

GENEL JEOLOJİ

9

Bu kitaba sığmayan
daha neler var!



Karekodu okut, bu kitapla
ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Kısiselleştirilmiş Öğrenme
ve Raporlama

Zengin İçerik

Puan ve Armalar



ANDROID APP ON
Google play Download on the
App Store

BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-6274-8

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin
İkinci Fikrası Çerçeveşinde Bandrol Taşımı Zorunlu Değildir.

GENEL JEOLOJİ

9

MADEN TEKNOLOJİSİ ALANI
Ders Kitabı



T.C. MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi

MADEN TEKNOLOJİSİ
GENEL JEOLOJİ

9

Ders Kitabı

YAZARLAR

Ayfer ERTAN

Mesut BİLGE

Ozan AKSÖZ

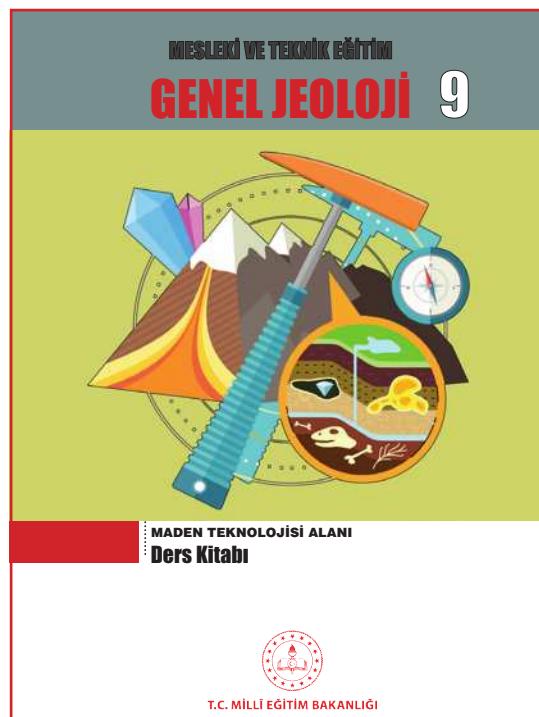


DEVLET KİTAPLARI

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI	7545
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ	1585

Her hakkı saklıdır ve Milli Eğitim Bakanlığına aittir.

Kitabın metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.



HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI

Eray KOÇ

GÖRSEL TASARIM UZMANI

Demirhan Demirok

PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI

Murat DAĞ

ISBN: 978-975-11-6274-8

Milli Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sözmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üzerinde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, cehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşıdım, hür yaşıram.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtıram dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbin âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğüm gibi serhaddim var.
Uluslararası! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdemi, dursun bu hayâsizca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastiğın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatamı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıkta, atamı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatani.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fişkiracak toprağı sıksan, şüheda!
Câni, cânâni, bütün varımı alınsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şahadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üzerinde benim inlemeli.

O zaman veed ile bin secde eder -varsı- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşam,
Fişkirir ruh-i mücerret gibi yerden na'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağının hürriyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

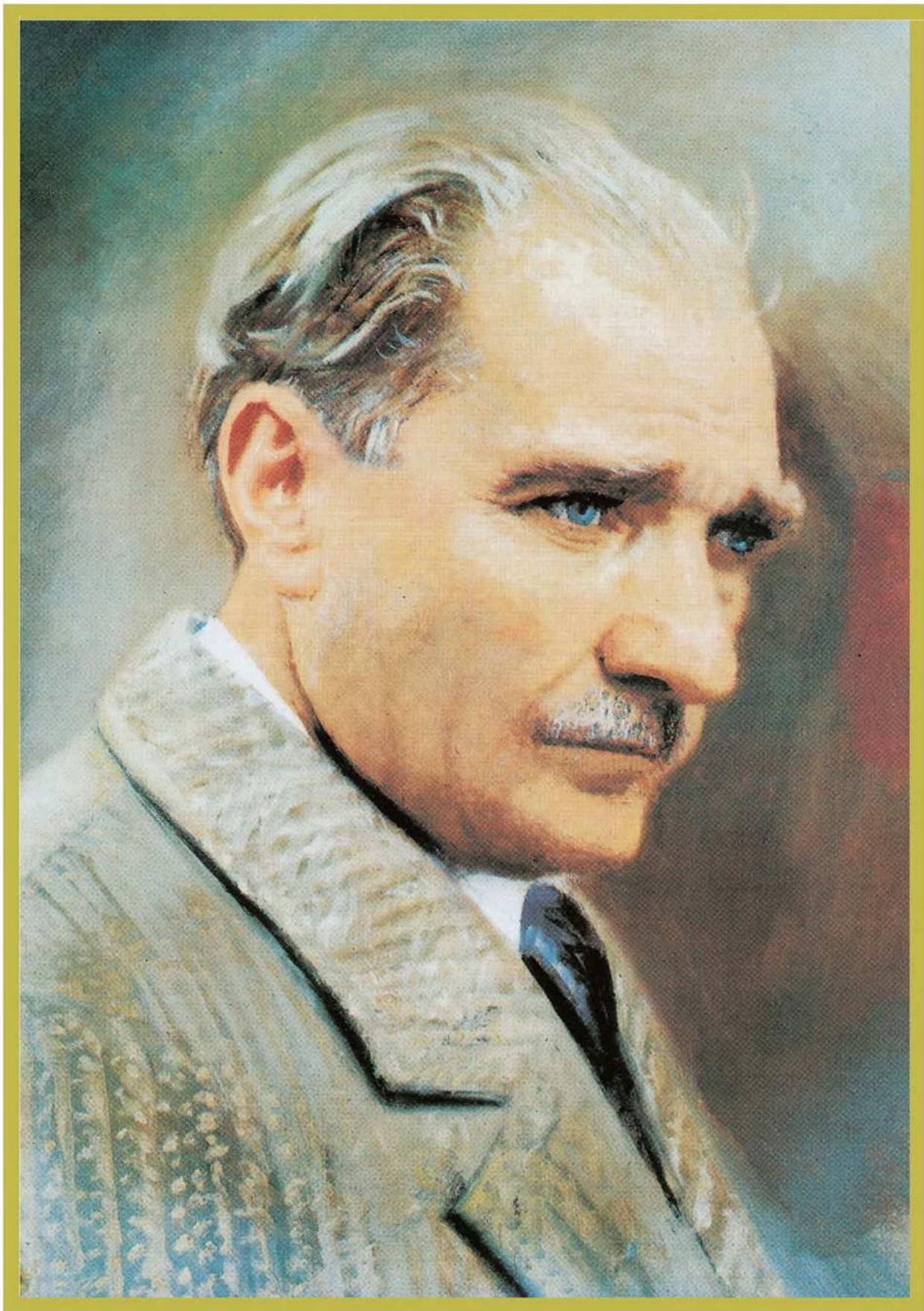
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklalini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyerek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namûsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanım bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraiitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsi menfaatlerini, müstevfilerin siyasi emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalının evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asıl kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER



1. ÖĞRENME BİRİMİ ARZ KABUĞUNUN (YERKÜRENİN) YAPISI

9.1.1. KAYAÇLARIN YAPISI	16
1.1.1. Jeoloji Kavramı.....	16
Jeoloji.....	16
Fiziksel Jeoloji.....	16
Tarihsel Jeoloji	16
1.1.2. Jeolojinin Tarihçesi	16
1.1.3. Jeolojinin Alt Dalları.....	17
Jeolojinin Diğer Bilimlerle İlgisi	19
1.1.4 Güneş Sistemi ve Yerkürenin Oluşumu	19
Nebula Teorisi	19
Dünyanın İç Yapısı	20
1.1.5. Jeolojik Zamanlar	20
Fanerozoyik Öncesi.....	21
Fanerozoyik	22
1.1.6. Kayaç Kavramı.....	26
Kayaç Döngüsü	26
Oluşumlarına Göre Kayaç Türleri ve Özellikleri	27
1.1.7. Kaya Mekaniği	30
Kaya Mekanığının Uygulama Alanları	30
Kaya Mekanığının Diğer Disiplinlerle İlişkisi	30
9.1.2. TEKTONİK DEFORMASYONLAR.....	32
1.2.1. Tektonik Hareketler	32
Tektonik Deformasyonlar	32
Levha Tektoniği Kuramı	33
9.1.3. HARİCİ (DİŞ) KUVVETLERİN ETKİLERİ	34
1.3.1. Yer Kabuğundaki Değişimler	34
Dış Kuvvetlerin Jeolojik Etkileri.....	34
Akarsular	35
Yer Altı Suları	35
Rüzgarlar	36
Buzullar	37
Denizler	37
9.1.4. HIDROJEOLOJİ	39
1.4.1. Hidrojeolojinin Tanımı	39
1.4.2. Hidrojeolojinin Tarihçesi.....	39
1.4.3. Hidrojeolojik Döngü ve Yer Altı Sularının Oluşumu	40
1.4.4. Yer Altı Suyunun Hidrolojik Dolaşımını Oluşturan Bileşenler	40
Yağış	40
Akış	42
Sızma	42
1.4.5. Yer Altı Sularının Düşey Dağılışı	42
1.4.6. Yer Altı Sularının Hareketi	43
Yer Altı Sularının Hareketini Etkileyen Faktörler	43
1.4.7. Akifer Tipleri	44
1.4.8. Hidrojeolojinin Etkileri	44



2. ÖĞRENME BİRİMİ

MAGMA VE MAGMANIN OLUŞTURDUĞU KAYAÇLAR

9.2.1. MAGMANIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	50
2.1.1. Magma	50
Magmanın Kökeni	50
2.1.2. Magmanın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	51
Magmatik Kayalar	51
9.2.2. VOLKANİZMA, PLUTONİZMA VE METAMORFİZMA KAVRAMLARI	53
2.2.1. Volkanizma	53
Volkanların Çıktığı Maddeler	56
Volkanik Yapılar	59
Volkanik Püskürme Tipleri	61
2.2.2. Plütonizma.....	65
2.2.3. Metamorfizma	68
Metamorfizmayı Oluşturan Faktörler	68
Metamorfizma Çeşitleri	69



3. ÖĞRENME BİRİMİ

YER KABUĞUNUN HAREKETLERİ

9.3.1. DEPREMLER.....	74
3.1.1. Deprem Nedir?.....	74
Deprem Dalgaları	75
3.1.2. Deprem Çeşitleri	76
Depremlerin Büyüklüğü ve Şiddeti	77
3.1.3. Depremin Etkileri.....	78
Depremlerle Yaşamak	83
9.3.2. EPİROJENİK VE OROJENİK HAREKETLER.....	84
3.2.1. Epiroyenez	84
3.2.2. Oroyenez	85



4. ÖĞRENME BİRİMİ

MİNERALOJİ

9.4.1. MİNERALLERİN CİNS VE TÜRLERİ	92
4.1.1. Mineral Kavramının Tanımı	92
4.1.2. Mineralleri Tanımak İçin Yapılan Cins ve Tür Belirleme Yöntemleri.....	93
4.1.3. Minerallerin Doğada Bulunuş Şekilleri	94
Minerallerin Kristal Sistemleri	95
9.4.2. KAYAÇLARIN ASAL ELEMANLARI	97
4.2.1. Yerkürenin İç Yapısı	97
4.2.2. Kayaç Yapıçı Mineraller	98
Magmatik Kayaçlarda Bulunan Esas Mineraller	100
Tortul Kayaçlarda Bulunan Esas Mineraller.....	101
Metamorfik Kayaçlarda Bulunan Esas Mineraller.....	102



5. ÖĞRENME BİRİMİ PETROGRAFİ

9.5.1. KAYAÇLARIN ANALİZ YÖNTEMLERİ	108
5.1.1. Kayaç Analiz Çalışmaları.....	108
Arazi Çalışması	108
Laboratuvar Çalışması	109
9.5.2. METALİK MADENLERİN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ.....	112
5.2.1. Metalik Madenler	114
Demirli Madenler	112
Demirsiz Madenler	115
9.5.3. ENDÜSTRİYEL HAMMADDE KAYNAKLARININ ÖZELLİKLERİ	120
5.3.1. Endüstriyel Hammaddeler	120



6. ÖĞRENME BİRİMİ ENERJİ HAM MADDELERİNİN OLUŞUMU

9.6.1. FOSİL YAKITLAR	128
6.1.1. Enerji Hammaddelerinin Oluşumu.....	128
6.1.2. Fosil Yakıt Çeşitleri.....	128
Kömür.....	128
Petrol	132
Doğal Gaz.....	134
9.6.2. JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARI.....	135
6.2.1. Jeotermal Enerji	135
6.2.2. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları	136
9.6.3. RADYOAKTİF HAMMADDE KAYNAKLARI	138
6.3.1. Radyoaktif Hammaddeler	138
6.3.2. Radyoaktif Etkilere Karşı Korunma	139



7. ÖĞRENME BİRİMİ PETROL VE DOĞAL GAZIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

9.7.1. PETROL VE DOĞAL GAZIN TANIMI	146
7.1.1. Petrol ve Doğal Gaz Kavramlarının Tanımı	146
7.1.2. Petrol ve Doğal Gazın Tarihçesi.....	147
9.7.2. PETROL VE DOĞAL GAZIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	150
7.2.1. Petrolün Fiziksel Özellikleri	150
7.2.2. Doğal Gazın Fiziksel Özellikleri.....	151
7.2.3. Petrolün Kimyasal Özellikleri	151
7.2.4. Doğal Gazın Kimyasal Özellikleri	153
Metan Gazının Özellikleri	154
9.7.3. PETROL VE DOĞAL GAZIN OLUŞUM SÜRECİ	155
7.3.1. Petrolün Oluşum Süreci.....	155
Organik Kökenli Oluşum Teorisi.....	155
İnorganik Kökenli Oluşum Teorisi	157
7.3.2. Doğal Gazın Oluşum Süreci	158
7.3.3. Petrol ve Doğal Gazın Oluşum Ortamı	158



8. ÖĞRENME BİRİMİ

PETROL SİSTEMİ VE BU SİSTEMİN TEMEL BİLEŞENLERİ

9.8.1. PETROL SİSTEMİ	164
8.1.1. Petrol Sistemleri	164
Petrol Sistemi Temel Prosesleri.....	164
9.8.2. PETROLÜN OLUŞUM MEKANİZMASI	166
8.2.1. Jenerasyon.....	166
8.2.2. Göç	167
8.2.3. Birikme	167
8.2.4. Kapanlama	167
9.8.3. KAYNAK KAYA, REZERVUAR VE ÖRTÜ KAYA ÇEŞİTLERİ	168
8.3.1. Kaynak Kaya.....	168
8.3.2. Hazne Kaya.....	168
8.3.3. Örtü Kaya	168
8.3.4. Örtü Tabakası	169



9. ÖĞRENME BİRİMİ

PETROL HAVZALARI VE HAVZA ÇEŞİTLERİ

9.9.1. PETROL HAVZALARI, HAVZA ÇEŞİTLERİ VE HAVZA OLUŞUMU	174
9.1.1. Petrol Havzası Kavramı.....	174
9.1.2. Havza Çeşitleri ve Oluşumu.....	175
9.9.2. PETROLÜN OLUŞUM MEKANİZMASI VE HAVZA İLİŞKİSİ	178
9.2.1. Sedimenter Havza Oluşumunun Petrol Oluşturma Aşamaları.....	178
Kaynak Kaya.....	178
Olgunlaşma	178
Göç	179
Birikme	180
Kapanlanma	180
9.9.3. PETROL HAVZALARININ DÜNYA ÜZERİNDEKİ DAĞILIMLARI VE ÇEŞİTLERİ	181
9.3.1. Dünyadaki Petrol Yataklarının Sınıflandırılması.....	181
9.3.2. Petrol Havzalarının Dünya Üzerindeki Dağılımları.....	181
9.3.3. Petrol Havza Çeşitlerinin Dünya Üzerindeki Dağılımları	183



10. ÖĞRENME BİRİMİ

PETROL KAPANLARI VE KAPAN TIPLERİ

9.10.1. PETROL KAPANI VE KAPAN OLUŞUM MEKANİZMASI	194
10.1.1. Petrol Kapanı ve Oluşumu	194
Kapanla İlgili Terimler.....	194
9.10.2. PETROL KAPAN TIPLERİ	195
10.2.1. Yapısal Kapanlar.....	195
10.2.2. Kombinasyon Kapanlar.....	196
10.2.3. Stratigrafik Kapanlar	196
10.2.4. Diğer Kapan Çeşitleri	198
9.10.3. ÜLKEMİZDE GÖZLENEN PETROL TIPLERİ VE BULUNDUĞU BÖLGELER.....	199
10.3.1. Türkiye'de Petrol Rezervleri	199
10.3.2. Petrol Çeşitlerini Sınıflandırma Faktörleri	199

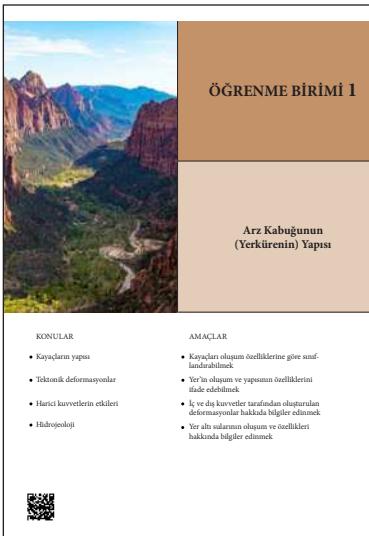


11. ÖĞRENME BİRİMİ

PETROL ARAMA YÖNTEMLERİ VE DİĞER PETROL TÜRLERİ

9.11.1. PETROL ARAMA YÖNTEMLERİ	206
11.1.1. Petrol Arama Yöntemleri	206
11.1.2. Jeolojik Araştırmalar	206
11.1.3. Jeofizik Araştırmalar	206
Gravite Yöntemi.....	206
Manyetik Yöntem	207
Sismik Yöntem	207
Uzaktan Algılama Yöntemi.....	208
Diğer Metotlar	208
9.11.2. PETROL ARAMACILIĞI YÖNTEMLERİ.....	209
11.2.1. Petrol Aramacılığında Aşamalar.....	209
11.2.2. Petrol Aranacak Yerlerde Aranan Başlıca Özellikler.....	209
11.2.3. Türkiye'de Sondaj Gemileriyle Petrol Aramacılığı.....	210
Derin Deniz Sondaj Gemilerinin Özellikleri	210
9.11.3. GAZ HİDRATLAR, OİL-SHALE, TAR-SAND VE ÜLKEMİZDE BULUNABILECEĞİ YERLER	212
11.3.1. Gaz Hidratlar	212
11.3.2. Oil-Shale	212
11.3.3. Tar-Sand.....	212

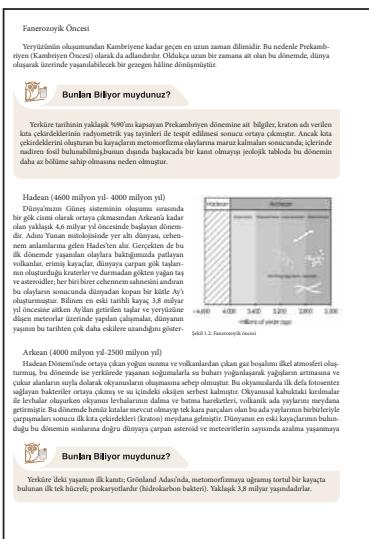
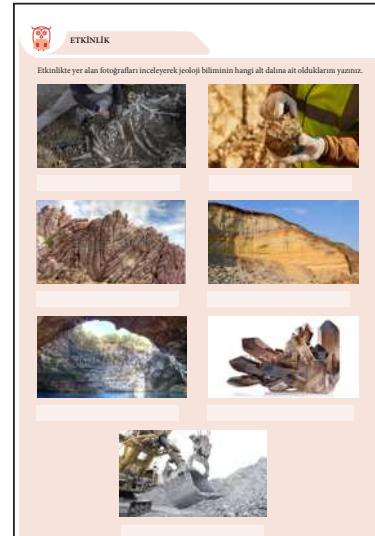
Kitabın Tanıtımı



Bu kitap on bir üiteden oluşmaktadır. Ünite giriş sayfasında üitenin adı ile o üitede işlenecek konular ve amaçlar yer alır.



“Etkinlik” bölümünde, işlenen konuya uygun uygulama çalışmalarına yer verilir.



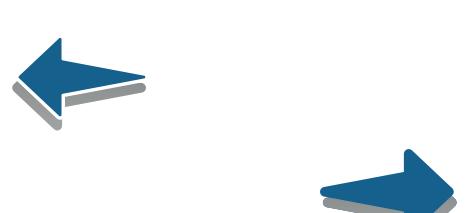
“Bunları Biliyor musun?” bölümünde konularla ilişkili dikkat çekici bilgi ve görseller yer alır.



“Araştırma” bölgelerinde öğrencilerin bireysel veya grup olarak yapacağı araştırmaları kapsayan çalışmalar yer alır.



“Okuma Parçası” bölümünde o üitede yer alan konularla ilişkili kişi ve olayların anlatıldığı bilgi ve görseller yer alır.



“Ölçme ve Değerlendirme” bölümünde o üitede işlenen konularla ilgili genel değerlendirme soruları yer alır.





ÖĞRENME BİRİMİ 1

Arz Kabuğuunun (Yerkürenin) Yapısı

KONULAR

- Kayaçların yapısı
- Tektonik deformasyonlar
- Harici kuvvetlerin etkileri
- Hidrojeoloji

AMAÇLAR

- Kayaçları oluşum özelliklerine göre sınıflandırabilmek
- Yer'in oluşum ve yapısının özelliklerini ifade edebilmek
- İç ve dış kuvvetler tarafından oluşturulan deformasyonlar hakkında bilgiler edinmek
- Yer altı sularının oluşum ve özellikleri hakkında bilgiler edinmek



9.1.1. KAYAÇLARIN YAPISI

Hazırlık Çalışmaları

- İlkçağ filozoflarının büyük bir bölümünün aynı zamanda birer jeolog olmalarını nasıl değerlendirdirsiniz?
- “Şimdiki zaman geçmişin anahtarıdır.” sözüne katılıyor musunuz? Sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.
- Jeoloji, Jeolojik Devirler, Kayaç Döngüsü, Kaya Mekanığı, Hidrojeoloji kavramlarının anlamlarını bularak defterinize yazınız.

1.1.1. Jeoloji Kavramı



Okuma Parçası



Görsel 1.1: jeolog ve Çekici

“Çekiç, pusula ve harita ile arazi üzerinde dolaşan jeolog, ferah ve sevinçli bir ömür sürer. Onun gözlem kuvveti kendini her an tazeler, doğa sevgisini gittikçe kökleştirir ve çeşitli buluşları, keşifleri onun heyecan dolu yüreğinde daima bir alev gibi parlar.”

A. Holmes

Jeoloji kelime anlamı ile yer bilimi demektir. Yunanca geo, ge (yer, arz); logos, loji (bilim, bilgi) anlamına gelen kelimelerin birleşmesinden meydana gelir.

Jeoloji (Yer bilimi): Geo (Yer) + Logos (Bilim)

Jeoloji: Geniş anlamda yerkürenin Güneş Sistemi içindeki yerini, doğal, cansız ve katı bileşenlerini, yapısını ve geçmişten günümüze gelinceye kadarki gelişim ve değişimini inceler. Fiziksel ve tarihsel jeoloji adlarıyla iki geniş bölüme ayrılır.

Fiziksel Jeoloji: Yerin iç yapısı ve yer yüzeyinde meydana gelen süreçler ile yer yuvarını oluşturan kayaç ve minerallerin özelliklerini inceler.

Tarihsel Jeoloji: Yerin kökenini ve zaman içerisindeki tarihsel gelişimini inceler.

Dikkat: Jeoloji, her şeyden önce bir gözlem bilimi olup doğanın dilinin anlaşılmasıdır. Doğa olayları açıklanırken fizik, kimya gibi fen bilimleri; doğadan yararlanma ve doğa olaylarının olumsuz etkilerinden korunmak için de mühendislik bilgisi gerekmektedir.

1.1.2. Jeolojinin Tarihçesi

İnsanoğlu çok eski zamanlardan beri jeoloji bilimi ile uğraşmaktadır. Doğayı gözlemleyerek edindikleri bilgilerle sert taşları yontarak aletler yapmış, topraktan yararlanarak tarımsal etkinliklerde bulunmuş ve besinleri için güneşte kuruttukları toprak ile kendilerine kap kacak yapmışlardır. İlk insanların doğayı gözlemleyerek sahip oldukları bu bilgiler, jeoloji biliminin de başlangıcını teşkil etmiştir.

Jeoloji kelimesi, 17. yüzyıldan itibaren Avrupa'da pek çok yazar tarafından yerin yapısını ve tarihini konu edinen bir bilim dalı olarak kullanılmıştır. Jeolojinin asıl gelişimi ise 19. yüzyılda gözlem ve ölçümülerin kesin sonuçlar alınması bildiği süreçlerin gelişimi ile başlamıştır.



Bunları Biliyor Muydunuz?

Büyük Fransız matematikçisi, doğa bilimcisi ve filozofu olan Descartes, "Felsefenin İlkeleri" adlı eserinde yer alan kuramsal fikirleriyle modern jeolojinin öncülerinden biri olarak kabul edilir.



Okuma Parçası

JAMES HUTTON



James Hutton (1726 – 1797): 18. yüzyılda yaşamış İskoç hekim jeolog; doğa tarihçisi, kimya imalatçısı ve deneyel ziraatçıdır. "Dünya Teorisi" adlı bir çalışma yayımılayarak fizik alanında kabul görmüştür. Modern jeolojinin kurucusu olarak kabul edilir.

Görsel 1.2: James Hutton

1.1.3. Jeolojinin Alt Dalları

Jeoloji biliminin incelediği konuların çok geniş bir alanı kapsaması, jeologlar arasında uzmanlık gerektiren alanların doğmasına neden olmuştur. Jeoloji içindeki bu uzmanlık alanları, jeoloji biliminin alt dallarını oluşturur.

Mineraloji	Minerallerin özellikleri, iç yapıları, oluş tarzları ve değişimlerini inceleyen bilim dalı.
Petroloji	Taşların oluşum ve değişim süreçlerini inceleyen bilimdalı.
Yapısal Jeoloji	Yer kabuğundaki hareketlerin neden olduğu yamulma, kırılma gibi tektonik deformasyonları inceleyen bilim dalı.
Stratigrafi	Yer kabuğunu meydana getiren kayaç topluluklarının tabakalanma özelliklerinden yola çıkarak jeolojik geçmişin coğrafya, iklim ve ekolojik özelliklerini ortaya koymak yer ka- buğunun zaman ve mekan içindeki evrimini inceleyen bilim dalı.
Paleontoloji	Yerkürenin tarihi boyunca canlıların gelişimini, evrimini kütleler içinde rastladığı taşlaşmış kalıntılarından (fosillerden) yararlanarak açıklamaya çalışan bilim dalı.
Hidrojeoloji	Yer kabuğu içinde bulunan suların hareketini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, kayaçlar içerisinde bulunduğu şekillerini ve bunlara etkileyen faktörleri inceleyen bilim dalı.
Mühendislik Jeolojisi	Maden ve inşaat gibi mühendislik konularının jeolojik temele en uygun nasıl uygulanabileceği sorunlarını araştıran ve jeolojik verileri sayısal olarak konularına uygulayan bilim dalı



ETKİNLİK

Etkinlikte yer alan fotoğrafları inceleyerek jeoloji biliminin hangi alt dalına ait olduğunu yazınız.





Jeolojinin Diğer Bilimlerle İlgisi

Jeoloji çok geniş anlamı ile yerküresinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini, iç ve dış kuvvetler etkisi ile uğradığı değişiklikleri, yerin kökenini ve zaman içinde meydana gelen tarihsel gelişimini açıklamaya çalışan bir doğa bilimidir. İncelediği konuların çok geniş yer kaplaması nedeniyle birçok bilim dallından faydalananmıştır. Tabiat olaylarının açıklanması ve yer kabuğu incelemelerinde fizik ve kimya, fosillerin incelenmesinde zooloji ve botanik, yeryüzü şekillerinin incelenmesinde coğrafya; uygulama alanlarında ise matematik, geometri ve istatistik gibi bilim dallarından yararlanmaktadır.

İçinde bulunduğumuz yüzyılda bilgisayar ve uydu teknolojisinde meydana gelen büyük gelişim, jeoloji bilimini de yakından ilgilendirmektedir. Uydu teknolojisi ile ulaşılan verilerin uygulanması ile jeolojik uzaktan algılama adıyla yeni bir disiplini ortaya çıkarırken jeolojik gözlem ve araştırmalarda kullanılan pusula, fotoğraf makinesi, altimetre, CPS gibi birçok cihazın geliştirilmesi jeoloji çalışmalarını da kolaylaştırmıştır.



Araştırma

Türk-İslam bilginlerinden el-Bîrûnî ve İbni Sina'nın jeoloji alanına yapmış olduğu katkıları tespit ederek poster haline getiriniz.

1.1.4. Güneş Sistemi ve Yerkürenin Oluşumu

Günümüze gelinceye kadar evrenin oluşumu ile ilgili pek çok görüş ileri sürülmüş olsa da bugün kabul edilen en yaygın görüş Big Bang (Büyük Patlama) adı verilen teoridir. Bu teoriye göre evren yaklaşık 13,7 milyar yıl önce yaşanan büyük bir patlama ile başlar. Büyük bir oranda hidrojen ve helyumdan oluşan bu patlama sonrasında ortaya çıkan atıklar, yavaşça soğuyup yoğunlaşarak ilk yıldız ve gök adalarını oluşturur. Bu gök cisimleri arasında Samanyolu adını verdigimiz galakside ise Güneş Sistemi ve Dünya ortaya çıkar.



Görsel 1.3: Big Bang Teorisi



Görsel 1.4: Nebula teorisi

Araştırmacıların çoğu Nebula Teorisi adını verdikleri görüşleriyle Dünya ve diğer gezegenlerin Güneş'i oluşturan ilkel malzemeden oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Buna göre Güneş sistemini oluşturan elemanların solar nebula adı verilen çok büyük dönen bir buluttan evrimleştiğini belirtirler.

Nebula Teorisi

1. Nebula adı verilen ağır gaz ve tozlardan oluşan bulutsunun kütle çekimsel etkiyle büzüşerek çökmesi.
2. Nebula'nın kütle çekimsel enerjisinin yarattığı aşırı ısınma ile disk şeklinde bir görünüm olması ve Güneş'in oluşumu.
3. Nebula'nın soğuyarak taş ve metalik malzemelerin çok ufak parçacıklar şeklinde yoğunlaşması.
4. Tekrarlanan çarpışmalar ve birkaç milyon yıl sonra gezegenlerin oluşması.

Dünya'nın İç Yapısı

Dünyamız fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından farklılık gösteren iç içe katmanlardan meydana gelir (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: Dünyanın iç yapısı

İç çekirdek: Yoğunluk ve ağırlık bakımından en ağır elementlerin bulunduğu katmandır. Demir ve nikel bileşiğinden oluşur. Yüksek basıncın etkisiyle katı halde bulunan bu zonun sıcaklığı yaklaşık 5000°C civarındadır.

Dış çekirdek: Sıvı gibi davranışlı bir katmandır. Demir, nikel, oksijen ve kükürt bileşimlerinden oluşur. Sıcaklığı yaklaşık 3000°C

Manto: Katı halde bulunan **alt manto** ile daha akışkan halde olan **üst manto** adı verilen iki kısımdan meydana gelir. Çoğunlukla magnezyum ve silisyum oksit billeşimlerinden oluşan bu zonda sıcaklık yaklaşık 2300°C 'dir.

Yer kabuğu (Litosfer): Birbirinden farklı özelliklere sahip iki kabuktan meydana gelen ve dünyamızı saran katı katmandır. SiAl adı verilen kıtasal kabuk ve SiMA adı verilen okyanusal kabuktan meydana gelir. Yoğunluğu az olan kıtasal kabuk karaların altında geniş yer kaplarken kabuğun ortalaması kalınlığı 35 km'yi bulur. Yüksek dağların altında kalınlık 70 km'ye ulaşır. Daha koyu ve akışkan olan Sima okyanus tabanlarında daha fazla yer kaplarken ortalaması kalınlığı 7 km'yi bulur.



Bunları Biliyor Muydunuz?

Manto ve çekirdeklarındaki bilgiler, depremlerin sonucu ortaya çıkan sismik dalgaların hareket hızları ve şekillerinden tespit edilir.

1.1.5. Jeolojik Zamanlar

Dünya'nın oluşumundan bugüne gelinceye kadarki yerküre tarihini açıklamak, jeoloji biliminin en temel amacı olmuştur. Yeryüzünün tarihi ile ilgili yapılan çalışmaların sonucunda pek çok sıra dışı olaylar ve gelişmelerin yaşadığı gözlenmiştir. Bu gelişmeler göz önünde bulundurularak yerküre tarihi çeşitli zaman dilimlerine ayrılmıştır. Bu zaman dilimlerine Jeolojik Zamanlar (Devirler) denir (Şekil 1.1).

Bilim adamları yaptıkları gözlem ve çalışmalar sonucunda Yerkürenin geçmişi ile ilgili ipuçlarının kayaçların içlerinde gizli olduğunu saptamışlardır. Kayaçlar, birer kitabı gibi jeolojik geçmiş zamanlarda meydana gelen olaylar ve yaşam şekilleri hakkında bize bilgiler sunmaktadır. Böylece ortaya çıkan sonuçlar, Yerkürenin hayal edebileceğimizden daha yaşı olabileceğini göstermiştir. Dünyanın yaşıni doğru olarak saptamaya yarayan en doğru yöntem, 1905 yılında radyoaktivenin yaş analizi için kullanılmaya başlanmasıyla bulunmuştur. Böylece kayaçların yaşıları sayısal tarih olarak belirlenebilmiştir.



Şekil 1.1: Jeolojik Zamanlar



Fanerozoyik Öncesi

Yeryüzünün oluşumundan Kambriyene kadar geçen en uzun zaman dilimidir. Bu nedenle Prekambriyen (Kambriyen Öncesi) olarak da adlandırılır. Oldukça uzun bir zamana ait olan bu dönemde, dünya oluşarak üzerinde yaşanabilecek bir gezegen hâline dönüşmüştür.

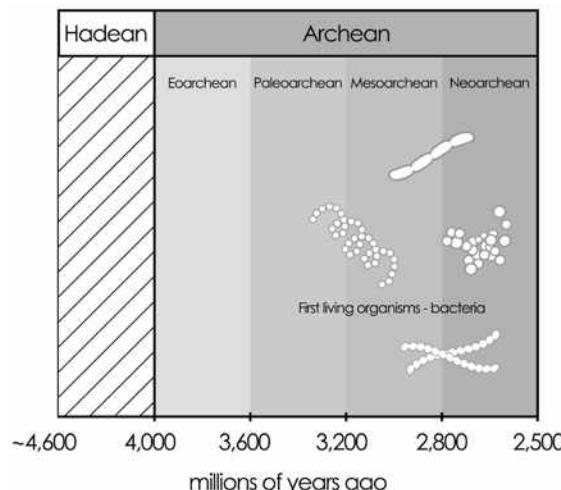


Bunları Biliyor Muydunuz?

Yerküre tarihinin yaklaşık %90'ını kapsayan Prekambriyen dönemine ait bilgiler, kraton adı verilen kita çekirdeklerinin radyometrik yaşı tayinleri ile tespit edilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Ancak kita çekirdeklerini oluşturan bu kayaçların metomorfizma olaylarına maruz kalmaları sonucunda; içlerinde nadiren fosil bulunabilmiş, bunun dışında başkacada bir kanıt olmayışı jeolojik tabloda bu dönemin daha az bölüme sahip olmasına neden olmuştur.

Hadean (4600 milyon yıl - 4000 milyon yıl)

Dünya'mızın Güneş sisteminin oluşumu sırasında bir gök cismi olarak ortaya çıkmasından Arkean'a kadar olan yaklaşık 4,6 milyar yıl öncesinde başlayan dönemdir. Adını Yunan mitolojisinde yer altı dünyası, cehennem anıtlarına gelen Hades'ten alır. Gerçekten de bu ilk dönemde yaşanan olaylara baktığımızda patlayan volkanlar, erimiş kayaçlar, dünyaya çarpan gök taşlarının oluşturduğu kraterler ve durmadan gökten yağan taş ve asteroidler; her biri birer cehennem sahnesini andıran bu olayların sonucunda dünyadan kopan bir kütle Ay'ı oluşturmuştur. Bilinen en eski tarihli kayaç 3,8 milyar yıl öncesine aitken Ay'dan getirilen taşlar ve yeryüzüne düşen meteorlar üzerinde yapılan çalışmalar, dünyanın yaşamının bu tarihten çok daha eskilere uzandığını göstermektedir. Bu dönemde yaşam yoktur (Şekil 1.2).



Şekil 1.2: Fanerozoyik öncesi

Arkean (4000 milyon yıl - 2500 milyon yıl)

Hadean Dönemi'nde ortaya çıkan yoğun ısınma ve volkanlardan çıkan gaz boşalımı ilkel atmosferi oluşturmuş, bu dönemde ise yerkürede yaşanan soğumalarla su buharı yoğunlaşarak yağışların artmasına ve çukur alanların suyla dolarak okyanusların oluşmasına sebep olmuştur. Bu okyanuslarda ilk defa fotosentez sağlayan bakteriler ortaya çıkmış ve su içindeki oksijen serbest kalmıştır. Okyanusal kabuktaki kırılmalar ile levhalar oluşurken okyanus levhalarının dalma ve batma hareketleri, volkanik ada yaylarını meydana getirmiştir. Bu dönemde henüz kıtalar mevcut olmayıp tek kara parçaları olan bu ada yaylarının birbirleriyle çarpışmaları sonucu ilk kita çekirdekleri (kraton) meydana gelmiştir. Dünyanın en eski kayaçlarının bulunduğu bu dönemin sonlarına doğru dünyaya çarpan asteroid ve meteoritlerin sayısında azalma yaşanmaya başlamıştır.

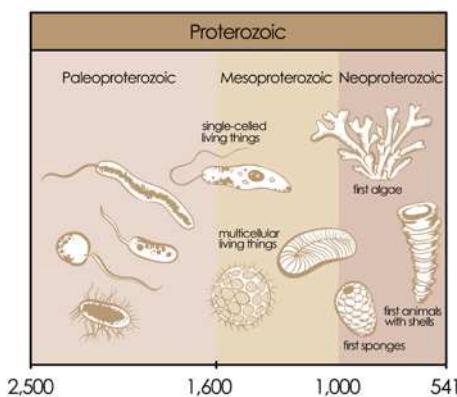


Bunları Biliyor Muydunuz?

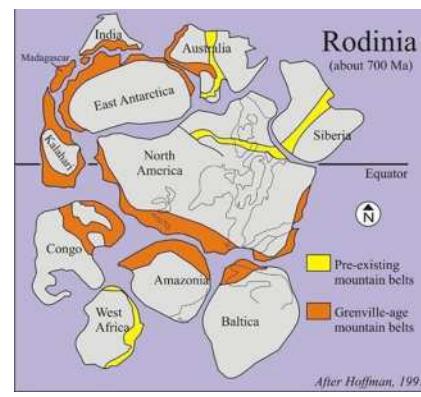
Yerküre 'deki yaşamın ilk kanıtı; Grönland Adası'nda, metomorfizmaya uğramış tortul bir kayaçta bulunan ilk tek hücreli prokaryotlardır (hidrokarbon bakteri). Yaklaşık 3,8 milyar yaşındadırlar.

Proterozoyik (2500 milyon yıl -541 milyon yıl)

İlk yaşam formlarının ortaya çıktığı bu dönemde (Şekil 1.3) belgelenmiş ilk süper kıta olan Rodinya (Rusça; ev, vatan anımlarına gelir.) oluşmuştur. Günümüzden 800–600 milyon yıl önce ayrılmaya başlayan Rodinya süper kıtasının meydana getirdiği büyük kıta bloklarının hareketi, bir taraftan büyük dağ kuşaklarının oluşumuna neden olurken diğer taraftan yerküre iklimini de derinden etkilemiştir (Şekil 1.4).



Şekil 1.3: Proterozoyik zaman dilimi



Şekil 1.4: Rodinya süper kıtası

Fanerozoyik (Belirgin Canlılar Zamanı)

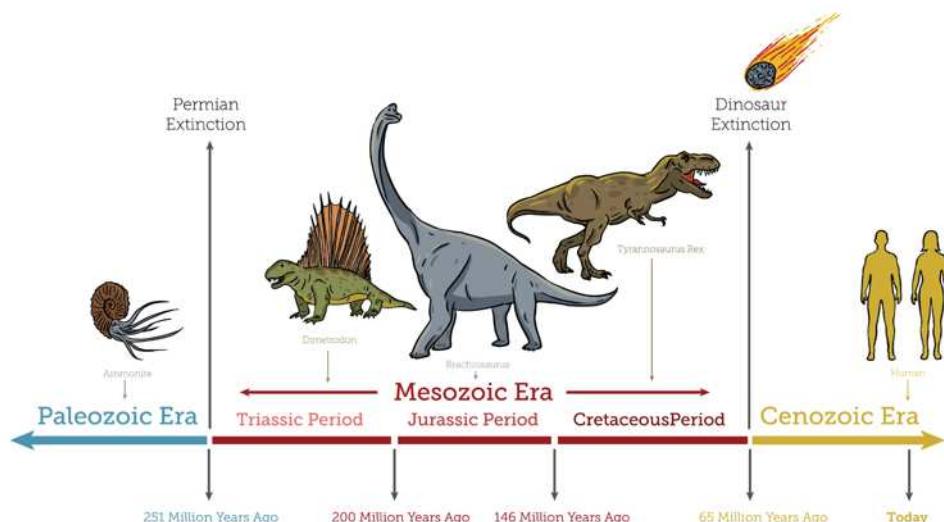
Fanerozoyik kelime anlamıyla “görünür, bilinen yaşam” anımlarına gelen Yunanca *phaneros* (görünür) ve *zoik* (hayvan) kelimelerinden meydana gelir. Fanerozoyik'te yaşam önce suda çeşitlenmiş ardından karalar canlılar tarafından işgal edilmiştir. Canlılarda görülen bu sıra dışı olaylar göz önünde bulundurularak yerkürenin jeolojik geçmişi zaman dilimlerine ayrılmıştır:

Azoyik: Hayvan izine rastlanmaz.

Paleozoik: Eski hayvanlar zamanı.

Mesozoyik: Orta dönem hayvanlar zamanı.

Senozoik: Yeni dönem hayvanlar zamanı.

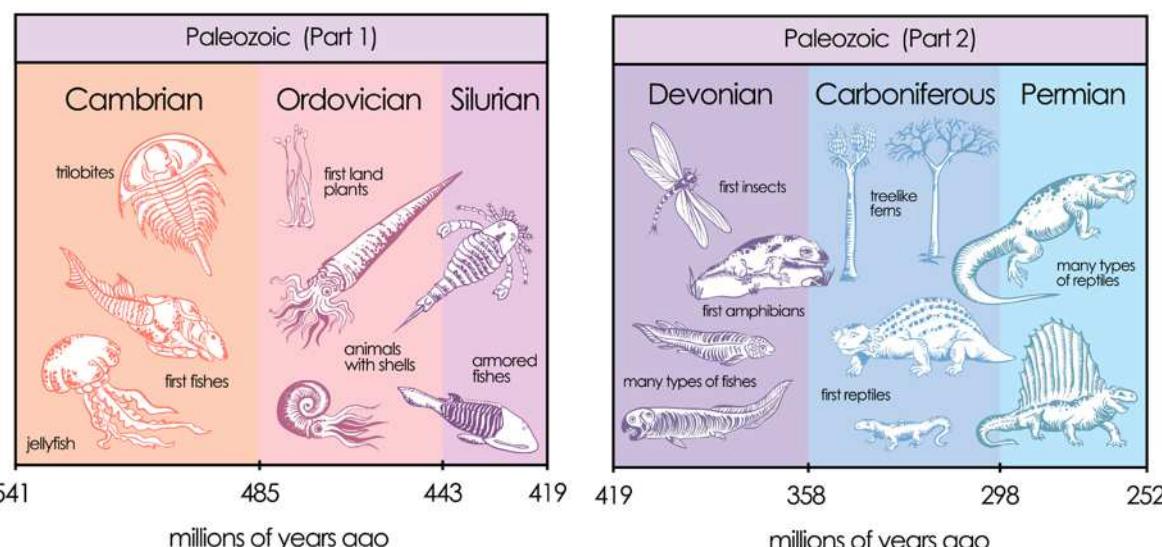


Şekil 1.5: Yeryüzünde yaşamın evreleri



Paleozoyik (Eski Hayvanlar Zamanı)

Günümüzden 542 milyon yıl öncesinden başlayıp yine günümüzden 251 milyon yıl öncesine kadar olan dönemi kapsar. Altı devire ayrılır: Kambriyen, Ordovisiyen, Silüryen, Devoniyen, Karbonifer, Permiyen (Şekil 1.6).



Şekil 1.6: Paleozoyik zaman dilimi

Kambriyen (541 milyon yıl - 485 milyon yıl): Paleozoyik'in ilk devri olan bu dönemde Pangea adıyla süper kıta oluşmuştur. Dünya çapında ılıman iklim koşulları hüküm sürdüğü bu dönemde sıçan denizlerle kaplı alanlarda denizel omurgasızlar (trilobitler) çoğalmış ve çeşitlenmiştir, Paleozoyik sonlarına gelindiğinde ise tamamen yok olmuştur. Kambriyen devrinde bitkiler olarak sadece algler (deniz yosunları) görülmektedir. Karalarda bitkiler yoktur, mikroorganizmalar dışında da karalarda yaşam başlamamıştır.

Ordovisiyen (485 milyon yıl – 443 milyon yıl): Paleozoyik'in ikinci devridir. Geç Ordovisiyen'e kadar ılıman ve nemlidir. Geç Ordovisiyen'de iklim giderek kötüleşir ve dönemin sonlarına doğru buzul çağları başlar. Geç Ordovisiyen'de deniz düzeyindeki düşüşler, dönemin sonunda önemli ölçüde denizel omurgasız cinslerin büyük bir bölümü ve familyaların bir kısmının yokmasına neden olmuştur.

Siluriyen (443 milyon yıl – 416 milyon yıl): Paleozoyik'in üçüncü devridir. Kaledonyenorojenezi meydana gelmiştir. Ordovisiyen sonunda gelişen geniş buzullar, Siluriyen'de erimeye başlamış ve bunun sonucunda deniz düzeyinde meydana gelen yükselmelerle kıtaların geniş alanları sıçan denizlerle kaplanmıştır. Bu geniş sıçan deniz alanlar, denizel organizmalar için yeni yaşam alanları oluşturmuştur. İlk büyük mercan resifleri görülmeye başlamıştır. Siluriyen devrinde karalarda yaşamın başladığını dair kesin kanıtlar bulunmuştur.

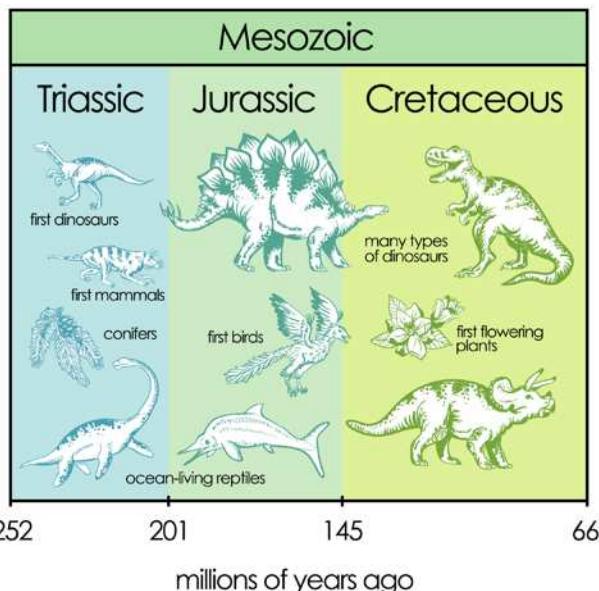
Devoniyen (416 milyon yıl – 359 milyon yıl): Balıklar Devri. Bu dönemde Kaledonyen orojenezi ile oluşan yüksek dağlar hızla aşınmaya başlamış, bu aşınma sonucu ortaya çıkan malzemeler uygun yerlerde birikmeye başlayarak deltalar oluşmuştur. İlk kanatsız böcek ve ilk örümcek fosilleri, bu dönemde ait tabakalarda bulunmuştur. Bilinen ilk ilkel köpek balığı ise Üst Devoniyen yaşıdır. Dönemin sonlarında ise ilk amfibiyeler (kurbağagiller) ortaya çıkmıştır. Bunun yanında kara bitkilerinin de hızla geliştiği gözlenmiştir.

Karbonifer (359 milyon yıl – 299 milyon yıl): Kömürler Devri. Bu devire ait kömürler Kuzey Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika'da yaygın olarak bulunmaktadır. Bu dönemde Hersiniyen orojenezi ile dağ oluşumları gerçekleşmiştir. Dönemin iklimi Ekvatoral bölgede bulunan Kuzey Amerika'nın büyük bölümünde ve Avrupa'da, tropikal ve yarı tropikal iklim koşulları şeklinde görülmektedir. Avrupa ve Amerika'da, Karbonifer sonlarına doğru karalardaki yükselme ile denizler geri çekilir. Yükselen dağların nem getiren rüzgarları engellemesi sonucunda, Permiyen'e geçişte tamamen çöl koşulları egemen olur.

Permiyen (299 milyon yıl – 251 milyon yıl): Paleozoyik'in son devridir.

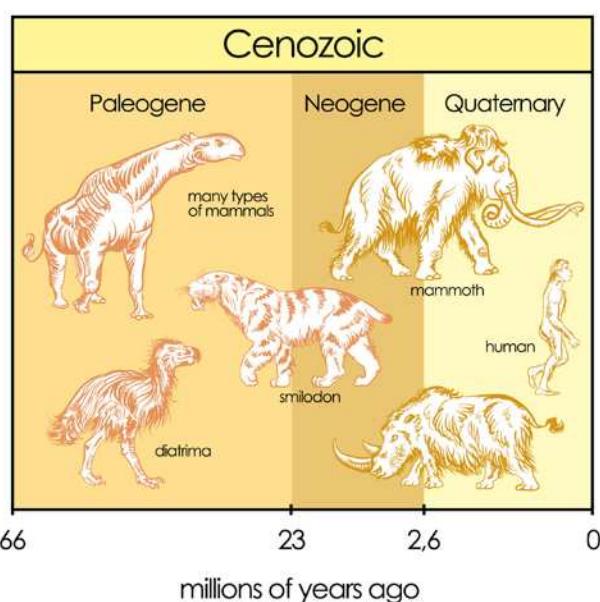
Mesozoyik (Orta Dönem Hayvanlar Zamanı)

Yaklaşık olarak 186 milyon yıllık bir zamanı kapsayan bu devir; Triyas, Jura ve Kretase olmak üzere birbirinden farklı üç devre ayrılmaktadır (Şekil 1.7). Triyas devri ve Kretase devri sonlarında iki büyük toplu yok olmalar ile canlı çeşitliliği azalmıştır. Pangea'nın parçalanmasıyla kıtalar ayrılmaya başlamış, Atlas ve Hint Okyanusları oluşmuştur. Alp– Himalaya orojenezi meydana gelmiş, yüksek büyük dağ sıraları ortaya çıkmıştır.



Senozoyik (Yeni Dönem Hayvanları Zamanı)

Mesozoyik devrinde, yaşanan toplu yok olmalar sonrasında yaşamın adeta yeniden başladığı bir dönemdir. Günümüz dünyasına ait pek çok çeşitliliğin temeli bu devirde ortaya çıkmıştır. Senozoyik zamanı, Tersiyer (Paleojen ve Neojen) ve Kuvaterner olarak iki devre ayrırlar (Şekil 1.8). Paleosen'in ilk zamanlarında neredeyse fosile hiç rastlanmazken Neojen sonlarında insanın dışında günümüz canlılarının çoğu ortaya çıkar. Ardından gelen Kuvaterner (Buzul Devri) devrinde ise insan ortaya çıkar. Günümüz zamanını kapsayan bu dönem en genç jeolojik devirdir. Bu devirde yaşanan deformasyon olaylarının daha az olması nedeniyle kayaçlar özelliklerini büyük oranda koruyabilmişlerdir. Bu durum, jeologların döneme ait daha fazla bilgiye ulaşabilmelerini sağlamıştır.





ETKİNLİK

1. Jeolojik zaman tablosu bilgisine sahip olmanın jeoloji açısından önemini sınıf içinde tartışınız.
 2. Aşağıdaki önergeleri takip ederek verilen “Jeolojik Zaman Tablosunu” uygun şekilde doldurunuz.

Yukarıdan Aşağıya

- Jeolojik zamanları “yaşamın görünürlüğü” özelliğine göre adlandırınız.
 - Jeolojik zamanları en kısa olandan en uzun olana doğru sıralayınız.
 - Kambrien öncesi dönemleri en eski tarihli olandan itibaren sıralayınız.
 - Palezoyik (Birinci Zaman) devrini oluşturan dönemleri kronolojik olarak sıralayınız.
 - Mesozoyik (İkinci Zaman) devrini oluşturan dönemleri kronolojik olarak sıralayınız.
 - Senozoyik (Üçüncü Zaman) devrini oluşturan dönemleri kronolojik olarak sıralayınız.

Soldan sağa

Tabloda ieolojik devirlerde görülen bazı olaylara yer verilmiştir. Eksik bilgilere ulaşarak tabloyu tamamlayınız.

JEOLOJİK ZAMAN TABLOSU

1.1.6. Kayaç Kavramı

Kayaçlar, tek ya da çeşitli minerallerin bir araya gelmesi ile yer kabuğunu oluşturan katı kütlerdir. Kayaçlar Yer'in yapısı ve yaşı ile ilgili en önemli belgelerdir. Oluşumları sırasındaki doğal ortamını yansıtırlar.

Kayaç Döngüsü: Yeryüzünde bulunan kayaçlar, fiziksel ve kimyasal yollarla parçalanıp ayrılır. Ortaya çıkan materyaller taşınarak uygun ortamlarda çökelir ve taşlaşırlar (sedimentasyon). Bu çökel kayalar, belirli bir sıcaklık ve basıncı maruz kaldıklarında doku ve mineral özelliklerinde değişimlere uğrayarak metamorfik kayaları meydana getirir. Aşırı derine gömülünenler ise yüksek sıcaklık ve basınç dolayısıyla erimeye maruz kalarak yeniden magmayı oluşturur. Magmadaki yükselme hareketleri ile meydana gelen soğumalarda yeniden kayaçlar ortaya çıkar. Bu olaya kayaç döngüsü denir.



Bunları Biliyor Muydunuz?

Kayaç döngüsü, Dünya'yı oluşturan sistemler arasındaki ilişkiyi göstermesi açısından jeologlar için önemli bir kaynaktır. Bu süreçte yaşanan volkanizma ve metomorfizma olaylarında magma; aşındırma ve biriktirme faaliyetleri olaylarında ise Güneş önemli enerji kaynaklarıdır.



ETKİNLİK

Şekilde kayaç döngüsünün aşamaları gösterilmiştir. Size yöneltilen soruları şekilde verilen bilgiler ışığında cevaplayınız.



1. Kayaç döngüsü sonucunda ortaya çıkan kayaç gruplarının adını belirtiniz.
2. Sedimenter kayaçların ve metamorfik kayaçların oluşumunda etkili olan olayları, yazarak şekil üzerinde uygun yerlere yerleştiriniz.

Sedimenter kayaçlar.....

Metamorfik kayaçlar.....

3. Kayaç döngüsü olmasaydı yerküre bundan nasıl etkilenirdi? Sınıfta tartışınız.
4. Kayaç döngüsü sürecinde etkili olan kuvvetleri belirterek ihtiyacı oldukları gücü nereden aldılarını açıklayınız.

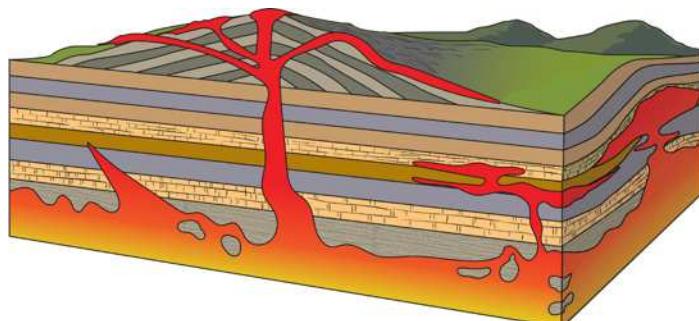


Oluşumlarına Göre Kayaç Türleri ve Özellikleri

1. Magmatik Kayaçlar

Yer kabuğundan içinde bulunan maddelerin ergimiş ve kızgın haldeki şekline “magma” adı verilir (Şekil 1.9). Magma, çeşitli gazlardan oluşan bir silikat karışımı olup bileşiminde; oksijen, silisyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, alüminyum, demir elementleri ile karbondioksit, kükürd dioksit ve su buharından oluşan gazlar bulunur.

Yer kabuğu içinde sürekli hareket halinde bulunan magma yukarıya doğru yükselme eğilimi gösterir. Magmanın bu yükselme hareketi onun soğuyarak katılaşmasına ve magmatik kayaçların meydana gelmesine neden olur. Soğumanın gerçekleştiği yerin özelliğine bağlı olarak farklı türlerde magmatik kayaçlar ortaya çıkar:

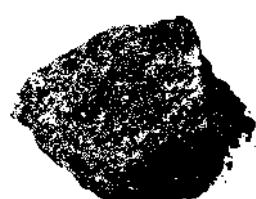


Şekil 1.9: Magmanın derinlerde ve yüzeye soğuması

- Derinlik Kayaçları:** Magmanın derinlerde soğuyup katılaşması sonucu meydana gelen kayaçlardır. Kayaçlar yavaş soğumanın etkisiyle gözle görülebilecek kadar büyük kristallerden oluşan mineral boyutlarına sahiptir (granit, siyenit, gabro).



Görsel 1.6: Granit



Görsel 1.7: Siyenit



Görsel 1.8: Gabro

- Damar Kayaçları:** Volkanik veya tortul kayaçlardaki yarık ve çatlaklara giren lavın soğuyup katılaşması sonucu oluşan kayaçlardır (granit porfir, diyorit porfir, siyenit porfir).



Görsel 1.9: Granit porfir



Görsel 1.10: Diyorit porfir



Görsel 1.11: Siyenit porfir

- Yüzey Kayaçları:** Magmanın yeryüzüne yükselterek soğuması sonucu meydana gelen kayaçlardır. Yer yüzeyinde oluşan bu kayaçlara volkanik veya püskürük kayaçlar da denir (bazalt, andezit, tüf).



Görsel 1.12: Bazalt



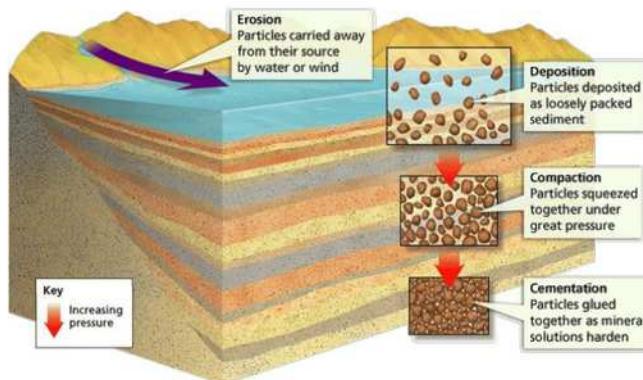
Görsel 1.13: Andezit



Görsel 1.14: Tüf

2. Tortul (Çökel) Kayaçlar

Yeryüzünde var olan kayaçlar, dış kuvvetlerin etkisiyle aşınıp parçalanır ve ufalanır. Ortaya çıkan bu malzemeler, yine dış kuvvetlerin etkisiyle taşınarak uygun sahalarda üst üste birikerek katılır. Çökel kayaçlar, genellikle deniz ve göllerde bulunan sular içerisindeki ermiş tuzların çökelmesi sonucu meydana gelir. Sular içerisinde bulunan ve çökel kayaç oluşumunu gerçekleştiren bu maddeler; silis, kalsiyum, karbonat veya demir oksittir.



Şekil 1.10: Tortul kayaçların oluşumu

Tortul kayaçların oluşumunda etkili olan faktörler, kayaçların isimlendirilmesinde de önemli bir rol oynar.

- **Fiziksel (Mekanik) Tortul Kayaçlar:** Magmatik kütleler ile eski tortul kütlelerin fiziksel ya da kimyasal yollarla ayrışması ve dağılması sonucu meydana gelen ufak veya büyük parçalardır (kum taşı, kil taşı, çakıl taşı).



Görsel 1.15: Kum taşı (Gre)



Görsel 1.16: Kil taşı



Görsel 1.17: Çakıl taşı (Konglomera)

- **Kimyasal Tortul Kayaçlar:** Suda ermiş halde bulunan tuzların ve minerallerin buharlaşmanın etkisi ile çökelmesi sonucunda ortaya çıkan kayaçlardır. Çökelmede asıl gereklili olan, maden tuzları içeren suyun aşırı doygunluğa ulaşmasıdır. Çökelmede bazı organizmalar da rol oynayabilmektedir (kalker, jips, kaya tuzu).



Görsel 1.18: Kalker



Görsel 1.19: Jips

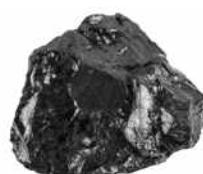


Görsel 1.20: Kaya tuzu

- **Organik Tortul Kayaçlar:** Çeşitli organizmaların yaşamlarını kaybetmeleri sonucunda kavşık, kabuk ve iskeletlerinin belli ortamlarda birikmeleri sonucunda ortaya çıkan kayaçlardır (antrasit, kömür, mercan kaya).



Görsel 1.21: Antrasit



Görsel 1.22: Taş kömürü

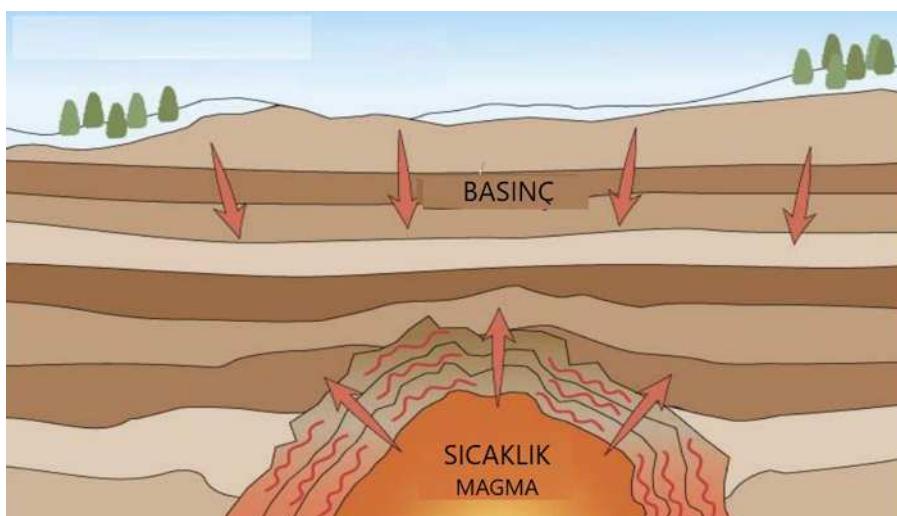


Görsel 1.23: Mercan kaya



3. Metamorfik (Başkalaşım) Kayaçlar

Yeryüzünde var olan kayaçların sıcaklık ve basıncın etkisiyle yapı, doku ve kristal özelliklerinde meydana gelen değişiklik sonucu ortaya çıkan kayaçlardır. Oluşumunda yüksek sıcaklık ve basınç etkilidir (mermer, kuvarsit, elmas).



Şekil 1.11: Metamorfizma olayı



Görsel 1.24: Kireç taşı (kalker)

SICAKLIK
→
BASINÇ



Görsel 1.25: Mermer



Görsel 1.26: Kum taşı

SICAKLIK
→
BASINÇ



Görsel 1.27: Kuvarsit



Görsel 1.28: Kömür

SICAKLIK
→
BASINÇ



Görsel 1.29: Elmas

1.1.7. Kaya Mekanığı

Kayaların üzerinde bulundurdukları statik yükler ve deprem gibi dinamik hareketlere karşı bazı davranış biçimleri geliştirdiğini biliyor muydunuz?

İnsanlar en eski dönemlerinden beri taşı; ihtiyacı olan her alanda, büyük bir güven içerisinde kullanmışlardır. Ancak uygarlık tarihindeki büyük gelişimle birlikte artan ihtiyaç, çok çeşitli yapıların doğmasına sebep olurken geçmişten bu yana kullandığımız taşın da güvenilirliğini sorgulamamıza neden olmuştur. Kaya mekanığı, kayaları oluşturan minerallerin özelliklerini ve kendi fiziksel ortamlarında, üzerlerine etki eden kuvvetlere karşı tepki olarak ortaya çıkan mekanik davranışları inceler. Bina, yol, baraj, köprü, madencilik kazıları, tüneller ve nükleer santraller gibi büyük ve hassas mühendislik yapılarının temelindeki kayalar; bir takım ölçme ve değerlendirmelere tabi tutularak kayanın ilk durum bilgisi ile teknik girişimden sonraki durumlarının karşılaştırılması, kaya ile yapı arasındaki karşılıklı ilişkinin incelenmesi zorunluğunu ortaya çıkarmıştır.



Görsel 1.30: Pisa Kulesi. İncetaneli yumuşak zeminlerdeki düşük dayanımın sonucunda sebep olduğu temelde oturma ve şev yenilmeleri.



Görsel 1.31: Zemindeki organik içeriklerden dolayı binada görülen çökme olayı ve evin pencerelerinde oluşan hasar.

Kaya Mekanığının Uygulama Alanları

- Kayanın kendisinin yapı olduğu tünel kazıları, galeriler ve yamaçlar
- Kayanın bina, baraj gibi yapıların temellerine destek olması
- Kayanın kendisinin inşaat malzemesi olarak kullanılması

Kaya Mekanığının Diğer Disiplinlerle İlişkisi

- *Yapısal jeoloji*: Kayaçları etkileyen tektonik süreçleri inceler.
- *Zemin mekanığı*: Kayaçların aşınmasıyla ortaya çıkan zeminlerin özelliklerini, yük vb. etkiler altındaki davranışlarını inceler.

Kaya mekanığı çalışmalarında ilk olarak kayacı oluşturan mineral veya minerallerin özellikleri incelenir. Minerallerin cinsi ve aralarındaki bağlantı şekilleri saptanır. Birbirlerine kenetlenmiş bir şekildeki minerallerden oluşan kayaçların dayanıklılığı fazla iken birbirlerine matriks ya da çimento malzemesiyle bağlı olanlarda bu dayanıklılık daha azdır. Bunun yanında minerallerin belli bir doğrultudaki yönlenmeleri de kayacın o yönde sağlamlığını azaltır. Ayrıca kayaçlarda bulunan nem miktarının artması, kayacın direncini de olumsuz yönde etkiler. Nem, gerilme hızını artırarak kayacın gücünü azaltır.

Kayaçlar, sağlam zemin olarak bilinen kaya kütleleridir. Ancak statik yüklerle maruz kalan kayaçlar; bina, yol, köprü gibi yapıların altında yer değiştirmek suretiyle yapılar üzerinde yer yer çatlaklar oluşmasına ve zayıflayan bu yapıların depremler gibi dinamik yer hareketlerine maruz kaldığında da daha fazla zarar görmesine ya da yıkılmasına neden olabilmektedir. Kaya ile yapı arasındaki karşılıklı ilişkileri incelerken kayacın bir temel olarak davranışını araştırmak da kaya mekanığı bilim dalının üzerinde durduğu önemli konulardan biridir.

Kayanın mekanik koşullarının değerlendirilmesi, kayanın ve kaya kütlesinin davranışının kestirilmesi için kanyon fiziksel özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Uzmanlık gerektiren bu bilgiler için arazi ve laboratuvar deney verileri, analizler, empirik dayanım ölçütlerinin kullanımı ve fiziksel/matematiksel modeller gibi yöntem ve tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak kaya mekanığının esas amacı, mühendislik çalışmalarına başlamadan önce kayaların davranışını anlamak ve üzerlerine uygulanan iç ve dış yüklerle tepki olarak nasıl davranışacaklarını kestirebilmemaktır.



Arazi İndekslerine Göre Zemin ve Kaya Dayanımı Sınıflaması

Tanım	Arazide Teşhis
Çok yumuşak kil	Parmaklar arasında kolaylıkla sıkılır.
Yumuşak kil	Başparmak kolaylıkla birkaç cm girebilir.
Sağlam kil	Vasat bir baskı ile başparmak birkaç cm girebilir.
Sert kil	Başparmakla kolaylıkla çizilir fakat batırmak için büyük çaba gereklidir.
Çok sert kil	Tırnak ile kolaylıkla çizilir.
Katı kil	Tırnakla çizilir.
Aşırı zayıf kaya	Tırnakla biraz zor çizilir.
Çok zayıf kaya	Jeolog çekicinin ucuyla okkalı vurulduğunda dağılır, cep çakısı ile soyulabilir.
Zayıf kaya	Cep çakısıyla zor soyulur, jeolog çekicinin ucuyla okkalı vurulduğunda sığ batma olabilir.
Orta sağlam kaya	Cep çakısı ile çizilemez. Jeolog çekicinin ucuyla okkalı tek darbede çatlayabilir.
Sağlam kaya	Numuneyi çatlatmak için jeolog çekiciyle birden fazla vurmak gereklidir.
Çok sağlam kaya	Numuneyi çatlatmak için jeolog çekiciyle çok defa vurmak gereklidir.
Aşırı sağlam kaya	Numune jeolog çekiciyle sadece yonga verir.



Araştırma

Ülkemizin jeolojik özellikleri dikkate alındığında kaya bilimi araştırma sonuçlarının hangi alanlarda, hangi sorunların çözümüne kolaylıklar sağlayacağını araştırıp sınıfta tartışınız.

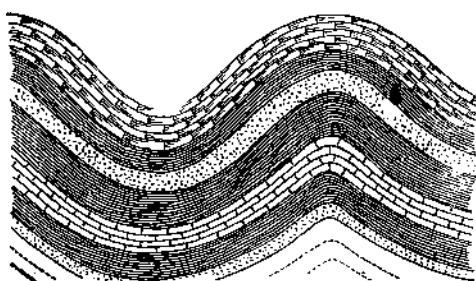
9.1.2. TEKTONİK DEFORMASYONLAR

1.2.1. Tektonik Hareketler

Yer kabuğu görünüşte sabit ve değişmez bir özellik gösteriyor gibi olsa da aslında onun dinamik bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Yer kabuğu hareketlerinin bir kısmı çok yavaş ortaya çıkarken deprem gibi çok kısa süreli oluşumlarla da meydana gelebilmektedir. Tabakaların ilk yatay durumlarından farklı bir yapı ve şekil değişikliği gösternesi anlamına gelen tektonik deformasyon, levhaların hareketlerinin neden olduğu tektonik olaylar neticesinde ortaya çıkar. Levhaların hareketi ile ortaya çıkan yönlü basınçlar, sıkışma, germe ve makaslama gibi etkiler; tabakaları eğik, dik, devrik ve yatık durumlara getirir.

Tektonik Deformasyonlar

1. Kırılma: Tabakalarda dalga şeklinde deformasyonlara verilen addır. Genellikle yan basınçların etkisi ile ortaya çıkarak tabakaların tekne şeklinde (senklinal) ve semer şeklinde (antiklinal) büükülmelerine neden olurlar (Şekil 1.12, Görsel 1.32).

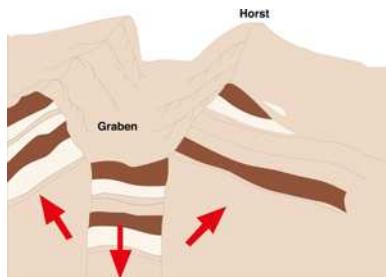


Şekil 1.12: Kırılma sonucu oluşan tabaka



Görsel 1.32: Kırılma sonucu oluşan tabaka

2. Kırılma: Kayacı oluşturan tanelerin birbirinden ayrılması olayıdır. Tabakaların kırılma yüzeylerindeki açıklıklara göre çat�ak veya yarık adlarını alan oluşumlar meydana gelir. Kırılma yüzeylerindeki ayrılma, kayma ya da bir yer değiştirme ile gözle görülebilecek bir hal alduğunda fay oluşur (Şekil 1.13, Görsel 1.33).

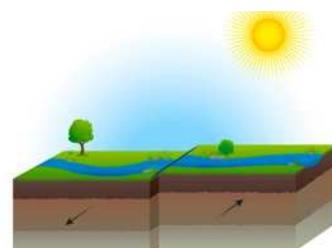


Şekil 1.13: Kırılma sonucu oluşan çökme



Görsel 1.33: Kırılma sonucu oluşan çökme

3. Makaslama: Yatay istikamette hareket eden levhaların sıkıştırması ile meydana gelir. Yeryüzündeki görünüşleri çoğunlukla düz bir çizgi şeklindedir. Yer kabuğunun çok derinlerine uzanması nedeniyle magmanın yeryüzüne ulaşmasına yardımcı olurlar. Birçok maden yatağının oluşumu için oldukça elverişli alanlardır (Şekil 1.14, Görsel 1.34).



Şekil 1.14: Tabakalarda yanal hareket



Görsel 1.34: Tabakalarda yanal hareket



Deformasyonlar şekil değişiminin yapısına göre iki gruba ayrılır:

1. Nesneye etki eden faktörün ortadan kalkması ile şekil değişiminin de ortadan kalktığı eğilme, burulma gibi elastiki deformasyonlar.

2. Etkileyen faktörün ortadan kalkması durumunda da nesnenin önceki konumuna dönmediği; çökme, yükselme, ötelenme, dönme, açılma, genişleme gibi kalıcı deformasyonlar.

Sonuç olarak jeolojik bakımdan incelendiğinde; yeryüzünün çok uzun diyebileceğimiz, geçmişinden günümüze gelinceye kadar yer kabuğu birtakım hareketlere maruz kalmış, kabuk veya tabakalarında pek çok değişikliklere (deformasyonlar) uğrayarak çeşitli şekiller ortaya çıkmıştır. Siz bu satırları okurken dahi bu değişim aralıksız sürüp gitmektedir.

Dikkat: Yer kabuğu içerisinde etken olan değişik yönlü basınçlar ya da gerilmeler sonucunda ortaya çıkan tektonik hareketler, tektonik deformasyona sebep olur. Tektonik deformasyon nedeniyle katmanlar; ilk yatay duruşlarından uzaklaşırlar ve eğik, dik, devrik, yatık duruma gelir.

Levha Tektoniği Kuramı

Jeologların birçoğu, çok eski zamanlardan beri okyanus havzaları ve kıtaların sabit olduğunu düşünüyorlardı. Nitekim 1915 yılında kaleme alınan “Kıtaların ve Okyanusların Kökeni” adlı eserin yazılısına kadar. Alman meteorolog ve jeofizikçi Alfred Wegener bu eserinde okyanus havzaları ve kıtaların sabit bir coğrafi konumları bulunduğu fikrine şiddetle karşı çıkyordu.

Wegener, Dünya'daki kıtaların tamamını içeren Pangea adını verdiği bir süper kıtanın bahsederken Pangea'nın küçük kıta parçalarına ayrılarak milyonlarca süren bir kayma neticesinde bugünkü konumlarına kavuştuklarını söylemiştir.

II. Dünya Savaşı'nın ardından jeologların yeni geliştirilen araçlarla yaptıkları keşifler kıtaların kayması hipotezine olan ilgiyi yeniden canlandırdı. 1960'lardan sonra bu çarpıcı keşiflerin bir sonucu olarak, levha tektoniği kuramı ortaya çıktı.



Okuma Parçası



Görsel 1.35: Alfred Wegener

Alfred Wegener (1880–1930): Alman meteorolog ve yer bilimci. Kıtların kayma hipotezi ile tanınan Wegener, aynı zamanda meteorolojiye de büyük ilgi duymaktaydı. 1930 yılında kiş koşullarını incelemek üzere yaptığı Grönland gezisindeki bir aylık yürüyüşü sırasında arkadaşı ile donarak ölmüştür.



Araştırma

Dünyadaki doğal kaynakların oluşumu ve dağılımında levha hareketlerinin etkili olduğunu bilen bir maden arama ekibi içerisinde olsaydınız zengin bakır yataklarına ulaşmak için Kıbrıs Adası'na gitmenizi levha kuramına göre nasıl açıklardınız?

9.1.3. HARİCİ (DİŞ) KUVVETLERİN ETKİLERİ

1.3.1. Yer Kabuğundaki Değişimler

Yer kabuğu, ilk oluşumundan itibaren iç kuvvetler adını verdigimiz (orojenez, epijenez, volkanizma, depremler) kaynağını yerin iç işisinden alan tektonik olaylar ile dış kuvvetler adını verdigimiz (akarsular, rüzgarlar, yer altı suları, buzullar, dalgalar) kaynağını Güneş'ten alan birbirine zit iki kuvvetin tesiri altında, sürekli değişerek şekillenmektedir. İç kuvvetlerin yer kabuğu üzerinde oluşturduğu yükselmeler ve çukur alanlar dış kuvvetlerin etkisiyle aşındırılarak, uygun yerlere taşınıp biriktirilmek suretiyle yeryüzü düzleştirilmeye çalışılmıştır.

Dış kuvvetlerin en büyük enerji kaynağı güneş enerjisidir. Güneşten gelen ısı enerjisi, yeryüzündeki okyanus yüzeylerinin buharlaşıp atmosfere doğru yükselmesine neden olur (buharlaşma). Atmosfere doğru yükselen su buharı, burada uygun koşullar altında yoğunlaşır (yoğunlaşma). Yoğunlaşan su buharı, yeryüzüne yeniden yağış olarak düşmeye başlar. Böylece yeryüzüne düşen suların büyük bir kısmı, yüzeysel akışa geçerek yeniden okyanuslara geri döner (Şekil 1.15).



Şekil 1.15: Su döngüsü

Dış Kuvvetlerin Jeolojik Etkileri

Yeryüzünde etkili olan dış kuvvetler içerisinde en önemli rolü üstlenen sulardır. Okyanus, deniz, göl, akarsu ve bataklık yüzeylerinden buharlaşan su; yoğunlaşarak bulutları meydana getirir. Rüzgarlar tarafından sürüklenen bu bulutlar, hava sıcaklığının azalığı yerlerde yoğunlaşarak yeryüzüne yağış olarak düşer. Su döngüsü adını verdigimiz bu olay, jeoloji bakımından önemli bir yere sahiptir. Bir bölgenin sahip olduğu manzarası, o bölgeye düşen yağış miktarı ile doğrudan ilgilidir.



ETKİNLİK

Farklı yeryüzü şekillерine sahip olan iki bölgeyi, yağış miktarları bakımından karşılaştırarak yağışın yüzey şekilleri üzerindeki etkisini sınıfta tartışınız.





1. Akarsular

Akarsular, yeryüzünde buzulların geniş yer kapladığı kutup bölgeleri ile bazı çöl bölgeleri dışında kalan yerleri yaygın olarak şekillendiren en önemli jeolojik etkendir. Farklı özelliklere sahip kayaçları, fizikal ve kimyasal yollarla etkileyerek yer kabuğunda büyük değişiklikler meydana getirir.

Mekanik Etkiler: Akarsular, bir yatak boyunca hareket ederken çevresinden kopardığı irili ufaklı pek çok materiyali beraberinde sürüklüyor. Taşınan bu materyaller, bir taraftan akarsuların aşındırma gücünü artırırken diğer taraftan kayalara ve birbirlerine çarpmak suretiyle gittikçe ufalanarak kum, kil, çakıl haline dönüştür. Böylece akarsular; aşındırma, sürükleme ve biriktirme faaliyetleri ile yer kabuğunu şekillendirir.



Görsel 1.36: Akarsu aşındırma



Görsel 1.37: Akarsu taşıma, sürükleme

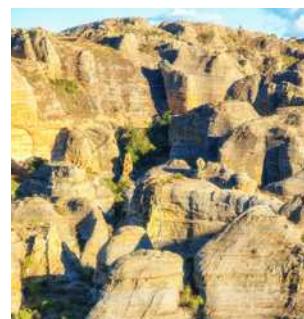


Görsel 1.38: Akarsu biriktirme

Kimyasal Etkiler: Su, en önemli kimyasal ayırtma elemanıdır. Kayaca nüfuz ederek bileşenlerinin ayrılmasına ya da yeni minerallerin oluşumuna neden olmaktadır. Akarsular, üzerinden geçtikleri kayaçları kimyasal reaksiyonlar ile bileşenlerine ayırdıklarında dağılan bu bileşenler, akarsu ile birlikte farklı ortamlara taşınarak uygun yerlerde birikim şekilleri olarak karşımıza çıkar.



Görsel 1.39: Lapa



Görsel 1.40: Ruiniform

Kalkerli arazilerde yağmur ve sel suları, kayaçlar arasındaki çatlak ve yarıkları genişletmek suretiyle arazide **lapya** adı verilen oluşumlar meydana getirir (Görsel 1.39). Dikine çatlaklı kalker kayaçlarında yağmur suları tarafından çatlakların eritilmesi sonucu **ruiniformlar** oluşur (Görsel 1.40).

2. Yer Altı Suları

Okyanuslardan buharlaşarak atmosfere karışan su buharı, yeryüzüne yağış olarak düştüğünde suların bir kısmı yüzeysel akışa geçerken bir kısmı da sızma yoluyla çökellerin ve kayaçların boşluklarına yerleşerek yüzeyin altında yer altı sularını oluşturur. Tatlı su kaynakları dağılımında buzullardan sonra en büyük paya sahip olan yer altı suları, aynı zamanda jeolojik bir faktör olarak da önemli bir etkendir.

Yer altı suları, kayaçların hem mekanik hem de kimyasal yollarla aşınmasında önemli bir rol oynayarak yer kabuğunu şekillenmesine katkıda bulunur.

Mekanik Etkiler: Yağışlarla yeryüzüne düşen suların bir kısmı; sızma yoluyla kum, çakıl gibi geçirimsiz kayaçların altında bulunan kil tabakalarını yumuşatarak kaygan hâle getirir. Killi yamaçların bulunduğu bu sahalarda üstteki gevşemiş kayaçlar, eğim ve yer çekiminin etkisiyle heyelan olaylarına neden olur (Görsel 1.41).



Görsel 1.41: Yolda gerçekleşen heyelan

Kimyasal etkiler: Yer altı sularını jeolojik açıdan önemli kılan bir diğer etken, kayaçlarda erime olaylarının yaşanmasını sağlayan kimyasal etkilerdir. Yer altı suları, kayaçların boşluk ve çatlaklarına ve tabakaların arasına sızarak kayacı eritmek suretiyle birçok boşluk, oyuk, galeri oluşturur (Görsel 1.42). Bunun yanında kalsiyum bikarbonatlı yer altı suları; mağaraların tavan ve tabanlarında birikerek sarkıt, dikit ve sütun adı verilen şekilleri oluşturur (Görsel 1.43).



Görsel 1.42: Mağara



Görsel 1.43: Sarkıt, dikit ve sütunlar



Bunları Biliyor Muydunuz?

Yer altı suları, yağışın düşmediği dönemlerde akarsuları besleyen bir depolama şéki ve akarsu akımını dengeleyici önemli bir unsurdur.

3. Rüzgârlar

Rüzgârlar, dış kuvvetler içerisinde en fazla kurak bölgelerde etkinliğini gösteren önemli bir jeolojik etkendir. Genel olarak rüzgârin hızı, deniz seviyesinden itibaren yükseldikçe ve açık denizlere doğru gittikçe artar. Rüzgârlar; artan hızına rağmen yoğunluğunun az olması nedeniyle ince taneli parçacıklar asılı yük, daha büyük parçalar ise yatak yükü (zeminde kısa mesafeli sıçrama, yuvarlanma ve kayma) olarak hareket ederler. Taşındıkları toz ve kumlar da kayaçların aşındırılmasında çok büyük bir rol oynar. Rüzgâr erozyonu adını verdigimiz bu olay, farklı dirençteki kayaçlar üzerinde bir takım yer şekillerinin ortaya çıkmasına neden olur (Görsel 1.44, 45). Estikleri yerlerde kütelerin üzerindeki toz ve kumları sürükleyerek çiplak kalan küteleri, fiziksel ve kimyasal etkilere maruz yeni bir yüzey haline getirir.



Görsel 1.44: Mantar kaya



Görsel 1.45: Yardang

Rüzgârlar, hızlarının azaldığı yerlerde beraberlerinde taşıdıkları yükü bırakmak suretiyle çökelme olayın gerçekleşmesini sağlar. Böylece kumul, barkan, lösler gibi yer şekilleri meydana gelir (Görsel: 1.46, 47).



Görsel 1.46: Barkan



Görsel 1.47: Kumul



4. Buzullar

Tatlı su kaynakları arasında en büyük paya sahip olan buzullar; erime ve buharlaşma aşamaları ile hidrolojik döngünün aşındırma ve biriktirme aşamaları ile de kayaç döngüsünün bir parçası olarak yeryüzünün şekillendirilmesinde etkili olan önemli bir jeolojik faktördür. Buzullar, taban kayması (buzun altındaki yüzey üzerinde kayması) ve plastik akmanın (buz içindeki deformasyon) bileskesiyle sürekli hareket hâlindedir. Ancak bu hareket ilk bakışta fark edilmeyecek derecede yavaş olup günde santimetre ve metreler arasında değişmektedir. Buzullar, diğer dış kuvvetlerde olduğu gibi aşındırma ve biriktirme faaliyetlerinde bulunur (Görsel 1.48). Buz miktarı, aşındırma ve çökel taşıma kapasitesini belirler. Buzullar büyüdükçe aşındırma kuvvetlerini artırır. Yine de akarsulara nazaran aşındırma kabiliyetlerinin daha az, taşıma ve biriktirme kabiliyetlerinin ise da fazla olduğu söylenebilir (Görsel 1.49). Buzulların tüm vadisi kapladıkları alanlarda, aşındırma aynı zamanda gerçekleşir. Böylece tabanı düz, yanları sarp U profilli vadi şekilleri ortaya çıkar.



Görsel 1.48: Buzul vadisi



Görsel 1.49: Moren

5. Denizler (Dalgalar- Gelgit)

Jeolojik bakımdan oldukça önemli bir yere sahip olan denizler, durgun bir su kütlesi olmayıp sürekli hareket halindedir (dalgalar, akıntılar, gelgit). Denizler, karalardan gelen bütün suları bünyesinde toplar. Akarsularla taşınan malzemeler ve dalgaların tahrip gücüne bağlı olarak kıyılardan koparılan parçalar, deniz tabanlarında çökelerek tabakalar oluşturur. Bu nedenle denizler, aşınma ve çökelme olaylarının en geniş şekilde görüldüğü alanlardır (Görsel 1.50,51).



Görsel 1.50: Falez Dalga Aşındırma



Görsel 1.51: Tombolo Dalga Biriktirme

Denizlerde gelgit etkisi, suların kabarması ve çekilmesi şeklinde kendini göstermektedir. Kabarmalar ve çekimler arasındaki seviye farkı kimi yerlerde 10–12 metreyi bulur. Bu durum, enerji elde ediminde ve kıyıların şekillenmesinde oldukça etkili olmuştur. Gelgit etkisinin az olduğu kıyılarda, akarsuların denize dökülen ağız kısımlarında, taşıdığı malzemelerin birikmesi sonucu delta oluşurken (Görsel 1.52) gelgit etkisinin fazla olduğu kıyılarda, akarsuyun denize döküldüğü ağız kısmında sürekli süpürülmeden dolayı birikme olmaz ve huni biçiminde geniş ve uzun girintiler (haliç tipi kıyılar) oluşur (Görsel 1.53).



Görsel 1.52: Delta



Görsel 1.53: Haliç (Estuar) kıyıtı



ETKİNLİK

Aşağıda dış (harici) kuvvetler ile ilgili bilgilerin bir kısmı eksik bırakılmıştır. Bilgilerinizi gözden geçirerek eksik kısımları tamamlayınız.

1.	Akarsular, buzullar ve ; yer yüzünün şekillenmesinde etkili olan dış kuvvetlerdir. Gücünü dan alır. İç kuvvetler tarafından oluşturulan yükseltileri çukur alanları yeryüzünü etkileyen jeolojik faktörlerdir.		
2.	Dış kuvvetlerin tamamı, hem aşındırma hem de faaliyetleri yaparak yeryüzünü şekillendirir.		
3.	Dış kuvvetlerin oluşturduğu aşınım ve birikim şekillerini araştırarak tabloyu tamamlayınız.		
	DIŞ KUVVETLER	Aşınım Şekilleri	Birikim Şekilleri
	Akarsular		
	Yer altı suları		
	Rüzgârlar		
	Buzullar		
	Dalgalar ve akıntılar		



9.1.4. HİDROJEOLÖJİ

1.4.1. Hidrojeolojinin Tanımı

Yer kabuğu içinde bulunan suların hareketini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çeşitli kütleler içinde bulunmuş şekillerini ve bunlara etki eden faktörleri inceleyen bir bilim dalıdır. Yer altı suları jeolojisile;

- Sızma ve akma ile oluşan (canlı, vadoz) sular
- Derinlerde oluşan (cansız, fosil) sular
- Metamorfik sular
- Magmatik (juvenil) sular incelenir.

Yer altı jeolojisini adını da verebileceğimiz bu bilim dalı, çalışma konularının kapsadığı alanlarla ilgili olarak pek çok bilim dalı ile yakın ilişki içerisindeidir.

Bu nedenle bir yer altı jeoloğunun (hidrojeolog) bazı bilgilere sahip olması gereklidir.

Bunlar:

- Temel jeolojik yapı bilgisi
- Kayaç bilgisi
- Jeolojik olayları üç boyutlu düşününebilmek (mühendislik bilgisi)
- Problemlerin ekonomik yönlerini anlayabilme becerisi (ekonomik jeoloji).



Araştırma

Hidrojeolojinin yakın ilişki içerisinde olduğu bilim dallarına örnekler bularak bu bilimlerle yakın ilişki içinde olma nedenini sınıfta tartışınız.

1.4.2. Hidrojeolojinin Tarihçesi

Her alanda olduğu gibi günümüze gelinceye kadar pek çok bilim insanı, fikirleri ve çalışmaları ile hidrojeoloji biliminin kurulmasına zemin hazırlamışlardır. Hidrojeoloji kavramı, ilk kez 1802 yılında bugünkü anlamı dışında "Suyun araştırılması ve depolanması" anlamında J.B.Lamarck (lamarck) tarafından kullanılmıştır. 1879'lara gelindiğinde bugünüğe yakın bir anlam kazanmış ve jeolojik faktörlerin yer altı suyu ile ilişkileri araştırılmaya başlanmıştır. Hidrojeoloji kelimesinin geniş çapta kullanımı ve tanınması, D. W. Mead (med)'in klasik hidrojeoloji kitaplarının yayılması ile başlar.

İlkçağdan itibaren insanların yer altı suyundan faydalanan için metrelerce derinlikte kuyular açtıkları ve kilometrelerce tüneller kazdıkları bilinmektedir. Sonraları elle açılan adı kuyular yerine hidrolik makinalarla delinen sondaj kuyuları vasıtasyyla insanlar, yer altı sularından yararlanmaya başlamışlardır.

Kurak ve yarı kurak bir iklimde sahip olan ülkemizde de yer altı sularından yararlanmak düşüncesi oldukça eskiye dayanmaktadır. Eski Yunan, Roma, Bizans, Selçuklular ve Osmanlılar zamanından kalan kuyu, tünel, sarnıcı, bentler ve çeşmeler bunun en önemli kanıtlarıdır. Cumhuriyetten sonra, köy ve şehirlerin ihtiyacı olan suyun karşılanması için ilk defa Avrupa'dan yabancı su mühendisleri ve jeologlar getirilmiş ve yer altı suları konusunda yetiştirilmek üzere Avrupa'ya öğrenciler gönderilmiştir. 1938 yılında İller Bankası'nın kurulması ile şehir ve köylere içme suyu sağlanmaya çalışılmış, 1952 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Hidrojeoloji Enstitüsü'nün kurulmasıyla bu alanda uzmanlar yetiştirilmeye başlanmıştır.



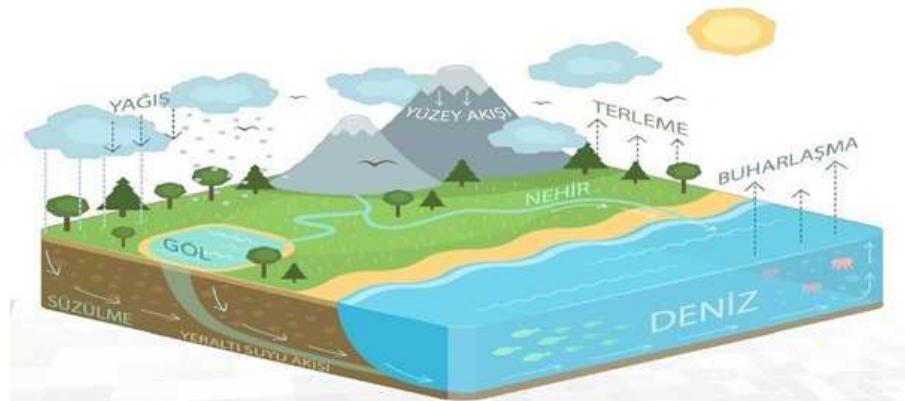
Araştırma

Cumhuriyet sonrasında ülkemizde yer altı suları ile ilgili ilk çalışmaların Konya çevresinde başlatılmış olmasının nedenlerini araştırip sınıfta tartışınız.

1.4.3. Hidrolojik Döngü ve Yer Altı Sularının Oluşumu

Yer altı sularının ana kaynağı yağıştır. Yağış yeryüzüne yağmur, çığ, kar, dolu, kıracı şeklinde düşmektedir. Yer-yüzüne yağış olarak düşen suların bir kısmı, ya arazi üzerinde akarken buharlaşır ya da bitkiler tarafından tutulup sonra terleme yoluyla dışarı atılarak buharlaşır. Atmosfere yeniden karışan suyun bu şekilde oluşturduğu döngü **kısa dolaşım** olarak adlandırılır.

Yağış olarak yeryüzüne düşen suların bir kısmı, yüzey akışına geçerek akarsuları; bir kısmı ise sızma yoluyla yer altındaki kayaçlarda bulunan çat�ak ve boşlukları doldurarak yer altı sularını oluşturur. Yer altı suları, çat�ak ve kırıklar boyunca derinlere kadar gidebildikleri gibi bir noktadan kaynak şeklinde yeryüzüne çıkabilir. Yeryüzüne tekrar çıkan bu sular buharlaşarak yeniden atmosfere karışır. Suların bu şekilde izledikleri döngü ise **büyük dolaşım** olarak adlandırılır. Suyun bu şekilde yapmış olduğu dolaşılara **hidrolojik (su) döngüsü** denir (Şekil 1.16).



Şekil 1.16: Hidrolojik dolaşım

1.4.4. Yer Altı Suyunun Hidrolojik Dolaşımını Oluşturan Bileşenler

Bir havzaya düşen yağış ile akış, buharlaşma ve sızma miktarlarının ölçümü bize yer altına sızan suların miktarını verebilir.

$$S = Y - (B+A)$$

Y: Yağış **B:** Buharlaşma **A:** Yüzeysel akış **S:** Sızma

Ancak sızma değerinin yağış, akış ve buharlaşma değerlerinin yanında çok küçük olması, sızma değerlerinin ölçümünde büyük hatalara neden olabilmektedir. Bu nedenle yukarıda verilen eşitlik uygulaması yapılırken yer altına sızan yağış miktarının bulunması zorlaşmaktadır.

Yağış

Yer altı sularının esas kaynağını yağış oluşturur. Yağış, atmosferdeki su buharının katı veya sıvı hâlinde yeryüzüne düşmesi olayıdır. Yağışın ölçülmesine yarayan alete **pluviometre** denir. Yağmur ölçer bu aletler, yükseklik ölçen (mm) veya ağırlık ölçen (kg/m^2) aletler olarak iki şekilde sınıflandırılır (Görsel 1.54, 55).



Görsel 1.54: Yağış miktarı mm



Görsel 1.55: Yağış miktarı kg/m^2



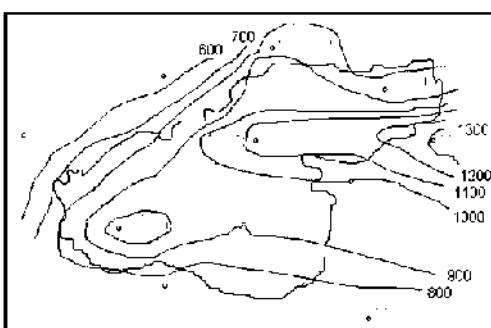
Yer altı sularının beslenmesine esas olacak yağış değeri, havzannın genişliğine bağlı olarak çeşitli şekillerde tespit edilmektedir. Küçük havzalarda, ölçme istasyonlarının yıllık ortalama yağış miktarları alınırken havza genişliğinde ortalama yağışın bulunması için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Yaygın olarak aşağıdaki yöntemler kullanılmakla birlikte, uygulaması en kolay olanı aritmetik ortalama yöntemi ile yapılan tespittir.

Aritmetik Yöntem

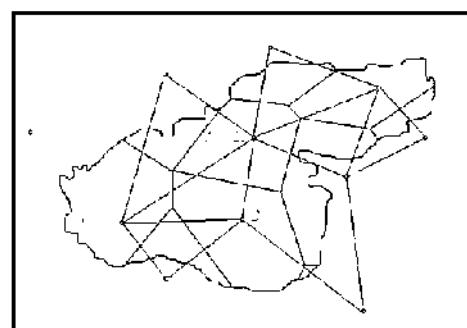
Aritmetik ortalama yöntemi ile 0–500 km²lik alanlara sahip bir havzadaki ölçme istasyonlarında, ölçülen yağışın yükseklik değerlerinin toplamı alınarak istasyon sayısına bölünür. Bulunan ortalama yağış değeri, havzaya düşen ortalama yağış değeri olarak alınır.

Eş Yağış (İzohiyet) Yöntemi

Bu yöntemde; çalışma alanı ve civarında ölçülen yıllık ortalama yağış değerleri bir harita üzerine yerleştirilerek, yağış yükseltileri aynı olan noktalar birleştirilerek topografik eğrilere benzeyen eş yağış eğrileri çizilir.



Şekil 1.17: Izohiyet haritası



Şekil 1.18: Poligon yöntemi

Eş yağış eğrileri arasında kalan her bir alan hesaplanarak, aşağıda verilen eşitlikten yararlanılarak havzaya düşen ortalama yağış değeri belirlenir. Zaman alan bir yöntem olsa da diğerlerine oranla daha doğru sonuçlar vermektedir.

Poligon (Thiessen) Yöntemi

Bu yöntemde, her bir yağış istasyonu diğer istasyonlar ile üçgenler oluşturacak şekilde birleştirilir. Bu üçgenlerin kenar ortalarından çıkan dikliklerle poligonlar oluşturulur. Böylece her bir poligon içerisinde bir tane yağış değeri olur. Bu değer ve poligon alanından hareketle, aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak ortalama yağış değeri hesaplanır.

Buharlaşma- Terleme

Sıvı ya da katı bir cismin gaz hâline geçmesi olayına **buharlaşma** denir. Buharlaşma ve terleme birbirinden ayırmaz. Terleme, bitkilerin kökleriyle aldığı suyu yaprakları vasıtasiyla atmosfere bırakmalarıdır. Terlemenin miktarı ile buharlaşma miktarı birlikte hesaplanır. Buharlaşma miktarı **evaporometre**, **atmometre** ve **tank** ya da **tava** adı verilen aletlerle ölçülmektedir (Görsel 1.56). Ölçülen buharlaşma miktarı mm/gün şeklinde ifade edilir.

Buharlaşma miktarı bölgelerin iklim, bitki örtüsü ve yeryüzü şekillerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlarda yağışla yeryüzüne düşen sular, hızla akışa geçer. Bitkilerin bulunduğu alanlarda ise kökler vasıtasiyla tutulan sular, terleme yoluyla dışarı atılarak bölgenin buharlaşma miktarına etki eder. Bitkilerde terleme; ışık, sıcaklık, rüzgar ve büyümeye devresiyle birlikte artar.



Görsel 1.56: Buharlaşma tavası

Akış

Yağış sularının buharlaşmayan ve yer altına sızmayan kısmı, yeryüzünde akarak akarsu ve nehirleri meyadana getirir. Akarsular; yağışlarla birlikte bazen yer altı suları tarafından beslenir, bazen de akarsular bir yer altı suyunu besleyebilir.

Akarsuların akış hızı bazı faktörlerin etkisi altındadır. Bunlar:

- Jeolojik faktörler: Kayaçların cinsi, yapısı.
- Topografik faktörler: Yükseklik, eğim.
- Drenaj koşulları
- Meteorolojik faktörler: Yağış şekli, şiddeti, süresi, sıcaklık.
- Drenaj arazinin eğim durumu
- Bitki örtüsü ve beşeri faktörler, akarsu debisi ve hızı üzerinde etkili olur. Akarsuyun debisi, suyun herhangi bir kesiinden geçen miktarın m^3 /sn cinsinden ölçümüdür. Günlük, aylık, yıllık ve ortalama akarsu debileri ile bir akarsuyun rejimi hakkında bilgi sahibi oluruz.

Sızma

Yeryüzüne düşen yağışların bir kısmı buharlaşip atmosfere karışırken bir kısmı da yüzeysel akışa geçerek akarsu ve nehirleri oluşturur. Yağışların bir kısmı ise zeminden yer altına sızarak burada yer altı sularını oluşturur. Bir bölgede yer altından alınabilecek su miktarı sızma ile ilgilidir. Sızma, yer altına sızan suyun milimetre (mm) cinsinden ifade edilir. Sızmaya etki eden pek çok faktör bulunmaktadır. Bunlar:

- Zeminin yapısı, permeabilitesi ve nemlilik derecesi
- İklim (Şiddetli yağış ve uzun süren kuraklık buharlaşmayı artırıp sızmayı azaltır.)
- Bitki örtüsü (Bitki örtüsü kurak ve yarı kurak bölgelerde sızmayı artırır.)
- Topografiya (Eğimin fazla olduğu yerlerde sızma azalır.)

Sızma miktarı, çeşitli şekillerde geliştirilen yöntemlerle ölçüülür. Bu yöntemlerden biri **lizimetre** adı verilen tanklarla yapılan ölçümlerdir (Görsel 1.57). Ancak lizimetre, sadece ölçüm yapılan alan için doğru sonuçlar verdiğiinden tüm alan için genel bir değerlendirme yapılamamaktadır. Bir diğer ölçme yöntemi ise adı kuyu ve sondaj kuyularındaki su seviyelerinde meydana gelen değişimleri incelemek şeklinde yapılan ölçümür. Daha pratik olan bu yöntem daha çok tercih edilmektedir.



Görsel 1.57: Lizimetre

1.4.5. Yer altı Sularının Düşey Dağılışı

Yer altı sularının ana kaynağı yağıştır. Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı, yer çekiminin etkisi ile yer altına sızarak buradaki boşluk ve çatlaklardan aşağıya doğru iner ve değişik derinliklerde toplanır. Yer altında toplanan bu sular, bulundukları ortama göre çeşitli isimler alır.

Doymuş Bölge: Kayaların boşluk, çatlak ve kırıklarında serbest halde bulunan zeminin tamamının suyla dolu kısmına denir.

Yer altı Suyu Tabası: Doymuş bölgenin üstünde bulunan topografya ve jeolojik etkilere bağlı olarak şekil alabilen düzlem.

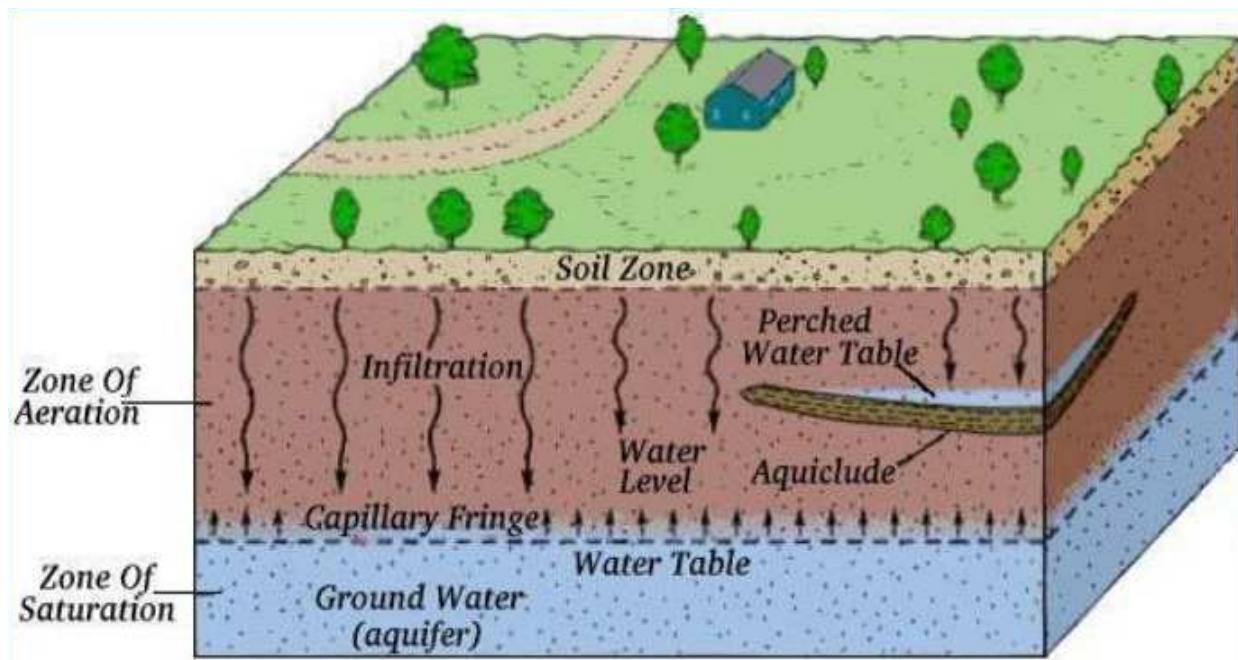
Doymamış Bölge: Yer altı suyu tabası üstünde bulunan zeminin boşluk ve çatlaklarının tamamen su ile dolmamayı kışkırtan su ve kısmen hava ile dolu olduğu bölge. Havalanma Bölgesi, Vadoz Su Bölgesi veya Asılı Su Bölgesi adlarıyla da bilinmektedir.

Film Suyu: Doymamış bölgedeki tanelerin etrafında veya çatlakların kenarlarında yapışık halde bulunan sudur.

Peliküler Su: Tanelerin boşluk ve çatlaklarında bulunan sudur.

Kapiler Su: Yer altı suyu tabası üzerindeki bölgelerde bulunan ince kılcal çatlaklar içindeki su.

Tünek Su: Doymamış bölgede bazı hâllerde geçirimsiz tabakalar arasında bulunan geçirimsiz kıl mercekler üzerinde biriken bir miktar sudur.

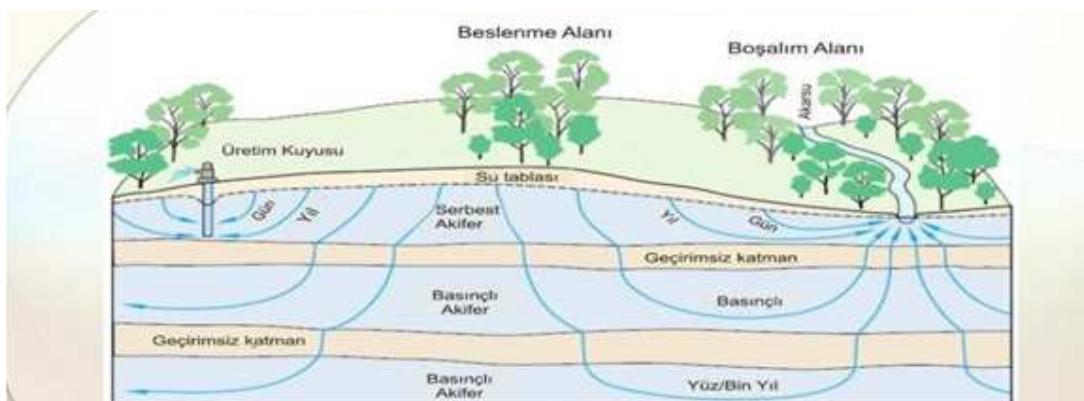


Şekil 1.19: Yer altı sularının düşey dağılışı ve hareketi

1.4.6. Yer altı Sularının Hareketi

Yer altı sularının hareketini izlemek, hiç de kolay olmayan birtakım çalışmalar ve araştırmalar gerektirmektedir. 19. yüzyıl ortalarında Fransız bilim adamı ve mühendis Henri Darcy (Henri Darsi)'nın çalışmaları ile yer altı suyu hareketinin modern anlayışının temelleri atıldı.

Yer altı suyu hareketini sağlayan enerji yer çekimi kuvvetidir. Yer altına giren su, havalandırma zonundan doygun zona doğru aşağı yönlü hareket eder. İlerleyen sular; yer altı su tablasına ulaştığında daha alçak su tablasının bulunduğu akarsular, göller ve bataklıklar gibi alanlara doğru hareket eder. Bu nedenle yer altı suları, yer çekimine rağmen basıncın fazla olduğu alanlardan daha az olduğu alanlara ilerlemek zorunda kalır.



Şekil 1.20: Yer altı suyu hidroloji

Yer Altı Sularının Hareketini Etkileyen Faktörler

- 1. Hidrolik Eğim:** Suyun giriş ve çıkış noktaları arasındaki yükseklik farkı.
- 2. Porozite (Gözeneklilik):** Kayaçlar içerisinde yer alan boşluk ve çatlaklardır. Sular, bu boşluklar içerisinde toplanır. Gözeneklerin birbirleriyle bağlantılı olması ve suyun akışına izin verecek büyüklükte olması gereklidir.
- 3. Permeabilite (Geçirimlilik):** Kayaçların suyu geçirme özelliğidir.



Bunları Biliyor Muydunuz?

Yer altı suyunun hareket hızı oldukça değişkendir. Bu hareketin ölçüm yöntemlerinden biri şudur: Bir kuya – ya atılan boyaya, diğer bir kuyuda görüldüğünde iki kuyu arasında geçen zaman ölçüerek yer altı suyunun hızı hesaplanır.

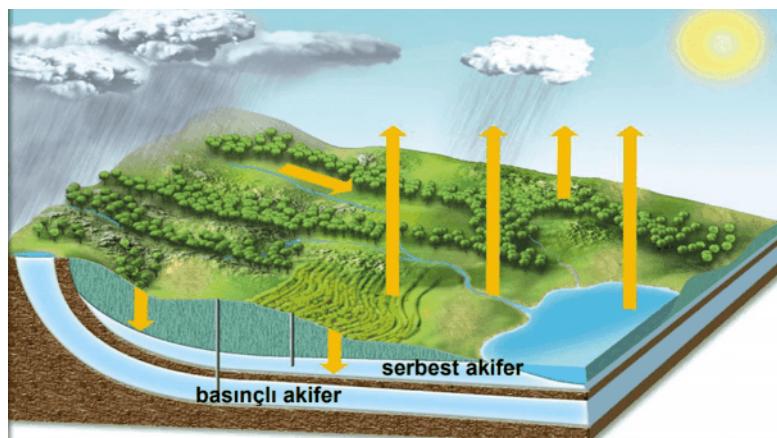
1.4.7. Akifer Tipleri

Yer altı sularını taşıyan tabaka veya formasyonlara akifer denir. Akiferler, bulunduğu şekillerine göre farklı tiplere ayrılarak isimlendirilir (Şekil 1.18).

Serbest Akiferler: Bütün yönlerden su alabilen bir ortamda bulunan akifere verilen isimdir. Serbest akiferlerin üzerinde geçirimsiz, altında ise geçirimsiz tabakalar bulunur. Üst yüzeylerini yer altı su tablası oluşturur.

Basınçlı Akiferler: Yer altı suyunu taşıyan tabakanın iki geçirimsiz tabaka arasına sıkışmış durumuna verilen isimdir. Halk arasında artezyen olarak bilinir.

Tünek Akiferler: Doymamış bölge içerisinde bulunan, geçirimsiz tabakaların üzerinde biriken sulara verilen isimdir.



Şekil 1.21: Akiferler



Araştırma

Yer altı sularının hiç hareket etmediği bir dünya, günümüz dünyasına benzer özellikler gösterebilir mi? Araştırarak sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

1.4.8. Hidrojeolojinin Etkileri

Yer altı suyu, yaygın olarak kullandığımız en önemli kaynaklardan biridir. Artan dünya nüfusu ve sanayideki gelişmeler, suya olan ihtiyacı artırırken yer altı sularından yararlanmak bir zorunluluk haline gelmiştir. Mühendislik alanlarını ilgilendiren pek çok konuda yer altı sularının olumsuz etkilerinin ortaya çıkması (Yer altı suları zemin hareketlerini başlatır, zeminin dengesini bozar; tünel ve galerilere dolarak kazalara sebep olur, temellerdeki sağlamlıklık bir süre sonra zarar görür; yeryüzüne çıktıığı yerlerde bataklıklar oluşturarak tarıma zarar verir, maden ocağı işletmelerinde çalışma randimanını düşürür.) hidrojeolojinin önemini giderek artmasına neden olmuştur. Yer altı suyu, jeolojik bir faktör olarak önemli bir aşınma ve çökeltme etkenidir. Mağara, galeri, sarkıt, dikit, traverten vb. birçok yeryüzü şeklini oluştururken kurak dönemlerde de akarsuların beslenme kaynağı olarak akar su akımını dengeleyici bir unsur olmuştur.

Yer altı sularının giderek artan bir oranda kullanımı, pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir. Bu sorunların başında, önemli bir tatlı su kaynağı olan yer altı sularının aşırı kullanımının bazı bölgelerde yer altı suyu varlığını tehdit etmesidir. Tuzlu su girişi; yer altı suyu çekilmeleri, zeminde oturma, çökme olayları ve kirlilik gibi sorunlar da günümüzde önemli bir tehdit oluşturmaktadır.

Derinlerde bulunan yer altı suları ise yüksek sıcaklıklarını nedeniyle ısınma ve elektrik üretiminde, jeotermal kaynak olarak insanlığa hizmet etmektedir.



ETKİNLİK

Hidrojeolojinin Maden İşletmeciliğindeki Yeri ve Önemi

Yer altı suyu madenlerin işletme safhasında çoğu kez beklenmedik bir zamanda ve yerde ani su baskınları ve sızıntılar, karşımıza çıkan önemli bir sorundur.

Loofbourow (lofburov) yer altı suyunun işletmeciliğe etkilerini başlıca iki kısımda ele alır. Bunları kısaca şu şekilde özetleyebiliriz:

Doğrudan etkileri:

- Pompaj ve/veya su atım masrafları
- Su baskınları sonucu oluşabilecek personel ve ekipman kayıpları
- İşletmenin geçici veya sürekli kapatılması
- İşletme yönteminin seçimine etkileri

Dolaylı etkileri:

- Çalışma koşullarını güçlendirmesi
- Ekipman bakım masrafını artırması
- Gevşek kayaçları çalışma alanlarına sürüklemesi
- Kayaçlarda ayrışmayı artırrarak göçmelere yol açması
- Patlayıcı maddelerin randimanını etkilemesi

Maden ocaklarında karşılaşılabilen muhtemel yer altı suyu sorunları, işletmeyi etkileyebilecek akiferlerin olup olmadığını saptamaktır. Akifer türleri (serbest, basıncılı), geometrik boyutları ve başlıca beslenme sahaları araştırılmalıdır. İşletmenin ilk sahalarında genellikle fazlaca su sorunu ile karşılaşılmaz. Yeni galeriler sürüldükçe ve işletme daha geniş alanlara yayıldıkça ocağa sızan su miktarında bunlara paralel bir artış beklenmelidir. Özellikle karstik sahalarda ani su baskınları beklenmelidir. Ocaktan boşalan suyun tekrar ocağa sızmaması için gerekli önlemler alınmalıdır.

Maden işletmeciliğinde, yer altı suyunun önemli sorunlar oluşturmasını önlemeyi en gerçekçi çözümü, bu gibi koşullara önceden hazırlıklı olmaktır. Bunun için planlama safhasında, hidrolojik araştırmalara yeterince ağırlık verilmelidir. Özellikle işletme sahalarında yapılacak jeolojik harita alımı sırasında yer altı suyu ile ilgili belirtilerin saptanması halinde (yüzey suları, kaynaklar, sızıntılar, su kuyuları gibi) hidrojeolojik araştırmalar kaçınılmaz bir zorunluluktur.

Açık işletmelerde yer altı suyu sorunları kapalı işletmelerde görüldüğü kadar önemli olmayabilir. Ancak burada da özellikle şevlere etkisi nedeniyle önemini korumaktadır. Bunun yanı sıra işletme alanına boşalımlar nedeniyle işletme maliyetine doğrudan etkisi de söz konusudur.

Dr. Vedat DOYURAN

Aşağıda verilen soruları okuduğunuz metne göre değerlendirerek cevaplayınız.

1. Hidrojeoloji bilgisine sahip olmak, maden işletmelerinde hangi sorunların yaşanmasına engel olabilecektir?
Yazınız.

.....
.....

2. Maden işletmelerinde kullanılan yöntemlerin belirlenmesinde hidrojeolojik etkinin önemini açıklayınız.

.....
.....

3. Açık işletmelerde görülen en büyük sorunlardan biri, şevlerin (yamaç) yer altı suyundan etkilenmeleridir.
Yer altı suyunun şevlere etkisiyle meydana gelebilecek tehlikeler hakkında bilgi veriniz.

.....
.....

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

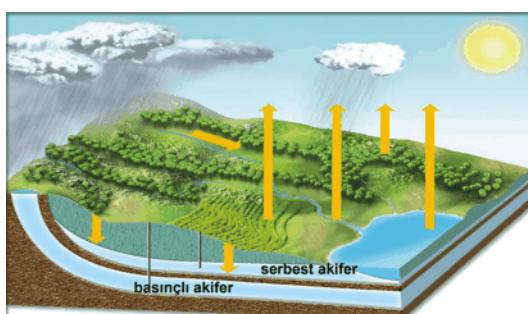
1. Magmatik kayaçların oluşumunda hareketi etkilidir.
2. İçinde yer altı suyu bulunan tabakaya denir.
3. Akarsular, ve faaliyetler ile yeryüzünü en çok şekillendiren dış kuvvettir.
4. Yer'in iç yapısı ve katmanlarından oluşur.
5. Yer altı suyunun akış hızını etkileyen en önemli faktör dir.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

6. İnsanlar; yer altı suyunu kullanırken son derece ölçülu olmalı, doğa ve gelecek nesiller için yer altı suyunun kritik önemini unutmamalıdır.

Aşağıdakilerden hangisi bu durumun nedenlerinden biri olamaz?

- a) Gelecekte temiz su bulma imkanının azalması
- b) Birçok yapı ve tarihi binaların zarar görebilmesi
- c) Tuzlu su miktarının azalması
- d) Jeolojik bir etken olarak yeryüzündeki süreçlerde aktif bir rol oynaması
- e) Doğal kaynakların tükenebilir olduğu bilgisine sahip olunması



7. Yukarıda verilen şeke göre, aşağıdakilerden hangisi basınçlı akiferin özelliklerinden biri olamaz?

- a) Geçirimsiz tabakalar arasında yer alır.
- b) Sızma yoluyla oluşmuştur.
- c) Oluşumunda bulunduğu bölgedeki kayaçların özellikleri etkili olmuştur.
- d) Su her yöne hareket edebilmektedir.
- e) Halk arasında artezyen olarak bilinir.

8. Aşağıdakilerden hangisi jeolojik zaman tablosu oluşturulurken kullanılan yöntemlerden biri değildir?

- a) Tabakaları oluşturan kayaçların diziliş şekilleri
- b) Kayaçlarda bulunan radyoaktif elementlerin incelenmesi
- c) Fosil kayıtlarının incelenmesi
- d) Petrol, doğal gaz gibi yer altı aramaları için açılan sondaj çukurları
- e) Olayların yarattığı toplumsal etkiler



“Dünyayı harekete geçirecek olan önce kendini harekete geçirsin.”

Socrates

9. Aşağıda verilen olaylar, Socrates'in sözünü destekleyecek niteliktedir. Bu olayların gerçekleşmesinde etkili olan faktörler düşünüldüğünde farklı olan hangisidir?

- a) Akarsuların çeşitli vadi tipleri oluşturmaları
- b) Denizlerin gerilemesi
- c) Dağ oluşumu
- d) Depremler
- e) Volkanizma olayları



10. Aşağıdakilerden hangisi yukarıdaki görsel ile ilgili ulaşabileceğimiz kesin bir bilgidir?

- a) Avrupa Kıtası'nda yer alır.
- b) Okyanus kenarında yer alır.
- c) Yer şekillerinin oluşumunda rüzgâr en önemli faktördür.
- d) Kayaçların ayrışmasında, kimyasal yollar etkili olmuştur.
- e) Nüfus yoktur.

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

11. Jeoloji biliminin birçok bilim dalları ile yakın ilişki içinde olmasının nedenlerini belirtiniz.

.....

12. Tektonik deformasyonların ortaya çıkışının temel nedenini belirtiniz

.....

13. Kayaç döngüsünün ortaya çıkışında etkili olan olayların neler olduğunu açıklayınız.

.....

14. Yer altı suyunun önemli bir jeolojik faktör olmasının nedenlerini belirtiniz.

.....

15. Jeoloji bilgisine sahip olmak, ülkemiz açısından oldukça önemli bir kazanımızdır. Sizce ülkemizde var olan hangi sorunların çözümü jeoloji bilgisi ile ilgilidir? Yazınız.

.....

Öğrenme Birimi 1 : Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 1'de edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Jeoloji kavramını açıklayabilir ve yerküreyi tanımlayabilirim.			
Jeolojik zamanların ve kayaçların özelliklerini açıklayabilirim.			
Tektonik hareketleri ve tektonizma sonucu oluşan deformasyonları açıklayabilirim.			
Dış kuvvetleri ve oluşturduğu yapıların etkilerini söyleyebilirim.			
Hidrojeoloji ve hidrojeolojinin etkilerini açıklayabilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç:			
9– 10 puan : Çok iyi			
7 – 8 puan : İyi			
5 – 6 puan : Orta			
3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.)			
0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 2

Magma ve Magmanın Oluşturduğu Kayaçlar

KONULAR

- Magmanın fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Plutonizma, metamorfizma ve volkanizma kavramları

AMAÇLAR

- Magmaların fiziksel ve kimyasal özelliklerini ifade edebilmek
- Plutonizma, metamorfizma ve volkanizma kavramları hakkında bilgiler edinmek



9.2.1. MAGMANIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Hazırlık Çalışmaları

1. Magma nasıl oluşur? Araştırınız.
2. Volkanik faaliyetlerin temel sebepleri nelerdir? Araştırınız.
3. Plütonizma ve metamorfizma kavramlarını açıklayınız.

2.1.1. Magma

Latincede "artık" Grekçede "taş hamuru" veya "taş lapası" anlamına gelen **magma**; yerin içinde bulanan ergiliş kayalardan meydana gelir ve bileşiminde çok miktarda çözünmüş gazlar bulunur. Magmanın yeryüzünde veya yerin içinde soğuyup katılaşmasıyla magmatik kayalar ya da madenler meydana gelir. Yeryüzüne ulaşarak yanardaqlardan püsküren magmaya **lav** adı verilir (Görsel 2. 1).



Görsel 2.1: Yamaç boyunca akan lav

Magmanın Kökeni

Magma, tümüyle veya kısmen ergiliş kayalardan meydana gelir. Kayaların ergimesi nasıl gerçekleşir ve magma nereden gelmektedir? Magma üç şekilde meydana gelir:

- Sıcakık artışı:** Magmanın çoğu, kabuk ve üst mantodaki kayaların ergimesinden oluşur. Herhangi bir kayadan magmanın üretilmesi için o kayayı ergime noktası üzerindeki bir sıcaklığa kadar ısitmak gereklidir. Yerin derinliğine doğru gidildikçe sıcaklık artar. Bu sıcaklık artışı her yerde aynı olmamakla beraber üst kabuk için ortalama her 1 km'de 25°C'dir.
- Basınç azalışı:** Yerin derinliklerine doğru gidildikçe basınç artar. Yerin derinliklerinde basıncın yüksek olması, kayaların ergime sıcaklıklarını arttırır. Kayaların üzerindeki çevresel basıncın düşmesi, kayaların daha düşük sıcaklıkta ergimelerini sağlar.
- Uçucu eklenmesi:** Kayaların ergime sıcaklıklarını etkileyen uçucu faktörleri su ve diğer uçucular oluşturur. Su ve diğer uçucular (karbondioksit, kükürtdioksit), kayaların daha düşük sıcaklıkta ergimesini sağlar.



2.1.2. Magmanın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Magmanın fiziksel ve kimyasal özelliği; magmanın bileşimine, sıcaklığına ve akıcılığına bağlıdır.

Magma bileşenleri; katı, sıvı ve gaz bileşenlerden oluşur. Magmanın sıvı bileşenleri, yer kabuğunda en fazla bulunan sekiz elementin hareketli iyonlarından meydana gelir. Bu sekiz element; silisyum, oksijen, alüminyum, potasyum, kalsiyum, sodyum, demir ve magnezyumdur.

Magmanın katı bileşenlerini silikat mineralleri oluşturur. Genellikle uçucular olarak adlandırılan magmanın gaz bileşenleri ise su buharı (H_2O), karbondioksit (CO_2) ve kükürtdioksit (SO_2)'dır. Su buharı ve karbondioksit, volkanlardan çıkan gazların %90'ını oluşturur.

Volkanlardan çıkan magmanın (lavin) duyarlı aygıtlarla (pirometre) ölçülen sıcaklığı 1000 ile 1200°C arasında değişmektedir. Akıntı halinde bulunan lavın sıcaklığı ise 800°C'ye kadar düşmektedir.

Magma, genellikle sıvı ve akışkan bir maddedir. Akışkanlık derecesi (viskozite), magmanın bileşimindeki silisyumdioksit (SiO_2) miktarına ve magmanın sıcaklığına bağlıdır. SiO_2 'nin artması ile viskozite de artar, magmanın akışkanlığı azalır; sıcaklığın yükselmesiyle de viskozite düşer, akışkanlık artar.

Magmatik Kayalar (Katılışım Kayalar)

Magma; yerin derinliklerinde, yüksek sıcaklık altında ergimiş maddelerden ve bu madde içine karışmış gazlardan oluşur. Magmatik kayalar, magmanın yeryüzüne çıkararak veya yer kabuğu içinde belli bir yere kadar yükselterek orada soğumasıyla oluşur.

Magmanın yer kabuğu içine sokulmasına **magma enjeksiyonu** denir. Magmanın yeryüzüne çıkararak orada soğuması sonucunda oluşan kayalara **ekstrüzif kayalar**, yükselen magmanın yeryüzüne ulaşmadan kabuk içinde katılışmasıyla oluşan kayalara ise **intrüzif kayalar** denir.

Yüzey kayaları da denilen ekstrüzif kayalar, havayla temas ettiklerinde hızla soğur, bu nedenle ince taneli kristallerden oluşur. Başlıca ekstrüzif kaya türleri; obsidyen (Görsel 2.2), riyolit, perlit (Görsel 2.3), andezit ve bazaltır (Görsel 2.4).



Görsel 2.2: Obsidyen (volkan camı)



Görsel 2.3: Perlit



Görsel 2.4: Bazalt

Derinlik kayaları da denilen intrüzif kayalar; yerin altında yavaş soğur, bu nedenle iri taneli kristallerden oluşur. Başlıca intrüzif kaya türleri; granit (Görsel 2.5), siyenit, gabro (Görsel 2.6) ve peridotittir (Görsel 2.7).



Görsel 2.5: Obsidyen (volkan camı)



Görsel 2.6: Perlit



Görsel 2.7: Peridotit



ETKİNLİK

Aşağıda verilen magmatik kayalara ait görsellerin altına, kaya isimlerini uygun bir şekilde yazınız.

Kaya isimleri: Obsidyen, andezit, bazalt, riyolit, perlit, granit, siyenit, gabro, peridotit.





9.2.2. VOLKANİZMA, PLUTONİZMA VE METAMORFİZMA KAVRAMLARI

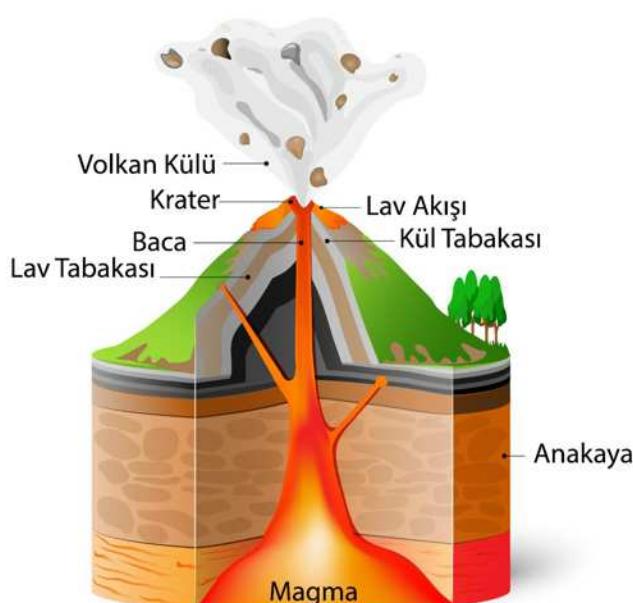
2.2.1. Volkanizma

Magmanın yeryüzünde veya yeryüzüne yakın derinliklerdeki faaliyetleri volkanizma olarak tanımlanır. Katı, sıvı ve gaz hallerinde yeryüzüne çıkan magma; çeşitli şekillerde volkanları ve volkanik şekilleri meydana getirir.

Volkanik faaliyetlerin en önemli nedeni, gazların magmadan ayrılmasıdır. Yüksek basınç altında magma içerisinde çözünmüş olarak bulunan çeşitli gazlar, basıncın azalmasıyla magmadan ayrırlar ve büyük bir güçle yeryüzüne doğru hareket eder. Basıncın azalsıyla magma köpürür, hafifler ve daha akışkan bir hal olarak daha kolay püskürme özelliği kazanır.

Magmanın yukarıya doğru hareketi sırasında erişebildiği seviyeye göre volkanizma, derinlik (intrüzif) ve yüzey (ekstrüzif) volkanizması olmak üzere ikiye ayrılır. Derinlik volkanizmasında, magma yeryüzüne kadar ulaşamayarak belirli bir derinlikte soğuyarak katılır. Yüzey volkanizmasında ise magma yeryüzüne ulaşarak katılır.

Yüzeysel volkanizmada magma; yeryüzüne merkezi, çizgisel, alansal, deniz altı ve buzul altı püskürme olmak üzere beş farklı şekilde ulaşır.



Şekil 2.1: Bir volkan dağının kesiti

Merkezi püskürme, magma veya püskürük maddelerin bir delik veya kanaldan yeryüzüne çıkmasıyla gerçekleşir. Püskürük maddelerin çıktıktan sonra 'baca' adı verilir. Volkan bacasının üst kısmının huni şeklinde genişlemesiyle 'krater' meydana gelir. Bu tip püskürmelerde volkan konileri oluşur. Vezüv ve Etna (İtalya), Hawaii (Büyük Okyanus ortası), Mayon (Filipinler), Fuji Dağı (Japonya), Paricutin (Meksika), Demavend [Iran (Görsel 2.7)], Ağrı Dağı bunlara örnek oluşturur.



Görsel 2.7: İran'da bulunan Demavend Volkanı (merkezi püskürme)

Çizgisel püskürme, püskürük maddelerin bir yarık boyunca yeryüzüne çıkmasıyla gerçekleşir. Magmanın çıktıığı yarığa **fissür** adı verilir. Bu tip püskürmeler sonucunda genellikle lav örtüleri oluşur. İzlanda Adası'ndaki kuzey-güney yönlü hat veya Endonezya adalar topluluğunun güneyindeki çizgisellik boyunca meydana gelmiş Karakatau, Merapi (Görsel 2.8), Tambora gibi volkanlar; ülkemizde Hatay'ın kuzeydoğusunda, Kırıkhan-Hassa arasında ortaya çıkan genç bazaltlar, Konya-Karapınar çevresinde bulunan maarlar bu tipe girer.



Görsel 2.8: Endonezya'da bulunan Merapi Volkanı (çizgisel püskürme)

Alansal püskürme, magmanın geniş bir yüzey boyunca yeryüzüne çıkmasıyla gerçekleşir. Bu tip püskürmeler; yerkürenin ilk dönemlerinde daha fazla meydana gelmiş, buna karşılık bu tür püskürmelerin günümüze doğru yer kabuğunu kalınlaşmasıyla azaldığı düşünülmektedir.

Deniz altı püskürme; bazı volkanlar, sığ veya derin deniz tabanlarında faaliyet gösterir. Genellikle sığ denizlerde lavlar, üst üste yiğilarak volkanik adaları meydana getirir. Bunlara; Krakatoa Volkanı [Endonezya (Görsel 2.9)], Santorin Volkanı (Ege Denizi), Bogoslov Volkanı (Aleut Adaları), Falcon Volkanı (Pasifik-Tonga) örnek oluşturur.



Görsel 2.9: Endonezya'da bulunan Krakatoa Volkanı (deniz altı püskürme)



Buzul altı püskürme, daha önce oluşan volkanların üzerinde buz tabakası oluşabilir ve sonrasında tekrar aktifleşen volkanın püskürmesiyle buzlar eriyebilir ya da iklim değişimiyle volkan krateri tekrar yüzeye çıkabilir. Afrika'daki Klimanjaro, Şili'deki Islagu, İzlanda'daki Eyjafjallajökull, Katla ve Grimsvötn; Antarktika'daki Erebus (Görsel 2.10) volkanları bu tipe girer.



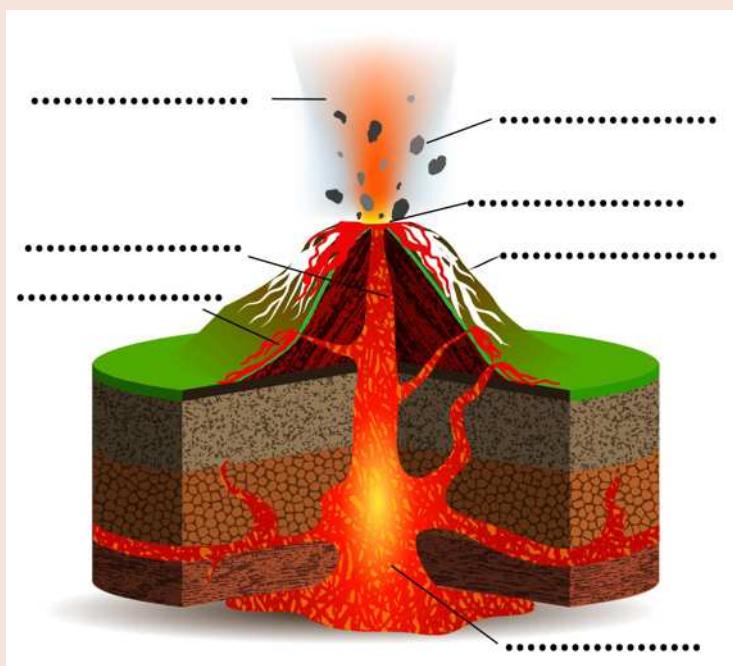
Görsel 2.10: Anarktika'da bulunan Erebus Volkanı (buzul altı püskürme)



ETKİNLİK

Aşağıda verilen kavramları, volkan kesiti üzerinde belirtilen yerlere uygun bir şekilde yazınız.

Volkan bombası, volkan külü, krater, baca, lav, volkan konisi, magma.





Bunları Biliyor Muydunuz?

Volkanik faaliyetler sonucunda oluşan adalara bir yeni ada eklendi. Avustralya'nın doğusundaki Tonga Krallığı'na bağlı adalar civarında, okyanus altında gerçekleşen patlama sonrası oluşan ada keşfedilmeye başlandı. 63 yaşındaki tur organizatörü Gianpiero Orbassano ve iki arkadaşı, adaya ayak basan ilk insanlar oldular. Yaklaşık bir ay süren patlama sonucunda ortaya çıkan bu ada (Görsel 2.11), komşu adalar olan Hunga Tonga ve Hunga Haapai'ye de hayatı zarar verdi. Öyle ki patlama kaynaklı asit yağmurları, iki adanın da bitki örtüsünü yok etti. Komşu adalardaki hayat yok olurken yeni ada şimdiden kuşlara ev sahipliği yapmaya başladı.

Patlamanın yaşandığı bölge, volkanik faaliyetlerden dolayı birçok sorunla karşılaştı. Yeni Zelanda-Tonga arasındaki uçak seferlerinin birçoğu, havaya ulaşan toz dolayısıyla iptal edildi. Bölgedeki balıkçılar da avlanma-ya bir süre ara vermek zorunda kaldı. Yaklaşık 2 km²lik alana sahip olan yeni adanın zayıf yapısı nedeniyle birkaç ay içinde adanın okyanus dalgalarının etkisiyle parçalanmaya başlayacağı öngörülüyor.



Görsel 2.11: Yeni ada oluşumu

Volkanların Çıkardığı Maddeler

Volkanlardan çıkan maddeler; katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç farklı şekilde yeryüzüne çıkar.

1. Katı (Piroklastik) Maddeler: Volkanlardan parça halinde havaya fırlayan farklı boyutlarda ve çeşitli şekillerdeki maddelerdir. Bu tip maddeler, havada katılaşır ve tane büyüklüklerine göre püskürme merkezinden farklı uzaklıklarda yeryüzüne düşer.

Krater kenarına, koni üzerine veya yakın çevreye düşen iri parçalar; volkanik **konglomeraları** veya **aglomeraları** meydana getirir. İnce ve ufak taneli volkan maddelerine ise **tüf** adı verilir (Görsel 2.12). Tüfler, volkan konisinden oldukça uzağa gidebilir. Tüflerin sular içinde birikip çökelmesiyle **tüfit** oluşur.



Görsel 2.12: Kapadokya'da bulunan tüflü arazi



Volkanlardan çıkan lav parçaları, havada kısmen veya tamamen soğuyarak değişik şekil ve boyutlarda cisimler meydana getirir. Bunlar; volkan bombası, cüruf, lapilli, sünger taşı, kül ve tozlardır.

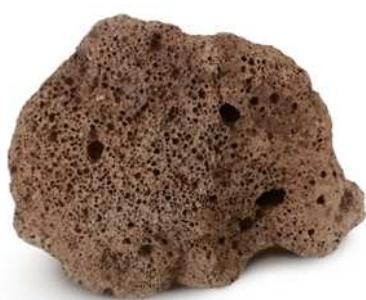
Lav parçaları, fırlatılmışın etkisiyle kazanmış oldukları dönme hareketi sonucunda soğurken uçları sıvri bir yapı kazanır. Oldukça iri olan bu cisimlere **volkan bombası** adı verilir (Görsel 2.13).



Görsel 2.13: Volkan bombası

Cüruf; plastik lavların fırlamasıyla oluşmuş, belli biçimleri olmayan, katılaşmadan önce parçaları birbirileyle birleşmiş olarak yere düşen malzemelerdir (Görsel 2.14).

Küçük taşlar anlamına gelen **lapilli;** ceviz, fındık veya bezelye büyüklüğündeki lav parçalarıdır (Görsel 2.15). Daha küçük taneler ise kül ve tozları oluşturur (Görsel 2.16).



Görsel 2.14: Cüruf



Görsel 2.15: Vezüv Volkani'nın oluşturduğu lapilli depoları (MS 79)



Görsel 2.16: Endonezya'daki Merapi Volkani'nın oluşturduğu küller (2006)

Sünger taşıları, lavların fazla gaz kaybederek katılaşmaları ile meydana gelir. Bunlar açık renkli, fazlaca hava boşlukları içeren, sudan hafif farklı büyülükteki camsı–şekilsiz parçalardır (Görsel 2.17).



Görsel 2.17: Sünger taşı

2. Sıvı Maddeler: Volkanların çıkardıkları sıvı haldeki maddelere lav adı verilir. Yeryüzüne ulaşan taze lav, $600^{\circ} - 1200^{\circ}$ sıcaklıkta, az veya çok akıcı bir sıvidır.

Fazla gaz içeren akıcı lavlar çabuk soğur; gazlar hızlı bir şekilde lavdan ayrılarak, lavın yüzeyini buruşturarak düzensiz bloklara ayrrır. Bu tip lavlara **blok lavları** veya **aa lavları** denir (Görsel 2.18).

Gazları daha az olan koyu lavlar ise yavaş yavaş katılışır, halat veya yumru şeklini alır. Bu şekilde oluşan lavlara **pahöhö lavları** denir (Görsel 2.19).

Su altında, deniz tabanlarında katılan lavlar; yuvarlak veya elipsoid şeklindedir. Görünüşleri yastığa benzendiği için bunlara **yastık lavları** veya **pilov lavları** denir (Görsel 2.20).



Görsel 2.18: Aa lavları



Görsel 2.19: Pahöhö lavları



Görsel 2.20: Yastık lavları

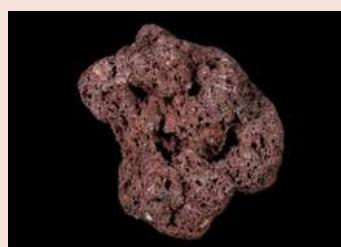
3. Gazlar: Volkanlardan çıkan gazlar şunlardır: Su buharı, kükürtlü hidrojen, karbonoksit, karbondioksit, hidrojen ve klor.



ETKİNLİK

Aşağıda volkanların çıkardığı malzemelere ait görseller verilmiştir. Aşağıda verilen kavramları, görsellerin altına uygun bir şekilde yazınız.

Cüruf, Lapilli, Lav, Tüf, Volkan bombası, Sünger taşı.





Okuma Parçası

Volkanik Tüf Kayalar

Yeryüzünün oluşumundan bu yana devam eden volkanik etkinlikler yerkabuğu üzerinde değişik yapıların oluşmasına neden olduğu gibi değişik tipte maddelerin ortaya çıkmasına da neden olur. Volkan patlaması sonucu mağma ve diğer kayaların parçalanmasıyla ortaya çıkan maddeler büyüklüklerine göre volkan külü, volkan kumu, volkan bombası, lapiilli gibi adlarla sınıflandırılır. Bunların tümüne birden piroklastik madde denir. Piroklastik maddeler hava hareketleriyle volkan yamaçlarında birikir ve yiğinlar oluşturur.

Çevrede göl ve deniz varsa bunların dip kısımlarında düzgün biçimde çökeliş katılaşır. Bu oluşum volkan tüf ya da volkanik tüf kayalar olarak adlandırılır. Volkanik tüf kayalar çok gözeneklidir. Mağma yerin derinliklerinde, yüksek sıcaklık altında ermiş maddelerden ve bu maddelere karışan gazlardan oluşur. Bu gazlar mağma içinde baloncuk oluşmasına neden olur. Mağma yeryüzüne çıktıığında soğuyup katılaşıırken baloncukların bir kısmı mağma içinde kalarak gözenekli yapının oluşmasına neden olur.

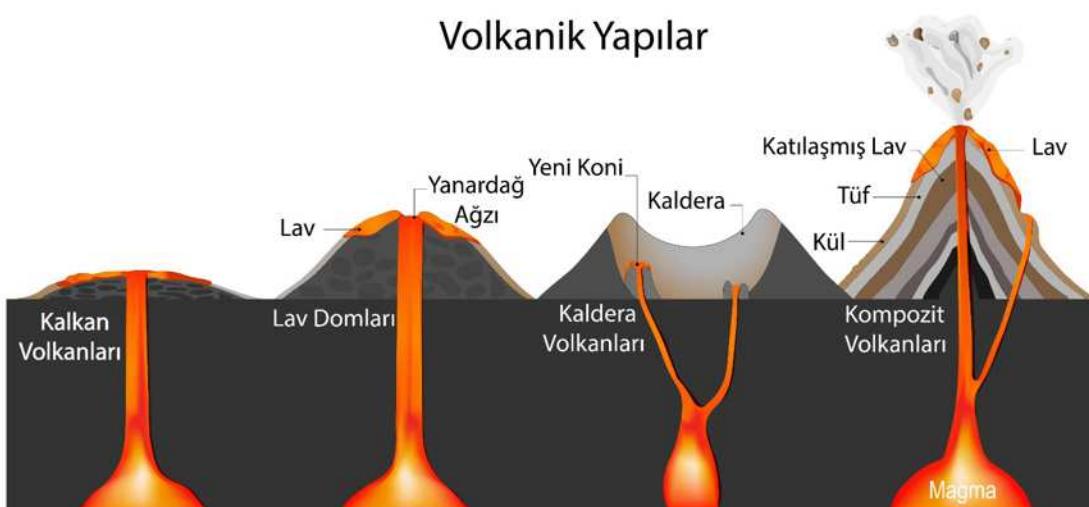
Volkanik tüf kayaların ülkemizde en iyi gözlendiği yerlerden biri Kapadokya bölgesidir. Buradaki tüflere oyunca yapılmış, günümüzde de korunan, yerleşim yerleri vardır. Volkanik tüfler çok çeşitli alanlarda kullanılır. Binalarda ısı yalımı amacıyla, yol yapımında taban olarak, peyzaj ve tarım uygulamalarında (toprağa karıştırıldığında havalandmayı sağlar, buharlaşma ve su kaybı azalır, verim artar) kullanılır.

Volkanik Yapılar

Volkanları besleyen magmanın fiziksel ve kimyasal özelliğine ve volkanların oluşturduğu arazinin jeolojik yapısına göre volkanlar çeşitli şekillerde meydana gelir. Bunlar; tabla, kalkan, lav domları, kompozit ve kalderadır (Şekil 2.2).

Kalkan şeklindeki volkanlar, lavların dar kanallardan yavaş yavaş çıkışıyla meydana gelen az eğimli hafif kubbe gibi yapılardır. Kanarya Adaları, Hawaii Adaları, Galapagos ve Ester Adaları ile Diyarbakır'da bulunan Karacadağ Volkanı; kalkan şekilli volkanlardır.

Volkanik Yapılar



Şekil 2.2: Başlıca volkanik yapılar

Lav domları, yapışkan ve yoğun lavlar içinden çıktıktarı bacanın hemen üzerinde ve çevresinde yamaçları eğimli bir tepe oluşturur. Bu tip yapılara lav domları adı verilir (Görsel 2.21).



Görsel 2.21: Lav domları

Kompozit, volkan konisi birbiri üzerine gelen tuf ve lav tabakalarından oluşur. Bu tip yapılarda bir krater veya kaldera, bir veya birkaç baca bulunur. Yeryüzündeki volkanların büyük bir kısmı bu gruba girer. Bunların çoğu "Ateş Çemberi" olarak adlandırılan Pasifik Okyanusu kenarlarında yer alır. St. Helens, Shasta, Garibaldi, Vezüv volkanları ile ülkemizde bulunan Ağrı (Görsel 2.22), Süphan, Tendürek, Erciyes volkanları bu tip volkanlara örnektir.



Görsel 2.22: Büyük ve Küçük Ağrı Dağı



Kaldera; şiddetli patlama veya püskürme sonucunda, koni biçimindeki volkan kraterinin çökmesiyle meydana gelen geniş çukurlardır. Bitlis'in Tatvan ilçesinde bulunan Nemrut Kalderası buna örnektir (Görsel 2.23).



Görsel 2.23: Bitlis'in Tatvan ilçesinde bulunan Nemrut Kalderası

Bunların dışında, tabla ve maar adı verilen volkan yapıları bulunmaktadır. Tabla şeklindeki volkanlar, fazla akıcı lavların yarık ve çatlaklardan çıkararak geniş alanlara yayılmaları ile meydana gelen volkan şekilleridir. Bu şekildeki volkanlara İzlanda tipi volkanlar da denir (Görsel 2.24). Maar ise bir veya birkaç kez patlamalarla meydana gelen ve yalnızca tüflerden oluşan krater biçimindeki volkanlardır (Görsel 2.25).



Görsel 2.24: İzlanda'da bulunan Lakagigar volkan yarığı



Görsel 2.25: Maar

Volkanik Püskürme Tipleri

Volkanların püskürmeleri, genel olarak beş farklı tipte meydana gelir. Bu tipler, meydana geldikleri volkanların adlarıyla ifade edilir. Püskürme tipleri şunlardır:

- Hawaii Tipi:** Geniş alanlara yayılan çok akıcı, çok sıcak ve az miktarda gaz içeren lavların sakin bir şekilde çıkışması ile gerçekleşir. Genellikle çok hafif patlamalar meydana gelir. Büyük ölçüde piroklastik malzeme fırlatılmaz. Bu tipin en güzel örneğini Hawaii Volkanları oluşturur.
- Stramboli Tipi:** Lavlar daha az akıcı ve gazlar güçkle ayrırlar. Bu tip püskürmelerin en önemli özelliği püskürmelerin periyodik olmasıdır. 15–20 dakikalık aralıklarla gerçekleşen patlamalarda kor haldeki lav parçaları, volkan çakılı ve volkan bombaları yaklaşık 100 metre yüksekliğe fırlatılır. Zaman zaman orta şiddetti patlamalar gerçekleşir.
- Vulkano Tipi:** Akdeniz'de Lipari Adaları'ndan biri olan Vulcano'da görülür. Bu tip püskürmenin başlıca özelliği bacadaki magma yüzeyinin hızla katlaşmasıdır. Gazlar, lav içinde sıkışır ve bu nedenle zaman zaman çok şiddetli patlamalar gerçekleşir.
- Vezuv Tipi:** Uzun süren sessizlik ve hafif püskürme döneminden sonra, gazlarla fazlaca yüklü magmanın çok şiddetli bir şekilde faaliyete geçmesiyle gerçekleşir. Magma, volkanın yan taraflarındaki yarıklardan dışarı çıkar ve böylece asıl bacadaki magma seviyesi düşer. Yoğun bulut kümeleri, çok yükseklerde çıkar ve taşıdıkları küller çok uzaklara kadar taşır.
- Pelee Tipi:** Bu tip püskürmelerin başlıca özelliği, çok şiddetli patlamaların olması ve piroklastik maddelerden oluşan çok yoğun ve kızgın bulutların meydana gelmesidir.



ETKİNLİK

Volkanik püskürme çeşitleri ile ilgili verilen özellikleri dikkate alarak püskürme tiplerinin hangileri olduğunu ilgili boşluklara yazınız.



..... Tipi Püskürme

Çok şiddetli patlamaların gerçekleştiği ve piroklastik maddelerden oluşan yoğun ve kızgın bulutların meydana geldiği püskürme aktivitesi, en belirgin özelliğidir.



..... Tipi Püskürme

Genelde hafif patlamaların meydana geldiği; geniş alanlara yayılan çok sıcak, akıcı ve az miktarda gaz içeren lavların sakin bir şekilde çıktıığı püskürme tipidir.



..... Tipi Püskürme

Yoğun bulut kümelerinin çok yükseklerde çıktıığı, uzun süren sessizlik ve hafif püskürme dönemlerinden sonra fazla gazlar yüklü magmanın çok şiddetli bir şekilde faaliyete geçmesidir.



..... Tipi Püskürme

Bu tip püskürmenin başlıca özelliği bacadaki magma yüzeyinin hızla katılaşması ile gazlar lav içinde sıkışır ve zaman zaman çok şiddetli patlamalar gerçekleşir.



..... Tipi Püskürme

Bu tip püskürmelerin en belirgin özelliği püskürmenin 15–20 dakikalık periyodlarla gerçekleşmesi ve kor haldeki lav parçalarının 100 metre yüksekliğe kadar fırlatılmasıdır.



ETKİNLİK

Aşağıdaki metni okuduktan sonra soruları cevaplayınız.

Yaz Yaşanmayan Yıl

Jeolojik zaman boyunca ve uzun süre sonrasında, volkanik patlamalar ile bunlarla ilişkili süreçlerden insanoğlu dolaylı ve doğrudan etkilenmektedir. Günümüze yakın süreçte sayılabilcek 5–15 Nisan 1815 tarihleri arasında Endonezya'daki Sumbawa adasındaki Tambora Dağı'nın volkanik patlaması ile dünya atmosferine devasa miktarda toz ve kül karışması sonucunda stratosferden daha az güneş ışığı geçtiğinden sıcaklıklar dünya çapında düşmüştür. Küresel sıcaklıkların $0,4\text{--}0,7^{\circ}\text{C}$ düşmesi ile ciddi iklim anormallikleri yaşanmış ve ağırlıklı olarak Kuzey Yarım Küre boyunca büyük gıda sıkıntılıları yaşanmıştır. Bu nedenle 1816 yılı Yaz Yaşanmayan Yıl, Yatzız Yıl, Yazı Olmayan Yıl, Yoksulluk Yılı veya Volkanik Kış gibi isimlerle adlandırılmıştır.

Yaz Yaşanmayan Yıl, tarımsal bir felakettir. Tarihçi John D. Post, bunu "Batı dünyasındaki son büyük geçim krizi" olarak nitelemiştir. Hava, uzun kıslara alışkin olanlar için bir sıkıntı değilken asıl sorun, hava koşullarının mahsul ve dolayısıyla yiyecek ve yakacak arzı üzerindeki etkilerinden kaynaklanmaktadır. İyi yıllarda bile tarımın elverişli olmadığı yüksek rakımlı yerlerde iklimin daha soğuk bir hâl alması tarımı olumsuz etkiledi. Soğuklar ve şiddetli yağışlar, İngiltere'de ve İrlanda'da hasadın yokmasına neden oldu. Galler'deki aileler, yiyecek dilenmek için uzun yollar aşmaya başladı. Buğday, yulaf ve patates hasadının veğimsiz olmasından sonra meydana gelen kıtlık, Kuzey ve Güneybatı İrlanda'da yaygın bir hâl aldı. Almanya'da kriz şiddetliydi, gıda fiyatları hızla yükseldi. Sorunların nedeni bilinmediğinden, tahıl piyasaları ve pastaneler önünde gösteri yapan insanlar ile doldu ve daha sonra isyanlar, kundaklama ve yağmalama birçok Avrupa kentinde meydana geldi. Bu, 19. yüzyıl Avrupa'nın en kötü kıtlığıydı. Çin'de soğuk hava, özellikle kuzeyde ağaçları, pirinç mahsullerini ve hatta Asya mandalarının ölümüne sebep oldu. Taşkınlar kalan bitkileri yok etti. Muson sezonu bozuldu ve Yangtze Vadisi'nde aşırı sele dönüştü. Hindistan'da gecikmiş yaz musonu, şiddetli yağışlara neden oldu ve böylelikle kolera, Bengal'deki Ganj yakınındaki bir bölgeden Moskova'ya kadar yayılmaya başladı.

Sorular

1. Volkanik faaliyetler ile iklim değişimleri arasında nasıl bir ilişki vardır?
2. Volkanik patlamalar, sosyoekonomik yaşamı nasıl etkilemiştir?
3. Günümüzde Endonezya'ya benzer volkanik patlamaların gerçekleştiği ülkeler hangileri olabilir? Araştırınız.

Volkanların Yeryüzüne Dağılışı

Yeryüzünde yaklaşık olarak beş yüz aktif volkan bulunmaktadır. Dünyada volkanların toplandığı alanlar şunlardır:

Batı Avrupa'dan başlayıp Akdeniz üzerinden Güneydoğu Asya'ya, Endonezya'ya uzanan genç dağlar kuşağı; Büyük Okyanus çevresinde yer alan birçok aktif volkanın bulunduğu "Ateş Çemberi" denilen genç kıvrımlı dağlar kuşağı (Harita 2.1), Doğu Afrika grabenleri, Atlas Okyanusu'nun ortasından geçen deniz altı volkanızmanın ve kuzeyde volkanik İzlanda Adası'nın bulunduğu kuşaktır (Harita 2.2).



Harita 2.1: Pasifik Ateş Çemberi

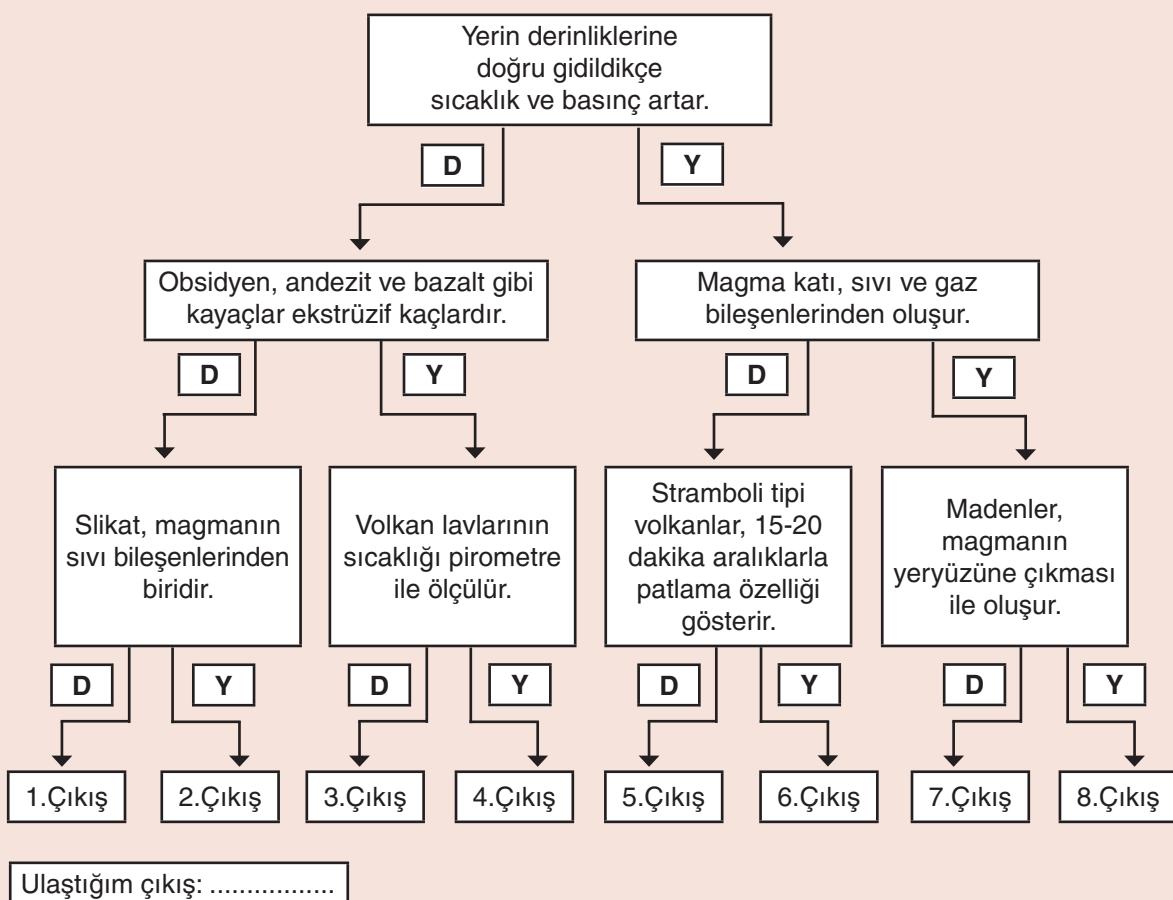


Harita 2.2: Yeryüzünde volkanların dağılışı



ETKİNLİK

Aşağıdaki şemada ifadelerin doğru veya yanlış olduklarını belirleyerek numaralarla belirtilen uygun çıkışa ulaşınız. Ulaştığınız çıkışı yazınız.





2.2.2. Plütonizma

Magmanın yeryüzüne çıkmadan, yer kabuğu içerisinde soğuyarak katılaşmasına plütonizma (derinlik volkanizması); bu faaliyetler sonucunda meydana gelen tam kristallî kaya kütlelerine ise plüton adı verilir (Şekil 2.3).

Plütonizma sonucunda magma, yer altında değişik şekillerde katılaşır. Bu şekiller şunlardır:

Dayk (Damar, filon): Yüzeye yakın yerlerde tabakalı kayaları dik veya eğik olarak kesen ve orada katılaşan magmatik kütlelerdir. Genişlikleri birkaç cm'den birkaç km'ye kadar değişebilir. Yeryüzünde bilinen en büyük damar Zimbabwe'de bulunmakta ve boyu 450 km, genişliği ise 12 km kadardır.



Görsel 2.26: Rusya'nın Kamçatka Yarımadası'nda bulunan Dayk

Lakolit: Tabakalar arasına mantar şeklinde sokulmuş ve onları biraz kabartmış, biraz ergitmiş olan oldukça büyük hacimli magmatik kütlelerdir (Görsel 2.27).



Görsel 2.27: İskoçya-Shetland adalarında bulunan Lakolit oluşumu

Lapolit: Tabakalar arasına sokularak yerleşmiş kütlelerdir. Alt kısımlarında bir sapı vardır ve çanak şeklindedir.

Fakolit: Magmanın daha önceden kıvrılmış olan tabakaların arasına sokulması ile oluşur.

Sill: Magmanın yatay veya az eğimli tabakalar arasına sokulmasıyla oluşur. Kalınlıkları azdır.

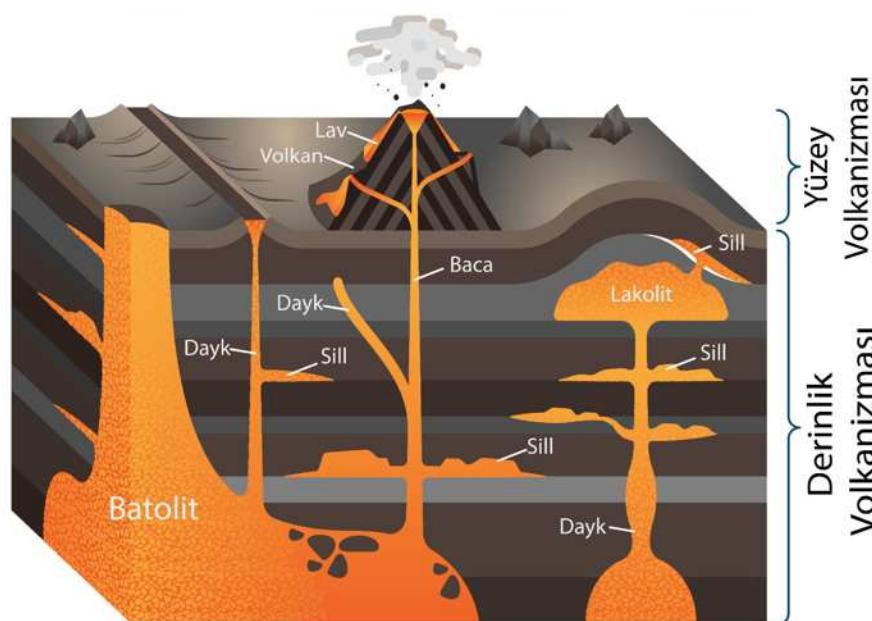
Bismalit: Oluşum mekanizmaları bakımından lakolitlere benzerler. Fakat onlardan farklı olarak magmanın soku-lup kubbe şeklinde yükselttiği tabakalarda faylanmalar meydana gelmiştir. Bismalitin üst kısmı faylanmalara uyacak şekilde girintili çıkıştır.

Nek (Volkan tıkaç): Bir volkanın sönmesinden sonra veya sönmeden hemen önceki aşamasında volkan bacası, magma ile veya irili ufaklı piroklastik maddelerle tikanabilir. Bu şekilde meydana gelen baca dolgusuna tıkaç veya nek adı verilir (Görsel 2.28).



Görsel 2.28: İspanyanın, La Gomera adası'nda bir volkan tıkaç

Batolit: Plütonik kütlelerin en büyüğüdür. Yeryüzünde bazen yüzlerce km'lik yer kaplarlar. Yatay kesitleri genellikle daire veya elipse benzer. Yerin derin kısımlarına doğru gittikçe genişleyerek dipsiz bir şekilde devam ederler.



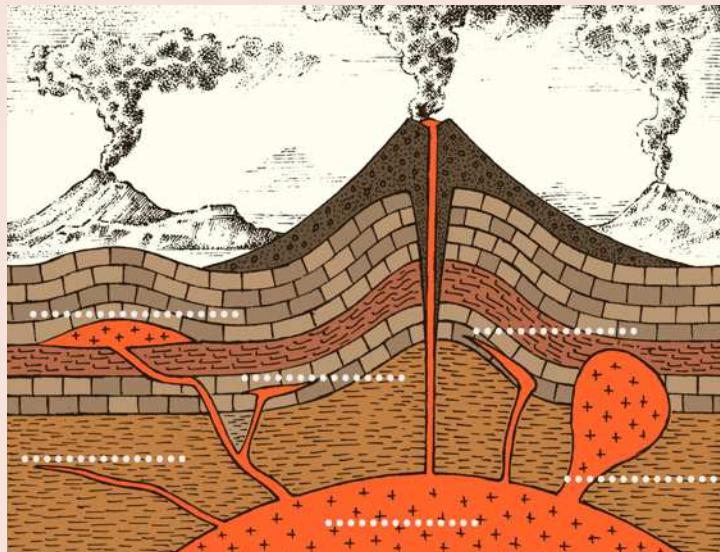
Şekil 2.3: Bir Plütonizma kesiti (derinlik volkanizması)



ETKİNLİK

Aşağıda derinlik volkanizmasına (Plütonizma) ait bir şekil verilmiştir. Aşağıdaki kavramları, şekil üzerinde noktalı yerlere uygun bir şekilde yazınız.

Batolit, Dayk, İakolit, sill



ETKİNLİK

Aşağıdaki metni okuduktan sonra soruları cevaplayınız.

Jeolojik Miras

Yer kabuğu üzerinde ilginç özellikler gösteren jeolojik kökenli yer şekilleri, insanların ilgisini çekmeleri açısından jeolojik miras olarak kabul edilmekte ve koruma altına alınmaktadır. Jeolojik miras alanları; fosil yatakları, volkanik araziler, maden yatakları, kayaçlar, çeşitli tektonik yapılar ve yer şekilleri olabilir.

"Jeopark" kelimesi, "jeoloji / coğrafya" ve "park" kelimelerini birleştirerek üstün kalitede jeolojik özelliklere sahip olduğu kabul edilen bir bölgeyi ifade eder.

Bir Jeoparkın misyonu; bir alanın jeolojik mirasının bütünlüğünü, mevcut ve gelecek nesillerin yararına korumak ve muhafaza etmektir. Alanın iyileştirilmesi ve korunması; jeoparkların temelini oluşturur, topluluklar için sürdürülebilir kalkınma aracı haline gelir.

Sorular

1. Dünya'da jeopark olarak kabul edilen alanları araştırarak bu alanlara çeşitli örnekler veriniz?
2. Bir yerin jeolojik miras olarak kabul edilmesi için sahip olması gereken özellikler nelerdir? Araştırınız.
3. Ülkemizde bulunan Manisa Kula Jeoparkı'nın özellikleri nelerdir? Araştırınız, bulduğunuz sonuçları sırında paylaşınız.
4. Yaşadığınız yerde jeolojik miras niteliği taşıyan yer var mıdır? Araştırınız.

2.2.3. Metamorfizma (Başkalaşım)

Metamorfizma "şekil değişimi" demektir. Kayaçların mineral içeriğinin, dokularının ve bazen de kimyasal bileşiminin değişimine yol açan süreçtir. Metamorfizma, önceden var olan kayacın yeni koşullara maruz kaldığı durumlarda, genellikle artan sıcaklıklar ve basınçlarda meydana gelir.

Kayaçları oluşturan mineraller, belirli bir sıcaklık ve basınç altında stabil durumda bulunur. Her mineralin kendine özgü bir stabil sıcaklığı ve basıncı vardır. Eğer basınç ve sıcaklık değerinde artma veya değişme olursa mineralde de değişme olur. Mineral, aynı kimyasal bileşimde ve bu yeni ortamda başka bir minerale dönüşür. Böylece bir mineral transformasyonu oluşur ve metamorfizma gerçekleşir.

Metamorfizmayı Oluşturan Faktörler

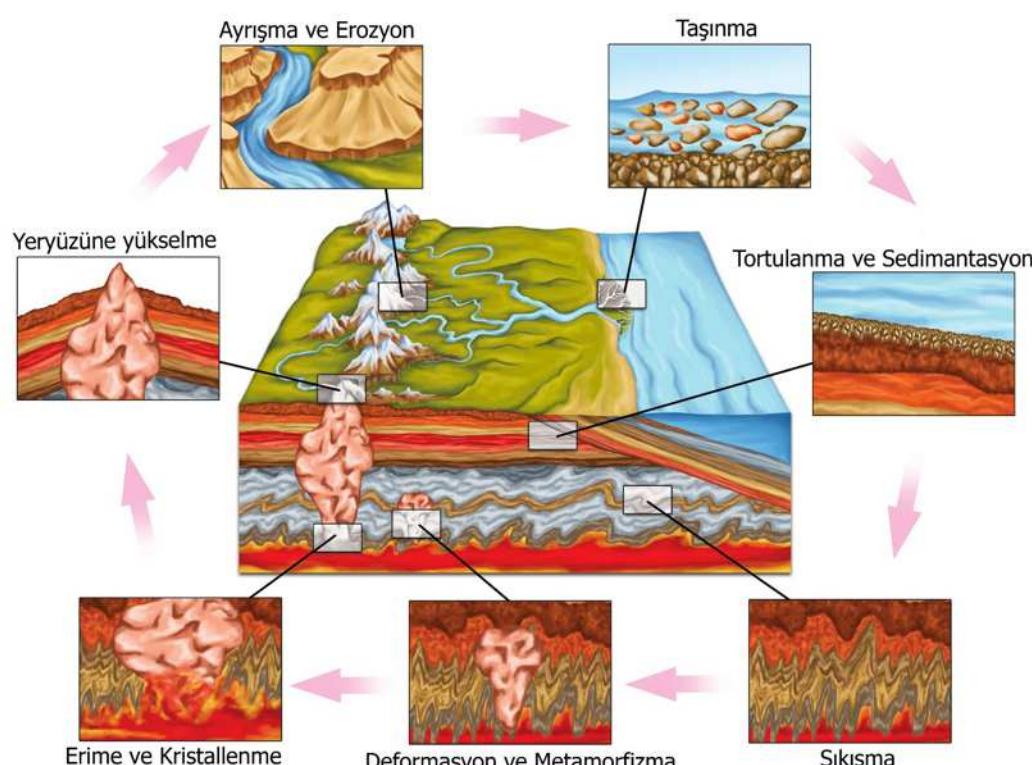
Metamorfizmayı etkileyen faktörler sıcaklık, basınç (gerilme) ve kimyasal sıvılardır. Metamorfizma sürecinde kayaçlar, bu üç etmenin hepsine aynı anda maruz kalır. Bunun yanında metamorfizma derecesi ve her bir etmenin katkısı, bir ortamdan diğerine değişiklik gösterir (Şekil 2.4).

Sıcaklık, metamorfizmayı etkileyen en önemli faktördür. Çünkü sıcaklık minerallerin yeniden kristalleşmesi ve yeni minerallerin oluşması için gerekli olan kimyasal reaksiyonları tetikleyen enerjiyi sağlar. Sıcaklık arttıkça kimyasal reaksiyonlar hızlanır. Ayrıca sıcaklığın artışı minerallerdeki iyonların daha hızlı titreşmesine neden olur.

Basınç, özellikle mekanik değişikliklere yol açar ve plastiklik derecesi üzerinde etkilidir. Sıcaklık gibi basınç da yerin derinliklerine doğru gidildikçe artar. Gömülü kayaçlar, çevresel basınçta maruz kalır. Çevresel basınç, mineraldeki gözenekleri kapatarak daha sıkı kayaçlar oluşturur. Bununla beraber kayaçlar, aynı kimyasal bileşimde ancak daha sıkı kristal formlarda yeniden kristalleşir.

Çevresel basıncın dışında, kayaçlar levha sınırlarında da basınçta maruz kalır. Kayaçları deform eden farklı yönlerde ve eşit şiddette olmayan bu kuvvetler, yönlü gerilme olarak adlandırılır.

Kimyasal sıvıların tümü, mineral yapıcılar olarak adlandırılır. Birçok mineral hidrattır yani kristal yapıları su içerir. Artan sıcaklık ve basınç, bu minerallerin dehidratlaşmasına yani susuz kalmasına neden olur. Bu durum gerçekleştiği zaman ortaya çıkan sıcak sıvılar, minerallerdeki malzeme göçünü hızlandırır ve yeniden kristalleşmesini sağlar.



Şekil 2.4: Metamorfizma oluşumu



Metamorfizma Çeşitleri

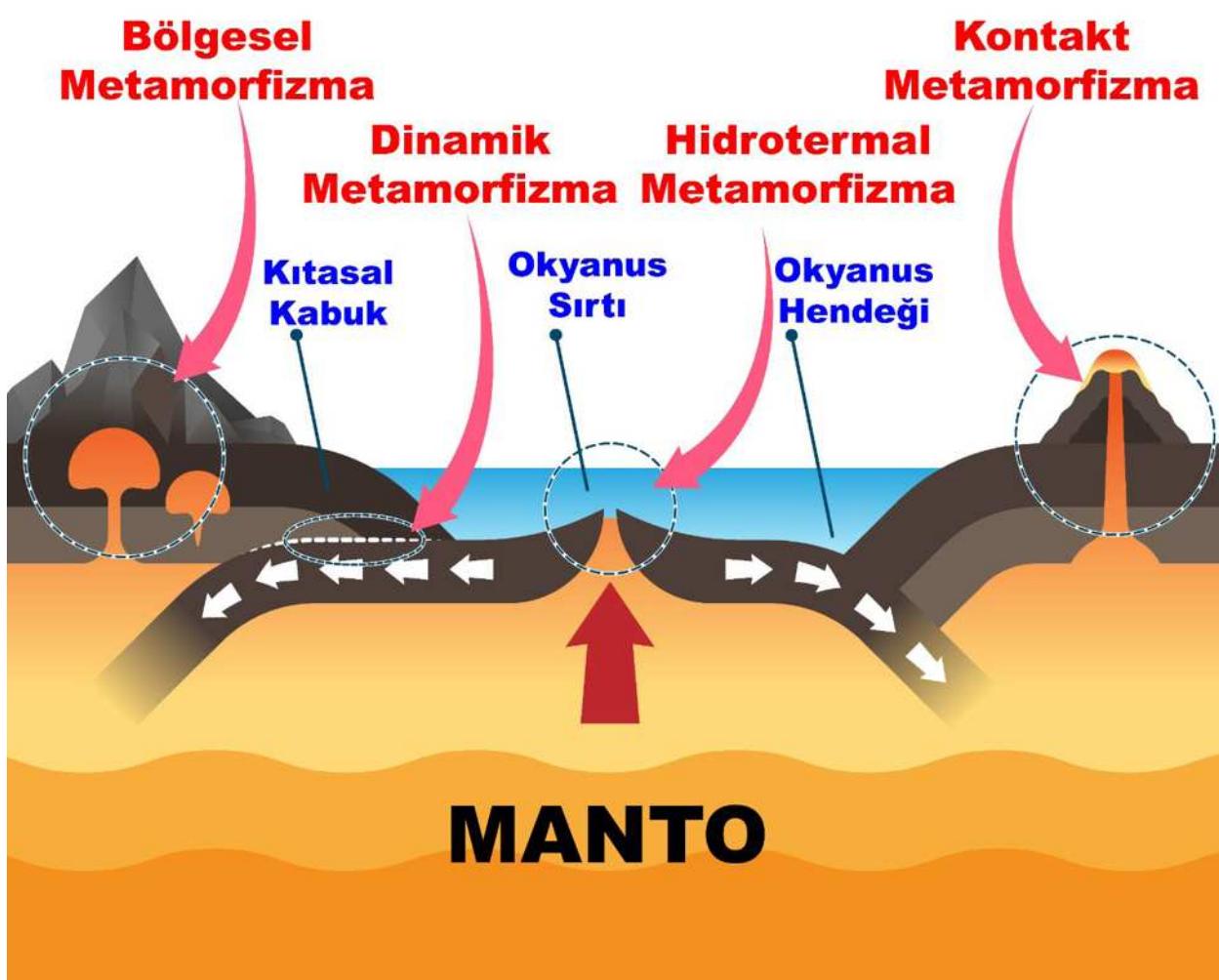
Metamorfizmanın olduğu birçok ortam vardır. Birçoğu levha sınırlarındadır ve bir kısmı ise magmatik olaylarla ilgilidir. Sıcaklık, basınç ve kimyasal sıvıların etkisiyle çeşitli metamorfizma türleri meydana gelir.

Kontakt metamorfizma, yer kabuğuna sokulan magmanın temas ettiği kayalar üzerinde yaptığı değişikliklerdir. Kayalar, magmanın yüksek sıcaklığıyla pişer ve kimyasal bazı değişikliklere uğrar.

Dinamik metamorfizma, yer kabuğunda zaman zaman şiddetlenen kuvvetli basınçların etkisiyle, birbirine göre yer değiştiren bloklar arasında kalan kayalar üzerinde değişikliklere neden olur.

Bölgесel metamorfizma; jeosenkinal adı verilen ve dip kısımları devamlı olarak çökken, derin deniz diplerinde oluşan tortul kayaçların yüksek sıcaklık, basınç ve şiddetli gerilme nedeniyle kristalensist denilen kayaç gruplarına dönüşmesidir.

Hidrotermal metamorfizma; kırık zonlarda, çatlak ve yarıklar boyunca sıcak gaz eriyiklerinin temas ettikleri komşu kayaçlarda oluşturdukları mineralojik değişikliklerdir.



Şekil 2.5: Metamorfizma çeşitleri

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Derinlik kayaları, yerin altında yavaş soğur, bu nedenletaneli kristallerden oluşur.
2. Püskürük maddelerin çıktıkları kanala adı verilir.
3. Püskürük maddelerin bir yarık boyunca yeryüzüne çıkışıyla.....püskürme gerçekleşir.
4. Küçük taşlar anlamına gelen, ceviz büyüklüğündeki lav parçalarıdır.
5. Volkan bacasının üst kısmının huni şeklinde genişlemesiyle meydana gelir.
6. Plütonik kütlerlerin en büyüğüne adı verilir.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

7. Volkanik yapılarla ilgili olarak aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

- a) Kaldera, volkan kraterinin çökmesi sonucu meydana gelir.
- b) Lavların dar kanallardan çıkışıyla maar meydana gelir.
- c) Kompozit, birbiri üzerine gelen tuf ve lav tabakalarından oluşur.
- d) Lav domları, yapışkan ve yoğun lavların baca üstünde birikmesiyle oluşur.
- e) Tabla volkanları, lavların bir yarıktan çıkışıyla oluşur.

8. Aşağıdakilerden hangisi volkanik püskürme tiplerinden değildir?

- a) Hawaii tipi
- b) Vezüv tipi
- c) Vulcano tipi
- d) Erebus tipi
- e) Pelee tipi

9. Aşağıdakilerden hangisi plütonizma sonucu oluşmuş şekillerden biridir?

- a) Cüruf
- b) Volkan bombası
- c) Dayk
- d) Bazalt
- e) Maar



10. Aşağıdakilerden hangisi metamorfizma çeşitlerinden biri değildir?

- a) Hidrotermal
- b) Kontakt
- c) Dinamik
- d) Levhasal
- e) Bölgesel

11. Volkan bacasının magma veya piroklastik maddelerle tikanması sonucu meydana gelir.

Yukarıda özelliği verilen plütonizma şekli aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Batolit
- b) Dayk
- c) Nek
- d) Lakolit
- e) Sill

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

12. Magmanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini nelerdir?

.....
.....
.....
.....

13. Dünya'da aktif volkanlar nerelerde bulunmaktadır?

.....
.....
.....
.....

14. Plütonizmanın oluşumunu açıklayınız?

.....
.....
.....
.....

15. Metamorfizmayı oluşturan faktörler nelerdir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....

Öğrenme Birimi 2: Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 2'de edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Magmanın oluşumunu açıklayabilirim.			
Volkanızmayı tanımlar, volkanik şekillere çeşitli örnekler verebilirim.			
Püskürme tiplerini sınıflandırabilir, püskürme tiplerine çeşitli örnekler verebilirim.			
Plütonizma kavramını tanımlayabilir, plütonizma şekillerine çeşitli örnekler verebilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç:			
9– 10 puan : Çok iyi			
7 – 8 puan : İyi			
5 – 6 puan : Orta			
3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.)			
0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 3

Yer kabuğunun Hareketleri

KONULAR

- Depremler
- Epirogenik ve orojenik hareketler

AMAÇLAR

- Deprem çeşitleri ve depremlerin etkileri hakkında bilgiler edinmek
- Epirogenik ve orojenik hareketlerin özelliklerini ifade edebilmek



9.3.1. DEPREMLER

Hazırlık Çalışmaları

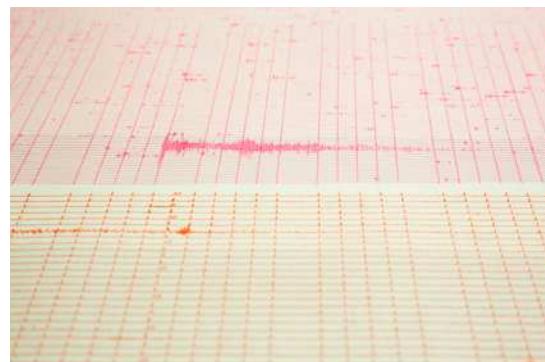
1. Yer kabuğunun hareketli oluşunun kanıtları nelerdir? Araştırınız.
2. Dünya'nın bazı bölgelerinde çok sayıda deprem olmasının nedeni nedir? Araştırınız.
3. Neden bazı dağların yüksek kesimlerinde deniz canlılarına ait fosiller bulunmaktadır? Araştırınız.
4. Levha Tektoniği kuramı nedir? Araştırınız.

3.1.1. Deprem Nedir?

Yer kabuğunda doğal faktörler sonucunda oluşan kısa süreli sarsıntılarla **deprem (seizma)** denir. Deprem dalgalarını inceleyen bilim dalına sismoloji, depremleri kaydeden ve depremlerin büyüklüğünü ölçen aletlere **sismograf** veya **sismometre** denir (Görsel 3.1). Deprem esnasında kayıtların çizilmesi ile oluşan grafiklere ise **sismogram** denir (Görsel 3.2).



Görsel 3.1: Sismograf



Görsel 3.2: Sismogram



Bunları Biliyor Muydunuz?

2000 YILLIK SİSMOGRAF

Çinli gökbilimci, matematikçi ve sismolog ZhangHeng (MS 78–139) MS 132'de bilinen en eski sismografi icat etti. Sismograf, bronz bir küpten oluşmaktadır. Küpün içinde ağır bir sarkaç ve bu sarkaca dik olarak sekiz ayrı yönde konulmuş bağlantılar vardır. Küpün dışında ise bağlantıların olduğu noktalarda her birinin ağızında bronz birer top bulunan sekiz adet ejderha kafası vardır. Her ejderha kafasının altında ise birer kurbağa bulunmaktadır. Herhangi bir depremde, sarkaç depremin yönünde hareket edeceğini için bağlantılar sarkaca bağlı olarak hareket edip o yönde ejderhanın ağını açmasına neden olur. Bu sayede serbest kalan bronz top, aşağıda ağızı açık bekleyen kurbağanın ağızına düşer (Görsel 3.3).

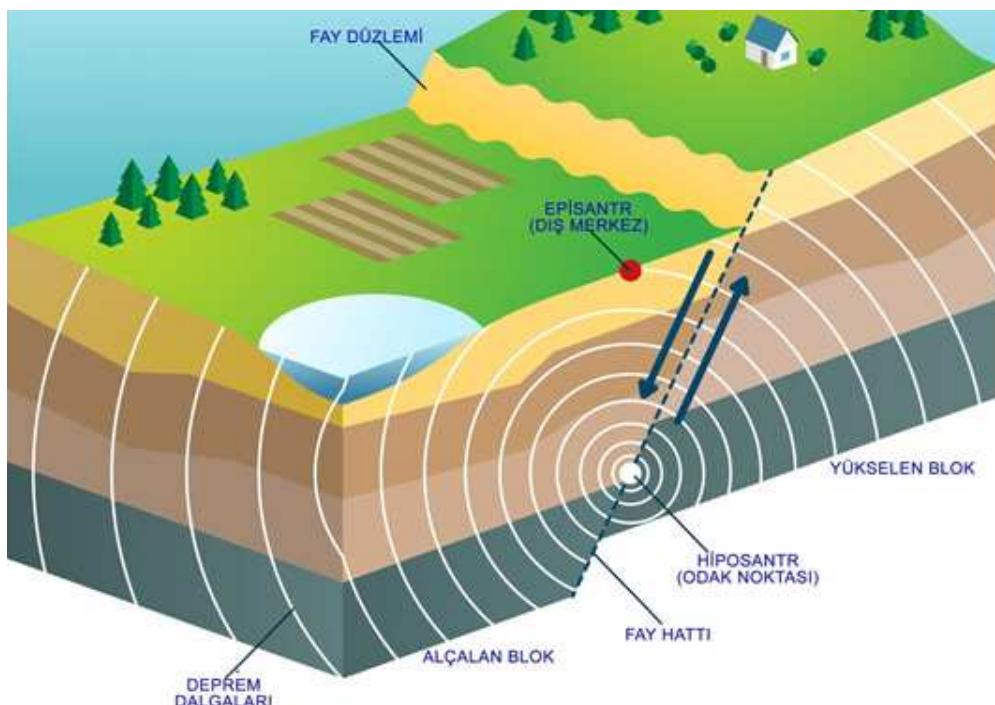
Bu alet depremlerin yönünün belirleyebilmiş ve insanların hissedemediği sarsıntıları tespit edebilmiştir.



Görsel 3.3: Zhang Heng'e ait sismografin modeli



Deprem yer kabuğunun belirli bir derinliğinde ortaya çıkar ve dalgalar halinde yayılır. Depremin yer kabuğu içindeki başlangıç yerine **İç merkez** (hiposantr, odak noktası), yeryüzünde iç merkezin tam üstünde bulunan yere ise **dış merkez** (episantr, merkez üssü) denir (Şekil 3.1). Depremin etkisi en fazla dış merkezde hissedilir ve buradan uzaklaşıkça depremin etkisi azalır.

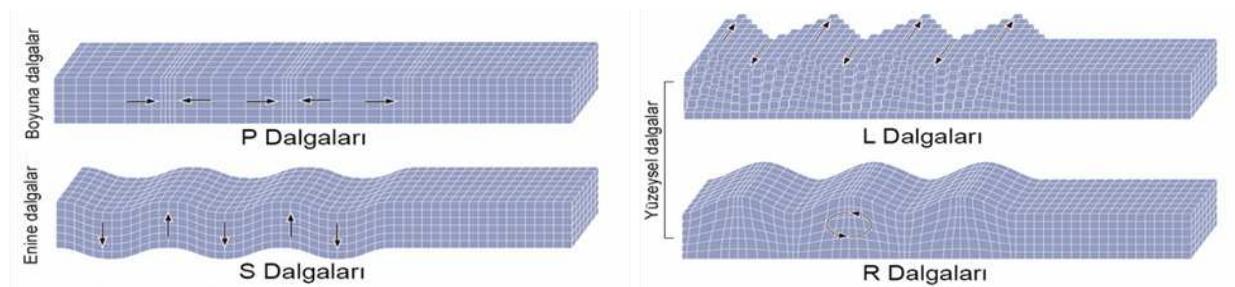


Şekil 3.1: Depremin iç ve dış merkezi

Deprem Dalgaları

Depremlerin oluşturduğu sarsıntılar, deprem odağında oluşan gerilimler ve hareketler sonucunda oluşan dalga hareketlerinden kaynaklanır. Sismik dalgalar adı verilen bu dalgalar, bir göle atılan taşın yüzeyde meydana getirdiği dalgalara benzemektedir. Taşın çarpması sırasında oluşan ve hareket eden dairesel desene benzeyen sismik dalgalar, depremlerde odak noktasından çevreye yayılan dalgalar üretir. Deprem dalgaları; boyuna, enine ve yüzey dalgaları olmak üzere üçer ayrılır (Şekil 3.2).

- **Boyuna dalgaları**, hızları en fazla olan ve bu nedenle sismogramlara ilk kaydedilen dalgalarıdır. **P** (primer) harfi ile gösterilir.
- **Enine dalgaları**, yayılma hızları P dalgalarına göre yavaş olup sismogramlara ikinci olarak kaydedilen dalgalarıdır. **S** (sekonder) harfi ile gösterilir.
- **Yüzey dalgaları** ise hızları daha yavaş olup sismogramlara en son ulaşan dalgalarıdır. En güçlü titreşimleri yüzey dalgaları oluşturur ve yıkıcı etkisi en fazla olan deprem dalgalarıdır. Deniz dalgaları gibi yatay ve düşey doğrultuda karışık salınımlardan meydana gelirler. **R** (rayleigh) harfi ile gösterilir. Sadece yatay doğrultuda yayılan yüzey dalgaları ise **L** (love) harfi ile gösterilir.



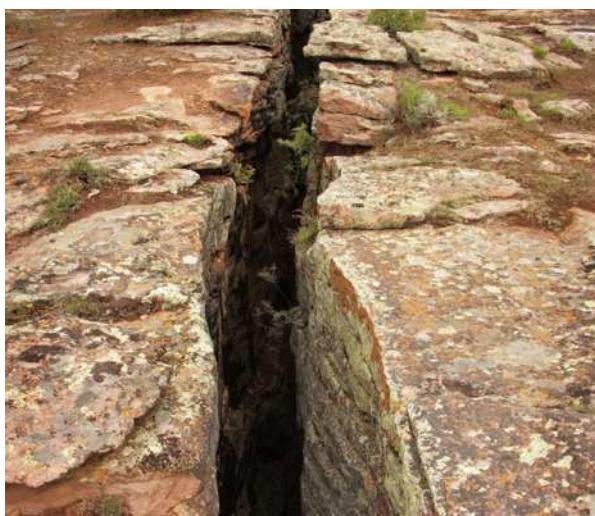
Şekil 3.2: Deprem dalgaları

3.1.2. Deprem Çeşitleri

Oluşumlarına göre depremler; göçme, volkanik ve tektonik olmak üzere üçer ayrılr.

- a) Göçme depremler:** Yer altında bulunan mağara, galeri, tünel gibi boşlukların tavanlarının üstlerindeki yükü taşıyamayacak duruma gelince çökmesiyle oluşur. Çökme depremler olarak da adlandırılan bu tür depremlerin etki alanları dardır. Bu tür depremler yer altı boşluklarının fazlaca bulunduğu karstik arazilerde, kömür ve maden ocaklarında görülür. Dünyadaki depremlerin %3'ü göçme depremlerdir.
- b) Volkanik depremler:** Aktif yanardağların bulunduğu yerlerde lav çıkışından önce veya volkanik etkinlik sırasında meydana gelen sarsıntılardır. Bu tür depremlerin etkisi volkanizmanın gerçekleştiği alanla sınırlıdır. Dünyadaki depremlerin %7'si volkanik depremlerdir.
- d) Tektonik depremler:** Bu tür depremler yer kabuğunun kırılması ve kayması sonucunda gerçekleşir. Levhaların hareket etmesi sonucunda, sıkışan katmanlarda belirli bir enerji birikmektedir. Bu enerji, yer kabuğundaki kırımlar sonucu açığa çıkıp dalgalar şeklinde yeryüzüne ulaşarak tektonik depremleri meydana getirir. Etki alanı en geniş ve yıkıcı depremlerdir. Bu tür depremler daha çok levha sınırlarının bulunduğu Büyük Okyanus çevresi (Endonezya adaları, Filipinler, Japonya, Kuzey ve Güney Amerika'nın batı kıyıları) ile Alp-Himalaya dağ kuşağında (İspanya, İtalya, Yunanistan, Türkiye, İran, Afganistan) görülür. Dünyadaki depremlerin %90'ı tektonik kökenlidir.

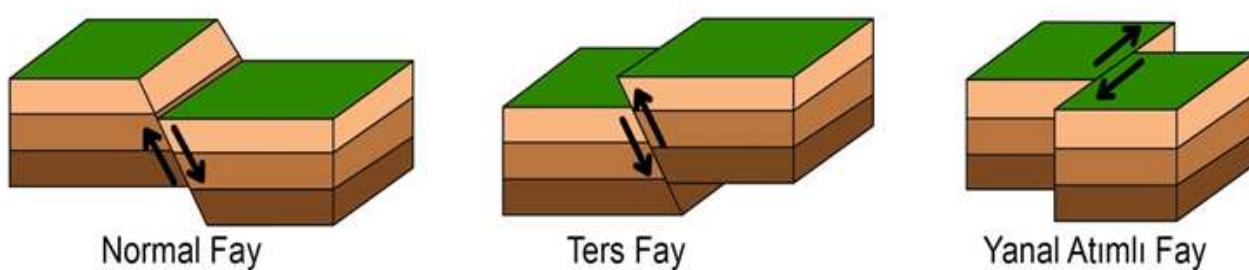
Depremlerin neden olduğu şiddetli sarsılma ve yıkılma, yer kabuğundaki fayların kırılması neticesinde gerçekleşir. Tektonik depremler sonucunda yer kabuğunun bölgeleri fay olarak tanımlanan kırıklar boyunca yatay ve dikey yönde yer değiştirmektedir (Görsel 3.4, 5). Faylar; normal, ters, yanal atımlı fay olmak üzere üçer ayrılr (Şekil 3.3).



Görsel 3.4: ABD'nin Utah eyaletinde bulunan Flaming Gorge bölgesindeki fay hattı



Görsel 3.5: İzlanda'da bulunan bir fay hattı



Şekil 3.3: Fay türleri



Bunları Biliyor Muydunuz?

Deprem Işıkları: Efsane mi Gerçek mi?

Seismological Research Letters dergisinde yayımlanan çalışma yüzyıllardır tanık olunan ancak bilim insanları tarafından tam olarak açıklanamayan deprem ışıkları olgusunu aydınlatmaya çalışıyor. Çalışma, sisik sarsıntılar öncesinde ya da esnasında zaman zaman görülen ışık parlamları olarak tanımlanan deprem ışıklarının, yerkabuğunun birbirinden ayrıldığı yarık bölgelerinde daha sık görüldüğünü ortaya çıkardı. Araştırmacılar deprem süresince magmanın yerkabuğunu iterek oluşturduğu yarık bölgelerindeki fay hatlarının yukarı yönlü hareketleri sırasında kayaçların birbirine sürtünmesi sonucu elektrik yükü oluşturduğunu, bu yüklerin yeryüzüne ulaştıklarında atmosferdeki parçacıklarla etkileşerek ışık parlamlarına neden olduğunu düşünüyor.

Araştırmada 1600 yılından bugüne kadar deprem ışıklarının gözlemeğe değer olduğunu 65 kayıt incelendi ve bunlardan 56'sının etkin ya da eski yarık bölgelerinde olduğu belirlendi.

Araştırmacılara göre kayaçlardaki minerallerin kimyasal yapıları bu mekanizmanın başlamasına neden oluyor. Depremin oluşturduğu gerilim, kayaçları oluşturan minerallerin yapısındaki kimyasal bağların kırılmasına neden oluyor. Oluşan elektrik yük taşıyıcılar dikey fay hatları boyunca hareket ederek yüzeye ulaşıyor ve havadaki moleküllerin iyonlaşmasına neden olarak ışık parlamlarına neden oluyor.

Araştırmacılar toprağın elektrik iletkenliğindeki değişimlerin belirlenmesinin deprem araştırmalarına katkıda bulunabileceğini düşünüyor.

Depremlerin Büyüklüğü (Magnitüd) ve Şiddeti

Deprem büyüklüğü, deprem odağında boşalan enerjinin sismograf aletiyle ölçülen değeridir. Bu ölçek depremin yaptığı hasara göre değil, deprem odağından yayılan enerji miktarına göre yapılmıştır. Bu yöntem ilk olarak, ABD'li sismolog Charles Richter tarafından kullanıldığı için, bu ölçüye Richter Ölçeği de denilmektedir. Richter Ölçeği'ne göre; büyülüğu 4'ten küçük olanlar hafif, 4 ile 5.4 arasında olanlar orta, 5.5 ile 6.9 arasındaki yıkıcı, 7'den büyük olanlar ise çok şiddetli deprem olarak kabul edilmektedir.

Deprem şiddeti ise depremin canlılar ve yapılar üzerinde oluşturduğu hasara göre belirlenir. Deprem şiddeti, depremin büyülüğu ile ilgili olduğu kadar yapıların depreme dayanıklılığıyla da ilgilidir. Deprem şiddeti Mercalli Ölçeğiyle tespit edilmektedir.

Mercalli Ölçeği depremleri şiddetine göre 12 dereceye ayırmıştır (Tablo 3.1). 1. dereceden 12. dereceye doğru depremin hasar etkisi artmaktadır.

1. Derece	Çok hafif sarsıntılar	7. Derece	Çok şiddetli depremler
2. Derece	Çok hafif deprem	8. Derece	Yıkıcı depremler
3. Derece	Hafif deprem	9. Derece	Tahrip edici depremler
4. Derece	Orta şiddetli deprem	10. Derece	Felaket depremler
5. Derece	Şiddetli deprem	11. Derece	Afet depremler
6. Derece	Oldukça şiddetli deprem	12. Derece	Büyük afet depremler

Tablo 3.1: Mercalli şiddet ölçeği

3.1.3. Depremin Etkileri

Dünyada her gün çok sayıda deprem olmaktadır. Bunun sonucunda binalarda çeşitli hasarlar, kısmen veya tamamen yıkılmalar meydana gelebilmektedir. Bunlara bağlı olarak çok sayıda can kaybı yaşanmaktadır.

22 Mayıs 1960 yılında Güney Amerika'da bulunan Şili'de 9.5 büyüklüğünde bugüne kadar ölçülen en büyük deprem meydana gelmiş, yaklaşık 5 bin insan yaşamını yitirmiştir (Görsel 3.6,7).



Görsel 3.6: 1960 Şili depreminden yıkılan evler



Görsel 3.7: 1960 Şili depremi sonucunda meydana gelen tsunaminin Hawaii Adalarına etkisi

1 Kasım 1755 yılında Portekiz'in Lizbon şehrinde meydana gelen depremde ise yaklaşık 60 bin insan ölmüş, 15 bin bina yıkılmıştır (Görsel 3.8).



Görsel 3.8: 1 Kasım 1755 Lisbon depremine ait bir çizim



Depremler; elektrik kesintileri, yangınlar, barajların yıkılmasıyla beraber su baskınları ve taşkınlara neden olabilemektedir. ABD'de bulunan San Francisco'da 18 Nisan 1906 günü meydana gelen depremde 3 bin kişinin öldüğü ve 400 bin nüfuslu şehirde 225 bin kişinin evsiz kaldığı tespit edilmiştir (Görsel 3.9). Bu depremde, gaz ve elektrik hatlarının zarar görmesi sonucunda büyük bir yangın meydana gelmiştir.



Görsel 3.9: 18 Kasım 1906 San Francisco depremi sonrası oluşan yıkıntılar ve yangın

Depremler aynı zamanda yeryüzünde sıcak–soğuk su kaynaklarının kurumasına, yer değiştirmesine; önceden var olmayan su kaynaklarının oluşmasına, zemin sıvılaşmasına yol açabilmektedir. Kırık hatlar boyunca; yarıklar, heyelanlar, toprak kayması, kaya düşmesi oluşabilir. Deniz ve okyanus kıyılarda kıyı çizgileri değişebilmektedir.

1899 yılında Alaska'da meydana gelen depremde Alaska'nın kuzey kıyılarda bazı kısımlar 15 metre kadar yükselişmiş, bazı kısımları ise alçalmıştır (Görsel 3.10). 1939 Erzincan depreminden 300 km uzunluğunda bir yarık ile ona paralel ikinci yarıklar meydana gelmiştir (Görsel 3.11).

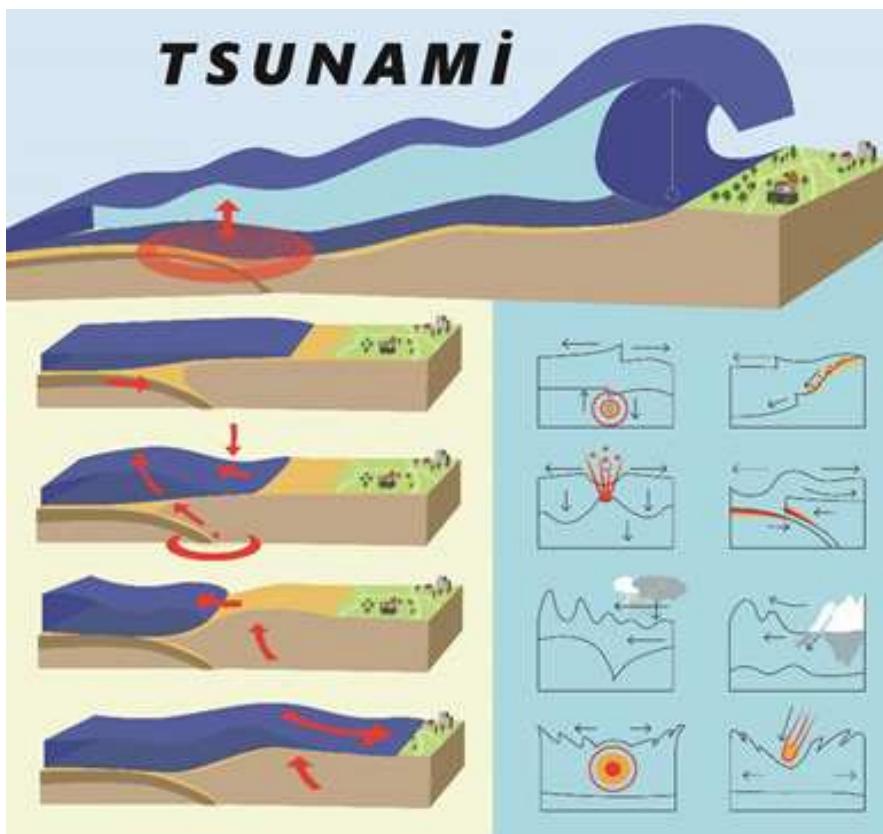


Görsel 3.10: Alaska depremi sonrası yaklaşık 15 m yükselen kısım



Görsel 3.11: 1939 Erzincan depremi sonrası, Ordu'da meydana gelen yarık

Deniz ve okyanus tabanlarında meydana gelen depremler ise tsunami adı verilen dev dalgalar oluşturabilmektedir (Şekil 3.4). Bu dalgalar, kıyılarda yer alan yerleşim birimlerinin sular altında kalmasına ve çok sayıda can kaybının yaşanmasına neden olabilmektedir.



Şekil 3.4: Tsunami oluşumu

29 Aralık 2004 tarihinde Endonezya'nın Sumatra Adası yakınında deniz altında 9.1 büyüklüğünde bir deprem sonucunda tsunami meydana gelmiştir. Yaklaşık 10 metre yüksekliğindeki bu dalgalar, birkaç yüz km kara içlerine girerek 230 bin insanın yaşamını yitirmesine neden olmuştur.

11 Mart 2011 yılında Japonya'nın Tohoku bölgesinde 9.0 büyüklüğünde meydana gelen depremde ise yaklaşık 40 m yüksekliğinde tsunami dalgaları meydana gelmiştir (Görsel 3.12, 13). Bunun sonucunda yaklaşık 16 bin kişi hayatını kaybetmiş, ülkede ulaşım yollarında ciddi hasarlar meydana gelmiştir. Barajların yıkılmasıyla bazı yerlerde su baskınları ve taşkınlar oluşmuştur. 4 milyon ev elektriksiz, 1.5 milyon ev ise susuz kalmıştır. Fukuşima Nükleer Santralinde tsunami sonucu kazalar meydana gelmiştir.



Görsel 3.12: Japonya depremi sonucunda meydana gelen tsunami ve etkileri



Görsel 3.13: Tsunami sonrasında oluşan yıkıntılar



Okuma Parçası

Depremde Van Gölü'nün Coğrafyası Değişti

23 Ekim 2011 Van depreminde Van Gölü'nün ve bölgenin fiziki coğrafyasında değişimlere yol açan nitelikte kıyı çizgisinde değişiklikler gözlandı. Çalışmamız sırasında Van Gölü'nün kuzey kıyılarında yapılan incelemelerde, deprem nedeniyle güncel kıyı çizgisinin kayalık falezli kıyılarda 40 cm kadar alçaldığı, az eğimli plajlarda ise birkaç metre ile 15–20 metre arasında değişen değerlerde göl yönünde gerilemiş olduğu izlendi. Kıyı çizgisinde meydana gelen bu değişimler Van Gölü'nün Erciş Körfezi'ni kapsayan ve Van fayının tavan bloğunda kalan bölümünde gerçekleşmiştir. Fayın taban bloğuna rastlayan Edremit–Van arasında, göl seviyesinde ise herhangi bir alçalma izlenmemiştir. Bu durum Van Gölü ile birlikte fayın tavan bloğunun depremde bölgesel ölçekte yükselsmesini gösterir.

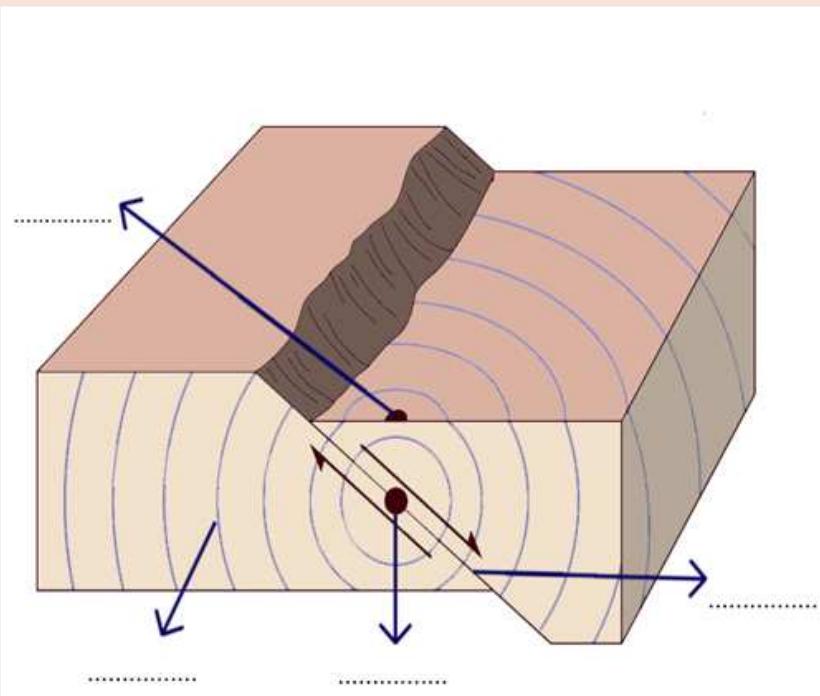
Öte yandan, deprem çok sayıda kütle hareketini tetiklemiştir. Heyelanlardaki deformasyonlar genelde taç bölgelerinde gelişen gerilme çatlakları şeklinde izlendi. Erciş Ovası ile Van'ın yakın kuzeyindeki Karasu Nehrinin taşın düzlüğü, yanal yayılma ve sıvılaşma şeklinde gelişen zemin deformasyonlarının en yaygın olduğu alanlardır. Yanal yayılmaların yoğunluğu diğer bir alan ise alüvyonal kıyı ovalarıdır.



ETKİNLİK

Aşağıda verilen kavramları, şekil üzerinde belirtilen yerlere uygun bir şekilde yazınız.

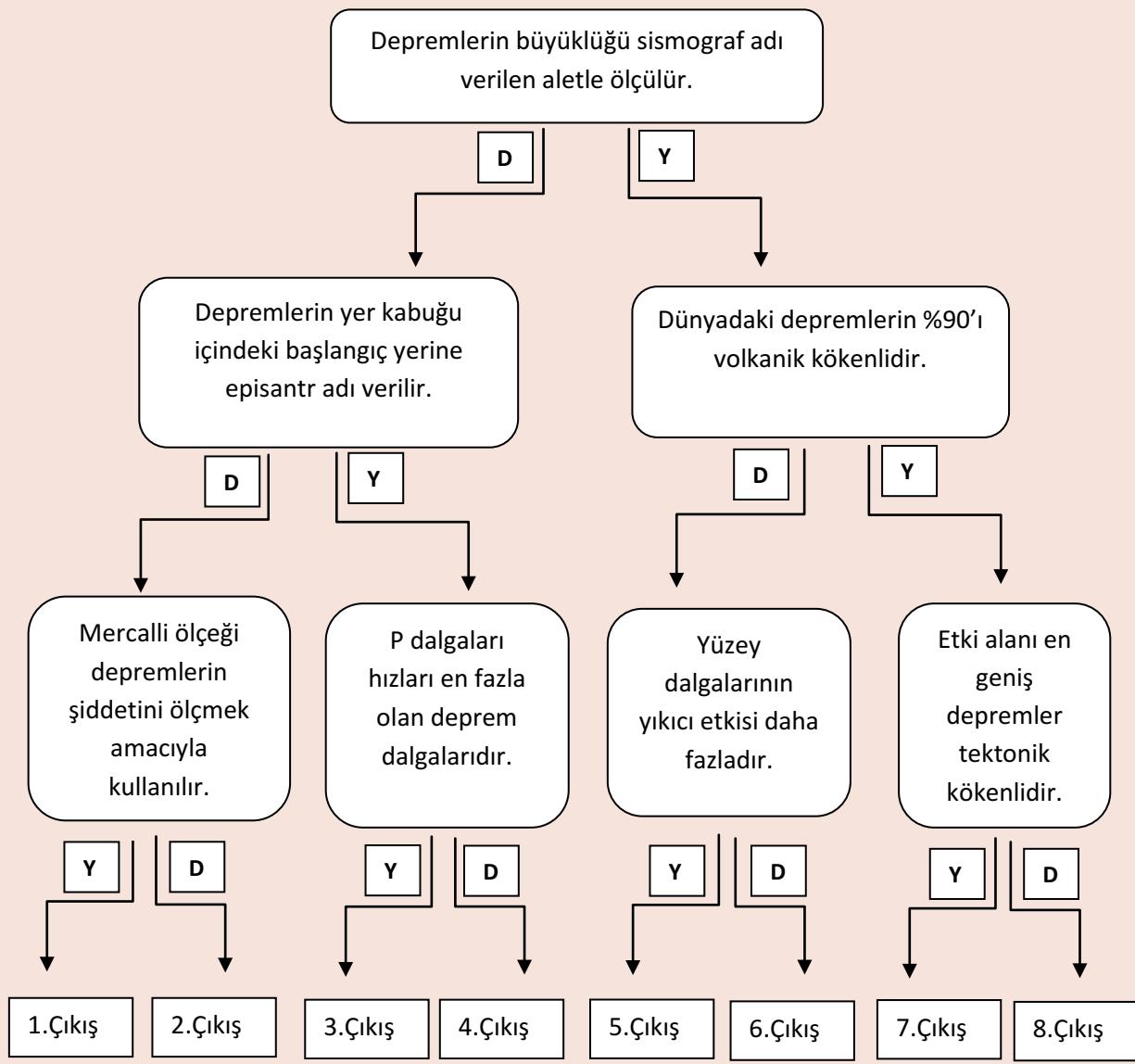
Episantr – Hiposantr – Fay hattı – Deprem dalgaları





ETKİNLİK

Aşağıdaki şemada ifadelerin doğru veya yanlış olduklarını belirleyerek numaralarla belirtilen uygun çıkışa ulaşınız. Ulaştığınız çıkışı yazınız.



Ulaştığım çıkış.....



ETKİNLİK

Aşağıdaki metni okuduktan sonra soruyu cevaplayınız.

Haiti'de Deprem Felaketi

Güney Amerika kıtasının en yoksul ülkesi olan Haiti'de 12 Ocak 2010 Salı günü 7.0 büyüklüğünde meydana gelen deprem, binlerce insanın yaralanmasına ve yaşamını yitirmesine, binlerce evin yıkılmasına, milyonlarca insanın evsiz kalmasına sebep olmuştur.

Deprem; ülkenin başkenti olan Port-au-Prince'den 25 km uzaklıkta ve 10 km derinlikte bulunan bir fayda oluşmuştur. Yaklaşık olarak 1 dakika süren depremden sonra büyüğü en az 4.5 olan 52 artçı sarsıntı daha meydana gelmiştir. Ülkenin başkentinin depreme dayanıklı olmayan tortul bir zemin üzerine kurulması, binalar için yapı yönetmeliğinin olmaması bu binaların daha kolay çökmesine neden olmuştur.

Depremin meydana gelmesinden kısa bir süre sonra, dünyanın her yerinden yardım kuruluşları depremzedelerin su, yiyecek, tıbbi malzeme ihtiyaçlarını sağlamak amacıyla ülkeye gelmiş. Ancak ülkenin alt yapısının yetersiz oluşu, bu ihtiyaçların tam olarak karşılanması engellemiştir ve yaralılara müdahalede yaşanan gecikmelerden dolayı çeşitli hastalıklar ortaya çıkmıştır.

Soru: Haiti'de meydana gelen depremin bir felakete dönüşmesinin nedenlerini yazınız?

Cevap:

Depremlerle Yaşamak

Depremlerin oluşum mekanizmasının altında yer kabuğunu oluşturan levhaların hareketleri yatar. Yer kabuğunun yüzeyindeki okyanusal ve kıtasal kabuk alanlarından birini ya da her ikisini birden kapsayabilen dev ya da görece küçük parçalara levha adı verilir. Levhaların kıtasal kabukları, kimi zaman suyun üzerinde kendi halinde ilerleyen kayıklar gibi birbirinden uzaklaşıırken kimi zaman da birbirine yaklaşır. Kıtasal kabuk levhalarının hareket etmesinden dolayı kayaçlar üst üste duran defter sayfaları gibi kıvrılır ya da kırılır. Yer kabuğu içindeki bu kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçitleri ortamları ve yer yüzeyini sarsmasına deprem denir.

Depremin büyüklüğü ise kırılan yüzeyin büyüğünü ve dolayısıyla ortaya çıkan enerjinin düzeyini belirten bir ölçütür. Örneğin $M=2.0$ büyüklüğünde bir deprem yeryüzünün derinliklerinde yaklaşık bir futbol sahası büyüğünde bir kırık meydana geldiğini gösterir. Büyüklük bir birim artarsa, yani 3.0 büyüğünde bir deprem oluşmuşsa yaklaşık 10 futbol sahasına eşit bir alanın kırılmış olduğu anlaşılır. Farklı yöntemler yoluyla elde edilen deprem büyüklükleri farklı adlarla temsil edilir. Bunlar arasında en güvenilir olanı moment büyüğü (Mw) adı verilen ve belirlenmesi diğer büyülüklük türlerine göre daha karmaşık olan büyülüklük türüdür.

Uzmanlar 1945'ten beri altı kez değiştirilmiş olan deprem bölgeleri haritalarının yeni bilgiler, yöntemler ve veriler ışığında geçmişte olduğu gibi gelecekte de zamanla değişeceğini belirtiyor. Diğer yandan günümüz teknolojisi ile depremin önceden belirlenmesi ne yazık ki olanaksız. Ancak deprem kayıtlarının çoğalması ve deprem bilimindeki gelişmeler sayesinde depremin verdiği zararların azaltılması mümkün.



Bunları Biliyor Muydunuz?

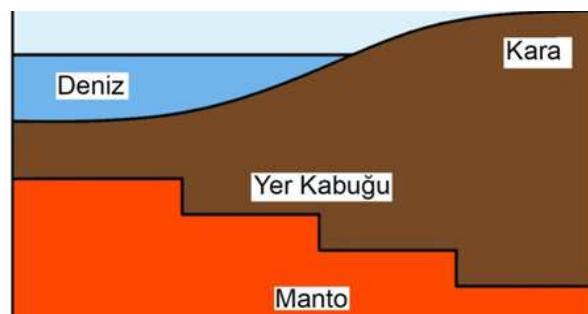
Afad Deprem Mobil Uygulaması ile Türkiye ve yakın çevresinde meydana gelen depremler hakkında bilgiye ulaşabilir, bu depremleri haritada görebilirsiniz. Bulundığınız bölgede geçmişte meydana gelen depremler ve en son deprem hakkında ayrıntılı bilgi edinebilir, depreme en yakın yerleşim birimlerini öğrenebilirsiniz.

9.3.2. EPİROJENİK VE OROJENİK HAREKETLER

3.2.1. Epirojenez

Epirojenez, Grekçe epeiros (kıta) ile geneia (doğma, meydana gelme) sözcüklerinin birleşiminden meydana gelip kita oluşumu anlamına gelmektedir. Yer kabuğunun geniş alanlarında meydana gelen yükselme, alçalma, çanaklaşma ve kubbeleşme olaylarına ise **epirojenik hareketler** denir. Bu tür hareketler düşey doğrultuda ve çok yavaş meydana gelir.

Epirojenik hareketlerin meydana gelmesinde izostatik dengenin bozulması temel etkendir. Farklı yoğunluk ve ağırlıkta bulunan yer kabuğu parçaları sıvı ve akışkan olan manto katmanı üzerinde yer durumdadır. Bu yer kabuğu parçaları yoğunlukları ve ağırlıkları oranınca manto'ya az veya çok gömülülmek suretiyle bir denge oluşturur. Bu dengeye **izostatik denge** denir (Şekil 3.5). Izostatik denge, dış kuvvetlerin aşındırma ve biriktirme faaliyetleri ile iklim değişimleri sonucunda bozulur.

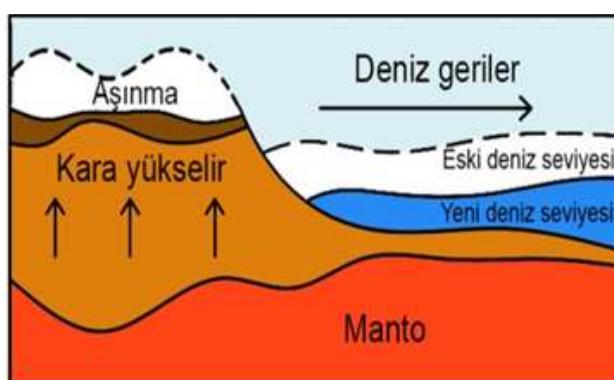


Şekil 3.5: İzostatik denge

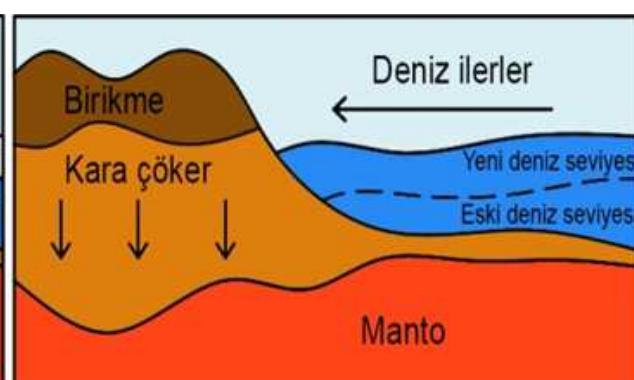
Akarsu, rüzgâr, buzul gibi dış kuvvetler etkili oldukları sahalarda aşındırma yaparak bu sahaların hafifleyerek yükselmesine, aşındırılan sahalarda taşınan malzemelerin deniz ve okyanus tabanlarında biriktirilmesiyle de bu alanların ağırlaşarak çökmesine neden olur.

Geçmiş jeolojik dönemlerde yaşanan iklim değişimleri de epirojenik hareketlere neden olur. Soğuk dönemlerde meydana gelen geniş buzullar; kara kütlelerinin ağırlaşarak çökmesine, sıcak dönemlerde ise buzulların erimesiyle hafifleyerek yükselmesine neden olur. Bütün bu yükselme ve çökme olayları neticesinde bozulan izostatik denge yeni bir denge oluşturarak devamlılığını sürdürür.

Epirojenik hareketler sonucunda deniz gerilemesi (Regresyon) (Şekil 3.6) veya deniz ilerlemesi (Transgresyon) (Şekil 3.7) meydana gelir. Deniz kıyılarda yer alan kara kütlelerinin yükselmesi deniz gerilemesine, bu kara kütlelerinin çökmesi ise deniz ilerlemesine neden olur. Her iki olay sonucunda kara ve deniz dağılışı ile kıyı çizgisini değiştirmektedir.



Şekil 3.6: Deniz gerilemesi (Regresyon)



Şekil 3.7: Deniz ilerlemesi (Transgresyon)

Epirojenik hareketlerin en tipik örnekleri Avrupa kıtasındadır. İskandinavya Yarımadası, buzul devrinin sona ermesinden itibaren yükselmektedir. Burada 10.000 yılda 200 m kadar yükselme meydana gelmiştir. Almanya ve Fransa'nın kuzeyi ile Hollanda da ise alçalma görülmektedir. Türkiye, epirojenik hareketlerin yaşandığı bir diğer sahadır. Anadolu Yarımadası 10–15 milyon yıldan beri sürekli yükselmekte, buna karşılık Karadeniz ve Akdeniz havzaları ile Ergene ve Çukurova ise çökmektedir.



3.2.2. Orijenez

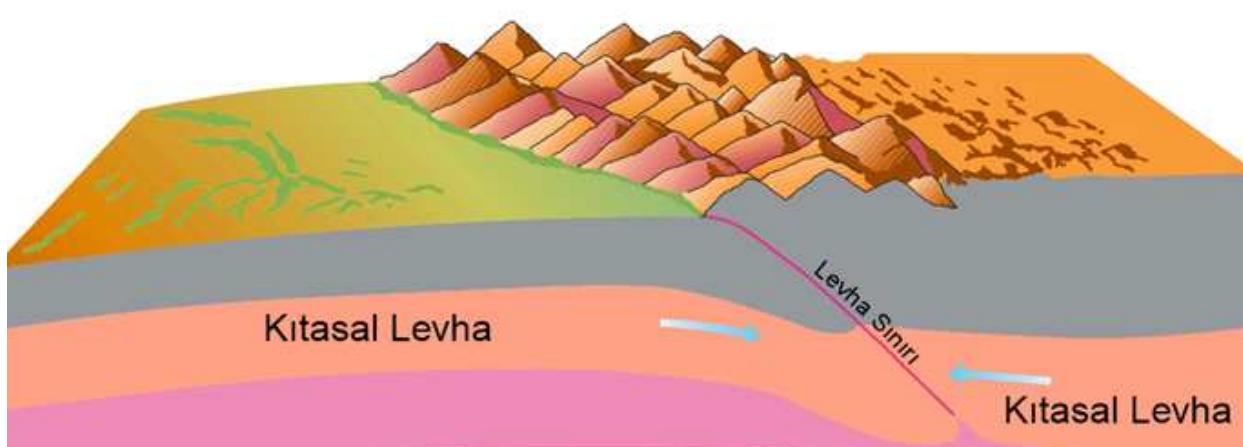
Orijenez, Grekçe oros (dağ) ile geneia (doğma, meydana gelme) sözcüklerinin birleşiminden meydana gelip dağ oluşumu anlamına gelmektedir.

Dağ oluşumu levha tektoniği kuramına göre açıklanmaktadır. 1950'lerde ortaya atılan bu kurama göre karaları, deniz ve okyanus tabanlarını oluşturan yer kabuğu, levha (plaka, tabla) adı verilen birçok parçadan meydana gelmektedir (Harita 3.1). Levhalar, sıvı ve akışkan olan manto üzerinde bir sal gibi yüzerek yılda ortalama 5 cm hareket eder. Levhalar; uzaklaşma, çarpışma ve birbirinin yanında geçme olmak üzere üç farklı şekilde hareket eder. Dağlar levhaların çarpışmasıyla meydana gelir.



Harita 3.1: Levha tektoniği

Akarsu, rüzgâr ve buzul gibi dış kuvvetler, aşındırdıkları materyalleri jeosenklinal denilen çukur alanlarda biriktirir. Biriken bu materyaller zamanla kalın tortul tabakalara dönüşür. Çarpışan levhalar arasında sıkışan kalın tortul tabakalar ise yükselerek dağ sıralarını oluşturur (Şekil 3.8). Bu tür oluşumlara orojenik hareketler denir.

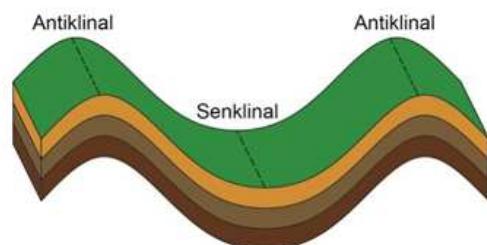


Şekil 3.8: Levhaların çarpışmasıyla oluşan dağ sıraları

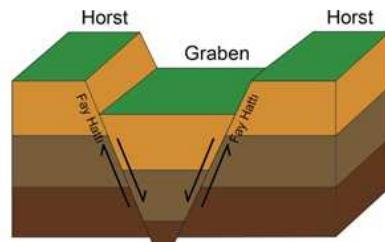
Orojenik hareketler sonucunda kıvrımlı ve kırıklı olmak üzere iki tür dağ oluşumu meydana gelmektedir.

Levhalar arasında sıkışan tortul tabakalar esnek bir yapıda ise kıvrım dağları oluşur. Kıvrılan tabakaların yükselen kısımlarına antiklinal, çanaklaşan kısımlarına senkinal adı verilir (Şekil 3.9). Avrupa ve Asya kıtalarında bulunan Alp–Himalaya Dağları ile Kuzey Amerika'daki Kayalık Dağları ve Güney Amerika'daki And Dağları kıvrımlı dağlar grubunda yer almaktadır.

Levhalar arasında sıkışan tortul tabakalar sert bir yapıda ise kıraklı dağlar oluşur. Kırılma sonucunda yükselen kısımlara horst, alçalan kısımlara graben adı verilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.9: Kıvrımlı dağlar



Şekil 3.10: Kıraklı dağlar



ETKİNLİK

Aşağıdaki metni okuduktan sonra soruları cevaplayınız..

Yer Kabuğu Yerinde Duramıyor: Levha Tektoniği

Depremlerin, yanardağların, yeni okyanusların, sıradagların, volkanik adaların ve okyanus çukurlarının oluşması... Bunların hiçbirini faili meşhul olaylar değil, hepsinin sorumlusu temelde aynı; bir türlü yerinde duramayan haylaz litosfer (taşküre). Litosferin bu hareketli yapısı nedeniyle Dünya sürekli yenileniyor, "imaj tazeliyor". Eğer, Dünya'nın günümüzden 200 milyon yıl kadar önce bir vesikalığı çekilmiş olsaydı, bu fotoğraftan Dünya'yı tanımadık mümkün olmazdı.

Her şey bundan yaklaşık 4 milyar yıl önce başladı. Çünkü Dünya o zamanlar soğumaya ve farklı katmanlara ayrılmaya başladı. Yerküre çekirdek, manto ve kabuk olmak üzere başlıca üç ana katmandan oluşmakla birlikte, bu katmanlar da kendi içlerinde çeşitli böülümlere ayrılıyor ya da kimi yerlerde birleşebiliyorlar.

Litosfer, tüm Dünya'yı kaplayan tek parça bir yapıda değil; kimi yerlerde kırılması nedeniyle biçimleri düzgün olmayan katı halde 12 büyük ve çok sayıda küçük levhadan oluşuyor. Bu levhalar, magmada meydana gelen konveksiyonel hareketler sonucunda sürekli hareket ederler. Biz bu hareketi hissedemeyiz elbette; ama bu hareketlerin neden olduğu deprem gibi kimi doğa olaylarını hissedebiliriz.

Levhaların hareketleri üç farklı biçimde gerçekleşiyor. Levhalar birbirlerinden uzaklaşabiliyor, birbirlerine yaklaşabiliyor ya da birbirlerine yatay olarak sürtünabiliyorlar.

Levhaların birbirlerinden uzaklaşmaları, volkanik sıradagların ya da yeni okyanusların oluşmasına neden olabiliyor.

Yakınlaşan levhaların da hareketleri; büyük hendekler, yanardağlar ve volkanik adalar oluşturur. 10.916 m derinliğindeki Dünya'nın en derin çukuru olan Mariana Çukuru Pasifik Levhası ile Filipinler Levhasının yakınlaşması sonucu oluşmuştur. Himalayalar ve Tibet Platosu'da 45 milyon yıl kadar önce iki kıtasal levhanın yakınlaşmasıyla oluşmuş.

Birbirlerine yatay olarak sürtünən levhalar aynı anda, zit yönlü ve değişik hızlarda hareket edebiliyorlar. Bu sürtünme sınırları, litosferde kırılmalara ve büyük fayların oluşmasına yol açabiliyor. Bu faylarda depremlere neden olabiliyor.

Sorular

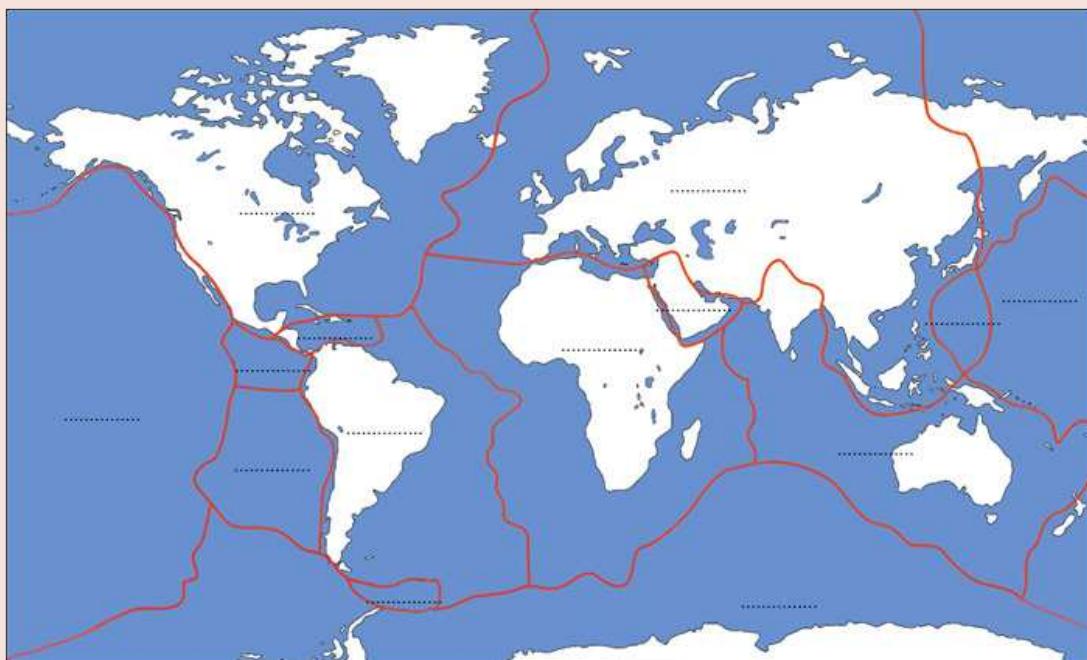
1. Levhaların hareket etmesinin temel sebebi nedir?
2. Levhalar kaç şekilde hareket eder? Açıklayınız.
3. Levha hareketleri sonucunda ne tür olaylar meydana gelir?



ETKİNLİK

Yer kabuğunu oluşturan levhaları, aşağıda verilen harita üzerinde belirtilen yerlere uygun bir şekilde yazınız.

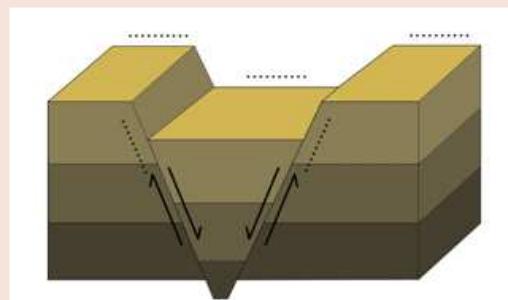
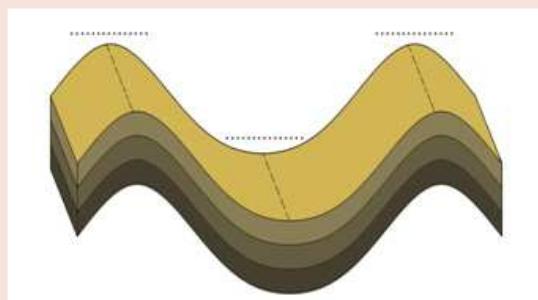
Levhalar: Afrika, Arabistan, Antarktika, Avrasya, Filipinler, Güney Amerika, Hindistan – Avustralya, Karayip, Kokos, Kuzey Amerika, Nazka, Pasifik, Skotya



ETKİNLİK

Aşağıda verilen kavramları, kıvrımlı ve kırıklı dağ şekilleri üzerinde belirtilen yerlere uygun bir şekilde yazınız.

Antiklinal- Graben – Fay hattı – Senkinal – Horst



Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Depremin yer kabuğu içindeki başladığı noktaya adı verilir.
2. Yer kabuğunun geniş alanlarında meydana gelen yükselme ya da çökme hareketlerine denir.
3. Deniz ve okyanus tabanlarında meydana gelen depremler, adı verilen dev dalgaları meydana getirir.
4. Yer kabuğu adı verilen birçok parçadan oluşmaktadır.
5. Tortul tabakaların yan basıncın etkisiyle sıkışarak yükselmesiyle oluşur.
6. Deprem şiddeti ölçüye tespit edilmektedir.
7. Kırırmı dağlarının yükselen kısımlarına, çanaklaşan kısımlarına ise denir.

B) Aşağıdaki çoktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

8. Depremlerle ilgili olarak aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

- a) Dünya'da en fazla volkanik deprem görülür.
- b) Depremlerin büyüklüğü Mercalli ölçüğine göre belirlenir.
- c) Depremler yeryüzüne dalgalar halinde yayılır.
- d) Dış merkezden uzaklaştıkça depremin etkisi azalır.
- e) Depremleri inceleyen bilim dalı sismolojidir.

9. Aşağıdakilerden hangisi deprem dalgalarıyla ilgili doğru bir bilgidir?

- a) En hızlı olanı yüzseysel dalgalarıdır.
- b) Yeryüzüne ikinci ulaşan dalgalar, P dalgalarıdır.
- c) R ve L dalgaları yüzseysel dalgalarıdır.
- d) Enine dalgalar yıkıcı etkisi en fazla olandır.
- e) Boyuna dalgalar, yeryüzüne en son ulaşan dalgalarıdır.

10. Aşağıdakilerden hangisi depremin sonuçlarından biri değildir?

- a) Can ve mal kaybı yaşanabilir.
- b) Zemin sıvılaşması meydana gelebilir.
- c) Tsunami gerçekleşebilir.
- d) Yeryüzünde yarıklar oluşabilir.
- e) Orojenik hareketler meydana gelebilir.



11. Aşağıdakilerden hangisi epirogenik hareketlerin oluşmasına doğrudan etkisi bulunmaz?

- a) Küresel iklim değişimi
- b) Buzul oluşumu
- c) Buzul erimesi
- d) Dış kuvvetlerin aşındırması
- e) Fay hatları

12. Yer kabuğu hareketleriyle ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- a) Levhaların çarpışmasıyla orojenez gerçekleşir.
- b) Epironez, yer kabuğunun geniş alanlarında meydana gelen yükselme veya alçalma olayıdır.
- c) Deprem sonucunda heyelan meydana gelebilir.
- d) Depremlerin % 7'si göçme sonucu oluşur.
- e) Küresel ısınma sonucu izostatik denge bozulur.

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

13. Deprem nedir, kaç şekilde gerçekleşir?

14. Yer kabuğunun yükselmesinin ve çökmesinin sebepleri nelerdir?

15. İzostatik denge kavramını açıklayınız?

16. Levha tektoniği kuramını açıklayınız?

Öğrenme Birimi 3 : Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 3'te edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Yer kabuğunun hareketli oluşuna çeşitli örnekler vererek kanıtlayabilirim.			
Depremi açıklayabilir ve deprem çeşitlerini farklı özelliklerine göre sınıflandırabilirim.			
Depremin etkilerine örnekler vererek açıklayabilirim.			
Orojenik hareketlerin nedenlerini ve özelliklerini açıklayabilirim.			
Epirojenik hareketlerin nedenlerini ve sonuçlarını açıklayabilirim			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet(2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç:			
9– 10 puan : Çok iyi			
7 – 8 puan : İyi			
5 – 6 puan : Orta			
3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.)			
0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 4

Mineraloji

KONULAR

- Minerallerin cins ve türlerini belirleme yöntemleri
- Kayaçların asal elemanları

AMAÇLAR

- Minerallerin cins ve türlerini ifade edebilmek
- Kayaçları oluşturan asal elemanları hakkında bilgiler edinmek



9.4.1. MİNERALLERİN CİNS VE TÜRLERİNİ BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Hazırlık Çalışmaları

- “Bitki, hayvan ve insanlar; yaşamalarını sürdürmek için ihtiyaç duyduğu kaynağı minerallerden alırlar.” cümlesini destekleyen örnekler bularak sınıfta tartışınız.
- Modern teknolojinin gelişiminde rol oynayan minerallerden örnekler bularak sınıfta tartışınız.

4.1.1. Mineral Kavramının Tanımı

Mineraller doğal yollardan oluşmuş, belli bir kimyasal bileşimi olan ve kendine özgü fiziksel özelliklere sahip homojen ve inorganik maddelerdir. Bu tarife göre laboratuvara elde edilen sentetik maddelerin hiçbirinin mineral olmadığı sonucuna kolaylıkla ulaşılabilir. Minerallerin ilk kaynağı magmadır. Mineraller, kayaçları; kayaçlar da yer kabuğunu oluşturur.

Atomlar → Elementler → Bileşikler → Mineraller → Kayaçlar → Yer kabuğu

Minerallerin doğada var olmaları ve var olma koşullarının bilinmesi, yerküre tarihinin aydınlanması ve insanların tarihinin gelişim aşamalarının belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Bu nedenle, minerallerin jeolojik ve ekonomik açıdan önemi oldukça büyükür.



Bunları Biliyor Muydunuz?



Cıva hariç bütün mineraller katıdır. Eski tortul tabakalar arasındaki kütlelerin içindeki boşluklarda damlacıklar halinde bulunan cıva, -40°C de katı hale geçerek kübik sistemde billurlaşır. $357\text{ }^{\circ}\text{C}$ de kaynama noktasına ulaşan civanın buharı ve bileşikleri zehirlidir.

Görsel 4.1: Cıva

Minerallerin şekillerini, bileşimlerini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, oluşum süreçleri ile yer kabuğundaki dağılışlarını inceleyen bilim dalına **“Mineraloji”** denir. Doğal yollardan oluşan bu maddelerin incelenmesi, doğada yapılan gözlemler ve laboratuvar da yapılan incelemeler ile gerçekleştirildiği için mineraloji, hem araştıracı hem de inceleyici bir bilim dalıdır. Mineraloji bilgisi, jeoloji bilimi içerisinde pek çok disiplin ile yakın ilişki içerisindeider (jeokimya, sedimentoloji, uygulamalı jeoloji gibi).

Doğada bilinen 4000 civarında mineral vardır ve bu sayı giderek artmaktadır. Bu sayının çok az bir kısmı, kayaç oluşumu üzerinde etkili iken büyük bir kısmı ise sanayi sektörünün hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Doğada çok sayıda bulunan bu minerallerin her birinin kendine özgü formülü, fiziksel özelliği ve kristal yapısı mevcuttur. Bu nedenle minerallerin bilinmesi ve kolayca tanınması için mineraloji bilimi **Genel Mineraloji** ve **Özel Mineraloji** adıyla iki ana alt dala ayrılmıştır.

Genel Mineraloji: Minerallerin fiziksel, kimyasal ve geometrik özelliklerinden; iç yapılarından, oluşum süreçleri ve değişimlerinden bahseder.

Özel Mineraloji: Mineralleri sistematik bir şekilde sınıflara ayırdıktan sonra teker teker ele alarak minerallerin özellikleri, yayılış ve kullanım alanları hakkında bilgiler verir.



4.1.2. Mineralleri Tanımak İçin Yapılan Cins ve Tür Belirleme Yöntemleri

Mineraloji biliminin temel amacı, bir minerali kolaylıkla tanımak olduğundan laboratuvarlarda çeşitli yollarla yapılan incelemeler sonrasında, mineraller değişik cins ve türlere ayrılmıştır. Mineralleri tanıyalım için öncelikle bunların fiziksel özelliklerini ile kimyasal bileşenlerini bilmek lazımdır. Bu özelliklerin biri veya birkaçının bilinmesiyle, minerallerin cins ve türlerini tayin etmemiz mümkündür. Örneğin kimyasal bileşimleri farklı olan kuvars ve kalsit farklı mineral cinslerini oluştururken sitrin ve ametist gibi minaraller bileşiminde çok az madensel oksit bulundurmaları nedeniyle kuvars mineralinin türleri arasında kabul edilmektedir.

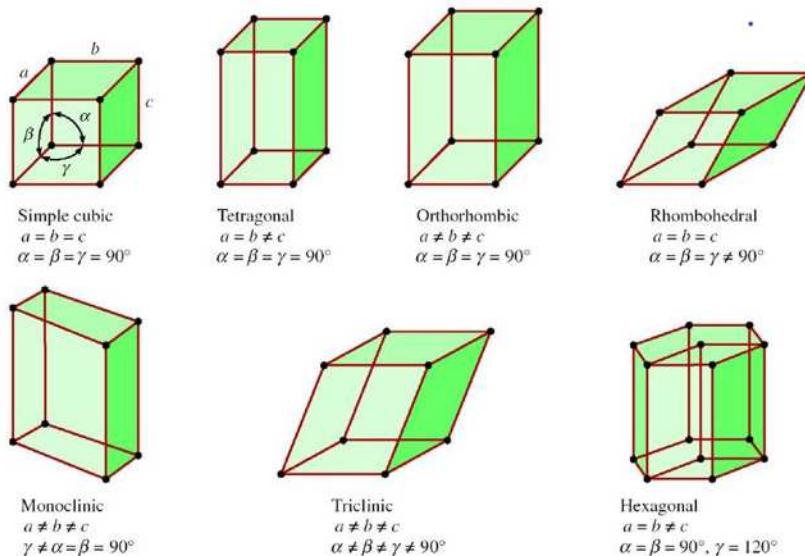
Fiziksel Özellikler

- **Renk:** İyi bir tanıtıcı özellik olmasa da bazı minerallerin kendine has renge sahip olduğu (küükürt sarı, kloritin yeşil gibi) bilinmektedir. Bazı kristaller ise renksizken bünyesine katılan yabancı maddelerin rengini yansıtarak renkli hale gelebilir.
- **Çizgi:** Bir mineralin porselden yapılmış cilasız bir levhaya sürtüldüğü zaman yüzeyde bıraktığı ince tozlardır. Genellikle sertliği 6'dan aşağı olan ve camsı yapıda olmayan mineral ve madenlerin tanınmasında kullanılır.
- **Parlaklık:** Mineralin yüzeyinden yansıyan ışığın niteliği ve şiddetidir. Metal görünümü sahip olan ve olmayan parlaklık olarak sınıflandırılmıştır.
- **Görünüş:** Minerallerin amorf (şekilsiz) veya kristal yapıda olmaları, tanımaları için oldukça yararlıdır.
- **İşık Kırma:** Amorflar ve küp sisteminde kristalleşen minerallerde, ışık tek kırılır ve giren ışık aynen dışarıya çıkar. Diğer kristal sistemlerinde ise mineraile giren ışık, ikiye ayrılarak dışarı çıkar.
- **Dilinim:** Minerallerin muntazam olarak paralel levhalara ayrılmasına dair. En güzel mika ve jips, dilinim ayrılma özelliği gösterir. Dilinim özelliği olmayan mineraller, kirilerek kırılma yüzeyleri meydana getirir. Kuvars ve opal bu özelliğe sahiptir.
- **İkizlilik:** Aynı mineralin iki veya daha çok sayıdaki kristal bireylerinin belli yasalara uyarak, simetrik bitişerek büyümesi.
- **Sertlik:** Mineralin çizilmeye karşı gösterdiği dirence denir. Elimize aldığımız iki minerali birbirine sürttüğümüzde; çizen **sert**, çizilen ise **yumuşaktır**. Mohs sertlik cetveliyle minerallerin tanınması mümkündür.

Mohs Sertlik Ölçeği		
Sertlik	Mineral	Özellik
1	Talk	Tırnakla çizilir.
2	Jips	Tırnakla çizilir.
3	Kalsit	İğne ile çizilir.
4	Fluroit	İğne ile çizilir.
5	Apatit	Çakı ile çizilir.
6	Ortoklaz	Çakı ile çizilir.
7	Kuvars	Camı ve önceki bütün mineralleri çizer.
8	Topaz	Camı çizer.
9	Korund	Camı çizer.
10	Elmas	Her şeyi çizer.

Tablo 4.1: Mohs Sertlik Ölçeği

- Özgül Ağırlık (Yoğunluk):** Bir mineralin ağırlığının eşit hacimdeki saf suyun ağırlığına oranıdır. Bunu tespit etmek için hidrostatik terazi, piknometreler veya özgül ağırlığı yüksek sivilar kullanılır. Renkleri aynı olan mineraller, özgül ağırlıklarına göre karşılaştırıldığında mineralleri tanımak mümkündür.
- Kristal Şekli:** Kübik, heksagonal, trigonal, tetragonal, ortorombik, monoklinik, triklinik (Şekil 4.1).



Fizyolojik Özellikler

- Tat:** Suda eriyen mineraller için önemlidir. Kaya tuzunun tuzu, boraksın tatlı bir tadı vardır.
- Koku:** Bazı minerallerin kendilerine has kokuları vardır. Küükürt, sarımsak; kil ve marn toprak gibi kokar.
- Dokunma:** Minerallerin parmakla dokunulduğlarında verdikleri histir. Talk minerali; sabunu, amyant pürüzsüz bir his verir.

Kimyasal Özellikler

- Polimorf (Çok şekilli):** Kimyasal bileşenleri aynı; fakat başka sistemlerde billurlaşan, şekil ve fiziksel özellikleri birbirine benzemeyen minerallerdir. Elmas ve grafit örnek olarak verilebilir.
- İzomorf (Eşit şekilli):** Kimyasal bileşenleri az çok birbirine benzeyen ve aynı şekillerde billurlaşan minerallerdir. Kalsit ve dolomit örnek olarak verilebilir.
- Psödomorfi (Yalancı şekilli):** Kristalin asıl maddesinin kimyasal etkilerle kaybolması sonucu ortaya çıkan boşluğun yabancı bir madde ile dolması sonucu oluşan minerallerdir. Küp şeklindeki tuz kristalleri eridiğinde ortaya çıkan boşlıklar kil mineralleri ile dolarak yeniden küp şeklini alması, örnek olarak verilebilir.

4.1.3. Minerallerin Doğada Bulunuş Şekilleri

Yeryüzünde bulunan minerallerin bir kısmı kristalli bir kısmı ise amorf yapıya sahiptir. Minerallerin kristal şekilleri, her minerali oluşturan atomların düzgün dizilişi; amorf şekilleri ise atomların düzensiz, gelişigüzel dizilişi ile ilgilidir. Kristalli yapıya sahip olan minerallerin sayısı, doğada bol miktarda bulunurken amorf yapı nispeten daha az bulunmaktadır.

1. Kristal (Billur): Atom, molekül veya iyonların oluşturduğu; sonsuz uzun mesafelerde düzenli bir diziminin tekrarlandığı iç yapıya sahip katılar **kristal** denir (Atomların düzenli bir şekilde sıralanması.). Oldukça düzgün geometrik şekillere sahip olup düzlem, simetrik ve cilalı yüzler ile çevrilmiştir. Birçok mineral, kristal şekilleri ile tanınır. Örneğin; tuz kristali 6 yüzlü, 12 kenarlı ve 8 köşelidir. Bir kristalin yapısını, onu oluşturan iyon veya moleküllerin boyları ve elektrik yükleri belirler. Minerallerin bu özelliklerini, **kristalografı** adı altında incelenir.



Minerallerin Kristal Sistemleri

- **Kübik Sistem:** Sistemler içinde en basit olanıdır. İlkel şekli küptür. Kaya tuzu, flüorin, elmas örnek olarak verilebilir.



Görsel 4.2: Elmas



Görsel 4.3: Kaya tuzu

- **Tetragonal (Kuadratik) Sistem:** İlkel şekli kare prizmadır. Bu sisteme ait olan mineral sayısı, diğer sistemlere oranla daha azdır. İdokraz, zirkon, rütil, anataz, apofilit gibi mineraller örnek olarak verilebilir.



Görsel 4.4: Zirkon



Görsel 4.5: Apofilit

- **Hekzagonal Sistem:** İlkel şekli dik altigen prizmadır. Apatit, beril, zümrüt gibi mineraller örnek olarak verilebilir.



Görsel 4.6: Zümrüt



Görsel 4.7: Beril

- **Ortorombik (Rombik) Sistem:** İlkel şekli dik eşkenar dörtgen prizmadır. Aragonit, baritin, topaz, kükürt, barit gibi mineraller örnek olarak verilebilir.



Görsel 4.8: Kükürt



Görsel 4.9: Topaz

- **Monoklinik Sistem:** İlkel şekli paralel kenar tabanlı eğik prizmadır. Mika, ortoz, talk, jips, wolfram gibi mineraller örnek olarak verilebilir.



Görsel 4.10: Volfram



Görsel 4.11: Talk

- **Triklinik Sistem:** İlkel şekli tabanı paralel kenar olan eğik prizmadır. Simetrisi yoktur. Kaolin, dioptas, rodonit, albit gibi mineraller örnek olarak verilebilir.



Görsel 4.12: Kaolin



Görsel 4.13: Albit

- **Trigon (Romboedrik) Sistem:** İlkel şekli romboeder adı verilen eşkenar dörtgendir. Kalsit, kuvars, turmalin gibi mineraller örnek olarak verilebilir.



Görsel 4.14: Kalsit



Görsel 4.15: Kuvars

- 2. Amorf:** Doğal yollardan oluşmuş, kimyasal yapı taşlarının (atom, iyon, molekül) diziliminde düzensizlik olup belirli bir geometrik şekle sahip olmayan katıldır. Üzüm halkımı, böbrek veya yuvarlak maddeler halinde oluşurlar. Opal, volkan lavları örnek olarak verilebilir.



Görsel 4.16: Volkan lavi



Görsel 4.17: Opal



Araştırma

Bir minerali benzerlerinden ayırmak ve minerali tanımlamak için izlenmesi gereken yolların neler olduğunu araştırarak sahip olduğunuz bilgileri sınıfı arkadaşlarınızla paylaşınız.

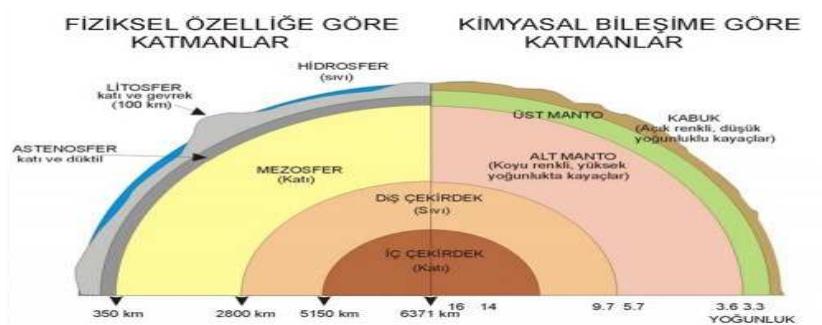


9.4.2. KAYAÇLARIN ASAL ELEMANLARI

4.2.1. Yerkürenin İç Yapısı

Yerkürenin iç yapısı hakkında bilgiler, çeşitli jeofiziksel yöntemlerin kullanılması ile elde edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda yerküre yüzeyden merkeze doğru; Yer kabuğu, manto ve çekirdek olmak üzere üç kısma ayrılmıştır.

1. Litosfer (Yer kabuğu): Yer kabuğu, inorganik yapıdaki bir ya da daha fazla mineralin bir araya gelerek doğal süreçlerle oluşturdukları kimyasal içerikleri birbirinden farklı kayaç gruplarından meydana gelmektedir. Yer kabuğunun iç yapısını ve hareketlerini inceleyen Levha Tektoniği Kuramı'na göre mineraller, mineral birliktelikleri ve oluşturdukları kayaçlar; jeolojik ortamları temsili etmeleri açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4.2: Yer kürenin katmanlı iç yapısı

Jeolojinin esas konusunu oluşturan litosfer, birbirinden farklı özelliklere sahip **kıtosal kabuk** ve **okyanusal kabuk** olmak üzere iki kısımdan meydana gelir (Şekil 4.2).

- **Kıtosal kabuk:** Kati ve dayanıklı bir yapıya sahip olan bu katman, silisyum ve alüminyum bakımından zengin açık renkli kayaçlardan meydana gelmiştir. **SiAl** olarak da adlandırılır. Ortalama granodiorit bileşimli olan, yoğunluğu 2.7 ile 2.9 g/cm³ kalınlığı ise 10–70 km arasında değişen bu katman; dağlık bölgelerin altında daha kalın, düz ve alçak sahalarda ise daha incedir.
- **Okyanusal kabuk:** Sıvı bir yapıya sahip olan bu katman, silisyum ve magnezyum bakımından zengin koyu renkli kayaçlardan meydana gelmiştir. **SiMa** olarak da adlandırılır. Üst kısmı bazalt, alt kısmı gabro bileşenli olan, yoğunluğu 3–3.3 g/cm³ kalınlığı ise 6–7 km arasında değişen bu katman; okyanus tabanlarında daha kalın, dağlık bölgelerin altında incedir.

- 2. Manto:** Kalınlığı 50–2900 km arasında olup **üst manto** ve **alt manto** olmak üzere iki kısımdan meydana gelir.
- **Üst manto:** Heterojen yapıya sahip olup ultrabazik kayaçlar yaygın olarak bulunur. Yoğunluğu 4,7 g/cm³dir.
 - **Alt manto:** Homojen bir yapıya sahip olup yoğunluğu 5,7 g/cm³dir.

- 3. Barisfer (Çekirdek):** Yerkürenin iç katmanı olan çekirdek, demir ve nikelden oluşur. 2900–6370 km arasında yer alan bu katmanın yoğunluğu **dış çekirdek** ve **İç çekirdek** olmak üzere iki kısımdan meydana gelir.

- **Dış çekirdek:** Yoğunluğu 9,9 ile 12,2 g/cm³ arasında değişen bu katman; ağırlıklı olarak demir ve seyreltilmiş olarak kükürüt, silisyum, oksijen, nikel ve potasyumdan oluşur. Sıvı halde bulunur.
- **İç çekirdek:** Yoğunluğu 12,6 ile 13,0 g/cm³ arasında değişen bu katman, demir ve nikelden oluşur. Basıncın yüksek olması nedeniyle kati haldedir.



Bunları Biliyor muydunuz?

Yer'in iç yapısı hakkında sahip olduğumuz bilgilere; laboratuvar deneyleri, deprem dalgaları (sismik tomografi) ve gök taşlarının incelenmesi ile ulaşılmıştır.

4.2.2. Kayaç Yapıçı Mineraller

Kayaların mineralojik ve kimyasal bileşimlerini; yapı, doku ve doğada bulunanşekillerini ortaya koyarak tanımlamaya çalışan bilim dalına **petrografi** adı verilir. Bu bilim dalı ile uğraşan kişiler, **petrograf** adıyla çalışmalarını yürüttürler. İyi bir petrograf; taşları oluşturan mineralleri tanıyalım için mineraloji, taşların oluşumunu sağlayan jeolojik olayları bileyebilmek için de jeoloji bilgisine sahip olmalıdır.

Doğada bol miktarda bulunan minerallerin çok az bir kısmı, bir araya gelerek kayaçları oluşturur. Kayaç yapıçı bu minerallerin bileşimlerine bakıldığındaysa ise yaygın görülen elementlerin sayısının çok az olduğu görülmektedir. Az miktarda da olan bu elementler, yer kabuğunun %98'ini oluşturmaları bakımından oldukça önemlidir.

Kayaç Yapıçı Mineral Grupları

Silikatlar				Silikatlar Olmayanlar	
Açık Renkli Silikatlar (Ferromagnezyen olmayan)		Koyu Renkli Silikatlar (Ferromagnezyen)		Karbonatlar	Kalsit Aragonit Dolomit
Feldspatlar	Ortoklas Plajiyoklazlar	Peridotlar	Olivin	Sülfatlar	Jips Anhidrit
Feldispatoitler	Lösit Nefelin	Piroksenler	Ojit Enstatit	Hornblend	Kaya tuzu (Halit) Fluorit
		Amfiboller	Hornblend		
Kuvars	Agat (Akik) Çakmak taşı Opal	Mikalar	Biyotit		
Killer	Kaolinit	Granatlar	Almandit		

Tablo 4.2: Kayaç yapıçı mineral grupları

Yer kabuğunda bulunan en yaygın elementler

Oksijen (O)	% 46,6
Silisyum (Si)	% 27,72
Alüminyum (Al)	% 8,13
Demir (Fe)	% 5
Kalsiyum (Ca)	% 3,63
Sodyum (Na)	% 2,83
Potasyum (K)	% 2,59
Magnezyum (Mg)	% 2,09

Tablo 4.3: Yaygın elementler

Yer kabuğunda bulunan en yaygın mineraller

Plajiyoklazlar	% 39
Ortoklas	% 12
Kuvars	% 12
Piroksenler	% 11
Amfiboller	% 5
Mikalar	% 5
Killer	% 5
Diğer silikatlar	% 3
Silikat olmayanlar	% 8

Tablo 4.4: Yaygın mineraller



Kayaç yapıcı mineraller, kayaçların içerisinde bulunma şekli ve oranına göre de farklı gruplara ayrılarak isimlenir (Tablo 4.5).

Magmatik Kayaçlarda Bulunan Mineraller

Mineral Grubu		Açık Renkli Taşlar (Asit)	Koyu renkli taşlar (Bazik)
Primar Mineraller	Esas Mineraller	Kuvars Feldispat ortoklas Feldispat plajiolas Feldispatoid Muskovit (beyaz mika)	Piroksenler (ojit) Anfiboller (hornblend) Biotit (siyah mika) Olivin Demir oksitler
	Tali Mineraller	Zirkon Apatit	Turmali Korendon
Sekonder Mineraller		Klorit Serisit Kaolinit	Klorit Serisit Serpantin Talk

Tablo 4.5: Magmatik kayaçlarda bulunan minerallerin sınıflandırılması

1. Esas Mineraller

Kayaçları meydana getiren ve hiçbir kimyasal değişime uğramayan minerallere **Esas mineraller** (primer mineraller) denir. Kayaçların isimlendirilmesinde oynadıkları rol nedeniyle, esas minerallerin kayaçların içerisinde bulunması şarttır.

2. Tali Mineraller

Kayaçların oluşumu sırasında meydana gelen, ancak oran olarak az yer kaplayan, bu nedenle de kayaç isimlenmesinde etkisi olmayan minerallere **Tali Mineraller** denir. Ev sahibi kayacın katılıması ya da oluşumunu takip eden süreçlerde çeşitli dönüşümlerin sonucu ortaya çıktıkları için, kayacın geçirdiği evreler hakkında bilgi verir.

- Oksitler: Magnetit, hematit, kromit.
- Sülfürler: Pirit, kalkopirit, pirotin.
- Fosfatlar: Apatit, monzonit.
- Silikatlar: Zirkon, topaz.

3. Seconder Mineraller

Kayaçların oluşumundan sonra yaşadıkları ayrışma ya da metamorfizma olayları, kayaçlarda yeni minerallerin ortaya çıkmasına sebep olur. Kayaçlarda sonradan ortaya çıkan bu minerallere **Seconder Mineraller** denir.

- Klorit grubu
- Serpantin grubu
- Zeolit grubu
- Kaolen grubu
- Epidot grubu
- Karbonat grubu

4. Yabancı Mineraller

Magmatik kökenli kayaçlar içerisinde bulunan, köken bakımından kayaç ile ilişkisi olmayan kristal ve kaya parçalarına **Yabancı Mineraller** denir. Lavların içerisinde ksenolit olarak adlandırılan mineraller bu gruptandır.

MAGMATİK KAYAÇLARDA BULUNAN ESAS MİNERALLER

• KUVARS GRUBU:	
Bileşimi: SiO_2 Sertlik: 7 Özgül Ağırlık: 2,65 Kristal Sistemi: Hekzagonal	Tamamen silisyum ve oksijenden oluşan bir mineraldir. Kayaçların tümünde bulunur. Kalseduvan, krizopraz, helyotrop, agat (akik), çakmak taşı, silislesmiş ağaç, opal gibi birçok türü bulunmaktadır.
• FELDSPATLAR:	
Bileşimi: Potasyum, Sodyum, Kalsiyum, Alüminyum Silikat veya bunların karışımıdır. Sertlik: 6 Özgül Ağırlık: 2,55 – 2,76 Kristal Sistemi: Monoklinal veya Triklinal	Magmatik kayaçların bileşiminde yer alıp kayaçların isimlendirilmesinde önemli bir rol oynar. En yaygın görülen mineraldir. Yer kabuğunun %40 – 50'sini oluşturur. İki gruba ayrılır. Ortoklaz Grubu: Ortız ve türleri: (sanidin, adüler, aytaş) Plajiolaz Grubu: Albit, oligoklaz, andezin, labrador, bitovnit, anortittir.
• FELDİSPATOİDLER	
Bileşimi: Potasyum, Sodyum, Kalsiyum, Alüminyum Silikat Sertlik: 5,5 – 6 Özgül Ağırlık: 2 – 2,6 Kristal Sistemi: Kübik, Tetragonal, Hekzagonal	Bileşim ve bulunuş şekliyle feldspatlara benzerler. Ancak kristal şekilleri, fiziksel özellikleri ve içerdikleri silis oranları ile feldspatlardan ayrılırlar. Doğada feldspatlara göre daha az miktarda bulunur. Lösit, nefelin, sodalit gibi türleri bulunur.
• MİKALAR	
Bileşimi: Sulu Alüminyum Silikat Sertlik: 2 – 3 Özgül Ağırlık: 2,3 – 3,2 Kristal Sistemi: Monoklinik	İnce levhalar ve pulcuqlar halindeki yapısıyla en kolay tanınan minerallerden biridir. Görünüş ve bileşimlerine göre üçe ayrılır: Beyaz mika: Muskovit. Siyah mika: Biyotit. Pembe mika: Lepidolit.
• PİOKSENLER	
Bileşimi: Kalsiyum, Demir, Magnezyum ve Alüminyum Silikattır Sertlik: 6 Özgül Ağırlık: 3,2 – 3,5 Kristal Sistemi: Monoklinik	Kayaçların içerisinde feldspat ve mikadan sonra en fazla bulunan mineraldir. Kristal sistemlerine göre ikiye ayrılır: Ortorombik Piroksenler: Enstatit, bronxit, hiperstendir. Monoklinal Piroksenler: Ojit, diyallaj, diyopsittir.
• AMFİBOLLER	
Bileşimi: Kalsiyum, Demir, Magnezyum ve Alüminyum Silikattır Sertlik: 5 – 6 Özgül Ağırlık: 3 Kristal Sistemi: Monoklinik	Dilinin özellikleri ile piroksenlerden ayrılır. Hornblend, tremolit, aktinot ve aspest en önemli türleridir.
• PERİDO: Olivin	
Bileşimi: $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ Sertlik: 6,5 – 7 Özgül Ağırlık: 3,27 – 3,37 Kristal Sistemi: Ortorombik	Bu grupta yer alan minerallerin en önemlisi olivindir. Gabro, bazalt, peridotit gibi koyu renkli kayaçların bileşiminde yer alır.

TORTUL KAYAÇLARDA BULUNAN ESAS MİNERALLER

• KALSİT	
Bileşimi: CaCO_3 Sertlik: 3 Özgül Ağırlık: 2,72 Kristal Sistemi: Romboedrik	Karbonatlar grubunda yer alır. Kayaçların içerisinde damarlar halinde bulunan kalsitin doğada 300'den fazla şekli mevcuttur. Mağaralarda sarkit ve dikit bileşiminde bulunan CO_2 'in uçması ile de traverten ve kalker tüfü olarak bulunur. Ayrıca bazik magmatik kayaçların boşluklarında sekonder bir mineral olarak zeolitlerle beraber görülür.
• ARAGONİT	
Bileşimi: CaCO_3 Sertlik: 3,5–4 Özgül Ağırlık: 2,95 Kristal Sistemi: Ortrombik	Karbonatlar grubunda yer alır. Kayaçların boşluklarında, kil ve marn içinde, sıcak su kaynaklarının etrafında ve mollusk fosillerinin (yumuşakçalar) kabuklarında bulunur. Kalsiyum karbonatlı suların sıcaklığı 37°C'yi aştığı zamanlarda aragonit, sıcaklık bu değerin altında olduğu zamanlarda ise kalsit meydana gelir.
• DOLAMİT	
Bileşimi: $\text{Ca, Mg, } (\text{CO}_3)_2$ Sertlik: 3,5–4 Özgül Ağırlık: 2,85 Kristal Sistemi: Romboedrik	Kalkerlerin boşluklarında ve damarlarında bulunan dolomitler, kalkerin bileşiminde yer alan kalsiyumun yerine magnezyum gelmesi sonucu oluşur. Bu olaya dolamitleşme denir.
• JİPS (ALÇI TAŞI)	
Bileşimi: $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Sertlik: 2–2,5 Özgül Ağırlık: 2,3 Kristal Sistemi: Monoklinik	Genellikle sıç deniz ve göllerde, buharlaşma yoluyla meydana gelen jipsin doğada birçok türleri bulunur. Tortul tabakalar içinde yer alan tuz, kil, marn, killi şist veya kalkerlerle ardışık olarak bulunur. Özellikle volkanik bölgelerdeki kükürt buharının etkisine uğrayan kalkerlerin civarında ve maden damarlarının içinde rastlanır.
• ANHİDRİT	
Bileşimi: CaSO_4 Sertlik: 3–3,5 Özgül Ağırlık: 2,95 Kristal Sistemi: Ortrombik	Bünyesinde yoğun şekilde masif ve telsel halde bulunan anhidrit, bünyesine su aldığında jipse dönüşür ve anhidritin hacmi artar. Sıç deniz ve göllerde kaya tuzları ile beraber çökelir.
• BARİTİN/BARİT	
Bileşimi: BaSO_4 Sertlik: 2,5–3,5 Özgül Ağırlık: 4,5 Kristal Sistemi: Ortrombik	Susuz sulfatlardandır. Genellikle hidrotermal damarlarda gümüş, kurşun, bakır gibi cevherlerle bir aradadır. Kalsit ile birlikte kalkerler içinde damarlar meydana getirir.
• FLUORİT	
Bileşimi: CaF_2 Sertlik: 4 Özgül Ağırlık: 3,18 Kristal Sistemi: Kübik	Diğer minerallerle birlikte kalker, dolomit çatalklarında damar halinde bulunur. Ayrıca magmatik kayaçların ve pegmatitlerin içinde de rastlanır.
• KAYA TUZU	
Bileşimi: NaCl Sertlik: 2,5 Özgül Ağırlık: 2,2 Kristal Sistemi: Kübik	Tuz yatakları, tuzlu su kapsayan kapalı havzalardan suyun yavaş yavaş buharlaşmış tuzların çökelmesiyle meydana gelir.

• BORATLAR (PANDERMİT)

Bileşimi: $\text{Ca}_3\text{B}_8\text{O}_{10}$ Sertlik: 3,5–4 Özgül Ağırlık: 2,4 Kristal Sistemi: Amorf	Bileşiminde bor bulunan bol miktarda mineral vardır. En önemlileri pandermit, ulaksit ve kolemanittir. Jeolojik devirlerde, çöl şartlarının hüküm süregi geniş ve sıçanlarla buharlaşma ile oluşmuştur.
--	---

METAMORFİK KAYAÇLARDA BULUNAN ESAS MİNERALLER

Metamorfik kayaçlar, daha önceden oluşmuş kayaçların metamorfizmaya uğraması sonucu kayaçların değişerek yeni kayaçların ortaya çıkmasıyla oluşmuştur. Dolayısıyla metamorfik kayaçların içerisinde bulunan esas mineraller metamorfizmaya uğrayan magmatik ve çökel kayaçları oluşturan esas mineraller ile metamorfizma olayı sırasında oluşan yeni minerallerden meydana gelmektedir.

• GRENA GRUBU

Bileşimi: Alüminyum silikat. Sertlik: 6,5–7 Özgül Ağırlık: 3,4–4,3 Kristal Sistemi: Kübik	Şistlerin içerisinde bulunur. Kontak alanlarda kalker ve dolomitlerin içinde de görülür.
--	--

• PİROP

Bileşimi: $\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_2$ Sertlik: 7,5 Özgül Ağırlık: 3,5 Kristal Sistemi: Kübik	Kıymetli bir granattır. Yuvarlak taneler halinde olup serpentinlerden meydana gelir.
--	--

• SLİMANİT

Bileşimi: SiO_5Al_2 Sertlik: 6–7 Özgül Ağırlık: 3,23 Kristal Sistemi: Ortorombik	Az bulunan bir mineral olup gnays ve şistler içinde bulunur.
---	--

• ANDALUSİT

Bileşimi: $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$ Sertlik: 7,5 Özgül Ağırlık: 3,16–3,20 Kristal Sistemi: Ortorombik	Alüminyumlu şeylerin metamorfizması sonucu oluşurlar. Mikaşist ve gnayslarda bulunan tipik bir kontak mineralidir.
--	--

• STAVROTİT

Bileşimi: $\text{Fe}^+\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ Sertlik: 7–7,5 Özgül Ağırlık: 3,65–3,75 Kristal Sistemi: Rombik	Alüminyumca zengin kayaçların metamorfizması ile şist ve ganyslar içerisinde bulunur.
--	---

• DİSTEN

Bileşimi: $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$ Sertlik: Doğrultuya göre değişen bir sertliği var. Özgül Ağırlık: 3,55–3,66 Kristal Sistemi: Triklinik	Gnays ve mikaşistlerde granatla beraber bulunur.
---	--

Dikkat: Jeologların kayaçların oluşum ve deformasyonlarının nasıl olduğunu kolaylıkla anlayabilmeleri için, taş yapan bu minerallerin özelliklerini iyi bilmeleri gerekmektedir.



ETKİNLİK

Tablodaki bilgilere dayanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.

Mineral	Bulunduğu Kayaçlar
Ferromagnezyen (Koyu Renkli) Silikatlar	
Olivin grubu	Magmatik–metamorfik kayaçlar
Piroksen grubu (Ojıt en yaygın)	Magmatik–metamorfik kayaçlar
Amfibol grubu (Hornblend en yaygın)	Magmatik–metamorfik kayaçlar
Biyotit	Bütün kayaç tipleri
Ferromagnezyen Olmayan (Açık Renkli) Silikatlar	
Kuvars	Bütün kayaç tipleri
Potasyum feldispat grubu	Bütün kayaç tipleri
Plajiyoklaz feldispat grubu	Bütün kayaç tipleri
Muskovit	Bütün kayaç tipleri
Kil minerali grubu	Çökeller, bazı metamorfik kayaçlar
Karbonatlar	
Kalsit	Çökel kayaçlar
Dolomit	Çökel kayaçlar
Sülfatlar	
Anhidrit	Çökel kayaçlar
Jips	Çökel kayaçlar
Halitler	
Halit	Çökel kayaçlar

1. Mineral gruplarının özellikleri, kayaçların sınıflandırılmasında etkili midir? Bir örnek ile açıklayınız.

2. Bütün kayaç tiplerinde bulunan, rengi koyu olan mineral grubu hangisidir?

3. Halitler (tuz mineralleri), neden sadece çökel kayaçlarda bulunur? Açıklayınız.

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Mineroloji bilimi, ve olmak üzere iki alt dala ayrılr.
2. Elementlerin oluşturduğu bileşikler sonucunda meydana gelir.
3. Tek ya da birden fazla mineral bir araya geldiğinde oluşumu gerçekleşir.
4. Mohs sertlik ölçüğine göre mineraller içerisinde en sert olanıdır.
5. Mineraller doğada bulunuş şekillerine göre ve bir yapıya sahiptir.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi, “bileşik” kavramı ile ilgili doğru bir bilgidir?

- a) Elementin en küçük parçasıdır.
- b) Elementler, birleşiklerinde bileşikleri oluşturur.
- c) Bileşikler, tek bir atom parçası içerir.
- d) İnorganik bileşikler karbon içerir.
- e) Bileşiklerde elementlerin nitelikleri değişmez.

7. Aşağıdakilerden hangisi silikatlar ile ilgili doğru bir bilgi değildir?

- a) Silisyum ve oksijen elementlerinin birleşiminden meydana gelir.
- b) Açık ve koyu renkli olabilirler.
- c) Yer kabuğunda en fazla görülen mineral grubudur.
- d) Sadece magmatik kayaçlarda görülür.
- e) Kuvars minerali bir silikattır.

8. Aşağıdakilerden hangisi mineral ile kayaçlar arasındaki temel farklardan biridir?

- a) Jeolojinin konusu içinde yer almaları
- b) Homojen bir yapıda olmaları
- c) Toprağın özelliklerinin belirlenmesinde etkili olmaları
- d) Coğrafya bilimi ile yakın ilişki içinde olmaları
- e) Doğal yollardan oluşmaları



9. Aşağıdakilerden hangisi çökel kayaçların oluşumunda etkili olan esas mineral grubuna girmektedir?

- a) Aspest b) Ojit c) Amfibol d) Olivin e) Kalsit

10. Aşağıdakilerden hangisi mineral tanımına uygun bir cümle değildir?

- a) Bir ya da daha fazla elementten meydana gelmiştir.
b) Oluşumu doğal yollardan gerçekleşir.
c) Kimyasal bir formülle ifade edilir.
d) Genellikle inorganik bir yapıdadır.
e) Düzensiz bir şeke sahiptirler.

11. Aşağıda verilen seçeneklerden hangisi "esas mineraller" kavramına ait bir cümledir?

- a) Her cins magmatik kayacın içerisinde az veya nadir olarak bulunur.
b) Magmanın katlaşıp ayrışması sonucu oluşur.
c) Kayacın bileşimine giren, ona isim veren minerallerdir.
d) Zirkon esas bir mineraldir.
e) Seconder mineral grubu içerisinde yer alırlar.

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

12. Minerallerin tanınmasının jeolojik açıdan önemini belirtiniz.

.....
.....

13. Tek bir mineralden oluşan kayaç örnekleri var mıdır? Açıklayınız.

.....
.....

14. Kayaç döngüsünün mineral oluşumu üzerinde bir etkisi var mıdır? Açıklayınız.

.....
.....

15. Kayaç yapıcı elementler içerisinde en yaygın olanları hangileridir?

.....
.....

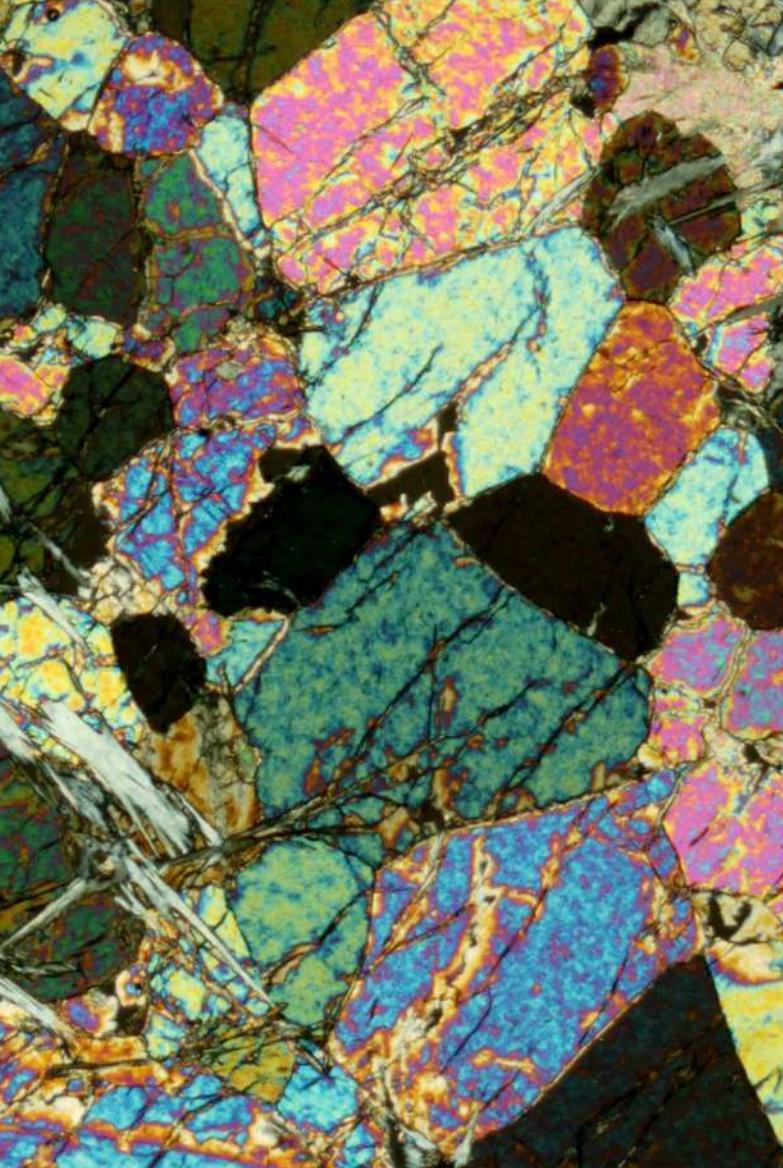
16. Tortul kayaçların oluşumunda etkili olan mineral gruplarını açıklayınız.

.....
.....

Öğrenme Birimi 4 : Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 4'te edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Mineraloji kavramını açıklayabilirim.			
Mineral cins ve türlerinin tespit edilme yöntemlerini söyleyebilirim.			
Magmatik kayaçları oluşturan esas mineralleri söyleyebilirim.			
Çökel kayaçları oluşturan esas mineralleri söyleyebilirim.			
Metamorfik kayaçları oluşturan esas mineralleri söyleyebilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç:			
9– 10 puan : Çok iyi			
7 – 8 puan : İyi			
5 – 6 puan : Orta			
3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.)			
0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 5

Petrografi

KONULAR

- Kayaçların analiz yöntemleri
- Metalik madenlerin petrografik özellikleri
- Endüstriyel ham madde kaynaklarının özellikleri

AMAÇLAR

- Kayaçların analiz yöntemlerini ifade edebilmek
- Metalik madenlerin oluşum şekillerini ve petrografik özelliklerini ifade edebilmek
- Endüstriyel ham madde kaynakları ve özellikleri hakkında bilgiler edinmek.



9.5.1. KAYAÇLARIN ANALİZ YÖNTEMLERİ

Hazırlık Çalışmaları

1. Kayaçların analiz yöntemlerini araştırınız.
2. Metalik madenler nelerdir? Araştırınız.
3. Endüstriyel ham madde kaynakları nelerdir? Araştırınız.

5.1.1. Kayaç Analiz Çalışmaları

Petrografi veya kayaç bilimi; kayaçların mineralojik bileşimlerini, yapı ve dokularını inceleyen, kayaçları oluşum şekillerine, kimyasal ve mineralojik bileşimlerine, yapı ve doku ilişkilerine göre tanımlamaya ve adlandırmaya çalışan bir bilim dalıdır.

Kayaçların analizi, arazi çalışması ve laboratuvar çalışması olmak üzere iki şekilde yapılır.

Arazi çalışması

Petrografik incelemeye arazide kayacın jeolojik konumu belirlenerek başlanır. Kayacın yayılımı, kalınlığı, çevrede bulunan diğer kayaçlarla olan jenetik ve görünürlük ilişkileri, jeolojik yaşı vb. özellikleriyle ilgili bilgi edinilir. Kayaçtan, inceleme amacına yönelik özellikte ve miktarda, örnekler toplanır. Kayaçta dokusal inceleme ve analizler yapılacaksa yönlü örnek almak gereklidir.

Arazide yapılan çalışmalar, makroskopik ve mezoskopik ölçekte yapılan çalışmalarlardır. İnceleme ve değerlendirme sonuçları; mostra ve harita üzerinde özellikleri kapsiyorsa makroskopik, el üzerinde gözle veya bir büyütükle (lup) ayırt edilebilen özellikleri kapsiyorsa mezoskopik inceleme söz konusudur.



Görsel 5.1: Kayaç incelemesinde kullanılan büyütme



Görsel 5.2: Kayaçların arazi ortamında incelenmesi

Bazı kayaçlarda mineraller, makroskopik olarak tanınacak derecede büyük olabilir ve bunlar özelliklerine göre (renk, çizgi rengi, parlaklık, dilinim, ikizlenme ve kristal şekilleri yardımcı ile) birbirlerinden ayırt edilebilir. Sedimanter kayaçlar, analiz edilirken karbonatların ayırt edilmesi için seyreltilmiş tuz asidi (HCl) bulundurmak gereklidir.



Laboratuvar çalışması

Kayaçları oluşturan mineraller, makroskopik ve mezoskopik incelemelerle tanınmayacak kadar küçüktür. Kayaçların mineral özelliklerinin belirlenebilmesi için mikroskop altında incelenmesi gereklidir.



Görsel 5.3: Kayaçların laboratuvar ortamında incelenmesi

Kayaçlar; mikroskopta incekesit, parlatma veya tane preparatları hazırlanarak incelenir. Kayaç incekesiti polarizan mikroskopta incelenir (Görsel 5.4). Opak olan minerallerin incelenmesi ise parlatma yapılır ve bunlar mikroskopta üstten gönderilen ışık altında incelenerek bu minerallerin yansıyan ışıkta gösterdikleri özellikler saptanır.



Görsel 5.4: Polarizan mikroskop



Görsel 5.5: Kayaçın ince kesiti

Kayaçların incekesit incelemeleri; bir çekiçle düzgün bir yüzeyde kırılan veya kayaç kesme makinesi ile kesilen parçaların bir yüzeyi, önce kalın sonra ince aşındırma tozu ile aşındırılarak çok düzgün bir duruma getirilir. Parça temizlendikten ve kurutulduktan sonra aşındırılmış yüzey, daha önce kaynatılmış Kanada Balzamı veya başka bir yapıştırıcı ile boyutları $28 \times 48 \times 1,5 - 2,0$ mm olan bir cam üzerine yapıştırılır. Daha sonra üstte kalan kaba yüzeyde aynı şekilde aşındırılarak yapıştırılmış kayaç kesiti mümkün olduğu kadar inceltılır. İyi bir kesit elde edebilmek için kesit kalınlığı yaklaşık 0,03 mm oluncaya kadar aşındırılır. Bu kalınlığa getirilen kesit temizlenir ve üstü muhafemel kırılma ve kirlemeleri önlemek amacıyla yine Kanada Balzamı veya başka bir yapıştırıcı kullanılarak lamelle kapatılır ve etiketlenir (Görsel 5.5).



Görsel 5.6: Jeolog çekici

Kayaç kesitlerinin parlatması da aynı şekilde yapılır. Ancak parlatma yüzeyi MgO , Cr_2O_3 veya çok ince elmas tozu ile parlatılır ve üstü lamelle kapatılmaz.

Mikroskop altında yapılan incelemelerde, optik mineraloji genel bilgisi dışında, minerallerin mikroskopta gösterdikleri çeşitli optik ve kristalografik özelliklerin de bilinmesi gereklidir (Görsel 5.7).

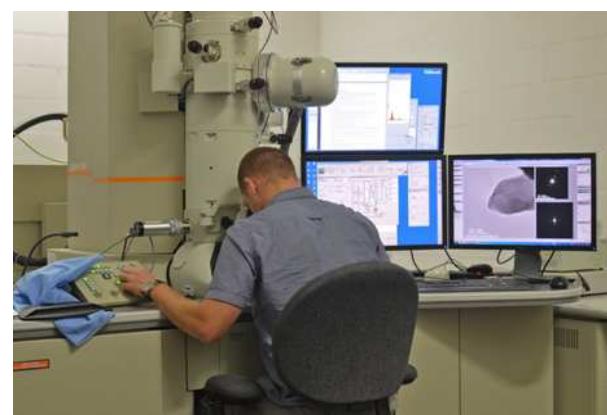


Görsel 5.7: Vulkanik bir kayacın polarizan mikroskop altındaki görüntüüsü

Polarizan mikroskop dışında kayaç oluşturan mineral türlerinin ortaya çıkarılmasında, kimyasal bileşimlerinin saptanmasında ve yüzey özelliklerinin incelenmesinde X– ışınları difraktometresi (XRD), elektron mikroskopu (SEM) gibi cihazlar da kullanılır (Görsel 5.6, 7).



Görsel 5.8: X- ışınları difraktometresi (XRD)



Görsel 5.9: Elektron mikroskopu (SEM)



ETKİNLİK

Aşağıda kayaçların analiz edilmesinde kullanılan araçlarla ilgili görseller verilmiştir. Görsellerin boş bırakılan yerlerini uygun bir şekilde doldurunuz..



9.5.2.

METALİK MADENLERİN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

5.2.1. Metalik Madenler

Yeryüzünde 1800'den fazla maden türü olup bunların şimdilik 200 kadarı çıkartılmaktadır. Madenler, metaller ve metal olmayanlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Metalik madenler, doğada genellikle oksitler ve sülfitler gibi kimyasal bileşikler halinde bulunur. Maden cevherine sahip bileşikler, ekonomik değeri olan ya da olmayan maddelerle birlikte yer alır.

Metaller kendi içerisinde, demirli ve demirsiz olmak üzere iki gruba ayrılır.

1. Demirli madenler

Bu tip metalik madenler, demirli ve demir合金 olmak üzere iki grupta incelenir. Demirliler grubunda demir, manganez, krom gibi madenler yer alır. Demir合金'ları grubunda ise molibden, nikel, kobalt, wolfram ve vanadyum bulunur.

Demir, 3500 yıldan beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Yer kabuğunda %5 oranında demir bulunmaktadır. Demir yer kabuğunu oluşturan elementler arasında 4. sıradadır. Demir çıkışının ekonomik olabilmesi için tenör oranının yüksek olması gereklidir. Tenör oranı %60 ve üstü olan yataklar zengin, %40'ın altında olan yataklar ise zayıf kabul edilmektedir.

Demir cevheri mineralleri; magnetit, hematit, götit, limonit, siderittir. Magnetit, işletmeye en uygun olan demir cevheridir. Demir cevheri, demir çelik sanayisinde ham madde olarak kullanılmaktadır.



Görsel 5.10: Demir cevheri

Manganez, yer kabuğunda ortalama %0,1 oranında bulunur. Manganez yer kabuğunu oluşturan elementler arasında 16. sıradadır. Genellikle doğada demir elementi ve daha birçok elementle bağlı biçimde bulunmaktadır. Manganez çeliğin dayanımı geliştiren bir合金 elementidir. Bu özelliği içinde bulunan karbon miktarına bağlıdır. Yüksek karbonlu çeliklerde manganın etkisi sertlik ve dayanımı artırmaktadır. Cevherin ticari önemi olabilmesi için tenör oranının en az %45–50 olması gereklidir.

Manganez üretiminin %90'ı çelik sanayisinde kullanılır. Bunu dışında kuru pil yapımı, porselen, plastik ve cam sanayisi gibi alanlarda kullanılmaktadır.



Görsel 5.11: Manganez cevheri

Krom; demir-çelik ve demirsiz合金'ların sertliğini artırmak, demiri ve çeliği oksidasyon'a ve paslanmaya karşı dayanıklı kılmak amacıyla kullanılır. Krom cevherinin tek minerali kromittir. Krom cevherinin kullanım alanlarını daha çok tenörlerindeki Cr_2O_3 ve demiroksit miktarları etkilemektedir. Ferrokrom üretiminde kullanılan cevherin $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ oranı %2,5–3 olması gereklidir.

Bütün krom yatakları, bazik ve ultrabayazık kayaçlar içinde bulunmaktadır. Serpentinleşmiş olarak görülen peridotitler, kroma en çok rastlanan kayaçlardır.



Görsel 5.12: Krom cevheri



Molibden, içinde tungsten de bulunan molibdenit adı verilen cevherden elde edilir. Kimyasal özellikleri bakımından krom ve wolfram ile benzerlik gösteren molibden, daha çok özel çelik üretiminde kullanılır. Ayrıca ergime noktası yüksek olduğu için elektrik sanayisinde, lamba üretiminde, boyalı endüstrisinde, uçak parçalarının yapımında ve tıp alanında kullanılmaktadır. Derinlerde bulunan büyük yataklarda işletme sınır tenörü ortalama %0,3 MoS'dır.



Görsel 5.13: Molibden cevheri

Nikel; havaya karşı gösterdiği oksitlenme direnci sayesinde bozuk para üretiminde, paslanmaz çelik, kimya ve uzay sanayisinde kullanılmaktadır. Nikel gümüş-beyaz bir metaldir. Oldukça sert olup geçiş metalleri arasında yer alır. Doğada çoğunlukla demirle birlikte olmak üzere sülfürler, arsenürler ve silikatlar şeklinde bulunur. En önemli nikel minarelli; nikelin, kloantit, pentlandit, millerit, ve annbergittir.



Görsel 5.14: Nikel cevheri

Kobalt; dövülgen bir katılığa sahip, gri renkli, metalik parlaklıktadır. Erime noktası 1495°C , kaynama noktası 2927°C 'dır ve 300°C oksitlenir; oksitlenme kabiliyeti demirden azdır. Demir – çelik sanayisinde, jet uçakları, metal kesme cihazları ve mıknatıs üretiminde kullanılır. Ayrıca kömürlerin sıvılaştırılmasında katalizör olarak kullanılmaktadır. Kobalt genel olarak smaltın ve saflorit minerallerinde bulunur. Yer kabuğunda %0,001 oranında yer alan kobalt; demir, nikel, bakır, çinko ve mangan gibi cevherlerden bir yan ürün olarak sağlanır. Kobaltnın işletme tenör sınırı % 3 Co'dur.



Görsel 5.15: Kobalt cevheri

Volfram; çok yüksek ergime noktasına, ısı ve elektriği iletme özelliğine sahiptir. Sert bir yapısı olan bu gri-yeşil metal, çoğunlukla elektrik lambaları ve çeşitli çeliklerin yapımında kullanılır. Tungsten de denilen volfram genellikle volframit, ferberit ve hübnerit minerallerinde bulunur. Volframın işletme tenör sınırı % 0,3 WO₃'tür.



Görsel 5.16: Volfram cevheri

Vanadyum, çeliğin sertliğini arttırmada kullanılır. Ayrıca kimya, seramik ve ilaç sanayisinde kullanılmaktadır. Vanadyumun işletme能力和 sınırı %1 V'dir. Vanadyum, doğada 65 farklı mineralde bileşik halinde bulunur. Genellikle vanadinit, desklloit, patronit minerallerinde bulunmaktadır. Sert, gümüş gri renkli, sünek bir geçiş metalidir.



Görsel 5.17: Vanadyum



ETKİNLİK

Aşağıdaki tabloda boş bırakılan yerleri uygun bir şekilde doldurunuz.

Maden çeşidi	Madenin özelliklerı
.....	Elektrik lambaları ve çeşitli çeliklerin yapımında kullanılır. Volframit, ferberit ve hübnерit mineralerinde bulunur.
.....	Demir – çelik sanayisinde, jet uçakları, metal kesme cihazları ve mıknatıs üretiminde kullanılır. Smaltnit ve safloorit minerallerinde bulunur.
.....	Paslanmaz çelik, kimya ve uzay sanayisinde kullanılır. En önemli mineralleri; kloantit, pentlandit, millerit, ve annbergittir.
.....	Demiri ve çeliği oksidasyon ve paslanmaya karşı dayanıklı kılmak amacıyla kullanılır. Bazik ve ultrabazik kayaçlar içinde bulunur.
.....	Kuru pil yapımı, porselen, plastik ve cam sanayisi gibi alanlarda kullanılır. Yer kabuğunda ortalama %0,1 oranında bulunur.
.....	Yer kabuğunu oluşturan elementler arasında 4. sıradadır. Magnetit, hematit, limonit, siderit minerallerinden oluşur.



2. Demirsiz madenler

Alüminyum, bakır, kurşun, kalay, çinko, titanyum, altın, gümüş ve platin gibi madenler bu grupta yer alır.

Alüminyum üretimi için en uygun cevherlere boksit adı verilir. Boksit, bir mineral adı olmayıp bünyesinde bir miktar silis, demir ve titan oksitleri bulunduran bir kayaç türüdür. Alüminyum ulaşım araçlarında, ateşe dayanaklı malzeme endüstrisinde, cimento üretiminde kullanılmaktadır. Hafif bir madde olduğu için özellikle uçak yapımında kullanılır. Ortalama olarak bir uçağın ağırlığının yarısı alüminyumdandır.



Görsel 5.18: Alüminyum cevheri

Bakır, çok eskiden beri kullanılmakta olan bir madendir. Elektriğin icadıyla birlikte bakıra olan talep artmıştır. Doğada 100'den fazla bakır minerali bilinmesine rağmen ekonomik değeri olan cevher mineralleri daha azdır. Bu minerallerin başlıcaları kalkopirit, kalkosin, enarjıt, bornit, ve eksojendir. Bakır cevherinin kullanım alanlarına göre işletilebilirlik sınırı çok çeşitlilidir. Ayrıca yatağın büyüklüğü de bu sınırı belirleyici bir faktördür. Avrupa'da en alt işletme sınırı %1,5 olup çok büyük yataklar için bu sınır %0,5'tir. %0,3 Cu olan yataklar ise potansiyel yataklar olarak düşünülmektedir.



Görsel 5.19: Bakır cevheri

Kurşun, adı metaller arasında korozyona karşı en dayanıklı metaldir. Bu özellikleri ile eskiden beri boru ve çeşitli yapı malzemelerinin yapımında, lehimlerde, boyalarda, matbaa harfi dökümünde, silah sanayiinde kullanılmıştır. Günümüzde kullanım alanları daha da artmıştır. En çok akümülatör bataryaları yapımında, yüksek oktanlı benzin üretiminde, elektrik kablolarının korunmasında ve daha birçok alanda kullanılmaktadır. Kurşun, genellikle galenit ve seruzit minerallerinde bulunmaktadır.



Görsel 5.20: Kurşun cevheri

Kalay; en çok teneke üretiminde, çeşitli kaynak işlerinde, metal alaşımıları yapımında, otomobil sanayiinde kullanılmaktadır. Havada kolaylıkla okside olmaz, korozyona karşı dirençlidir. Kalayın cevher kalitesi, başta tenör ve kasiterit mineralinin tane iriliğine göre değişir. Kalay yataklarında kasiterit taneleri 1 mm'nin üzerinde olurlarsa kalay yatakları, kolay zenginleştirilebilen cevher yataklarıdır.



Görsel 5.21: Kalay cevheri

Çinko; mavimsi açık gri renkte, kırılgan bir metaldir. Düşük kaynama sıcaklığı ve diğer metallerle kolaycaalsa yapabilme özelliğinden dolayı endüstride, ana maddesi çinko olan alaşım-ların yapılmasında, vitamin ve mineral ilaçlarının bileşeni olması sebebiyle ilaç sanayisinde kullanılır. Ayrıca demir ve çeliğin paslanmaya karşı galvanize edilmesinde çinkodan yararlanılmaktadır.



Görsel 5.22: Çinko cevheri

Titanium; düşük özgül ağırlığı, çelik endüstrisindeki sağlamlığı ve korozyona olan yüksek direncinden dolayı endüstride önemli bir cevherdir. Titan; alaşım metali olarak uzay araçları, roket ve uçak yapımında kullanılır. Titanklorür, özellikle savaş gemilerinde kullanılan yapay sis üretiminde kullanılır. Titanyum en önemli mineralleri ilmenit ve rutildir.



Görsel 5.23: Titanyum cevheri

Altın; parlak sarı rengi ve ışıltısıyla göz alan çok ağır bir metaldir. Üstelik kolay kolay tepkimeye girmeyen çok kararlı bir element olduğu için havadan ve sudan etkilenmez. Bu yüzden hiçbir zaman paslanmaz, kararmaz ve donuklaşmaz. Katı çözelti halinde, ayrıca pirit, arsenopirit, kalkopirit, bizmutin ve pirotin minerallerinde bulunur. Kullanım alanlarının önemi, altının kritik bir metal olma özelliğini tarihin ilk çağlarından beri sürdürmesini sağlamıştır. Mücevhercilikte, endüstride (özellikle laboratuvar cihazlarında) ve dişçilikte kullanılır.



Görsel 5.24: Altın cevheri

Gümüş; ışığı çok iyi yansitan, dövülebilen, sünek bir metaldir. Beyaz, parlak, değerli bir metalik elementtir. Atmosferde oksitlenmeye karşı büyük bir mukavemet gösterirken bakırдан daha zor altından ise daha kolay oksitlenir. Genel olarak nabit gümüş, arjenjit, prustit, pirarjirit minerallerinde bulunur. Gümüş; madeni para ve ziynet eşyası yapımında, fotoğrafçılıkta, kimya ve gıda sanayisinde kullanılmaktadır.



Görsel 5.25: Gümüş cevheri

Platin; kimya ve otomobil endüstrisinde, elektronikte, altın-dan sonra en kıymetli metallerdan biri olduğu için, mücevhercilikte kullanılır. Platin grubu metalleri birbiriley ilişkili platinyum, iridyum, paladyum, rutenyum, rodyum ve osmiyumdan oluşur. Saf hâldeyken gümüşümü beyaz renklidir. Yüksek aşınma ve kararma direncine sahip olan bu metal, korozyona karşı da oldukça dayanıklıdır.



Görsel 5.26: Platin cevheri



ETKİNLİK

Aşağıdaki grid demirli ve demirsiz madenlere ait örnekler içermektedir. Kutucuklardaki numaraları, bu konu ile ilgili size yöneltilen soruları cevaplamak için kullanın. Aynı kutucuğu bir veya birden fazla sorunun cevabı olarak kullanabilirsiniz.

1 Platin	2 Demir	3 Nikel	4 Alüminyum
5 Kurşun	6 Bakır	7 Vanadyum	8 Kalay
9 Altın	10 Platin	11 Çinko	12 Molibden
13 Kobalt	14 Gümüş	15 Titanyum	16 Volfram

Sorular

- A) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisi veya hangileri elektrik lambaları ve çeşitli çeliklerin yapımında kullanılır? (.....)
- B) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisi veya hangileri demirliler grubunda yer alır? (.....)
- C) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisi veya hangileri paslanmaz çelik, kimya ve uzay sanayisinde kullanılır? (.....)
- D) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisi veya hangileri yer kabuğunu oluşturan elementler arasında 4. sıradadır? (.....)
- E) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisinin veya hangilerinin elektriğin icadıyla önemi artmıştır? (.....)
- F) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisi veya hangileri demirsizler grubunda yer alır? (.....)
- G) Yukarıdaki madenlerden hangisi veya hangileri teneke üretiminde kullanılır? (.....)
- H) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisi veya hangileri madeni para ve ziynet eşyası yapımında kullanılır? (.....)
- I) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisinin veya hangilerinin en önemli mineralleri ilmenit ve rutildir? (.....)
- J) Yukarıdaki numaralandırılmış kutucuklardan hangisi veya hangileri demir ve çeliğin paslanmaya karşı galvanize edilmesinde kullanılır? (.....)



ETKİNLİK

Aşağıda demirsiz madenlere ait görseller verilmiştir. Görsellerin boş bırakılan yerlerini uygun bir şekilde doldurunuz.

altın - bakır - kalay - platin - titanyum - alüminyum



.....

.....



.....

.....



.....

.....



Okuma Parçası

Uzay Madenciliği

Güneş çevresindeki yörünge lerinde dönen ve gezegenlerden daha küçük olan asteroitlerin büyüklükleri küçük taş parçacıkları ile çapı yüzlerce kilometreyi bulabilen küteler arasında değişiyor. Günümüze kadar keşfedilenlerin sayısı yaklaşık 4000. Asteroitlerin çoğu Mars ile Jüpiter arasındaki asteroit kuşaklarında bulunuyor. Dünya'ya kısmen daha yakın olduğu tahmin edilen yaklaşık 1500 asteroitin madencilik projesi için iyi birer aday olduğu belirtiliyor. Yani işe bu asretoitlerden başlanacak.

Öncelikle özel olarak geliştirilen küçük keşif teleskopları yörungeye fırlatılarak asteroit avına çıkılacak. Teleskoplar asteroitleri tarayarak özellikle mineral ve su olup olmadığına bakacak. Uygun bir asteroit bulunduğuanda bu iş için üretilmiş robotlar değerli mineral ve metalleri bulmak için sondaj ve kazı işlerine başlayacak. Asteroitlerin yüzeyindeki metalleri bulmak için dev mıknatıslardan da yararlanılması düşünülüyor.

Bu projede iki farklı hedef eylem planı var: Biri kısa, diğeri uzun vadeli. Kısa olan eylem planında hedef Ay. Ay'a giden uzay ve madencilik ekibi ilk aşamada ender bulunan elementleri, demir, nikel, titanyum, alüminyum ve diğer metalleri bulup çıkaracak. Ender bulunan elementler Dünya'ya gönderilecek. Uzay araçları ile Ay'a taşınan üç boyutlu yazıcılar sayesinde Ay toprağından elde edilen demir, silikon, alüminyum ve diğer metaller baskı malzemesi olarak kullanılıp sondaj makineleri, madencilik robotları ve bunlar için gerekli tüm yedek parçalar üretilebilecek. Madenleri elde ettikten sonra geriye kalan toprak parçacıkları beton üretiminde kullanılarak uzay araçları için iniş pistleri, yol ve siğınak gibi yapılar inşa edilecek. Ayrıca Ay'ın kutuplarından çıkarılacak donmuş su yani buz küteleri Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki astronotlara ulaştırılarak içme suyu ihtiyacını karşılamak için ve radyasyon kalkanı olarak kullanılabilecek.

Uzun eylem planında ise keşif teleskoplarının belirdiği asteroitlere madencilik robotları ve üç boyutlu yazıcılar gönderilecek. Bulunan metaller ve silikonlar bir uzay gemisinin ve istasyonunun inşa edilmesinde kullanılacak. Bu senaryoda suyun Dünya'dan değil de başka gezegenlerden ve asteroitlerden elde edilecek olması projenin önemli bir kısmı. Yüzeyinde donmuş su bulunan bazı asteroitler, kurulacak uzay istasyonuna doğru çekilecek. Suyun oksijen ve hidrojene ayrıştırılmasıyla uzay araçları için yakıt üretimi yapılabilecek, hem de ekibin içme suyu ihtiyacı karşılanabilecek. Örneğin buzca zengin olan asteroitler uzaya yakıt dolu istasyonu görevi üstlenecek. Böylece uzay araçları araştırma yapabilmek için Güneş Sistemi'nde daha uzaklara gidebilecek.



9.5.3. ENDÜSTRİYEL HAM MADDE KAYNAKLARININ ÖZELLİKLERİ

5.3.1. Endüstriyel Ham maddeler

İnsanlar, çok eski zamanlardan beri yer kabuğundan çıkarılan çeşitli kayaç ve madenlerden yararlanmışlardır. Endüstrinin gelişmesiyle beraber kayaç ve maden çıkarımı daha fazla artmıştır. Çeşitli amaçlar için kullanılan endüstriyel ham maddelerin ekonomiye çok önemli katkıları bulunur.

Endüstriyel ham maddeler; inşaat, ziraat, boya ve kimya sanayi, makine sanayi ve metalürji; aşındırma ve parlatma işleri, seramik, mücevher, izolasyon, tuğla ve kiremit üretimi, optik, suni gübre üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Başlıca endüstriyel ham maddeler: Kil, alçı taşı, mermer, perlit, ponza ve diyatommittir.

Kil, çağlar boyunca sürekli bir ihtiyaç malzemesi olarak kullanılmıştır. Kil kavramı, yeryüzünde doğal kalloidal, sulu inorganik maddeler için kullanılır. Kil, çok ince taneli bir sediman minerali olup kılın tane boyu küçüktür. Kili oluşturan ana elemanlar, sulu alüminyum silikat mineralleridir. Killerin sertleşmesiyle kil taşı oluşur. Kil taşı, ince taneli bir kayaç türüdür.

Kil; feldspatların ayrışması, volkanik küllerin oldukları yerde değişmesi veya mika grubu minerallerin ayrışmasıyla oluşmaktadır. Kil yatakları genellikle genç arazilerde oluşur.

Kil, birçok alanda ham madde olarak kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanları; seramik sanayi, kâğıt, refrakter tuğla, boya, plastik, lastik, gübre, tekstil, cam ve beyaz çimento üretiminde kullanılmaktadır.



Görsel 5.27: Kil yatakları

Alçı taşı (Jibs), kalsiyum sülfat minerallerinden oluşan sedimanter bir kayaçtır. Alçı taşı, anhidrit ve jibs minerallerinden oluşmaktadır. Anhidrit mineralinin ekonomik değeri daha düşük ve kullanım alanı daha dardır.

Alçı taşı, sıg deniz veya göllerde tuzlu suyun çökelmesi sonucu meydana gelir. Alçı taşı; ham, yarı mamul, prefabrikasyon ve kimya endüstrisi olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Alçı taşının yapı malzemesi olarak kullanılmasının nedeni ısı tutuculuğu, ateşe dayanaklılık, nem düzenleyici gibi özelliklere sahip olmasıdır.

Alçı taşının başlıca kullanım alanları;

- Çimento sanayinde donmayı geciktirmede
- Beyaz boya üretiminde
- Nikel izabesinde
- Kâğıt ve pamuklu tekstil maddelerinde(dolgu olarak)
- Isı yalıtım maddesi yapımında
- Binalarda siva kullanımında
- Seramik yapımında
- Cerrahi ve dişçilikte
- Hazır bina duvarı yapımında kullanılmaktadır.



Görsel 5.28: Alçı taşı



Mermer, kireç taşı ve dolomitik kireç taşı gibi karbonatlı kayaçların yüksek sıcaklık ve basınç etkisi altında yeniden kristalleşmesiyle oluşan metamorfik bir kayaç türüdür. Renkleri genellikle beyaz ve grimsidir. Fakat yabancı maddeler nedeniyle sarı, pembe, kırmızı, mavimtırak, esmerimsi ve siyah gibi renklerde de olabilirler.

Mermerler; genelde inşaatlarda, yer ve duvar kaplamalarında, mutfak, banyo ve merdivenlerde, dış ve iç cephe kaplamalarında, şömine, barbekü ve süs eşyaları yapımında kullanılmaktadır.



Görsel 5.29: Mermer

Perlit; magmanın yüzeyde hızla soğumasıyla meydana gelen, çok hafif ve gözenekli bir yapıya sahip olan, volkanik bir camdır. Perlit bir mineral değil, kayaçtır. Perlit, perlstein kelimesinden türetilmiş olup inci taşı anlamına gelmektedir.

Perlit, mineralojik özellikleri bakımından kristalleşmiş mineraller ve obsidyen parçacıkları içeren volkanik bir camdır. Hacminin %90–97 kadarı cam olup kristalleşen mineraller feidspat ve biyotittir. Perlitin ticari değer kazanmasında az hacimdeki düşük yoğunluğu, fiziksel esnekliği, kimyasal sabitliği, düşük ses geçirgenliği ve ateşe dayanıklılığı gibi özellikleri belirleyici olmuştur.

Perlitin kullanım alanları;

- İnşaat sektörü: Yüzey dösemelerinde ısı ve ses yalıcı olarak, çatı ve zemin izolasyonlarında, tavan kiremitleri ve boru izolasyonlarında kullanılmaktadır.
- Tarım sektörü: Toprağın fiziksel özelliklerini artırıcı "substrat" maddesi olarak gereklilik uygun toprak koşullarını sağlamak, topraktaki sıkılığın artmasına yardım ederek su drenajını azaltmak ve nemi muhafaza etmek, fideler için üreme ortamı oluşturmak, toprağı havalandırmak için kullanılır.
- Sanayi sektörü: Gıda, ilaç ve kimya sanayisinde filtre yardımcı maddesi olarak kullanılır.



Görsel 5.30: Perlit

Pomza; boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar sonucunda meydana gelmiş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayaçtır. Oluşumu sırasında içerisindeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi sonucu gözenekli bir yapıya sahip olmuştur.

Pomza taşının başlıca kullanım alanları;

- Tekstil sektörü: Kot taşlama olarak bilinen bu işlemede kot kumasların renklerin açılması ve kumaşın yumuşatılmasında kullanılır.
- Tarım sektörü: Bünyesine aldığı suyu uzun süre tutarak sürekli nemli bir ortamın oluşmasını sağladığından kuraklığın etkisini kısmi anlamda azaltmak amacıyla kullanılır.
- Kimya sektörü: Gübre sanayisinde gübrenin topaklaşmasını önlemede, tarım ilaçları ve kibrit üretiminde, dış macunlarında ve dişçilikte (parlatma keki ve tozu olarak), temizlik ve deterjan sanayisinde katkı malzemesi olarak kullanılır.



Görsel 5.31: Pomza

Diatomit, diyatome adı verilen mikroskopik boyuttaki alglerin fosilleşmiş silisli kabuklarından oluşan organik kökenli sedimenter bir kayaçtır.

Diatomitin başlıca kullanım alanları;

- Filtre yardımcı malzemesi
- Dolgu malzemesi
- İzolasyon (ısı, ses, elektrik) malzemesi
- Aşındırıcı
- Katalizör taşıyıcı
- Hafif yapı malzemesi
- Refrakter malzemesi
- Gübrelerde düzenleyici olarak kullanılmaktadır.



Görsel 5.32: Diatomit



Okuma Parçası

4 ARALIK DÜNYA MADENCİLER GÜNÜ

Dünyanın her yerinde kutlanan bu anlamlı ve özel gün, maden bakımından büyük bir zenginliğe sahip ülkemizde de her yıl 4 Aralık'ta kutlanmaktadır. Rivayete göre Roma İmparatorluğu zamanında babasının gazabından kaçan Santa Barbara, 4 Aralık günü bir mağaraya sığınır. Mağarada çalışmakta olan madenciler, Santa Barbara'nın kendilerini koruduklarına inanmışlar ve onu "madencilerin koruyucu azizesi" olarak kabul etmişlerdir. Efsaneye göre İzmit'te yaşadığına inanılan Santa Barbara'nın geçtiği mekânların Anadolu olmasından dolayı 4 Aralık; önce Anadolu'da, daha sonra da Avrupa ve tüm dünyada "Dünya Madenciler Günü" olarak kutlanılmaya başlanmıştır. Avrupa'nın pek çok madeninde Aziz Barbara'ya ayrılmış bir köşe ve bu köşede sergilenen bir de Aziz Barbara'nın heykeli bulunmaktadır.

Tarih boyunca uygarlıkların gelişmesinde çok önemli yer tutan madencilik, yerin yüzlerce metre altında her türlü tehlike ve zorluğa karşı doğaya mücadele edilerek yapılmaktadır. Bu zorlu uğraş, çoğu zaman yeterli tedbirlerin alınmadığı durumlarda madencilerin yaşamalarını kaybetmelerine neden olurken geride gözü yaşlı aile bireyleri ve kamuda vicdan yaraları bırakmıştır. Ülkemizde 1941 yılından bu yana maden ocağı kazalarında 3 binden fazla kişi hayatını kaybederken bu kazalarda 100 bini aşkın kişi de yaralanmıştır. 13 Mayıs 2014 yılında Manisa'nın Soma ilçesinde meydana gelen maden kazası ile gözler bir kez daha madencilik sektörüne çevrilmiştir. Bu defa bilanço çok ağırdır. 300'den fazla madencinin hayatını kaybetmesi, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili tedbirlerin alınmayışının yarattığı acı bilançosu da gözler önüne sermiştir.



Görsel 5.33: Dünya Madenciler Günü



Bunları Biliyor muydunuz?

Türkiye İstatistik Kurumu'nun yaptığı bir araştırmada, Türkiye'de maden ve taş ocaklılığı sektöründe diğer sektörlere oranla daha fazla iş kazalarının yaşandığı belirtilmiştir. Madencilikte yüksek riskin olması nedeniyle diğer iş kollarına göre yaşanan iş kazalarının bir kısmı "kaçınılmaz" olarak kabul edilebilir. Ancak yaşanan kazalara bakıldığında büyük çoğunluğun havalandırma ve tahkimat eksiklikleri gibi işletme uygulamalarından kaynaklanıyor olması, iş güvenliği konusunda madencilik sektörünün oldukça ihmale uğramış olduğunu göstermektedir.



Görsel 5.34: Maden Çalışanı



ETKİNLİK

Aşağıdaki tabloda enerji ham madde kaynaklarının kullanım alanları verilmiştir. Tabloda boş bırakılan yerleri uygun bir şekilde doldurunuz.

Endüstriyel ham madde kaynağı	Kullanım alanları
.....	Gıda ilaç ve kimya sanayisinde filtre yardımcı maddesi olarak kullanılır.
.....	Kot kumaşlarının renginin açılması amacıyla kullanılır.
.....	Çimento sanayinde donmayı geciktirmek amacıyla kullanılır.
.....	Beyaz çimento yapımında kullanılır.
.....	Katalizör taşıyıcı olarak kullanılır.
.....	İnşaatlarda yer ve duvar kaplamalarında kullanılır.

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Kayaçların analizi, ve olmak üzere iki şekilde yapılır.
2. Kayaçların mineral özelliklerinin belirlenebilmesi için altında incelenmesi gereklidir.
3. Metalik madenler, doğada genellikle ve gibi kimyasal bileşikler halinde bulunur.
4. Maden çıkarımının ekonomik olabilmesi için oranının yüksek olması gereklidir.
5. Manganez üretiminin %90'ı sanayisinde kullanılır.
6. Metalik medenler, ve olmak üzere ikiye ayrılır.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

7. Aşağıdakilerden hangisi metalik madenlerden değildir?

- a) Manganez b) Molibden c) Kobalt d) Pomza e) Alüminyum

8. Aşağıdakilerden hangisi metalik madenlerin demirli grubunda yer almaz?

- a) Titanyum b) Vanadyum c) Volfram d) Nikel e) Krom

**9. I. Elektriğin keşfiyle önemi artmıştır.
II. Kalkopirit, kalkosin gibi mineralleri bulunmaktadır.**

Yukarda özellikleri verilen maden çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Demir b) Kurşun c) Çinko d) Bakır e) Platin

10. Aşağıdakilerden hangisi endüstriyel hammadde kaynaklarından değildir?

- a) Kil b) Mermer c) Perlit d) Çakıl taşı e) Pomza



11. Volkanik olaylar sonucunda meydana gelen, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli camsı volkanik bir kayaçtır.

Yukarıda özellikleri verilen endüstriyel hammedde çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Pomza b) Perlit c) Mermer d) Alçı taşı e) Kil

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

12. Kayaçların analiz yöntemleri nelerdir? Açıklayınız.

.....
.....
.....
.....
.....

13. Kil nasıl oluşmaktadır ve nelerde kullanılmaktadır?

.....
.....
.....
.....
.....

14. Alçı taşının kullanım alanları nelerdir?

.....
.....
.....
.....
.....

15. Perlit'in kullanım alanları nelerdir?

.....
.....
.....
.....
.....

16. Pomza taşı nasıl oluşmuştur ve nelerde kullanılmaktadır?

.....
.....
.....
.....
.....

Öğrenme Birimi 5: Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 5'te edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Kayaçların analiz yöntemlerini açıklayabilirim.			
Metalik madenleri tanımlayabilirim.			
Metalik madenlerin özelliklerini ve kullanım alanlarını açıklayabilirim.			
Endüstriyel ham madde kaynaklarını tanımlayabilirim.			
Endüstriyel ham madde kaynaklarının özelliklerini ve kullanım alanlarını açıklayabilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç: 9– 10 puan : Çok iyi 7 – 8 puan : İyi 5 – 6 puan : Orta 3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.) 0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 6

Enerji Ham Maddelerinin Oluşumu

KONULAR

- Fosil yakıtlar
- Jeotermal enerji kaynakları
- Radyoaktif ham madde kaynakları

AMAÇLAR

- Fosil yakıtların oluşumunu ve çeşitlerini ifade edebilmek
- Jeotermal enerji kaynakları ve kullanım alanları hakkında bilgiler edinmek
- Radyoaktif ham madde kaynaklarını ve radyoaktif etkilere karşı korunma önlemlerini ifade edebilmek



9.6.1. FOSİL YAKITLAR

Hazırlık Çalışmaları

1. Fosil enerji kaynaklarının oluşumunu araştırınız.
2. Jeotermal enerji kaynağı nasıl oluşur? Araştırınız.
3. Radyoaktif ham madde kaynakları nelerdir? Araştırınız.

6.1.1. Enerji Ham Maddelerinin Oluşumu

Mal ve hizmetler ile insan ve bilginin taşınması, tarımın ve kitlesel üretim yapan sanayi faaliyetlerinin gerçekleştirmesi tamamen enerji kaynaklarının varlığına bağlıdır. Tarih boyunca insan; yetenekleri doğrultusunda hayvan, rüzgâr ve su gücü gibi enerji kaynaklarını kullanmıştır. Son 200 yıldaki teknolojik gelişmeler sonucunda meydana gelen enerji ihtiyacı, insanların fosil yakıtlarını enerji kaynağı olarak daha fazla kullanmasına neden olmuştur.

Yaklaşık 4,5 milyar yaşında olan Dünya'da, atmosferin olduğu zaman, büyük volkanik patlamalar nedeniyle çok fazla karbondioksit bulunmaktadır. Günümüzden 500 milyon yıl önce CO_2 miktarının bugünkü miktarın yaklaşık yirmi katı olduğu düşünülmektedir. Bitkiler büyümek için karbondioksithe ihtiyaç duyduğundan karbondioksit miktarının böylesine yüksek olması, geçmiş dönemlerde zengin bitki örtüsünün oluşmasını sağlamıştır. Bu dönemde ağaçlar ilk defa kabuk oluşturmuş ve oldukça uzayabilmişlerdir. Ancak Karbonifer ve Permiyen dönemlerinde bu bitkiler, zamanla ölerek nemli ormanların dibinde kalın bir tabaka oluşturdu. Kalın tabakalar oluşturan bitki kalıntılarının bataklık koşullarında uzun zaman boyunca havasız kalmasıyla fosil enerji kaynakları oluşmuştur.

6.1.2. Fosil Yakıt Çeşitleri

Başlıca fosil yakıtlar; kömür, petrol ve doğal gazdır.

Kömür

Kömür, uzun zaman boyunca önemli bir enerji kaynağı olmuştur. Kömürün kökeni ve oluşumu hakkında, 16. yüzyıl başından itibaren çeşitli varsayımlar ortaya atılmıştır. Bunlardan ilki 1554 yılında Agricola tarafından ortaya atılmıştır. Argicola göre kömür, petrolün katılması sonucunda meydana gelmiştir. 16. yüzyıl sonrasında Klein, Kömürün kökeninin ağaçlar olduğunu ileri sürmüştür. Daha sonraki dönemlerde Scheucher, Beroldinger ve De Lue kömürde bitkisel maddeleri tespit etmişlerdir.

Kömürün Oluşumu

Kömür, pek çok bitkisel malzemenin üst üste yıgilması ve ayrışması sonucunda meydana gelir. Bu ayrışmanın meydana gelebilmesi için bitkisel maddenin kesinlikle havayla temas etmemesi gereklidir. Havayla temas eden bitkisel maddeler, çürümeye ve hiçbir bitkisel kalıntı bırakmamaktadır.

Kömür oluşumunun iki temel koşulu vardır. Bunlardan ilki, bitkisel maddelerin birliği alanlarda su seviyesinin toprak seviyesinin üzerinde olmasıdır. Bataklıklar böyle bir oluşum için uygunlardır. İkinci koşul ise bitkisel maddelerin basınç etkisi yaratacak kum ve çamurdan oluşan tabaka tarafından örtülmesidir.

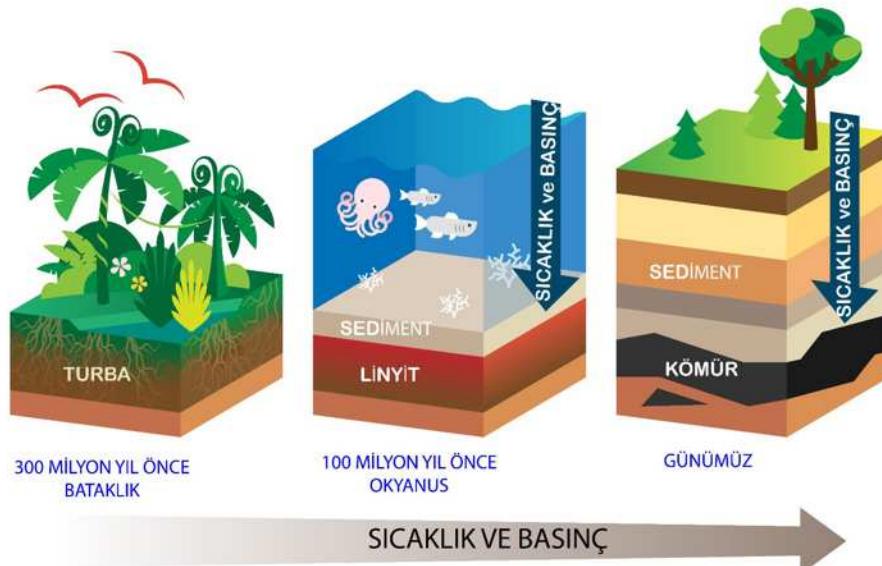
Kömür oluşumunun ilk aşamasında biyokimyasal ayrışma gerçekleşir. Bataklıklarda toplanan bitkisel maddelerde mikroorganizmalar, ayrışmayı başlatır. Ayrışma sonucunda, karbondioksit, su ve metan gazının kaybolmasından sonra, karbonca zengin çeşitli bileşimler oluşur. İkinci aşamada kömürleşme süreci gerçekleşir. Mil, çamur ve kumun altında kalan turba; fiziksel ve kimyasal değişime uğrar. Kömürleşme olayında zaman da önemli bir faktördür. Bitkisel malzemelerin kömürleşebilmesi için uzun süre tortul tabakaların altında kalması gereklidir (Şekil 6.1).

Kömür yataklarının oluşumunu açıklayan iki önemli teori vardır. Bunlar Otokton ve Allokton oluşum teorileridir.



Otokton Oluşum Teorisine göre maden kömürü, eski devirlerde yetişmiş bitki topluluklarının oldukları yerde çökmesi sonucu meydana gelmiştir. Alçak ova ve lagünlerde yetişen bu tip bitkiler, sedimentasyona maruz kalarak kum ve kil gibi taşınım malzemeleri tarafından üzerlerinin örtülmesiyle kömürleşmiştir. Günümüzde varlığı saptanan kömür havzalarının önemli bir bölümünün Otokton Teorisi'ne göre oluştuğu bilinmektedir.

Deltalar Teorisinde denilen Allokton Oluşum Teorisi ise kömürü oluşturan bitkisel kalıntıların bugün bulunduğu yerlere uzun zaman önce akarsular tarafından taşınarak getirildiğini, zamanla fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğrayarak fosilleşmesi sonucunda oluştuğunu öne sürmektedir.



Şekil 6.1: Kömür oluşumu

Kömür Çeşitleri

Kömür; karbon (C), hidrojen (H) ve oksijenden (O_2) meydana gelir. Bütün bu elementlerin değişik oranlarda bir araya gelmesi sonucu, kimyasal yapıları birbirinden farklı kömür çeşitleri meydana gelir. Buna göre kömür çeşitleri; turba, linyit, maden kömürü, antrasit ve grafittir.

Turba, 4. Jeolojik Zaman'da oluşmuştur. Turba; lifli, kahve renkli ve kısmen çürümuş organik kalıntılar içerdiginden bitkilerin lif ve dalları gibi bazı kısımları kolayca ayırt edilir (Görsel 6.1). Turba türünde organik kökenli malzemeler henüz özelliğini kaybetmediği için bunlar gerçek anlamda kömür olarak kabul edilmez. Ancak kömür oluşumunun ilk aşamasını oluşturduğundan genel anlamda kömür kapsamında değerlendirilir. Turbanın karbon oranı en alt düzeydeyken oksijen ve su miktarı fazladır. Turbanın nem oranı yüksek olduğu için ısıtma oranı ve ekonomik değeri düşüktür.



Görsel 6.1: Turba

Linyit, 3. Jeolojik Zaman'da oluşmuştur. Kömür oluşumunda turbadan sonra ikinci aşama olarak kabul edilir. Turbaya göre daha sıkı bir yapıya sahip olan linyit, kahve renkli ve odunsudur (Görsel 6.2). İçerdiği nem oranı %35, karbon oranı ise %50–75 arasındadır. Bu nedenle ısı etkisi az, duman oranı fazladır. Havayla temas etmesi halinde kolayca parçalanmakta ve dağılmaktadır. Bu durum taşıınmasını zorlaştırdığı için genelde üretildiği yerde tüketilmektedir.



Görsel 6.2: Linyit kömürü

Maden Kömürü, 1. Jeolojik Zaman'da oluşmuştur. Taş kömürü; sert, siyah ve sıkı bir yapıya sahiptir (Görsel 6.3). İçerdiği nem oranı %15–40, karbon oranı ise %40–90 arasındadır. Günüümüzde önemli bir yakıt ve enerji kaynağıdır. Maden kömürü kullanım alanlarına göre isimlendirilir (Buhar üretme, mesken ısıtma, metalürji, koku üretme ve gaz kömürleri gibi.).

Buhar üretiminde kullanılan kömürlerde karbon oranı %80'dir. Kalori oranı yüksek ve yandığında çok fazla duman çıkarmazlar. Genellikle lokomotiflerde ve gemilerde kullanılır.

Mesken ısıtma kömürlerinde karbon oranı %50–80 arasındadır. Bu tip kömürler; kolay yanar, az duman çıkarır ve ekonomiktir.

Metalürji kok kömürleri, en kaliteli kömür çeşidi olup yüksek ısılı fırılarda ve demir–çelik üretiminde kullanılır.

Gaz kömürleri, yüksek oranda gaz ve uçucu madde içerdigidinden hava gazı ve diğer kimyasal ürünlerin üretiminde kullanılır.



Görsel 6.3: Maden kömürü



Antrasit, çok sert ve kaliteli kömürdür. Çok sıkı bir yapıya sahip olan antrasit, siyah renkli ve parlaktır. Antrasit, %90 oranında karbon içerir ve kolay tutușmaz. Parlak ve mavi bir alev çıkararak uzun süre yanar ve yüksek sıcaklık verir. Yanından sonra çok az kül bırakır. Bu nedenle daha çok merkezi ısıtma sistemlerinde, gemilerde ve diğer üretim alanlarında kullanılır (Görsel 6.4).



Görsel 6.4: Antrasit kömürü

Grafit, organik maddelerin karbonlaşma aşamalarını tamamladıkları en son aşamada oluşan kömür türüdür. İçerisinde %95 oranında karbon bulunur. Oluşum aşamasında çok yüksek sıcaklık ve basınca ihtiyaç duyar. Enerji kaynağı olarak kullanılmayan grafit, daha çok kurşun kalem üretiminde kullanılır (Görsel 6.5).



Görsel 6.5: Grafit kömürü



ETKİNLİK

Aşağıda kömür çeşitlerine ait görseller verilmiştir. Görsellerin boş bırakılan yerlerine hangi kömür çeşidi olduğunu uygun bir şekilde yazınız.

Antrasit – Grafit – Maden Kömürü – Linyit - Turba





Bunları Biliyor Muydunuz?

Kömür Oluşturan Bitkiler: Eğreltiler

Eğreltilerin en önemli özelliği, kömür oluşturan bitki olmalarıdır. Karbonifer Dönemde (354–292 milyon yıl önce) bataklıklardaki ormanların büyük kısmı eğreltilerle doluydu. O dönemde eğreltilerin boyları 30–45 metre arasıydı. Kömür yataklarında bulunan fosillerden anlaşıldığına göre eğreltiler içinde en yaygın olanlar kibritotları (%70 civarında) sonra da eğreltilerdi. Bu bitkiler, bataklıklarda yaşadıkları için ölünce yine suyun içine düşüyor ve çok yavaş çürüyordu. Bunun yanı sıra çeşitli jeolojik olaylar sonucunda ve çok büyük yükümlüler bu bitkilerin üzeri suyla, kumla, toprakla kaplandı. Sonra yine benzer ormanlar oluştu ve aynı süreçler tekrarlandı. Bu durum, kömür yataklarındaki farklı kayaç katmanlarından anlaşılıbiliyor. Bitkilerin çürümeyle başlayan kömürleşme süreciyle milyonlarca yıl içinde gerçekleşiyor.

Eğreltiler; ülkemizde eğrelti otu (Görsel 6.6), evrati, eylentü, eyraltu, güllük, ifteri, kartal eğreltisi, kızıl ot, kuzgun otu, papra, solucan eğreltisi olarak da biliniyor.



Görsel 6.6: Eğrelti otu

Petrol

Latince petra (taş) ve oleum (yağ) kelimelerin birleşimden meydana gelen petrol, taş yağı anlamına gelmektedir. Petrol, 19. yüzyıldan itibaren kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak Samuel M. Kier tarafından 1848 yılında Pensilvanya'daki Allegheny Nehri kıyılarında yer alan kuyularda petrol olduğu tespit esilmiştir. Bu dönemde aydınlatmada ve makinaların yağılanması kullanılan balina yağıının yeterli olmaması petrole olan talebi arttırmıştır.

Balina yağıının maliyetinin yüksek olması, petrol arama faaliyetlerini hızlandırmıştır. Bu aramaların sonucunda Colonel Edwin Drake, Pensilvanya'nın Titusville bölgelerinde, 23 m derinlikte, sondajla ilk pertoli çıkarmıştır.

Petrolün bir enerji kaynağı olarak önem kazanması, benzin ve mazotla çalışan motorlu taşıtların icat edilmesi sonucunda gerçekleşmiştir. Daha sonraki dönemlerde gelişen teknolojiyle beraber petrol kullanım alanları ve petrole duyulan ihtiyaç artmıştır. Günümüzde petrolün birçok kullanım alanı vardır.

Dünyada üretilen petrolün yarısı taşımada kullanılmaktadır. Petrol, başta otomobil yakıt olmak üzere uçak ve jet yakımı ile lokomotif ve gemilerde kullanılmaktadır.

Endüstride ihtiyaç duyulan enerjinin sağlanması da petrol kullanılmaktadır (Görsel 6.7, 8). Ayrıca işinme ve aydınlatmada, motor yağlarında, petrokimyada, asfalt, bitüm ve zift yol yapımında petrol kullanılmaktadır.



Görsel 6.7: Ham petrol

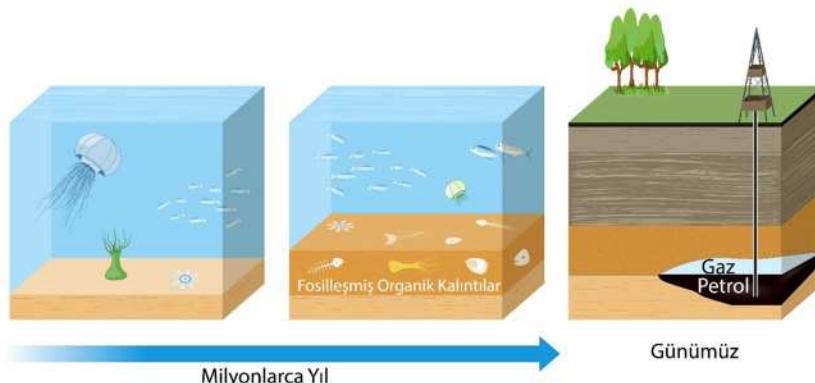


Görsel 6.8: ABD'de bulunan bir petrol kuyusu



Petrol Oluşumu

Günümüzde karalarla kaplı olan alanlarda, geçmiş jeolojik dönemlerde denizler bulunmaktaydı. Bu denizlerde çeşitli deniz canlıları ve bitkiler yaşıyordu. Bu bitkisel ve hayvansal organizmalar, jeolojik devirler boyunca denizlerin dibinde birikmiş ve çamura gömülümüştür (Şekil 6.2). Akarsular, günümüzde olduğu gibi milyonlarca yıl önce de denizlere bol miktarda malzeme taşımaktaydı. Taşınan bu malzemeler, deniz dibinde çökmiş olan bitki ve hayvan kalıntılarına karışmaktadır. Milyonlarca yıl devam eden bu sedimentasyon sonucu üst üste kalın tabakalar meydana gelmiştir. Altaki tabakalar, zamanla üstteki tabakaların ağırlığının ortaya koyduğu yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle sertleşerek kayaya dönüşürken bitki ve hayvan kalıntıları da anaerobik bakterilerin yardımı ile petrole dönüşmüştür.



Şekil 6.2: Petrol oluşumu



Okuma Parçası

Petrol Nasıl Bulunur?

Petrolün İngilizce karşılığı “petroleum”. Bu sözcüğün kökeni de Latince ’de kayaç anlamına gelen “petra” ve yağ anlamına gelen “oleum” sözcüklerine dayanıyor. Petrol, tortul kayaçların gözeneklerinin içinde toplanır. Petrolü bir sünger gibi tutan bu hazne kayaçları, kendisi için bir “kapan” oluşturan gözeneksiz katmanların içine hapsolmuştur (Ancak, petrolün asıl oluşum yeri burası değildir.). Yeryüzü, yer kabuğu yer değiştirdikçe ortaya çıkan farklı jeolojik özelliklere sahip birçok farklı bölgeden oluşur. Bu bölgelerin bazılarında daha büyük ve daha fazla sayıda petrol kapanları bulunur. Kimi hazne kayaçlarında petrol daha çok havuzlarda toplanmıştır ve çıkarılması daha kolaydır; kimi hazne kayaçlarındaysa kayaçların içine yayılmıştır. Örneğin Orta Doğu, her iki istenen özelliğe sahip bir bölgedir: Hem buradaki petrol kapanları büyük ve çok sayıdadır, hem de hazne kayaçları petrolü havuzlarda tutar. Dünyanın öteki bölgelerinde de (bulunması güç ve üretilmesi daha masraflı olsa da), büyük petrol yatakları bulunabilir.

Petrol kaynaklarının bulunması, birçok farklı etkinlik içerir ve bir dizi adımdan oluşur: Belli bir yerde petrol bulunma olasılığı saptanır, kayaçların petrol oluşumuna uygun olup olmadığı belirlenir. Ancak buralarda gerçekten petrol ve doğalgazın bulunup bulunmadığı, yalnızca sondaj yoluyla anlaşılabılır. Bulunan petrolün ticari açıdan uygun olup olmadığı ve daha fazla kazıyla petrol haznesinin boyutları belirlenmeye çalışılır. Daha sonra üretim kuyuları kurulur ve çıkarılan petrolün başka yerlere taşınabilmesi için, toplanacağı merkezi noktalara boru hatları döşenir. Petrol, kayaçların gözeneklerinden ve çatlaklılarından akarak üretim kuyusuna ulaşır. Ham petrolün rafinerilerde arıtılarak işlenmesi sonucunda, ortalama olarak %43 benzin, % 18 yağıyakit (fuel oil) ve motorin, % 11 LPG (sivilaştırılmış petrol gazı) elde edilir.

Bu etkinlikleri kapsayan sektörlerde yapılan yatırımlar, büyük sermaye gereksinimleri ve petrolün bulunup bulunmayacağına belirsizliği nedeniyle büyük risk taşırlar. Öte yandan, geçmişe bakıldığından, kârlılık ve yatırım-ların geri getirisi bakımından endüstrinin başka bölgülerine göre çok daha fazla kazandırır. Son yillardaki teknolojik gelişmelerin de, belirsizliklerin azalmasını ve sermayenin daha verimli kullanılmasına katkıda bulunarak endüstrinin başarısını artırdığı söylenebilir.

Doğal Gaz

Hidrokarbon kökenli bir enerji kaynağı olan doğal gaz, diğer fosil yakıtlar gibi milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan atıklarının yer altında yüksek sıcaklık ve basınç etkisiyle kimyasal değişmeye uğraması sonucunda oluşmuştur. Fosil enerji kaynaklarından olan doğal gaz, petrolelle birlikte bulunabildiği gibi uygun koşulların bulunduğu yerlerde tek başına da bulunabilir.

Doğal gaz; gözenekli kayaçların boşluklarına sıkışmış olarak veya serbest halde bulunan renksiz, kokusuz ve hafif bir gazdır. Doğal gazın yapısını hidrokarbon gazlarının karışımı oluşturur. Bu gazlardan sadece metan, doğal gazın %80–90’ını meydana getirir. Geri kalanını ise etan, propan ve bütan gibi gazlar oluşturur.

Temiz bir yakıt olan doğal gaz; kolay tutuşur, verdiği ısı süreklidir ancak büyük miktarda depolanamaz, doğal gazın yanında kullanılması gereklidir. Bu nedenle doğal gaz, tüketim alanlarına boru hatlarıyla ulaştırılır.

Doğal gaz birçok alanda kullanılmaktadır. Konutlarda ısıtma sistemlerinde, sıcak su hazırlamada ve mutfaklarda kullanılmaktadır. Bunun dışında elektrik enerjisi üretiminde ve araçlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Doğal gaz ayrıca fabrikalarda hem enerji kaynağı olarak hem de ham madde olarak kullanılmaktadır. Fabrikalarda enerji kaynağı olarak kullanımının yanı sıra; amonyak, metan, hidrojen ve petrokimyasal maddelerin karışımında; gübre, mürekkep, yapıştırıcı, sentetik lastik, fotoğraf filmi, deterjan, boyalar, dinamit, plastik, antifriz ve bazı ilaçların üretiminde doğrudan ham madde olarak kullanılmaktadır.



ETKİNLİK

Aşağıda doğal gazın kullanım alanlarıyla ilgili görseller verilmiştir. Bu görsellerin altına doğal gazın kullanım alanlarını uygun bir şekilde yazınız.



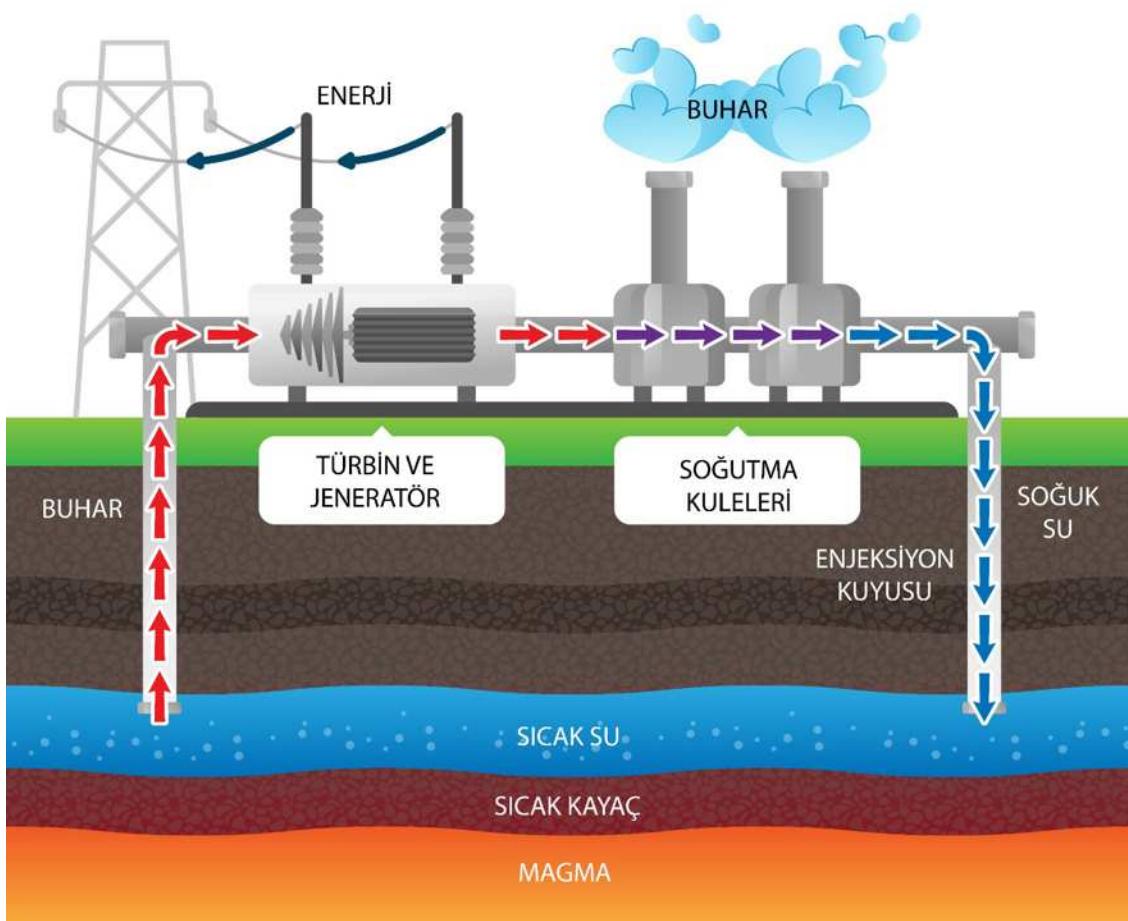


9.6.2. JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLARI

6.2.1. Jeotermal Enerji

Dünya'da enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı, fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Ancak fosil yakıtların yakın zamanda tükenebileceğinin öngörümektedir. Bu nedenle pek çok ülke, yeni enerji kaynaklarının bulunması ve enerji kaynaklarının geliştirilmesi için büyük çaba harcamaktadır. Söz konusu yeni enerji kaynaklarından biri de jeotermal enerjidir.

Jeotermal kelimesi, yer anlamına gelen "geo" ile ısı anlamına gelen "termal" kelimelerinin birleşiminden meydana gelmiştir. Bu enerji, yer kabuğunun kilometrelere derinliğindeki ergimiş kayalardan oluşan magmanın ısısından oluşur. Magmadan yükselen ısı ile jeotermal havuzlar olarak bilinen yer altı su havuzları ısınır. Bu sular, yer kabuğunda bulunan kırıklardan veya aktif volkanik bölgelerde bulunan yarık ve çatlaklardan yeryüzüne sıcak kaynak suları ve buhar olarak ulaşır. Bunlardan sıcak kaynak suları (kaplıca, ilıca) ve gayzer suları, kendiliğinden buhar ise yapılan sondajlarla yeryüzüne çıkabilmektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3: jeotermal enerji üretimi

Yer kabuğunda oluşan sıcaklığın iki kaynağı vardır. Bunlardan birincisi, yer kabuğu içine girmiş ve yeryüzüne doğru ilerleyen magmanın oluşturduğu sıcaklığıdır. İkincisi ise yerin derinliklerine doğru gidildikçe artan yerin kendi sıcaklığıdır. Bu sıcaklık $1100^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ulaşmaktadır. Yerin yüzeyinden itibaren yaklaşık 6378 km derinlikte bulunan iç çekirdeğin sıcaklığı ise $3000^{\circ}\text{C} - 5000^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar yükselmektedir.

İnsan sağlığı açısından yararlı olduğu, bazı hastalıkları iyileştirici özelliği bulunduğu bilinen kaplıcalar; turizm açısından da bulunduğu bölge için büyük önem taşırlı (Görsel 6.9).

İzlanda dilden gayzer fışkırmak anlamına gelir. Kesintili bir biçimde sıcak su ya da sıcak buhar fışkırtan, kükürt yayan bu kaynarcılardan İzlanda'da çok sayıda bulunur (Görsel 6.10).



Görsel 6.9: İspanya'da bulunan sıcak su kaynağı (kaplıca)



Görsel 6.10: İzlanda'da bulunan bir gayzer kaynağı

6.2.2. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

Jeotermal enerji; tarih boyunca çanak çömlek yapımı, ısıtma ve yemek pişirme amacıyla kullanılmıştır. Günü—müzde teknolojinin gelişimine bağlı olarak jeotermal enerjinin kullanım alanı artmıştır (Görsel 6.11).

Jeotermal enerjinin başlıca kullanım alanları şunlardır;

- Elektrik üretiminde
- Isıtma: Seraların, binaların, toprak ve caddelerin, hava alanı pistlerinin, hayvan çiftliklerinin ısıtılmrasında kullanılır.
- Endüstride: Yiyeceklerin kurutulması, kerestecilik ve ağaç kaplama işleri, kâğıt ve dokuma gibi alanlarda; şeker, ilaç ve pastörize süt fabrikalarında, soğutma tesislerinde; derilerin kurutulması ve işlenmesinde kullanılır.
- Kimyasal uygulamalar: Deniz suyundan tuz üretmede, çeşitli kimyasal maddelerin üretiminde, volkanlardan çıkan doğal gazlardan kükürt elde edilmesinde kullanılır.



Görsel 6.11: Endonezya'da bulunan jeotermal enerji santrali



ETKİNLİK

Aşağıdaki metni okuduktan sonra soruları cevaplayınız.

Yeşil Enerji: İzlanda

Yer kabığının en üst katmanları inanılmaz miktarda yenilenebilir ısı içermektedir. Buısının sadece küçük bir bölümü gezegenin tüm enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yeterlidir. İzlanda'daki gibi tektonik plakaların birleştiği bölgelerde yer kabuğu oldukça ince olduğu için yenilenebilir ısı enerjisi olan jeotermal enerji potansiyeli çok yüksektir. Dolayısıyla, bu tür yerlerde yüksek sıcaklıklarda ısı elde etmek daha kolaydır.

İzlanda, sahip olduğu jeotermal enerji potansiyelinden eskiden beri etkin bir yararlanmaya çalışmaktadır. Ülkenin birincil enerji ihtiyacının %70'i (%52 jeotermal ve %18 hidroelektrik) yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Ülkede özellikle 200°C üzeri jeotermal kaynaklar elektrik üretimi için, daha düşük sıcaklıktaki ısı kaynakları ise konutların ısıtılmasında, sağlık turizmine ve seraların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Günümüzde kara alanlarının dışında açık denizlerde jeotermal enerjiden faydalananmayı hedefleyen İzlanda'nın bu alanda ulaştığı bilgi birikimi diğer ülkeler için büyük bir önem taşımaktadır (Görsel 6.12).



Görsel 6.12: Jeotermal enerjinin seraların ısıtılmasında kullanımı (İzlanda)

Sorular

1. İzlanda'da jeotermal enerji kaynaklarının yoğun olmasının nedeni nedir?
2. İzlanda'da jeotermal enerjinin kullanım alanları nelerdir?



Bunları Biliyor Muydunuz?

Jeotermal Enerji Santrallerinde Yapılan Sondajlar Depremleri Tetikler mi?

Jeotermal kaynaklardan enerji elde edilirken kullanılan en yaygın yöntem, yeraltı sularının Dünya'nın merkezindeki yüksek sıcaklığın etkisiyle ısınması sonucu oluşan sıcak suyun ya da buharın sondaj yoluya çıkarılmasıdır. Açılan sondaj kuyularında jeotermal kaynağın bulunduğu geçirgen tabakaya gelindiğinde, yüksek sıcaklıktaki su ya da buhar basıncı etkisiyle yüzeye çıkar. Jeotermal enerji santrallerinde genellikle rezervuarı beslemek amacıyla yeraltından çekilen buharın ya da sıcak suyun yerine tekrar su gönderilir. Sondajın kendisi depreme neden olmasa da sondaj sırasında uygulanan bu işlem fay hatlarında çeşitli dengeşizliklere sebep olabilir.

Emily Brodsky'nin başyazarı olduğu ve *Science* dergisinde yayımlanan çalışmada, Güney Kaliforniya'daki Salton Denizi Jeotermal Enerji Santrali'nin bulunduğu bölgede jeotermal kaynaklardan enerji elde etme süreçleri ile sismik faaliyetler arasında kuvvetli bir ilişki olduğu belirlendi. Araştırmacılar bu bölgedeki depremlerin sıklığının, enerji üretimi sırasında yeraltından çekilen ve yeraltına verilen suyun hacmine bağlı olarak değiştiğini söylüyor. Ancak bu sürecin depremler üzerinde dolaylı bir tetikleyici etkisi olsa da doğrudan bir ilişkiden bahsetmek hatalı olabilir.

9.6.3. RADYOAKTİF HAM MADDE KAYNAKLARI

6.3.1. Radyoaktif Ham Maddeler

Doğada bulunan elementlerin, atomlarının bir kısmı kararlı diğer kısmı ise kararsız çekirdeklere sahiptir. Herhangi bir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı, proton sayısına göre daha fazla ise bu tür maddeler kararsız bir yapı gösterir ve çekirdeğindeki nötronlar alfa, beta ve gama gibi çeşitli ışınlar yayarak parçalanır. Çevresine bu şekilde ışın saçarak parçalanan maddelere radyoaktif madde adı verilir. Bu tür maddelerin parçalanmasında çok fazla enerji açığa çıkmaktadır.

Doğada radyoaktif özellik gösteren çeşitli maddeler vardır. Günümüzde nükleer enerjinin elde edilmesinde radyoaktif maddeler kullanılmaktadır. Başlıca radyoaktif maddeler: Uranyum ve toryumdur.

Uranyum

Uranyum, 1789 yılında Alman kimyager Klaproth tarafından keşfedilmiştir (Görsel 6.13). Uranyum önce sadece bilimsel amaçla kullanılmıştır, sonra radium elde etmek için çıkarılmıştır. Nükleer enerjide kullanımı ise son 50 yılda gerçekleşmiştir.

Uranyum, doğada bulunan tüm elementler içerisinde atom numarası ve atom ağırlığı en fazla olandır. Saf uranyum; yumuşak, gümüş beyazlığından radyoaktif bir metal olup ergime noktası 1132°C , kaynama noktası 3818°C 'dir. Uranyum yatakları, tektonik hareketler sonucunda oluşur.



Görsel 6.13: Uranyum

Uranyum birçok alanda kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanları;

- Nükleer enerji santral yakıtı olarak
- Zırh kaplamada, gemi ve uçak yapımında
- Seramiğe renk vermek amacıyla
- Plütonium hidrojen bombası yapımında
- Nükleer patlayıcı yapımında
- Ziraat ve tıp alanlarında kullanılır.

Toryum

Toryum, 1828 yılında İsveçli kimyacı Berzelius tarafından keşfedilmiştir (Görsel 6.14). İlk olarak gaz lambalarında kullanılmıştır. Toryumun radyoaktifliği 1946'da tespit edilmiş ve toryumun nükleer enerjide kullanılmasıyla önemi artmıştır.

Asıl rengi gümüş beyazı olan toryum; oksitlendiğinde önce gri, sonra siyah renge dönüşür. Toryumun ergime noktası 1700°C , kaynama noktası 4000°C 'dir.



Görsel 6.14: Toryumun mikroskop altında görüntüsü

Toryumun uranyuma göre çevreye daha az zarar verdiği için ileride nükleer reaktörlerde uranyumun yerine kullanılması düşünülmektedir. Günümüzde toryumla çalışan bir nükleer reaktör bulunmamaktadır. Toryumun başlıca kullanım alanları;

- Yüksek sıcaklıklardaki magnezyumun direncini artırmak amacıyla alaşımında
- Elektronik cihazlarda
- Aydınlatmada tungsten filamanların kaplanması
- Yüksek kaliteli kamera merceklerinde
- Nükleer teknolojide kullanılır.



ETKİNLİK

Aşağıda radyoaktif maddelerin kullanım alanları verilmiştir. Kullanım alanlarının karşısına radyoaktif maddenin adını uygun bir şekilde yazınız.

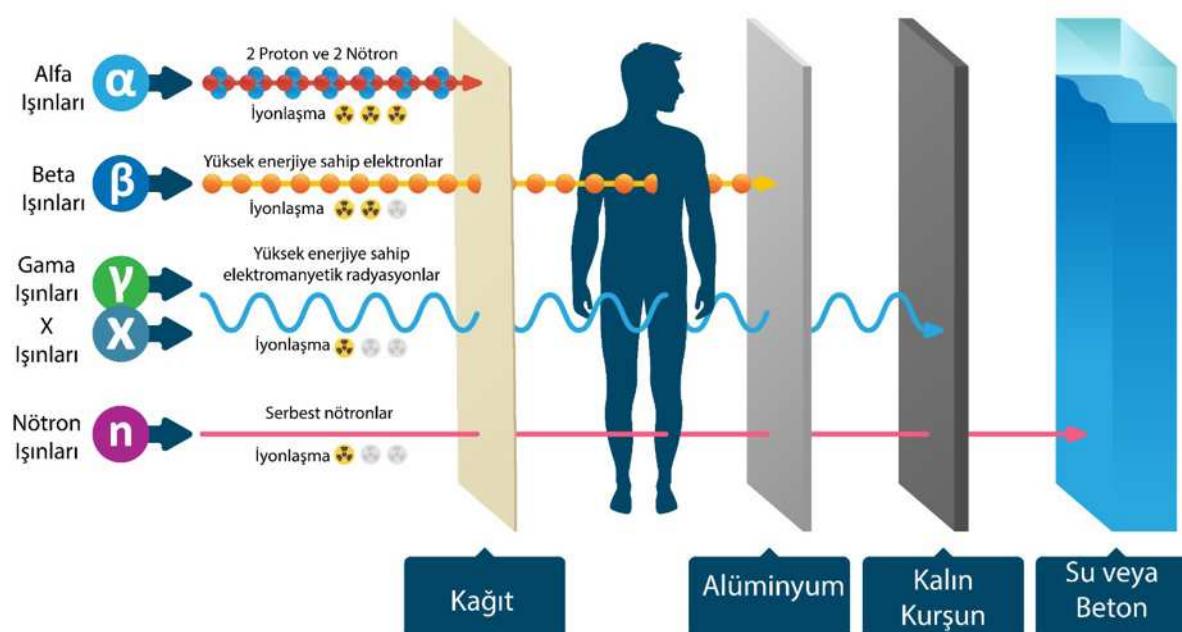
1. Ziraat ve tıp alanlarında kullanılır. (....)
2. Yüksek kaliteli kamera merceklerinde kullanılır. (....)
3. Zırh kaplamada, gemi ve uçak yapımında kullanılır. (....)
4. Aydınlatmada tungsten filamanların kaplanmasında kullanılır. (....)
5. Plütonyum hidrojen bombası yapımında kullanılır. (....)
6. Seramiğe renk vermek amacıyla kullanılır. (....)

6.3.2. Radyoaktif Etkilere Karşı Korunma

19. yüzyılın sonlarına doğru radyoaktivitenin keşfiyle birlikte radyoaktif maddelerin tıbbi ve endüstriyel alanlardaki kullanımı yaygınlaşmıştır. Radyasyon teknolojisi, toplumsal yaşamı kolaylaştırmışının yanında radyasyona maruz kalma durumunda birçok sağlık sorunu ortaya çıkar.

Radyasyon, doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin kararsız yapıdan kararlı bir yapıya geçebilmek için dışarı saldıkları hızlı parçacıklarına ve elektromanyetik dalga şeklinde taşınan fazla enerjilerine denir (Şekil 6.4).

RADYASYON TIPLERİ



Şekil 6.4: Farklı radyasyon (ışınım) tiplerinden korunma

Radyasyondan korunma, iç ve dış radyasyona karşı korunma olmak üzere ikiye ayrılır.

İç Radyasyona Karşı Korunma

İç radyasyonla kirlenme; radyoaktif maddelerin solunum, sindirim, mukozalar ya da cilt bütünlüğünün bozulması neticesinde vücuda girmesi ile oluşmaktadır. Bu nedenle iç radyasyondan korunmak için; ortamın, giysilerin ve cildin radyoaktif madde ile buluşmasını; radyoaktif maddelerin yiyecek ve solunum yoluyla vücuda girmesini önleyici önlemler alınması gereklidir. Bu önlemler şunlardır;

- Özel solunum cihazlarının kullanılması
- Tam yüz maske ve filtrelerinin kullanılması
- Koruyucu elbiseler giyilmesi
- İmkân olmaması durumunda mendil, havlu vb. ile solunum yollarının kapatılması
- Kirlenen bölgedeki gıda ve suların tüketilmemesi

Dış Radyasyona Karşı Korunma

Dış radyasyona karşı korunmak için etkili üç yöntem vardır:

- a) Uzaklık: Noktasal kaynaklardan yayılan radyasyon şiddetleri kaynaktan olan uzaklığın artmasıyla azaldığından uzaklık iyi bir korunma aracıdır.
- b) Zaman: Radyasyon dozu miktarı, radyasyon kaynağının yanından geçirilecek süre ile orantılı olarak arttığından kaynak yakınında mümkün olabildiğince kısa süre kalınmalıdır.
- c) Zırhlama: Dış radyasyon tehlikelerinden korunmanın en etkin yöntemi zırhlama olup radyasyonun şiddetini azaltmak için kişi ile arasında uygun özelliklerde koruyucu engel konulmalıdır. Zırhlama; toprak, beton, çelik ve kurşun gibi koruyuculuğu yüksek materyal kullanılarak yapılabilir.



Bunları Biliyor Muydunuz?

Evrenselli bir sembol olan radyasyon sembolü, ilk olarak 1946 yılında Kaliforniya Üniversitesi Berkeley'in radyasyon laboratuvarında çalışan bir ekip tarafından geliştirilmiştir. Sembolde yer alan şekil ise etrafa radyasyon yayan bir atomu temsil etmektedir. Kimileri, atomun etrafında yer alan üç kanadın ise alfa, beta ve gama radyasyonunu sembolize ettiğini iddia etmiştir ancak bunun doğruluğu kesin olarak bilinmemektedir.



Şekil 6.5: Radyasyon uyarı işaretleri



Okuma Parçası

Çernobil ve Bitkiler

Dünyanın en korkunç nükleer felaketinin, arkasında çorak bir arazi bıraktığını düşünebilirsiniz. Oysa Ukray-na'daki Çernobil nükleer santralini çevreleyen terk edilmiş sokakları ağaçlar, çalılar ve asmalar bürümüş durumda. Araştırmacılar, Çernobil yakınlarında yetişen soya fasulyelerindeki proteinlerde değişiklikler fark etmişler ki bu da bitkilerin sürekli radyasyon etkisi altında nasıl hayatı kalabildiklerine açıklama getirebilir. Bulgular günün birinde araştırmacıların radyasyona dirençli tarım bitkileri üretemesine yardımcı olabilir.

1986'da Çernobil nükleer santralinde bir reaktör patladı ve çevredeki kırsal bölgeyi radyoaktif maddeler içeren dumanlar kapladı (Görsel 6.15). Bölgede, onlarca yıllık yarı ömre sahip olan sezymum 137 gibi bazı radyoaktif maddelere bugün bile rastlamak mümkün. Yapılan araştırmalarda bölgedeki yaban hayatı üzerindeki tahribatı ortaya koyan veriler elde edildi ve santralin çevresinde 30 km yarıçaplı bir alan yasak bölge ilan edildi. Bu büyük yıkma rağmen yerel bitki örtüsü hayatı dönmeye başladı. Nitra'daki Slovak Bilimler Akademisi'nde bitki biyoloğu olan Martin Hajduch, 23 yıl önce orada öyle bir facia yaşandığının tahmin bile edilemeyeceğini söylüyor.

Hajduch ve ekibi bu bitkilerin radyasyonlu bölgede nasıl hayatı kalabildiğini araştırmaya koyuldu. Ekip, 30 km'lik yasak bölgenin içerisinde, santralin kalıntılarının 5 km yakınına soya fasulyeleri dikt. Aynı zamanda sezum 137 düzeyinin merkezden 163 kat daha düşük olduğu, santralin 100 km uzağında bir başka yere de aynı fasulyelerden dikildi. Daha sonra olgunlaşan fasulyeler toplanıp içeriğindeki proteinler incelendi.

Radyasyonlu bölgede yetişen fasulyeler protein analizlerinden önce bile sıra dışı görünüyordu. Bu fasulyelerin taneleri diğerlerinin yarısı ağırlıktaydı ve suyu diğerlerinden daha yavaş bir şekilde emiyordu. Journal of Proteome Research'ün Haziran sayısındaki makalede bildirildiğine göre bu fasulyeler moleküller açıdan daha da tuhaftı. Yüksek radyasyonlu bölgede yetişen fasulyelerde, ağır metalleri bağlayarak bitkileri koruduğu bilinen sistin sintaz proteininin normal bitkilere kıyasla üç kat daha fazla olduğu tespit edildi. Ayrıca bu bitkilerde, radyasyona maruz kalan insan kanında kromozom anomaliliklerini azalttığı anlaşılan betain aldehit dehidrojenaz enziminin % 32 oranında daha fazla olduğu görüldü. Çimlenen tohum için azot sağlayan tohum depo proteinleri de normal fasulyedekilerden farklı yoğunlukta –kimisi daha fazla kimisi daha az– çıktı.

Hajduch'a göre, bitkilerin Çernobil kalıntılarındaki düşük radyasyondan kendi-kendini koruduğu anlaşılmıyor; ancak protein değişimleri ile hayatı kalma mekanizmaları arasındaki ilişki ve bu değişimlerin yeni nesillere geçip geçmediği henüz bilinmiyor. Araştırma ekibi fasulyeleri dört nesil daha incelemeyi planlıyor.

Kolumbiya'daki Güney Carolina Üniversitesi'nden, Çernobil bölgesi yaban hayatı üzerine çalışmalar yapan biyolog Timothy Mousseau bu araştırmanın, özellikle de tüm dünyada nükleer enerjiye yönelik artan ilgi önüne alındığında çok önemli bir toplumsal soruna parmak bastığını belirtiyor. Mousseau, eğer araştırmacılar bitkilerin radyasyona nasıl yanıt verdigini analayabilirse, nükleer kirliliğe dirençli, hatta nükleer kirliliği temizleyen bitkiler üretmeye başlayabileceklerini söylüyor.



Görsel 6.15: Felaket sonrası, Çernobil santrali

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. 4. Jeolojik Zaman'da oluşan kömürleşmenin ilk aşamasını oluşturur.
2. Karbon oranının en fazla olduğu kömür çeşidine adı verilir.
3. Balina yağıının maliyeti yüksek olması sebebiyle arama faaliyetleri hız kazanmıştır.
4. Temiz bir yakıt olan renksiz ve kokusuzdur.
5. Bitki kalıntılarının bataklık koşullarında uzun zaman boyunca kalmasıyla enerji kaynakları oluşur.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi kömür çeşitlerinden biri değildir?

- a) Maden kömürü b) Linyit c) Granit d) Turba e) Antrasit

7. I.Bazalt
II.Kömür
III.Uranyum
IV.Petrol

Yukarıdakilerden hangileri fosil yakıtlardandır?

- a) I ve II b) I ve III c) II ve III d) II ve IV e) III ve IV

8. Aşağıdakilerden hangisi jeotermal enerjinin kullanım alanlarından biri değildir?

- a) Deniz suyundan tuz üretiminde
b) Derilerin kurutulması ve işlenmesinde
c) Seraların ısıtmasında
d) Asfalt yapımında
e) Elektrik üretiminde

9. I. Magmanın ısısından oluşur.
II. Yer kabuğunun kırıkların yeryüzüne çıkarlar.

Yukarıda özellikleri verilen enerji kaynağı aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Güneş enerjisi b) Radyoaktif enerji c) Jeotermal enerji d) Fosil enerji e) Nükleer enerji



10. Aşağıdakilerden hangisi radyoaktif maddelerin kullanım alanlarından biri değildir?

- a) Plütonyum hidrojen bombası yapımında
- b) Ziraat ve tıp alanlarında
- c) Bakır yapımında
- d) Seramiğe renk verilmesinde
- e) Gemi ve uçak yapımında



11. Yukarıdaki şekilde gösterilen uyarı işaretinin anlamı aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Manyetik alan
- b) Biyolojik risk
- c) Oksitleyici madde
- d) Radyoaktif madde
- e) Toksik madde

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

12. Fosil enerji kaynakları nelerdir?

.....
.....
.....
.....

13. Petrol oluşumunu açıklayınız?

.....
.....
.....
.....

14. Jeotermal enerji kaynaklarının oluşumunu açıklayınız?

.....
.....
.....
.....

15. Radyoaktif maddeler nelerdir?

.....
.....
.....
.....

Öğrenme Birimi 6: Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 6'da edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Fosil yakıtların oluşumunu ve çeşitlerini açıklayabilirim.			
Fosil yakıtları kullanım alanlarına göre sınıflandırabilirim.			
Jeotermal enerji kaynaklarını tanımlar, kullanım alanlarına örnekler verebilirim.			
Radyoaktif maddeleri tanımlar, kullanım alanlarına örnekler verebilirim			
Radyoaktif etkilere karşı korunma önlemlerini açıklayabilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç:			
9– 10 puan : Çok iyi			
7 – 8 puan : İyi			
5 – 6 puan : Orta			
3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.)			
0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 7

Petrol ve Doğal Gazın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

KONULAR

- Petrol ve doğal gazın tanımı
- Petrol ve doğal gazın fiziksel ve kimyasal özelliklerı
- Petrol ve doğal gazın oluşum süreci

AMAÇLAR

- Petrol ve doğal gaz kavramlarını tanımk
- Petrolün ve doğal gazın fiziksel ve kimyasal özelliklerini ifade edebilmek
- Petrol ve doğal gazın oluşum süreci hakkında bilgiler edinmek



9.7.1. PETROL VE DOĞAL GAZIN TANIMI

Hazırlık Çalışmaları

1. Antik Çağ dönemlerinde yaşayan insanlar, birçok alanda petrolden yararlanarak problemlerini çözme yoluna gitmişlerdir. Antik Çağ dönemi insanları, hangi problemlerin çözümünde petrolden yararlanmış olabilir? Sınıfta tartışınız.
2. Rezervuar kayaçların varlığı, petrole ulaşılmasında en önemli etkenlerden biridir. Sizce bu kayaçların hangi özellikleri petrole ulaşım açısından etkili olmuştur? Araştırınız.

7.1.1. Petrol ve Doğal Gaz Kavramlarının Tanımı



Görsel 7.1: Şist mineral taşı

Petrol: Latince'de taş anlamına gelen "petro" ile yağ anlamına gelen "oleum" kelimelerinin bir araya getirilmesiyle oluşmuş "taş yağı" anlamına gelen bir kavramdır (Görsel 7.1). Genellikle sıvı halde olan, ancak katı ya da gaz halinde de bulunabilen koyu renkli ve yaşı bir madde olan petrol; tamamen doğal yollardan ve büyük oranda canlı kalıntılarından oluşmuştur. Kimyasal olarak hidrokarbondan, hidrojen ve karbondan (HC) oluşan petrol; çok karmaşık bileşenli bir yapıya sahiptir. Ham petrol ve doğal gazın ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için bunlar, "hidrokarbon" olarak da isimlendirilirler.

Petrolün fiziksel olarak da farklı şekillerde bulunuyor olması, farklı isimlerle adlandırılmasına neden olmuştur.

Petrol:

Gaz Halde: Metan (bataklık) gazı, yer altı gazları (metan, etan, propan, bütan vb.)

Sıvı Halde: Ham petrol

Katı Halde: Asfalt, bitümlü şist, parafin gibi isimlerle adlandırılır.



Görsel 7.2: Doğal gaz



Görsel 7.3: Doğal gaz depolama ve boru hattı

Doğal gaz: yer kabuğunun içinde bulunan fosil kaynaklı, oksijen ile belli bir karışım oranında yanabilen, gaz veya gaz karışımıdır. Petrol türevi olan doğal gaz çoğunlukla petrole veya tek başına bulunur (Görsel 7.2). Yakıt olarak önem sıralamasında ham petrolden sonra ikinci sırada yer alan doğal gazın içerisinde parafin, serisinin metan (CH_4), etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), izobütan (C_4H_{10}), bütan (C_4H_{10}) ve pentan (C_5H_{12}) gibi uçucu üyeleri bulunur. Rezervuardan çıkarıldığı haldeki doğal gaz, ham doğal gaz olup işlenmeden kullanılamaz. Doğal gaz, diğer fosil yakıtlar gibi karmaşık bileşenli bir yapıya sahip olmadığı için temiz yanan bir yakıttır. Kolay ve kalıntı bırakmadan yanarken hava kirliliğine neden olabilecek emisyonları çok az miktarlarda görülmektedir (Görsel 7.3).



Bunları Biliyor Muydunuz?

Geçmişte petrol üretimi esnasında ortaya çıkan doğal gaz, yararsız bir atık olarak görülmüyordu. Bu nedenle petrol üretim tesislerinde yakılarak uzaklaştırılmaya çalışılmıştır.

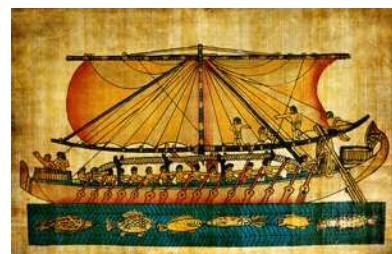


7.1.2. Petrol ve Doğal Gazın Tarihçesi

MÖ 3200 yılında, Mezopotamya'da, asfaltın harç ve çimento olarak kullanıldığı; yine aynı dönemlerde, bölge halkın kamıştan yaptıkları kayıklarının içini ve dışını bitümlle kaplamak suretiyle kayıklarını sizintilardan kurtardıkları, yapılan arkeolojik incelemeler neticesinde tespit edilmiştir (Görsel 7.4, 5).



Görsel 7.4: Antikçağ Mezopotamya



Görsel 7.5: Antikçağ Mısır

MÖ 300 yılında ise Mısırlıların ölülerini asfaltla kapladıkları sonra mumyalayıp sakladıkları, Çinlilerin ise ucuna demir taktikleri bambular ile açtıkları derin su kuyularından çıkan petrol ve doğal gazı, hem yakıt hem de aydınlatıcı olarak kullandıkları bilinmektedir (Görsel 7.6).



Görsel 7.6: Bambu ormanı

İran'da da petrol, çok eski zamanlardan beri kullanılmaktaydı. Naft adını verdikleri bitümü Persli okçular, ok uçlarına yapıştırarak alevli oklar şeklinde düşmanlarına karşı kullanırken sonraları bu fikir, Bizanslılar tarafından geliştirilerek "Rum ateşi" adıyla anılan ateş bombalarına dönüştürülmüştür (Görsel 7.7, 8).



Görsel 7.7: Bitüm



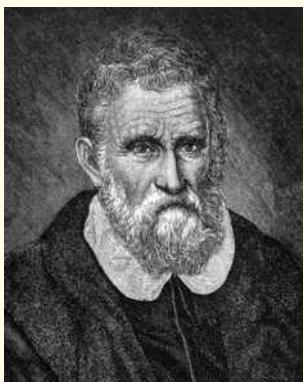
Görsel 7.8: Rum ateşi (grejuva)

Petrolün Avrupa'ya geliş ise Bakü, Burma ve Çin petrolleri vasıtıyla gerçekleşmiştir. Marco Polo, seyahatnamesinde, Bakü'deki petrolden söz ederek kaçınma ya da uyuz illetine yakalanan insan ve develer için ilaç olarak lambalarda ise aydınlatma amacıyla kullanıldığını kaydetmiştir.



Okuma Parçası

Marco Polo (1254- 1324):



Görsel 7.9: Marco Polo

Batı dünyasına Asya ve Uzakdoğu'yu tanıtan Venedikli seyyah Marco Polo başı ve amcası ile çıktıkları yolculukta; İstanbul, Kırım, Volga bölgesi, Bulgar ve Saray şehirleriyle İran'dan Çin'e kadar uzanan bölgeleri ziyaret ederek ticârî faaliyetlerde bulunmuş, Pekin'e ulaşıp Kubilay ile görüşmüştür. İki yıl sonraki Çin seyahatinde Kubilay Han'ın yazlık sarayında misafir olan küçük Marco Polo burada mahallî dilleri öğrenerek pek çok olaya şahit olmuştur. Eserinde, gezip gördüğü yerlerin iktisadî, ziraî, ticârî zenginliğini anlatan Marco Polo idarî sistemlere dair de bilgiler vermiştir. Seyahatname adlı eserinde de özellikle Türk ve İslâm âlemi hakkında yer alan özlü bilgiler dikkat çekicidir. Verdiği bilgilerle Geç Orta çağ Avrupası'nda çok ilgi çeken ve hayalî, zengin bir Doğu ve Uzakdoğu imajının oluşmasında büyük rolü olan kitap günümüzde gelinceye kadar çeşitli yönleriyle inceleme konusu olmuştur.

1506 yılına gelindiğinde ilk petrol Polonya'da bulunmuş, sonraki tarihlerde ise Amerika Birleşik Devleti'nin New York ve Pennsylvania gibi bölgelerinde petrol çıkarımına başlanmıştır.

19. yüzyıl ortalarına gelindiğinde yavaş yavaş petrol sanayisi doğmaya başmıştır. Bunda en büyük etken, okuryazar oranın artması ile okuryazarların gece-leri okuyabilecekleri ışığı bol ve ucuz bir şekilde elde etmek amacı yattı. Zira bu dönemde insanlar, lambalarını aydınlatmak için balina yağı kullanıyorlardı. Balina yağıının verdiği ışık, hem az hem de pahalıydı. Ayrıca artan balina avcılığı ile balinaların nesli de tükenmek üzereydi. 1849 yılında James Yonug adlı bir İşköçyalı, balina yağıının yerini tutacak olan parafin mumunu bulur. 1850'de Kanadalı Abraham Gesner "kerosene" adını verdiği gaz yağını üretmeyi başarır (Görsel 7.10). Kerosenin rafine edilerek lambalarda yakılabilen temiz gaz yağı haline getirilmesi, petrol sanayisinin doğusunu başlatır. Ardından petrol arama çalışmaları başlar. Petrolün yer kabuğu tabakaları arasında bulunup sondajla yeryüzüne çıkarılacağı bilgisi de petrol jeolojisinin ortaya çıkışına zemin hazırlar.



Görsel 7.10: Parafin Lambası

Doğal gaz, tarihi boyunca birçok medeniyet tarafından hayret ve şaşkınlıkla karşılanarak pek çok batıl inancın kaynağı olmuştur. Yer altındaki gaz sızıntılarının çeşitli nedenlerle yanmaya başlaması, pek çok medeniyet için yerin derinliklerinden yaratılan bir işaret kabul edilmiştir. Bu tip alevlerin en meşhur olanı Antik Yunanistan'daki Parnassus Dağı'nda bir çoban tarafından görülen ateşti. Bunun bir kehanet olduğu düşünülmüş ve alevin olduğu yere bir mağbet yapılmıştır. Mabette, Delphi Kâhinesi, dumanlar arasında çevresindeki alevden yayılan kehanetleri bildirdiğini söylemiştir (Görsel 7.11). MÖ 500 yılında ise Çinliler, gaz sızıntılarının bulunduğu alanları belirleyerek bambulardan yaptıkları boru hatlarıyla, gazi çeşitli bölgelere taşımış ve deniz suyunu ısıtarak, tuzundan arındırıp içme suyu elde etmişlerdir.



Görsel 7.11: Delphi Tapınağı

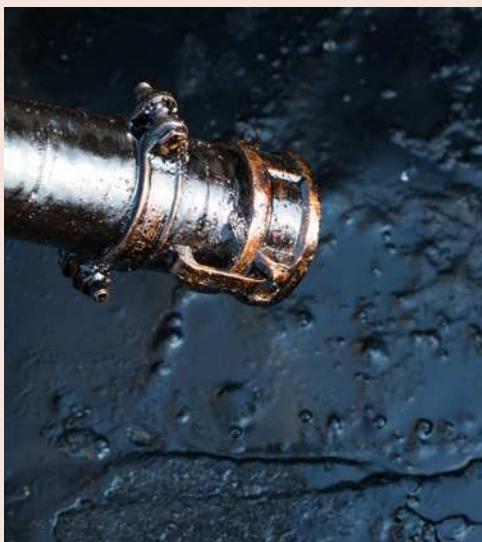
18. yüzyıla gelindiğinde kömürden elde edilen doğal gaz, evleri ve sokakları aydınlatmaya başlamıştı. 19. yüzyılda ise Amerika'da, ilk doğal gaz kuyusu açılmış ve sonrasında ısıtma ve yemek pişirmede güvenle kullanılmaya başlanmıştır. 1891'de doğal gaz taşımacılığı; boru hatlarıyla başlar ve dolayısıyla kullanımı da evler, iş yerleri, sanayi, elektrik üretimi gibi alanlarda da hızla genişler.



ETKİNLİK

Petrolün fiziksel olarak farklı şekillerde bulunuyor olması, farklı isimlerle adlandırılmasına neden olmuştur.

Aşağıda verilen görselleri inceleyerek petrolün hangi çeşidine ait olduğunu belirtip adını yazınız

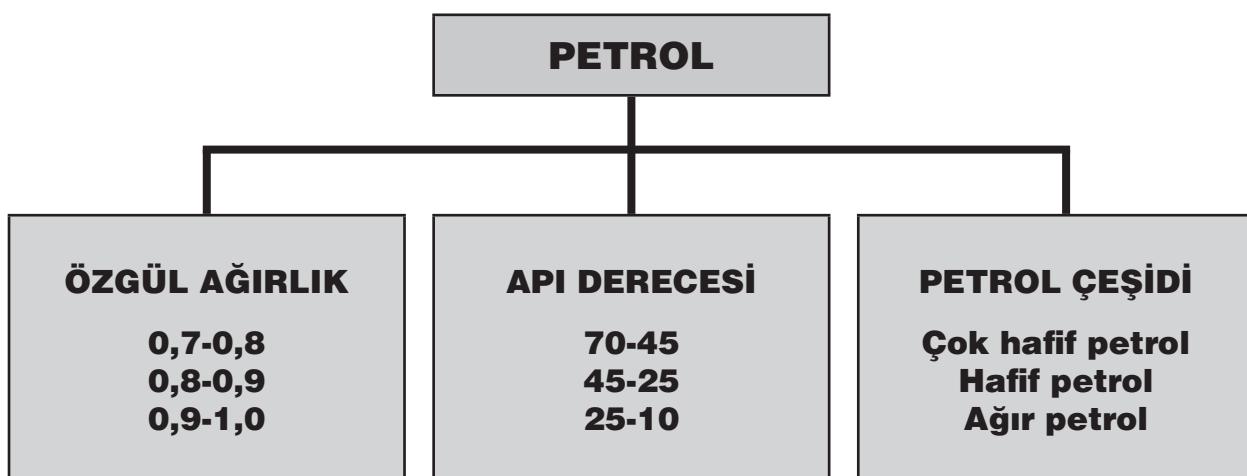


9.7.2. PETROL VE DOĞAL GAZIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

7.2.1. Petrolün Fiziksel Özellikleri

Kimyasal olarak hidrokarbondan yani hidrojen ve karbondan (HC) oluşan ham petrol, hem yer altında hem de üretiliğinde sıvı halde bulunur. Sıvı haldeki ham petrolün fiziksel özelliklerini incelerken önemli bazı başlıklar altında değerlendirmeler yapılır. Bu başlıklar şunlardır:

- Özgül Ağırlık (Yoğunluk):** Yoğunluk, petrolün bileşimi ve içeriği gaz miktarının oranına bağlıdır. Petrol içerisindeki hidrokarbon yüzdesi, gaz miktarı ve asfalt gibi ağır hidrokarbonların oranı, sülfür oranı, sıcaklık gibi faktörler petrolün yoğunluğunu etkiler. Doymuş hidrokarbonlar, (metan vb.) hafif moleküllü hidrojen iyonları içeriği için yoğunlukları azdır. Aromatlarda (ağır moleküllü petrol) ise bu oranın daha fazla olduğu görülmektedir. Yoğunluk, en az 0,650 ve en fazla 1,080 değerlerinde görülürken genel olarak petrolün özgül ağırlığı 0,7 ile 0,97 arasında değişmektedir (Tablo 7.1).



Tablo 7.1: Özgül ağırlıklarına göre petrol çeşitleri

Yoğunluk için kullanılan birimler, farklı bölgelerde farklı birimler ile gösterilmektedir. ABD'de **API**, Avrupa'da **Baume** dereceleri yoğunluk için kullanılan birimlerdir.

Petrolün yoğunluğunu etkileyen diğer bir faktör ise petrolün bulunduğu derinliktir. Derinlik arttıkça yoğunlukta da azalma meydana gelmektedir. Özellikle sıcaklığın artışı, yoğunluğu önemli ölçüde azaltmaktadır. Özgül ağırlık, doğal gazların özelliklerini belirlemekte çok yaygın olarak kullanılır.

- Hacim:** Hacmi etkileyen faktörler; sıcaklık, basınç ve petrolün içerisinde çözünmüş olan madde miktarıdır. Petrol yatağında ham petrol ve gaz bir arada bulunmaktadır. Her ikisi de birbiri içerisinde kolaylıkla çözünebilme özelliğine sahiptir. Petrolün içerisinde çözünebilen gazın miktarı, basınçla doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu durum, petrolün hacmini etkileyerek petrolün artmasına neden olur.
- Viskozite (Koyu Kivam):** Viskozite, bir sıvı veya gazın akmeye karşı direncini ifade eder. Yani akışkanlığın tersidir. Petrolün akıcılığını ölçen bir değer olup "**poise**" birimi ile ifade edilir. Petrolün viskozitesi petrolün bileşimine bağlıdır. Yoğunluk ve ağır bileşen miktarı arttıkça viskozite de artar. Sıcaklık ve gaz miktarı arttıkça viskozite düşer.
- Flüoresans:** Petrol ve petrol bitümleri, ultraviyole ışınları altında, flüoresans özellikleri göstererek sarı, kahverengi, yeşil ve mavi renklerde görülür. Bu flüoresans renklerinin belirmesiyle petrol hidrokarbonlarının varlığı tespit edilebilir. Ultraviyole renkleri, petrol ve petrol miktarının ölçüsünü göstermesi bakımından da önem taşır. Esas petrolün varlığı, sarı rengin elde edilmesiyle anlaşılır.



• **Renk ve Koku:** Petrollerin bileşimindeki hidrokarbon miktarlarının farklı oranlarda olması, petrolün renginde değişikliklere sebep olmaktadır. İçerisinde asfalt bulunan petroller, siyah; yoğun ve yapışkan sıvı halde iken içerisinde parafin bulunan petroller, koyu kırmızı, sarımtırak ve tamamen sıvı haldedir. Sudan petrolleri siyah iken Utah'tan (ABD) çıkan ham petrol kehrivar rengindedir. Hafif hidrokarbonlu petroller, hoş kokulu; doymamış HC, S ve N içeren petroller ise kötü kokuludur.

• **Kırılma İndisi:** Bir maddenin kırılma indisi, o maddede yol alan ışığın boşlukta yol alan ışığa göre ne kadar yavaş ilerlediğini gösteren bir katsayıdır. Petrolün kırılma indisi, onun kimyasal bileşimine bağlı bir özellik olup yoğunluğuna göre 1,39 ile 1,49 arasında değişir. Hafif petrollerin kırılma indisi küçüktür.

• **Parlama ve Yanma Noktası:** Karışık bileşimli bir yapıya sahip olan petroller, belirli bir donma ve kaynama değerlerine sahiptir. Ağır hidrokarbonlar, yüksek ısında kaynarlarken hafif hidrokarbonlar ise daha düşük sıcaklıkta kaynama noktasına ulaşır. Eğer petrol sıvısı, üzerine alev tutulacak olursa yavaş yavaş ısıtılan petrolün buharının tutuşacağı en düşük sıcaklık, petrolün parlama noktası olarak kabul edilir.

Dikkat: Petrollerin fizikal özelliklerinin bilinmesi; üretim, petrolden arındırma, taşıma ve işleme gibi faaliyetlerin kolay, süratli ve ekonomik bir şekilde yürütülmesini sağlar.

7.2.2. Doğal Gazın Fizikal Özellikleri

İçeriğinde çok az miktarda karbondioksit (CO₂), azot (N₂), helyum (He) ve hidrojen sülfür (H₂S) gazlarına rastlanan doğal gaz; renksiz, kokusuz ve havadan daha hafiftir. Ancak yandığında sürekli, şiddetli mavi bir ışın ve ışık yayar. Doğal gaz; içerdiği sülfür miktarına göre tatlı veya yumuşak, acı veya sert olabilmektedir.

Hem bağımsız (Bir yataktak, önemli miktarlarda petrol olmadığından doğal gaz bağımsızdır.) hem de petolle birlikte bulunabilen doğal gaz, petolle bir arada bulunduğu zaman, petrolü hafiflettiği için petrolün yüzeyine kolaylıkla çıkışmasında önemli bir rol oynar. Bir petrol yatağında rastlanan doğal gaz, birkaç şekilde bulunabilir:

- **Serbest gaz halinde:** Özellikle petrol rezervuarı içinde bulunan gazdır. Ham petrolün üst kısmını veya petrol yoksa suyun üst kısmını işgal eder.
- **Petrol içinde erimiş gaz halinde:** Genel olarak bir petrol yatağında bulunan ham petrol, içinde erimiş halde gaz bulunur.
- **Su içinde erimiş gaz halinde:** Petrol kapanı içinde bazen petrol yerine yalnız gaz ve su vardır. Bu gibi hallerde, su içinde de bir miktar gaz erimiş halde bulunabilir.
- **Sıvılaşmış gaz halinde:** 2000 metreden fazla derinliklerde, basınç altında bulunan tabii gaz; sıvılaşır ve fiziki bakımından petrol ile aynı görünüşe sahip olur.

7.2.3. Petrolün Kimyasal Özellikleri

Ham petrol, bileşim bakımından bitüm grubuna dahil olup yer kabuğu veya yüzeye görülebilir. Esas bileşimi karbon ve hidrojen olup içerisinde az miktarda küükür, azot, oksijen ve tali elementler de bulunmaktadır. Nadir elemanlarından vanadyum ve nikel bileşenleri, inorganik tuzlar, hidrojen sülfür ve su da içerisinde yer almaktadır.

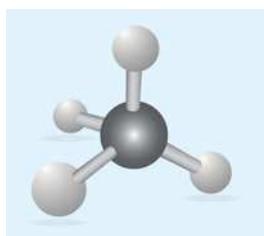
Ham Petrolün Element Analizleri

Karbon	%83–88
Hidrojen	%11–14
Diğer Bileşenler	%5

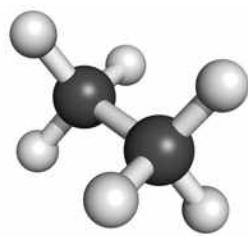
Petrol bileşimini oluşturan hidrokarbonlar **doymuş hidrokarbonlar** (Tüm karbon atomları, hidrojen atomları ile doldurulmuş.) ve **doymamış hidrokarbonlar** (Hidrokarbon yapısı, olması gerekenden daha az sayıda hidrojen atomuna sahip.) olmak üzere iki ana grupta toplanır.

Doymuş hidrokarbonlar:

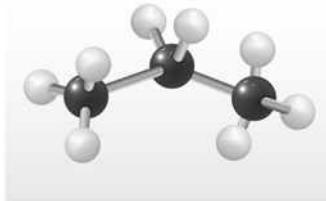
1. Parafinler (Metan Grubu): Genel formülleri C_nH_{2n+2} olan grup üyeleri;



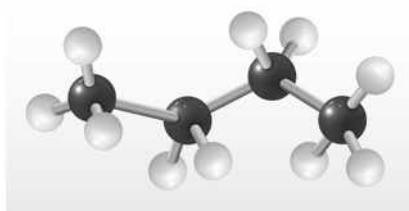
Şekil 7.1: CH_4 Metan (gaz halde)



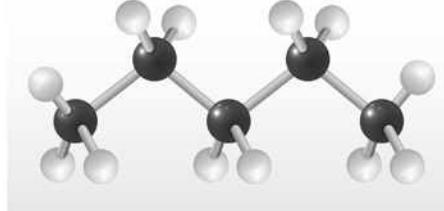
Şekil 7.2: C_2H_6 Etan (gaz halde)



Şekil 7.3: C_3H_8 Propan (gaz halde)



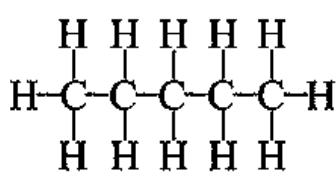
Şekil 7.4: C_5H_{12} Pentan (gaz halde)



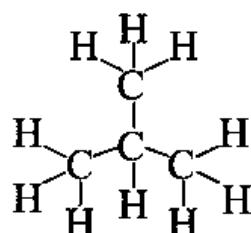
Şekil 7.5: C_4H_{10} Bütan (gaz halde)

Karbon (C) sayısı 5'e kadar olan parafinler, gaz halinde bulunurken karbon sayısı C_5 'ten C_{15} 'e kadar olan parafinler, sıvı; C_{16} ve daha fazla olan parafinler de katı halde bulunur (Şekil 7.2.3.1: a,b,c,d,e).

Parafinler, **düz zincirli moleküller** (normal parafin) ve **dallanmış moleküller** (izoparafinler) olmak üzere iki seri halde dizilim gösterir. Kimyasal olarak aynı yapıya sahip olmalarına rağmen iki serinin farklı yapısal formları, ham petrolün fiziksel özelliğini de etkiler. Örneğin düz zincirli normal parafinler, dallanmış parafinlere nazaran daha yüksek kaynama noktasına sahiptir (Şekil 7.2.3.2: a, b).

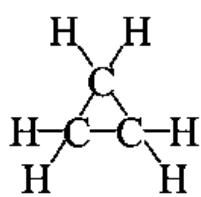


Şekil 7.6: Düz zincirli moleküller

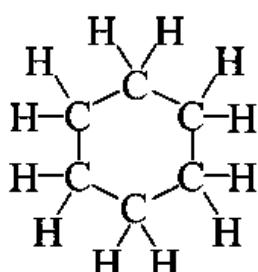


Şekil 7.7: Dallanmış moleküller

2. Naftenler: Ham petrolde bulunan hidrokarbonların ikinci önemli grubudur. Bileşenlerin genel formülleri C_nH_{2n} olarak gösterilir. Bunlar da doymuş hidrokarbonlar grubuna girer. Naftenler, kapalı yüzük molekülleri yapısı şeklinde, karbon atomlarının ya kapalı bir devre veya halkalar şeklinde yan yana gelerek bağlanmasıyla oluşur (Şekil 7.2.3.3: a, b).



Şekil 7.8: Siklopropan

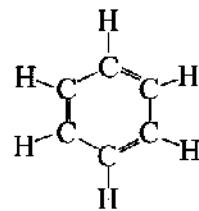


Şekil 7.9: Siklohekzan



Doymamış hidrokarbon

Aromatlar: Doymamış hidrokarbon olarak adlandırılan aromatlar, çeşitli genel formüllerle ifade edilir. Aromatiklerin yapıları, 6 karbonlu benzen yüzüğü diye adlandırılan bir yüzük yapısı şeklindedir. Aromatik grubun en basit üyesi C_6H_6 formülündeki benzendir (Şekil 7.10).

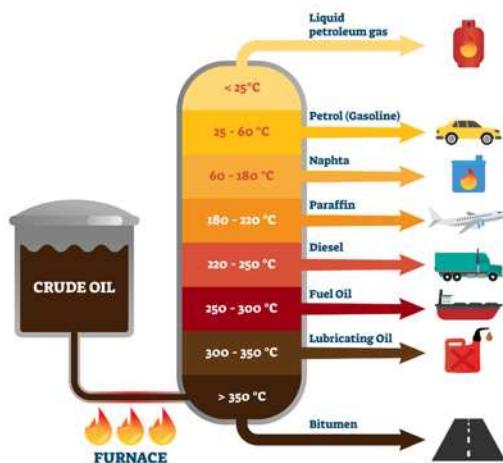


Şekil 7.10: Benzen

Bu grupların ham petrol içindeki oranı, petrolün değişik isimlendirilmelerinde rol oynarken petrolü oluşturan bileşenlerin oranı da petrolün olgunluk safhaları hakkında bilgiler verir.

Petrol ısıtılmak suretiyle rafine edildiğinde birçok petrol ürünü elde edilir (Şekil 7.11, 12).

HAM PETROLÜN İŞLEVSEL ARITILMASI



Şekil 7.11: Ham petrolün damıtılması

40°–60° C'de Petrol eterleri	Çözücü, boyalı incelticisi, temizleyici
60°–150° C Çeşitli benzinler	Metro yakımı, çözücü
150°–270° C Gaz yağı	Aydınlatma yağı, motorin, jet yakımı
270°–350° C Hafif motorin	Mazot, fuel oil
350° C Ağır motorin	Makine yağı, asfalt, kok, katran, çatı malzemesi

Şekil 7.12: Petrol rafine ürünleri

7.2.4. Doğal Gazın Kimyasal Özellikleri

Doğal gaz; içerisinde %90 oranında veya bu orandan daha az metan (CH_4) gazı, az miktarda etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), izobütan (C_4H_{10}), bütan (C_4H_{10}) ve pentan (C_5H_{12}) bulundurken çok az miktarda karbondioksit (CO_2), azot (N_2), helyum (He) ve hidrojen sülfür (H_2S) gazlarına da rastlanır (Şekil 7.13). Doğal gaz, içerisindeki bu gazlar ile yanabilen bir gaz özelliğine sahip olmuştur. Doğal gazın bileşimi, çıkarıldığı bölgeye ve rezervuara göre değişir. Rafine edilerek hidrokarbonlara ayrılır ve hemen hemen saf metan (CH_4) olarak dağıtımı yapılır.

Doğal Gaz Bileşenleri		
Metan	CH_4	%70–90
Etan	C_2H_6	%0–20
Propan	C_3H_8	
Bütan	C_4H_{10}	
Karbondioksit	CO_2	%0–8
Oksijen	O_2	%0–0,2
Nitrojen	N_2	%0–5
Hidrojen sülfit	H_2S	%0–5
Seyrek gazlar	A, He, Ne, Xe	Eser

Şekil 7.13: Doğal gazi oluşturan bileşenler

Metan Gazının Özellikleri

- Parafin serisinin ilk üyesi olan metan, bataklık gazı adı ile de bilinir. Renksiz, yanıcı, parlayıcıdır.
- Normal sıcaklık ve basınç altında organik maddelerin bozulması ile oluşur. Derinlerde ise sıcaklık artışına bağlı olarak azalan bakteriyel işlevler ile metan üretimi durur.
- Yer altı çalışmalarında, zengin petrol yataklarının habercisidirler.

Doğal gaz, içerisinde bulunan hidrokarbonların özelliklerine göre ıslak ve kuru olmak üzere iki çeşittir. Kuru gaz, %90–100 metan ile küçük miktarlarda etan ve yüksek hidrokarbonları içerir. Islak gaz ise yüksek oranlarda etan, propan, bütan gibi gazlardan oluşur. Ayrıca, içeriğinde sülfür gibi hidrokarbon olmayan gazları içeriyorsa "kirli gaz" olarak adlandırılırken hidrojen sulfatın varlığı ya da yokluğu, gaza tatlı ve ekşi gibi ek özellikler kazandırır.

Doğal gazın enerjisi, içeriği hidrokarbonların tür ve miktarlarına göre değişir. Hidrokarbon gazlarda ne kadar çok karbon atomu varsa yandığında elde edilen enerji de o kadar yüksek olur. Kalorileri, gazdaki hidrokarbonların oranına bağlıdır.



Okuma Parçası

Neden Doğal Gaz?

Fosil yakıt kullanımı atmosfere önemli miktarda kükürt dioksit, karbondioksit, metan ve nitrik oksit gibi gazlar salıyor. Bunlardan kükürt dioksit asit yağmurlarına yol açarken "sera gazları" denen öteki gazlarsa, atmosferin ısınmasına yol açıyorlar. Doğal gazın çevreyle dost bir yakıt olmasının nedeni, ağırlıklı olarak metandan oluşması. Metan bütünüyle yandığında, ortaya çıkan birincil ürün yalnızca karbon dioksit ve su buharı olur. Doğal gaz yakımıyla atmosfere kükürt dioksit ya da kül gibi katı atıkların salınımı engellenir. Üstelik kömür ve petrol gibi öteki fosil yakıtlardan çok daha az karbon monoksit, azot oksit ve karbon dioksit salımı olur. Kömür ve petrol, doğal gazın tersine daha karmaşık bir molekül yapısına sahiptir. Yüksek oranda karbon, kükürt ve azot bileşikleri içerir. Fosil yakıtların yakımı sonucu atmosfere %75–80 oranında karbon dioksit ve %20–30 oranında metan gazi salınıyor. Ancak, doğal gaz yakımı sonucu atmosfere salınan karbon dioksit salınımı %47 oranında azalıyor. Üstelik yeni geliştirilen yakma teknikleri sayesinde bu oran %70'lere indirmek mümkün görünüyor. Öteki fosil yakıtlar bunların yanı sıra kül gibi katı atıklar da bırakırlar. Tüm bu nedenlerden dolayı, doğal gazın öteki fosil yakıtlar yerine kullanımı kirliliği kontrol etmenin en etkili yollarından biri olarak görülüyor.

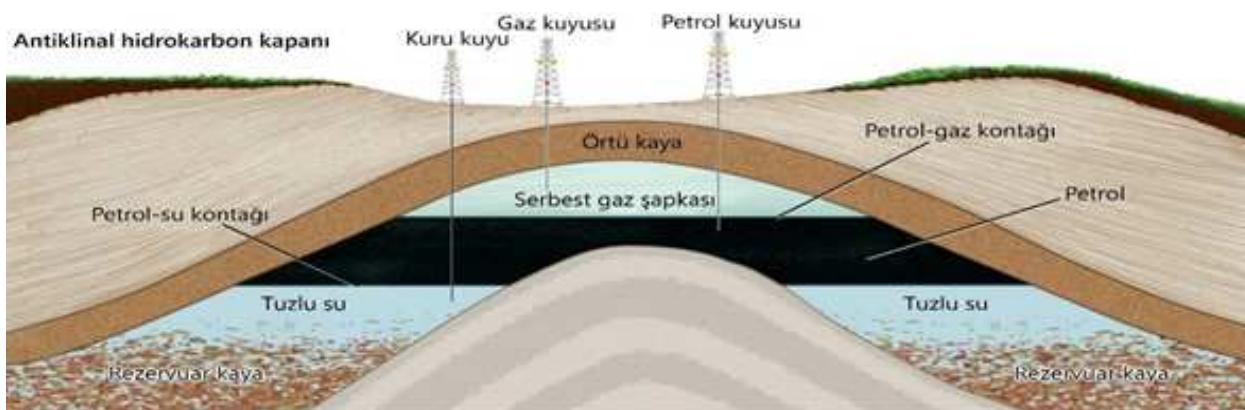


Görsel 7.12: Doğal gaz depolama tesisi

9.7.3. PETROL VE DOĞAL GAZIN OLUŞUM SÜRECİ

7.3.1. Petrolün Oluşum Süreci

Petrolün oluşumu ve kökeni ile ilgili, henüz kesin olarak kabul edilmiş bir bilgi yoktur. Ancak iki farklı görüş, petrol oluşumunu organik ve inorganik kökenlere bağlayarak açıklamaya çalışmıştır. Bugün pek çok bilim adamı petrolün kökenini organik bir oluşum sürecine bağlayan görüşü kabul etmektedir (Şekil 7.14).



Şekil 7.14: Petrol ve doğal gazın oluşumu

1. Organik Kökenli Oluşum Teorisi

Organik kökenli oluşum teorisine göre; petrolün kökenini oluşturan organik maddeler, denizel bitki ve hayvanlardan türeyebileceğ gibi karasal canlı kökenlide olabilmektedir. Deniz veya bataklık alanlarında biriken bitkisel ve hayvansal atıkları oluşturan bu canlılar; deniz kökenli olanları genellikle alglerden, karasal kökenlileri ise genellikle otsu ve ağaçlı bitkilerden türemektedirler.

Teorinin esasını ise üç ana nokta oluşturur. Bunlar:

- Sedimentler içerisinde, bitkisel ve hayvansal kökenli çok miktarda organik maddenin bulunması.
- Petrol içerisinde "porphyrin" adı verilen organik maddenin bulunması. Ayrıca, petrollerin çoğunda, organik kökenli olan azotun bulunması da bu görüşün dayanak noktalarından birini oluşturur.
- Petrolde optik aktivite (polarize ışık) özelliğinin bulunması. Optik aktivite özelliği veren kolestrol, bitki ve hayvanlarda bulunmaktadır.

Organik maddelerin petrol haline dönüşebilmesi için çeşitli enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Enerji kaynakları olarak; ısı ve basınç, katalitik reaksiyonlar, radyoaktif bombardıman ve bakterilerin yapmış oldukları etkileri sıralayabiliriz.

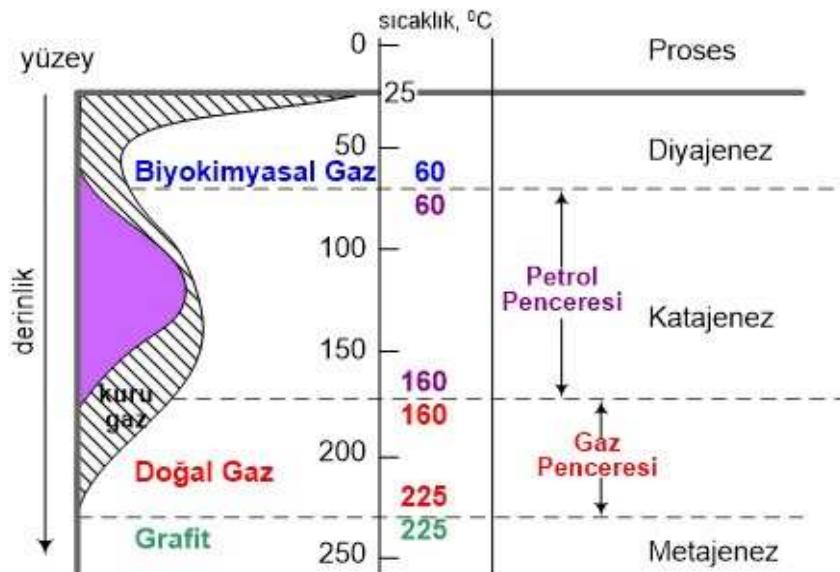
Organik maddeler çökelme havzalarında gömülünceye kadar çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olaylardan etkilenirler. Bunlar arasında en önemlisi bakterilerin etkisiyle gelişen biyokimyasal parçalanmadır. Çökel kalınlığının 10 metreyi geçtiği durumlarda bakteri etkisi azalıp sıcaklık faktörü etkili olmaya başladığında kerojen adı verilen organik maddeler ortaya çıkar. Kerojen adı verilen bu organik maddeler çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlarla transformasyona uğradıktan sonra petrol oluşumu gerçekleşir.

Organik maddelerin petrole dönüşümü üç aşama ile gerçekleşir:

Diyajenez: Genel olarak çökel kayaçların jeolojik zaman içerisinde geçirmiş oldukları fizikal, kimyasal ve biyokimyasal değişikliklerin tümüne diyajenez denir. Diyajenez olayı; yeryüzüne yakın derinliklerde, normal sıcaklık ve basınç şartlarında, sedimanter kayaçların her birinde farklı şekillerde gerçekleşir. Organik maddeler, bakteriler yardımıyla parçalanmaya ve reaksiyonlara uğramaya başladıklarında organik maddelerden metan, karbon dioksit ve su ayrılır. Geriye kalan organik madde, "kerojen" adı verilen kompleks bir hidrokarbona dönüşür. Diyajenezde sıcaklık önemli bir etkendir. Gömülme arttıkça yükselen sıcaklıklar, bakterilerin ölmelerine neden olarak reaksiyonlardaki etkilerini azaltır. Buna karşılık artan sıcaklıklar, organik reaksiyonları hızlandırarak petrol oluşumu artırır.

Katajenez : Kerojenlerin daha derinlere gömülmesi sonrasında, sıcaklığın ve basıncın artışına bağlı olarak diya-jenez sona erer ve katajenez süreci başlar. Bu süreçte, organik kökenli kerojen, parçalanarak hidrokarbonlara ayrılır. Katajenez esnasında; kerojenden önce petrol, daha sonra doğal gaz meydana gelir. Bu süreçte petrolün olgunlaşması adı verilir.

Metajenez: Gömülümenin daha derinlere inmesiyle gerçekleşen sürecin adıdır. Artık bu süreçte petrol oluşumu sona erer. Ancak 250°C 'ye kadar doğal gaz oluşumu devam eder. Metamorfizma koşullarına yakın sıcaklık ve basınç koşulları sonrasında, metanın da ayrılması ile sadece karbon kalır ve bu da grafiti oluşturur (Şekil 7.15).



Şekil 7.15: Petrol ve doğal gaz oluşum evreleri

Petrolün organik malzemelerden meydana geldiği görüşünü savunanlar, organik maddenin nasıl ve hangi yollarlardan petrol haline dönüştüğü konusunda da tam bir fikir birliği içerisinde değildir. En yaygın görüşlerin ortak noktasına göre organik maddelerin petrole dönüşmesinde etkin olan faktörler sunlardır:

- **İşı faktörü:** Petrol oluşumunda en önemli faktördür. Organik maddenin kerojene dönüştürülmesi için ısısal parçalanma gerekmektedir. Kerojenin şeyllerin ve kaynak kayadaki katı organik maddelerin (pirobitüm) sıvı ve gaz haldeki hidrokarbonlara ayrılabilmesi için 350° – 400°C ısı gerekmektedir.
 - **Basınç faktörü:** Petrol oluşumunda basıncın rolü halen tartışılmakta olup genel kanı, basıncın petrol türümüne katkısının çok az olduğu yönündedir. Organik maddenin petrole dönüşmesinde ısı ve basınç veya yalnız basınç, bir dönüşüm faktörü olarak sayılmaktadır.
 - **Katalitik reaksiyonlar:** Katalizörler, kimyasal reaksiyonları başlatır veya hızlandırır, fakat kendileri reaksiyonu katılmaz. Doğada katalizör olarak bilinen vanadyum, molibden ve nikel; petrol içerisinde bulunmaktadır. Ayrıca kıl mineralleri de katalizör olarak önemli bir rol oynamaktadır.
 - **Radyoaktif bombardıman:** Yer kabuğu tabakaları içerisinde yaygın olarak bulunan radyoaktif mineraller, organik maddenin değişimi ve petrole dönüşümünde etkilidir. Radyoaktif bombalama, kimyasal tepkimelere ısı kaynağı olur.



• **Bakteri etkileri:** Bir çökelim ortamında başlıca aerobik, anaerobik ve metanojenik bakteriler bulunmaktadır. Hidrokarbon oluşumunda anaerobik bakteriler etkilidir. Bazı araştırmacılar, bakterilerin organik maddeleri tamamen petrole dönüştürdüğü görüşünü savunurken bazıları ise ilk organik maddeyi petrole benzetecek kadar hafif değişiklikler yaptığı görüşündedirler. Buna göre bakterilerin petrol oluşumu üzerindeki etkileri şunlardır:

1. Bakterilerin serbest bırakıldığı karbonik asit ve organik asitler, karbonatları eriterek gözenekli ortamların oluşmasını sağlayıp petrolün kaçmasına neden olur.
2. Bakterilerin çıkardığı karbondioksit, viskoziteyi azaltarak petrolün hareketine yardımcı olur.
3. Yerli bakterilerin oluşturduğu karbondioksit, bir iç gaz basıncı oluşturarak petrolü iter.
4. Bazı bakteriler, yüzeyde etkin maddeler oluşturarak petrolü katı yüzeylerden korur.

• **Jeolojik zaman süresi:** Zaman, organik maddenin bozuşmasında sıcaklığından sonra en etkili faktördür. Zaman artışına paralel olarak türeyen hidrokarbon da doğal olarak artar. Ancak jeolojik zaman yeterli sıcaklık ve gömülme olmaksızın petrol oluşumunda çok fazla etkin değildir.

2. İnorganik Kökenli Oluşum Teorisı

Petrol oluşumunda inorganik bir madde olan hidrojenin rolü, inorganik oluşum teorisinin esasını oluşturur. Laboratuvar ortamında metan, etan ve benzen hidrokarbonlarının yapılabilmesi üzerine petrolün inorganik kökenli olabileceğini savunan bu görüş, genellikle kimyagerler tarafından ortaya atılmıştır. İnorganik teorilerde, yerin derinliklerindeki kimyasal reaksiyonlar başta olmak üzere, volkanik faaliyetler ve Yer'in soğuması (kozmik) gibi olayların petrol oluşumu üzerinde etkili olduğu savunulmaktadır. Bugün önemini tamamen kaybeden bu görüşün dayanak noktaları oldukça zayıftır.



Okuma Parçası

Dinozidlara Karşı Petrol

Günümüzden yaklaşık 65 milyon yıl önce, dinozorları yeryüzünden silen olay Meksikalılar'a yaramış gibi görünüyor. Meksika Körfezi'nde, Yukatan'a düşen bir göktaşı, dünya ikliminde önemli değişimlere yol açmış, bu dev sürüngenleri ortadan kaldırmıştı. Ancak, Meksika'nın petrol gelirinde bu göktaşının önemli payı olduğu ortaya çıktı. Günde 1,2 milyon varil petrolün çıkarıldığı Cantarell bölgesi, Meksikanın en önemli petrol kaynağı. Buradaki petrolün kaynağı yaklaşık 150 milyon yıl öncesinin organik çökeltilerine dayanıyor. Göktaşı, Canterall'in yaklaşık 350 km uzaklığındaki sıç sulara düştüğünde, çok büyük tsunamilere yol açarak, bu çökeltilerin üzerinden yaklaşık 300 metre kalınlıkta kireç taşıyla örtülmüşe yol açmış. Daha sonra, göktaşının çarpmasıyla fışkırttığı madde bunun üzerine çökmüş. 0 zamandan bugüne kadar geçen sürede, birtakım kimyasal tepkimelerne, kireç taşı, magnezyumca zengin, daha gözenekli bir yapıya sahip olan dolomite dönüşmüştür. Yeraltındaki basınç ve sıcaklık yardımıyla, burada bulunan organik madde, yaklaşık 15 milyon yıl önce petrol yataklarını oluşturmuştur. Çarpışmanın yararıyla oluşan petrol yatakları, ülkenin petrol üretiminin yaklaşık üçte birini oluşturuyor. Ayrıca, bu bölgede, çok daha fazla petrol bulunduğu sanılıyor.



Görsel 7.13: Dinozor

7.3.2. Doğal Gazın Oluşum Süreci

Doğal gazın bileşimi, hem olduğu organik materyalin tipi hem de olduğu zamanki diyajenetik ve katajenetik serideki zamana bağlıdır. Diyajenezin başlangıç safhasında, bakteriyel aktivite ile biyojenik gaz oluşmaya başlar. Katajenezin başlangıç safhası süresince çok az miktarda gaz üretilirken metajenez evresinde doğal gaz oluşumu gerçekleşir (Şekil 7.16).



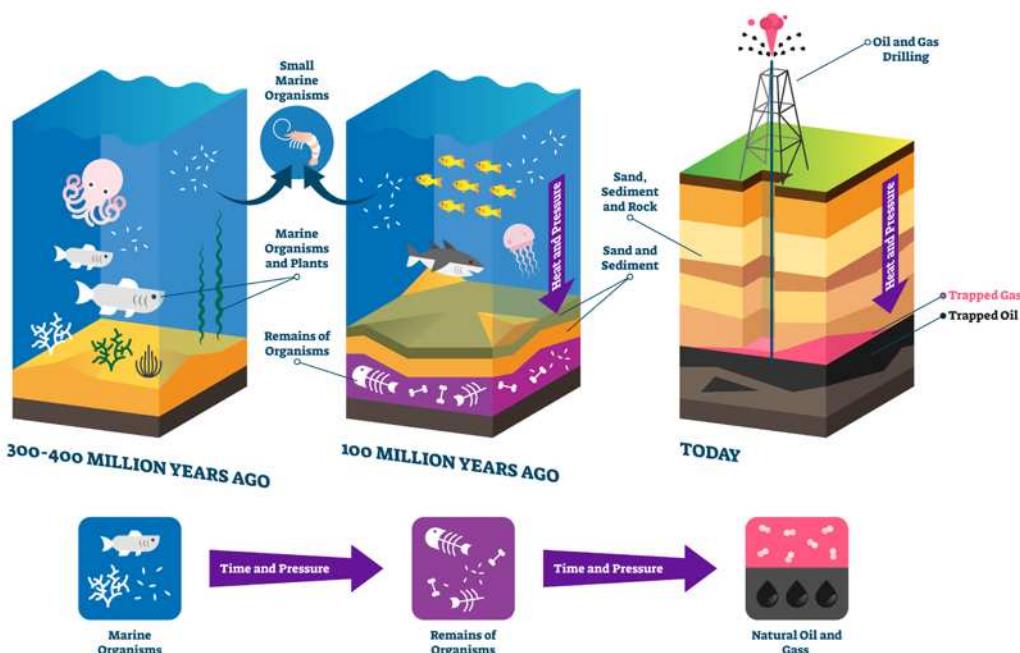
Doğal gaz oluşumu ile ilgili de pek çok görüş ortaya atılmıştır. Bu görüşler:

1. Bazı anaerobik bakteriler, sig derinliklerde ve düşük sıcaklıkta metabolik ürün olarak metan üretir. Doğal gazlara ait pek çok yatak, kısmen de olsa, biyojenik metandan oluşmaktadır.
2. Doğal gaz, doğrudan doğruya kerojenden ısisal parçalanma yoluyla üretilebilir. Metan üreten tepkimelerin bitüm üreten tepkimelerden daha fazla enerjiye ihtiyacı vardır, onun için gaz bitüm oluştuktan sonra üretilir.
3. Doğal gaz, bitüm ya da petrolün yer altında ısisal parçalanmasıyla oluşabilir. Bu dönüşüm, fazla miktarda enerjiye ihtiyaç duyar. Dünyada pek çok gaz rezervi, petrolün yerinde parçalanmasıyla üretilir.

7.3.3. Petrolün ve Doğal Gazın Oluşum Ortamı

Tüm teorilerin ortak noktası, petrolün olduğu ortamın oksijensiz bir ortam olması gereği yönündedir. Sedimanlar (çökel) içinde var olan pirit ve porphyrine adı verilen organikler, oksijenin bulunduğu yerlerde görülmeye imkânsız maddelerdir.

Deniz suyunun oksijensiz olabilmesi için ya çok derin ya da hareketsiz olması gerekmektedir. Petrol bulunan gökkellerin litolojik incelemeleri, bunların sig denizlerde çökeldiklerini göstermektedir. Açık denizlerle ilgisi kesilen, derin olmayan sig sulardaki hareketsiz ortam; buharlaşma nedeniyle tuz oranının artmasına sebep olurken artan tuz oranı, denizde yaşayan canlıların toplu halde ölürek tabanda toplanmasına sebep olmuştur. Sonraları bu organizma kalıntıları, tabandaki çamur içinde çürüyerek siyah renkli "sapropel"leri oluştururken bakterilerin etkisiyle sapropellerden "protopetrol" yani ilkel petrol meydana gelmiştir (Şekil 7.17). Petrolün ve doğal gazın oluşumuna en uygun kayaç türleri ise bakteri etkisine en müsait olan killi şist (şeyl) ve marnlardır. Bunun yanı sıra bol miktarda organizma içeren kalkerler de uygun olup petrol ana taşı olarak kabul edilmektedir.



Şekil 7.17: Petrol ve doğal gaz oluşumu



ETKİNLİK

Hidrojen sülfür gazi (H_2S), ham petrol ve doğal gaz sektöründe ölümcül tehlikelerden biri olarak bilinmektedir. Bu gaz, petrol çıkarmak için delinen jeolojik katmanlardaki kükürt ihtiva eden organik maddelerin ayrışmaları esnasında oluşur.

Aşağıda verilen görselde işçilerin hidrojen sülfür gazının yaratabileceği olumsuz etkilere karşı tedbirler alarak çalışmaları görülmektedir. Görseli inceleyerek soruları yanıtlayınız.

1. Çalışma sırasında oksijen tüpü kullanmayan işçilerin karşılaşacağı olumsuzluklar nelerdir?
2. Kişisel koruyucu donanımın kullanılmadığı durumlarda yaşanan iş kazalarının doğuracağı sonuçlar nelerdir?
3. Görseldeki işçiler yaşanabilecek iş kazalarından etkilenmemek için hangi tedbirlere başvurmuşlardır?



Görsel 7.14: Petrol İşçileri

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Petrol oluşumuna en uygun kayaç türleri kayaç grubunda yer alır.
2. Bakteriler, organik maddeleri hidrokarbonlara dönüştürerek gazının ortaya çıkışını sağlar
3. Aromatlar, hidrokarbonlardır.
4. Petrolün akıcılığını ölçen değere denir.
5. Ham petrol ve doğal gazın ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için bunlara denir.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

6. Aşağıdaki cümlelerden hangisi jeoloji biliminin insan ve doğa üzerindeki etkisine örnek olamaz?

- a) Jeoloji bilgisi, bireye sentezi bir bakış açısı kazandırır.
- b) Çevresinde geçmişin izlerini görebilen bireylerde merak duygusunu geliştirerek doğa sevgisini artırır.
- c) Ülkenin sahip olduğu yer altı ve yer üstü zenginlikleriyle tanışan bireylerde vatan sevgisini artırır.
- d) Bireylerin yeniliklere ve değişime açık bireyler haline gelmesini sağlar.
- e) Jeoloji biliminin gelişimi ile birlikte çevre kirliliğinde önemli azalmalar görülmüştür.

7. Aşağıdaki cümlelerden hangisi petrolün tarihçesine ait olamaz?

- a) Antik Mısır'da, ölülerin mumyalanmasında kullanılmıştır.
- b) Çin'de, tuz üretmek amacıyla ısıtmada kullanılmıştır.
- c) Antik Yunan'da gaz yağı olarak kullanılmıştır.
- d) İran'da, savaş sırasında düşmana karşı kullanılmıştır.
- e) Antik Mezopotamya'da, evlerin harçlarında ve çatılarında kullanılmıştır.

8. Aşağıdakilerden hangisi petrolün fiziksel özelliklerinden biridir?

- a) Doymuş hidrokarbon yapısı
- b) Viskozite
- c) Zincirli molekül dizilimi
- d) Moleküllerinin çift bağlanması
- e) Aromatlardan oluşması

9. Aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

- a) Doğal gaz yakmak atmosfere zarar vermez.
- b) Doğal gaz yenilenebilir bir kaynaktır.
- c) Petrolü depolamak ve taşımak çok kolaydır.
- d) Doğal gazın rezervleri sınırsızdır.
- e) Petrol çıkışma maliyeti oldukça ucuzdur.



10. "Petrol ısıtılmak suretiyle rafine edildiğinde birçok petrol ürünü elde edilir." Buna göre aşağıdaki ürünlerden hangisi en yüksek sıcaklıkta oluşan ürünlerden biridir?

- a) Eter b) Benzin c) Gaz yağı d) Jet yakıtı e) Kok kömürü

11. "Petrolün oluşum kökeni ile ilgili pek çok farklı görüş ileri sürülmüştür." Aşağıdaki cümlelerden hangisi bunun nedenlerinden biri değildir?

- a) Petrolün içerisinde bulunan inorganik maddelerin laboratuvar ortamında üretilebilmesi
b) Petrolün içerisinde bitkisel ve hayvansal kökenli çok miktarda organik maddenin bulunması
c) Petrol içerisinde "porphyrin" adı verilen organik maddenin bulunması
d) Petrolün ısıtılması ile çok sayıda ürün elde edilmesi
e) Petrolde optik aktivite özelliğinin bulunması

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

12. Petrolün fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi daha çok hangi alanlarda yarar sağlar?

.....
.....
.....

13. Petrolün oluşum sürecinde etkili olan evrelerin hangisinde petrol oluşumu sona erer?

.....
.....
.....

14. Ülkemizin jeolojik özellikleri düşünüldüğünde petrol oluşumunun daha çok hangi alanlarda yoğunlaştığını söyleyebilirsiniz?

.....
.....
.....

15. Tarih boyunca petrol ve türevlerinden yararlanan insanoğlu, küresel anlamda petrol kirliliğinden korunma amacıyla hangi tedbirleri almalıdır?

.....
.....
.....

16. Bakterilerin petrol oluşumu üzerinde etkisi daha çok hangi süreçte etkilidir?

.....
.....
.....

Öğrenme Birimi 7 : Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 7'de edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Petrol kavramını açıklayabilirim.			
Doğal gaz kavramını açıklayabilirim.			
Petrolün ve doğal gazın fiziksel özelliklerini söyleyebilirim.			
Petrolün ve doğal gazın kimyasal özelliklerini söyleyebilirim.			
Petrol ve doğal gazın oluşum süreci hakkında bilgi verebilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç: 9– 10 puan : Çok iyi 7 – 8 puan : İyi 5 – 6 puan : Orta 3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.) 0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 8

Petrol Sistemi ve Bu Sistemin Temel Bileşenleri

KONULAR

- Petrol sistemi
- Petrolün oluşum mekanizması
- Kaynak kaya, rezervuar ve örtü kaya çeşitleri

AMAÇLAR

- Bir petrol sistemi hakkında bilgi edinebilmek
- Petrolün oluşum mekanizması ve türüm-göç ilişkisi hakkında bilgiler edinmek
- Kaynak kaya, rezervuar, örtü kaya ve çeşitlerini ifade edebilmek



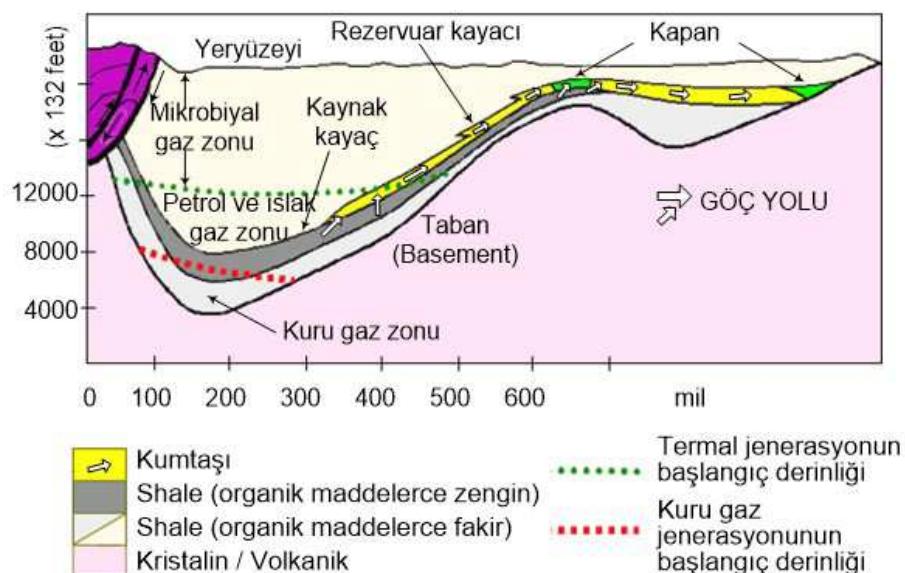
9.8.1. PETROL SİSTEMİ

Hazırlık Çalışmaları

1. Petrol sistemini bilmek petrol aramalarında faydalı mı? Araştırınız.
2. Kayaçların petrole ilişkisi var mıdır? Araştırınız.
3. Sistem, antiklinal, proses, sediman, permeabilite, porozite, formasyon, rezervuar, transformasyon, reaksiyon, alg, hidrokarbon, şeyl kelimelerinin sözlük anımlarını bulup defterinize yazınız.

8.1.1. Petrol Sistemleri

Keşfedilmiş veya keşfedilmemiş petrol yataklarındaki her türlü sızıntı ve birikintilerinin incelenmesine **petrol sistemleri** denir (Şekil 8.1). Petrol sistemi, birbirinden bağımsız temel elementleri ve prosesleri inceler.



Şekil 8.1: Bir petrol sisteminin profili

Petrol Sistemi Temel Prosesleri

- 1. Jenerasyon:** Kaynak kayaçların ve organik maddelerin petrole dönüşmesi için yeterli derecede sıcaklık ve basınç düzeneğine kadar yerin altına gömülmesi olmalıdır.
- 2. Göç:** Ana kaya içerisinde meydana gelen petrol, jeolojik zaman içerisinde üstüne yığılan yeni tabakaların basıncı ve yer kabuğundaki hareketlerin etkisiyle beraber sıkışarak daha bol gözenegi bulunan tabakalara doğru haret etmektedir. Pek çok fiziksel ve kimyasal olayın da rol oynadığı bu harekete göç denmektedir.
- 3. Birikme:** Bir kapan içine giren petrol hacminin kapan sızıntısından daha büyük miktarlarda dolup birikmesidir.
- 4. Kapanlama:** Yer altında petrol ve gazın toplandığı ve tutulduğu yerlere kapan denir. Kapanlar, petrolün göçerek son olarak yerleştiği ve hareket edemeyecek şekilde sıkıştığı yerdır.

Petrol sistemi temel elementleri dört ana başlık altında toplanır: **Kaynak kayaç**, **Rezervuar kayaç**, **Örtü (seal) kayaç**, ve **Örtü tabaka**.



Bunları Biliyor Muydunuz?

Petrolün rengi her zaman siyah olmaz. Petrol, yeşilden siyaha kadar değişen tonlarda olabilen koyu bir renge sahiptir. Petrol; rengini yapısında bulunan hidrojen ve karbon bileşiklerinden (hidrokarbonlar), azot, kükürt, oksijen, su, silisyum, demir, alüminyum benzeri elementlerden alır.



Okuma Parçası

Suyun Üzerindeki Petrol Kalıntıları Neden Gökkuşağı Renklerinde Görünür?

Motorlu araçlar nedeniyle asfalt yolların üzerinde az miktarda da olsa petrol içerikli maddeler bulunur. Bu maddeler yağmur yağdığını zaman su ile karışır.



Petrol içerikli maddeler suyun içinde homojen bir şekilde dağılmaz. Ayrıca yoğunlukları suyundan daha düşük olduğu için suyla karışıklarında suyun yüzeyinde kalırlar. Petrol içerikli maddeler suyla karışlığında suyun yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturarak yayılır. Bu tabakanın kalınlığı birkaç mikrometre yani saç teli kalınlığında olabilir.

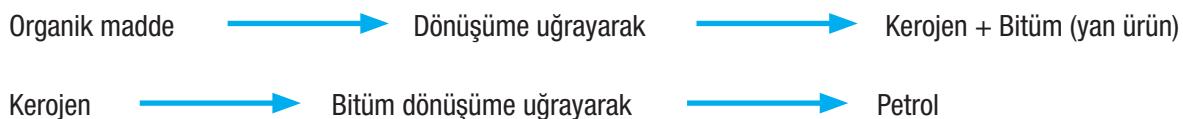
Işık havanın, petrolün ve suyun içinde farklı hızlarda hareket eder. Bu nedenle bir ortamdan diğer ortama geçerken ışığın hareket doğrultusu değişimdir. Suyun yüzeyindeki petrol tabakasına çarptığında ışığın bir kısmı yansır. Bir kısmı ise bu tabakanın içinden geçer. Ancak petrol ve su birbiri ile karışmadığı için petrol ve su arasında bir sınır vardır. Petrol tabakasının içinden geçen ışığın bir kısmı da bu ara yüzeyden yansır. Petrol tabakasının üst kısmından ve petrol-su ara yüzeyinden yansyan ışınlar farklı yollar izler. Eğer petrol tabakasının kalınlığı gelen ışığın dalga boyuyla kıyaslanabilir ölçüte ise ışınlar birbirlerini güçlendirerek ya da sökümlendirecek biçimde çakışabilir. Petrol tabakasının kalınlığındaki küçük değişimler ve farklı dalga boyalarındaki ışınların bir ortamdan diğerine geçerken farklı açılarda kırılması nedeniyle, ışınların birbirlerini güçlendirme ve sökümlendirme şekilleri de değişimdir. Bu nedenle petrol tabakasının yüzeyinde gökkuşağı renkleriinin oluşmasının sebebi de bu durumdur.

9.8.2. PETROLÜN OLUŞUM MEKANİZMASI

8.2.1. Jenerasyon

Kaynak kayaçların ve organik maddelerin petrole dönüşmesi için yerin altında yeterli derecede ısı ve basıncı maruz kalıp gömülümesidir.

Organik madde, yerin derinliklerine gömülmeye başladığında dönüşüm (transformasyon) reaksiyonları da başlar. Reaksiyon ilerleyışı aşağıdaki gibi gösterilebilir.



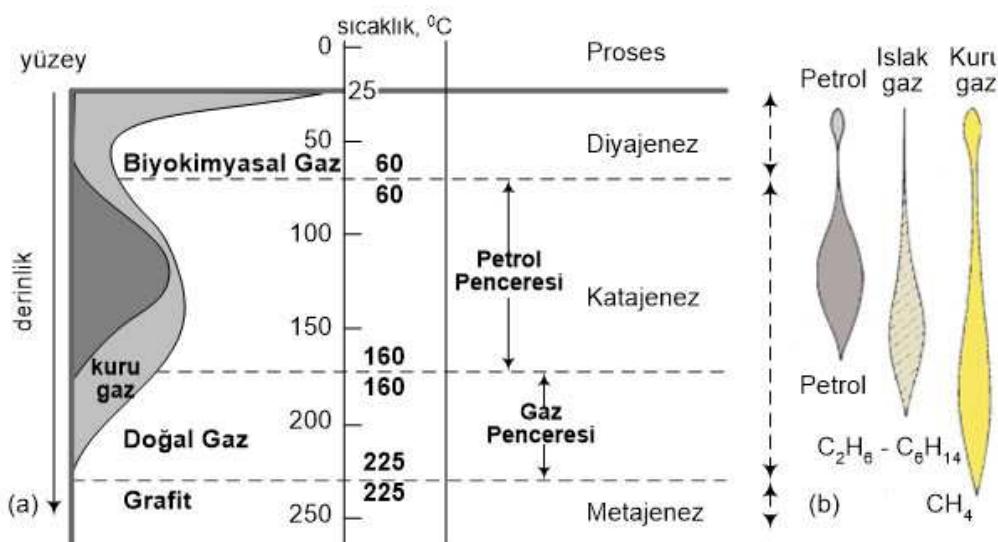
Kerojen: Kerojen, tortul kayaçlar içerisinde bulunan büyük molekül ağırlıklı ve karmaşık yapılı organik bileşiklerdir. En önemli özelliği, petrolün oluştuğu organik madde olmasıdır. Organik maddenin ısı ile petrole dönüşmesine türüm denir. Kerojenlerin organik maddeler içermesinden ve kimyasal yapılarından dolayı çeşitli tipleri vardır. Bu tipler şunlardır:

I.Tip: Alg kökenlidir. Göllerde ve denizlerde oluşur. Petrol oluşum oranı yüksektir.

II.Tip: Spor (türün çoğalması), polenler, hayvansal ve karasal bitki parçaları içerebilir. Petrol ve gaz üretilir.

III.Tip: Karasal bitkilerden oluşmakta, yüksek oranda gaz ve kömür üretebilmektedir.

Organik maddelerden hidrokarbonların dönüşümü üç önemli evrede gerçekleşir: Diyajenez, katajenez ve meta-jenez (Şekil 8.2).



Şekil 8.2: Jenerasyon prosesinde derinlik-sıcaklık ilişkisi

Diyajenez (Oluşum): Yeryüzüne yakın derinliklerde, normal sıcaklık ve basınç altında gerçekleşir. Bu süreçte sıcaklık arttıkça organik maddelerin reaksiyonları artacağı için biyojenik parçalanmalar meydana gelecek ve petrol oluşumu hızlanacaktır. Daha sonraki süreçte, biyojenik reaksiyonlar durup inorganik reaksiyonların hızlanmasıyla beraber kalan su, karbondioksit ve metan atılarak kerojen meydana gelecektir.

Katajenez (Parçalanma): Kerojenin daha derinlere gömülüerek artan sıcaklık ve basıncın etkisiyle organik kerojenlerin hidrokarbonlara dönüştüğü parçalanma sürecini içerir.



Metajenez (Başkalaşım): Yüksek sıcaklıklar ve basınçlarda meydana gelen bir başkalaşım aşamasıdır. Sediman fazının en son safhasıdır. Burada sıcaklık ve basınç, yüksek değerlere ulaşır. Ayrıca, mineraller yoğun şekilde magma ve hidrotermal etkilere maruz kalmaktadır.

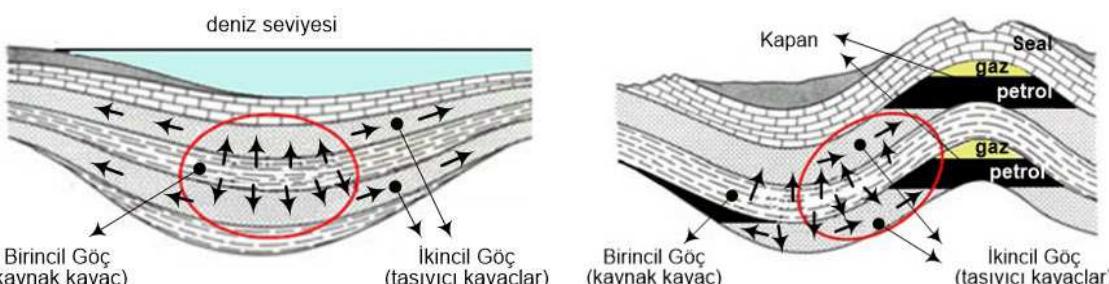
8.2.2. Göç

Ana kaya içerisinde meydana gelen petrol, jeolojik zaman içerisinde, üstüne yiğilan yeni tabakaların basıncı ve yer kabuğundaki hareketlerin etkisiyle beraber sıkışarak daha bol gözeneği bulunan tabakalara doğru harekete geçmektedir. Pek çok fizikal ve kimyasal olayın da rol oynadığı bu harekete **göç** denmektedir.

Göçü tetikleyen basınç ve yoğunluktur. Hidrokarbonlar, engellerle karşılaşmadığı sürece yukarı doğru, daha düşük basınçlı katmanlara doğru akar. Petrol ve doğal gazın yoğunluğu, kayaca ve suya göre daha az olduğundan göçü kolaylaştırır.

Petrolün gözenekli ve geçirimli kaynak kayaçtan daha gözenekli hazne kayaca göç etmesine **birincil göç** denir. Hazne kayaçta göç devam etmektedir.

Petrol, fizikal ve kimyasal değişkenlere bağlı olarak su ve basınçla beraber yana ve yukarı doğru hareket eder. Kırıklı ve gözenekli kayaçlar içerisindeki bu göçe de **ikincil göç** denir. Göç; taşıyıcı tabakanın eğimi, sürekliliği, fay ve çatıtlar etkilemektedir.



Şekil 8.3: Birincil ve ikincil göç yolları

8.2.3. Birikme

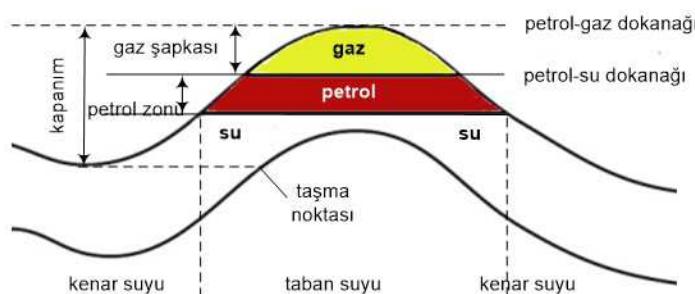
Bir kapan içine giren petrol, hacminin kapan sıvılarından daha büyük miktarlarda dolup birikmesidir.

Petrolün birikmesi için üç faktörün bir araya gelmesi gereklidir:

1. Porozitesi ve geçirgenliği yüksek olan hazne kayaç
2. Porozitesi, geçirgenliği düşük; sıvıları önlüyor ortu kayaç
3. İlave kapanlama etkisi yapan ortu tabakası

8.2.4. Kapanlama

Yer altında petrol ve gazın toplandığı ve tutulduğu yerlere **kapan** denir. Kapanlar, petrolün göçerek son olarak yerleştiği ve hareket edemeyecek şekilde sıkıştığı yerdır. En basit kapan bir antiklinaldır. Antiklinaller bir kaynak kayacının yakınında yer alması halinde, o alanda petrol ve doğal gaz bulma olasılığı yüksektir.



Şekil 8.4: Bir antiklinal kapanının şematik görünümü

9.8.3. KAYNAK KAYA, REZERVUAR VE ÖRTÜ KAYA ÇEŞİTLERİ

8.3.1. Kaynak Kaya (Ana Kaya)

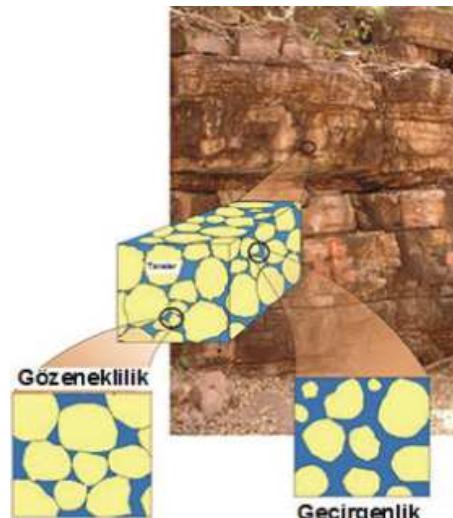
Yeterli bir jeolojik zamandan sonra petrol oluşabilen, organik madde yönünden zengin kayaçlardır. Bu kayaçların oluşabilmesi, yeterli derinliklere kadar gömülebilmesi için yaklaşık 300 milyon yıldan fazla zaman geçmesi gerekmektedir. Kaynak kayaç, organik madde içeren çökel bir kayaçtır. Bu organik maddeler, yerin altında **ısı** ve **basıncı** maruz kalarak petrole dönüşmektedir.

8.3.2. Hazne Kaya (Rezervuar Kaya)

Petrolün yerleşmiş olduğu kayaya **hazne kaya** denir. Hazne kayaçlar; genelde kum taşı, kireç taşı ve mermerden oluşmaktadır. Hazne kayacın geçirimli (permeabilitesi) ve gözenekli (porozite) olması, bu kayaçta boşlukların ve çatlakların bulunması bu kayacı önemli kılmaktadır (Şekil 8.5). Porozitesi yüksek olan her kayaç, iyi bir rezervuar kaya olmayabilir. Örneğin sünger taşının porozitesi yüksek olmasına rağmen geçirgenliği iyi olmadığı için iyi bir rezervuar kayacı değildir.

Hazne kaya, yeryüzünün 500–700 metre altında bulunur. Kaynak kayaçtan oluşan ham petrolün bir yakalayıcı tarafından yakalanıp depolanması gerekmektedir. Bu yakalama görevini hazne kaya üstlenmektedir. Hazne kaya, göç eden ham petrolü yakalayıp sünger gibi emerek bu depolamayı yapmaktadır.

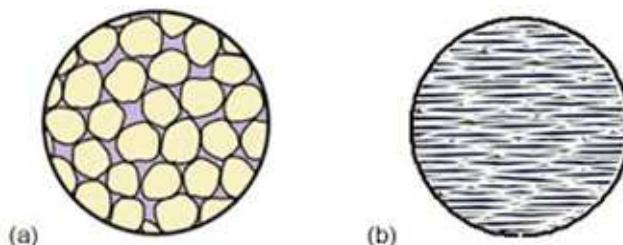
Hazne kayadaki petrolü verimli bir şekilde çıkarmak için, hazne kayadaki basıncı sürekli artırmak gerekmektedir. Bunu artırmak için; gaz (doğal veya yapay gaz olabilir), deniz suyu, formasyon suyu, özel deterjanlar kuyuya enjekte edilebilir. Petrol, hazne kayadaki sondaj kuyusundan yeryüzüne gelemiyorsa kuyu dibinde pompaları veya atkafası pompaları kullanılır.



Şekil 8.5: Kayalarda gözeneklilik ve geçirgenlik kavramları

8.3.3. Örtü Kaya (Seal Kaya)

Rezervuarda depollanmış olan petrol veya gazın korunabilmesi için üzerinde geçirimsiz kayaçlar olmalıdır. Rezervuar üzerinde bulunan bu kayaçlar, petrol ve doğal gazın hareketini engeller. Rezervuar kayaç ve kapanların içinde bulunan petrol ve doğal gazın kaçmasını önleyen geçirimsiz, su ve hava geçirmez ince taneli kayaçlardır. Şeyl, kireç taşı, kum taşı, tuz tabakaları veya kıl taşı en yaygın olan örtü kayaçlarıdır (Şekil 8.6).



Şekil 8.6: (a) Rezervuar kayaç, (b) Örtü kayaç örnekleri



8.3.4. Örtü Tabakası (Overburden)

Örtü tabakası, örtü kayaçlar ve rezervuar oluşumlar üzerine aşırı yük uygulayan tabakalı malzemeler bölgesidir. Bu malzemeler ve malzemelerin bulunduğu bölgeler; toprak, kıl, kum, şeyl, kaya parçaları, nehirler, göller ve tuzlu su havuzlarıdır.



ETKİNLİK

Aşağıdaki metni okuyup metin ile ilgili soruları cevaplayınız. Cevaplarınızı arkadaşlarınızla paylaşıp tartışınız.

Elektrikli Araçların Petrol Yakıtlı Araçlardan Farkı Nedir?

Dıştan bakıldığından bir otomobilin elektrikli mi yoksa petrol yakıtlı mı olduğunu anlayamayabilirsiniz. Çünkü görünüşleri arasındaki tek fark elektrikli araçlarda egzoz borusunun olmayacağıdır. Ayrıca elektrikli araçlar petrol yakıtlı araçlara göre çok daha sessizdir. Ancak elektrikli ve petrol yakıtlı araçların çalışma mekanizmaları birbirinden çok farklıdır.

Elektrikli araçlar elektrik enerjisini depolandığı bataryalardan enerji alır. Petrol yakıtlı araçların enerji kaynağı ise benzin, dizel ve LPG (sivilleştirilmiş petrol gazı) gibi fosil yakıtlardır. Elektrikli araçlarda elektrik enerjisini hareket enerjisine dönüştürmen elektrikli motorlar, petrol yakıtlı araçlarda içten yanmalı motorlar kullanılır.

Elektrikli araçlarda motorlar dairesel hareket oluşturur. Bu sayede elektrikli motorun oluşturduğu hareket doğrudan tekerleklerde aktarılabilir. İçten yanmalı motorlarda ise pistonların doğrusal hareketi farklı sistemler kullanılarak dairesel harekete dönüştürülür.

Elektrikli motorların dönmeye hızı 0–18.000 rpm (dakikadaki dönmeye sayısı) arasında değişir ve elektrikli motorlar farklı dönmeye hızlarında yüksek verimlilikle güç üretebilir. İçten yanmalı motorlar ise belli bir hız aralığında –çoğunlukla yüksek hızlarda– maksimum güç üretir. Bu nedenle içten yanmalı motorlu araçlarda motor tarafından üretilen gücün tekerleklerde verimli bir şekilde aktarılması için şanzıman sisteme ihtiyaç vardır. Elektrikli motor kullanan araçlarda ise bataryalardan sağlanan enerji kontrol edilerek motorun hızı ve oluşturduğu tork değiştirilir.

Yakit olarak petrol kullanan araçlarda, fren balatalarının fren disklerini sıkıştırması ile tekerleklerin dolayısıyla aracın yavaşlaması sağlanır. Bu sırada aracın kinetik enerjisi ısı enerjisine dönüşerek kaybedilir. Elektrikli araçlarda ise motor araç yavaşlarken jeneratör gibi görev yapar ve aracın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek bataryalarda depolanır. Bu fren sistemi aracın tam olarak durması için değil yavaşlaması için kullanılan bir sistemdir. Aracın tam olarak durması için ise fren diskleri ve balatasından oluşan klasik fren sistemi kullanılır.

İçten yanmalı motor kullanan araçlar çok sayıda karmaşık sisteme ihtiyaç duyulduğu için elektrikli araçlara göre daha ağırdır. İçten yanmalı motorlu araçlarda hareketli yüzlerce parça varken, elektrik motorlu araçlarda hareketli birkaç parça vardır. Bu nedenle içten yanmalı motorlu araçların bakım ve tamir maliyetleri elektrikli araçlara göre çok yüksektir.

1. “Elektrikli araçların üretiminin artması, zorunlu bir ihtiyaçtır.” düşüncesine katılıyor musunuz?
2. Petrolün yakın zamanda tükenme olasılığı, elektrikli araçların üretilmesinde etkili olabilir mi?
3. Elektrikli araçlarla içten yanmalı araçları maliyet açısından karşılaştırınız.



Araştırma

Petrolün kullanım alanlarını ve petrol ürünlerinin neler olduğunu araştırınız. Elde ettiğiniz bilgilerden yola çıkarak 4 grup oluşturup posterler hazırlayınız. Araştırmalarınız doğrultusunda petrolsız bir hayatın sonuçlarının neler olabileceğini grup şeklinde tartışınız.

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Kaynak kayalar yönünden zengindir.
2. Petrolün yerleşmiş olduğu kayaya denir.
3. I. Tip kerojenler ve oluşur.
4. Kerojenin parçalanma sürecine denir.
5. Petrolün gözenekli ve geçirimli kaynak kayaçtan daha gözenekli hazne kayaca göç etmesine denir.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

6. Petrolün göç ilişkisinde son olarak yerlesītiği ve hareket edemeyecek şekilde sıkıştığı yere ne denir?

- a) Kaynak kaya
- b) Birikme
- c) Örtü tabakası
- d) Örtü kaya
- e) Kapan

7. Petrol göçünü tetikleyen en önemli unsur aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Basınç–yükseklik
- b) Basınç–kütle
- c) Basınç–zaman
- d) Basınç–yoğunluk
- e) Basınç–sıcaklık

8. Karasal bitkilerden oluşan, yüksek oranda gaz ve kömür üretebilen kerojen tipi aşağıdakilerden hangisidir?

- a) I. Tip
- b) II. Tip
- c) III. Tip
- d) IV. Tip
- e) V. Tip



9. Aşağıdakilerden hangileri petrolün birikme yapabilmesi için gerekli olan unsurlardır?

I. Örtü kayaç II. Örtü tabakası III. Hazne kayaç IV. Sünger taşı

- a) I ve II b) I-II-III-IV c) I ve III d) II-III-IV e) I-II-III

10. Kerojenin daha derinlere gömülmerek artan sıcaklık ve basıncın etkisiyle organik kerojenlerin hidrokarbonlara dönüştüğü parçalanma sürecine ne denir?

- a) Diyajenez
b) Katajenez
c) Metajenez
d) Göç
e) Birikme

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

11. Kerojen nasıl oluşmuştur?

.....
.....
.....

12. Petrolün birincil ile ikincil göçü arasındaki farkı nedir?

.....
.....
.....

13. Rezervuar kayada genelde hangi kayaç türleri vardır?

.....
.....
.....

14. Kapan nedir? Açıklayınız.

.....
.....
.....

15. Petrolün birikmesi için gerekli olan faktörleri yazınız?

.....
.....
.....

Öğrenme Birimi 8 : Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 8'de edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçenekleri işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Petrol sistemini açıklayabilirim.			
Mineral cins ve türlerinin tespit edilme yöntemlerini ifade edebilirim.			
Petrol oluşum mekanizmasını ifade edebilirim.			
Türüm–göç ilişkisini ifade edebilirim.			
Kaynak kaya, rezervuar kaya, ve örtü kaya çeşitlerini açıklayabilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç: 9– 10 puan : Çok iyi 7 – 8 puan : İyi 5 – 6 puan : Orta 3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.) 0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 9

Petrol Havzaları ve Havza Çeşitleri

KONULAR

- Petrol havzaları, havza çeşitleri ve havza oluşumu
- Petrol oluşum mekanizması ve havza ilişkisi
- Petrol havzalarının dünya üzerindeki dağılımları ve çeşitleri

AMAÇLAR

- Petrol havzaları, havza çeşitleri ile havza oluşum mekanizmasını ifade edebilmek
- Petrol oluşum mekanizması ve havza ilişkisi hakkında bilgiler edinmek
- Petrol havzalarının dünya üzerindeki dağılım ve çeşitlerini ifade edebilmek



9.9.1. PETROL HAVZALARI, HAVZA ÇEŞİTLERİ VE HAVZA OLUŞUMU

Hazırlık Çalışmaları

- Ülkemizin gelecekte petrol zengini bir ülke olabilmesi için gerekli koşullara sahip olup olmadığını araştırıp sınıfta tartışınız.
- Ayfer öğretmen “Petrol arama çalışmalarının başlatılabilmesi için ilk olarak bölgede sedimenter havza bulunması gereklidir” diyerek sedimenter havzaların hangi özelliğine dikkat çekmek istemiştir? Fikirlerinizi sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.
- Petrol havzası, Petrol provensi, Levha Tektoniği Kuramı, Kraton, Ghawar kavramlarının anlamlarını bularak defterinize yazınız.

9.1.1. Petrol Havzası Kavramı

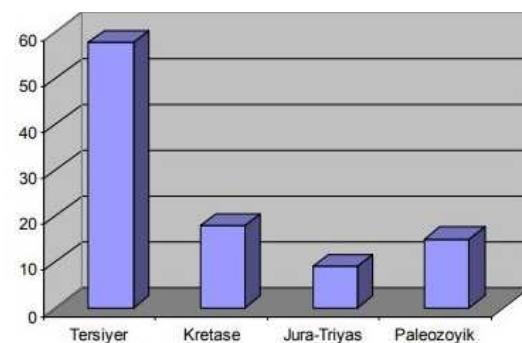
Petrol yataklarının tamamının organik malzemelerin birliği tortul ya da sedimen (çökel) havzalarda yer alıyor olması, petrolün organik kökenli bir oluşum olduğuna dair teorileri kuvvetlendirmektedir. Miktarı, türü ve kalitesi farklı olmakla beraber belirli bir jeolojik devre ait olmayan petrol; hemen her kıtada ve ülkede bulunabilmektedir. Orta Amerika (Meksika ve Karayıp Deniz'i çevresi) ve Batı Asya (Orta Doğu), zengin petrol yataklarına ev sahipliği yapmaktadır. Türkiye de yakın bir gelecekte önemli petrol sahası olabilecek bir ülke olarak görülmektedir.

Petrolün sahada bulunduğu şekli, faklı kavramla ifade edilmektedir. Eğer petrol tek bir kapan içinde bulunursa “petrol yatağı”, tek bir jeolojik özelliğe bağlı (yapışsal ve stratigrafik) olarak birkaç yatak bir arada bulunursa “petrol sahası veya havzası” adını alır. Benzer veya birbirleriyle ilişkili bir jeolojik ortamda, çeşitli jeolojik özelliklere bağlı olarak birçok petrol yatağı ve sahalarının yer aldığı çok geniş bölgeler ise “petrol provensi” adı verilir (Şekil 9.1).



Şekil 9.1: Petrol yatağı

Petrol yatakları, belli bir formasyon ya da belirli bir jeolojik devre bağlı değildir. Hemen her yaştaki rezervuar taşları içerisinde petrole rastlanmıştır. Fakat petrol kaynakları, en fazla Tersiyer (Üçüncü Zaman) tabakaları içerisinde yer alırken bunu Kretase ve Paleozoyik taşlar takip etmektedir. İçinde bulunduğumuz Dördüncü Zaman'da ise hazne şeklinde petrol bulunmamaktadır (Şekil 9.2).



Şekil 9.2: Jeolojik yaşlara göre petrol dağılımı



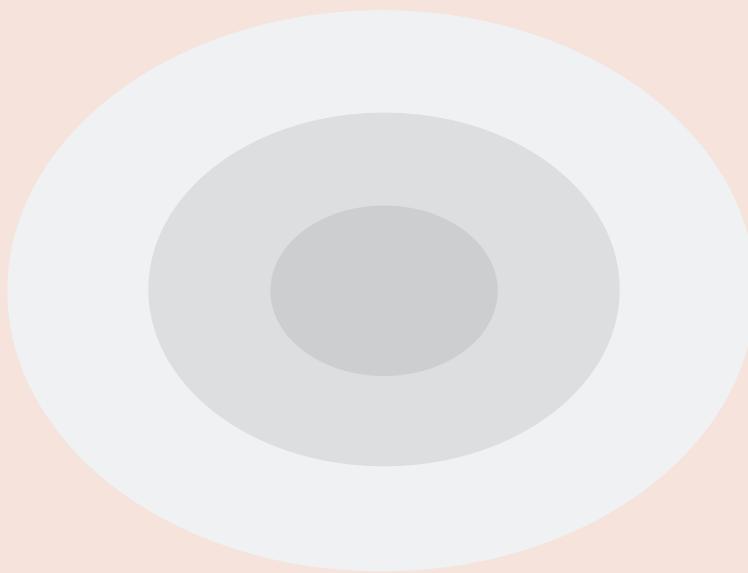
Dikkat: Tersiyer tabakaları içerisinde fazla miktarda petrolün bulunmuş nedenleri arasında; tortul tabakaların kalınlığı, metamorfizma geçirmemiş olmaları, permeabilitelarının (geçirgenlik) yüksekliği ve erozyonla çok az aşınmış olmaları etkili olmuştur.



ETKİNLİK

Ülkemizde yer alan Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Arabistan levhasının bir uzantısı olarak önemli petrol rezervine sahip alanlardan biridir. Burada işletmeye açılan Raman petrolleri ile ülkemiz petrol ihtiyacının bir kısmı karşılanmaktadır.

Yukarıda verilen bilgiler göz önünde bulundurulduğunda petrol provens, petrol havza ve petrol yatağı kavramlarına ait olan coğrafi yerlerin adını tespit ederek şekil üzerinde yazarak gösteriniz.



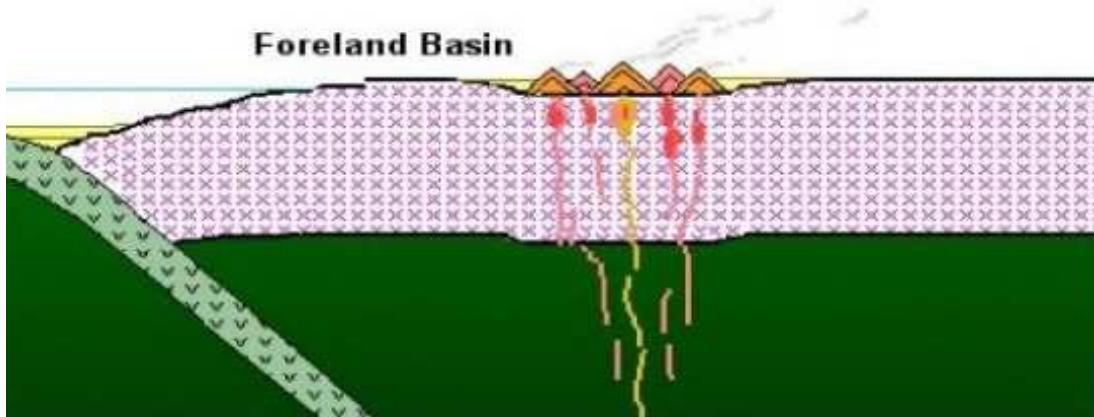
9.1.2. Havza Çeşitleri ve Oluşumu

Petrol yataklarının yaygın olarak bulunduğu sedimen alanları, petrol sahası olarak adlandırılır. Kalın çökellerin birliği bu alanlarda, ekonomik değeri yüksek hidrokarbon birikimlerinin olabilmesi için bazı koşulların yerine gelmesi gerekmektedir. Bu koşullar; uygun kayaçların bir istif şeklinde jeolojik zaman boyunca çökelip birikmesi, bu istif içerisinde yüksek oranda organik madde içeren kayaçların (kaynak kayaç) bulunması ve artan sıcaklık ve basınç altında bu kayaçların bünyelerindeki organik maddelerin hidrokarbonlara dönüşmesidir. Petrolü içerisinde bulunduran bu çökel kayalar, geçirimsiz kayalarla örtülü ya da çevrelenmiş olmalıdır.

- **Havza Çeşitleri ve Oluşumu:**

Dünyada bilinen ve üretimi yapılan petrol ve gaz sahaları, bölgesel tektonik olaylardan önemli oranda etkilenmiştir. Levha hareketlerinin etkili olduğu bu sedimen alanları, petrol yataklarının da yoğun olduğu alanlardır. Büyük petrol havzaları olan bu sahaların %75'i orojenik kuşakta yer almaktadır.

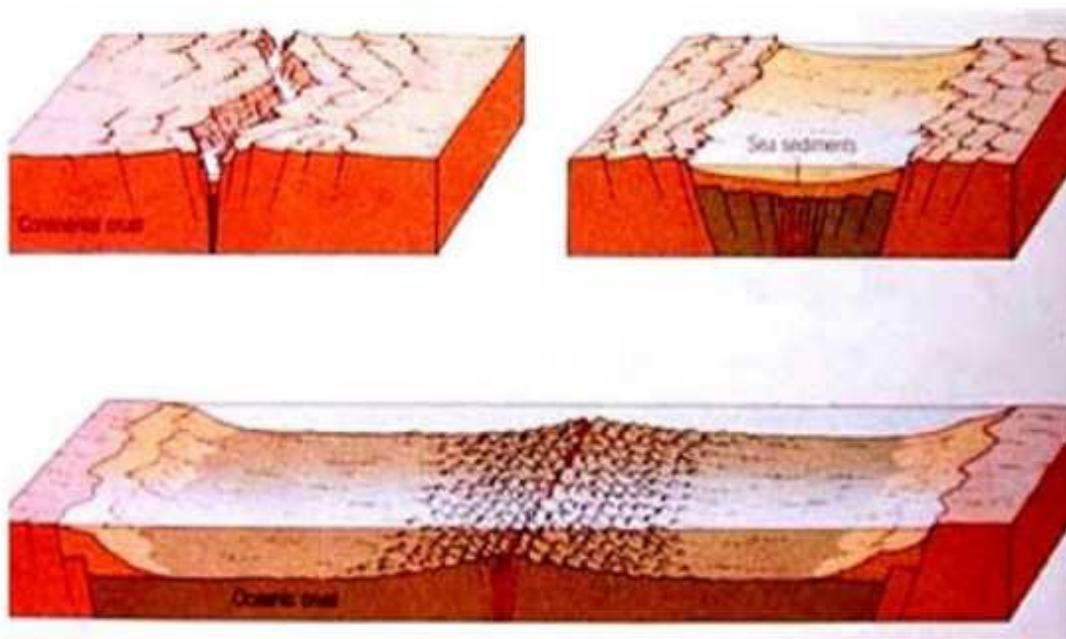
Ön çukur (Fore deep) havzalar: Kırımlı sıradaglar ile eski stabil kıta parçaları arasında bulunan sedimentasyon havza yataklarıdır. Oluşumunda levha çarpışmalarının etkili olduğu bu alanlar, petrol yataklarının oluşumuna son derece müsait şartlar taşır. Kalın denizel seriler, gevşek ve az deform olmuş tortul tabakaları bünyelerinde bulunduran bu alanlar; bilinen en önemli petrol sahalarıdır (Şekil 9.3).



Şekil 9.3: Ön ülke havza oluşumu

Büyük jeosenklinallerin kıyı bölgeleri, petrol için en umutlu alanlardır. Dünya petrollerinin çoğu, Alp Orijenezi ile şekillenmiş antiklinal kapanlardan elde edilmektedir. Örnek: Orta Doğu, Romanya, Güneydoğu Anadolu Bölgesi.

Pasif kıta kenar havzaları: Kıta ile okyanus kabuk sınırının aynı levha içerisinde yer aldığı alanlarda oluşan havza tipidir. Oluşumunda levhaların birbirinden uzaklaşma hareketi ile ortaya çıkan yeni okyanus kabuğu eklenmesi etkili olmuştur (Şekil 9.4).



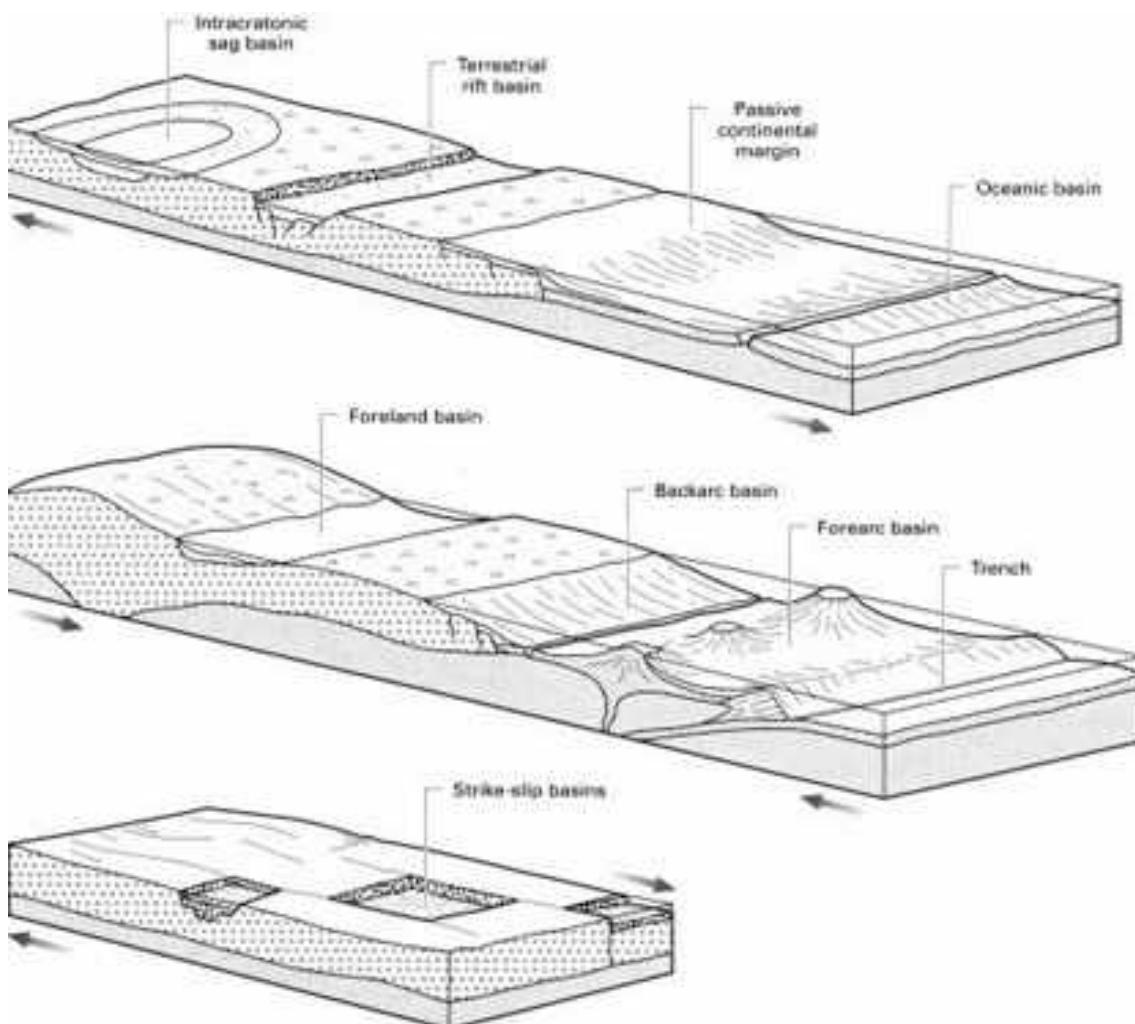
Şekil 9.4: Iraksayan (diverjan) kenar havzalar

Pasif bir kıta kenarında en önemli jeolojik işlevlerden biri sedimentasyondur. Bu sedimentasyon, organik ve inorganik bir kaynaktan beslenir. Kıta sahanlıklarının iç kısımlarında, egemen çökel tipi kırıntılı çökellerdir. Petrol yönünden pasif kenar havzalarının çoğunluğu orta bir zenginlik gösterir.



Pozitif kratonik havzalar: Levha içlerinde, duraylı alanlarda gelişen çökel havzalarıdır. Uzun bir jeolojik dönemde, yavaş yavaş meydana gelen çökme (sübsidans) ile oluşur. Bu yapıların en önemlileri ise temeldeki horst ve graben yapılarıdır. Genellikle derin deniz çökeller bulunmaz. Başlıca çökeller: siyah şeyller, karbonatlar ve evapritlerdir. Yaygın rezervuar kaya içerirler. Ana kaya açısından fazla zengin değildir. Denizel karbonatlar bakımından zengin havzalarda daha çok ana kaya gelişimi vardır. Stratigrafik kapanlar ise yaygındır. Örnek: Paris havzası, Sahara havzası ve Batı Libya'dır.

Sonuç olarak petrolün esas oluşumu, daha çok tortulaşma havzalarında meydana gelirken migrasyonu ve hazne-de toplanması ise strüktür havzaları ve tektonik deformasyonlara bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 9.5).



Şekil 9.5: Genişleyen havza tipi



Araştırma

Ülkemizde son dönemlerde hız kazanan petrol arama çalışmalarının Karadeniz ve Akdeniz havzalarında yoğunlaşmış olma sebepleri, daha çok bu bölgelerin hangi özellikleri ile açıklanabilir? Araştırip elde ettiğiniz bulguları arkadaşlarınızla paylaşınız.

9.9.2. PETROL OLUŞUM MEKANİZMASI VE HAVZA İLİŞKİSİ

9.2.1. Sedimenter Havza Oluşumunun Petrolü Oluşturma Aşamaları

Genellikle denizel, seyrek olarak da karasal çökeller içerisinde bulunan petrolün oluşum mekanizmasına ait tüm süreçlerin gerçekleştiği sedimentter havzalar, petrol jeolojisinde son derece önemli bir yere sahiptir. Uzun jeolojik süreçler sonucunda meydana gelen sedimentasyon; çökme (sübsidans) ve mineral transformasyon gibi değişikliklerin sonucunda ana kaya, rezervuar, örtü kaya gelişir ve organik madde petrole dönüşür (Hem ana kaya hem hazne kaya hem de örtü kaya sedimentter formasyonlardandır.).

Petrolün organik kökenli bir oluşuma dayandırılması, organik maddelerin depolandığı sedimen sahaların incelenmesini gündeme getirmiştir. Petrol jeologlarının en çok ilgi duydukları bu sahalar; paleotopoğrafya, hidrodinamik, biyodinamik ve iklim özellikleri bakımından incelenerek petrolün de oluşum mekanizması açıklanmaya çalışılmıştır.

Kaynak kaya (Ana kaya): Anaerobik bir ortamda çökelmiş çamur taşı, kil taşı gibi; ince taneli, organik madde-lerce zengin kayaçlara petrolün ana kayacı denir (Görsel 9.1,2).



Görsel 9.1: Çamur taşı



Görsel 9.2: Kil taşı

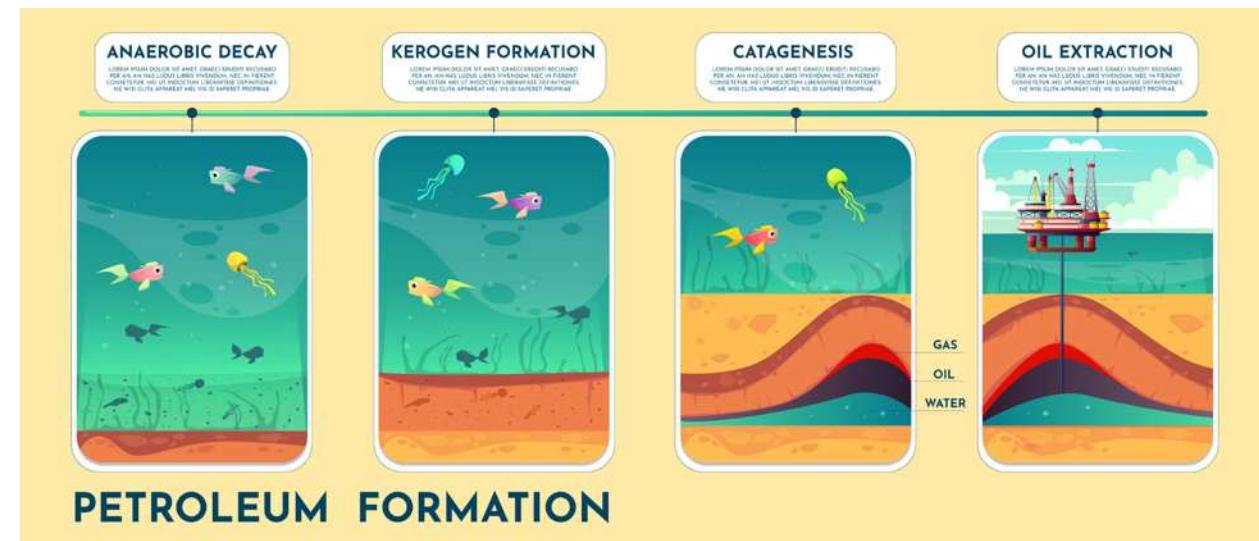
Dünyadaki büyük petrol provesleri ile sedimanter fosfat provensleri birbirleriyle çakışık durumdadır. Ana kayacın yaygın olarak çökeldiği ve dolayısıyla petrolün oluştuğu en önemli ortamlar şunlardır:

- Plankton bakımından zengin, denizel ortamındaki killi kayaç
- Koloni şeklinde yaşayan canlılarca zengin, resifal ortamındaki karbonatlı kayaçlar
- Plankton ve bitki kıvrıntılarında zengin, deltaik ortamındaki humuslu killi kayaç

Petrolün kökeninin ağırlıklı olarak denizel organizmalara dayandırılması, denizel karakterli sedimanları ön planda çıkarmıştır. Engelli havzalar ve açık deniz ortamları, genellikle kalın tabakalı karbonat ve şeyllerin depolandığı alanlardır. Organik madde bakımından zengin siyah şeyller de ana kaya potansiyelleri açısından petrol jeolojisinde ayrı bir öneme sahiptir.

Olgunlaşma: Hidrokarbonların oluşumu kaynak kayaçların gömülme derinlikleri ile ilişkilidir. Gömülü birimler içe-risinde, artan sıcaklık ve basınç nedeniyle mineral transformasyonları gelişir. Çökelmenin devam ettiği durumlarda, daha alttaki organik maddenin yer altında gömülmeye başlamasıyla dönüşüm reaksiyonları da başlar (Şekil 9.6).

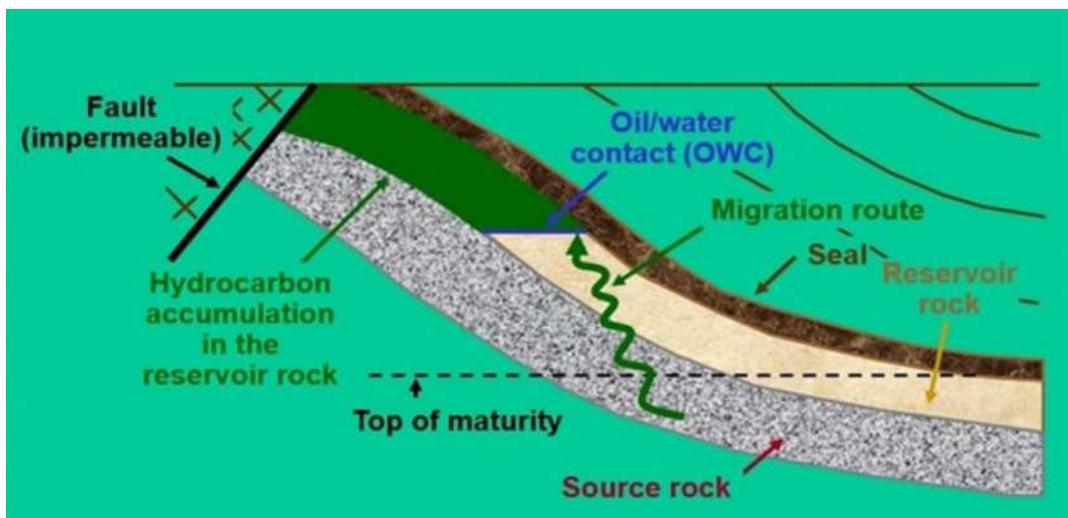




Şekil 9.6: Petrol oluşumu

Hızlı gerçekleşen çökelme ile basınç artarken oksijen ve bakteri etkisi azalarak organik madde daha iyi korunur. Yavaş çökelme ise eğer yüksek enerjili bir ortamda ise burada organik madde birikmez, ancak rezervuar kaya gelişebilir. Diyajenez ve katajenez, tortul tabakaların gömülme hızlarına bağlı olarak ortaya çıkış kaynak kayaçtaki kerojenin kimyasal reaksiyonlar sonucu petrol ve gaza dönüşmesini sağlar. Yeryüzüne yakın derinliklerde, normal sıcaklık ve basınç değerlerine yakın düzeylerde gerçekleşen, diyanez sonrasında ortaya çıkan kerojen; gömülmenin artmasıyla birlikte hidrokarbonlara dönüşür. Katajenez sürecinin erken dönemlerinde, yaklaşık 3 km derinliklere ulaşıldığından bu seviye; petrol oluşumunun ana zonunu meydana getirir. Derinliğin artmasıyla birlikte artık kaynak kayaçlar aşırı olgun hale gelir ve petrol oluşur. Metajenez evresi ile katı haldeki kayaçlar, yüksek sıcaklık ve basınçın etkisiyle metamorfizmaya uğrar. Organik madde, bu evrede aşırı olgundur ve ancak antrasit veya metan halinde korunabilir.

Göç (Migrasyon): Olgunlaşma sonucu meydana gelen petrol ve gaz oluştugu yerde kalmaz; yer yüzeyine, gözenekli ortamlara doğru hareket eder. Petrolün ana kayadan hazne kayaya doğru bu hareketine göç denir (Şekil 9.7).



Şekil 9.7: Petrol göçü

Petrolün göç etmesi ve hazne kayada (rezervuar) birikmesi sonucunda petrol yatakları oluşur. Böylece uzun jeolojik zamanlar boyunca çökmeye meyilli kalın sedimanların birliği alanlarda petrol yataklarının dağılışı gözlemlenir.

Birikme: Kaynak kayaçta oluşan petrol, bir yakalayıcı oluşum tarafından depolanmadıkça kullanıma alınmaz. Petrolün birikebilmesi için, gözenekliliği (porozite) ve geçirimliliği (permeabilitesi) yüksek bir hazne kayaya (rezer-vuar) ihtiyaç vardır. Bu özellikleri taşıyan en önemli kayaçlar, sediman kayaçlar içerisinde bulunan kum taşı ve kireç taşıdır (Görsel 9.3,4).



Görsel 9.3: Kum taşı



Görsel 9.4: Kireç taşı

Kapanlanma: Ekonomik boyutta üretilen bir rezervuarda petrolün birikebilmesi için gerekli koşullardan biri, petrolün rezervuar kayaçtan yukarıya doğru tekrar göç etmesini engellemektir. Bu görevi sağlayan örtü kayaçlar, kapan oluşumu için en önemli unsurdur. Örtü kayaç ile yukarı doğru olan hareketi engellenen petrol, bu defa yanlara doğru göçe zorlanacaktır. Bu yanal hareketin de önlenmesi sağlayan örtü kayaçta meydana gelen kıvrım, faylanma ve fasiyes gibi unsurlar; kapanımı sağlayarak petrolün yüzeye çıkmasına engel olur. Genel olarak kil, kil taşı, tuz, anhidrit, jips, marn ve bentonit gibi sedimenter kayaçlar; geçirimsiz özellikleriyle iyi birer örtü kayacıdır (Görsel 9.5.6).



Görsel 9.5: Anhidrit



Görsel 9.6: Marn

Dünyada işletilen petrol yataklarının çoğu örtü kayacı, kil taşı veya killi formasyonlardan oluşmuştur.

Dikkat: Petrolün en fazla Tersiyer yaşındaki formasyonlarda bulunmasının da en önemli etkenler; formasyonların çoğunlukla denizel sedimanlar olması, örtü tabakalarının sağlam olması ve içinde birçok petrol kapanı bulundurmasıdır.



9.9.3. PETROL HAVZALARININ DÜNYA ÜZERİNDEKİ DAĞILIMLARI VE ÇEŞİTLERİ

9.3.1. Dünyadaki Petrol Yataklarının Sınıflandırılması

Petrol yataklarının dünya üzerindeki dağılışı, eşit şekilde bir dağılım göstermez. Bazı bölgeler; zengin petrol yataklarına sahipken, bazı bölgeler ise nispeten daha az petrol yatağına sahiptir. Dünya üzerinde yaklaşık 150 ülkede ise hiç petrol yatağına rastlanılmamıştır. Bu düzensiz dağılışın temel nedeni, tabakaların oluşma veya kırılma özellikleriyle bağlantılıdır. Dünyanın petrol ve gaz aranabilecek başlıca sedimenter basen sayısının yaklaşık 650'yi bulduğu tahmin edilmektedir. Büyük petrol ve gaz yatakları, bu az sayıdaki sediman basenlerde veya 6 km'den daha az derinliklere sahip klasik petrol bölgelerinde yer almaktadır. Bunların arasından yaklaşık 160'i petrol üretmiş ve sadece 26'sı önemli üreticiler arasına girebilmiştir. Petrol üreten önemli alanların 7'si (Suudi Arabistan, İran, Rusya, Libya, Kuveyt, ABD ve Venezuela), biliinen toplam petrolün yüzde 65'inden fazlasını oluşturmaktadır. Keşfedilmiş en büyük rezerve sahip petrol yatağı ise Suudi Arabistan'da bulunan **Ghawar** petrol yatağıdır. Devasa Ghawar yatağından bütün dünya petrolünün %6'sından daha fazla üretim yapılmaktadır.

Petrol alanlarına daha geniş bir şekilde bakıldığındá ise petrol yataklarını, birinci ve ikinci derecede önemli petrol yatakları olarak sınıflandırmak da mümkündür:

1. Ortadoğu– Doğu Akdeniz, Kızıldeniz, Karadeniz, Hazar Denizi ve İran (Basra Körfezi ile çevrili bölge)
2. Meksika Körfezi ve Karayıp Denizi'nin çevrelediği bölge
3. Uzakdoğu'da Endonezya ve çevresindeki diğer alanlar
4. Kuzey Denizi çevresindeki alanlar

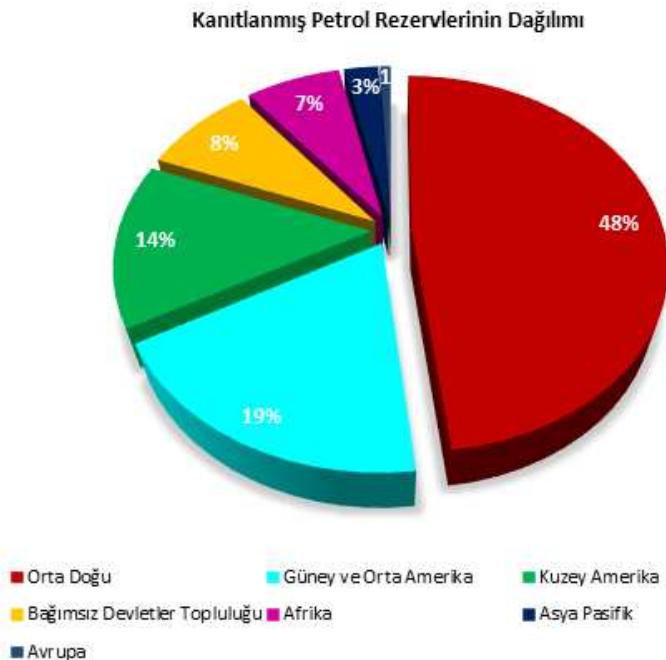
Bu bölgeler içerisinde Orta Doğu petrolleri, Meksika Körfezi ile Karayıp Denizi'ni çevresi petrolleri; birinci derece önemli zengin petrol yataklarına sahip alanlardır.

9.3.2. Petrol Havzalarının Dünya Üzerindeki Dağılımları

Dünyanın en büyük petrol rezervlerine sahip ülkeler arasında ilk sırayı Venezuela alır. Bu sırayı Orta Doğu ülkeleri arasında da ilk sırada yer alan Suudi Arabistan takip eder (Şekil 9.8). Güneydoğu Asya'daki petrol havzaları ise küçük fakat öncemsiz değillerdir. Endonezya, Myanmar, Vietnam, Yeni Gine yatakları umut vermektedir. Ayrıca yakın zamanlarda Çin'de bulunan petrol yatakları da Çin'in dünya petrol rezerv dağılımı içindeki payını önemli ölçüde artıracaktır (Şekil 9.9).



Şekil 9.8: Dünya petrol rezervleri dağılımı



Şekil 9.9: Kanıtlanmış petrol rezervlerinin dağılımı



ETKİNLİK

Petrol aramaları; bilimsel ve teknik bilgi gerektiren, plan ve program dâhilinde gerçekleşen uygulamalardır. Ülkemizde petrol arama yöntemleri konusunda bir araştırma yapınız. Elde ettiğiniz bilgiler doğrultusunda **“Petrol arama bir jeolojik sorundur.”** sözüne katılıp katılmadığınızı aşağıdaki etkinliğe katılarak cevaplayınız.

Gerekli araçlar: Kalem, karton, kâğıt bant

Süre: 1 ders saatı

Uygulama aşamaları

1. Beş ayrı kartona “Kesinlikle Katılıyorum”, “Katılıyorum”, “Kararsızım”, “Katılmıyorum” ve “Kesinlikle Katılmıyorum” şeklinde katılma durumu yazılır.
2. Bu katılma durumunu gösteren kartonlar, sınıfın duvarlarına aralıklı olarak yapıştırılır.
3. Tartışma konusunu tahtaya yazılır (**Petrol arama bir jeolojik sorundur.**).
4. Öğrencilerin tartışma konusunda hangi katılım durumuna dâhil olduğu belirlenir, ait oldukları katılma durumunun alanında toplanmaları istenir.
5. Öğrencilere “Bu grupta bulunmanın nedenini paylaşır mısın?” “Neden bu katılım durumunun altındasın?, açıklar mısın?” sorusu yöneltilir. Açıklamaları bütün sınıfın dinlemesi sağlanır.
6. Tartışmalar sırasında arkadaşlarının fikirlerinden etkilenen öğrencilerin bulunduğu gruptan başka bir gruba gidebileceğini, görüşünü değiştirebileceği belirtilir.
7. Konu, yeterince tartışılp yeni bir görüş gelmeyeceği düşünüldüğünde tartışma teşekkürle bitirilir.

Amaç: Öğrencilerde özgüven, hoşgörü, birbirine katlanma, konuşma, ikna ve değişime açıklık becerilerinin gelişimine destek olmak ve farklı görüşlere saygı duymayı örneklemektir.



9.3.3. Petrol Havza Çeşitlerinin Dünya Üzerindeki Dağılımları

1. SUUDİ ARABİSTAN

Dünya petrol üretici ülkeler arasında ilk sırada yer alan ülke, aynı zamanda Orta Doğu ülkeleri içerisinde de rezerv bütünlüğü bakımından birinci sırada yer alır. Ülkede petrol yatakları, daha çok Basra Körfezi kıyıları boyunca uzanır (Şekil 9.10).



Şekil 9.10: Suudi Arabistan petrol üretim alanları

Ülkenin ve dünyanın en büyük petrol sahası olan Ghawar, antiklinal bir yapı üzerinde yer almaktadır. Ülke petrol rezervlerinin %90'ını barındıran bölge, adeta bir petrol denizi görünümündedir.

2. İRAN

Gerek Orta Doğu'nun gerekse Dünya'nın en zengin petrol rezervlerine sahip ülkelerinden biridir. Orta Doğu'da, Suudi Arabistan'dan sonra ikinci sırada yer alır (Şekil 9.11).



Şekil 9.11 İran petrol sahaları

Ülkenin en önemli petrol yatakları Huzestan (Karun) havzasında bulunmaktadır. Havzada ülke rezervlerinin yaklaşık %80'ni yer almaktadır. Havza yatakları; Zağros Dağları'nın güneybatı eteklerinde, Tersiyer Devri antiklinal seriler içerisinde yer alır.

3. İRAK

Orta Doğu ülkeleri arasında, petrol rezervleri en zengin ülkeler arasında yer alır. Ülkedeki petrol yatakları, üç grupta incelenebilir (Şekil 9.12).

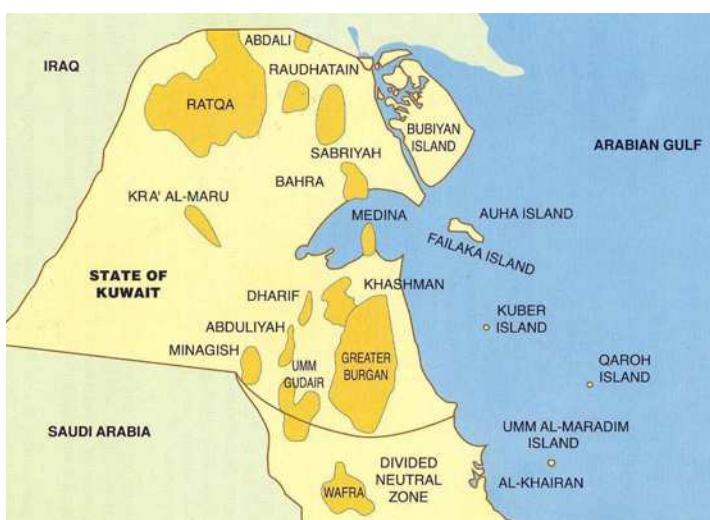


Şekil 9.12: Irak petrol sahaları

- **Kuzey Irak petrol yatakları:** Kerkük, Musul petrol yataklarının yer aldığı bu saha; genel olarak Tersiyer Devri jeolojik oluşuma ait olup kalker sedimentler içerisinde yer alır.
- **Orta Irak petrol yatakları:** İran– Irak sınırına yakın bölgede yer alan bu yataklar, çok önemli bir rezerve sahip değildir.
- **Güney Irak petrol yatakları:** Basra kentinin kuzeybatısında yer alan bu bölgede çok sayıda petrol işletme sahaları açılmıştır.

4. KUVEYT

Basra Körfezi'nde yer alan Kuveyt, dünyanın en zengin petrol ülkelerinden biridir. Yüzölçümünün küçük, nüfusunun az olması nedeniyle dünyada kişi başına düşen milli gelirin en fazla olduğu ülkedir (Şekil 9.13).



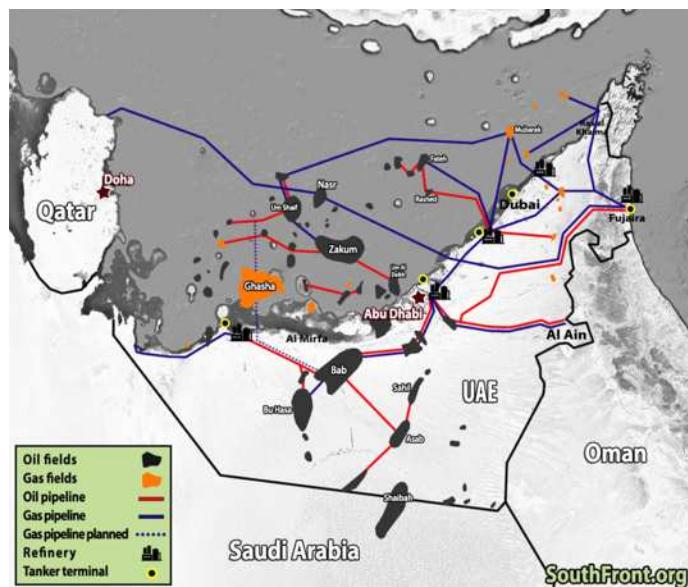
Şekil 9.13: Kuveyt petrol sahaları

Ülkenin en önemli petrol havzası olan Burgan havzası, dünyanın en büyük petrol havzalarından biridir.



5. BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ (BAE)

Basra Körfezi'nin güney kıyısı boyunca uzanan, yakın zamanda petrol zengini olan ülke; Orta Doğu'da beşinci, dünyada sekizinci sırada yer alır (Şekil 9.14).



Şekil 9.14: Birleşik Arap Emirliği petrol sahaları

6. VENEZUELA

Güney Amerika'da yer alan Venezuela, petrol rezervleri bakımından oldukça zengindir. Geniş petrol bölgeleri, ülkenin kuzey kısımlarında yer alır. En önemli petrol havzası, Maracaibo Gölü havzasıdır. Ortalama derinliği 200 metreyi aşmayan bu gölün kıyı kuşağı ile şelf sahaları ve göl tabanı derinlikleri, çok zengin petrol yataklarına sahiptir (Şekil 9.15).



Şekil 9.15: Venezuela petrol sahaları

7. MEKSİKA

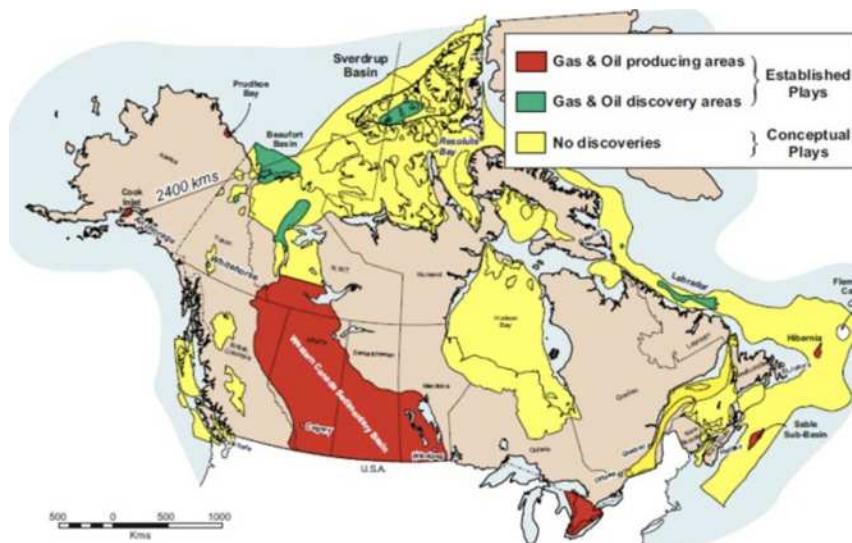
Latin Amerika ülkesi olan Meksika, petrol kaynakları bakımından zengindir. Genellikle Kretase Devri'ne ait kalker yapılı antiklinallerde yer alan petrol yatakları oldukça verimlidir. Aynı zamanda, Meksika Körfezi şelf tabanı rezervleri de ülkenin önemli petrol yatakları arasında yer alır (Şekil 9.16).



Şekil 9.16: Meksika Petrol sahaları

8. KANADA

Çok geniş bir yüz ölçüme sahip olan ülke, doğal kaynaklar bakımından da oldukça zengindir. Ülke, petrol rezervleri varlığı bakımından Venezuela ve Suudi Arabistan'da sonra üçüncü sırada yer alır (Şekil 9.17).

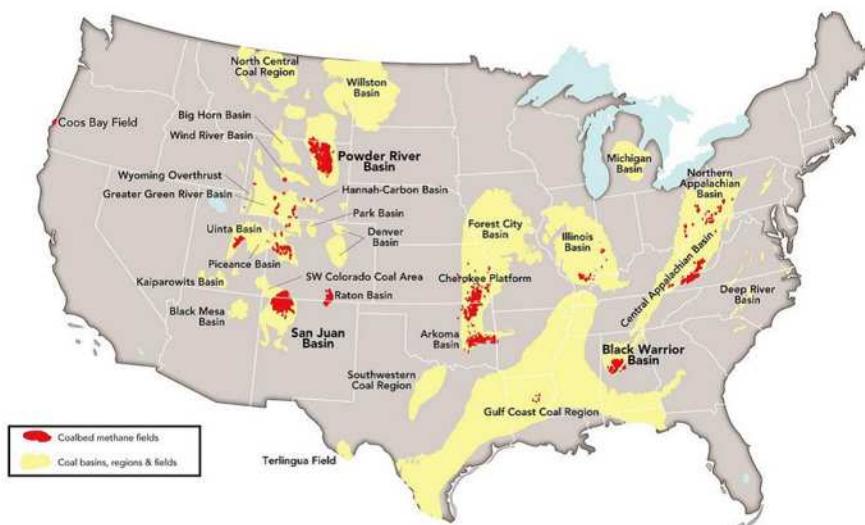


Şekil 9.17: Kanada petrol ve gaz sahaları

Ülkenin Kuzey Kutup Dairesi kuzeyinde kalan topraklarda önemli rezervler keşfedilmiştir.

9. AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ (ABD)

Ham petrol, ticari anlamada ilk kez bu ülkede çıkarılmaya başlanmış ve yeni petrokimya endüstrisi, bu ülkede kurulmuştur. Ülke petrol yatakları, coğrafi dağılış özelliklerine göre beş bölgeye ayrılmıştır (Şekil 9.18).



Şekil 9.18: ABD petrol sahaları

- Appalaş Bölgesi:** Ülkenin en eski petrol havzasıdır. Birinci Jeolojik Zaman arazisinde oluşmuştur. Petrol bulunan bölgeler, Appalaş jeosenkinal sahasına karşılık gelir.
- Orta Kita petrol yatakları:** Ülkenin en büyük petrol havzası (Teksas ve Meksika Körfezi kıyı havzaları). Birbirleriyle ilişkili olan bu dört havza, dünyanın en büyük petrol havzalarından biridir.
- Kayalık Dağları ve batısı:** Çok büyük miktarda petrol rezervi içermektedir.
- Alaska yatakları:** Üretim durumları hakkında yeterli bir bilgi bulunmamaktadır.



10. BREZİLYA

Oldukça geniş bir yüz ölçüme sahip olan ülkede, yüzölçümü orantılı bir petrol zenginliği keşfedilmemiştir (Şekil 9.19). İşletilen petrol havzalarının tamamı, Atlas Okyanusu kıyılarda yer almaktadır. Ülkenin en önemli petrol havzası São Paulo ve Poro Alegre çevresidir.



Şekil 9.19: Brezilya petrol sahaları

11. RUSYA FEDERASYONU

Petrol rezervleri ve üretim bakımından dünyanın en zengin ülkeleri arasında yer alır. Ancak Azerbaycan ve Kazakistan gibi rezervleri çok zengin olan ülkelerin Sovyet Rusya'dan ayrılmış bağımsızlıklarını kazanmaları, Rusya'nın petrol rezervlerinin küçülmesine yol açmıştır. Buna rağmen ham petrol rezervleri bakımından dünyanın en zengin ülkeleri arasında yer almaya devam etmektedir (Şekil 9.20).



Şekil 9.20: Rusya petrol yatakları

Ülkede petrol yataklarının dağılışı:

• Avrupa kesimi yatakları

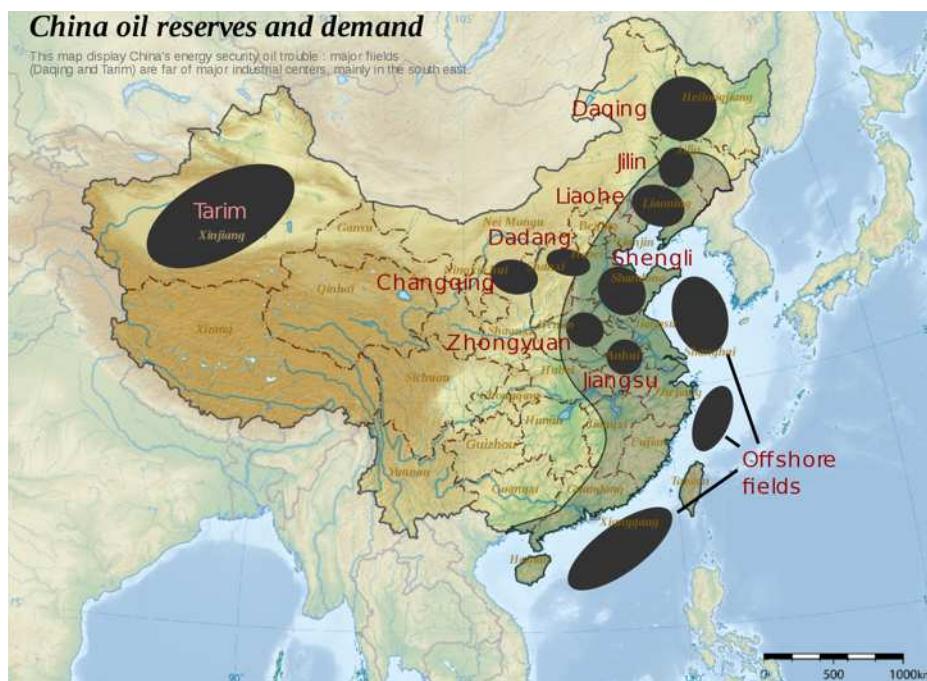
1. Kafkasya petrol yatakları: Kafkas Dağları, Büyük Kafkaslar ve Küçük Kafkaslar adıyla iki gruba ayrılır. Büyük Kafkaslar, son derece karışık bir jeolojik yapıya sahip olup jeolojik zamanlar boyunca ortaya çıkan orogenik hareketlerden etkilenmişlerdir. Küçük Kafkaslar ise ikinci Jeolojik Zaman sedimentasyon malzemesi ve volkanik malzeme tarafından oluşturulmuştur. Kafkasya'nın en büyük petrol havzaları, Büyük Kafkas Dağları'nın kuzeyindeki Tersiyer Devri depolarında rezerve olmuştur.
2. Batı Ural Bölgesi petrol yatakları: Birinci Jeolojik Zaman katmanları arasında yer alan petrol sahasının en büyük havzası Peçora havzası yataklarıdır.

• Asya kesimi yatakları: Çok zengin petrol rezervlerine sahip olan bu yataklar iki büyük gruba ayrılır.

1. Uzakdoğu yatakları: Sahalin Adası ve Kamçatka Yarımadası topraklarından çıkarılır.
2. Sibirya yatakları: Çok zengin petrol ve doğal gaz yataklarına sahiptir.

12. ÇİN HALK CUMHURİYETİ

Yeni denizel ve karasal rezervlerin keşfiyle ülke, petrol ve doğal gaz rezervleri bakımından zengin ülkeler arasına girmiştir (Şekil 9.21).



Şekil 9.21: Çin petrol sahaları

En önemli petrol yatakları arasında; Kuzey Çin havzası, Po Hai havzası, Sarı Deniz havzası, Güney Çin Denizi havzası, Tarım havzası ve Belbu havzası yer alır.

13. KAZAKİSTAN

Türk ülkeleri arasında en zengin petrol rezervlerine sahip olan ülkede, sadece karasal petrol rezervleri değil Hazar Denizi şelf sahası rezervleri de oldukça zengindir (Şekil 9.22).



Şekil 9.22: Kazakistan petrol sahaları ve boru hatları



14. AZERBAYCAN

Zengin petrol rezervlerine sahip olan ülkede, en önemli petrol yatağı Apşeron Yarımadası yataklarıdır (Şekil 9.23).



Şekil 9.23: Azerbaycan petrol ve gaz sahaları

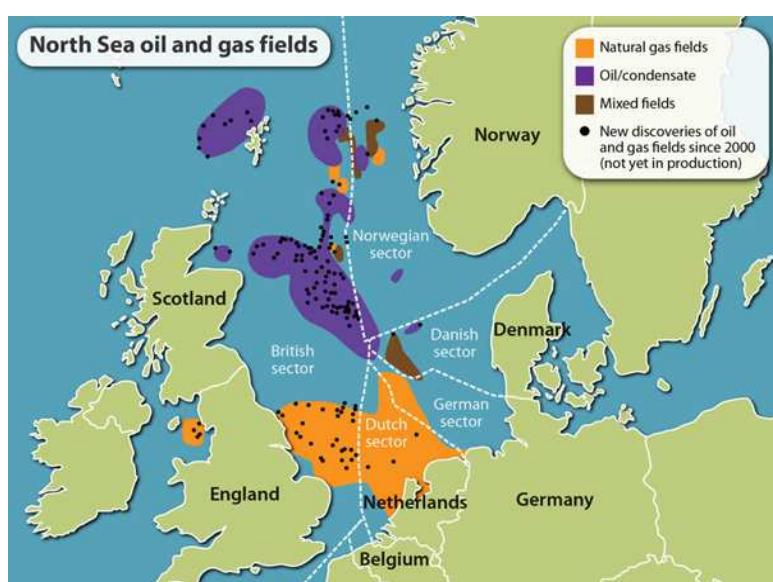
Bakü havzası adıyla da anılan bölgenin rezervleri, Hazar Denizi tabanında da devam etmektedir. Bugün Azerbaycan'ın ham petrol üretiminin %50'den fazlası, Hazar şelf sahasından elde edilmektedir.

15. NORVEÇ

Kuzey Denizi'nde yaptığı çalışmalar ile kısa bir zamanda petrol zengini olan Norveç, Avrupa'da Rusya'dan sonra en fazla petrol üreten ülkedir. Norveç, 1966 yılında keşfettiği petrol ve doğal gaz rezervlerini kurduğu petrol platformları ile Kuzey Denizi'nden elde etmektedir.

16. BÜYÜK BRİTANYA

Kuzey Denizi' petrol ve doğal gaz rezervlerinin kendi ekonomik yararlanma bölgeleri sınırları içinde kalan kısmını, üretime açarak petrol zengini bir ülke konumuna yükselmiştir. Karasal petrol ve doğal gaz rezervlerinden yoksun olan ülke, kurduğu dev deniz platformları ile Kuzey Denizi'nden petrol çıkarımına başlayarak Avrupa'nın sayılı zengin petrol ülkeleri arasına girmiştir (Şekil 9.24).



Şekil 9.24: Kuzey Deniz Norveç ve Büyük Britanya petrol ve gaz sahaları

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Dünyanın en zengin petrol ülkelerinden biri olan Kuveyt, kıyılarında yer alır.
2. Dünyanın en önemli petrol havzalarından biri olan Maracaibo Gölü havzası, ülkesinde bulunmaktadır.
3. Petrol daha çok zamanına ait tabakalar içerisinde bulunur.
4. Petrolün ana kayadan hazne kayaya doğru hareketine denir.
5. Petrol yatakları havzalarda bulunur.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

6. Aşağıda petrol ile ilgili verilen cümlelerden hangisi yanlıştır?

- a) Petrolün oluşumunda organik maddeler etkilidir.
- b) Petrol yatakları, birinci ve ikinci derece öneme sahip olabilir.
- c) Dünya petrollerinin çoğu Birinci Zaman'da oluşmuştur.
- d) Petrolün oluşumunda üç önemli evre etkilidir.
- e) Killi yapılar, petrol kapanları için elverişli kayaçlardır.

7. Büyük petrol havzalarının %75'i orojenik kuşakta yer almaktadır.

Aşağıdakilerden hangisi bu durumun nedenleri arasında gösterilemez?

- a) Petrolün oluşumunda tektonik olayların etkili olması
- b) Geniş jeosenkinal alanların varlığı
- c) Levha hareketlerinin etkili olduğu bu sedimen alanlarının varlığı
- d) Geniş çaplı metamorfizma olaylarının yaşanması
- e) Kalın tortul tabakaların varlığı

8. Aşağıdakilerden hangisi pasif kıta havza oluşumu aşamalarından biri değildir?

- a) Uzaklaşan levha hareketlerinin etkisi
- b) Kalın tortulanma alanları
- c) Yeni okyanusal kabuk eklenmesi
- d) Derin denizel çökellerin varlığı
- e) Levhaların çarpışma hareketinin etkisi



9. Aşağıdaki ülkelerden hangisi petrol rezervi bakımından önde gelir?

- a) Venezuela b) ABD c) Suudi Arabistan d) Kuveyt e) İran

10. Aşağıdakilerden hangisi Türkiye'nin Karadeniz ve Akdeniz'de petrol arama çalışmaları yürütmesinin nedenlerinden biri değildir?

- a) Petrolün daha çok denizel sedimentler içerisinde bulunuyor olması
 b) Karadeniz ve Akdeniz'in orojenik kuşak içerisinde yer olması
 c) Orta Doğu'nun zengin petrol yataklarına sahip olması
 d) Sismik araştırma ve sondaj gemilerinin varlığı
 e) Geniş jeosenkinal alanlarına karşılık gelmesi

11. Aşağıdakilerden hangisi Karadeniz ve Akdeniz'de petrol arama çalışmalarını yürüten gemilerimize Fatih, Kanuni gibi isimlerin verilmesinin nedenleri arasında gösterilemez?

- a) Karadeniz'in Fatih Sultan Mehmet zamanında Türk gölü haline gelmesi
 b) Akdeniz'in Kanuni Sultan Süleyman zamanında Türk gölü haline gelmesi.
 c) Kanuni Sultan Süleyman'ın cihan hükümdarı olması
 d) Fatih Sultan Mehmet'in İstanbul'u fetheden dünyaca ünlü bir komutan olması
 e) Fatih ve Kanuni isimlerinin halk arasında en fazla kullanılan isimler olması

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

12. Bir bölgenin petrol provens sahası olarak adlandırılabilmesi bölgenin hangi özelliği ile ilgilidir? Açıklayınız.

.....
.....

13. Petrolün oluşum sürecinde sedimen havzanın rolünü açıklayınız.

.....
.....

14. Petrol rezervi ve petrol üretimi bakımından ilk sırada yer alan ülkelerin farklılık göstermesinin nedenlerini araştırınız.

.....
.....

15. Kanada zengin petrol rezervlerine sahip olmasına rağmen neden petrol üretici ülkeler sıralamasında ABD'den sonra gelir? Açıklayınız.

.....
.....

16. 1991 yılından sonra Rusya'da petrol rezervlerinde görülen düşüşün nedenini açıklayınız.

.....
.....

Öğrenme Birimi 9: Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 9'da edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Petrol havza kavramını açıklayabilirim.			
Havza çeşitleri ve havza oluşumunu açıklayabilirim.			
Petrol oluşum mekanizması ve havza ilişkisini açıklayabilirim.			
Petrol havzalarının dünya üzerindeki dağılımlarını açıklayabilirim.			
Petrol havza çeşitlerinin dünya üzerindeki dağılımları hakkında bilgiler verebilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç:			
9– 10 puan : Çok iyi			
7 – 8 puan : İyi			
5 – 6 puan : Orta			
3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.)			
0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 10

Petrol Kapanları ve Kapan Tipleri

KONULAR

- Petrol kapanı ve kapan oluşum mekanizması
- Petrol kapan tipleri
- Ülkemizde gözlenen petrol tipleri ve bulunduğu bölgeler

AMAÇLAR

- Petrol kapanı ve kapan oluşum mekanizması hakkında bilgiler edinmek
- Petrol kapan tiplerini ifade edebilmek
- Ülkemizdeki petrol tiplerini ve tiplerine göre bulunduğu bölgeleri ifade edebilmek



9.10.1. PETROL KAPANI VE KAPAN OLUŞUM MEKANİZMASI

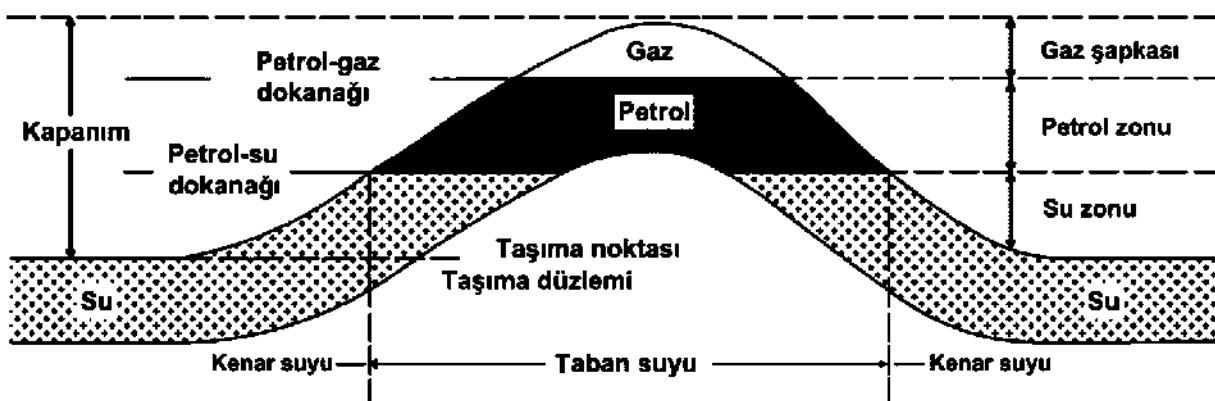
Hazırlık Çalışmaları

- Kapanların petrol sistemindeki yeri ve önemini araştırınız?
- Ülkemize coğrafi konum olarak yakın olan İran, Suudi Arabistan, Irak vb. ülkelerin petrol kaynakları ve gelirleri oldukça zengindir. Ülkemizin petrol kaynaklarının ve gelirlerinin az olmasının nedeni/nedenleri nelerdir? Araştırınız.
- Fay, stratigrafik, tektonik, dome, tortul, resif kelimelerinin sözlük anımlarını bulup defterinize yazınız.

10.1.1. Petrol Kapanı ve Oluşumu

Sedimanter bir ortamda oluşmaya ve birikmeye başlayan petrol, jeolojik zaman ve etkilerle beraber daha gözenekli bir ortama gitmek için göç eder. Göçün meydana gelmesiyle çeşitli şekillerde petrolün kapanlanması gerçekleşir. Petrolün kapananabilmesi için mutlaka geçirimsiz bir katman ile örtülü olması gerekmektedir. Kapanlar, petrolün göçerek son olarak yerlestiği ve hareket edemeyecek şekilde sıkıştığı yerdır. Kisaca kapan, petrolün hapsedildiği yerdır.

Kapanlar, **tektonik olaylar** ve **stratigrafik** (tabakalaşma) olayları sonucunda oluşmaktadır. Petrol aramalarına, hazne kayalardaki petrol kapanlarının aranmasıyla başlanır. En önemli kapanlar, tektonik kaynaklı olanlardır. Bu kapanlar, tektonik olaylar sonucu oluşmakta ve tektonik olaylar yer kabuğunu kıvrımlı hale sokarak petrolün toplanması için bol gözenekli yapılar meydana getirmektedir. Stratigrafik kapanların meydana gelişisi ise denizlerin karalara doğru ilerlemesi veya geri çekilmesi ile ilgilidir. Bilim insanlarınının araştırması sonucu petrolün antikinal dışındaki yerlerde de bulunabileceği anlaşılmıştır.



Şekil 10.1: İdeal bir kapan gelişimi ve bileşenleri

Kapanla İlgili Terimler

Taşıma noktası (Spill point): Kapan içerisinde petrolün bulunabileceği en alt nokta.

Kapanım (Closure): Taşıma düzlemi ile tepe noktası arasındaki düşey mesafe.

Rezerv (Pay): Kapan içerisinde üretim yapılan rezervuar.

Toplam rezerv (Gross pay): Rezervuarın tepe noktasından petrol-su dokanağına kadar olan rezerv.

Net rezerv: Petrolün üretildiği seviyelerin toplam kalınlığı.

Petrol-su dokanağı (OWC=Oil Water Contact): Petrolün üretilebileceği en derin düzey.



9.10.2. PETROL KAPAN TİPLERİ

Kapanlarla ilgili birçok sınıflandırma yapılmıştır. Kapanları dörde ayıralım. Bunlar:

1. Yapısal Kapanlar: Antiklinal (kemer) ve dome kapanlar, fay kapanlar
2. Kombinasyon Kapanlar
3. Stratigrafik Kapanlar: Birincil stratigrafik kapanlar, ikincil stratigrafik kapanlar
4. Diğer Kapan Çeşitleri: Kirik rezervuarlar, hidrodinamik kapanlar

10.2.1. Yapısal Kapanlar

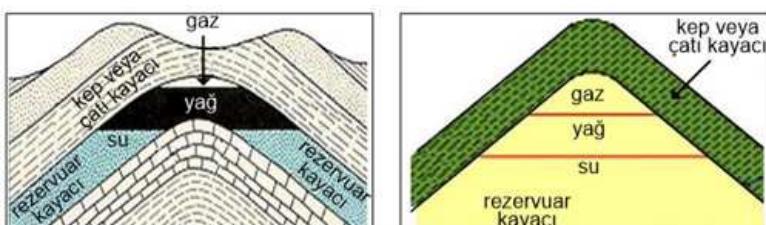
Kırımlamalar ve yarılmalar ile meydana gelen kapanlardır. Kolay bulunabilen kapanlardır.

1. Antiklinal (Kemer) ve Dome Kapanlar

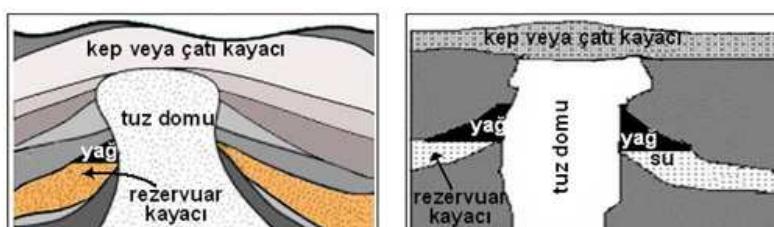
Jeolojik hareketler; yer altının iç kısımlarına basınç yaparak geçirimsiz kayaçları yukarı doğru hareket ettirir, tabakalar bir kemer şeklinde yukarı doğru kıvrılarak antiklinal şeklini alır. Antiklinal, simetrik olduğu gibi asimetrik de olabilir. Petrolün suyun yüzeyine çıkararak iki tabaka arasında kalıp birikmesiyle oluşan kapanı **antiklinal kapan** denir.

Tepe kısmının kıvrımlığı azalmış kısa, yuvarlak yükseltimlere dome (kubbe) denir. Genellikle kıvrımlı dağların neden olduğu yan basıncın etkisiyle veya büyük derin tuz yataklarının kayması ve birikmesiyle meydana gelir.

Tuz dome kapanlar, ısı ve basıncın etkisiyle yukarı ve aşağı doğru hareket etmektedir. Dev tuz kütleleri, yukarı çıkarken önüne gelen tabakaları kırarak kapanların oluşmasına neden olmaktadır.



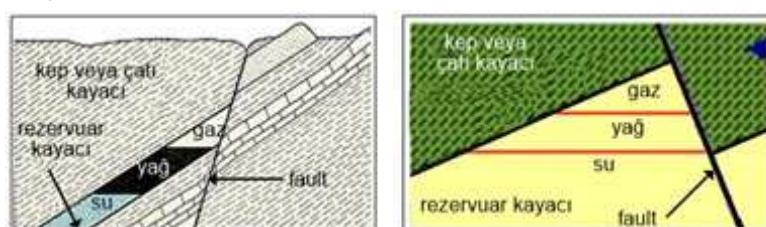
Şekil 10.2: Antiklinal kapanlar



Şekil 10.3: Tuz dome kapanlar

2. Fay Kapanlar

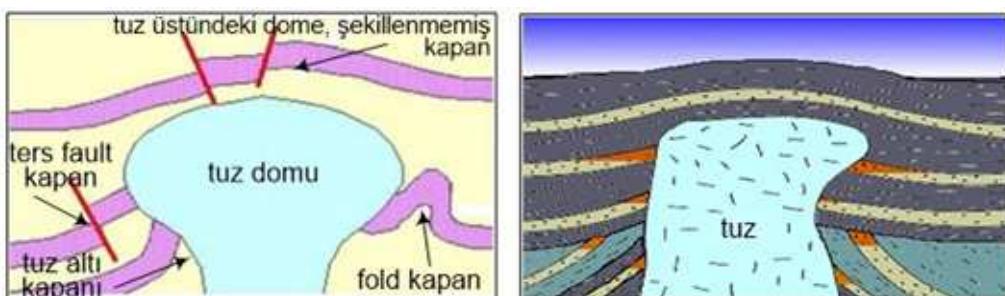
Levhaların hareketleri sonucu oluşan gerilme ve sıkışmalar, yer kabuğunun bazı bölgelerinde yüzüller boyunca enerji birikimine neden olur. Bu enerjiler, zaman zaman ortaya çıkar. Yer kabuğundaki bu hareketli kesimlere fay adı verilir. Fay kapan, petrolün göç etmesini engelleyecek şekilde hareket etmesi sonucu oluşan kapan tipidir. Her fay, kapan olmayabilir. Kapan olan yerlerde önemli doğal gaz rezervleri vardır. Fayların dört türü vardır: Normal, ters, bindirme ve doğru atımlı fay.



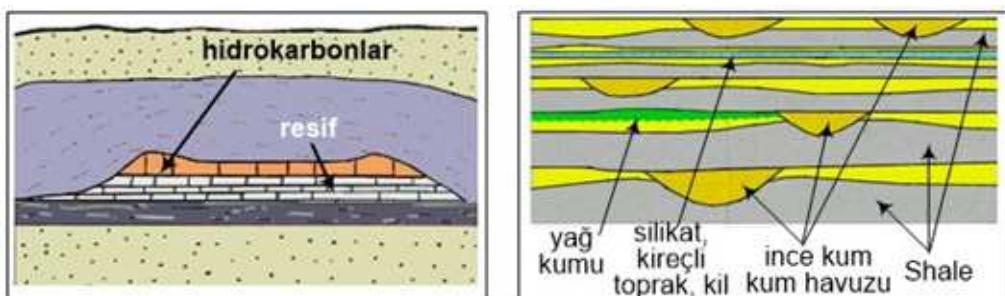
Şekil 10.4: Fay kapanlar

10.2.2. Kombinasyon Kapanlar

Kombinasyon kapanlar, kayaçlardaki değişimler ve tektonik süreçlerin etkisiyle oluşmaktadır. Örneğin tuz domunun etrafını saran kayaçlar ve tortullar, zamanla aşağıdan yukarıya doğru tuz kütlesini iter. Zamanla çökelmiş tuz depoları, yavaş yavaş derinlere doğru gömülür. Gerekli şartlar oluştuğunda kapan şekilleri oluşur. Tuz domunun yüzeye yakın yerlerde çapı 2 km'yi bulabilmektedir.



Şekil 10.5: Salt dome kombinasyon kapan



Şekil 10.6: Bazı stratigrafik kapan tipleri

10.2.3. Stratigrafik Kapanlar

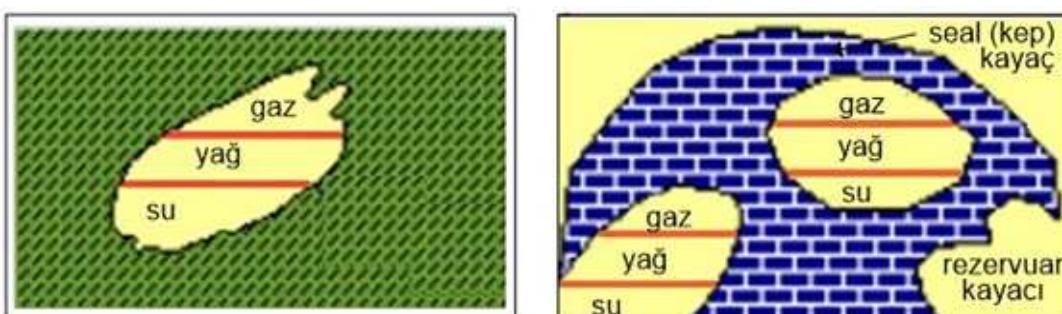
Stratigrafi, kayaçlar ve kayaç değişimleri anlamına gelmektedir. Rezervuar kayaçların yapısında meydana gelen yanal değişimler, bazı set veya örtü kayaçlarının oluşmasına yol açarak stratigrafik kapanlar oluşturur.

Stratigrafik kapanlar iki temel sınıfa ayrılır:

1. Birincil Stratigrafik Kapanlar

Kayaçın oluşması sırasında hazne yatağının geçirimsiz kayaçlar tarafından kapatılmasıyla meydana gelir. Çökelme ve taşlaşma meydana gelmektedir. Mercekler, resifler, kısırtma, up-dip, kum taşı kanalları örnek olarak gösterilebilir.

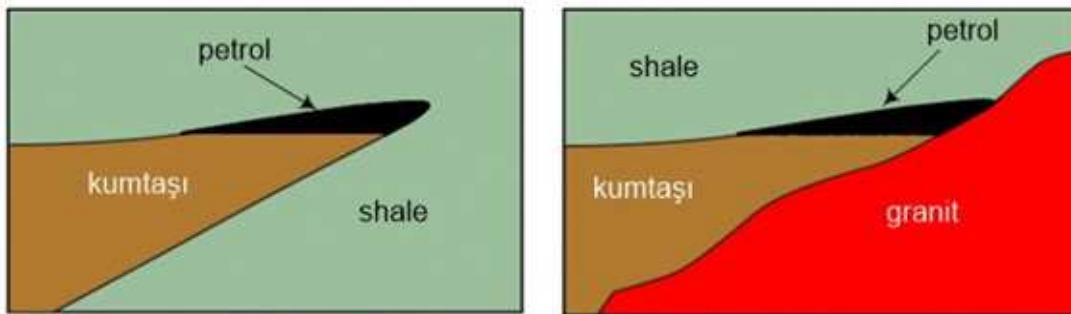
Resifler: En önemli stratigrafik kapan tipidir. İçerisindeki kireç taşlarının çok olmasından dolayı petrol ve doğal gaz yönünden zengindir. Şekilsiz uzantılar halinde oluşur. Yoğun gözenekli sert taş yapılarına dönüşür.



Şekil 10.7: Kum merceği ve resifi

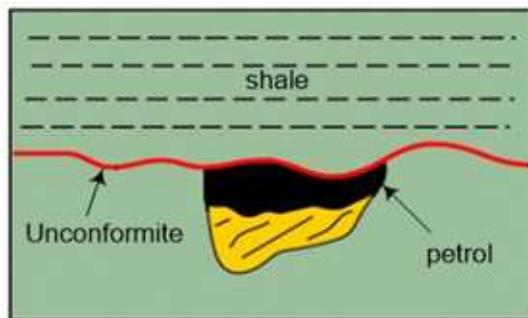


Pinchout (Kıstırma): Hazne kayaç tabakasının aniden sonlanması sonucu geçirimsiz bir tabaka tarafından kaplanarak haznenin üst kısmında oluşan kapandır.



Şekil 10.8: Kısırtma (pinchout) rezervuar oluşumları

Up-Dip Plug: Bu kapan, petrolün yukarı çıkışını engelleyerek hazne kayacına akmasını öner. Kanallarda biriken geçirimsiz parçalar, rezervuarın alt kısmıyla teması kesen bir set oluşturur. Rezervuarın gözenekliliği ve geçirgenliğinin değişmesiyle alt kısımları gözenekli, geçirgen; üst kısımları gözenekleri olmayan ve geçirimsiz karmaşık yapılı kapandır.

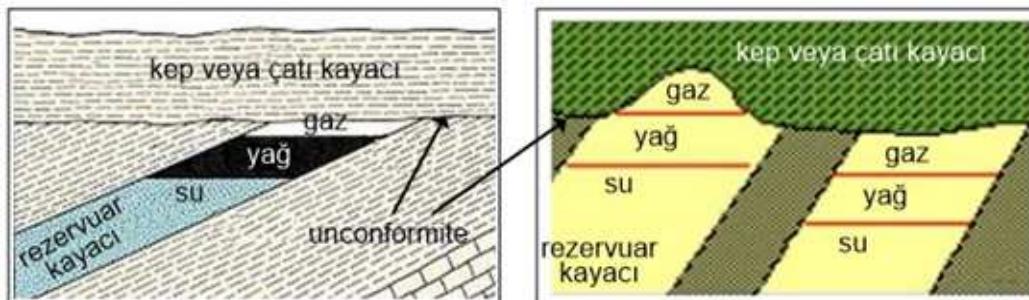


Şekil 10.9: Bir kum taşı kanal oluşumu (Sandstone channel)

2. İkincil Stratigrafik Kapanlar

Hazne kayaçlarının başkalaşmasıyla gözenekliliğinin ve geçirgenliğinin değişip başka bir kayaç haline gelmesidir. Uyumsuz olduğu için diskordans kapanı olarak da bilinir.

Unconformite (Benzeyihsizlik): Tabakalar birbirine uyumsuz şekilde uzanmaktadır. Unconformite, kayaçların çökelme sürecinde oluşan bir kırıktır. Temel tabakaların eğilmesi, aşınması ve sonra yatay geçirimsiz kayaçlarla kaplanması sonucu petrol ve gazın toplanacağı bir kapan oluşur.



Şekil 10.10: Unconformite kapan oluşumları

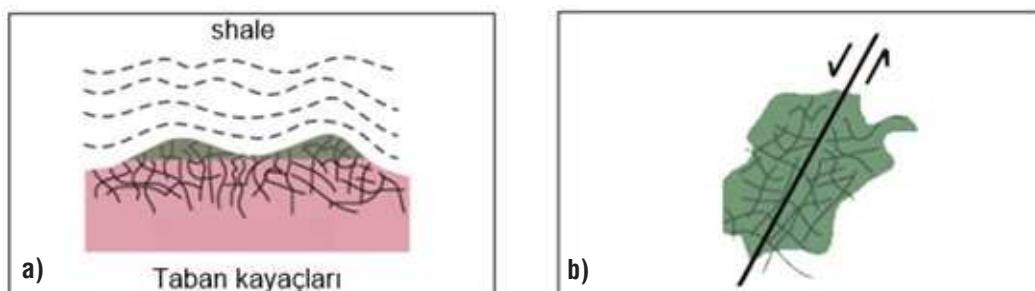
10.2.4. Diğer Kapan Çeşitleri

1. Kırık Rezervuarlar

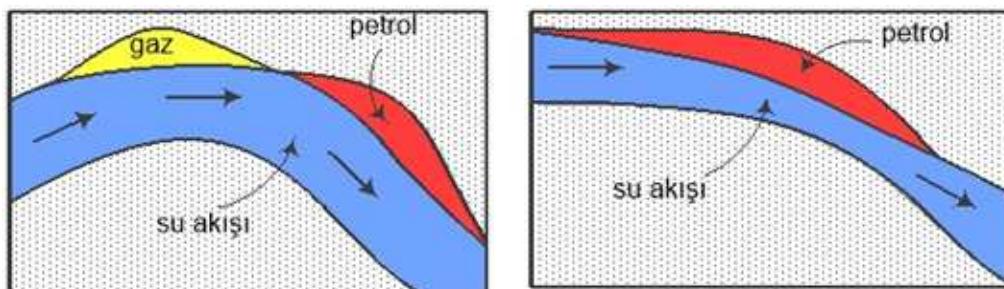
Kırık taban kayaçları, üstünü kaplayan tortul tabakasını yukarı doğru iterek bir çıkıştı yapıp kapan oluşturur. Diğer kapan türü de faylar boyunca uzanan betonla kaplanmış kırıkların oluşturduğu kapanlardır (Şekil 10.11).

2. Hidrodinamik Kapanlar

Göçmekte olan ham petrolün hidrodinamik olarak engellenmesiyle oluşan kapanlardır. Bir hazne kaya içerisinde akan su, yukarı doğru çıkmakta olan ham petrol ile karşılaşlığında eğer su kuvveti ham petrolü yüzden kuvetten fazla ise ham petrolün yukarıda doğru olan hareketi durur ve burada ham petrol birikir (Şekil 10.12).



Şekil 10.11: Kırık rezervuarlar; (a) Diskonformite altındaki kırık porozitede kapanlanan petrol, (b) Fay tabakalarına bitişik kırık porozitede kapanlanan petrol



Petrol, üzeri geçirimsiz kayalarla örtülü, kum taşı gibi gözenekli rezervuar kaya içerisinde gerekli jeolojik yapıların gelişmesi ile yer altında belki yerlerde kapanlanabilemektedir. Yeryüzündeki bir petrol sızıntısı, yerin binlerce metre altındaki bir jeolojik yapıdan (kapan) ve milyonlarca çatlaktan geçerek gelmektedir. Dolayısıyla her sızıntıının altında petrol olacağından söz edilemez. Böyle bir kapan, sızıntıının olduğu mevkiden yüzlerce kilometre yatay ve binlerce metre düşey mesafede olabilmektedir.

Bu sızıntılar, üzerinde yeterince örtü olmayan ve içerisinde petrolü kapanlamayan rezervuarlardan gelebilir. Bu da ekonomik olmayan bir petrol sahası demektir. Irak, İran ve Suriye'deki rezervuarların derinliği birkaç yüz metre ile bin metre arasında iken Türkiye'de bu derinlik üç, dört bin metreye ulaşmaktadır.



Araştırma

Kapan tiplerinin yeryüzünde bulunduğu alanları araştırınız. Araştırma neticesinde elde ettiğiniz bilgilerden yola çıkararak kapan tiplerinin bu alanlarda bulunmasının nedenlerini sınıfta tartışınız.



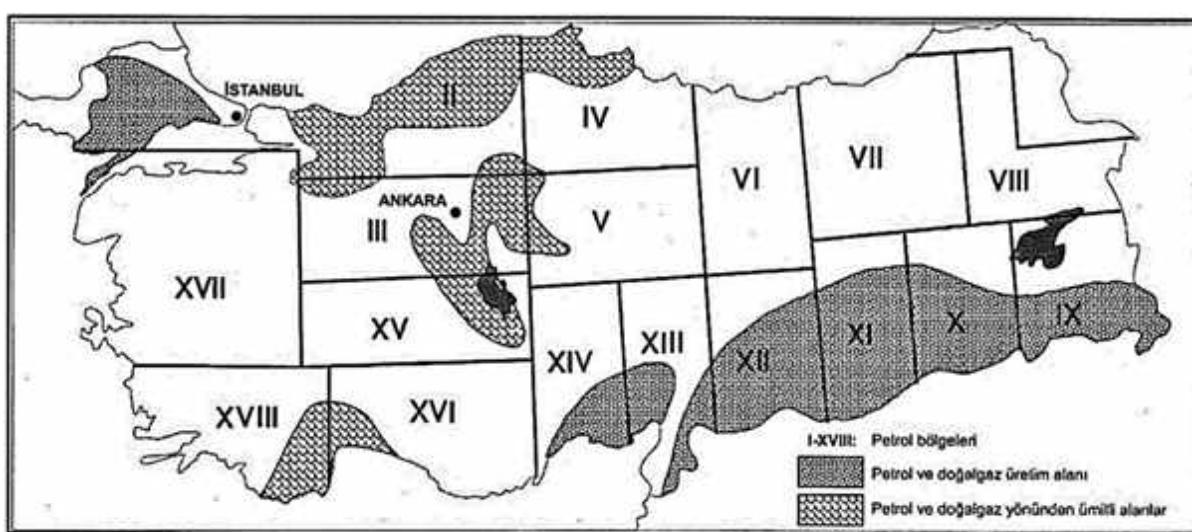
9.10.3. ÜLKEMİZDE GÖZLENEN PETROL TIPLERİ VE BULUNDUĞU BÖLGELER

10.3.1. Türkiye'de Petrol Rezervleri

Komşu ülkelerde sınırımızdan itibaren düzlüklerin, Türkiye'de ise yüksek dağların başlaması, ülkemizin bu ülkelere göre çok daha fazla jeolojik olaylar yaşadığını göstermektedir. Bu dağ oluşumları, rezervuarları parçalayarak örtü kayaları darmadağın etmiştir. Mevcut kapanların faylarla parçalanması sonucunda birbirinden kopuk, küçük sahalar oluşmuştur. Buna karşın söz konusu komşu ülkelerde daha sakin geçen jeolojik tarih, aynı rezervuarda, daha sık ve tahrip olmamış daha geniş alanlarda kapanların oluşmasına yol açmıştır.

Bu ülkelerde hem siğda olan hem de geniş alanları kapsayan petrol kapanları, ülkemizde çok daha derinlerde olduğu gibi, parçalardan küçük alanları kapsamaktadır. Bu nedenle petrol rezervlerimiz ve verimlilikleri çok düşük düzeydedir. Yani ülkemizde İran, Suriye ve Irak'ta olduğu gibi büyük ölçüde ve ekonomik petrol rezervleri bulunmamaktadır. Ancak Türkiye'de yeterli düzeyde arama faaliyeti de yapılmadığı bilinen bir gerçektir.

Ülkemizin engebeli jeolojik yapıya sahip olması, petrol ve doğal gaz arama çalışmalarını oldukça zorlaştırmaktır ve arama maliyetlerini artırmaktadır. Türkiye'de başlıca petrol ve doğal gaz rezervlerinin ve aramalarının olduğu yerler: Güneydoğu Anadolu, Trakya, Karadeniz, Toroslar, Adana ve Doğu Anadolu'dur. Bunlar arasında en önemlileri: Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve Trakya'dır.



Harita 10.1: Türkiye'nin petrol ve doğalgaz alanları

10.3.2. Petrol Çeşitlerini Sınıflandırma Faktörleri

Ham petrolün tip olarak sınıflandırılmasında dikkate alınması gereken en önemli faktörler:

Viskozitesi, içerdeki kükürdü miktarı ve petrolün gravitesi (API) gibi özelliklerdir. Hafif (yüksek graviteli) petroller: açık kahverengi, sarı veya yeşil renkli; ağır (düşük graviteli) petroller ise koyu kahverengi veya siyah renklidir. Yüksek graviteli petrolün rafinajından çoğunlukla benzин, gaz yağı ve motorin gibi hafif ve beyaz ürünler; düşük graviteli petrolün rafinajından ise daha ziyade fuel oil ve asfalt gibi ağır ve siyah ürünler elde edilir.

Dünya ham petrol talebinin %90'ı; üretimi, taşınması ve işlenmesinin kolay olması nedeniyle hafif (gravitesi yüksek) ve orta petrol ile karşılanmaktadır. Dünya petrol kaynaklarının ancak %25'ini hafif ve orta petrol oluşturmaktadır.

Türkiye'deki petrol sahalarının büyük bir kısmı tip olarak ağır petrollidir. Üretilen ham petroldeki kükürdü oranı %0 ile %5,7 arasında değişmektedir. Örneğin; Raman Dağı'nda çıkarılan ham petrolün rengi koyu siyah, kokusu ağır, akişkanlığı az, kükürdü miktarı fazla, yoğunluğu ortalama 0,9'dur. Bu petrol daha çok parafin serisi hidrokarbonlarından meydana gelmiştir.



Okuma Parçası

Karbondioksiti Atmosferden Yeraltına Taşımak

Sanayi tesislerinde, taşılarda, ev ve iş yerlerinde enerji elde etmek için çoğunlukla kömür, doğal gaz ve petrol gibi fosil yakıtlar kullanıyoruz. Fosil yakıtların yakılması sonucu ise atmosfere sera gazları salınıyor. Atmosferdeki karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazot monoksit (N_2O) ve ozon (O_3) gazları da sera etkisine önemli katkıda bulunur.

Güneş'ten Dünya'ya gelen ışınların bir kısmı atmosfer tarafından uzaya geri yansıtılır, bir kısmı ise yeryüzüne ulaşır. Yeryüzüne ulaşan ışınlar kara ve okyanuslar tarafından soğrularak Dünya'nın ısınmasını sağlar. ısnan kara ve okyanuslardan uzaya yayılan ısı (kıızılıtesi dalga boyundaki ışınlar) atmosferdeki sera gazları tarafından soğrularak atmosfere hapsedilir. Sera gazları Dünya'nın ortalama sıcaklığının yaklaşık 33°C daha yüksek olmasını sağlar. Sera gazları olmasaydı Dünya'nın ortalama sıcaklığı -18°C olurdu, şu an ise yaklaşık 15°C . Bu sayede Dünya'nın sıcaklığı yaşam için gerekli olan değerdedir. Ancak insan kaynaklı etkinlikler sonucu atmosfere salınan sera gazı miktarının artması atmosferde tutulan ısı miktarını artırır. Dünya'nın ortalama sıcaklığının yükselmesine neden olan bu süreç küresel ısınma olarak isimlendirilir. Sera gazları tarafından soğrulan kıızılıtesi dalga boyundaki ışınlar Dünya'nın ısınmasına neden olur.

Fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan karbondioksit gazı küresel ısınmaya sebep olan en önemli gazlardan biri. Birçok bilim insanı iklim değişikliklerinin etkisinin hafifletilmesi için karbondioksit gazı salımının bugüne göre %50 oranında azalması gerektiğini düşünüyor. Bu nedenle son yıllarda atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltmak için yeni yöntemler geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılıyor. Bunlardan biri de karbon yakalama ve depolama yöntemi. Bu yöntemde fosil yakıtların yakılması sonucu açığa çıkan karbondioksit yakalanıyor ve yeraltında uzun süre güvenli bir şekilde depolanarak atmosfere salınması engelleniyor.

Derin tuz oluşumları, kömür yatakları, artık kullanılmayan maden yatakları, petrol ve gaz rezervuarları karbondioksitin yeraltında depolanabileceğinin alanlardandır. Karbondioksit yerin altında süper akışkan hâlde (hem sıvı hem de gaz hâlin özelliklerini taşıır) bulunur. Kömür yataklarında, petrol ve doğal gaz rezervuarlarında depolanan karbondioksit bu alanlardaki petrol ve doğal gazın yeryüzüne çıkarılmasını sağlar.

Karbondioksit okyanusta da depolanabilir. Bu amaçla püskürtme ve çözme yöntemleri kullanılır. Her iki yöntemde de karbondioksit borularla okyanus sularına karışır. Püskürtme yönteminde karbondioksit okyanusun 3000 metre altına verilir. Bu derinlikte sıvı hâle geçen karbondioksit sudan daha yoğun olduğu için suyun içinde göle benzer bir yapı oluşturur ve okyanusta yavaş çözünür. Okyanusta çözünen karbondioksit karbon döngüsünün bir parçası hâline gelir. Çözme yönteminde ise okyanusa salınan karbondioksit hızlı bir şekilde suda çözünür ve karbon döngüsüne katılır.



Özellikle fosil yakıt kullanarak enerji üreten elektrik santralleri atmosfere büyük miktarda sera gazları salar. Karbon yakalama ve depolama sistemlerinin kurulduğu enerji santrallerinde atmosfere salınan karbondioksit miktarı %80–90 oranında azaltılabilir.



ETKİNLİK

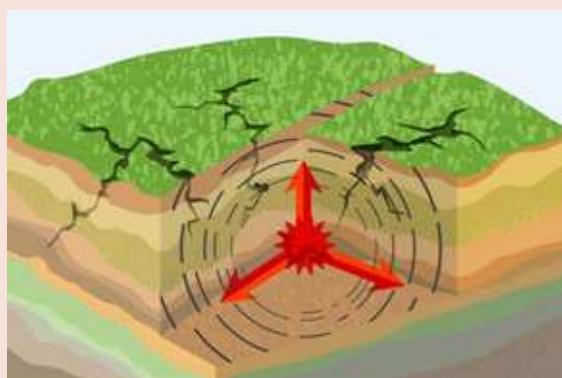
Yapay Depremlerin Mekanizması

Günümüzde meydana gelen yapay depremlerin altında hidrolyik kırılma olarak adlandırılan bir yöntem yaşıyor. Bu yöntemde yeraltındaki kayaları kırmak ve kaya gazının ya da petrolün ortaya çıkmasını sağlamak için kimyasal maddeler ve kumla birlikte milyonlarca litre su yeraltına pompalanıyor. Yeraltı kaynağı kuyu boyunca yukarı çıkarken beraberinde çok miktarda aşırı derecede tuzlu bir sıvı da geliyor.Çoğu zaman içinde doğal radyoaktif maddeler de bulunan, bitkiler ve hayvanlar için hayatı zararlı bu atık sıvı, içme suyu kaynaklarını kırletmemesi için yeryüzünün herhangi bir bölgесine bırakılmıyor. Onun yerine atık sivilardan kurtulmak için özel olarak tasarlanmış borularla gaz çıkarılan bölgeden çok daha derinlerdeki boşluklu kayaların içine bırakılıyor. Kuyuya boşaltılan sıvı miktarı arttıkça faylar üzerindeki basınç artıyor. Kritik bir seviye aşıldıkten sonra faylarda kaymalar meydana geliyor ve deprem oluyor. Üstelik deprem riski sadece kuyunun bulunduğu bölgeyle sınırlı değil. Orijinal kuyuların kilometrelere uzağında depremler meydana gelebiliyor ve tehlike on yıl hatta daha fazla süre devam ediyor.

Depremlerde yaşanan artışın nedenlerinden biri yatay delme olarak adlandırılan yeni bir yöntem. Bu yöntemle kazılan kuyular önce dikey olarak yeraltına indikten sonra 90 derece dönüyor ve yatay olarak ilerliyor. Böylece geniş alanlara yayılan yeraltı kaynaklarını yeryüzüne çıkarmak için farklı yerlerde çok sayıda kuyu kazmaya gerek kalmıyor. Yatay delme yöntemiyle kazılan tek bir kuyuya kilometrelere uzaktaki bölgelerde ulaşmak mümkün.

Son zamanlarda yapılan bilimsel araştırmalar, yeraltından petrol ve kaya gazı çıkarmak için yapılan çalışmaların depremleri tetikleyebileceğini gösteriyor. Hatta bazı araştırmacılar petrol ve kaya gazı çıkarılan bölgeler için deprem tahminleri yapmaya bile başladı.

2008'den önce ABD'nin Texas eyaletindeki Fort Worth bölgesinde tek bir deprem bile olmamıştı. Ancak bu tarihten sonra 200'ün üzerinde deprem meydana geldi. Eyalet genelindeki depremlerin sayısı 6 kat artmış durumda. Yine ABD'nin Oklahoma eyaletindeki depremlerin sayısında da 160 kat artış görüldü ve bu depremlerin bazıları binalara, yollara ve insanlara zarar verdi. Bilimsel çalışmalar, yaşanan bu ani değişikliklerin petrol ve kaya gazı çıkarmak için yapılan sondajlarla ilişkilendirilebileceğini gösteriyor. Şirketlerin yeraltına bıraktığı atık sular yapay depremleri tetikliyor. Hatta sondajların sebep olduğu yapay depremlerle ilgili 1 yıllık tahminler yapıldı. Bugüne kadar kaydedilen en büyük yapay deprem 2011 yılında Oklahoma'da yaşandı ve Richter ölçüğine göre 5,6 büyüklüğündeydi. Ancak bilim insanları, yapay depremlerin büyüklüğünün nadiren de olsa 7,0'ye kadar çıkmasının mümkün olduğunu düşünüyor. Bu büyüklikte depremler, çok geniş bir alanda çok büyük yıkımlara sebep olabilir.



Yapay depremlerin petrol kapanları üzerindeki etkisi nedir? Sınıfça tartışarak ulaştığınız sonuçları defterinize yazınız.

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Kapanlar, ve olayları sonucunda oluşmaktadır.
2. Petrolün kapanlanabilmesi için mutlaka bir katman gereklidir.
3. Faylar;, ve fay olarak dörde ayrılır.
4. En önemli stratigrafik kapan dir.
5. Tepe kısmının kıvrımlığı azalmış kısa yuvarlak yükselmelere denir.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

6. Ülkemizde petrolün en çok çıkarıldığı bölgemiz aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Doğu Anadolu b) Ege c) Akdeniz d) Güneydoğu e) İç Anadolu

7. Jeolojik hareketler, yer altının iç kısımlarına basınç yaparak geçirimsiz kayaçları yukarı doğru hareket ettirir. Tabakalar, bir kemer şeklinde yukarı doğru kıvrılır. Petrolün suyun yüzeyine çıkip iki tabaka arasında kalarak birikmesiyle oluşan kapan aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Fay b) Hidrodinamik c) Kırık d) Resif e) Antiklinal

8. Aşağıdakilerin hangisi ikincil stratigrafik kapan türlerinden biridir?

- a) Unconformite b) Fay c) Antiklinal d) Up–Dip Plug e) Dome

9. Hazne kayaçlarının başkalaşmasıyla gözenekliliğinin ve geçirgenliğinin değişip başka bir kayaç haline gelmesidir. Uyumsuz olduğu için diskordans kapanı olarak da bilinir.

Yukarıda özellikleri verilen kapan türü aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Birincil stratigrafik kapanlar
b) Antiklinal
c) İkincil stratigrafik kapanlar
d) Kırık
e) Hidrodinamik



- 10.** Bu kapan, petrolün yukarı çıkışını engelleyerek hazne kayacına akmasını önler. Kanallarda biriken geçirimsiz parçalar, rezervuarın alt kısmıyla teması kesen bir set oluşturur. Rezervuarın gözenekliliği ve geçirgenliğinin değişmesiyle alt kısımları gözenekli, geçirgen; üst kısımları gözenekleri olmayan ve geçirimsiz bir karmaşık yapılı kapandır.

Yukarıda özellikleri verilen kapan türü aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Dome
- b) Antiklinal
- c) İkincil stratigrafik kapanlar
- d) Up–Dip Plug
- e) Fay

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

11. Petrol kapanı nasıl oluşur?

12. Kombinasyon kapanını etkileyen faktörler nelerdir?

13. Antiklinal kapanı kısaca açıklayınız?

14. Ülkemizde petrol kaynakları bakımından zengin olan bölgelerimizi belirtiniz?

15. Hidrodinamik kapan nasıl oluşur?

Öğrenme Birimi 10 : Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 10'da edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Petrol kapanını tanımlayabilirim.			
Petrol kapanı oluşum mekanizmasını açıklayabilirim.			
Petrol kapan tiplerini açıklayabilirim.			
Ülkemizde bulunan petrol tiplerini söyleyebilirim.			
Ülkemizde petrolün bulunduğu bölgeleri söyleyebilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet(2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç: 9– 10 puan : Çok iyi 7 – 8 puan : İyi 5 – 6 puan : Orta 3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.) 0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			



ÖĞRENME BİRİMİ 11

Petrol Arama Yöntemleri ve Diğer Petrol Türleri

KONULAR

- Petrol arama yöntemleri
- Petrol aramacılığı yöntemleri
- Gaz hidratları, oil-shale, tar-sand ve ülkemizde bulunabileceği yerler

AMAÇLAR

- Petrol arama yöntemleri hakkında bilgiler edinmek
- Petrol arama yöntemlerinin sıralama şekillerini ifade edebilmek
- Gaz hidratları, oil-shale, tar-sand kavramlarını tanımlayabilmek, ülkemizde bulunabilecekleri yerler hakkında bilgiler edinmek



9.11.1. PETROL ARAMA YÖNTEMLERİ

Hazırlık Çalışmaları

1. Petrol aramacılığında hangi meslek grupları çalışmaktadır? Araştırınız.
2. Gaz hidratları, oil–shale, tar–sand kavramlarının petrol olup olmadığını ve işlevlerini araştırınız.
3. İvme, yer çekimi, geoid, anomali, çökel havza, magmatik, metamorfik, dayk, loglama, bitüm kelimelerinin sözlük anımlarını bulup defterinize yazınız.

11.1.1. Petrol Arama Yöntemleri

Dünyanın herhangi bir yerinde petrol aramak, zor bir süreçten geçmeyi gerektirir. Çünkü petrol araması; zahmet, sabır, yüksek maliyet gerektirir. Petrol aramak, çok riskli olduğu için profesyonel bir ekiple çalışmak gerekmektedir. Petrol aramacılığında ilk yapılması gereken petrol ihtimali olabilecek yerlerin jeolojik etütlerini yapmaktır. Sonrasında, petrol aranacak yerin gerekli petrol sistemlerine sahip olup olmadığına bakmak gereklidir. Petrol sisteminde de ilk yapacağımız petrol kapanlarını saptamaktır. Kapanlar, birkaç yüz metre veya birkaç bin metre derinliklerde yer alabilir. Bu kapanları bulabilmek için petrol jeologlarına ve jeofizikçilere ihtiyaç vardır. Günümüzde petrol aramacılığında sıkılıkla kullanılan yöntemler ve metodlar şunlardır: Magnetik, gravite, sismik, sondaj araştırmaları, havadan ve uzaydan çekilmiş fotoğraflar.

11.1.2. Jeolojik Araştırmalar

Jeolojik araştırmalar; jeoloji haritaları, fasiyes araştırmaları, organik jeokimya, stratigrafi kesintilerin ölçülmesi, tektonik araştırmalar, porozite ve permeabilite tayini, yer altı haritalarının yapılması, saha araştırmaları, laboratuvar araştırmaları gibi alanları kapsamaktadır.

11.1.3. Jeofizik Araştırmalar

Jeofizik araştırmalarında amaç yerin yapısını ve kütlesini hesaplayarak onların boyut, şekil, derinlik, yoğunluk, hız, porozite, akişkan içeriği, basınç gibi özelliklerini saptamaktır. Magnetik, gravite ve sismik gibi jeofizik araştırmalar ise arama, sondaj ve saha geliştirme esnasında kullanılır.

Gravite Yöntemi

Dünyanın şeklinin geoid olmasından dolayı farklı ivme değerleri ölçülmektedir. Bununla beraber birçok coğrafi ve jeolojik faktörlerin etkisiyle, yer çekimi de dünyanın her yerinde aynı olmamaktadır. Gravite yönteminin amacı, yer altındaki farklı yoğunluktaki kayaçların yer çekimi alanında oluşturduğu değişiklikleri ve buna neden olan unsurları ortaya koymaktır.

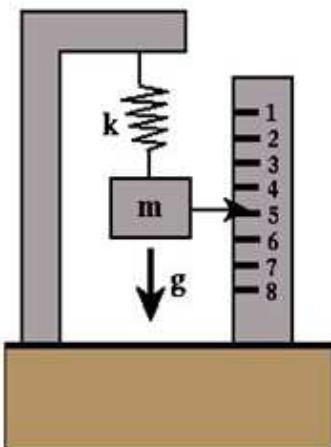
Gravite yöntemi, sediman havzalarının durum tespitinde kullanılır. Bir kaya kütlesinin yoğunluğu; çevresine göre büyükse pozitif, küçükse negatif anomalilere neden olur.

Yer kabuğunun yüzeye yakın derinliklerinde petrol içeren faylar, antiklinaller, tuz domları çevresindeki kayaçlara göre farklı yoğunluktadır. Petrol aramalarında, gravite büyükçe yoğunluk küçülmekte ve petrolün kalitesi artmaktadır. Gravite küçüldükçe yoğunluk artmakta, petrolün kalitesi düşmektedir.

İvme, yere düşen bir maddenin birim zamandaki hızıdır ($\text{ivme} = \text{hız/zaman}$). İvme ölçümü, **gravimetre** denilen cihazlarla yapılır (Görsel 11.1, Şekil 11.1).



Görsel 11.1: Gravimetre aleti



Şekil 11.1: Gravimetre



Görsel 11.2: Magnetometre

Manyetik Yöntem

Manyetik yöntemin temel amacı, yer kabuğunun manyetik alanındaki değişimlerin incelenmesidir. Yani kayaların mıknatıslanma özelliklerinden yola çıkararak farklı kayaları belirlemektir.

Çökel havzaların belirlenmesinde, fayları belirlemede, magmatik veya metamorfik kayaların tortul kayalardan ayrılığında; volkanik kayaları, dayk ve enjeksiyonları, lav akıntılarını belirlemede kullanılır.

Manyetik araştırmalar, petrol aramalarının ilk aşamalarında gerçekleşir. Manyetik araştırmalar; karadan, deniz–den veya havadan yapılabilir. Herhangi bir yerin manyetik alanı belli ise oradaki kayaların manyetik şiddetini doğrudan ölçülebilir. Manyetik alan şiddetini ölçmek için **magnetometre** denilen hassas bir cihaz kullanılır (Görsel 11.2).

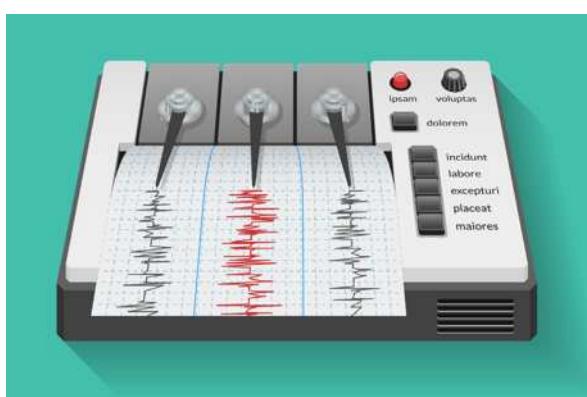
Sismik Yöntem

Sismik araştırmalar, petrol ve doğal gaz aramacılığında en çok kullanılan yöntemdir. Çünkü yerin yapısını en iyi inceleyen jeofizik metodudur. Diğer yöntemlere göre daha pahalıdır.

Sismik yöntem, yer altına gönderilen titreşimlerin kayaçlar tarafından geri yansıtılması esasına dayanır. Titreşimler, karada vibratörlü bir araçla zeminde darbeler yaparak veya küçük miktarlarda patlayıcı patlatarak, denizde sıkıştırılmış hava tabancalarıyla veya gemiden patlayıcı maddeler atarak oluşturulmaktadır. Sismik yöntem, denizde daha kolay uygulanmaktadır.

Deprem dalgası ikiye ayrılır: Cisim dalgaları (P ve S dalgaları), yüzey dalgaları (Rayleigh ve Love dalgaları). Sismik araştırmalar, genellikle P dalgaları yardımı ile yapılır.

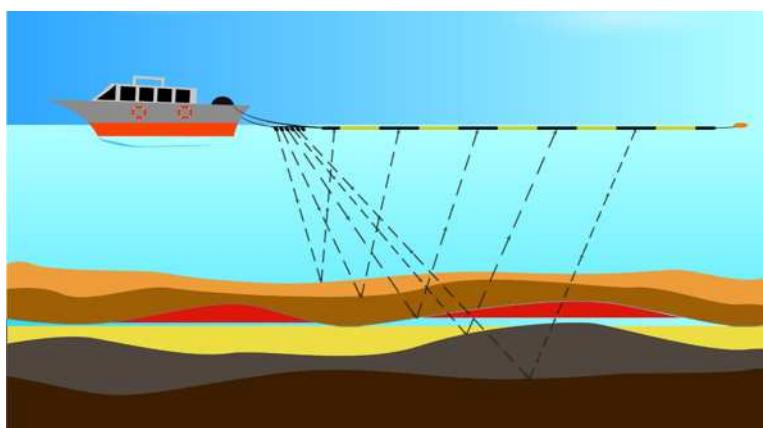
Titreşimlerin yansımaları çok hassas mikrofonlarla ölçülür. Bunlar su üstünde **hidrofonlar** ve karada **sismometrelerdir** (Görsel 11.3). Bu titreşimler, jeofonlarda toplanıp yer bilimcileri tarafından bilgisayar ortamında 2B ve 3B yer haritalarına dönüştürülür (Görsel 11.4).



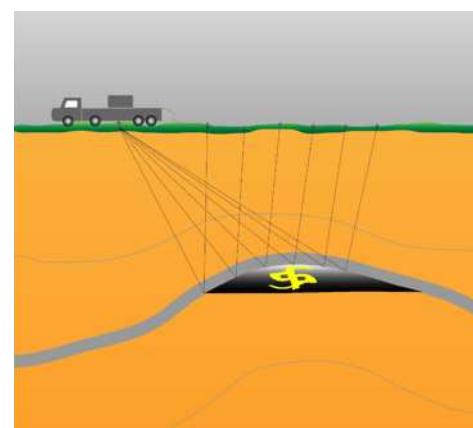
Görsel 11.3: Sismometre



Görsel 11.4: Alan titreşimi ölçme işlemi ve Jeofon



Şekil 11.2: Denizde sismik çalışma



Şekil 11.3: Karada sismik çalışma

Uzaktan Algılama Yöntemi

Uzaktan algılama yöntemi, yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesinde fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve araştırma teknigidir. Bu yöntem, hava araçları ve uydular aracılığı ile yerden birkaç metre yükseklikten başlayarak atmosferin en üst katmanına kadar yapılmaktadır (Görsel 11.5, 6). Petrol aramada, başlangıç aşamasında kullanılan ve son derece ucuz ve verimli bir yöntemdir.



Görsel 11.5: İnsansız hava aracı



Görsel 11.6: Uydu

Petrol aramacılığında; görsel, radar ve multispektral yöntemler kullanılmaktadır.

Görsel Metot: Belirli bir hat ve yüksekteden uçan özel donanımlı uçakların çektiği fotoğraflardır. Yorumda dayalı jeoloji haritaları oluşturulur.

Radar Metodu: Uydu veya özel yapılmış uçaklardan yeryüzüne mikrodalga radyosanlarının gönderilip bunların yansımalarının gorselleştirilmesi esasına dayanır.

Multispektral Metod: Yeryüzündeki termal radyasyon, hassas aletlerle ve bilgisayar yardımı ile sayısal olarak kaydedilir.

Diğer Metotlar

Keşif Kuyuları: Herhangi bir yerde petrol ve doğal gazın tam olarak saptanabilmesi için keşif sondajı yapılması gerekmektedir. İlk önce açılan delikten gerekli örnekler alınır ve bu örneklerin incelenmesi neticesinde kuyunun açılıp açılmayacağına karar verilir. Pahalı ve zaman alan bir yöntem olduğu için diğer araştırma yöntemlerinin bulguları da incelenip öyle karar verilir.

Koku İzlemesi: Diğer incelemelerin dışında, koku izleyerek petrol araması yapılmaktadır. Koku izlemek için geliştirilmiş bir teknolojik ürün olan **sniffer** (koklayıcı) kullanılmaktadır. Bu alet, yer altındaki birikintilerden sızan çok az miktardaki gaz hidrokarbonlarını algılamaktadır.



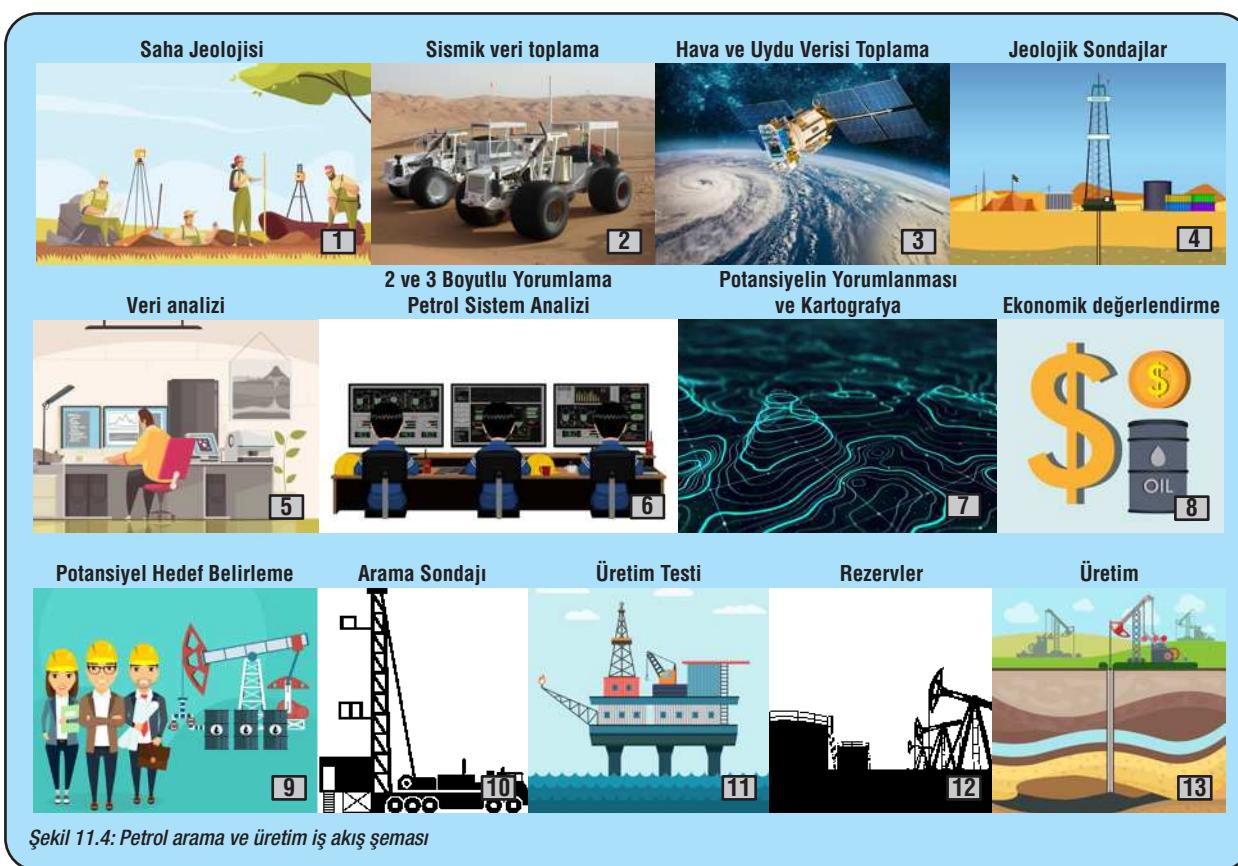
9.11.2. PETROL ARAMACILIĞI YÖNTEMLERİ

11.2.1. Petrol Aramacılığında Aşamalar

- 1. Ruhsat alma:** Kanunlarla belirlenmiş usul ve esasları içeren mevzuatlar gereğince petrol araştırma izin işlemelisinin ilk aşaması ruhsat almaktır.
- 2. Jeolojik çalışmalar:** Ruhsatlandırılmış alan için literatür araştırması, uzaktan algılama çalışması, jeolojik harita yapımı, sedimentolojik loglama, paleocoğrafya harita yapımı ve yorumlama yapılır.
- 3. Jeofizik çalışmalar:** Jeolojik verileri alınan bölgede şekil, derinlik, yoğunluk, hız, porozite, akışkan içeriği, basınç gibi özellikler jeofizik çalışmaları ile saptanmaktadır. Buna bağlı olarak gravite, manyetik ve sismik yöntem çalışmaları yapılır.
- 4. Sondaj çalışmaları:** Jeolojik ve jeofizik çalışmalar neticesinde elde edilen verilere göre belirlenen yerlere kuyular açılırak sondaj uygulamaları gerçekleştirilir.
- 5. Rezerv ve kalite belirleme:** Son olarak elde edilen ham maddenin kapasitesi belirlenir. Ham maddenin verimliğini tesbit etmek için laboratuvar testlerine başvurulur.

11.2.2. Petrol Aranacak Yerlerde Aranan Başlıca Özellikler

1. Arazinin geçmiş jeolojik çağlarda deniz olması
2. Hayvansal ve bitkisel parçacıklar bakımından zengin bir tortu tabakasının bulunması ve bunun oluşabilecek petrolü koruyabilecek biçimde gözenekli bir kum tabakası ile temas olması
3. Petrolün toplandığı gözenekli tabakanın sızdırmaz başka bir tabakanın üzerinde bulunması
4. Arazinin eğilme kuvvetinin etkisi altında petrolün toplanabileceği sınırlı tabakalar meydana getirmiş olması



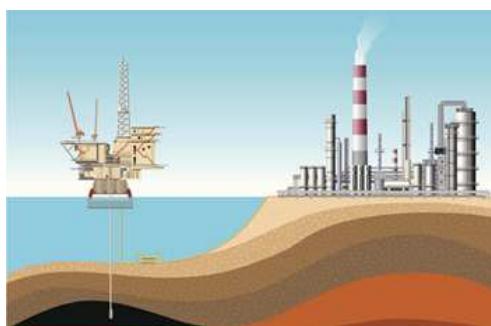
11.2.3. Türkiye'de Sondaj Gemileriyle Petrol Aramacılığı

Derin Deniz Sondaj Gemilerinin Özellikleri

Sondaj platformları genellikle 100–500 metre derinlikteki denizlerde, sondaj gemileri ise 300 metre ile 3500 metre derinlikteki denizlerde kullanılır. Sondaj gemilerinin diğer gemilerden en belirgin farkı üzerlerinde taşıdıkları ve derin deniz tabanındaki rezervlere ulaşıp petrol veya doğal gazın çıkarılmasını sağlayan sondaj kuleleridir. Sondaj kulelerinin çalışması için ihtiyaç duyulan enerji genellikle dizel motorlardan sağlanır.

Derin deniz sondaj gemileri, sondaj sırasında yüzdükleri için konumlarını korumaya yardımcı olan sistemler bulunur. Bu amaçla kullanılan aktif konumlama sisteminde geminin motor gücü ile konumu sabit tutulmaya çalışılır. Demirleme sisteminde ise denize farklı açılarından çapa atılır. Aktif konumlama sistemi, demirleme sistemine göre sondaj gemilerinin daha derin denizlerde araştırma yapabilmesine imkân sağlar.

Deniz üzerinde yüzen petrol platformları da sondaj gemileri gibi okyanuslardan petrol ve doğal gaz çıkarılmasını sağlar (Şekil 11.5).



Şekil 11.5: Yüzen platform



Görsel 11.7: Fatih adlı sondaj gemimiz

2011 yılında Güney Kore'de inşa edilen ve 2017 yılında Türkiye'nin sondaj gemileri arasına katılan Fatih sondaj gemisi, 229 metre uzunluğunda ve 36 metre genişliğindedir. Fatih, saatte 15,9 km hızla ulaşabiliyor (Görsel 11.7). Ultra derin deniz sondaj gemisi sınıfındaki Fatih, 3000 metre derinlikteki sularda yaklaşık 12.000 m derinliğe kadar (Dünya'nın en derin yeri olan Mariana Çukuru'nun derinliği yaklaşık 11.000 metredir.) sondaj yapabiliyor.

Fatih sondaj gemisinin yüksekliği 64 metre olan iki sondaj kulesi toplamda 1750 ton yük kaldırıyor. Fatih sondaj gemisinde aktif konumlandırma sistemi bulunuyor. Gemi, bu sayede 6 metre yükseklikteki dalgalarda bile sabit kalarak araştırmalarını sürdürmekteydi.

İlk sondaj aramasını Alanya-1 derin deniz kuyusunda, ikinci sondaj aramasını ise Doğu Akdeniz'de yer alan Finike-1 alanında gerçekleştiren Fatih sondaj gemisi; 20 Temmuz 2020 tarihinden bu yana sondaj aramalarını Zonguldak'ın yaklaşık 170 km açıklarındaki Tuna-1 araştırma kuyusunda yapıyor. Fatih sondaj gemisi 2020 yılında 405 milyar m^3 'luk bir doğal gaz kaynağı tespit ederek büyük bir başarıya imza attı.



Görsel 11.8: Yavuz adlı sondaj gemimiz



Adını Yavuz Sultan Selim'den alan Yavuz sondaj gemisi, Ekim 2018'de Türkiye'nin derin deniz sondaj gemileri arasına katıldı (Görsel 11.8). Yavuz sondaj gemisi Fatih ile benzer teknik özelliklere sahip. Daha önce Doğu Akdeniz'deki Güzelyurt-1 araştırma alanında çalışmalar yapan Yavuz sondaj gemisi, şu an Doğu Akdeniz'de bulunan Lefkoşa-1 alanında çalışmalarına devam ediyor.

2020'de Türkiye'nin derin deniz sondaj gemileri arasına katılan Kanuni sondaj gemisi adını Kanuni Sultan Süleyman'dan alıyor (Görsel 11.9). Kanuni, sondaj araştırmalarının yanı sıra Türkiye'nin hidrokarbon potansiyelini açığa çıkarmak için sismik araştırma faaliyetleri de gerçekleştirebiliyor. 227 metre uzunluğa ve 42 metre genişliğe sahip olan Kanuni sondaj gemisi, 11.400 m derinliğe kadar sondaj yapabiliyor. Türkiye'nin diğer sondaj gemileri olan Oruç Reis ve Barbaros Hayrettin Paşa gemileri ise hem sismik araştırma hem de sondaj yapabiliyor.



Görsel 11.9: Kanuni adlı sondaj gemimiz

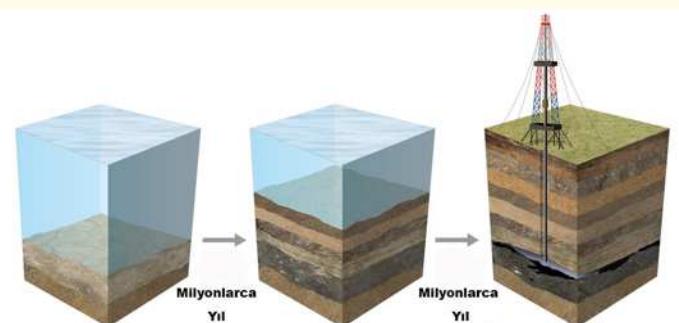


Okuma Parçası

Doğal Kaynak Olarak Petrol ve Doğal Gaz

Okyanuslarda yaşayan canlıların kalıntıları, akarsuların taşıdığı kum ve kil gibi birikintilerle beraber okyanus tabanına çöker. Milyonlarca yıl boyunca devam eden çökelman ve yıgilma olayları sonucunda yüksek basınç ve sıcaklık altında sıkışan kalıntılar, mikroorganizmaların etkisiyle çeşitli biyokimyasal değişimler geçirir ve zamanla petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlara dönüşür.

Okyanuslarda yapılan petrol ve doğal gaz araştırmalarında sismoloji gibi çeşitli jeofiziksel yöntemler kullanılarak okyanusların altındaki petrol ve doğal gaz içerebilecek jeolojik yapılar tespit edilir. Bu yapıların içerisindeki petrol, doğal gaz varlığı ve rezervleri; derin sondaj platformları ve sondaj gemileri ile belirlenir.



Şekil 11.6: Petrol oluşumu ve sondaja kadar izlediği süreç

9.11.3. GAZ HİDRATLAR, OİL-SHALE, TAR-SAND VE ÜLKEMİZDE BULUNABILECEĞİ YERLER

11.3.1. Gaz Hidratlar

Düşük sıcaklık ve yüksek basınç altında düşük moleküller ağırlıklı gazların su molekülleri tarafından bir kafes yapısı içerisinde tutulmasıyla oluşan, donmuş buza benzeyen, beyaz renkli kırılgan kristal oluşumlardır.

Gaz hidrat; dünya üzerinde birçok yerde bulunan, içerdiği büyük metan hacmiyle geleceğin enerji kaynağı “yanan buz” olarak adlandırılan bir enerji kaynağıdır (Görsel 11.10).

Başta Japonya, ABD, Çin, Hindistan, Almanya gibi birçok ülke; gaz hidrat araştırması için yatırımlar yapmaktadır. Gaz hidratlar, Türkiye’de çokça bulunan bir kaynaktır. Ülkemizde özellikle Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Ege Bölgesi’nde gaz hidrat bulunmaktadır.

Üretim teknolojilerinin yetersizliğinden dolayı hiçbir ülke üretim safhasına geçememiştir.



Görsel 11.10: Gaz hidratlar

11.3.2. Oil-Shale

Petrollü şeyl kayacı (oil shale), organik kayaçlar grubundandır. İçerisinde çokça kerojen bulunduran, ısıtıldığında petrol ve doğal gaz üretilebilen ince taneli tortul kayaçtır. Bitümlü şist veya bitümlü şeyl olarak da bilinmektedir.

Dünyada, petrol krizi dönemlerinde doğal ham petrolün yerine geçebilecek alternatif enerji kaynaklarından birisi de petrollü kayaçlardan üretilen şeyl petrolüdür (Görsel 11.11). Dünyanın en büyük bitümlü şeyl yataklarının bulunduğu yer ABD Wyoming’dir. Dünyadaki rezervin yaklaşık 2/3 buradadır.

Isıtıldığında petrol ve gaz üretilebilen bu organik kayaçlar, ayrıca doğrudan yakılarak termik santrallerde değerlendirilebilmektedir. Estonya, petrol şeyllerini en çok değerlendiren ülkelerin başında gelir. Ülkemizde petrol şeyllerini araması MTA’nın kurulmasıyla başlamıştır.

Ülkemizde petrol şeylin olduğu yerler: Beypazarı (Ankara), Seyitömer (Kütahya), Hatıdağ (Bolu), Hımmetoğlu (Bolu), Mengen (Bolu), Ulukışla (Niğde), Bahçecik (Kocaeli), Burhaniye (Balıkesir), Beydili (Ankara), Dodurga (Çorum), Çeltek’tir (Amasya).



Görsel 11.11: Petrollü şeyl

11.3.3. Tar-Sand

Tar-Sand; katran kumları, petrol kumları, asfaltit veya ham bitüm olarak bilinir. Ham petrol, jeolojik hareketler sonucunda yeryüzüne yakın yerlere doğru çıkar. Yeryüzüne yakınlAŞAN ham petrol, oksijen ile temas ettiğinde katılaşır ve petrolün kalitesi düşer. Petrolün katı ve kalitesinin daha düşük olması neticesinde oluşan petrol yağına Tar-Sand denir.



Katran kumları, termik santrallerde kullanılabilmektedir. Dünyada en çok Kanada'da bulunur. Ülkemizde ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır (Görsel 11.12, 13).



Görsel 11.12: Petrol kumu madeni



Görsel 11.13: Petrol kumu madeni havadan görüntüsü



Bunları Biliyor muydunuz?

Türkiye'de Fatih, Yavuz ve Kanuni isimli üç derin deniz sondaj gemisi petrol ve doğal gaz araştırmalarında kullanılıyor.

Üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye: rüzgâr, petrol ve doğal gaz gibi denizlerden de elde edilebilen enerji kaynakları açısından potansiyele sahip olan bir ülke. Bu potansiyelin ortaya çıkarılması içinse deniz tabanındaki enerji kaynaklarının tespit edilmesine ve çıkarılmasına imkân veren teknolojilere sahip olmak hayli önemlidir.



ETKİNLİK

Aşağıdaki metni okuyarak yorumlayınız. Ulaştığınız sonuçlar doğrultusunda bir metin oluşturunuz. Bu metni sınıfta okuyup arkadaşlarınızla tartışınız.

Antarktika Günlükleri XVI

Antarktika'nın, canlı yaşamı dışında doğal zenginlikleri de var. Aslında Antarktika konusu burada kızışıyor. Kitanın Ross Denizi bölgesinde Suudi Arabistan'dan sonra dünyanın ikinci büyük petrol rezervinin bulunduğu iddiaları var. Bu iddialar, Weddell ve Ross denizlerinde 50 milyar varil civarında petrol olduğu yönünde. 2048 yılından sonra maden ve petrol kaynaklarının işletilmesi konusu tekrar gündeme gelecek. Hatta bu tarihten önce bile gündeme gelebilir. 2048 yılında dünya nüfusunun 9,5–10 milyara çıkacağı tahmin ediliyor. Artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamak için Antarktika'daki doğal kaynaklar, 2048'e kadar beklemeye gerek olmadığı söylenerek, yeni bir anlaşmayla paylaşılabilir.

Ekosisteme zarar vermeden Antarktika'nın doğal kaynaklarından yararlanmak da mümkün. Her yıl Antarktika'nın buzullarından kopan buz dağları 5 milyar insanın tatlı su ihtiyacını karşılayabilir. 688 km³ 'luk hacim, Dünya'daki bütün nehirlerin sahip olduğu tatlı sudan daha fazla. Kitanın nasıl kullanılacağı ile ilgili mevcut eğilim Antarktika'nın ekosistemine zarar verilmeden barış ve bilim kitası olarak kalması yönünde. Antarktika'nın önemi ortada. Bir üs kurulur ya da kurulmaz, buz kırın/buz sınıfı bir gemimiz olur ya da olmaz. Bunların hiç biri bilimsel çalışma yapmaya engel değil. Kitanın canlı ve cansız kaynakları 2048'de ya da öncesinde nasıl değerlendirilirse değerlendirilsin ülkemizin masada olması gerekiyor. Bunun da yolu devamlı olarak kıtada bilimsel araştırma yapmaktan geçiyor.

Ölçme ve Değerlendirme

A) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Yer altındaki farklı yoğunluktaki kayaçların yer çekimi alanında oluşturduğu değişiklikleri ve buna neden olan unsurları ortaya koyan yönteme denir.
2. Petrol ve doğal gaz aramacılığında araştırmalar en çok kullanılan yöntemdir.
3. Petrol aramacılığında ilk önce yapılır.
4. Çökel havzaların belirlenmesinde, fayların tespit edilmesinde, magmatik veya metamorfik kayaların tortul kaya-lardan ayrılması, lav akıntılarını belirlemeye kullanılan yönteme denir.
5. Yanan buz olarak adlandırılan enerji kaynağına denir.

B) Aşağıdaki çöktan seçmeli soruları okuyunuz ve soruların doğru seçeneklerini işaretleyiniz.

6. Petrol kapanını bulabilmek için hangi meslek çalışanlarına ihtiyaç vardır?

- a) Makine mühendisi–Biyolog
- b) Endüstri mühendisi–Bilgisayar mühendisi
- c) Kimyager–Atom mühendisi
- d) Jeolog–Jeofizikçi
- e) Biyolog–Kimyager

7. Dünyanın şeklinin geoid olmasından dolayı ivme değerleri ölçülmektedir. Bununla beraber birçok coğrafi ve jeolojik faktörlerin etkisiyle yer çekimi de dünyanın her yerinde aynı olmamaktadır. Yönteminin amacı, yer altındaki farklı yoğunluktaki kayaçların yer çekimi alanında oluşturduğu değişiklikleri ve buna neden olan unsurları ortaya koymaktır.

Yukarıdaki bilgileri verilen yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Sismik
- b) Manyetik
- c) Uzaktan algılama
- d) Gravite
- e) Radar metodu

8. Manyetik alan şiddetini ölçen alet aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Hidrofon
- b) Sismometre
- c) Gravimetre
- d) Sniffer
- e) Magnetometre

9. Yeryüzünün ve yer kaynaklarının incelenmesinde fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve inceleme tekniğidir. Petrol aramada başlangıç aşamasında kullanılan ve son derece ucuz ve verimli bir yöntemdir?

Yukarıdaki bilgileri verilen yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

- a) Gravite
- b) Sismik
- c) Uzaktan algılama
- d) Manyetik
- e) Koku



10. I– Ruhsat alma işlemleri
II– Jeofizik çalışmalar
III– Jeolojik çalışmaları
IV– Rezerv ve kalite belirleme çalışmaları
V– Sondaj çalışmaları

Yukarıda petrol aramacılığı ile ilgili aşamaları verilen bilgilerin doğru sıralaması aşağıdakilerden hangisidir?

- a) I–II–III–IV–V b) I–III–II–IV–V c) I–II–V–IV–III d) I–III–II–V–IV e) I–II–III–V–IV

C) Aşağıdaki soruların cevaplarını ilgili boşluklara yazınız.

11. Petrol aramacılığında aşamaları sıralayınız?

.....
.....
.....

12. Petrol arama yöntemlerinden uzaktan algılama yöntemini açıklayınız?

.....
.....
.....

13. Gravite yöntem, hangi tür kayaç türlerini bulmak için kullanır?

.....
.....
.....

14. Oil-shale ülkemizde nerelerde görülmektedir?

.....
.....
.....

15. Petrol aramada koku uygulama yöntemini açıklayınız?

.....
.....
.....

Öğrenme Birimi 11 : Öz Değerlendirme Formu

Aşağıda verilen öz değerlendirme formu ile öğrenme birimi 11'de edinmeniz gereken kazanımları değerlendirebilmeniz için, size uygun olan seçeneği işaretleyiniz.

Öz Değerlendirme Formu			
Konular	Evet	Kısmen	Hayır
Petrol arama yöntemlerini açıklayabilirim.			
Petrol aramacılığı yöntemlerini açıklayabilirim.			
Gaz hidratları, oil-shale, tar-sand nedir açıklayabilirim			
Gaz hidratları, oil-shale, tar-sand ve ülkemizde bulunabileceği yerler hakkında bilgileri söyleyebilirim.			
Toplam Puan		
Değerlendirme: Evet (2 puan) Kısmen (1 puan) Hayır (0 puan)			
Sonuç:			
9– 10 puan : Çok iyi			
7 – 8 puan : İyi			
5 – 6 puan : Orta			
3 – 4 puan : Geçer (Kısmen ve hayır olarak işaretlediğiniz konuları tekrar ediniz.)			
0 – 1 – 2 puan : Zayıf (Bölümü tekrar çalışınız.)			

KAYNAKÇA

- Akkuş Akif, Jeomorfolojiye Giriş, Eğitim Kitapevi Yayıncıları, Konya 2007
- Akkova İsmet, Enerji ve Alternatif Enerji Kaynakları, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi
- Atalay İbrahim, Genel Fiziki Coğrafya, Meta Basım Yayıncılık, İzmir 2005
- Acar, A. (1974), Mineraloloji ve Petrografi, Sevinç Matbaası
- Alpaslan, N. ve Koca,D. (2012), Petrol Arama Çalışmalarında Kullanılan Jeofizik Yöntemlere Genel Bir Bakış, Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi Cilt 2, Sayı 1
- Atasoy, V. Ve Özтурk, E. (1984), Jeodezik Deformasyon Ölçmeleri ve Sonuçların Yorumu, Harita ve Kadastro Mühendisliği, sayfa.27–40
- Ayaz, E. (2017), Yeryuvarının Zonlu İç Yapısı, Yerbilim Kaynaklarının Sınıflandırılması Ve Granitoidlere Bağlı Olarak Gelişen Maden Yatakları, MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Sayı, 23, S 1–12
- Beşergil Bilsen, Petrol, Petrol Kimyası Ege Üniversitesi Yayınevi, İzmir, 2009
- Beşergil Bilsen, Ham petrolden Petrokimyasallara, El Kitabı Tükelmat, İzmir, 2007
- Birand, Ş.A, (1957), Mineraloji Dersleri, Şirketi Mürettibiye Basimevi
- Demirel, İ.H. Doğu Akdeniz Havzası Hidrokarbon (Petrol–Gaz) Potansiyeli ,Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Doğanay,H. ve Coşkun, O.(2017), Enerji Kaynakları Pegem Akademi
- Dora, Ö. (1975), Mineroloji I,II, Ege Üniversitesi Matbaası
- Doğanay Hayatı, Doğal Kaynaklar, Erzurum 2002
- Erguvanlı, K. (1978), Mühendislere Jeoloji, İTÜ Matbaası
- Erinç, S. (1982), Jeomorfoloji I, Öz Eğitim Yayıncıları
- Erinç Sirri, Jeomorfoloji 1, Der Yayınları, İstanbul 2000
- Erkan Yavuz Magmatik Petrografi, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayın NO: 40 2001
- Farndon, J. (2015), Yakından Tanının Petrol, Tübıtak Popüler Bilim Kitapları
- FERRODON, A. (Çev. Salih Yüksel), Tortul Havzaların Jeodinamiği ve Petrol Sistemleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Frederick K. Lutgens, Edward J. Tarbuck, Dennis Tasa, Genel Jeoloji, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara 2017
- Gökkay, K. ve Doğan, K. (2004), Jeomekanik Araştırmalarında Kaya Mekaniği Bilim Dalının Katkıları, VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu Sivas
- Göksu, E. (1966), Türkiye'de Petrol, Kağıt Ve Basım İşleri A.Ş
- Göksu, E. (1971), Petrol Jeolojisi, Teknik Üniversite Yayıncıları
- Güney, E. (2004), Jeoloji, Çantay Kitabevi
- Güney Emrullah, Jeomorfoloji, Tek Ağaç Eylül Yayıncılık, 2004
- Güney Emrullah, Jeoloji, Çantay, İstanbul 2004
- Güney Emrullah, Bozyigit Recep, Meydan Ali, Jeomorfoloji Sözlüğü, Çizgi Kitapevi Konya 2014
- Hoşgören M. Yıldız, Jeomorfoloji'nin Ana Çizgileri 1, Rebel Yayıncılık, İstanbul 2000
- Hoşgören M. Yıldız, Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü, Çantay, Eylül 2011
- İlbeli, N. (2011), Yer Biliminin Esasları, Palme Yayıncılık
- İzbırak Reşat, Coğrafya Terimleri Sözlüğü, MEB Yayınları, İstanbul 1992
- İzbırak Reşat, Yerbilimi Bilgileri, MEB Yayınları, İstanbul 1991
- Karabulut Yalçın, Enerji Kaynakları, Ankara 2003
- Kaya, Mahir. "Petrolün Kısa Tarihi Petrol Gerçekleri ve Türkiye." (2016)
- Karaman M. Erkan, Kibici Yaşar, Temel Jeoloji Prensipleri, Ankara 2008
- Karakaya, M.Ç. ve Karakaya, N. (2011), Genel Mineraloloji, Bizim Büro Basimevi Yay.Dağ.
- Kerey, İ. ve Erkal, T. (2014), Sedimentoloji, Nobel Yayın
- Ketin, İ. (1961), Umumi Jeoloji II. Kısım, İTÜ Vakfı Yayınları
- Ketin, İ. (2008). Genel Jeoloji Yer Bilimlerine Giriş, İTÜ Vakfı Yayınları
- Kılıç, R. (2005), Kaya Mekanığı Ders Notları, A.Ü.F.F. Döner Sermaye Yayınları no:39
- Köksoy, M. (1985), Yakitlar Jeolojisi, Hacettepe Üniversitesi Yayınları
- Kurt, H. (2012), Maden Mühendisleri için Mineraloloji ve Petrografi, Aybil yayinevi
- Kurt, H. ve Arik, F. (2018), Planlama Yapı Ve Çevre İçin Jeoloji, Nobel Yayınları
- Ketin İhsan, Genel Jeoloji, İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul 2016
- Luis I. Gonzales de Vallejo, Mercedec Ferrer, Mühendislik Jeolojisi, Ankara Üniversitesi Yayınevi Ankara 2014
- Lutgens, F. ve Tarbuck, E. ve Tasa, D. (2013), Genel Jeoloji Temel İlkeleri, Nobel Yayın
- Malik, A. ve Tevfik, A. (1932), Yeni Jeoloji, İstanbul Devlet Matbaası
- Monroe, S.J ve Wicander, R. (2005), Fiziksel Jeoloji, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Çeviri Serisi No:1
- Namoğlu, C. (2017), Petrol Doğal Gaz Rezervuar Jeolojisi Ve Mühendisliği, Poyraz Ofset

- Ocakoğlu Faruk, Genel Jeoloji Ders Notları, Eskişehir 2014
- Özdemir Adil, Türkiye'nin Keşfedilebilir Petrol ve Doğalgaz Yatakları I. Ankara 2016
- Özdemir Adil, Türkiye'nin Keşfedilebilir Petrol ve Doğalgaz Yatakları II. Ankara 2016
- Petrol Arama ve Bulma Yöntemleri TMMOB Mühendisleri Odası Yayıncılık Ankara 1981
- Saner Salih, Petrol Oluşumu, Birikmesi, Aranması ve Aramacılığın Gelişimi Ankara 1981
- Sanır Ferruh, Coğrafya Terimleri Sözlüğü, Gazi Kitapevi, Ankara 2000
- Sayar, M. (1949), Mineroloji ve Jeoloji, İTÜ Matbaası
- Sonel, N. (1985), Petrol Jeolojisi, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları
- Sür, A. ve Sür, Ö. ve Yiğitbaşıoğlu, H.(2009), Mineraller ve Kayaçlar, Bilim Yayıncılık
- Sür Özdoğan, Volkanoloji, Dil ve Tarih – Coğrafya Fakültesi Basımevi, Ankara 1989
- Sür Ayhan, Sür Özdoğan, Mineraller ve Kayaçlar, Bilim Yayıncılık, Ankara 2001
- Sonel Nurettin, Petrol Jeolojisi, A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları no:46 Ankara 1997
- Tatar Yusuf, Genel Jeoloji 1, İstanbul 2015
- Tümertekin Erol, Özgür Nazmiye, Ekonomik Coğrafya, Çantay Kitapevi, İstanbul 2005
- Tatar, Y. (2005), Genel Jeoloji I, Cinius Yayınevi
- Tümertekin,E. ve Özgür,N.(2009), Ekonomik Coğrafya, Çantay Kitabevi
- Türkiye'nin Gaz Hidrat Yol Haritası Önerisi Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Petrol ve Doğal Gaz Çalışma Grubu PDG1 – Ocak 2018
- Winter, D.J. (2019), Çev. Cahit Helvacı, Magmatik ve Metamorfik Petrolojinin Prensipleri, Nobel Yayın
- Yalçın Erik, N.(2019), Şeyh Gazi, Nobel Bilimsel Eserler
- Yalçın Erik, N. Petrol ve Kömür Jeolojisi,
- Yıldırım Mustafa, Gökaşan Erkan, Mühendisler İçin Jeoloji Bilgileri İstanbul 2013
- Yiğitbaşıoğlu Hakan, Volkanlar, Bilim Yayıncılık, Ankara 2000

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

<http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/petrol–kimyas.html>
http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/blog–page_7818.html
<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/elektrikli–aracların–petrol–yakitli–araclardan–farkı–nedir>
<https://petrol–is.org.tr/sites/default/files/ek2–petrol–sektoru–tpao.pdf>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=44&sayı=725&sayfa=86&yaziid=31323>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=37&sayı=440&sayfa=41&yaziid=16093>
<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/radyoaktif–elementlerin–cevherleri–tehlikeli–mi?>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=42&sayı=638&sayfa=11&yaziid=28066>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=50&sayı=960&sayfa=16&yaziid=40823>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=46&sayı=803&sayfa=86&yaziid=34573>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=46&sayı=818&sayfa=30&yaziid=35166>
<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/volkan–patlaması–sonucunda–yeni–bir–ada–olus>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=46&sayı=803&sayfa=86&yaziid=34573>
<https://collection.science museumgroup.org.uk/objects/c054055/model–of–the–zhang–heng–seismoscope–seismoscope>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/user/yaziForm1.pdf?cilt=47&sayı=833&sayfa=8&yaziid=35771>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/user/yaziForm1.pdf?cilt=45&sayı=755&sayfa=16&yaziid=32564>
<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=36&sayı=432&sayfa=62&yaziid=15623>
https://www.scribd.com/document_downloads/direct/242092933?extension=pdf&ft=1605411305<=1605414915&user_id=527002599&uahk=APC_2zaphEZmVyoix4wN2CLa3oA
https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_05_c74c2.pdf
[https://aybu.edu.tr/muhendislik/insaat/contents/files/%C4%B0n%C5%9Faat%20M%C3%BCChendisleri%20i%C3%A7in%20Genel%20Jeoloji\(1\).pdf](https://aybu.edu.tr/muhendislik/insaat/contents/files/%C4%B0n%C5%9Faat%20M%C3%BCChendisleri%20i%C3%A7in%20Genel%20Jeoloji(1).pdf)
<https://akademiksunum.com/index.jsp?modul=document&folder=51a830d6700f8216780ef31920163e4e7019659a>
https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/113367/mod_resource/content/1/JFM%202021_MineralojiPetrografiDersi_4.Hafta.pdf
https://www.academia.edu/19627438/Yerkabu%C4%9Funu_Olu%C5%9Furan_Maddeler_Mineraller_ve_Kaya%C3%A7ilar_yazi.pdf (tubitak.gov.tr)
[Doğalgaz \(harran.edu.tr\)](https://www.harran.edu.tr)
[MARCO POLO – TDV İslâm Ansiklopedisi \(islamansiklopedisi.org.tr\) 06.12.2020 saat: 12:24](https://MARCO POLO – TDV İslâm Ansiklopedisi (islamansiklopedisi.org.tr) 06.12.2020 saat: 12:24)
[KONU 10 SEDİMENTER HAVZALAR – ppt indir \(slideplayer.biz.tr\) 10.12.2020 saat 24.33](https://KONU 10 SEDİMENTER HAVZALAR – ppt indir (slideplayer.biz.tr) 10.12.2020 saat 24.33)
[PETROL JEOLOJİSİ KONU 11 SEDİMENTER ORTAMLAR, MEKANİZMALARI VE BUNLARIN PETROL JEOLOJİSİNDEKİ ÖNEMLİ. – ppt indir \(slideplayer.biz.tr\) 10.12.2020 saat 01:15](https://PETROL JEOLOJİSİ KONU 11 SEDİMENTER ORTAMLAR, MEKANİZMALARI VE BUNLARIN PETROL JEOLOJİSİNDEKİ ÖNEMLİ. – ppt indir (slideplayer.biz.tr) 10.12.2020 saat 01:15)
[PETROL VE KÖMÜR JEOLOJİSİ \(Doç.Dr.Nazan Yalçın Erik\) – PDF Free Download \(docplayer.biz.tr\) 12.12.2020 saat 09:10](https://PETROL VE KÖMÜR JEOLOJİSİ (Doç.Dr.Nazan Yalçın Erik) – PDF Free Download (docplayer.biz.tr) 12.12.2020 saat 09:10)
[DOĞU AKDENİZ HAVZASI HIDROKARBON \(PETROL–GAZ\) POTANSİYELİ – PDF Free Download \(docplayer.biz.tr\) 12.12.2020 saat 13:10](https://DOĞU AKDENİZ HAVZASI HIDROKARBON (PETROL–GAZ) POTANSİYELİ – PDF Free Download (docplayer.biz.tr) 12.12.2020 saat 13:10)
[Yakıtlar ve Yanına Ders Notları – Makine Mühendisliği \(bilecik.edu.tr\) 12.12.2020 saat 15:10](https://Yakıtlar ve Yanına Ders Notları – Makine Mühendisliği (bilecik.edu.tr) 12.12.2020 saat 15:10)
Petroleum – World distribution of oil | Britannica 01.01.2021 saat 12:33
[H2S \(HİDROJEN SÜLFÜR\) | İş Güvenliği Uzmanı \(wordpress.com\) 09.01.2021 saat :10:09](https://H2S (HİDROJEN SÜLFÜR) | İş Güvenliği Uzmanı (wordpress.com) 09.01.2021 saat :10:09)
https://www.researchgate.net/publication/295399793_DOGU_AKDENIZ_HAVZASI_HIDROKARBON_PETROL_GAZ_POTANSİYELİ 09.01.2021 saat 14:20
[Petrol Jeolojisi \(JFM– 435\) Petrol Rezervuarı Özellikleri – ppt indir \(slideplayer.biz.tr\) 09.01.2021 saat 22:10](https://Petrol Jeolojisi (JFM– 435) Petrol Rezervuarı Özellikleri – ppt indir (slideplayer.biz.tr) 09.01.2021 saat 22:10)

GÖRSEL KAYNAKÇA

Kitap kapağı ID: 1125751118 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.1: ID: 1190500867 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.2 ID: 1382739809 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.1 ID: 426848773 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.2 ID: 776675302 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.3 ID: 137622869 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.4 ID: 1673379226 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.5 ID: 687474685 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.6 ID: 1616252353 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.7 ID: 1053256976 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.3: ID: 1014308362 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.4: t4nLk4ZYTkp6nauYj7h_NebularHypothesis.jpg(1148×573) (socratic.org) adresinden alınmıştır. Tarih 10.02.2021 saat 09:16

Görsel 1.5 ID: 536385025, ID: 1379903879 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 1.1: ID: 245883553 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 1.2: ID: 291294284 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 1.3: ID: 292287281 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 1.4: rodinia.jpg (600×563) (watchers.news) adresinden alınmıştır. Tarih 10.02.2021 saat 09:16

Şekil 1.5: ID: 1452445010 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 1.6: ID: 292643651, ID: 292954445 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 1.7: ID: 293703848 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 1.8: ID: 294540908 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Sekil 1.1.: ID: 1265971006 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır

Sekil 1.9: ID: 1591125796 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.5 ID: 536385025, ID: 1379903879 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.6: D: 135919781 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.7: ID: 1307058034 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.8: ID: 1819454294 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.9: ID: 1187645629 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.10:ID: 791502814 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.11: <https://www.maden.itu.edu.tr/muze/images/Dolap3vulkanik/n26.jpg> alınmıştır. Tarih 10.02.2021 saat 21:36

Görsel 1.12: ID: 1156591372 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.13: ID: 1739741687 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.14: ID: 1879713250 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.15: ID: 586282283 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.16: ID: 759612649 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.17: ID: 1097895143 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.18: ID: 613324775 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.19: ID: 353503961 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.20: ID: 616620482 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.21: ID: 1826734844 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.22: ID: 570911743 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.23: ID: 1346076071 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.24: ID: 613324775 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.25: ID: 791931085 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.26: ID: 1036652062 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.27: ID: 1883989597 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.28: ID: 570911743 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.29: ID: 505515256 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 1. 10: <https://pbs.twimg.com/media/EKQ8h4JwAApbYJ?format=jpg&name=medium> Tarih 10.02.2021 saat 22:04

Görsel 1.30: ID: 1195843789 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.31: ID: 1188937306 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.32: ID: 1692586336 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.33: ID: 1007281024 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.34: ID: 1213077982 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.35: ID: 321094349 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.36: ID: 141832624 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.37: ID: 1006523878 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.38: <http://www.paleophilatelie.eu/> adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat 08:22

Şekil 1.11: ID: 501800917 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.8: ID: 1483350992 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Etkinlik Görsel 1.9: ID: 1451591426 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.39: ID: 537135028 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.40: ID: 689560378 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.41: ID: 1786159094 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.42: ID: 712722268 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.43: ID: 1620841477 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 1.44: ID: 476772370 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.45: ID: 313073390 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.46: ID: 1704763 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.47: ID: 1063894250 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.48: ID: 1525292309 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.49: ID: 359925653 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.50: ID: 131151848 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.51: ID: 156955280 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.52: ID: 1548618176 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.53: ID: 1161781759 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.54: ID: 522408964 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.55: ID: 691389745 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.56: ID: 1062897959 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.57: ID: 1680495649 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.58: ID: 459818236 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 1.59: ID: 1646007679 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 1.12: ID: 501800917 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 1.12: Hidroloji – Hidrojeoloji – ppt indir (slideplayer.biz.tr) adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat: 10:36
Şekil 1.13: Hidroloji – Hidrojeoloji – ppt indir (slideplayer.biz.tr) adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat: 10:36
Şekil 1.14: Buharlaşma. – ppt video online indir (slideplayer.biz.tr) adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat: 10:42
Şekil 1.15: ID: 2343039 PPT – The Water Cycle PowerPoint Presentation, free download – ID: 2343039 (slideserve.com) adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat: 11:17
Şekil 1.16: image1.jpg (1117×665) (intechopen.com) adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat: 11:27
Görsel 2.1 ID: 1192700248 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.2 ID: 370555133 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.3 ID: 151484595 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.4 ID: 59576242 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.5 ID: 1233475585 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.6 ID: 1307058034 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.7 ID: 153548766 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.8 ID: 693211309 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.9 ID: 561210016 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.10 ID: 1272261553 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.11 ID: 1277368948 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.12 ID: 1883474305 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.13 ID: 1883474305 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.14 ID: 98541869 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.15 ID: 1615813665 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.16 ID: 1537510547 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.17 ID: 132575766 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.18 ID: 514530238 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.19 ID: 136389578 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.20 ID: 769289725 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.21 ID: 124481086 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.22 ID: 1678993270 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.23 ID: 1801757500 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.24 ID: 1847149852 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.25 147579425 www.https://tr.123rf.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.26 ID: 1577414839 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.27 ID: 78885654 www.https://tr.123rf.com adresinden alınmıştır.
Görsel 2.28 ID: 65874563 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 2.1 ID: 654136807 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 2.2 ID: 1632070747 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 2.3 ID: 1527785549 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 2.4 ID: 1096203299 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 2.5 ID: 1534539761 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 3.1 ID: 73202681 www.123rf.com adresinden alınmıştır.
Görsel 3.2 id: 81046077 www.123rf.com adresinden alınmıştır.
Görsel 3.3 https://arkefili.com/cinin-han-hanedanligindan-dunyayı-degistiren-10-icat/ adresinden alınmıştır.
Görsel 3.4 id: 3395178 www.123rf.com adresinden alınmıştır.
Görsel 3.5 ID: 1700835655 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 3.6 https://www.nationalgeographic.org>thisday/may22/valdivia–earthquake– strikes–chile/ adresinden alınmıştır.
Görsel 3.7 https://www.britannica.com/event/Chile–earthquake–of–1960 adresinden alınmıştır.
Görsel 3.8 https://www.britannica.com/event/Lisbon–earthquake–of–1755 adresinden alınmıştır.
Görsel 3.9 https://www.britannica.com/event/San–Francisco–earthquake–of–1906 adresinden alınmıştır.
Görsel 3.10 https://en.wikipedia.org/wiki/1899_Yakutat_Bay_earthquakes#/media/File:Tarr_1912_The_Earthquakes_at_Yakutat_Bay_Alaska_0031_Plante_VI.jpg adresinden alınmıştır.
Görsel 3.11 https://twitter.com/hnagy52/status/1177282070244184067/photo/1 adresinden alınmıştır.
Görsel 3.12 id: 5466344703 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 3.13 id: 684531088 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 3.1 ID: 1056375467 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 3.2 Alan uzmanı tarafından yapılmıştır.
Şekil 3.3 Alan uzmanı tarafından yapılmıştır.
Şekil 3.4 ID: 560168665 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 3.5 alan uzmanı tarafından yapılmıştır.
Şekil 3.6 alan uzmanı tarafından yapılmıştır.
Şekil 3.7 alan uzmanı tarafından yapılmıştır.
Şekil 3.8 John P. Rafferty, geological sciences, Britannica Educational Publishing, 2012 kitabından değiştirilerek kullanılmıştır.
Şekil 3.9 alan uzmanı tarafından yapılmıştır.
Şekil 3.10 alan uzmanı tarafından yapılmıştır.

Görsel 4.1: ID: 63559270 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 4.1: ID: 340321514 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.2: ID: 261554480 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.3: ID: 1347922775 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.4: ID: 1628959843 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.5: ID: 321468932 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.6: ID: 676180621 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.7: ID: 1163897071 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.1: ID: 755027212 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.8: ID: 488573944 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.9: ID: 796829959 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.10: ID: 1062078356 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.11: ID: 618380768 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.12: ID: 1227024103 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.13: ID: 537503836 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.14: ID: 1006701373 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.15: ID: 1037378152 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.16: ID: 1006701373 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 4.17: ID: 1037378152 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 4. 2 slideplayer.biz.tr adresinden alınmıştır.

Görsel 5.1: ID: 7707655008 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.2: ID: 1406423513 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.1: ID: 7707655008 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.2: ID: 1406423513 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.3: ID: 1905136372 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.4: ID: 152544116 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.5: ID: 713943 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.6: ID: 1190500867 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.7: ID: 1723458538 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.8: ID: 1464188252 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.9: ID: 518198119 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.10: ID: 1881998695 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.11: ID: 1017654607 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.12: ID: 581558458 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.13: ID: 1514849840 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.14: ID: 1184978620 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.15: ID: 1773604808 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.16: ID: 1667690767 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.17: ID: 1137509972 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.18: ID: 1440401693 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.19: ID: 455830135 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.20: ID: 343909400 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.21: ID: 1007125015 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.22: ID: 156381545 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.23: ID: 299193173 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.24: ID: 1475286977 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.25: ID: 593784668 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.26: ID: 1524944957 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.27: ID: 384366553 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.28: ID: 1867239643 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.29: ID: 1046593846 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.30: ID: 338828657 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.31: ID: 1204235563 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.32: ID: 1147455236 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.33: ID: 1866545641 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 5.34: ID: 1153891762 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.1: ID: 1684056988 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.2: ID: 1642461289 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.3: ID: 46965509 www.123rf.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.4: ID: 1174681792 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Görsel 6.5: ID: 591790736 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.6: ID: 1413165602 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.7: ID: 382067620 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.8: ID: 1719864220 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.9: ID: 1861477267 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.10: ID: 1432981814 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.11: ID: 1434208064 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.12: ID: 498125395 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.13: ID: 1625532223 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.14: ID: 624536081 www.Shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 6.15: <https://arkeofili.com/cernobil-nukleer-felaket-hakkındaki-gercekler/> adresinden alınmıştır.

Şekil 6.1 ID: 1710075742 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 6.2 ID: 1534208129 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 6.3 ID: 1637621995 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 6.4 ID: 1231875205 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 6.5 ID: 1473523988 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.1: ID: 1168792324 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.2: ID: 255749269 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.3: ID: 154597040 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.4: ID: 1067713703 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.5: ID: 21620926 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.6: ID: 767469778 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.7: ID: 1429319513 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.8: Greekfire–madridskylitzes1.jpg —(wikipedia.org) adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat 20:55
Görsel 7.9.: ID: 252141487 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.10.:ID: 1688085430 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.11.:ID: 652687231 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Etkinlik Görsel 7.1.: ID: 250993063 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Etkinlik Görsel 7.2: ID: 330646469 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Etkinlik Görsel 7.3: ID: 1712887582 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Etkinlik Görsel 7.4: ID: 1297565863 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 7.1: ID: 1738448798 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 7.2: ID: 131942597 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 7.3: ID: 1693682596 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 7.4: ID: 1693682698 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 7.5: ID: 1693682278 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 7.11: ID: 1765861892 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 7.14: Kaya Gazının (Shale Gaz) Dünyadaki ve Türkiye'deki Gelişmeleri (dogalgaz.com.tr) adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat 21:40
Şekil 7.16: <http://bilsenbesergil.blogspot.com/> adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat 21:44
Şekil 7.17. The geology of natural gas resources – Today in Energy – U.S. Energy Information Administration (EIA) adresinden alınmıştır. Tarih 12.02.2021 saat 21:51
Şekil 7.18: ID: 1303757494 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 7.13: yazi.pdf (tubitak.gov.tr)
Görsel 7.14: ID: 584842834 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 8.1: [www.bilsenbesergil.blogspot.com](http://bilsenbesergil.blogspot.com) adresinden alınmıştır.
Şekil 8.2: [www.bilsenbesergil.blogspot.com](http://bilsenbesergil.blogspot.com) adresinden alınmıştır.
Şekil 8.3: [www.bilsenbesergil.blogspot.com](http://bilsenbesergil.blogspot.com) adresinden alınmıştır.
Şekil 8.5: [www.bilsenbesergil.blogspot.com](http://bilsenbesergil.blogspot.com) adresinden alınmıştır.
Şekil 8.6: [www.bilsenbesergil.blogspot.com](http://bilsenbesergil.blogspot.com) adresinden alınmıştır.
Şekil 9.1: ID: 463262843 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 9.2: ID: 28453958 <https://docplayer.biz.tr/> adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 06:17
Şekil 9.3: Types of sedimentary basins (viu.ca) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 06:30
Şekil 9.4: Types of sedimentary basins (viu.ca) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 23:10
Şekil 9.5: Basin and Petroleum System I Sedimentary Basin I Sedimentary Rock (scribd.com) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 06:17
Şekil 9.6: ID: 1294946092 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 9.7: PPT – Geology of Petroleum Systems PowerPoint Presentation, free download – ID:5598656 (slideserve.com/) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 12:23
Görsel 9.1: ID: 1801831450 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 9.2: ID: 767760616 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 9.3: ID: 586282283 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 9.4: ID: 618500450 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 9.5: ID: 748028011 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Görsel 9.6: ID: 613344809 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 9.8: Türkiye Petrolleri A.O. na Twitterde: „Dünyadaki petrol rezervlerinin bölgelere göre nasıl dağılım gösterdiğini biliyor muydunuz? <https://t.co/HTu0d-GPNtl>“ / Twitter adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 13:23
Şekil 9.9: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı – Petrol adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 13:55
Şekil 9.10: Map showing the location of hydrocarbon fields in east–central Saudi... | Download Scientific Diagram (researchgate.net) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 14:01
Şekil 9.11: ID: 1194186070 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 9.12: ID: 1194188713 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.

Şekil 9.13: img_tech_kuwaitoilmap.jpg (1000x779) (moo.gov.kw) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 14:40
Şekil 9.14: United Arab Emirates's Oil And Gas Infrastructure (Map Update) (southfront.org) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 14:49
Şekil 9.15 Venezuela's Crypto(currency) Experiment I by Anshuman Mehta | Medium adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 14:54
Şekil 9.16: WI/AHC – Consequences of a screwed Mexico | alternatehistory.com adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 14:56
Şekil 9.17: Chris D'Angelo Twitter'da: "funny how that works <https://t.co/cHGpf2U6j>" / Twitter adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 16:43
Şekil 9.18: <https://www.semanticscholar.org/> adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 16:46
Şekil 9.19: TOTAL (expert-oil.com) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 17:21
Şekil 9.20: Geopolitical Economy of Russia's Foreign Policy Duality: Lockean in its East and Hobbesian in its West – Rising Powers in Global Governance (risin-gpowersproject.com) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 17:35
Şekil 9.21: <https://upload.wikimedia.org/> adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 17:44
Şekil 9.22: Kazakistan petrol boru hatları (ANALİZ) – kazakistan.kz – Kazakistan'dan Türkçe bakış adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 17:57
Şekil 9.23: (nftegaz.ru) adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 20:48
Şekil 9.24: Assessing the future of North Sea oil and gas – Crystol Energy adresinden alınmıştır. Tarih 14.02.2.2021 saat 20:30
Şekil 10.1: Görsel Tasarım Uzmanı tarafından düzenlenmiştir.
Şekil 10.2: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.3: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.4: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.5: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.6: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.7: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.8: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.9: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.10: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.11: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 10.12: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.1: ID: 685443610 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.2: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.3: ID: 364738907 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.4: ID: 1491337448 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.5: ID: 147186491 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.6: ID: 1220769802 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.7: www.bilimgenc.tubitak.gov.tr adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.8: www.bilimgenc.tubitak.gov.tr adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.9: www.bilimgenc.tubitak.gov.tr adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.10: www.dunyaenerji.org.tr adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.11: ID: 128998913 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.12: ID: 18865282 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
GörSEL 11.13: ID: 1344602378 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 11.1: www.bilsenbesergil.blogspot.com adresinden alınmıştır.
Şekil 11.2: ID: 1082369450 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 11.3: ID: 242222905 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 11.4: www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Şekil 11.5: www.bilimgenc.tubitak.gov.tr adresinden alınmıştır.
Şekil 11.6: www.bilimgenc.tubitak.gov.tr adresinden alınmıştır.

HARİTA KAYNAKÇA

Harita 2.1 İD: 1472216198 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Harita 2.2 İD: 1184578189 www.shutterstock.com adresinden alınmıştır.
Harita 3.1 İD: 19021181 www.123rf.com adresinden alınmıştır.

CEVAP ANAHTARI

1. Öğrenme Birimi

1. magmanın, yükselme, 2. Akifer, 3. aşındırma ve biriktirme, 4. litosfer – manto ve çekirdek, 5. Eğim, 6. C, 7. D, 8. E, 9. A, 10. C

2. Öğrenme Birimi

1. iri, 2. Baca, 3. Çizgisel, 4. Lapilli, 5. Kaldera, 6. Batolit, 7. B, 8. D, 9. C, 10. D, 11. C

3. Öğrenme Birimi

1. Hiposantr, 2. Epiroyenez, 3. Tsunami, 4. Levha, 5. Dağlar, 6. Mercalli, 7. Antiklinal – Senklinal, 8. A, 9. C, 10. E, 11. E, 12. D

4. Öğrenme Birimi

1. Genel mineraloji ve özel mineraloji, 2. Mineral, 3. Kayaç, 4. Elmas, 5. kristal ve amorf, 6. D, 7. D, 8. B, 9. E, 10. E, 11. C

5. Öğrenme Birimi

1. Arazi ve laboratuvar, 2. Mikroskop, 3. Oksitler ve sülfitler, 4. Tenör, 5. Çelik, 6. Demirli ve demirsiz, 7. D, 8. A, 9. D, 10. D, 11. A

6. Öğrenme Birimi

1. Turba, 2. Grafit, 3. Petrol, 4. Doğal gaz, 5. Fosil, 6. C, 7. D, 8. D, 9. C, 10. D, 11. D

7. Öğrenme Birimi

1. Tortul kayaç, 2. Metan, 3. doymamış hidrokarbon, 4. Viskozite, 5. Hidrokarbon, 6. D, 7. C, 8. B, 9. A, 10. E, 11. D

8. Öğrenme Birimi

1. petrol 2. hazne Kaya 3. göllerde ve denizlerde 4. katajenez 5. kapan, 6. E, 7. D, 8. C, 9. E, 10. B

9. Öğrenme Birimi

1. Basra Körfezi, 2. Venezuela, 3. Tersiyer, 4. Göç (migrasyon), 5. Sediment, 6. C, 7. D, 8. E, 9. A, 10. D, 11. E

10. Öğrenme Birimi

1. tektonik ve stratigrafik, 2. geçirimsiz, 3. normal, ters, bindirme, doğru atımlı, 4. resifler, 5. dome (kubbe), 6. D, 7. E, 8. A, 9. C, 10. D

11. Öğrenme Birimi

1. gravite 2. sismik 3. ruhsat alımı 4. manyetik yöntem 5. gaz hidrat, 6. D, 7. B, 8. C, 9. C, 10. D