilli volkanlar; bir baca ya da yarık boyunca yeryüzüne çıkan bazik karakterli lavların oluşturduğu volkanlardır. Bazik lavlar akıcı ve yüksek sıcaklıkları nedeni ile çevreye yayılırlar ve baca etrafında yükselti oluşturamazlar. Bu yüzden çok geniş tabanlı olmalarına rağmen koni yapılarının fark edilmesi zordur ve yamaç eğimleri çoğunlukla 10° yi geçmez. Anadolu'daki en tipik örneği, Diyarbakır'ın güneybatısındaki "Karacadağ" volkanik yapısıdır (Şekil 25b).

Kompozit (karışık) volkanlar; lav ve piroklastik materyallerin bir bacaya bağlı koni oluşturduğu volkanlardır. "Stratovolkan" adı da verilir. Yamaç eğimleri 30° civarında olabilir. Çok safhalı püskürmelerle koni gelişimi gerçekleşir. Genellikle her püskürmede farklı magma ürünü çıkar ve koni üzerinde birikir. Anadolu'daki volkan konilerinin hemen hemen tamamı (Ağrı, Erciyes, Karadağ, Karacadağ) stratovolkan karakterindedir (Şekil 25a).

Tefra (piroklastik) konileri; bir bacaya sahip ve volkanik kül, kum, tefra ve lav parçalarından oluşan katılaşım kayalarının oluşturduğu volkan konileridir. Klasik koni formlarının yanı sıra bazı örneklerde patlamalar ile şekil özellikleri bozulmuş olabilir. Kula ve çevresindeki tefra (piroklastik) koniler oldukça yaygındır. Bu konilere Kula ve çevresinde "Divlit" adı verilir (Şekil 25c).



Şekil 25: (a) Erciyes Dağı kompozit volkanı (stratovolkan) ve parazit konileri, (b) Karacadağ (Diyarbakır) kalkan şekilli volkanı, (c) Kula tefra volkan konisi (divlit).

Volkanik püskürme türleri

Magmanın kimyasal özelliği, bölgenin tektonik ve litolojik özellikleri farklı volkanik püskürme türlerinin gelişmesine neden olmuştur. Volkanik püskürmeler; bir hat boyunca gerçekleşen "Çizgisel püskürmeler" ve bir baca aracılığı ile gerçekleşen "Merkezî püskürmeler" ile oluşabilir. Birbirinden farklılık gösteren yaygın türler aşağıda özetlenmiştir.

İzlanda tipi volkanizma; kaynağını mantodan alan bazik karakterli magmanın, yeryüzüne çizgisel püskürmeler (fissür volkanizması) ile çıkmasını tanımlar. Diverjans levha sınırlarında meydana gelir. Yeni kabuk oluşunu gerçekleşir ve patlamalı değildir. Akıcı lavlar geniş alanlara yayılır (Şekil 26).

Hawaii tipi volkanizma; bazik karakterdeki lavların bir baca aracılığı ile yeryüzüne çıktığı volkanizmadır. Bazik karakterdeki lavlar akıcılıklarını uzun süre koruyabildikleri için topoğrafyanın eğim koşullarına bağlı olarak etrafa yayılırlar ve basık, kalkan şeklinde bir koni oluştururlar. Yamaç eğimleri 10-15° civarındadır (Şekil 26).

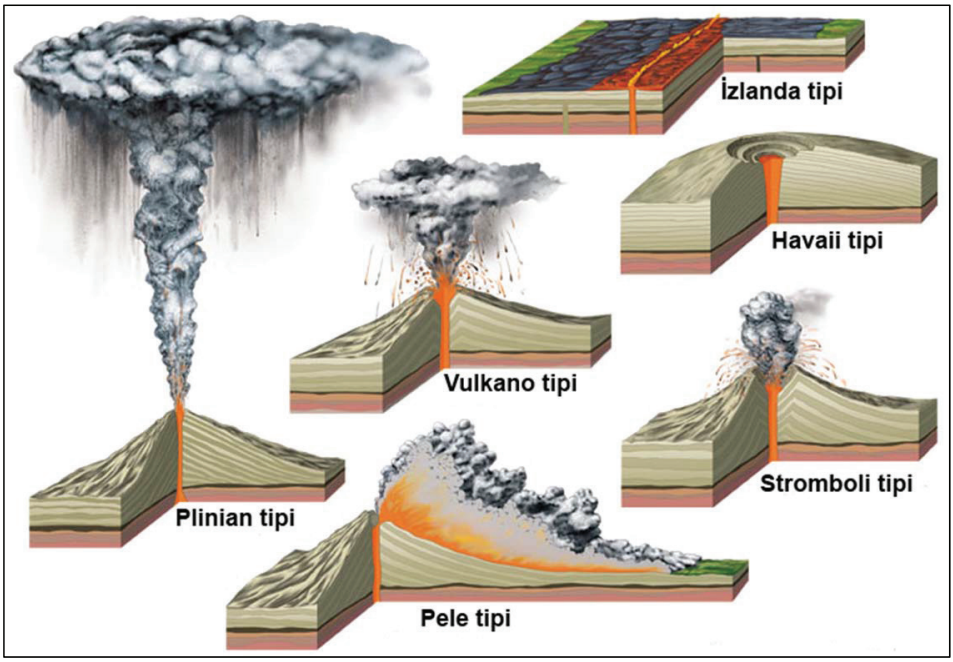
Stromboli tipi volkanizma; bazik (bazalt) ve daha çok bazik ama az asidik (andezit) olan lavların püskürtüldüğü, volkanizma sırasında patlamaların olduğu, gaz çıkışlarının ve volkan bombalarının fırlatıldığı bir volkanizma türüdür. Volkanizma ürünleri itibarıyla kompozit volkanlar grubundandır (Şelkil 26).

Vulkano tipi volkanizma; patlamalı bir volkanizma türüdür. Bacanın tıkanması sonucu birikip sıkışan gazların yarattığı basınç ile patlamalar meydana gelir. Bu volkanizma sırasında çevreye Lav, gaz ve tefra saçılır. Vulkano tipi volkanizma da kompozit volkanlar grubundandır (Şekil 26).

Plinian tipi volkanizma; genellikle andezit, dasit veya riyolit karakterdeki viskoz magmanın güçlü patlamaları ile meydana geldiği volkanizma türüdür. Viskoz magmanın hızlı soğuması sonucu bacayı tıkaması, patlamalı volkanizmanın sebebidir ve püskürme bacanın parçalanması ile gerçekleşir. Patlamanın etkisiyle püskürme çok yüksek bir gaz ve kül kolonunun meydana gelmesine ve ürünlerin atmosfere girmesine neden olur. Volkanizma ürünleri yeryüzünden 50 km'ye kadar yükselebilir ve atmosferde binlerce kilometre çevreye yayılarak uzaklaşabilir (Şekil 26).

Pele tipi volkanizma; riyolitik veya andezitik tipte viskoz magmanın çıkışı ile gerçekleşen bir püskürme türüdür. Viskoz magmanın çabuk soğuyarak katılaşması nedeni ile baca sıklıkla tıkanır ve şiddetli patlamalar meydana gelir. Patlamalar; bacanın parçalanmasına, tipik volkan konisinin deforme olmasına

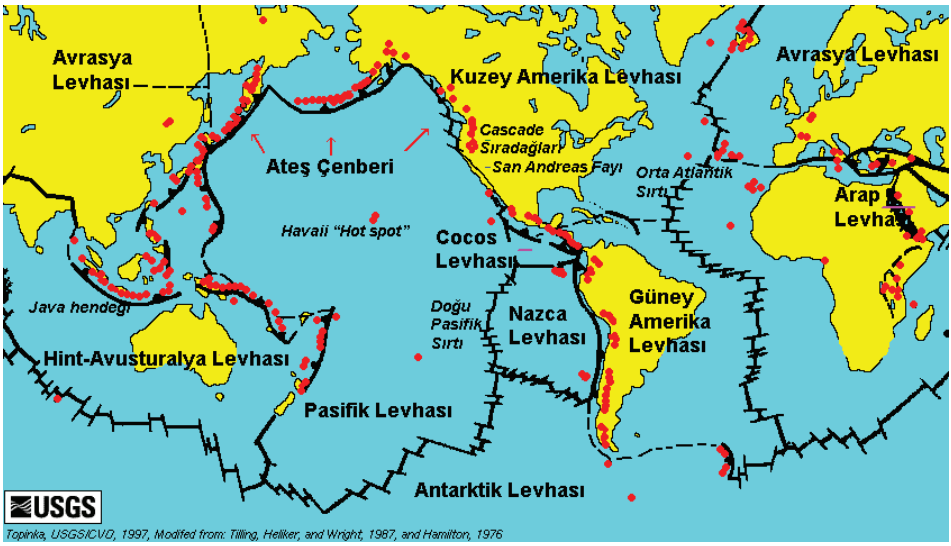
neden olur. Patlamalar ile gerçekleşen volkanizma sırasında piroklastik akışı ve gaz çıkışı da gerçekleşir (Şekil 26).



Şekil 26: Volkanik püskürme türleri (Web 26).

4.3. Volkanik Merkezlerin Dağılışı ve Tektonizma

Eğer aktif volkanik faaliyetlerin dağılış haritası ile depremlerin dağılış haritası çakıştırılırsa bu iki dağılış merkezinin çok düzgün bir şekilde üst üste geldiği görülür (Şekil 27). Volkanik merkezlerin tektonik levha sınırlarına denk gelmesi son derece dikkat çekicidir. Bu bir tesadüf değildir. Bu eşleşmenin tektonik faaliyetlerle doğrudan ilişkisi vardır. Tektonik levha sınırları ve sınır bölgelerinin yerkabuğu deformasyon zonları olması ve bu deformasyonun; magmanın yerkabuğu içine enjekte olması ya da yeryüzüne çıkması için daha uygun koşullar sağlaması, ayrıca magma odalarındaki gazlar üzerine etki etmesi volkanizma-tektonizma ilişkisinin temel sebepleri olarak kabul edilir (Kusky, 2008). Örneğin; Pasifik Levhası'nı batıdan, kuzeyden ve doğudan çevreleyen "Ateş Çemberi" bu çakışmanın en tipik örneğidir. Anadolu'daki genç volkanizmanın dağılışı incelendiğinde bu dağılışın tektonik hatlar ile birebir eşleştiği görülür.



Şekil 27: Aktif volkanlar, Levha Tektoniği ve Ateş Çemberi'nin dikkat çekici eşleşmesi (Siyah çizgiler levha sınırları, kırmızı noktalar volkanik merkezler) (Kusky, 2008) (Web 22).

KAYNAKÇA

Barry, R. G. ve Chorley, R. J. (2004). *Atmosphere, Weather, and Climate*. 8th Ed., Routledge, Taylor & Francis Group, London.

Brush, S. G. (1977) The Origin of The Planetesimal Theory. Origins of Life, Volume 8, Issue 1, pp 3–6.

Clarke, F. W. ve Washington, H. S. (1924). *The Composition of The Earth's Crust*. Washington Government Printing Office, Professional Paper 127.

Cohen, K.M., Harper, D.A.T., Gibbard, P.L. (2018). ICS International Chronostratigraphic Chart 2018/07. International Commission on Stratigraphy, IUGS. www.stratigraphy.org (visited: 2018/07/17).

Crawford, M. J. (1998). *Physical Geology*. Cliffs Notes, Lincoln, Nebraska 68501, USA

Cull, S. (2009). *Rocks and Minerals*. Chelsea House, An imprint of Infobase Publishing, New York.

Erinç, S. (1982). *Jeomorfoloji I.* Genişletilmiş 3. Baskı. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları No: 2931, İstanbul.

Gates, A. E. ve Ritchie, D. (2007). *Encyclopedia of Earthquakes and Volcanoes, Third Edition*. Facts on File, Inc. An imprint of Infobase Publishing, New York.

Grotzinger, J., Jordan, T.H., Press, F., Siever, R. (2007). *Understanding Earth, 5th Edition*. W. H. Freeman and Company, New York.

Jain, S. (2014). *Fundamentals of Physical Geology*. Springer India, ISBN 978-81-322-1538-7 ISBN 978-81-322-1539-4 (eBook), DOI 10.1007/978-81-322-1539-4, New Delhi.

Ketin, İ. (1976). San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları Arasında Bir Karşılaştırma. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* (Bulletin of the Geological Society of Turkey), 19; 149-154,

Ketin, İ. (1977). *Genel Jeoloji*. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı: 1096, İstanbul.

Kresan, P. L. ve Mencke, R. (2010). *Understanding Earth, Sixth Edition.* W. H. Freeman and Company, New York.

Kusky, T. (2008). *Volcanoes: Eruptions and Other Volcanic Hazards*. Facts on File, Inc. An imprint of Infobase Publishing, New York.

Lutgens, F. K., Tarbuck, E. J., Tasa, D. (2012). *Essentials of Geology*, Eleventh Edition. Pearson Prentice Hall, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458.

McAlester, A. L. (1973). *The Earth.* An Introduction to the Geological and Geophysical Sciences. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

Preston, C. (1978). *Cosmos, Earth, and Man: A Short History of The Universe*: New Haven, Connecticut, Yale University Press

Sawe, B. E. (2018). WorldAtlas: Map And Details Of All 7 Continents. https://www.worldatlas.com/aatlas/infopage/contnent.htm (Son erişim 20.07.2018).

Scotese, C.R. (2000). *Plate Tectonic Maps.* PALEOMAP Project. http://www.scotese.com/earth.htm (Son erişim 20.07.2018).

Sen, G. (2001). *Earth's Materials: Minerals and Rocks*. ISBN 0-13-081295-1, Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

Selley, R. C., Cocks, L. R. M., Plimer, I. R. (2005). *Encyclopedia of Geology*. Elsevier Academic Press. UK.

Stein, R. S. (2000). Implications for Earthquake Risk Reduction in the United States from the Kocaeli, Turkey, Earthquake of August 17, 1999, U.S. Geological Survey Circular 1193 (64).

Stokes, W. L. (1965). *Essentials of Earth History*. Prentice-Hall of India Ltd. New Delhi.

Turoğlu, H. (2009). "Yenilenen Kuaterner Kronostratigrafisi (Updated Quaternary Chronostratigraphy)". Türk Coğrafya Dergisi, Basılı ISSN 1302–5856, Elektronik ISSN 1308–9773, 53: 85–90, İstanbul.

Turoğlu, H. (2011). *Buzullar ve Buzul Jeomorfolojisi*, ISBN 978–975–9060–82–4, Çantay Kitapevi, A4, 607 sayfa. İstanbul.

Web Sayfaları

Web 1: http://www.austin-sherman.com/new-gallery-4/

Web 2: https://www.livescience.com/

Web 3: https://spaceplace.nasa.gov/

Web 4: https://science.nasa.gov/

Web 5: https://www.nasa.gov/

Web 6: https://astrogeology.usgs.gov/solar-system

Web 7: http://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/supernova-patlamasi-nedir

Web 8: https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/our-solar-system/in-depth/

Web 9: https://astrogeology.usgs.gov/solar-system
Web 10: https://jwst.nasa.gov/birth.html
Web 11: http://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/supernova-patlamasi-nedir
Web 12: http://www.stratigraphy.org/
Web 13: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Geophys/geotime.html
Web 14: https://walrus.wr.usgs.gov/
Web 15: http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Geophys/geotime.html
Web 16: http://dinosaurrevolution.wikia.com/wiki/Triassic?file=Wiki3.jpg
Web 17: http://earthshistoricalcatastrophes.weebly.com/mesozoic-era
Web 18: https://research.amnh.org/paleontology/perissodactyl/concepts/deep-time/miocene
Web 19: https://livingonunstableground.com/about-living-on-unstable-ground/mammoth-copper-basin-collage-for-blog-copy/
Web 20: https://alumni.berkeley.edu/california-magazine/summer-2017-adaptation/hell-or-high-water-how-will-ca-adapt-anthropocene
Web 21: https://geomaps.wr.usgs.gov/parks/rxmin/
Web 22: https://pubs.usgs.gov/
Web 23: https://tr.pinterest.com/pin/227783693625528507/
Web 24: https://oceanexplorer.noaa.gov/facts/plate-boundaries.html
Web 25: http://web.gccaz.edu/~lnewman/gph111/topic_units/plates/plates2.html
Web 26: https://sites.google.com/
Web 27: https://volcanohotspot.files.wordpress.com/2017/07/mod11.jpg