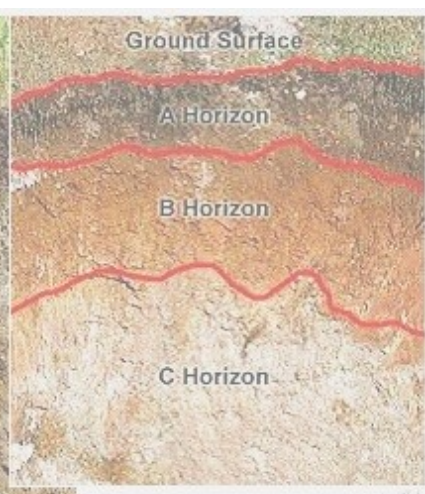




Ankara Üniversitesi  
Ziraat Fakültesi



# TOPRAK BİLİMİ

## Ders Notları



Prof. Dr. Günay ERPUL

Ankara

2014





Başlarken;

Bu ders kitabı Prof. Dr. Günay ERPUL'un Toprak Bilimi ders materyallerinden derlenerek ve geniş ölçüde web görsellerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Bu derlemenin yazımında Doktora öğrencisi Melis Özge PINAR ve Zir. Yük. Müh. Sema KARABAĞ görev almış, notlar .docx ve .pdf halinde kullanıma sunulmuştur.

# TOPRAK BİLİMİ

## İÇİNDEKİLER

1.1	Giriş .....	1
1.2	Toprak nedir? .....	1
1.3	Toprağın temel yapı maddeleri nelerdir? .....	2
1.4	Toprağın işlevleri nelerdir?.....	2
1.5	Toprak oluşum etmenleri .....	3
1.5.1	Ana Materyal .....	4
1.6	Toprak oluşum süreçleri.....	5
1.7	Toprak oluşumu.....	5
1.7.1	Toprak horizonları .....	5
1.8	Toprak Bünyesi .....	8
1.8.1	Toprak Bünye Sınıfları = Soil Texture Classes .....	9
1.9	Toprak Yapısı = Soil Structure .....	9
1.10	Boşluklar Hacmi = Pore Space .....	11
1.11	1.7.5 Toprak Geçirgenliği = Soil Permeability .....	11
1.11.1	Toprak Bünyesi ve Geçirgenlik .....	11
1.11.2	Toprak Yapısı ve Geçirgenlik .....	11
1.12	Toprak Suyu = Soil Water .....	12
1.12.1	Elverişli Su Kapasitesi = Available Water Capacity.....	12
Ödev 1. SORULAR .....		13
Ödev 1. CEVAPLAR.....		14
2.1	Toprak ana maddesi .....	16
2.1.1	Yer kürenin genel yapısı.....	16
2.2	Toprak ana maddesi .....	18
2.2.1	Püskürük kayalar .....	18
2.2.2	Tortul Kayalar .....	19
2.2.3	Başkalaşım kayaları .....	20
2.3	Organik ana materyal .....	21
2.4	Toprağın yapısında bulunan mineraller .....	22
2.4.1	Toprak ve toprak oluşturan kayalarda en fazla yer alan mineraller.....	23
Ödev 2. SORULAR .....		27
Ödev 2. CEVAPLAR.....		29
3.1	Toprak oluşumunda aşınma, ayrışma ve birikme olayları .....	31
3.1.1	Fiziksel Etmenler .....	32
3.2	Aşınma Oranı.....	39
3.2.1	Doğal Aşınma Yüzeyleri ve Zayıf noktalar .....	39



3.2.2	Sonuç.....	41
Ödev 3.	SORULAR .....	42
Ödev 3.	CEVAPLAR.....	45
4.1	Toprak Oluşumunda Kimyasal Ayrıştırma Etmenleri .....	47
4.1.1	Yükseltgenme .....	47
4.1.2	Hidroliz .....	49
4.1.3	Hidrasyon .....	51
4.1.4	Karbonasyon .....	54
4.1.5	Solüsyon .....	54
4.1.6	İndirgenme .....	57
4.2	Biyolojik etmenler .....	57
Ödev 4.	SORULAR .....	59
Ödev 4.	CEVAPLAR.....	61
5.1	Toprak karakter kazandıran etmenler.....	64
5.1.1	Ana materyal .....	64
5.1.2	Topografya.....	68
5.1.3	Zaman.....	72
5.1.4	Biyosfer (Canlılar).....	74
5.1.5	İklim .....	76
6.1	Mineral toprakların fiziksel özellikleri.....	83
6.1.1	Toprak Bünyesinin Belirlenmesi .....	84
6.1.2	Tane Büyüklük Dağılımı .....	85
6.1.3	Tane Yoğunluğu ( $\rho_p$ ) ( $g\ cm^{-3}$ ) .....	86
6.1.4	Hacim Ağırlığı ( $\rho_{ds}$ ) ( $g\ cm^{-3}$ ) .....	87
6.1.5	Boşluklar Hacmi (f) (%) .....	88
6.1.6	Toprak Yapısı.....	88
6.1.7	Toprak Yapısı Sınıfları ve Tipleri .....	89
6.1.8	Toprak Kıvamı .....	92
6.1.9	Toprak Rengi .....	92
Ödev 6.	SORULAR .....	100
Ödev 6.	CEVAPLAR.....	101
Ödev 7.	SORULAR .....	102
Ödev 7.	CEVAPLAR.....	106
Ödev 8	SORULAR .....	111
Ödev 8.	CEVAPLAR.....	113

## ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 1.1 TOPRAK KİR DEĞİLDİR. KİR-PİS OLAN TIRNAKLARINIZIN ALTINA GİRENDİR .....	1
ŞEKİL 1.2.BİR TOPRAĞI OLUŞTURAN TEMEL YAPI MADDELERİNİN HACİM ORANLARI (AKALAN, İ. TOPRAK BİLGİSİ. SAYFA 9).....	2
ŞEKİL 1.3 TOPRAĞIN İŞLEVLERİ .....	3
ŞEKİL 1.4 TOPRAK OLUŞUM ETMENLERİ .....	4
ŞEKİL 1.5 TOPRAK OLUŞUM ETMENLERİ .....	4
ŞEKİL 1.6 TOPRAK OLUŞUM SÜREÇLERİ .....	5
ŞEKİL 1.7 O HORIZONU GÖSTERİMİ .....	6
ŞEKİL 1.8 A HORIZONU GÖSTERİMİ .....	6
ŞEKİL 1.9 E HORIZONU GÖSTERİMİ .....	7
ŞEKİL 1.10 B HORIZONU GÖSTERİMİ.....	7
ŞEKİL 1.11 C HORIZONU GÖSTERİMİ.....	8
ŞEKİL 1.12 TOPRAK TANECİKLERİNİN BÜYÜKLÜKLERİ .....	8
ŞEKİL 1. 13 TEKSTÜR ÜÇGENİ .....	9
ŞEKİL 1.14 TOPRAK STRÜKTÜR ÖZELLİKLERİ .....	9
ŞEKİL 1.15 SUYUN KİLLİ VE KUMLU TOPRAKTAKİ HAREKETİ .....	11
ŞEKİL 1.16 SUYUN FARKLI YAPISAL ÖZELLİK GÖSTEREN TOPRAKLARDAKİ HAREKETİ .....	11
ŞEKİL 1.17 TOPRAK SUYU .....	12
ŞEKİL 1. 18TOPRAK SUYU .....	12
ŞEKİL 2.1 AYRIŞMA ÜRÜNLERİ .....	16
ŞEKİL 2.2 YERKÜRENİN YAPISI .....	16
ŞEKİL 2.3 ARZ KABUĞU VE ÜST MANTO.....	17
ŞEKİL 2.4 KAYA DÖNGÜSÜ.....	17
ŞEKİL 2.5 TOPRAK ANA MADDESİ: KAYALAR.....	18
ŞEKİL 2.6 PÜSKÜRÜK KAYALAR.....	18
ŞEKİL 2.7 TORTUL KAYALAR.....	19
ŞEKİL 2.8 METAMORFİK KAYALAR .....	20
ŞEKİL 2.9 ÇÜRÜME VE AYRIŞMA.....	21
ŞEKİL 2.10 MİNERAL GRUPLARI, KİMYASAL YAPILARI VE BULUNMA KRİTERLERİ .....	23
ŞEKİL 2.11 MİNERAL GRUPLARI, KİMYASAL YAPILARI VE BULUNMA KRİTERLERİ (DEVAM).....	24
ŞEKİL 2.12 MİNERAL GRUPLARI, KİMYASAL YAPILARI VE BULUNMA KRİTERLERİ (DEVAM).....	24
ŞEKİL 3. 1 AŞINMA VE AYRIŞMA .....	31
ŞEKİL 3.2 AŞINMA VE AYRIŞMA .....	31
ŞEKİL 3.3 FİZİKSEL AYRIŞMA .....	32
ŞEKİL 3. 4 FİZİKSEL AYRIŞMA .....	33
ŞEKİL 3. 5 BUZ KAYNAKLI AŞINMA VE PARÇALANMALAR .....	33
ŞEKİL 3.6 DEVAMLI DON KOŞULLARI ALTINDA GRANİT KAYASININ ÇATLAMA DURUMU.....	34
ŞEKİL 3.7 MEKANİKSEL KIRILMALAR .....	35
ŞEKİL 3.8 TANE BOYUTLARI FİZİKSEL AŞINMA İLE KÜÇÜLÜRKEN, TANECİK YÜZEY ALANI ARTMAKTADIR .....	41
ŞEKİL 4.1 KİMYASAL AYRIŞMA.....	47
ŞEKİL 4.2 YÜKSELTGENME VE HİDRASYON .....	48
ŞEKİL 4.3 YÜKSELTGENME VE HİDRASYON .....	48
ŞEKİL 4.4 YÜKSELTGENME VE HİDRASYON .....	48
ŞEKİL 4.5HİDROLİZ.....	50
ŞEKİL 4.6 HİDRASYON VE AŞINMA.....	53
ŞEKİL 4.7 AŞINMA.....	53
ŞEKİL 4.8 SOLÜSYON.....	55
ŞEKİL 5.1TÜRKİYE JEOLJİ HARİTASI.....	67
ŞEKİL 5.2 ANKARA JEOLJİ HARİTASI.....	67

ŞEKİL 5.3 ANKARA JEOLJİ HARİTASI LEJANTI .....	67
ŞEKİL 5.4 TOPOGRAFİK YAPI UNSURLARI .....	68
ŞEKİL 5.5 TOPOGRAFİK YAPI TÜRLERİ .....	68
ŞEKİL 5.6 EĞİME GÖRE DRENAJ .....	69
ŞEKİL 5.7 DRENAJA BAĞLI OLARAK TOPRAK PROFİLİ İÇERİSİNDE MEYDANA GELEN OLUŞUMLAR .....	69
ŞEKİL 5.8 DRENAJ SINIFLARI (YER ALTI SU SEVİYESİNE OLAN DERİNLİK).....	69
ŞEKİL 5.9 TOPRAKLARDA ZAMAN FAKTÖRÜNÜN ETKİSİ .....	72
ŞEKİL 5.10 IKLİME BAĞLI TOPRAK PARAMETRELERİNİN OLUŞUM EĞRİLERİ .....	76
ŞEKİL 6.1 TANE BÜYÜKLÜK ÇAPLARINA GÖRE TOPRAK FRAKSİYONLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	83
ŞEKİL 6.2 USDA BÜNYE ÜÇGENİ .....	84
ŞEKİL 6.3 HIDROMETRE YÖNTEMİNDE OKUMA İŞLEMİ.....	84
ŞEKİL 6.4 A) ÜNİFORM BİR TOPRAK B) İYİ DERECELENMİŞ BİR TOPRAK C) İYİ DERECELENMEMİŞ BİR TOPRAK .....	85
ŞEKİL 6.5 TANE YOĞUNLUĞU ( $\rho_p$ ) ( $G\text{ CM}^{-3}$ ) VE HACİM AĞIRLIĞI ( $\rho_{DS}$ ) ( $G\text{ CM}^{-3}$ ).....	88
ŞEKİL 6.6 MUNSELL RENK SKALASI.....	93
ŞEKİL 6.7 MUNSELL RENK İSKALASI.....	93



## RESİMLER DİZİNİ

RESİM 1.1 TERRAROSA (KIRMIZI) TOPRAK VE TOPRAK ÖRNEĞİ ALMA KÜREĞİ .....	2
RESİM 1.2 TOPRAK STRÜKTÜR ÖRNEKLERİ (LEVHALI VE PRİZMATİK) .....	10
RESİM 1.3 TOPRAK STRÜKTÜR ÖRNEKLERİ (KOLUMNAR VE KÖŞELİ) .....	10
RESİM 1.4 TOPRAK STRÜKTÜR ÖRNEKLERİ (GRANÜLER) .....	10
RESİM 2.1 GRANİT (A), DİORİT (B) VE BAZALT (C) .....	19
RESİM 2.2 KUM TAŞI (A), KİL TAŞI (B) VE ŞEYL (C) .....	20
RESİM 2.3 GNAYS (A), KUVARSİT (B), MERMER (C), ŞİST (D) VE SLEYT (E) .....	21
RESİM 2.4 ORGANİK ANA MATERYAL .....	22
RESİM 2.5 KUVARS (A) , KALSİT (B,C) , PRİT (D).....	23
RESİM 2.6 LİMONİT VE KUVARS KUMU .....	25
RESİM 2.7 KALSİT $\text{CaCO}_3$ (A), SİDERİT $\text{FeCO}_3$ (B) VE MAGNEZİT $\text{MgCO}_3$ (C) .....	25
RESİM 2.8 PLAJİOKLAS VE K-FELDSPAT .....	26
RESİM 2.9 KAOLİNİT ( $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$ ) .....	26
RESİM 3.1 BUZ KAYNAKLI AŞINMA VE PARÇALANMALAR .....	34
RESİM 3.3 MEKANİKSEL KIRILMALAR .....	35
RESİM 3.4 BASINÇLARIN ORTADAN KALKMASI: AŞIRI YÜKLERDEN KURTULAN KAYA KÜTLELERİNİN GENİŞLEMESİ .....	36
RESİM 3.6 KÖK DEĞİŞİMİ: AĞAÇ KÖKLERİNİN KAYA ÇATLAKLARINDA GELİŞMESİ SONUCU ÇATLAKLAR VE PARÇALANMALAR OLUŞMAKTADIR .....	37
RESİM 3.8 RÜZGAR EROZYONU VE SÜRTÜNME .....	38
RESİM 3.9 SU EROZYONU VE SÜRTÜNME .....	38
RESİM 3.10 TORTUL KAYALAR VE FARKLI BİRİKME SEVİYELERİ .....	39
RESİM 3.11 PÜSKÜRÜK KAYALAR VE EKLEM, BULUŞMA DÜZLEMLERİ .....	39
RESİM 3.12 PÜSKÜRÜK KAYALAR – EKLEM, BULUŞMA DÜZLEMLERİ .....	40
RESİM 3.13 BAŞKALAŞIM KAYALARI VE KIRILMA YÜZEYLERİ .....	40
RESİM 3.14 KUM TAŞI – EKLEM, BULUŞMA DÜZLEMLERİ .....	41
RESİM 4.1 BAZALT YÜKSELTGENMESİ .....	49
RESİM 4.2 FELDSPATLARIN AYRIŞMASI .....	49
RESİM 4.6 KARBONASYON VE HİDROLİZ.....	51
RESİM 4.3 GRANİT (KURAK İKLİM) RESİM 4.4 GRANİT (NEMLİ İKLİM).....	51
RESİM 4.7 SU, KAYALARIN ÇÖZÜNMESİNE VE AYRIŞMALARINA NEDEN OLUR. ....	52
RESİM 4.8 HİDRASYON .....	52
RESİM 4.9 $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2(\text{HCO}_3)^-$ .....	56
RESİM 4.10 KİREÇTAŞI .....	56
RESİM 4.11 TOPRAK ORGANİZMALARI .....	57
RESİM 4.12 BİTKİ KÖKLERİNİN AYRIŞMAYA ETKİSİ.....	58
RESİM 4.13 TOPRAK MAKROORGANİZMALARI.....	58
RESİM 5.1 YERİNDE OLUŞMUŞ ANA MATERYAL .....	64
RESİM 5.2 ALÜVİYAL ANA MATERYAL İYİ BİR ŞEKİLDE DERECELENMİŞ MATERYALLER .....	64
RESİM 5.3 ALÜVİYAL ANA MATERYAL (TAŞKIN OVALAR).....	65
RESİM 5.4 GÖLSEL ANA MATERYAL .....	65
RESİM 5.5 İYİ BİR ŞEKİLDE DERECELENMİŞ MATERYALLER .....	66
RESİM 5.6 İYİ BİR ŞEKİLDE DERECELENMEMİŞ MATERYALLER.....	66
RESİM 5.7 EĞİMİN HESAPLANMASI .....	68
RESİM 5.9 TEPE DÜZLÜĞÜNE AİT TOPRAK PROFİLİ .....	70
RESİM 5.10 OMUZ BÖLGESİNDEKİ TOPRAK PROFİLİ .....	70
RESİM 5.11 TABAN ARAZİYE AİT TOPRAK PROFİLİ .....	71
RESİM 5.12 EĞİM YÖNÜ .....	71

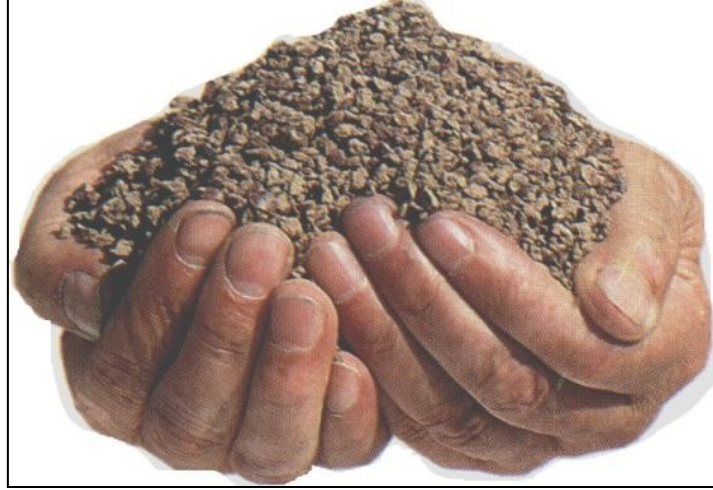
RESİM 5.13 EĞİM YÖNÜ FARKLILIKLARI.....	71
RESİM 5.14 EĞİM YÖNÜ FARKLILIKLARI.....	72
RESİM 5.15 İNSAN ETKİSİ İLE TOPRAK PROFİL GELİŞİMİNİN ENGELLENMESİ.....	73
RESİM 5.16 DURİXERALF.....	74
RESİM 5.17 TOPRAK CANLILARI.....	74
RESİM 5. 18 DOĞAL ÇAYIR ORTAMINDAKİ TOPRAK PROFİLİ.....	75
RESİM 5.19 ORMAN TOPRAĞINA AIT TOPRAK PROFİLİ.....	75
RESİM 5.20 GEÇİŞ TOPRAKLARINA AIT TOPRAK PROFİLİ.....	75
RESİM 5.21 YIKANMA İNDİSLERİ SIRASIYLA LI = 8, LI = 4 VE LI = 2.....	76
RESİM 6.1 HİDROMETRE YÖNTEMİ İLE BÜNYE ANALİZİNDEN GÖRÜNTÜ.....	84
RESİM 6.2: HİDROMETRE OKUMASI.....	85
RESİM 6.3 PİKNOMETRE ANALİZİNDEN.....	86
RESİM 6.4 TERAZİ, ANALİZE HAZIRLANMIŞ TOPRAK ÖRNEĞİ VE LABORATUAR MALZEMELERİ.....	86
RESİM 6.5 PİKNOMETRE.....	87
RESİM 6.6 DOĞAL DURUMDAKİ TOPRAK ÖRNEĞİ.....	87
RESİM 6.7 KUVVETLİ İNCE LEVHALI YAPI.....	89
RESİM 6.8 KUVVETLİ ORTA PRİZMATİK (SÜTUNSA) YAPI; (PRİZMALAR 35 – 45 MM BÜYÜKLÜĞÜNDEDİR)...	90
RESİM 6.9 KUVVETLİ ORTA KOLUMNAR YAPI DEMETİ (SÜTUN-BENZERİ AMA ÜST KISIMLARI KÖŞELİ DEĞİL); DEMET ÜST GENİŞLİĞİ YAKLAŞIK OLARAK 135 MM' DİR.....	90
RESİM 6.10 KUVVETLİ ORTA VE İRİ KÖŞELİ BLOK YAPI (KÖŞELER YUVARLAKLAŞMAYA YÜZ TUTMUŞ İSE "YARI KÖŞELİ BLOK" YAPI OLUR).....	91
RESİM 6.11 KUVVETLİ İNCE VE ORTA GRANÜL BENZERİ YAPI (GRANÜLLERDEKİ BOŞLUKLAR HACMİ ARTARSA "FURDA" YAPI OLUŞUR).....	91
RESİM 6.12 İNDİRGENME-YÜKSELTGENME LEKELERİ-BENEKLERİ.....	94
RESİM 6.13 İNDİRGENME-YÜKSELTGENME LEKELERİ-BENEKLERİ.....	94
RESİM 6.14 CAMBİC HORIZON (W: WEAK = ZAYIF).....	95
RESİM 6.15 ARGİLLİC HORIZON (T: KİL BİRİKİMİ).....	96
RESİM 6.16 OXİC HORIZON (O: DEMİR OKSİT).....	97
RESİM 6.17 ALBİC HORIZON" (E: ELUVİAL = YIKANMA).....	98
RESİM 6.18 KİL KUTANLARI (KÖPRÜLERİ).....	99

## 1. BÖLÜM

### 1.1 Giriş

Toprak bilimi neden göz korkutur?

- Tamamıyla yeni terimler ve deyimler kümesi karşımıza çıkar.
- Bilimsel olarak toprağı göz önünde canlandırma güçlüğü vardır.
- Temel bilimlerden "kimya" ve "fizik"te olduğu gibi konu başlıkları ve içerikleri karmaşık olabilir.



Şekil 1.1 Toprak kir değildir. Kir-pis olan tırnaklarınızın altına girendir

### 1.2 Toprak nedir?

Toprak tanımlamasının birçok şekli vardır:

1) **Jeolojik tanımlama:** Yer-kürenin en üst katmanında bulunan ve sert kayadan kolaylıkla ayırt edilebilen gevşek yüzey oluşumlarıdır.

2) **Geleneksel tanımlama:** Gelişmekte olan bitkilere durak yeri olan ve onları besleyen materyaller bütünüdür (inorganik ve organik maddeler ile su ve hava içerir).

Diğer bir tanımlama ile toprak, arzın yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplayan, kayaların ve organik maddelerin türlü ayrışma ürünlerinin karışımından meydana gelen, içerisinde ve üzerinde geniş bir canlılar âlemi barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı olan, belli oranlarda su ve hava içeren üç boyutlu bir varlıktır (\*Akalan İ. Toprak Bilgisi. Sayfa 8).

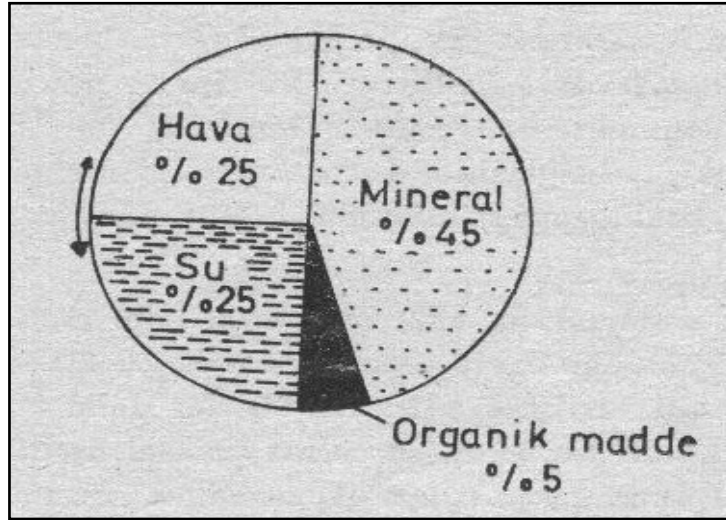




Resim 1.1 Terrarosa (kırmızı) toprak ve toprak örneği alma küreği

### 1.3 Toprağın temel yapı maddeleri nelerdir?

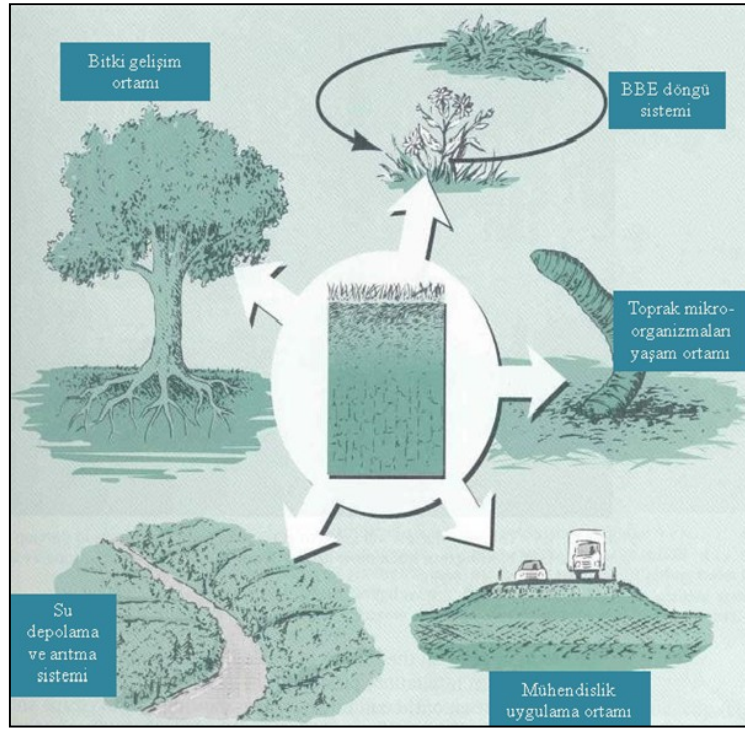
- Mineral Madde
- Organik Madde
- Hava
- Su



Şekil 1.2. Bir toprağı oluşturan temel yapı maddelerinin hacim oranları  
(Akalan, İ. Toprak Bilgisi. Sayfa 9)

### 1.4 Toprağın işlevleri nelerdir?

- Bitki yetiştirme ortamı
- Bitki besin elementleri için geri dönüşüm sistemi
- Birçok canlı için yaşam ortamı
- Mühendislik uygulama ortamı
- Su depo ve doğal arıtma sistemi



Şekil 1.3 Toprağın işlevleri

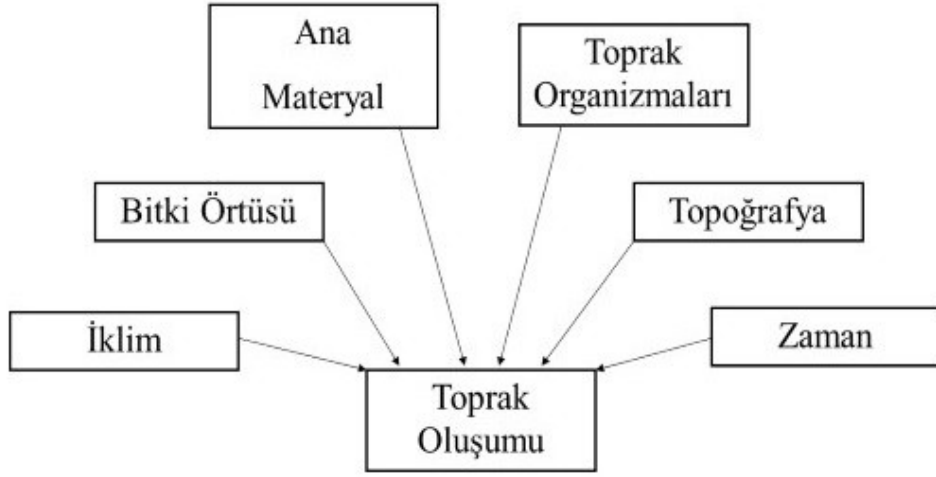
Toprağın bu işlevleri yerine getirmesi şu özelliklerine bağlıdır:

- Toprak bünyesi
- Toprak yapısı
- Toprak kimyası
- Toprak yaşı
- Arazi unsurları (topografya, eğim, drenaj [su geçirgenlik] koşulları, vs), vs.

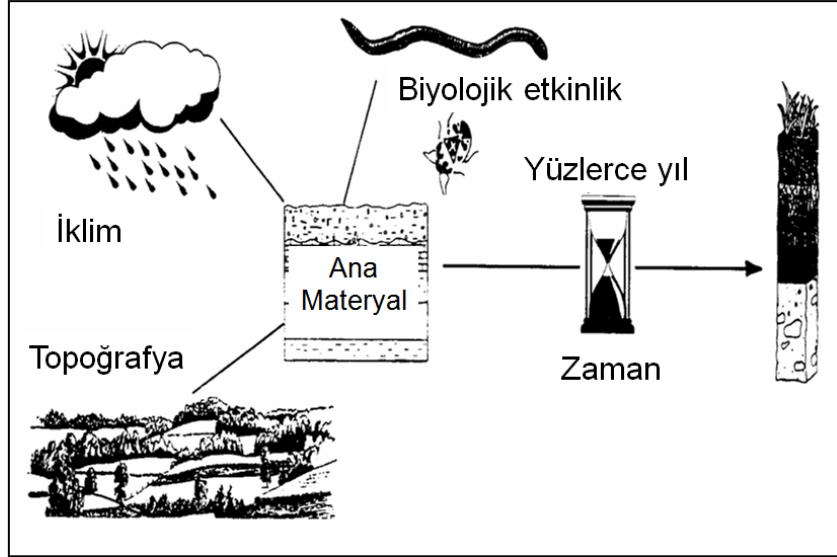
### 1.5 Toprak oluşum etmenleri

Toprak oluşum süreçlerini etkileye beş ana etmen vardır:

- |                                       |   |                |
|---------------------------------------|---|----------------|
| 1) Ana materyal                       | } | <b>Edilgen</b> |
| 2) Zaman                              |   |                |
| 3) Topografya                         |   |                |
| 4) Biyosfer (Canlılar) (Bitki örtüsü) | } | <b>Etken</b>   |
| 5) İklim                              |   |                |



Şekil 1.4 Toprak oluşum etmenleri



Şekil 1.5 toprak oluşum etmenleri

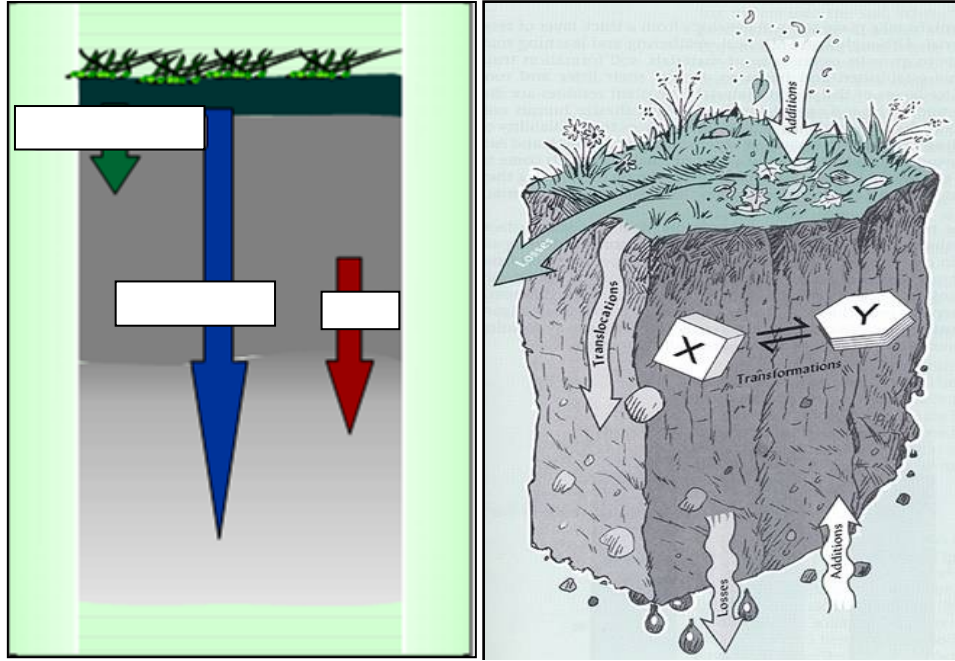
### 1.5.1 Ana Materyal

- Başlıca olarak "ana materyal" ikiye ayrılmaktadır:
- Yerinde oluşmuş ana materyal [Residual-Formed in place (Residuum)]
- Taşınmış ana materyal [Transported-Parent material]:
  - Rüzgar (Eolian = Aeolen)
  - Buz (Glacial = Buzul)
  - Yerçekimi (Colluvial = Koluviyal)
  - Su:
    - ırmaklar (Alluvial = Aluviyal)
    - okyanuslar (Marine = Denizel)
    - göller (Lacustrine = Lakustrin = Gölssel)



## 1.6 Toprak oluşum süreçleri

- Değişimler (Kimyasal ve Fiziksel Ayrışmalar) [Transformations] – toprak yapı unsurlarının değişimi. Mineral ayrışması, organik madde parçalanması.
- Yer değiştirmeler [Translocations] – toprak yapı taşlarının toprak profilindeki aşağı-yukarı veya yatay hareketleri.
- Eklemeler [Additions] – dışsal kaynaklardan toprak materyallerinin oluşum süreçlerine katılması. Yaprak dökümü ile organik madde kazanımları, rüzgâr erozyonu sonucu atmosfer kaynaklı toz birikintileri.
- Kayıplar [Losses] – Toprak materyallerinin profilden uzaklaşması. Kolaylıkla çözünebilir tuzların toprak profilinden yıkanarak yer-altı sularına gitmesi (kimyasal taşınım süreçleri), yüzey materyallerinin erozyon ile uzaklaştırılması (fiziksel taşınım süreçleri).



Şekil 1.6 toprak oluşum süreçleri

## 1.7 Toprak oluşumu

Toprak oluşum etmenleri etkisi altında işlev gören toprak oluşum süreçleri "toprak genesis"nin temel konularını oluşturmaktadır.

Hatırlanması gereken önemli sorular şunlardır:

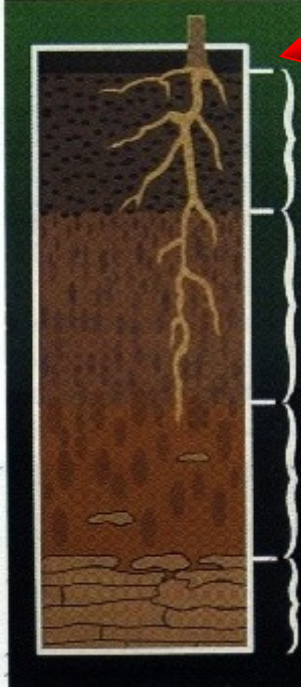
- Her hangi bir toprak oluşurken, ana materyalde hangi değişimler [transformations] ve yer-değişimler [translocations] meydana gelmiştir?
- Hangi materyaller uzaklaşmıştır [losses]?
- Hangi materyaller toprak oluşum sürecine katılmıştır [additions]?
- Oluşum süresi boyunca (zaman), iklim ve topoğrafya bu oluşum süreçlerini nasıl etkilemiştir?

### 1.7.1 Toprak horizonları

- Toprak oluşumu gelişim evrelerini tamamlarken "horizon" olarak adlandırılan toprak katmanları oluşur.
- Bu horizonlar toprak oluşum süreçleri tarafından üretilen belirgin karakteristiklere (özelliklere) sahiptirler.

- En önemli (master) horizonlar O, A, E, B, ve C horizonlarıdır.
- Her toprak her horizonu içermeyebilir; belirli horizonlara sahip olmak, toprak gelişim evresine bağlı olarak değişiklik gösterir.
- Benzer şekilde, her bir horizonun derinliği topraktan toprağa farklı olabilir.

#### O horizonu



O

A

E

B

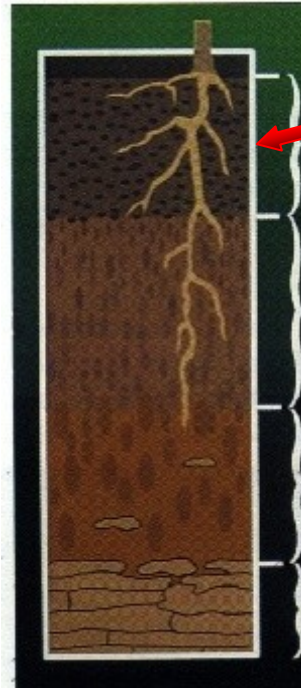
C

R

- Yaprak, ot, odun parçacıkları gibi organik maddenin biriktiği katman
- Materyaller ayrışmanın farklı evrelerinde olabilir
- Genellikle koyu renklidir

Şekil 1.7 O Horizonu gösterimi

#### A horizonu



O

A

E

B

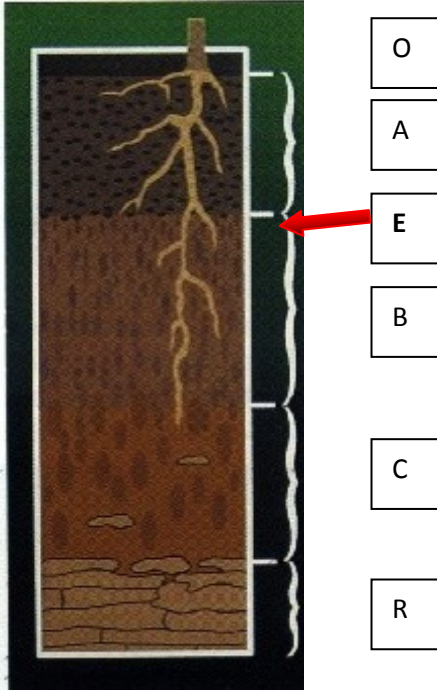
C

R

- Organik maddenin mineral toprak materyalleri ile karıştığı zondur
- Genellikle en verimli (üretken) horizondur
- Yüksek biyolojik (canlı) etkinlik
- Genellikle koyu renklidir
- Üst toprak

Şekil 1.8 A horizonu gösterimi

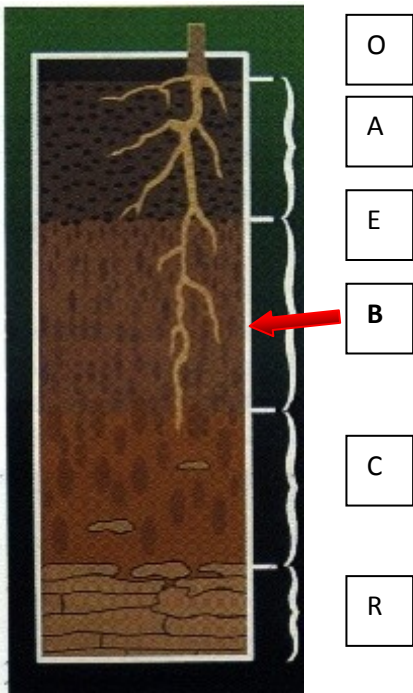
## E Horizonu



- Eluviyal zon [zone of eluviation] veya yıkanma zonu
- Eluviyasyon [Eluviation], bazı toprak materyallerinin bir katmandan uzaklaşması veya yıkanmasıdır
- Çözünebilir mineraller ve organik madde bu horizontan yıkanmıştır
- Genellikle daha açık renkli “yıkanmış” (kül rengi) görünümü vardır

Şekil 1.9 E horizonu gösterimi

## B Horizonu

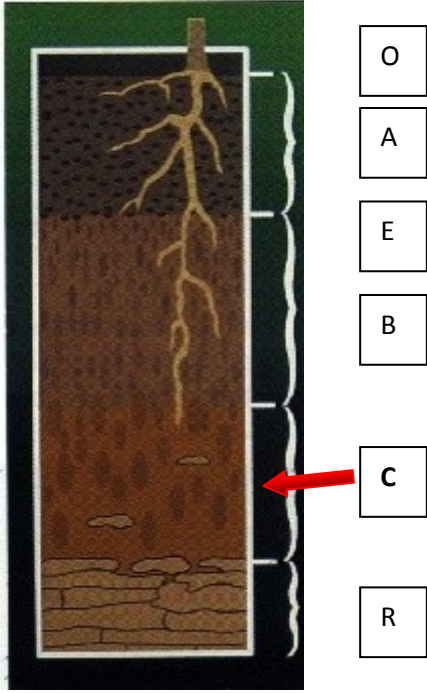


- İlluviyasyon zonu [zone of illuviation] veya birikme zonu
- Üstteki horizonlardan yıkanan materyallerin birikmesi
- Bu materyaller çoğunlukla kil, humus, seskioksitler [sesquioxides = Fe & Al oksitler] veya bunların bir karışımıdır
- Kırmızı ve sarıdan kahverengine ve griye değişen renkler

Şekil 1.10 B horizonu gösterimi



## C Horizonu



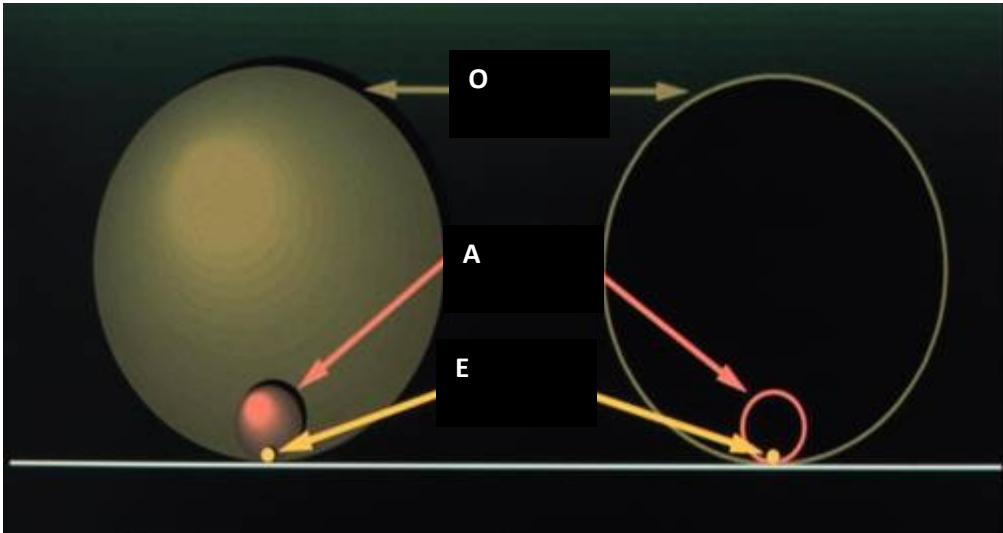
- Ana materyal
- Toprak oluşum süreçlerinden fazla etkilenmemiş ve sıkışmamış materyal katmanı

Şekil 1.11 C horizonu gösterimi

## 1.8 Toprak Bünyesi

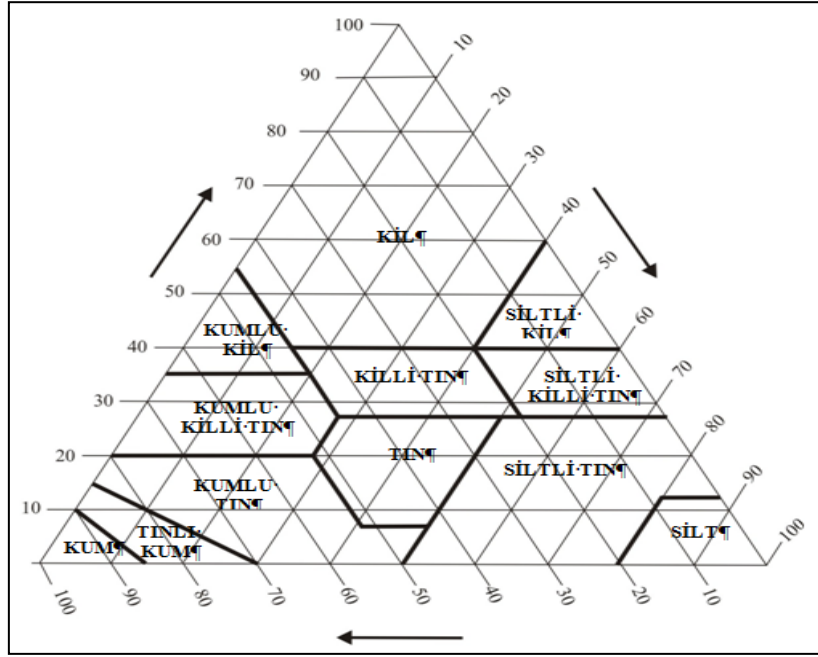
Toprak bünyesi, topraktaki bireysel toprak taneciklerinin oransal ifadesidir.

Kum = 2mm – 0.05mm  
Silt = 0.05mm – 0.002mm  
Kil = < 0.002mm



Şekil 1.12 toprak taneciklerinin büyüklükleri

### 1.8.1 Toprak Bünye Sınıfları = Soil Texture Classes

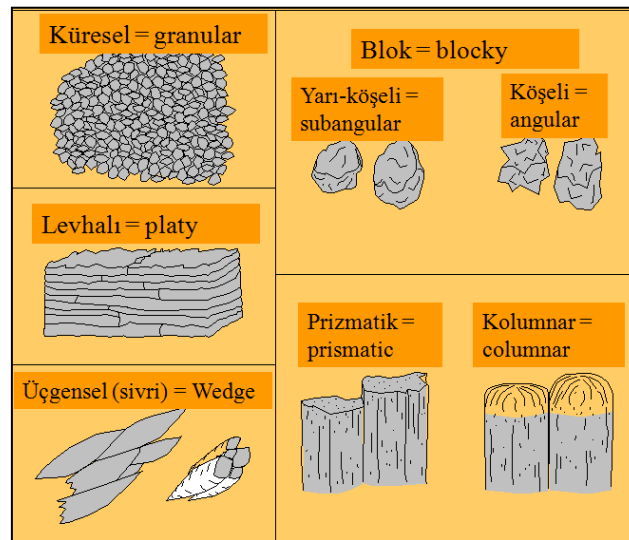


Şekil 1. 13 Tekstür üçgeni

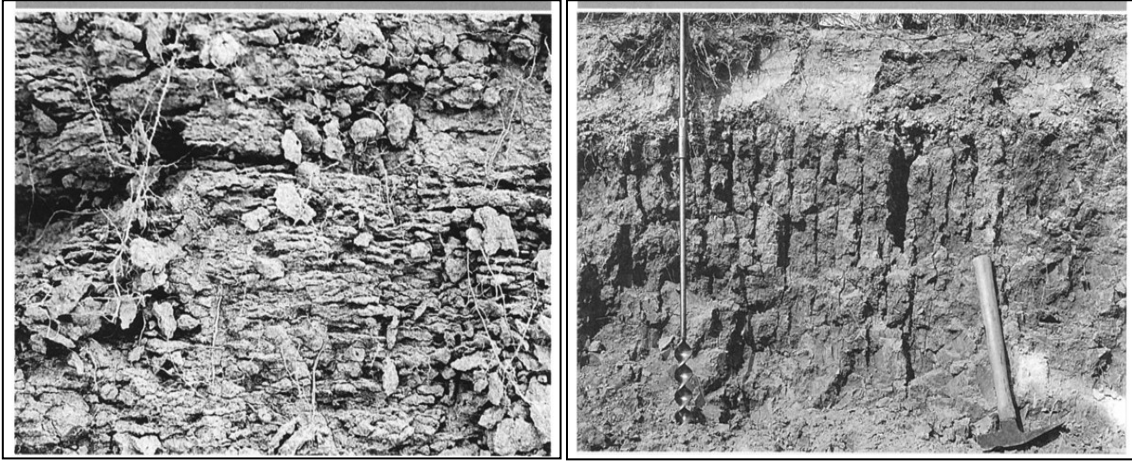
- Kum, silt ve kil taneciklerinin farklı oranları bünye sınıfları içerisinde gruplandırılır.
- Toprak bünyesi diğer birçok toprak karakteristiği ile çok yakından ilişkilidir; karşılıklı etkileşim halindedir.
- Kaba bünyeli toprak [Coarse textured soil] – yüksek oranlarda daha büyük taneciklere sahip olan topraktır. Kum [Sand], Tınlı kum [Loamy sand], Kumlu tın [Sandy loam].
- İnce bünyeli toprak [Fine textured soil] – yüksek oranlarda daha küçük taneciklere sahip olan topraktır. Kil [Clay], Siltli kil [Silty clay], Kumlu kil [Sandy clay].

### 1.9 Toprak Yapısı = Soil Structure

- Toprak yapısı, toprak taneciklerinin kümeleşme (aggregation = kümeleşme, aggregate = agregat) şeklidir; toprak taneciklerinin biraraya gelme veya dizilme şeklidir.
- Yapısız topraklar ya teksel ya da "masif"tir [massive].

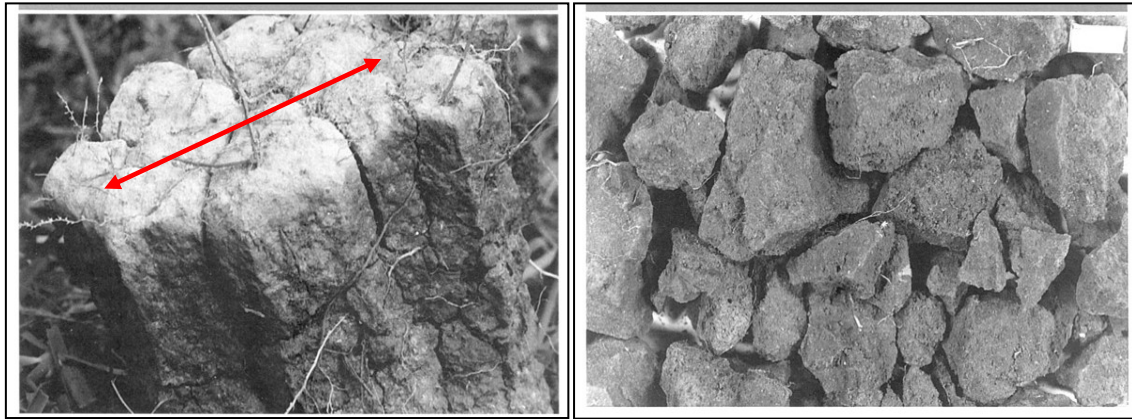


Şekil 1.14 Toprak strüktür özellikleri



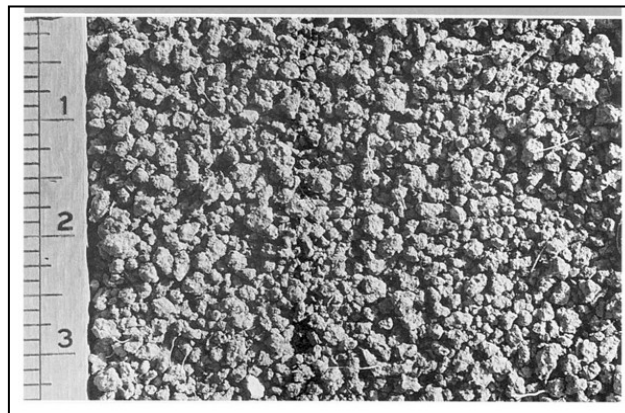
Resim 1.2 Toprak strüktür örnekleri (levhalı ve prizmatik)

- Kuvvetli ince levhalı yapı
- Derece-sınıf-tip
- Kuvvetli orta prizmatik (sütunsal) yapı;
- Prizmalar 35 – 45 mm büyüklüğündedir



Resim 1.3 Toprak strüktür örnekleri (kolumnar ve köşeli)

- Kuvvetli orta kolumnar yapı demeti
- Sütun-benzeri ama üst kısımları köşeli değil;
- Demet üst genişliği yaklaşık olarak 135 mmdir.
- Kuvvetli orta ve iri köşeli blok yapı
- (köşeler yuvarlaklaşmaya yüz tutmuş ise "yarı köşeli blok" yapı olur)



Resim 1.4 Toprak strüktür örnekleri (granüler)

- Kuvvetli ince ve orta granül benzeri yapı
- (granüllerdeki boşluklar hacmi artarsa "furda" yapı oluşur)

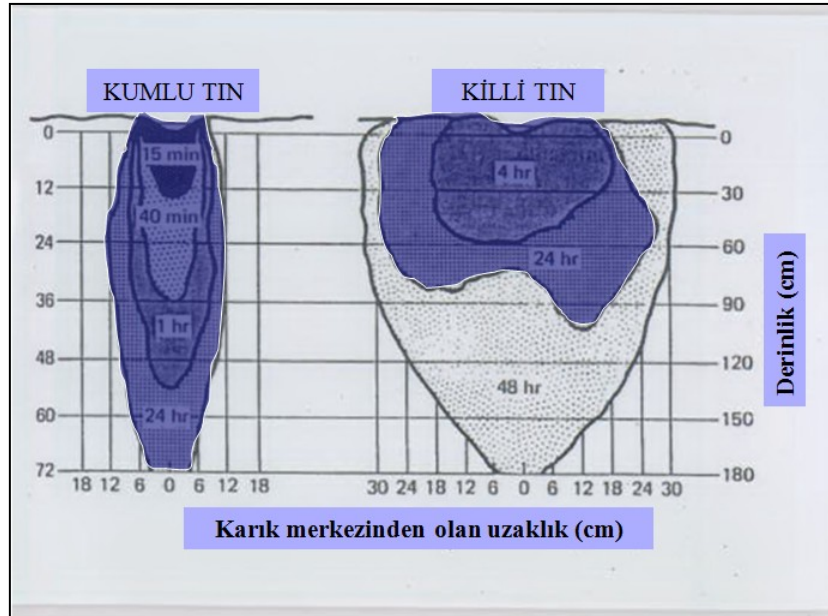
### 1.10 Boşluklar Hacmi = Pore Space

- Toprak partikülleri (tanecikleri) arasındaki boşluklar "por" [pore] olarak adlandırılır. Bunlar ya su ya da hava ile doludurlar.
- Toprak bünyesi, porların büyüklüğü yanında, toplam por hacminin (boşluklar hacmi) belirlenmesinde önemli bir rol oynar.
- Kaba bünyeli topraklar (kumlu) daha büyük porlara sahiptirler, fakat toplam por hacimleri daha azdır.
- İnce bünyeli topraklar (killi) daha küçük porlara sahiptirler, ama toplam por hacimleri daha fazladır.

### 1.11 1.7.5 Toprak Geçirgenliği = Soil Permeability

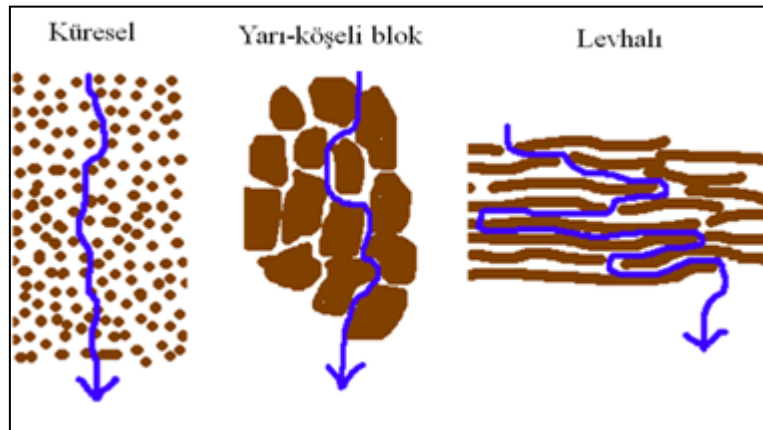
- Geçirgenlik, hava ve suyun toprakta ne kadar hızlı hareket edebileceğinin bir ölçütüdür.
- Hem toprak bünyesi hem de toprak yapısı geçirgenlikte önemli rol oynar.

#### 1.11.1 Toprak Bünyesi ve Geçirgenlik



Şekil 1.15 Suyun killi ve kumlu topraktaki hareketi

#### 1.11.2 Toprak Yapısı ve Geçirgenlik

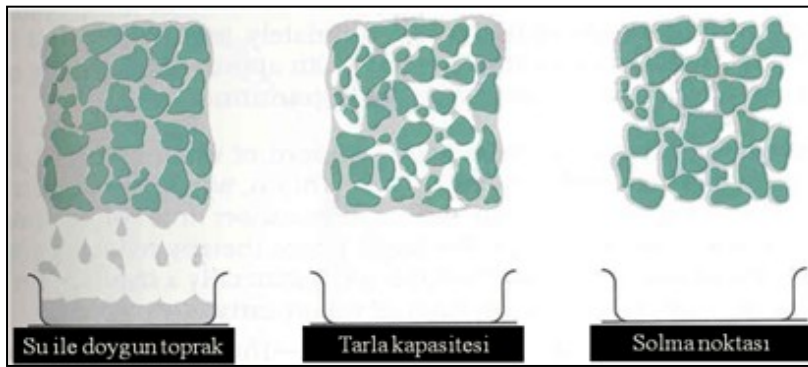


Şekil 1.16 Suyun farklı yapısal özellik gösteren topraklardaki hareketi



### 1.12 Toprak Suyu = Soil Water

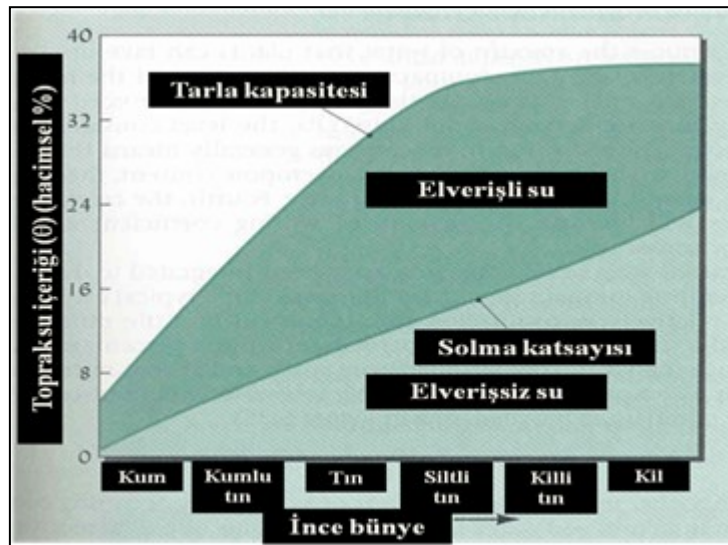
- Doygun toprakta [Saturated soil] boşluklar tamamıyla su ile doludur.
- Yerçekimi suyu [Gravitational water], yer çekimi etkisiyle hareket eden sudur. Genellikle daha büyük porlarda [Macro-pores] bulunan sudur.
- Kapillar su [Capillary water], yerçekimine karşı adezyon [adhesion] ve kohezyon [cohesion] ile toprakta tutulan sudur. Bu su genellikle daha küçük porlarda [Micro-pores] veya bir film olarak (çok ince bir nem tabakası olarak) toprak taneciklerinin çevresinde tutulur.
- Kayıt edilebilir bir yağmur olayından sonra, yerçekimi suyu toprağı terk ettiğinde, toprak "Tarla Kapasitesi"ndedir [Field Moisture Capacity].
- Topraktaki su, bitkiler tarafından kullanılmayacak kadar taneciklerce sıkı bir şekilde tutulduğunda, toprak su içeriğı "solma noktası"ndadır [wilting point].



Şekil 1.17 Toprak suyu

#### 1.12.1 Elverişli Su Kapasitesi = Available Water Capacity

- Elverişli su kapasitesi, bitkilerce kullanılabilir su miktarının bir ölçütüdür.
- Genelde tarla kapasitesindeki toprak nem içeriğı ile solma noktasındaki toprak nem içeriğı arasındaki fark olarak tanımlanır.
- Bu, bir bitki tarafından kullanılabilir suyu ifade eder.



Şekil 1.18 Toprak suyu



## Ödev 1. SORULAR

Soru 1. Ankara – Polatlı İlçesi’ndeki 300 dönümlük arazisinde Siltli Tın (SL) bünyeli bir toprağı olan bir çiftçi, arazisinin 20 cm’lik üst toprağında tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN)’nda tutulan su miktarını ( $\text{kg}$  veya  $\text{m}^3$ ,  $1000 \text{ kg su} = 1\text{m}^3$ ) belirleyerek arazisindeki elverişli su miktarını (ES) bilmek istemektedir. Bir doğal kaynak yönetim uzmanı olarak, istenilen bu değerleri hesaplayınız?

Bilgi 1: Toprak Bilgisi dersi kapsamı içerisinde yapılan hesaplarda, “derinlik” (L, metre) olarak verilen toprak ve su miktarları, birim alandaki toprak veya su hacmi ( $\text{L}^3 / \text{L}^2$ ) şeklinde yorumlanacaktır.

Bilgi 2: Yapılan hesaplarda başka türlü verilmediği takdirde, toprağın hacim ağırlığı (HA) ve suyun özgül ağırlığı sırasıyla  $1250 \text{ kg m}^{-3}$  ve  $1000 \text{ kg m}^{-3}$  olarak alınacaktır.

Soru 2. 300 dönüm bir arazi ve SL bünyeli bir toprak için Soru 1’de  $\text{m}^3$  olarak hesapladığınız TK, SN ve ES miktarını “mm” olarak ifade ediniz?

Soru 3. Eğer bu toprak aldığı yağışın %50’sinde TK’ya ulaşıyor ise (yani bu toprakta yer çekimi kuvvetleri etkisi ile alınan yağışın yarısı toprak profilini terk ettikten sonra TK’ya ulaşmaktadır) ve 26.09.2008 tarihinde saatteki miktarı 5 mm olan bir yağmur 10 saat boyunca yağmış (yağış şiddeti  $I = 5 \text{ mm saat}^{-1}$ ) ise, bu arazide toprağın TK’sinde olup olmadığını hesaplayınız?

Bilgi 3: Arazi alan ölçümleri için aşağıdaki çizelgeyi kullanınız.

Çizelge 1. Arazi alan ölçümleri

1 ar	100 m <sup>2</sup>
1 dekar = 1 dönüm (da)	1000 m <sup>2</sup>
1 hektar (ha)	10000 m <sup>2</sup>
1 hektar	10 dönüm
1 dönüm	10 ar
1 km <sup>2</sup>	10 hektar

## Ödev 1. CEVAPLAR

Cevap1

Ders notu "Elverişli Su Kapasitesi" grafiğinden SL için TK ve SN değerleri sırasıyla hacimsel yüzde olarak %35 ve %14 okunur (değerler yaklaşık olarak belirlenmiştir).

$$TK = \%35 \quad [1]$$

$$SN = \%14 \quad [2]$$

300 da (=300.000 m<sup>2</sup>)'lık arazinin üst 20 cm (0,20 m)'de bulunan toplam toprak hacmi V<sub>t</sub> ise,

$$V_t = 300000\text{m}^2 \cdot 0,20\text{m} = 60000\text{m}^3 \quad [3]$$

Bu toprak hacminde TK ve SN'da tutulan su miktarı sırasıyla W<sub>TK</sub> ve W<sub>SN</sub> ise,

$$W_{TK} = 0,35 \cdot 60000 = 21000\text{m}^3 \quad [4]$$

$$W_{SN} = 0,14 \cdot 60000 = 8400\text{m}^3 \quad [5]$$

Bu durumda, bu toprak hacmindeki ES miktarı W<sub>ES</sub> ise (Eş. [6]),

$$W_{ES} = W_{TK} - W_{SN} \quad [6]$$

$$W_{ES} = W_{TK} - W_{SN} = 21000 - 8400 = 12600\text{m}^3 \quad [7]$$

Cevap2

TK, SN ve ES miktarının derinlik olarak ifadeleri (mm) sırasıyla D<sub>TK</sub>, D<sub>SN</sub> ve D<sub>ES</sub> ise ve derinlik de "hacim/alan" olduğuna göre (Eş. [8]),

$$D = \frac{V}{A} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} = \text{m} \quad [8]$$

$$D_{TK} = \frac{21000\text{m}^3}{300000\text{m}^2} = 0,07\text{m} = 70\text{mm} \quad [9]$$

$$D_{SN} = \frac{8400\text{m}^3}{300000\text{m}^2} = 0,028\text{m} = 28\text{mm} \quad [10]$$

$$D_{ES} = \frac{12600\text{m}^3}{300000\text{m}^2} = 0,042\text{m} = 42\text{mm} \quad [11]$$

Cevap 3

Düşen toplam yağış miktarı P mm ise (Eş. [12]),

$$P = I \cdot t = \frac{\text{mm}}{\text{saat}} \cdot \text{saat} = \text{mm} \quad [12]$$

$$P = I \cdot t = 5 \cdot 10 = 50\text{mm} \quad [13]$$

Düşen yağışın %50'si yer çekimi kuvvetleri ile toprak profilini terk ediyor ise, toprakta ancak 25 mm (= 0,025 m) su kalmıştır (25 mm << 70 mm olduğundan, TK'ya ulaşamamıştır).

Veya,

$$0,025\text{m} = \frac{0,025\text{m}^3}{\text{m}^2} \Rightarrow \frac{0,025\text{m}^3}{\text{m}^2} \cdot 300000\text{m}^2 = 7500\text{m}^3 \quad [14]$$

$$21000\text{m}^3 \gg 7500\text{m}^3 \quad [15]$$

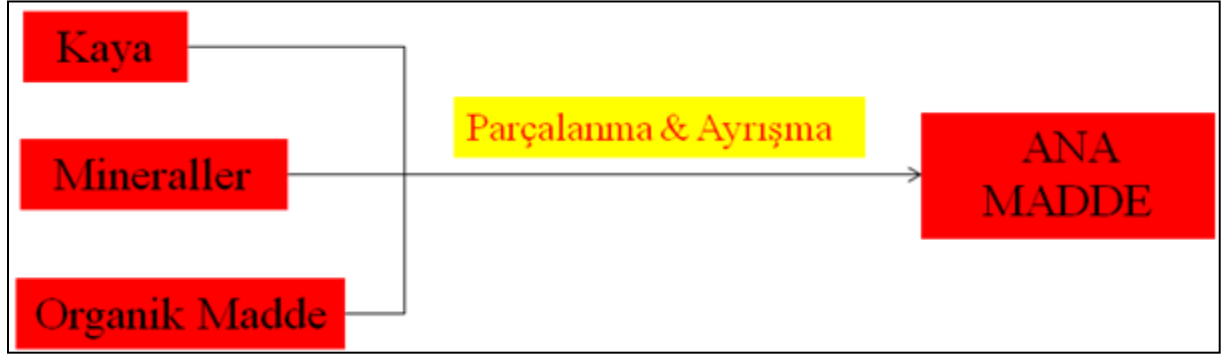
Arazi TK'ya ulaşamamıştır.

$$\frac{7500\text{m}^3}{21000\text{m}^3} = \frac{25\text{mm}}{70\text{mm}}$$

## 2. BÖLÜM

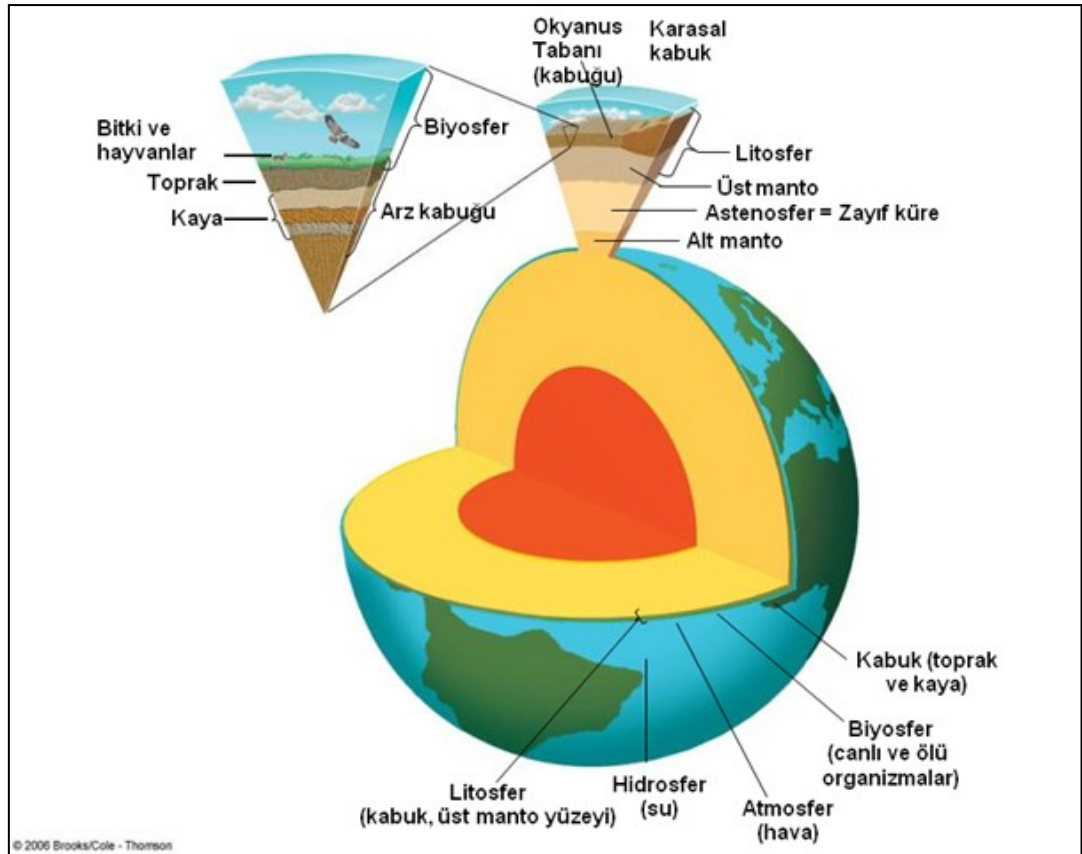
### 2.1 Toprak ana maddesi

Topraklar, arz kabuğunu oluşturan kayalar, mineraller ve organik maddelerin çeşitli doğal etmenler ile parçalanması, ayrışması ve ayrıışan bir kısım ürünlerin tekrar birleşerek yeni bileşimler meydana getirmesi sonucu oluşan ana materyal üzerinde gelişmektedirler.



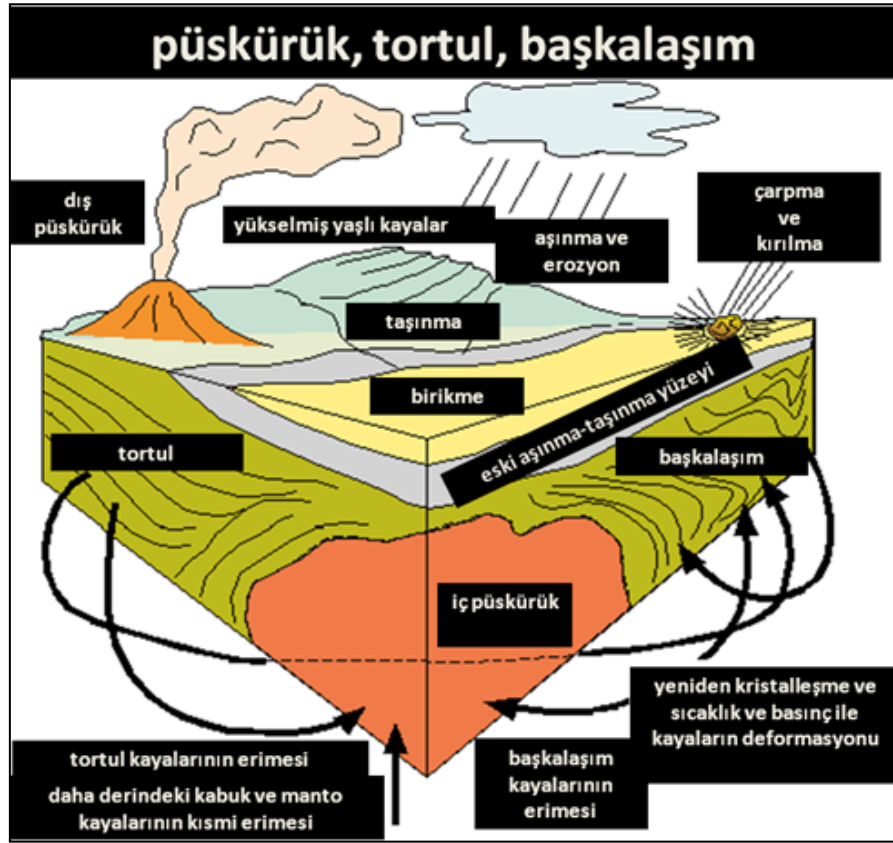
Şekil 2.1 Ayrışma ürünleri

#### 2.1.1 Yer kürenin genel yapısı



Şekil 2.2 Yerkürenin yapısı





Şekil 2.5 Toprak ana maddesi: Kayalar

## 2.2 Toprak ana maddesi

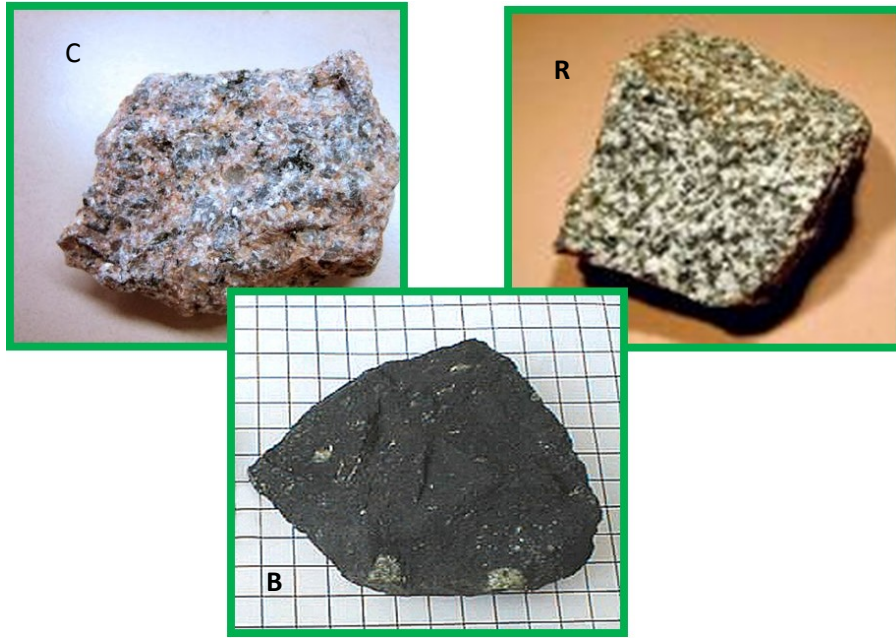
### 2.2.1 Püskürük kayalar

Magmanın arz kabuğunun çeşitli derinliklerinde soğuması sonucunda oluşmuşlardır. Arzın derinliklerinde yavaş yavaş soğuma sonucu iri kristaller oluşturarak oluşan kayalara iç püskürük; arzın yüzeyine yakın kısımlarda çabuk soğuduklarından iri kristaller geliştiremeden oluşan püskürük kayalara da dış püskürük kayalar adı verilmektedir.

<b>Püskürük Kayalar</b> Ergimiş magmanın soğuması ile oluşmuşlardır.	<b>Granit</b> — Genellikle açık renklidir. İri ve orta büyüklükteki mineral kristallerinden oluşmuştur. İç Püskürüktür.	Fazla miktarda kuvars ve feldispatlarla, az miktarda mika, amfibol ve demir oksitleri kapsamaktadır.
	<b>Diorit</b> — Gri ve koyu gri renklidir. İri ve orta büyüklükteki minerallerden ibarettir. Dış Püskürüktür.	Kuvars azdır veya hiç yoktur. Fazla miktarda feldispatlar ve anfiboller ile az miktarda mika ve demir oksitleri içermektedir.
	<b>Bazalt</b> — Koyu gri ve siyah renklidir. Yoğun ve ince tanelidir. Dış Püskürüktür.	Hiç kuvars yoktur. Önemli miktarda feldispat ve piroksen, az miktarda demir oksid ve biotit içerir.

Şekil 2.6 püskürük kayalar





Resim 2.1 Granit (a), diorit (b) ve bazalt (c)

### 2.2.2 Tortul Kayalar

Mineral materyalleri ile birlikte kum, silt ve kil gibi ayrışma ürünlerinin, genellikle topografyanın en alçak yerlerinde, sulu ortamlarda çökmesi ve sonra büyük basınçlar etkisi ile kaya şeklinde pekişmesi suretiyle oluşmuşlardır.

<b>Tortul Kayalar</b> Ayrışma ürünlerinin pekişmesi suretiyle oluşmuşlardır.	<b>Kum taşları</b> — Griden kırmızıya kadar değişen renge ve genellikle granüler ve poröz strüktüre sahiptirler.	Esas itibariyle kuvars, bir miktar kalsiyum karbonat, demir oksit ve kil gibi çimento maddelerinden oluşmuşlardır.
	<b>Şeyl'ler</b> — Açıktan koyuya kadar değişen çeşitli renklerde, ince levhalı strüktüre sahip tortul kütlelerdir.	Kil mineralleri ve bir miktar da organik madde içermektedirler.
	<b>Kireç taşları</b> — Renkler genellikle açık gri ve sarı olup, ince taneli ve sıkı yapıdadırlar.	Esas itibariyle kalsit veya kalsit ve dolomit ile, daha az miktarlarda demir oksitler, kil, fosfatlar ve organik maddelerden oluşmuşlardır.

Şekil 2.7 Tortul kayalar



Resim 2.2 Kum taşı (a), Kil taşı (b) ve Şeyl (c)

### 2.2.3 Başkalaşım kayaları

Hem püskürük hem de tortul kayalardan oluşan, fakat büyük basınçlara ve yüksek sıcaklık derecelerine maruz kaldıklarından, mineral kristallerinin diziliş, şekil ve büyüklükleri değişmiş bulunan kayalardır.

<b>Metamorf kayalar</b> Kayalardan sıcaklık ve basınçlar altında değişime uğrayarak oluşmuşlardır.	<b>Gnays</b> — Birbirini izleyen açık ve koyu renkler gösteren çizgili ve yapraklı tekstüre sahip metamorf kayadır.	Granitlerden oluşur, mineral bileşimi granitinki gibidir.
	<b>Şist</b> — Renk, orijinal kayanınkinde benzemekte olup, yapraklı strüktür hakimdir.	Bazalt ve şeyl'lerden oluşur, mineral bileşimi orijinal mineralinki gibidir.
	<b>Kuarsit</b> — Renk açıktan koyuya değişir. Sıkı ve yeknesak tekstüre sahiptir.	Kum taşlardan oluşur. Mineral bileşimi kum taşlarındaki gibidir.
	<b>Sleyt</b> — Renk griden siyaha değişir. Sıkı ve yumuşak tekstürlüdür.	Şeyl'lerden oluşur. Mineral bileşimi şeyl'inki gibidir.
	<b>Mermer</b> — Renk beyazdan kırmızıya, yeşile ve siyaha kadar değişir. Sıkıdır ve inceden kabaya değişen bir tekstür gösterir.	Kireç taşlarından oluşmuştur. Esas itibariyle kalsit ve dolomitten ibaret olup, az miktarda demir oksit gibi renk maddeleri içerir.

Şekil 2.8 Metamorfik kayalar

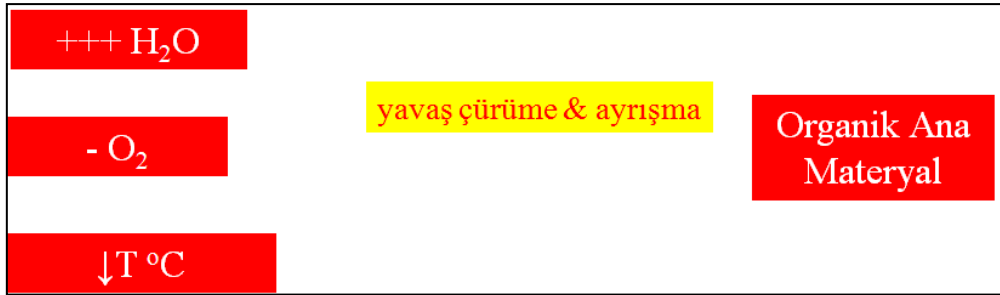




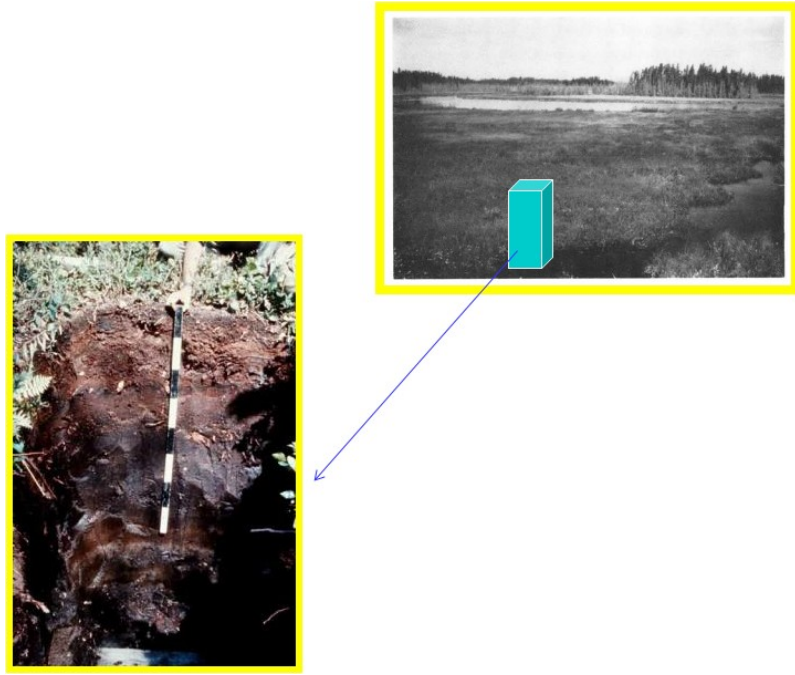
Resim 2.3 Gnays (a), kuvarsit (b), mermer (c), şist (d) ve sleyt (e)

### 2.3 Organik ana materyal

Genellikle buzul devirlerinde, buzulların etkisine maruz kalmış bulunan nemli bölgeler için önemli olan bu ana materyal tipine, ülkemizde bazı eski göl yataklarında küçük alanlar halinde rastlanmaktadır.



Şekil 2.9 Çürüme ve ayrışma



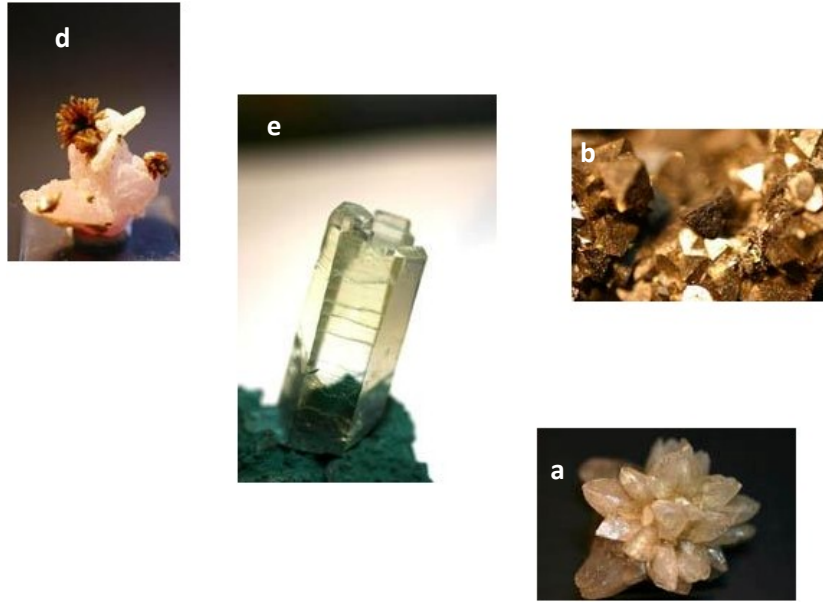
Resim 2.4 organik ana materyal

- Çökelti turbaları
- Lifli turbalar
- Odunsu turbalar

#### 2.4 Toprağın yapısında bulunan mineraller

Bir mineral, doğal bir inorganik madde olup, kimyasal bileşimi ya belirlidir ya da belirli sınırlar dâhilinde değişiklikler göstermektedir.

- Kristal şekli
- Dilinim
- Sertlik
- Renk çizgileri
- Özgül ağırlık
- Çözünürlük
- Kırılma
- Yansıtma



Resim 2.5 Kuvars (a) , kalsit (b,c) , prit (d)

#### 2.4.1 Toprak ve toprak oluşturan kayalarda en fazla yer alan mineraller

Mineral grupları ve türleri	Kimyasal yapı	Bulunduğu yer	
		Kayalarda	Toprakta
<b>Amfiboller</b>	<b>Meta Silikatlar (<math>H_2SiO_3</math> tuzları)</b>		
a) Tremolit	$Ca_2Mg_5H_2(SiO_3)_8$	Bol	Arasıra
b) Aktinolit	$Ca_2(Mg, Fe)_3H_2(SiO_3)_8$	Bol	Arasıra
c) Hornbland	$Ca_4Na_2(Mg, Fe)_8(Al, Fe, Ti)_6Si_{12}O_{44}OH$	Bol	Arasıra
<b>Piroksenler</b>			
a) Enstatit	$(Mg, Fe)_2(SiO_3)_2$	Bol	Arasıra
b) Diopsit	$Ca, Mg (SiO_3)_2$	Bol	Arasıra
c) Ojit	$Ca Mg (SiO_3)_2 + (Mg, Fe) (Al, Fe)_2 SiO_6$	Bol	Arasıra
	<b>Orta silikatlar (<math>H_4SiO_3</math> tuzları)</b>		
<b>Mikalar</b>			
a) Muskovit	$KH_2Al_3(SiO_4)_3$	Bol	Bol
b) Biotit	$KH_2(Mg, Fe)_3Al (SiO_4)_3$	Bol	Arasıra
Epidot	$Ca_2(Al, Fe)_3OH (SiO_4)_3$	Bol	Yaygın
Olivin	$(Mg, Fe)_2SiO_4$	Bol	Nadir
	<b>Poli silikatlar (<math>H_4Si_3O_8</math> tuzları)</b>		
<b>Feldspatlar</b>			
a) Ortoklas	$K Al Si_3O_8$	Bol	Bol

Şekil 2.10 Mineral grupları, kimyasal yapıları ve bulunma kriterleri



Mineral grupları ve türleri	Kimyasal yap	Bulunduğu yer	
		Kayalarda	Toprakta
b) Albit	$\text{Na Al Si}_3\text{O}_8$	Bol	Yaygın
c) Anortit	$\text{Ca Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Arasıra	Nadir
d) Anortoklas	$\text{K Al Si}_3\text{O}_8 + \text{Na Al Si}_3\text{O}_8$	Arasıra	Nadir
e) Plajiolklas	$\text{Na Al Si}_3\text{O}_8 + \text{Ca Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	Arasıra	Nadir
<b>Oksidler</b>			
<b>Silisyum dioksitler</b>			
a) Kuvars	$\text{SiO}_2$	Bol	Bol
b) Kristobalit	$\text{SiO}_2$	Arasıra	Arasıra
c) Kalsedon	$\text{SiO}_2$	Arasıra	Arasıra
<b>Demir oksitler</b>			
a) Hematit	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Bol	Bol
b) Götit	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Yaygın	Yaygın
c) Limonit	$2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	Yaygın	Bol
d) Ksantosiderit	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	Arasıra	Yaygın
e) Limnit	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	Nispeten az	Yaygın
f) Magnetit	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	Yaygın	Yaygın
<b>Aluminyum oksitler</b>			
a) Korundum	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Yaygın	Nadir
b) Diaspor	$\text{AlO}(\text{OH})$	Yaygın	Nadir
c) Gibsit	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Yaygın	Arasıra
<b>Manganez oksitler</b>			
a) Manganit	$\text{MnO}(\text{OH})$	Nispeten az	Nadir
b) Hausmannit	$\text{Mn}_2\text{O}_4$ veya $\text{MnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$	Nadir	Nadir
c) Pirolusit	$\text{MnO}_2$	Yaygın	Yaygın

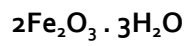
Şekil 2.11 Mineral grupları, kimyasal yapıları ve bulunma kriterleri (devam)

<b>Titan oksitler</b>			
a) Rutil	$\text{TiO}_2$	Yaygın	Yaygın
b) İlmenit	$\text{Fe TiO}_3$	Yaygın	Arasıra
<b>Karbonatlar (<math>\text{H}_2\text{CO}_3</math> tuzları)</b>			
Kalsit	$\text{Ca CO}_3$	Bol	Yaygın
Magnesit	$\text{Mg CO}_3$	Arasıra	Nadir
Dolomit	$\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2$	Bol	Arasıra
Siderit	$\text{Fe CO}_3$	Yaygın	Nadir
<b>Fosfatlar (<math>\text{H}_3\text{PO}_4</math> tuzları)</b>			
Apatit	$\text{Ca}_3(\text{F, Cl, OH})(\text{PO}_4)_3$	Yaygın	Arasıra
Strengit	$\text{Fe PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	Arasıra	Nadir
Vavelit	$\text{Al}_3(\text{OH})_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	Arasıra	Nadir
Vivianit	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$	Nadir	Nadir
<b>Diğer Mineraller</b>			
Pirit	$\text{Fe S}$	Yaygın	Arasıra
Turmalin	$\text{H}_4\text{Na Mg}_3\text{B}_3\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{31}$	Yaygın	Yaygın
Zirkon	$\text{Zr SiO}_4$	Yaygın	Yaygın
Jips	$\text{Ca SO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	Yaygın	Arasıra
Kaya tuzu	$\text{Na Cl}$	Yaygın	Yaygın
Şili güherçilesi	$\text{Na NO}_3$	Arasıra	Arasıra
<b>Kil Mineralleri (Hidro Fe ve Al Sili- katlar</b>			
Kaolinit	$\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$	Yaygın	Yaygın
Montmorillonit	$\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$	Yaygın	Yaygın
Nontronit	$\text{Fe}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$	Nadir	Nadir
Hidro miksa	$\text{K Al}_2(\text{OH})_2(\text{Al, Si})_4\text{O}_{10}$	Yaygın	Yaygın

Şekil 2.12 Mineral grupları, kimyasal yapıları ve bulunma kriterleri (devam)

Oksijenin; silisyum ve demir gibi elementler ile birleşmesi sonucu meydana gelen  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  gibi bileşiklere oksit mineralleri adı verilmektedir.





Resim 2.6 Limonit ve kuvars kumu

Ca(OH)<sub>2</sub> ve Mg(OH)<sub>2</sub> gibi bazik bileşiklerin CO<sub>2</sub> ile birleşmesi sonucu, toprak oluşumunda büyük önem taşıyan karbonat mineralleri oluşmaktadır.

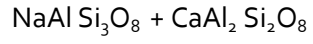
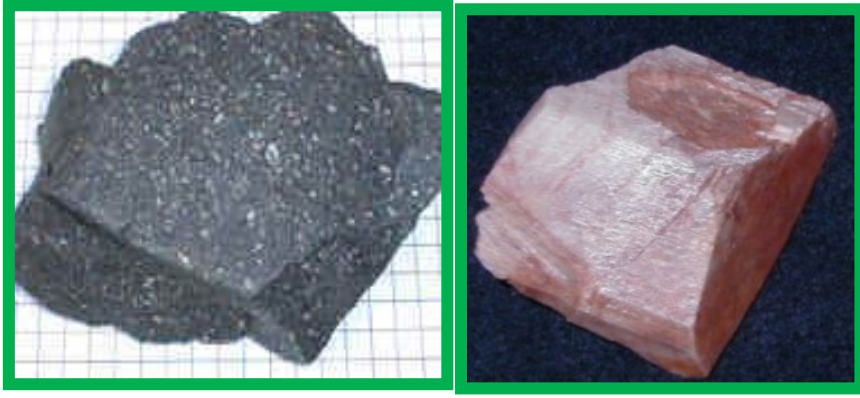


Resim 2.7 Kalsit CaCO<sub>3</sub> (a), Siderit FeCO<sub>3</sub> (b) ve Magnezit MgCO<sub>3</sub> (c)

En fazla mineral türünü içeren grup silikat grubu olup, bunlar Ca, Mg, Na, K, Fe ve Al'un

- ortosilik asit (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>)
- metasilik asit (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)
- polisilik asit (H<sub>4</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)

gibi çeşitli silis asitleri ile bağlanması sonucu meydana gelen bileşikleri durumundadır.



Resim 2.8 Plajiolklas ve K-feldspat

Bir mineral, ergimiş magmatik kütlenin soğuyarak sertleşmesi sonucunda meydana gelmiş ise, buna birincil mineral adı verilmektedir. Eğer bir mineral, birincil minerallerden sıcaklık, gaz ve sıvıların etkisi ile değişerek meydana gelmiş ise, buna ikincil mineral denilmektedir.

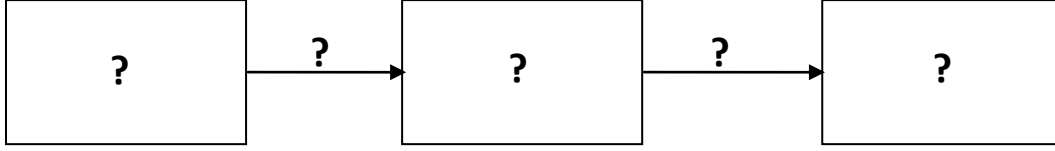
- Kuvars ve feldspatlar [birincil]
- Karbonatlar, oksitler ve kil mineralleri [ikincil]



Resim 2.9 Kaolinit ( $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$ )

## Ödev 2. SORULAR

Soru1 Ana kayadan toprak oluşumunu basit bir akış şeması çizerek gösteriniz? (Toprak Bilgisi Kitabı, Sayfa 13, 1. paragraf). Örnek şema aşağıda verilmiştir: soru işaretleri sizler tarafından doldurulacak kısımlardır. Bu bir örnektir; yorumlanması, değiştirilmesi, farklı bir şekilde oluşturulması sizlere bağlıdır.



Şekil 1. Örnek akış şeması

Soru2 Ana materyal kimyası ile toprak verimliliği arasındaki ilişkiyi irdelleyiniz?

Soru3 Toprağın yapısında bulunan minerallerin özelliklerinin bilinmesi hangi açılardan yararlıdır?

Soru4 En az üç adet mineral vererek, bunların hangi özellikleri bitkisel üretim açısından toprağa ek değer vermektedir.

Soru5 Herhangi bir taşınmış ana materyali örnek alarak (alüvyal, göl dolgusu, kumul, volkanik kül vs), bu anamateryalin, iklim, bitki örtüsü, topoğrafya (yeryüzü şekilleri) ve toprak ile olan karşılıklı etkileşimlerini açıklayan ve en az 10 cümleden oluşan bir paragraf hazırlayınız?

Radyoaktif karbon (<sup>14</sup>C) Çalışmaları ile Bir Toprağın Yaşının Belirlenmesi

Bilgi1. Bitki ve hayvan kalıntılarındaki <sup>14</sup>C yüzdesi bir toprağın yaşını tahmin etmede kullanılabilir.

Bilgi2. <sup>14</sup>C elementinin yarılanma ömrü 5750 yıldır.

Bilgi3. Aşağıdaki eşitlik (Eş. [1]) üssel azalma bağıntıları ile radyoaktif karbon elementinin yarılanma ömrü arasındaki ilişkiyi vermektedir.

$$N(t) = N_0 e^{-kt} \quad [1]$$

Burada,

N(t): t zamanında topraktaki <sup>14</sup>C miktarı

N<sub>0</sub>: t = 0 olduğunda topraktaki <sup>14</sup>C miktarı

k: üssel azalma katsayısı

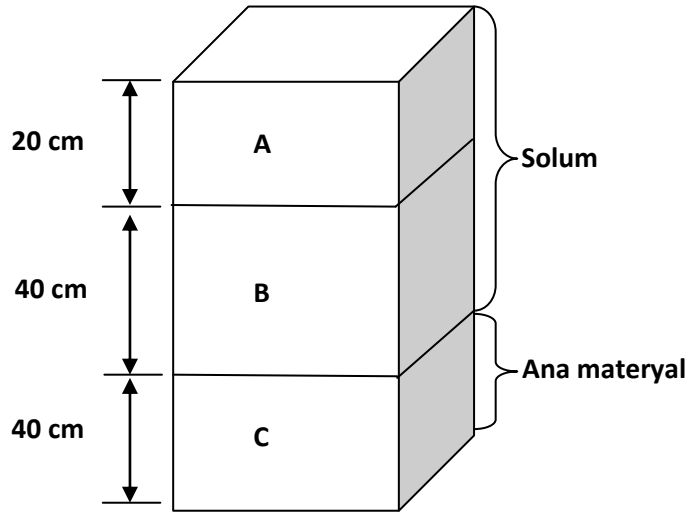
t: zaman (yıl)

Soru1 Eş. [1] ve "yarılanma kavramını" kullanarak, üssel azalma katsayısı (k) ve <sup>14</sup>C'nin yarılanma ömrü (t = T) arasında başka bir eşitlik geliştiriniz?

Soru2 Eğer <sup>14</sup>C'ün yarılanma ömrü T (t = T = 5750 yıl) ise, geliştirdiğiniz eşitliği kullanarak <sup>14</sup>C için "k" katsayısını hesaplayınız?

Bilgi4. Herhangi bir radyoaktif madde için "k katsayısı" değişmezdir ve bunlar temel fizik kitaplarında listelenmiştir.

Bilgi5. Bundan sonraki sorularınızı aşağıdaki şekil ile bağdaştırarak çözünüz?



Şekil 1. Kırıkkale civarında açılan toprak profilinin horizonları ve kalınlıkları

Soru3 Orta-Anadolu bölgesinde Kırıkkale civarında açılan bir toprak profilinin ana hatları yukarıda verilmiştir (Şekil 1). Yapılan radyoaktif analizler sonucunda toprak  $t = 0$  zamanındaki  $^{14}\text{C}$  içeriğinin ancak %2.5'ünü kayıp ettiği belirlenmiştir. Buna göre toprağın yaşını tahmin ediniz?

Soru4 Bu toprağın yıllık oluşum hızı nedir ( $\text{mm yıl}^{-1}$ )?

Soru5 Toprak korumasız koşullarda bu toprakta erozyon pimleri ile yapılan ölçümlerde de, yıllık toprak kaybı hızının  $10 \text{ mm yıl}^{-1}$  olduğu belirlendiğine göre, hiçbir toprak koruma önlemi alınmadığında, bu toprak kaç yıl sonra A horizonunu kaybetmiş olacaktır?

Soru6 Bu toprak oluşumu ve kaybı koşullarında, kaç yıl sonra ana materyal açığa çıkacaktır?

Soru7 Yaptığınız bu hesaplar ve elde ettiğiniz sonuçlara dayanarak, sizce bir insan ömrü hangi süreçleri (toprak oluşumu veya toprak kaybı süreçlerini) izlemeye yeterlidir?

Soru8 Bu ödevin ana fikrini en fazla iki cümle ile açıklayınız?

## Ödev 2. CEVAPLAR

Radyoaktif karbon ( $^{14}\text{C}$ ) Çalışmaları ile Bir Toprağın Yaşının Belirlenmesi

Cevap1

$$N(t) = N_0 e^{-kt} \Rightarrow 0,5 = 1,0 e^{-kt} \Rightarrow 0,5 = e^{-kT} \quad [1]$$

$$0,5 = e^{-kT} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln(e^{-kT}) \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -kT \quad [2]$$

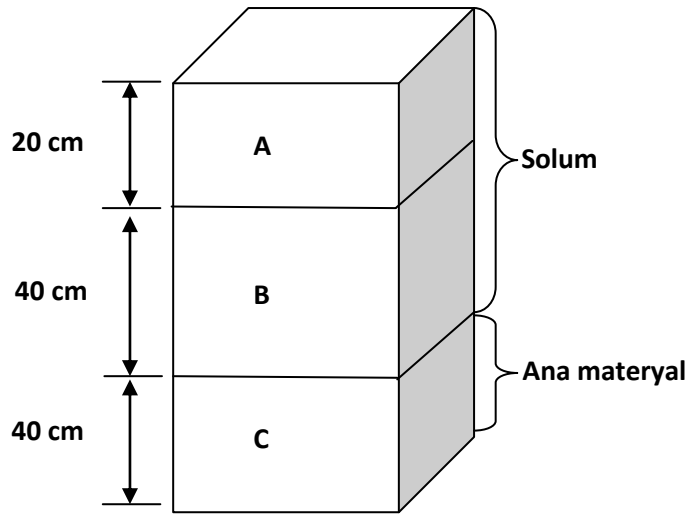
$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln 1 - \ln 2 = -\ln 2 \quad [3]$$

$$0,5 = e^{-kT} \Rightarrow \ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln(e^{-kT}) \Rightarrow -\ln 2 = -kT = \ln 2 = kT \quad [4]$$

$$T = \frac{\ln 2}{k} \Rightarrow k = \frac{\ln 2}{T} \quad [5]$$

Cevap2

$$k = \frac{\ln 2}{T} = \frac{\ln 2}{5750} = \frac{0,6931}{5750} = 1,205 \cdot 10^{-4} = 0,0001205 \quad [6]$$



Şekil 1. Kırıkkale civarında açılan toprak profilinin horizonları ve kalınlıkları

Cevap3

$$N(t) = N_0 e^{-kt} \Rightarrow 97,5 = 100 e^{-kt} \Rightarrow 0,975 = e^{-kt} \Rightarrow \ln 0,975 = -kt \quad [7]$$

$$\ln 0,975 = -kt \Rightarrow \ln 0,975 = -0,0001205t \Rightarrow -0,02531 = -0,0001205t \quad [8]$$

$$-0,02531 = -0,0001205t \Rightarrow t = \frac{-0,02531}{-0,0001205} \cong 210y \quad [9]$$

Cevap4 Solum kalınlığı = 60 cm = 600 mm olduğuna göre ve toprak oluşum hızı da  $V_{to}$  ise,

$$V_{to} = \frac{600}{210} = 2,86 \text{ mm} \cdot \text{y}^{-1} \quad [10]$$

Cevap5

Eğer toprak kaybı hızı  $V_{tk} = 10 \text{ mm} \cdot \text{y}^{-1}$  ise,

$$V_{tk} - V_{to} = 7,14 \text{ mm} \cdot \text{y}^{-1} \quad [11]$$

Her yıl A horizonunun kalınlığı 7,14 mm azalacak demektir ve A horizonun kalınlığı  $D_A = 200 \text{ mm}$  olduğundan,

$$\frac{200}{7,14} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{mm} \cdot \text{y}^{-1}} = 28 \frac{\text{mm} \cdot \text{y}}{\text{mm}} = 28y \quad [12]$$

Cevap6

$$\frac{600}{7,14} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{mm} \cdot \text{y}^{-1}} = 84 \frac{\text{mm} \cdot \text{y}}{\text{mm}} = 84y \quad [13]$$

Cevap7

Toprak oluşumu çok uzun yıllar içerisinde oluşuyor olduğundan, insan ömrü daha çok toprak kayıpları süreçlerini izlemeye yeterlidir.

Cevap8

Topraklar uzun sürelerde oluşmasına karşın, gerekli önlemler alınmadığında, kayıpları çok kısa zamanlarda oluşabilmektedir.

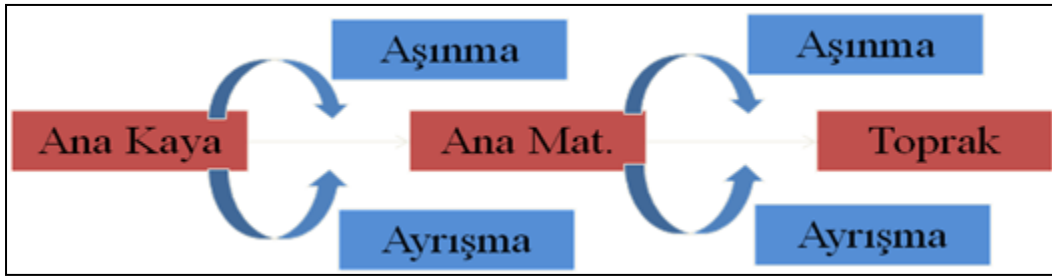


### 3. BÖLÜM

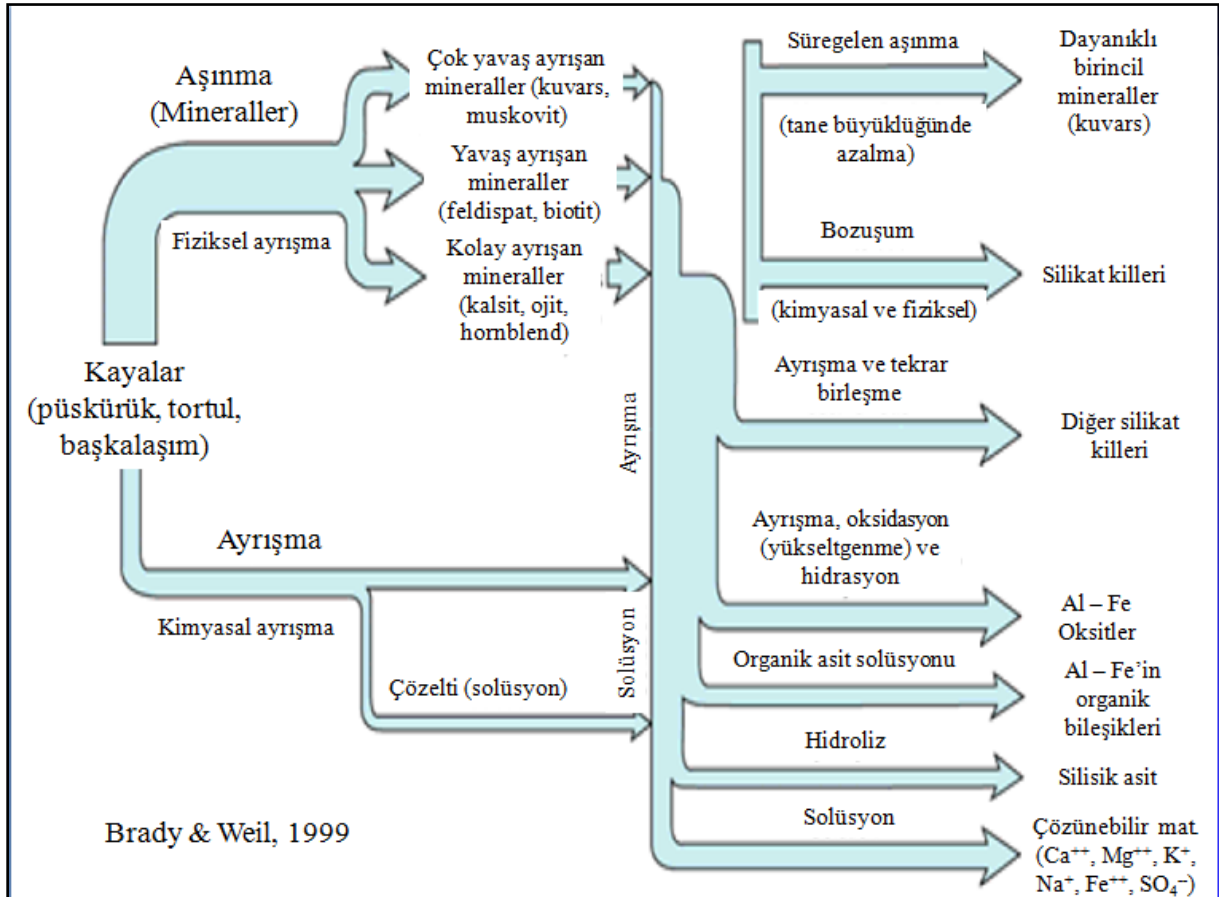
#### 3.1 Toprak oluşumunda aşınma, ayrışma ve birikme olayları

Temel yapıyı oluşturan ana kayalardan ana materyal (C horizonu) ve toprağın oluşması (A ve B horizonları = Solum) oluşması için,

- Bunların ufalanması (fiziksel parçalanma),
- Kimyasal ve biyolojik olaylar ile ayrışması,
- Ayrışan bir kısım materyalin yeni bileşikler oluşturmak üzere tekrar birleşmesi gibi değişimlere uğraması gerekmektedir.



Şekil 3. 1 aşınma ve ayrışma



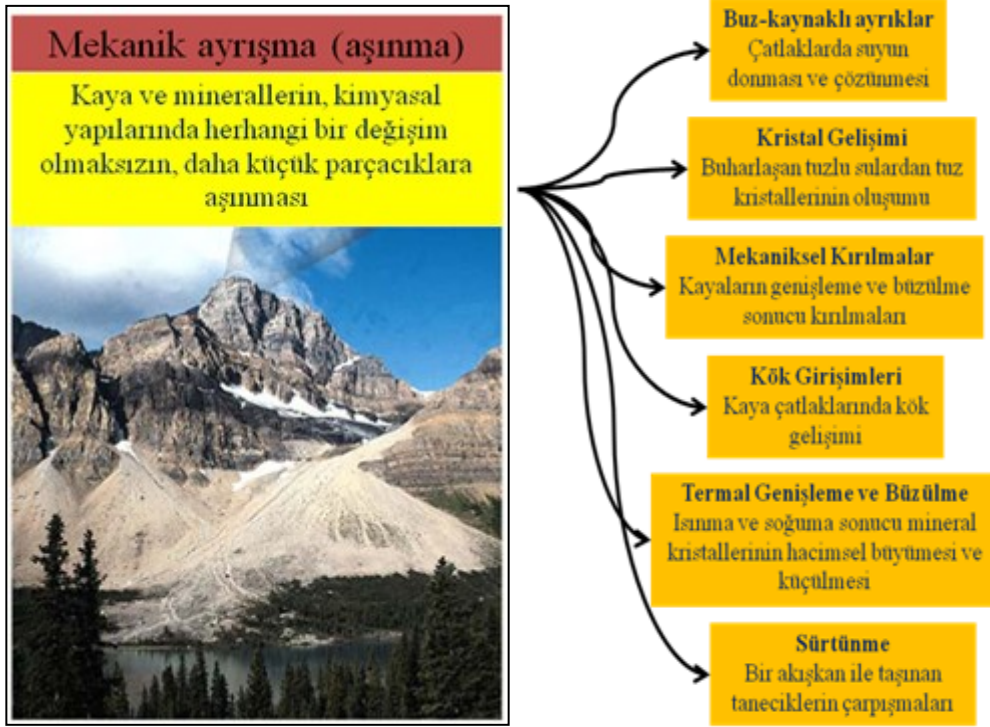
Şekil 3.2 Aşınma ve ayrışma

Bu aşınma, ayrışma ve tekrar birleşme olayları

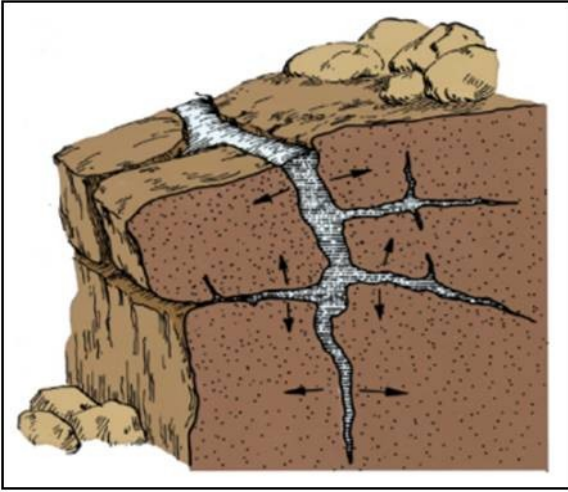
- Fiziksel,
- Kimyasal,
- ve Biyolojik etmenlerin altında oluşmaktadır.

### 3.1.1 Fiziksel Etmenler

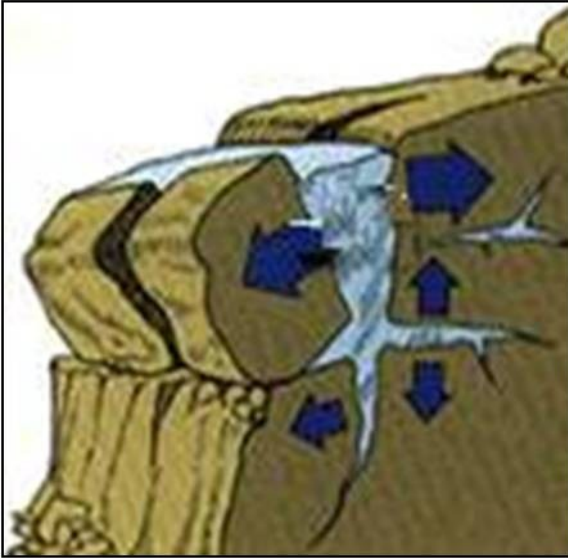
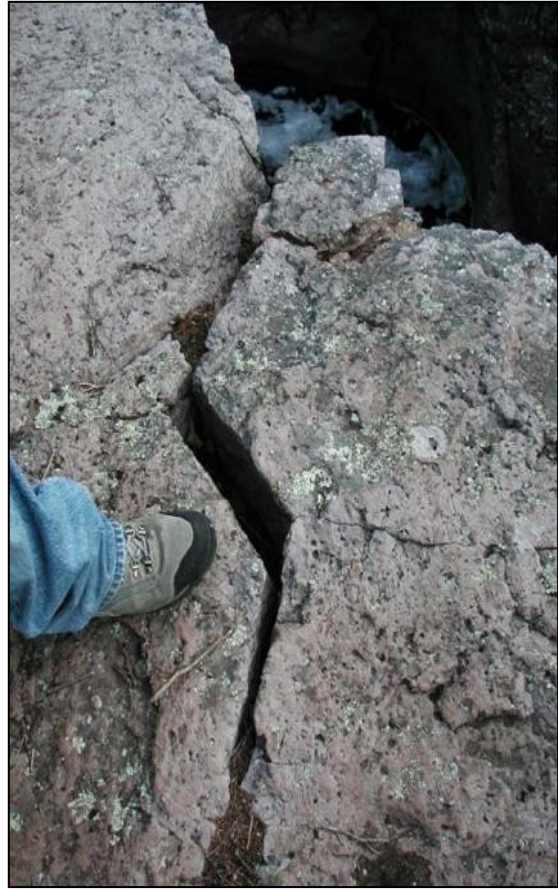
- Bazı doğal etmenler kaya ve minerallerin yalnız şekil ve büyüklüklerini değiştiren aşınma ve parçalanmalara neden olurlar,
- Kimyasal ve mineralojik yapıda herhangi bir değişim yapmazlar,
- Ana materyalin yalnız şekil ve büyüklüğünü değiştiren bu etmenlere fiziksel ayrışma etmenleri denilmektedir,
- Kurak bölgelerde toprağın oluşunda bu etmenler hakim rol oynamaktadırlar.



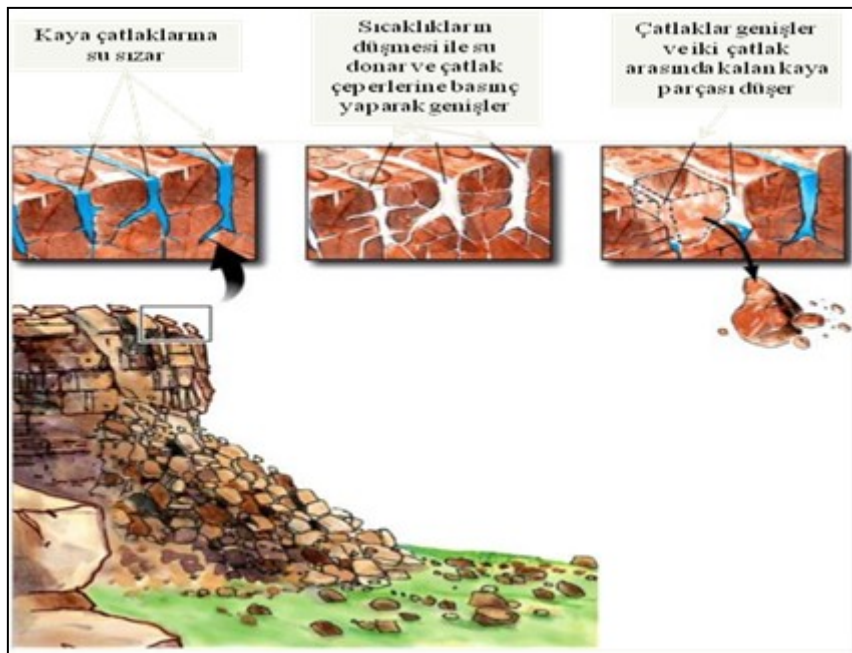
Şekil 3.3 Fiziksel ayrışma



- 9% genişleme
- Kuvvet = 21 kg/m<sup>2</sup>



Şekil 3. 4 Fiziksel ayrışma

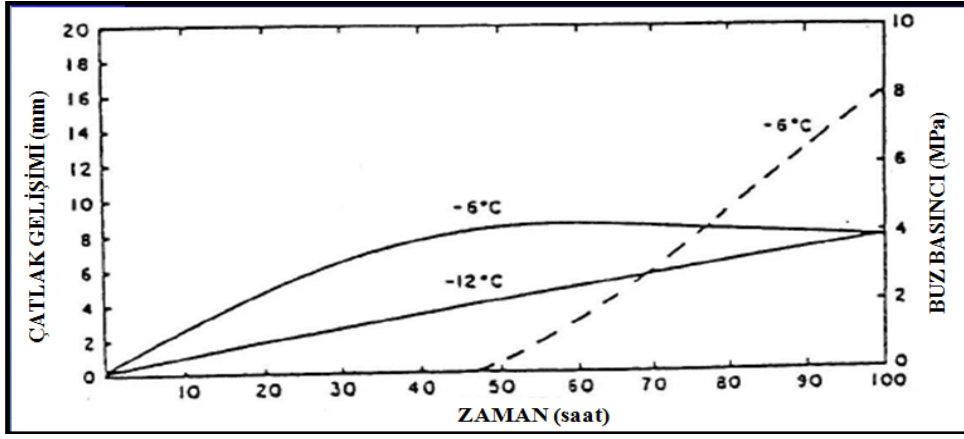


Şekil 3. 5 Buz kaynaklı aşınma ve parçalanmalar





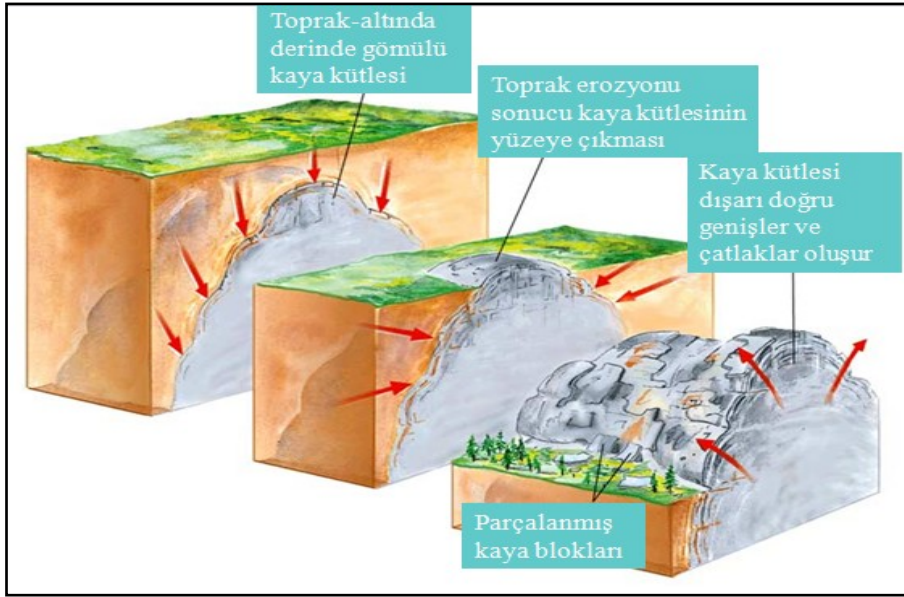
Resim 3.1 Buz kaynaklı aşınma ve parçalanmalar



Şekil 3.6 Devamlı don koşulları altında granit kayasının çatlama durumu



Resim 3.2 Tuz kaynaklı aşınmalar

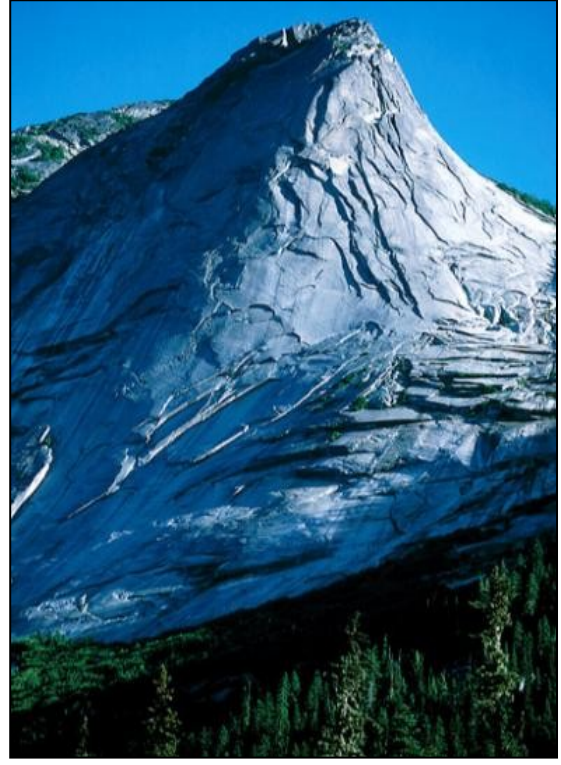


Şekil 3.7 Mekaniksel kırılmalar



Resim 3.3 Mekaniksel kırılmalar





Resim 3.4 Basınçların ortadan kalkması: aşırı yüklerden kurtulan kaya kütlelerinin genişlemesi



Resim 3.5 Kırılmalar, termal genişleme ve büzölmeler



Resim 3.6 Kök değişimi: Aęaę köklerinin kaya çatlaklarında gelişmesi sonucu çatlaklar ve parçalanmalar oluşmaktadır



Resim 3. 7 Sadece kökler değil, her türlü bitki kök işlevleri, fiziksel ařınmalara neden olabilmektedir





Resim 3.8 rüzgar erozyonu ve sürtünme



Resim 3.9 su erozyonu ve sürtünme

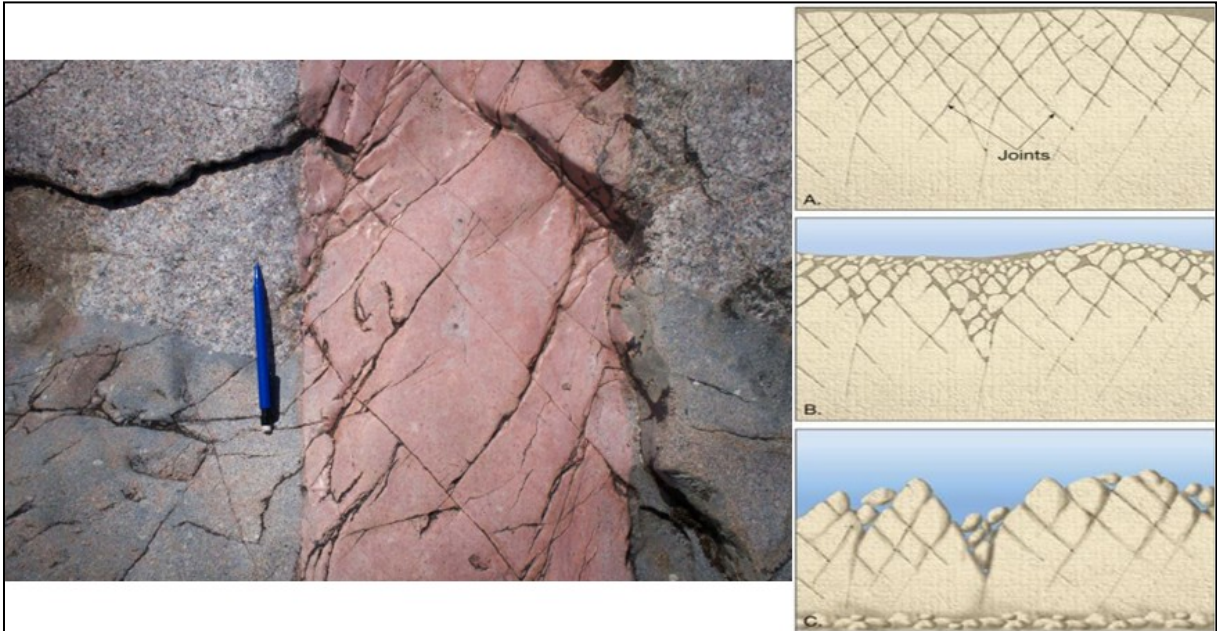
### 3.2 Aşınma Oranı

- Ana kayanın özellikleri
  - Mineral içerikleri
  - Kayaların yapısı,
- İklim
- Toprak [kayaları daha hızlı bir şekilde aşınmasına neden olur],
- Zaman'a bağlı olarak farklılık gösterir.

#### 3.2.1 Doğal Aşınma Yüzeyleri ve Zayıf noktalar



Resim 3.10 Tortul kayalar ve farklı birikme seviyeleri



Resim 3.11 püskürük kayalar ve eklem, buluşma düzlemleri





Resim 3.12Püskürük kayalar – eklem, buluşma düzlemleri



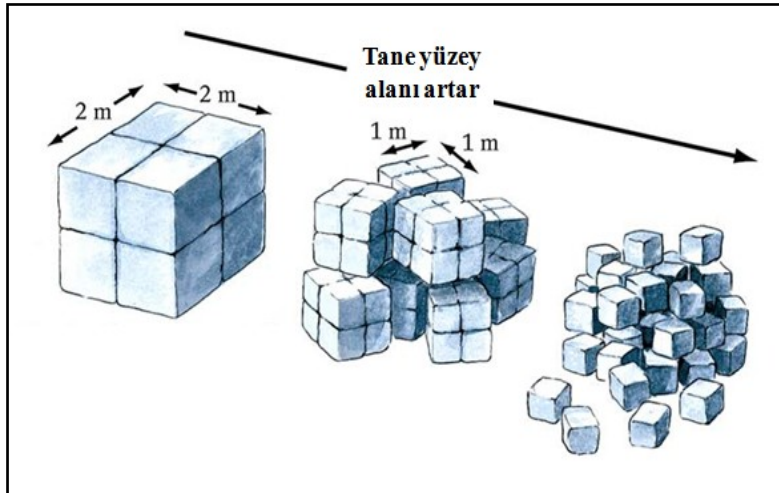
Resim 3.13 Başkalaşım kayaları ve kırılma yüzeyleri





Resim 3.14 Kum taşı – eklem, buluşma düzlemleri

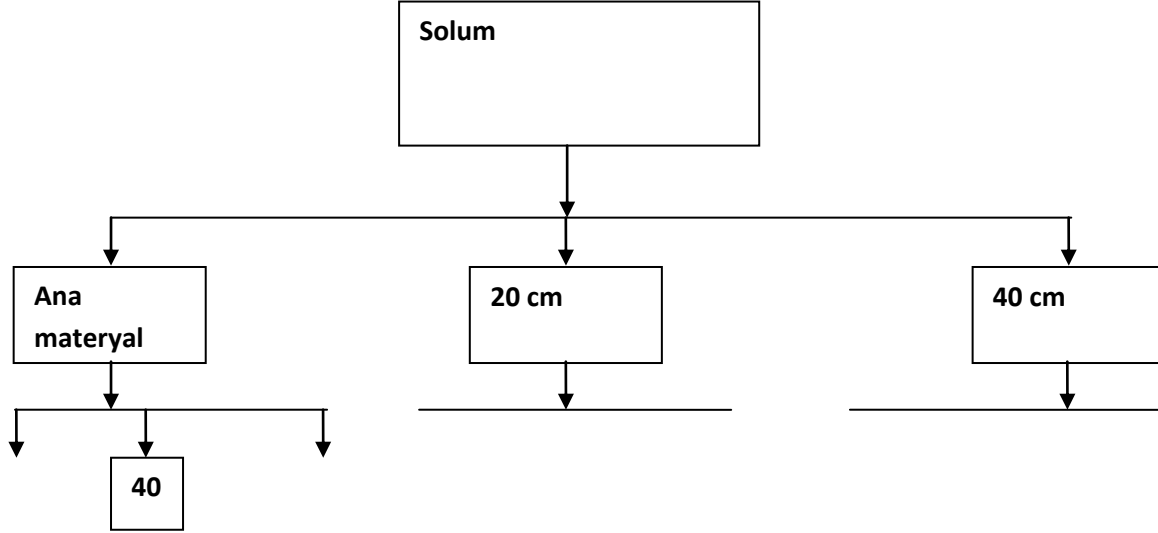
### 3.2.2 Sonuç



Şekil 3.8 Tane boyutları fiziksel aşınma ile küçülürken, tanecik yüzey alanı artmaktadır

### Ödev 3. SORULAR

Soru 1 Toprak oluşumunda aşınma, ayrışma ve birleşme olaylarını özetleyen bir akış şeması hazırlayınız? Şemanın başlangıcı aşağıda Şekil 1'de verilmiştir; şema eksik verilmiştir, tamamlanarak detaylandırılması sizlere bırakılmıştır.



Şekil 1. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik aşınma, ayrışma ve birleşme olayları sonucu toprak oluşumu özet şeması

Soru 2 Topraklara karakter kazandıran etmenlerden "iklim" dikkate alındığında, fiziksel, kimyasal ve biyolojik aşınma, ayrışma ve birleşme olaylarının hangi iklimlerde daha baskın olmasını beklersiniz? Kısa bir paragraf ile tartışınız?

Soru 3 Nemli iklimlerde toprak oluşumunda doğrudan su molekülü ve su serbest iyonlarının etkin olduğu iki kimyasal tepkimeyi denklem şeklinde veriniz ve sözel açıklamalarını yapınız?

Soru 4 Fiziksel aşınma ve parçalanma ile kaya ve minerallerden küçük parçacıkların oluşması, toprak oluşumundaki kimyasal tepkimelerin hızını nasıl etkiler? Tartışınız? Aşağıdaki "a" veya "b" önermeleri temel alarak tartışmanızı geliştirebilirsiniz:

a) Fiziksel aşınma ve parçalanma ile kaya ve minerallerden küçük parçacıkların oluşması, kimyasal tepkimelerin hızını düşürür, çünkü:

b) Fiziksel aşınma ve parçalanma ile kaya ve minerallerden küçük parçacıkların oluşması, kimyasal tepkimelerin hızını artırır, çünkü:

Tartışmanızı parçalanmış tane büyüklüğü ile tane yüzey alanı arasındaki bağıntıya dayanarak yapınız: fiziksel olarak tane büyüklüğü azaldıkça tanenin yüzey alanı artmaktadır; yani tanecik boyutu (D) ile tanecik yüzey alanı (A) ters orantılı olarak değişmektedir (Eşitlik [1]).

$$D = f(A^{-1})$$

[1]

Soru 5 Toprak canlılarının toprağın gelişim süreci üzerine olan etkilerini açıklayınız? Toprak canlıları ile bir ayrışma ve bir de yeniden birleşme olayına somut örnek veriniz?

## Sıcaklık Değişimleri ile Elementlerin Uzunlukları ve Hacimlerindeki Değişimler

### Kaya Çatlakları

Bilgi 1. Herhangi bir katının sıcaklık değişimleri sonucu uzunluğundaki değişim Eş. [1] ile verilmektedir:

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \quad [1]$$

Burada,

$\alpha$ : doğrusal genişleme katsayısı ( $m^{-1}$ ),

L: orijinal uzunluk (m)

$\Delta L$ : uzunluktaki değişim (m)

$\Delta T$ : sıcaklıktaki değişim ( $^{\circ}C$ ).

Bilgi 2. Herhangi bir katının sıcaklık değişimleri sonucu hacmindeki değişim Eş. [2] ile verilmektedir:

$$\Delta V = \beta \cdot V \cdot \Delta T \quad [2]$$

Burada,

$\beta$ : hacimsel genişleme katsayısı ( $m^{-3}$ ),

V: orijinal hacim ( $m^3$ )

$\Delta V$ : hacimsel değişim ( $m^3$ )

$\Delta T$ : sıcaklıktaki değişim ( $^{\circ}C$ ).

Bilgi 3. Değişim sonrası uzunluk ( $L'$ ) ve hacim  $V'$ , sırasıyla Eş. [3] ve Eş. [4] ile hesaplanır.

$$L' = L + \Delta L \quad [3]$$

$$V' = V + \Delta V \quad [4]$$

Bilgi 4. Çizelge 1'de bazı katıların hem doğrusal hem de hacimsel genişleme katsayı değerleri,  $10^6$  ile çarpıldıktan sonra verilmiştir:

Çizelge 1. Elmas, demir/çelik, bakır/çinko ve alüminyum elementleri için doğrusal (uzamsal) ve hacimsel genişleme katsayıları

Materyal	$\alpha \times 10^6$	$\beta \times 10^6$
elmas	1,2	3,6
demir/çelik	12	36
bakır/çinko	19	57
alüminyum	25	75

Soru 1 Hacimsel genişleme katsayısı (bağımlı değişken [f(x)]) ile doğrusal genişleme katsayısı (bağımsız değişken [x]) arasındaki bağıntıyı yazınız? Bu bağıntının fiziksel bir açıklaması varsa, bir cümle ile belirtiniz?

Soru 2 Soğuk bir kış günü  $-28^{\circ}\text{C}$ 'de, Toprak Bölümü laboratuvarındaki alüminyum kapı çerçevesinin uzunluğu 3,66 m olarak ölçülmüştür. Bunun geçen yaz  $39^{\circ}\text{C}$ 'lik bir gündeki uzunluğu nedir? Hesaplayınız?

Soru3 Bir parça çeliğin  $22^{\circ}\text{C}$ 'deki uzunluğu 11,2 metredir. Dökümhanede kızdırıldıktan sonraki uzunluğu ise 11,7 m olarak ölçülmüştür. Çeliğin en son sıcaklığı nedir? Hesaplayınız?

Soru4 1 m kenar uzunluğu olan küp benzeri ve %10 demir ve %5 alüminyum içeren bir dış püskürük kaya içerisinde, Ankara koşullarında [kış ( $-10^{\circ}\text{C}$ ); yaz ( $25^{\circ}\text{C}$ )] bir yıl sonra oluşabilecek çatlağın ortalama hacmini  $\text{cm}^3$  olarak tahmin ediniz? ( $1 \text{ m}^3 = 1 \times 10^6 \text{ cm}^3$ ).

Bilgi5. Soru 4'deki ortalama çatlak hacmini Eş. [5]'i kullanarak hesaplayabilirsiniz.

$$\Delta V_{ort} = \frac{\Delta V_{Fe} + \Delta V_{Al}}{2} \quad [5]$$

Soru5. Su ve buzun yoğunlukları sırasıyla  $1000 \text{ kg m}^{-3}$  ve  $917 \text{ kg m}^{-3}$  olduğuna göre, herhangi bir kaya çatlağında bulunan belirli miktardaki su kütlesi donduğunda birim hacimde oluşacak değişimi % olarak hesaplayınız?

Soru6. 2008 yılı Ocak ayında  $-6^{\circ}\text{C}$  hava sıcaklığı olan soğuk bir günde Sivrihisar'daki granit kayalarındaki çatlaklarda 80 saat sonra oluşacak buz basıncını  $\text{kg m}^{-1} \text{ s}^{-2}$  olarak hesaplayınız?

Bilgi6. Aşağıdaki eşitlikler bilgi amaçlı verilmiştir. Gerekli olanları kullanabilirsiniz:

$$Pa = \frac{N}{m^2} \quad [6]$$

$$N = ma \quad [7]$$

$$MPa = Pa \cdot 10^6 \quad [8]$$

Soru7. S6'daki koşullar için  $-12^{\circ}\text{C}$  hava sıcaklığı olan soğuk bir günde Sivrihisar'daki granit kayalarındaki çatlak gelişim hızını ( $\text{m s}^{-1}$ ) hesaplayınız?

### Ödev 3. CEVAPLAR

Sıcaklık Değişimleri ile Elementlerin Uzunlukları ve Hacimlerindeki Değişimler

Kaya Çatlakları

Cevap1

$$f(x) = 3x \Rightarrow \beta = 3\alpha \quad [1]$$

Doğrusal genişleme katsayısı ( $\alpha$ ) sadece bir düzlem boyunca olan genişlemeyi (örneğin yalnız x eksenini) içerirken, hacimsel genişleme katsayısı ( $\beta$ ) üç farklı düzlemdeki (x, y, z) genişleme ile ilişkili olduğundan, doğrusal genişleme katsayısının 3 katı olacaktır (Eş. [1]).

Cevap2

$$\Delta L = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 3,66 \cdot [39 - (-28)] = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 3,66 \cdot 67 = 6,13 \cdot 10^{-3} \quad [2]$$

$$L' = L + \Delta L = 3,66 + 6,13 \cdot 10^{-3} = 3,66613m \quad [3]$$

Cevap3

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \Rightarrow 11,7 - 11,2 = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 11,2 \cdot [t_2 - 22] = 1,344 \cdot 10^{-4} \cdot t_2 - 2,957 \cdot 10^{-3} \quad [4]$$

$$0,5 = 1,344 \cdot 10^{-4} \cdot t_2 - 2,957 \cdot 10^{-3} \Rightarrow 1,344 \cdot 10^{-4} \cdot t_2 = 0,5 + 2,957 \cdot 10^{-3} = 0,503 \quad [5]$$

$$t_2 = \frac{0,503}{1,344 \cdot 10^{-4}} = 3742,6^\circ C \quad [6]$$

Cevap4

Kaya toplam hacmi  $V_T = 1 m^3$

$$V_{Fe} = 1 \cdot \frac{10}{100} = 0,1m^3 \quad [7]$$

$$V_{Al} = 1 \cdot \frac{5}{100} = 0,05m^3 \quad [8]$$

$$\Delta V_{Fe} = \beta \cdot V \cdot \Delta T = 36 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot [25 - (-10)] = 36 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 35 = 1,26 \cdot 10^{-4} \quad [9]$$

$$\Delta V_{Al} = \beta \cdot V \cdot \Delta T = 75 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot [25 - (-10)] = 75 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 \cdot 35 = 1,31 \cdot 10^{-4} \quad [10]$$

$$\Delta V_{ort} = \frac{\Delta V_{Fe} + \Delta V_{Al}}{2} = \frac{1,26 \cdot 10^{-4} + 1,31 \cdot 10^{-4}}{2} = \frac{2,57 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,285 \cdot 10^{-4} m^3 \quad [11]$$

$$\Delta V_{ort} = 1,285 \cdot 10^{-4} m^3 = 1,285 \cdot 10^{-4} \cdot 10^6 cm^3 = 128,5 cm^3 \quad [12]$$

Cevap5

$$\rho_{su} = \frac{m_{su}}{V_{su}} = 1000 \frac{kg}{m^3} \quad [13]$$

$$\rho_{buz} = \frac{m_{buz}}{V_{buz}} = 917 \frac{kg}{m^3} \quad [14]$$

Su ve buz kütlelerinde bir değişim olmadığı göz önünde bulundurularak ( $m_{su} = m_{buz}$ ) ve  $V_{su}$  bir birim olarak alındığında ( $V_{su} = 1 m^3$ ),

$$\rho_{su} \cdot V_{su} = \rho_{buz} \cdot V_{buz} \Rightarrow V_{buz} = \frac{\rho_{su} \cdot V_{su}}{\rho_{buz}} = \frac{1000 \cdot 1}{917} = 1,09 \quad [15]$$

Su ve buz hacimleri arasındaki değişim  $\Delta V$  ise,

$$\Delta V = V_{buz} - V_{su} = 1,09 - 1,00 = 0,09 = \%9 \quad [16]$$

Cevap6

$$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{ma}{m^2} = \frac{kg \frac{m}{s^2}}{m^2} = \frac{kgm}{m^2 s^2} = \frac{kg}{ms^2} = kgm^{-1} s^{-2} \quad [17]$$

$$1Pa = 1kg m^{-1} s^{-2}$$

Ders notundan [Şekil: Devamlı don koşulları altında granit kayasının çatlama durumu], -6 °C hava sıcaklığı olan soğuk bir günde Sivrihisar'daki granit kayalarındaki çatlaklarda 80 saat sonra oluşacak buz basıncını yaklaşık olarak 5MPa'dır.

$$5MPa = 5 \cdot 10^6 Pa = 5 \cdot 10^6 kgm^{-1} s^{-2} \quad [18]$$

Cevap7

Aynı şekilde, ders notundan [Şekil: Devamlı don koşulları altında granit kayasının çatlama durumu], -12 °C hava sıcaklığı olan soğuk bir günde Sivrihisar'daki granit kayalarındaki çatlak gelişim hızı yaklaşık olarak "1mm/10 saat"dır.

$$\frac{1mm}{10saat} = 0,1mmsaat^{-1} = 0,1 \frac{mm}{1000mm} \frac{1m}{3600s} = \frac{0,1}{1000 \cdot 3600} = 2,78 \cdot 10^{-8} ms^{-1} \quad [19]$$

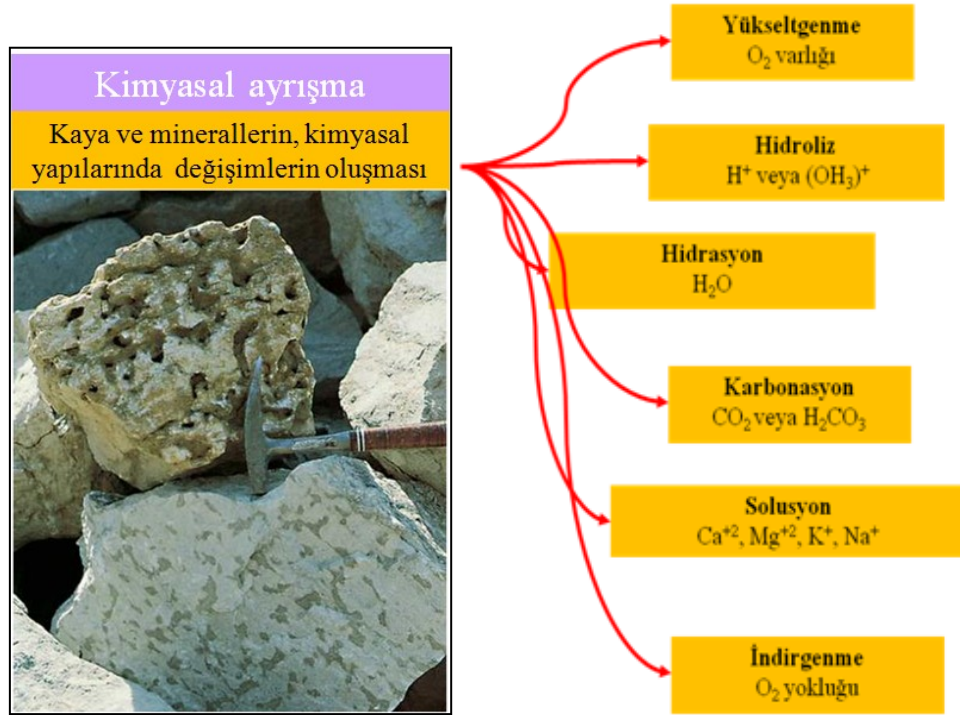


## 4. BÖLÜM

### 4.1 Toprak Oluşumunda Kimyasal Ayrıştırma Etmenleri

Ana kayanın kimyasal bileşimini değiştirmek suretiyle ana materyal ve toprağın oluşturulmasına hizmet eden etmenlere kimyasal ayrıştırma etmenleri adı verilmektedir.

- Belli mineraller kısmen veya tamamen değişerek, yeni mineraller oluşur,
- Fiziksel ayrışmalarla ufalanmış veya gözenekli hale gelmiş olan materyallere, kimyasal etmenlerin etkisi kolaylaşır,
- Su, hava ve sıcaklık, kimyasal ayrışmalarda büyük rol oynar,
  - Kurak bölgeler ® fiziksel aşınma
  - Yağışlı ve sıcak bölgeler ® kimyasal ayrışma

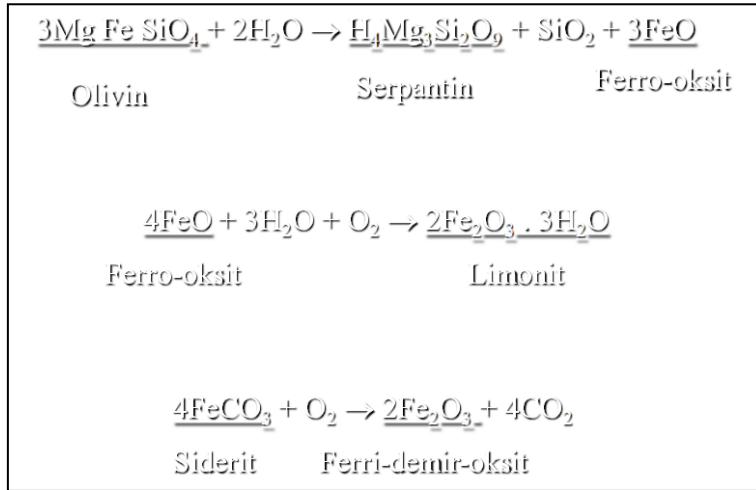


Şekil 4.1 Kimyasal ayrışma

#### 4.1.1 Yükseltgenme

Oksijen çok etkin bir atmosfer elementi olduğu için, diğer elementler ile serbest olarak birleşir (paslanma); ve birleşme sonucu artan O<sub>2</sub>, bileşiğin dayanıklılığını azaltır.

- Yükseltgenmeye en fazla maruz kalan bileşikler demir sülfür, karbonat ve silikat tuzlarıdır.
- Amfibol ve piroksen grubu demirli silikat silikat mineralleri demirin yükseltgenmesinden kolayca etkilenirler ve çok değişik görünümlü ürünler oluştururlar.

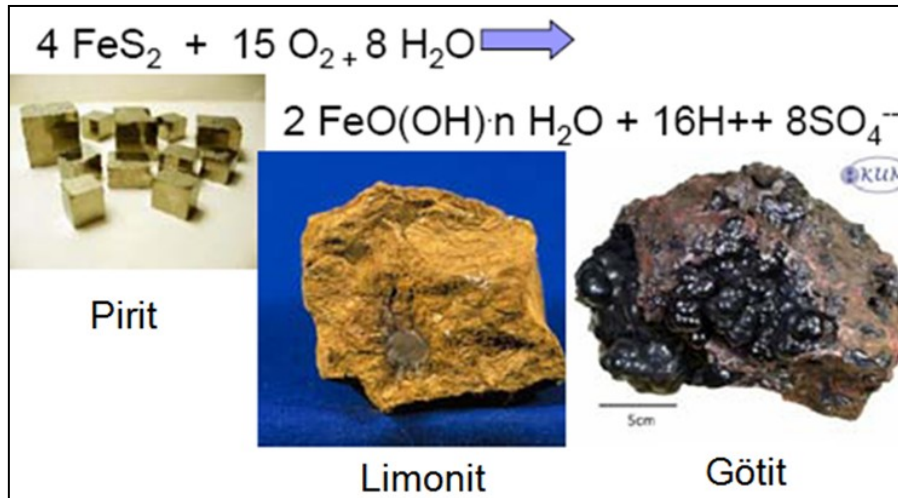


Şekil 4.2 yükseltgenme ve hidrasyon

#### 4.1.1.1 Yükseltgenme ve Hidrasyon



Şekil 4.3 yükseltgenme ve hidrasyon



Şekil 4.4 yükseltgenme ve hidrasyon

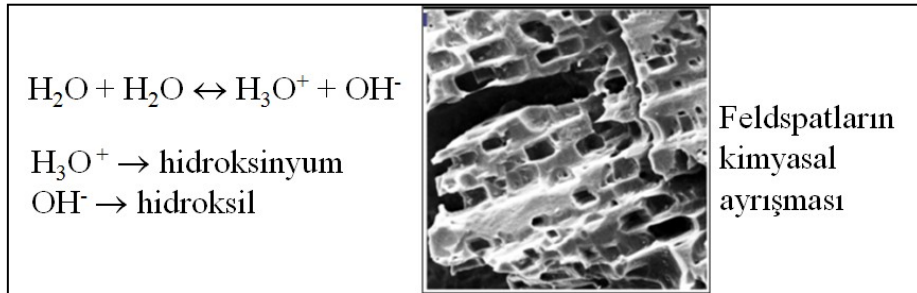


Resim 4.1 Bazalt yükseltgenmesi

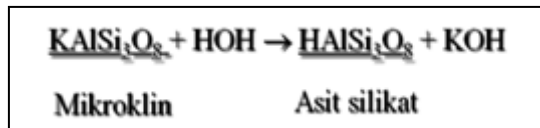
#### 4.1.2 Hidroliz

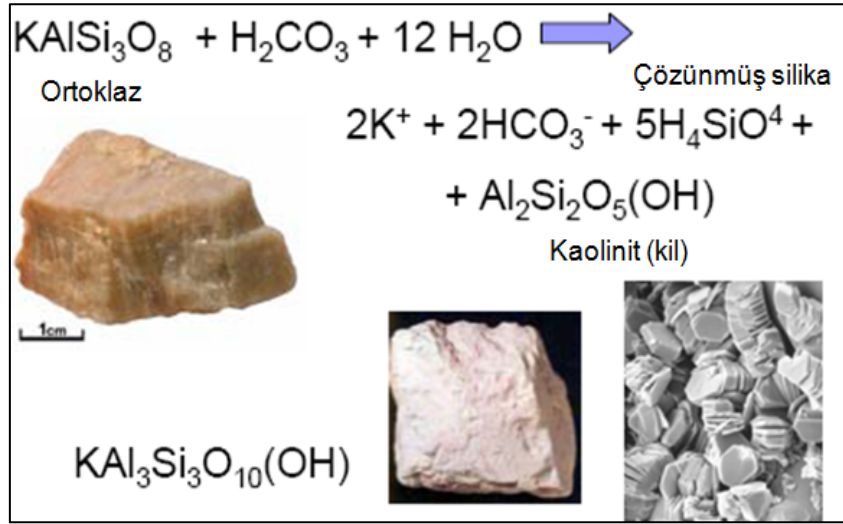
Su çok etkin bir kimyasal ayrıştırıcıdır. Suyun serbest  $H^+$  iyonları diğer bileşiklerdeki katyonlar ile yeni bir bileşik meydana getirmek üzere yer değiştirme eğilimindedir.

- Özellikle feldspatların, mikaların ve benzeri silikat minerallerinin ayrışmasında ilk önce meydana gelen kimyasal değişmelerden biridir.



Resim 4.2 Feldspatların ayrışması

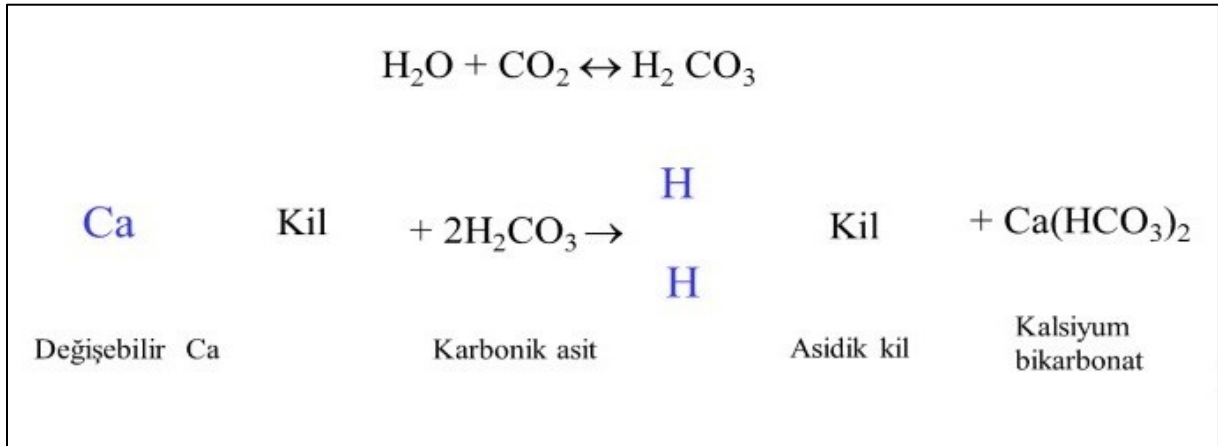




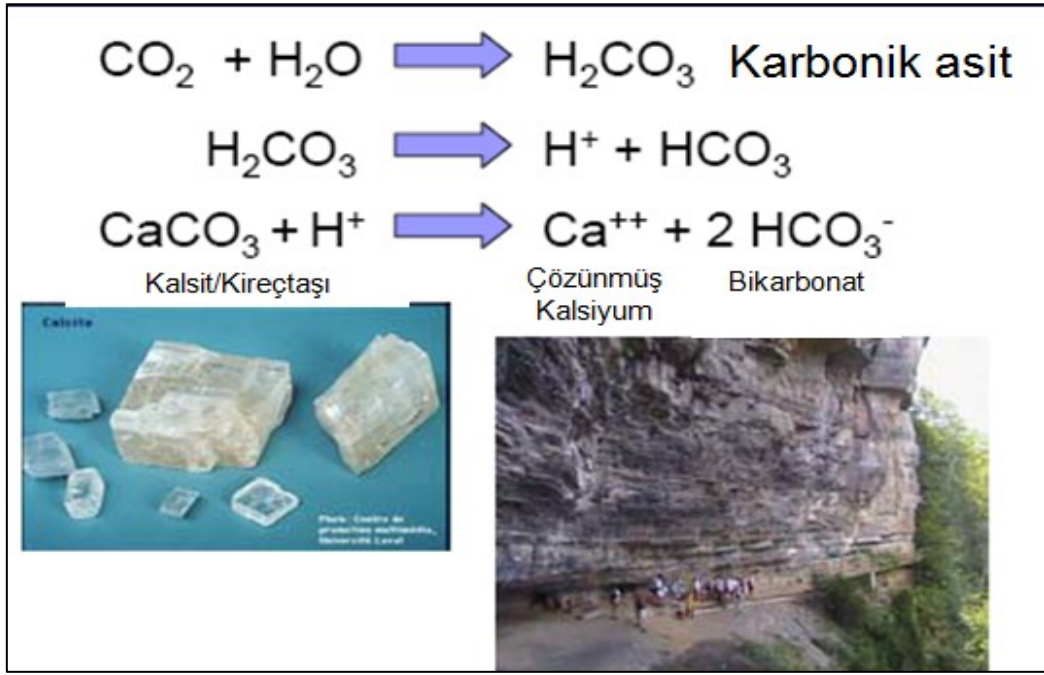
Şekil 4.5 Hidroliz

#### 4.1.2.1 Karbonik asit (karbonasyon) ve hidroliz

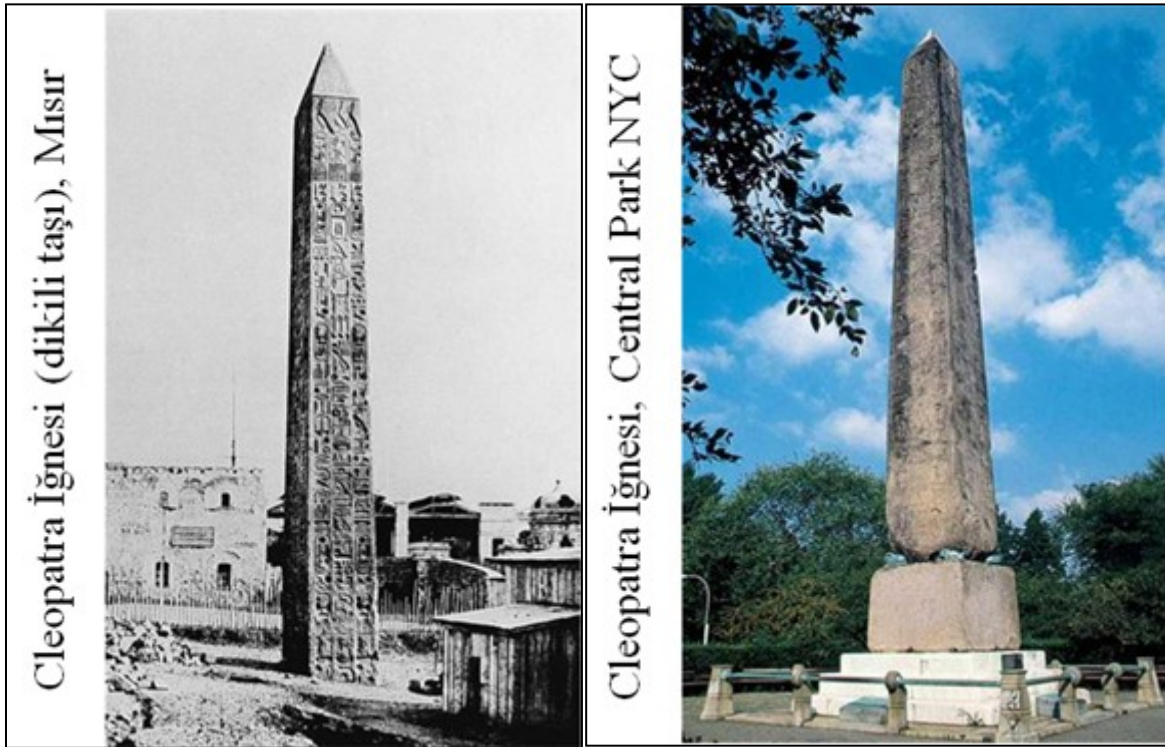
Toprak havasındaki  $\text{CO}_2$  ile  $\text{H}_2\text{O}$  birleşerek oluşturduğu karbonik asit  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , bazlarla doymun killeri etkileyerek, bazların yerine  $\text{H}^+$ 'i yerleştirip, bazları toprak çözeltisine geçirmektedir.







Resim 4.6 karbonasyon ve hidroliz



Resim 4.3 Granit (kurak iklim)

Resim 4.4 Granit (Nemli iklim)

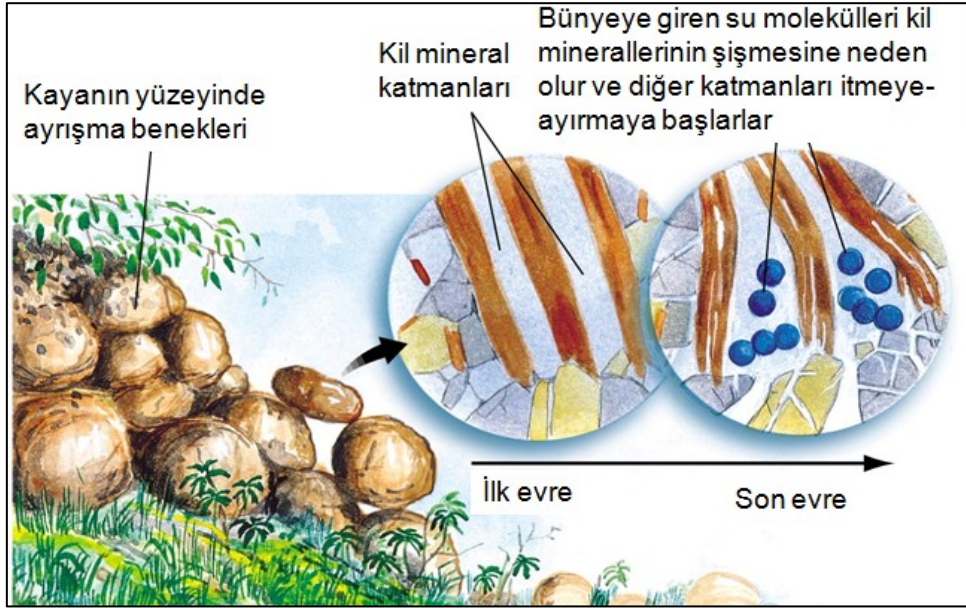
#### 4.1.3 Hidrasyon

Suyun toprak minerallerine bağlanmasına hidrasyon denilmektedir. Birçok mineral ve özellikle feldspat, amfibol, piroksen ve mika grupları kolaylıkla su molekülü olarak hidrasyona uğrarlar.

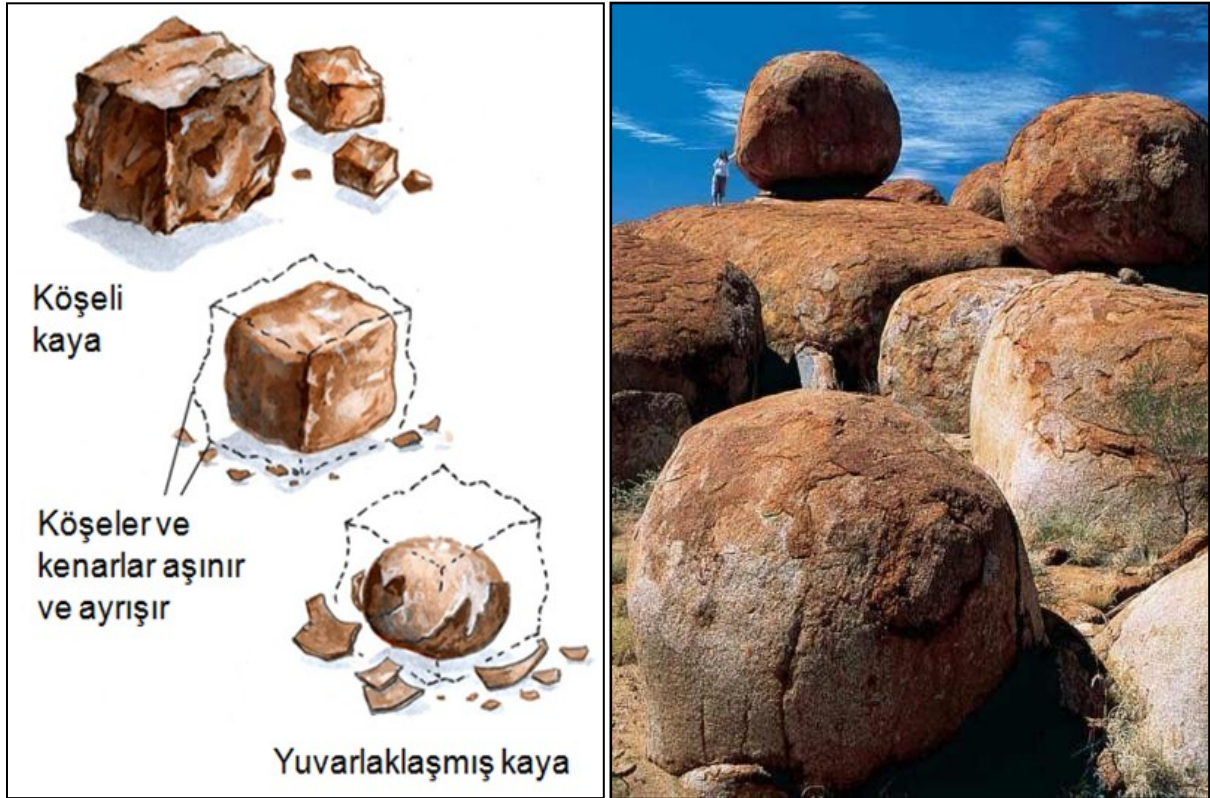




#### 4.1.3.1 Hidrasyon ve Fiziksel Aşınma



Şekil 4.6 Hidrasyon ve aşınma

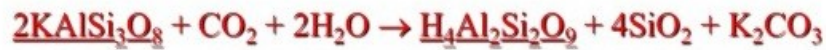
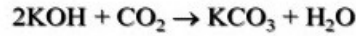
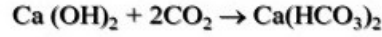


Şekil 4.7 Aşınma

#### 4.1.4 Karbonasyon

Topraktaki organik maddelerin ayrışması ve köklerin solunumları sonucunda, toprak havasına fazla miktarda CO<sub>2</sub> katılmaktadır. Bu gaz, hidroliz sonucu açığa çıkan metal hidroksitleri etkileyerek onları karbonat veya bikarbonat haline dönüştürmektedir.

- Hidrasyon sonucu mineraller, yumuşar, parlaklık ve esnekliklerini kayıp ederler ve hacimleri artar. Bunun sonucu olarak, fiziksel ve kimyasal etmenlerin etkisinde kolaylıkla kalırlar.



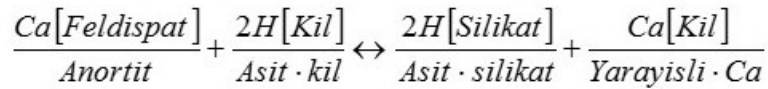
Ortoklaz

Kaolinit



Trikalsyum Fosfat

Dikalsyum Fosfat



#### 4.1.5 Solüsyon

Topraktaki kimyasal tepkimeler ile bir takım bileşikler meydana gelirken,

- toprak çözeltisinde kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum [ $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  = toprak alkali kationları] ve diğer kationlar bol miktarda bulunabilir.
- bu kationlar genellikle klorür, sülfat, bikarbonat, karbonat ve benzeri anyonlar ile bir denge teşkil etmektedirler [ $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ].
- ayrıca toprakta, kimyasal ve biyolojik olaylar ile meydana gelen mineral asitler bulunmaktadır [ $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ].

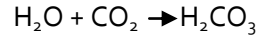


Şekil 4.8 Solüsyon

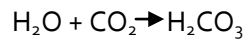
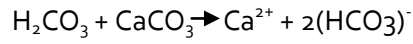
Bu toprak çözeltisinde bulunan bileşikler, minerallerin son ayrışmalarında önemli rol oynamaktadırlar.

Kireç taşlarının, karbonik asit içeren sularla çözünmesi, solusyonun en önemli örneklerinden birini oluşturmaktadır

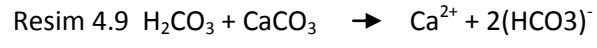
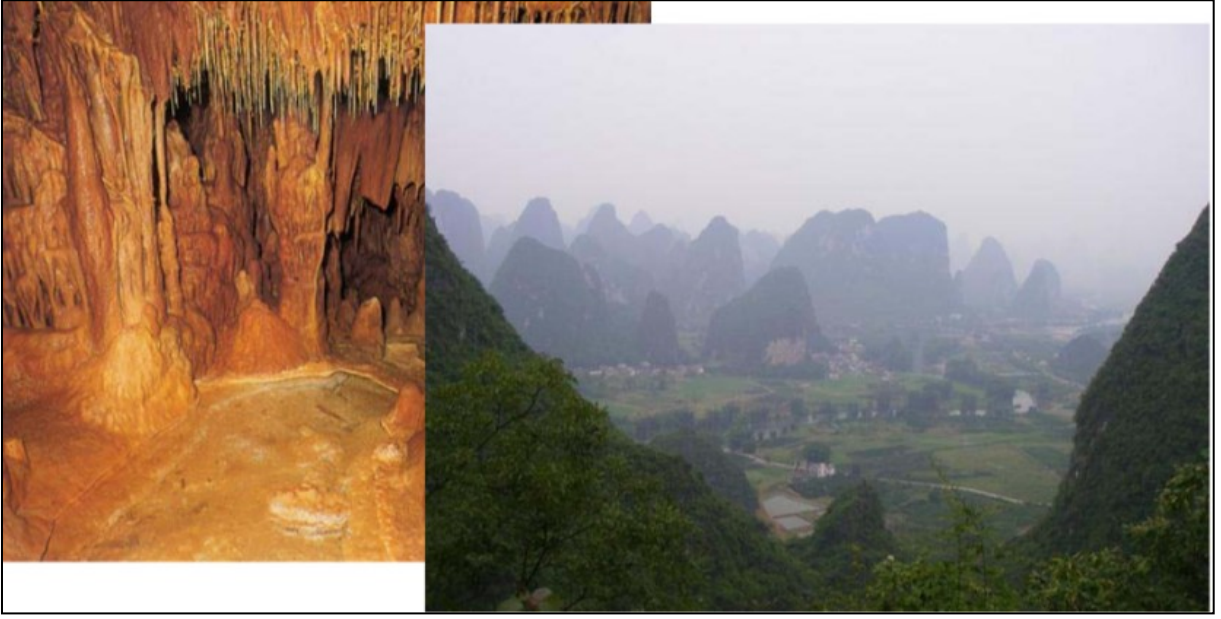
İlk önce karbonik asit oluşur:



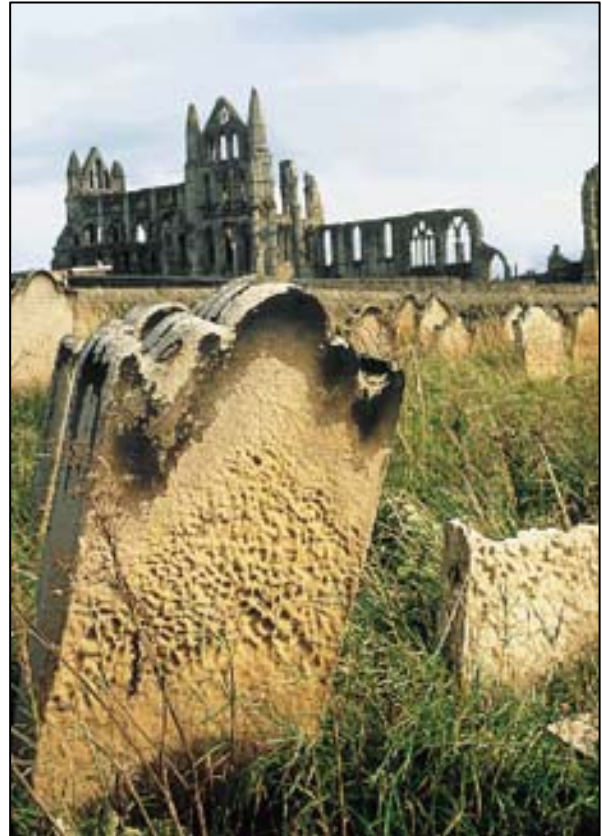
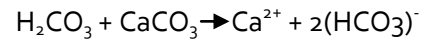
Daha sonra toprak çözeltisinde bulunan karbonik asit, kireç taşıyı çözer:







- Kireçtaşı
- Kalsit
- $\text{CaCO}_3$



Resim 4.10 kireçtaşı

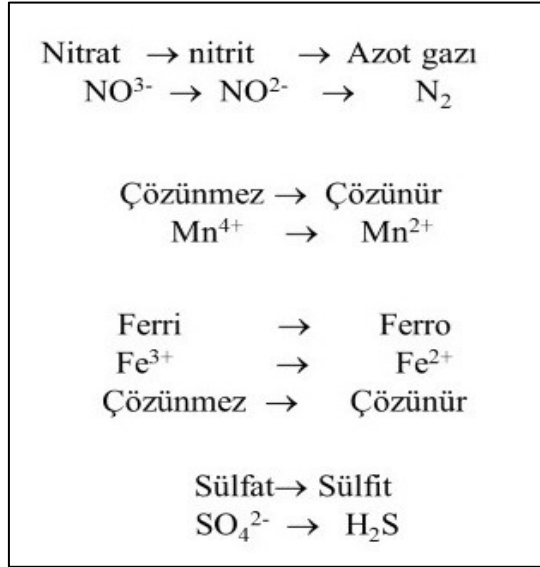


#### 4.1.6 İndirgenme

Yükseltgenmenin tersi olan indirgenme oksijenin yetersiz olduğu yerlerde meydana gelir. Bu nedenle indirgenme arz kabuğunun alt kısımlarında,

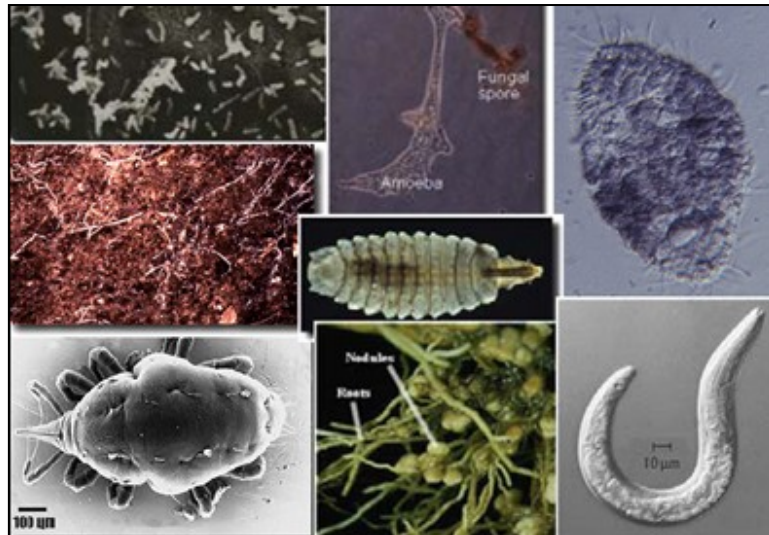
- kötü drenaj koşullarına sahip,
- suyun hava boşluklarını doldurduğu,
- havanın yeterli olmadığı topraklarda oluşur.

Bitkilerin kullanabildikleri  $\text{NO}_3$  ve  $\text{SO}_4$  gibi anyonlar indirgenerek element haline dönüştüklerinden, zararlı tepkimeler olarak kabul edilmektedirler.



#### 4.2 Biyolojik etmenler

Minerallerin ayrışması ve toprak oluşumunun ilk dönemlerinde liken, mantar ve bakteri gibi mikrobik canlılar önemli rol oynamaktadırlar.



Resim 4.11 toprak organizmaları

Yüksek bitkiler de altlarında gelişen toprağın özellikleri üzerinde, büyük etkiye sahiptirler.



Resim 4.12 Bitki köklerinin ayrışmaya etkisi

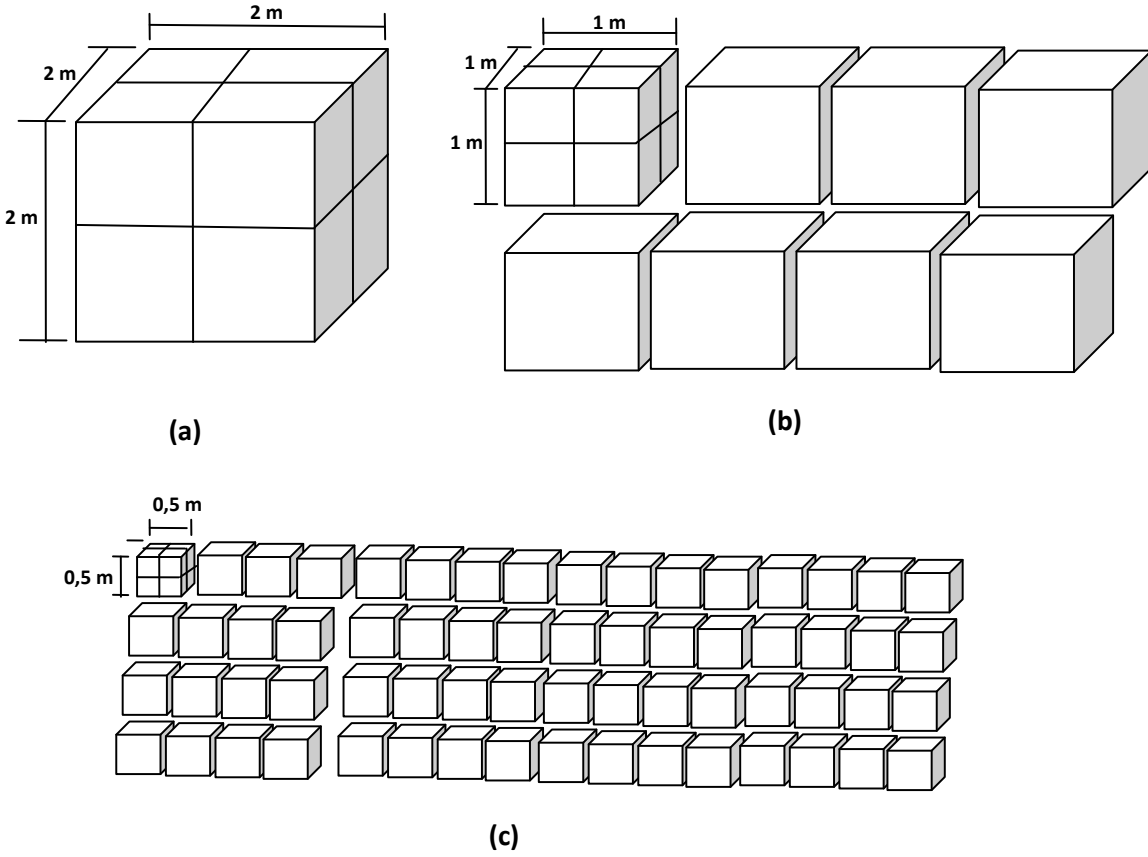
Kurtçuklar, böcekler ve solucanlar toprak özelliklerini, daha büyük hayvanlara oranla, daha fazla değişime uğratırlar.



Resim 4.13 Toprak makroorganizmaları

## Ödev 4. SORULAR

Fiziksel Aşınma (Parçalanma) ve Birincil Toprak Taneciklerinin Boyutları



Şekil 1. 2x2x2 m'lik bir küp boyutunun ikiye bölünerek küçültülmesi

Bilgi1: Hesaplarınızı kolaylaştırmak için, Şekil 1a, b ve c'deki küp sayılarını sırasıyla  $\eta_1$ ,  $\eta_2$  ve  $\eta_3$  olarak ( $\eta_1 = 1$ ); her bir küpün yüzey alanlarını  $A_1$ ,  $A_2$  ve  $A_3$  olarak ve toplam yüzey alanlarını da  $A_{T1}$ ,  $A_{T2}$  ve  $A_{T3}$  olarak alınız ( $A_1 = A_{T1}$ ).

Bilgi2: Bir küpün 6 yüzeyi olduğunu unutmayınız ( $\chi = 6$ ).

Soru 1. Şekil 1a'da verilen 2x2x2 m'lik bir küpün yüzey alanını hesaplayınız ( $A_1$ , m<sup>2</sup>)?

Soru 2. Şekil 1a'da verilen 2x2x2 m'lik bir küp, her bir kenarı 1m olacak şekilde 2'ye bölündüğünde 1x1x1 m'lik kaç küp oluşur ( $\eta_2$ ) ve oluşan her bir küpün yüzey alanı nedir ( $A_2$ , m<sup>2</sup>)? Bu durumda toplam yüzey alanını bir eşitlik yazarak hesaplayınız ( $A_{T2}$ , m<sup>2</sup>) (Şekil 1b)?

Soru 3. Şekil 1b'de verilen 1x1x1 m'lik küp, her bir kenarı 0,5m olacak şekilde 2'ye bölündüğünde 0,5x0,5x0,5 m'lik kaç küp oluşur ( $\eta_3$ ) ve oluşan her bir küpün yüzey alanı nedir ( $A_3$ , m<sup>2</sup>)? Bu durumda toplam yüzey alanını bir eşitlik yazarak hesaplayınız ( $A_{T3}$ , m<sup>2</sup>) (Şekil 1c)?

Soru 4.  $\eta_1$ ,  $\eta_2$  ve  $\eta_3$  arasındaki matematiksel eşitlikleri yazınız?

Soru 5.  $A_1$ ,  $A_2$  ve  $A_3$  arasındaki matematiksel eşitlikleri yazınız?

Soru 6.  $A_{T1}$ ,  $A_{T2}$  ve  $A_{T3}$  arasındaki matematiksel eşitlikleri yazınız?

Soru 7. Her bir bölünmeden sonraki küp sayılarını ( $\eta_1$ ,  $\eta_2$  ve  $\eta_3$ ) ve toplam yüzey alanlarını göz önünde bulundurarak ( $A_{T1}$ ,  $A_{T2}$  ve  $A_{T3}$ ) genel-geçer bir öneriyi sözel olarak bir cümle ile ifade ediniz?

Soru 8. Eğer yukarıda, belirli bir şekil için, sözel olarak ifade ettiğiniz genel-geçer önerinin bağıntısal şekli Eş. [1] ile verilirse,  $A_{T4}$ 'ü hesaplayınız?

$$A_{T_{i+1}} = 2 \cdot A_{T_i} \quad [1]$$

Bilgi 3: Toprak Bilimi'ndeki hesaplamalarda, başka şekilde detaylı olarak verilmemiş ise, birincil toprak taneciklerinin [kum (S), silt (Si), kil (C)] küresel bir şekle sahip olduğu kabul edilir. Tane boyutunun ( $d$ , m) bir bağıntısı olarak küre hacmi ( $V$ , mm<sup>3</sup>) ve yüzey alanı ( $A$ , mm<sup>2</sup>) sırasıyla Eş. [2] ve Eş. [3] ile verilir ( $\pi = 3,1416$ ):

$$V = \frac{\pi}{6} d^3 \quad [2]$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad [3]$$

Bilgi 4: Uluslararası sınıflandırmaya göre S, Si ve C büyüklük sınırları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bireysel toprak tanelerinin büyüklük sınırları

Toprak tane büyüklüğü	Büyüklük çap sınırları (mm)
S	0,02 – 2,00
Si	0,002 – 0,02
C	< 0,002

Soru 9. Gerek ve yeter aşınma ve ayrışma koşullarının varlığını kabul edersek ve Çizelge 1'deki tanecik sınıflarının üst sınırları göz önüne alındığında, 1cm boyutundaki kaya parçasından

- kaç adet kum oluşur, hesaplayınız ( $\eta_S$ )?
- kaç adet silt oluşur, hesaplayınız ( $\eta_{Si}$ )?
- kaç adet kil oluşur, hesaplayınız ( $\eta_C$ )?

Soru 10. "a, b ve c" şıkları için toplam yüzey alanlarını hesaplayınız ( $A_{TS} = \eta_S \times A_S$ ,  $A_{TSi} = \eta_{Si} \times A_{Si}$ , ve  $A_{TC} = \eta_C \times A_C$ )?

Soru 11. S<sub>9</sub> ve S<sub>10</sub> sonuçlarını karşılaştırarak bir cümle ile ne olup-bittiğini özetleyiniz?



#### Ödev 4. CEVAPLAR

Fiziksel Aşınma (Parçalanma) ve Birincil Toprak Taneciklerinin Boyutları

Cevap1

Bir küpün yüzey alanı bir kenarının karesi ( $\kappa^2$ ) ile yüzey adedinin ( $\chi = 6$ ) çarpılması ile hesap edilir (Eş. [1]):

$$A_1 = \kappa^2 \cdot \chi \quad [1]$$

$$A_1 = 2^2 \cdot 6 = 4 \cdot 6 = 24m^2 \quad [2]$$

Cevap2

Herhangi bir küp her bir kenarından yarıya bölündüğünde 8 adet yeni küp oluşacaktır.

$$\eta_2 = 8 \quad [3]$$

$$A_2 = \kappa^2 \cdot \chi = 1^2 \cdot 6 = 6m^2 \quad [4]$$

6 m<sup>2</sup>'lik 8 adet yeni küp oluşacağından,

$$A_{T2} = \kappa^2 \cdot \chi \cdot \eta_2 = 1^2 \cdot 6 \cdot 8 = 48m^2 \quad [5]$$

Cevap3

$$\eta_3 = 8 \cdot 8 = 64 \quad [6]$$

$$A_3 = \kappa^2 \cdot \chi = 0,5^2 \cdot 6 = 1,5m^2 \quad [7]$$

$$A_{T3} = \kappa^2 \cdot \chi \cdot \eta_3 = 0,5^2 \cdot 6 \cdot 64 = 96m^2 \quad [8]$$

Cevap 4

$$\eta_1 = 1 \quad [9]$$

$$\eta_2 = 8 \quad [10]$$

$$\eta_3 = 64 \quad [11]$$

$$\eta_1 = \eta_2 \cdot \frac{1}{8}; \eta_2 = \eta_3 \cdot \frac{1}{8}; \eta_1 = \eta_3 \cdot \frac{1}{64} \quad [12]$$

veya

$$\eta_2 = 8 \cdot \eta_1; \eta_3 = 8 \cdot \eta_2; \eta_3 = 64 \cdot \eta_1 \quad [13]$$

Sonuç: her bölünme sonrasında, küp sayısı 8 kat artmaktadır.

Cevap5

$$A_1 = 24m^2 \quad [14]$$

$$A_2 = 6m^2 \quad [15]$$

$$A_3 = 1,5m^2 \quad [16]$$

$$A_1 = 4 \cdot A_2; A_2 = 4 \cdot A_3; A_1 = 16 \cdot A_3 \quad [17]$$

$$A_2 = A_1 \cdot \frac{1}{4}; A_3 = A_2 \cdot \frac{1}{4}; A_3 = A_1 \cdot \frac{1}{16} \quad [18]$$

Sonuç: her bölünme sonrasında, her bir küpün yüzey alanı 4 kat azalmaktadır.

Cevap6

$$A_1 = 48m^2 \quad [19]$$

$$A_{T2} = 48m^2 \quad [20]$$

$$A_{T3} = 96m^2 \quad [21]$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot A_2; A_2 = \frac{1}{2} \cdot A_3; A_1 = \frac{1}{4} \cdot A_3 \quad [22]$$

$$A_2 = 2 \cdot A_1; A_3 = 2 \cdot A_2; A_3 = 4 \cdot A_1 \quad [23]$$

Cevap7

Her bölünme sonunda küp sayısı 8 kat artmakta ve her bir yeni küpün yüzey alanı 4 kat azalmakta olduğu için, toplam yüzey alanı 2 kat artmaktadır [ $8 \times (1/4) = 2$ ] (Eş. [23]).

Cevap8

$$A_{T_{i+1}} = 2 \cdot A_{T_i} \quad [24]$$

$$A_{T4} = 2 \cdot A_{T3} = 2 \cdot 96 = 192m^2 \quad [25]$$

Cevap9

Eğer 1 cm ( $d_k = 10$  mm) çapındaki kaya parçasının hacmi  $V_k$  ise,

$$V_k = \frac{\pi}{6} d_k^3 = \frac{3,1416}{6} \cdot 10^3 = 523,60mm^3 \quad [26]$$

Kum taneciğinin üst sınırı 2,00 mm ( $d_s$ ) olduğuna göre, bir tanenin hacmi  $V_s$ ,

$$V_s = \frac{\pi}{6} d_s^3 = \frac{3,1416}{6} \cdot 2^3 = 4,19mm^3 \quad [27]$$

Silt taneciğinin üst sınırı 0,02 mm ( $d_{si}$ ) olduğuna göre, bir tanenin hacmi  $V_{si}$ ,

$$V_{Si} = \frac{\pi}{6} d_{Si}^3 = \frac{3,1416}{6} \cdot 0,02^3 = 4,19 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^3 \quad [28]$$

Kil taneciğinin üst sınırı 0,002 mm ( $d_c$ ) olduğuna göre, bir tanenin hacmi  $V_c$ ,

$$V_c = \frac{\pi}{6} d_c^3 = \frac{3,1416}{6} \cdot 0,002^3 = 4,19 \cdot 10^{-9} \text{ mm}^3 \quad [29]$$

Kaya hacminin her bir tanecik hacmine oranı, oluşacak ilgili tane sayısını verecektir:

$$\eta_s = \frac{V_K}{V_S} = \frac{523,60}{4,19} \cdot \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^3} \cong 125 = 1,25 \cdot 10^2 \quad [30]$$

$$\eta_{Si} = \frac{V_K}{V_{Si}} = \frac{523,60}{4,19 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^3} \cong 1,25 \cdot 10^8 \quad [31]$$

$$\eta_c = \frac{V_K}{V_c} = \frac{523,60}{4,19 \cdot 10^{-9}} \cdot \frac{\text{mm}^3}{\text{mm}^3} \cong 1,25 \cdot 10^{11} \quad [32]$$

Cevap10 "a, b ve c" şıkları için toplam yüzey alanları

( $A_{TS} = \eta_s \times A_s$ ,  $A_{TSi} = \eta_{Si} \times A_{Si}$ , ve  $A_{TC} = \eta_c \times A_c$ )?

$$A_s = \frac{\pi}{4} d_s^2 = \frac{3,1416}{4} \cdot 2^2 = 3,1416 \text{ mm}^2 \quad [33]$$

$$A_{TS} = A_s \cdot \eta_s = 3,1416 \cdot 125 = 392 \text{ mm}^2 = 3,92 \cdot 10^2 \text{ mm}^2 \quad [34]$$

$$A_{Si} = \frac{\pi}{4} d_{Si}^2 = \frac{3,1416}{4} \cdot 0,02^2 = 3,1416 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^2 \quad [35]$$

$$A_{TSi} = A_{Si} \cdot \eta_{Si} = 3,1416 \cdot 10^{-4} \cdot 1,25 \cdot 10^8 = 3,92 \cdot 10^4 \text{ mm}^2 \quad [36]$$

$$A_c = \frac{\pi}{4} d_c^2 = \frac{3,1416}{4} \cdot 0,002^2 = 3,1416 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2 \quad [37]$$

$$A_{TC} = A_c \cdot \eta_c = 3,1416 \cdot 10^{-6} \cdot 1,25 \cdot 10^{11} = 3,92 \cdot 10^5 \text{ mm}^2 \quad [38]$$

Cevap11

Tane boyutları kumdan kile doğru azalırken, tane sayısı ve toplam yüzey alanları 10'un katları olarak artış göstermektedir.

## 5. BÖLÜM

### 5.1 Toprak karakter kazandıran etmenler

#### 5.1.1 Ana materyal

Ana materyal özellikle oluşumun ilk devrelerinde etkili olmaktadır. Yerinde oluşmuş ana materyaller:

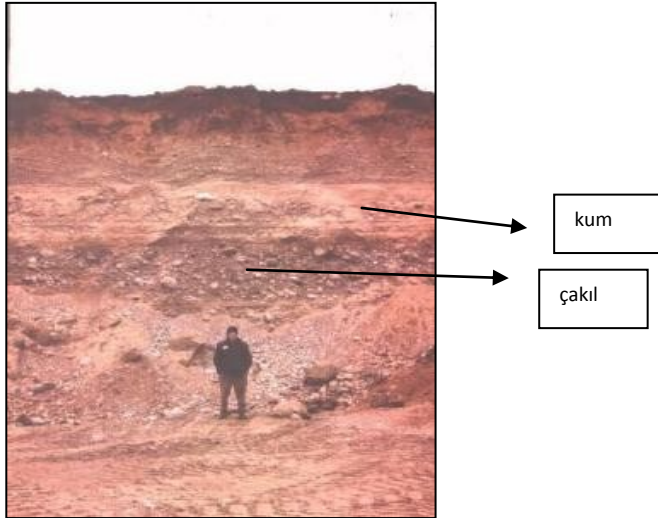
- Kumtaşı
- Kireçtaşı
- Bazalt
- Granit



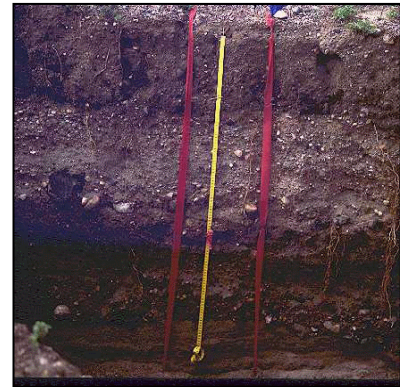
Resim 5.1 Yerinde oluşmuş ana materyal

#### 5.1.1.1 Taşınmış ana materyal

Taşkın alüvyonları – kum veya kum ve çakıl ardalaşmaları, sıralanmaları



Resim 5.2 Alüvyal ana materyal



iyi bir şekilde derecelenmiş materyaller





Resim 5.3 Alüvyal ana materyal (taşkın ovalar)

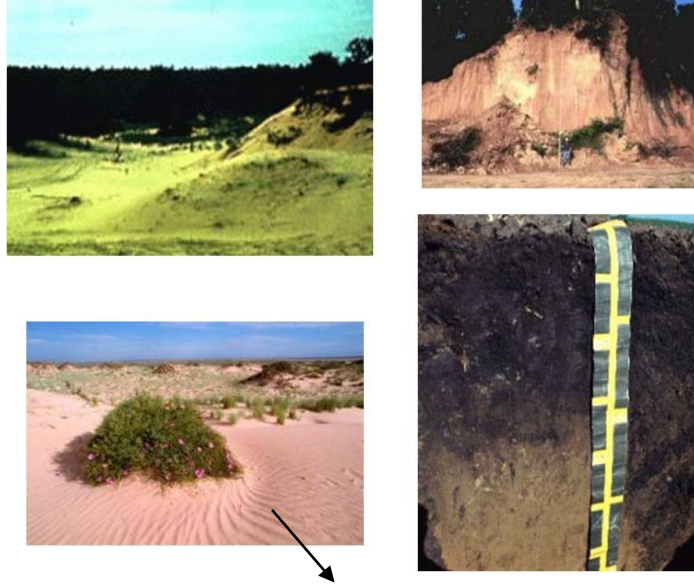


Resim 5.4 gölsel ana materyal

- Su

Lakustrin – düz eski göl tabanları, siltli veya killi bünye iyi bir şekilde derecelenmiş materyaller

### 5.1.1.2 Rüzgar ile taşınmış ana material



Resim 5.5 iyi bir şekilde derecelenmiş materyaller

- Rüzgar

Lös: rüzgarlar ile taşınan siltli materyaller  
Kum: rüzgarlar ile taşınan siltli materyaller (kumullar)

### 5.1.1.3 Buzul ile taşınan ana materyaller

- Buzul

Buzultaş (moren): buzul hareketleri sonucu taşınan büyük-üçüklü her türlü materyalleri (kaya parçacıkları, çakıl, kum, silt ve kil) içeren ana materyaller.



Resim 5.6 iyi bir şekilde derecelenmemiş materyaller

### 5.1.1.4 Yer çekimi ile taşınana ana materyal

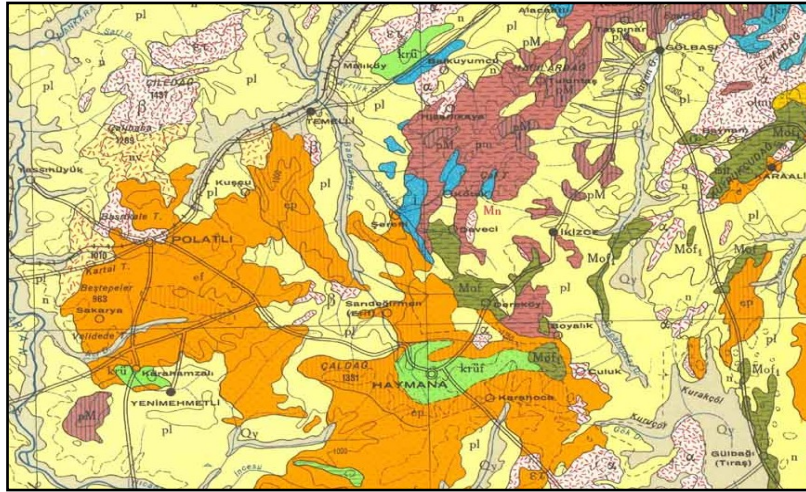
- Yerçekimi

Koluviyal: eğimli arazilerdeki gevşek materyallerin yer çekimi etkisi ile yuvarlanarak eteklerde birikmesi sonucu oluşan yığıntılar.





Şekil 5.1 Türkiye Jeoloji Haritası



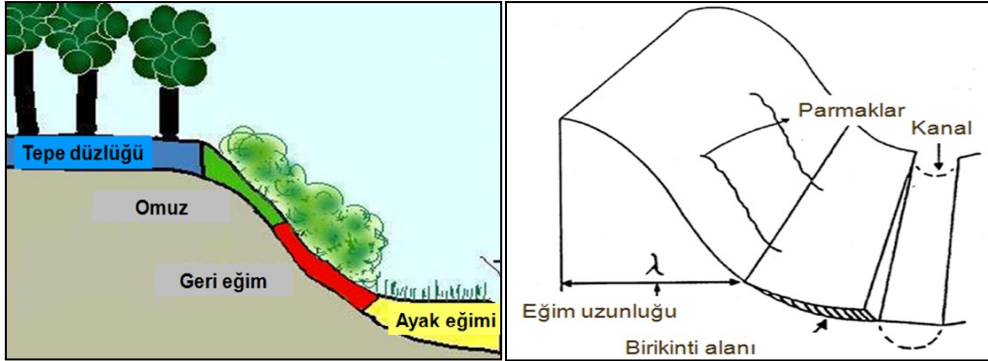
Şekil 5.2 Ankara Jeoloji Haritası

Q	KUATERNER, KARASAL, AYRILMAMIŞ QUATERNARY, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED	Cr	METAMORFİK SERİ, AYRILMAMIŞ METAMORPHIC SERIES, UNDIFFERENTIATED
Qy	HOLOSEN, YENİ ALÜVYON HOLOCENE, RECENT	Mr	MERMER, KRİSTALİZE KALKER VE DOLOMIT MARBLE, CRYSTALLINE LIMESTONE AND DOLOMITE
Qe	PLEİSTOSEN, ESKİ ALÜVYON PLEISTOCENE	Qu	KUARSİT QUARTZITE
plQ	PLİO - KUATERNER PLIO - QUATERNARY	π	ASİT İNTRUZİFLER ACID INTRUSIVES
n	NEOJEN, KARASAL, AYRILMAMIŞ NEOGENE, CONTINENTAL, UNDIFFERENTIATED	γ	GRANİT, GRANODİORİT, KUARSLI DİORİT GRANITE, GRANODIORITE, QUARTZ - DIORITE
ny	NEOJEN, VOLKANİK FASİES NEOGENE, VOLCANIC FACIES	ω	BAZİK İNTRUZİFLER BASIC INTRUSIVES
pl	PLİOSEN, KARASAL PLIOCENE, CONTINENTAL	p	PERİDÖTİT, PİROKSENİT, HARZBURGİT PERIDOTITE, PYROXENITE, HARZBURGITE
olmj	OLİGO - MİOSEN, JİPSLİ FASİES OLIGO - MIOCENE, GYPSIFEROUS FACIES	σ	SERPANTİN SERPENTINE
eol	EOSEN - OLİGOSEN EOCENE - OLIGOCENE	β	VOLKANİKLER, AYRILMAMIŞ VOLCANIC ROCKS, UNDIFFERENTIATED
		λ	RIYOLİT, DASİT RHYOLITE, DACITE
		α	ANDEZİT, SPİLİT, PORFİRİT ANDESITE, SPILITE, PORPHYRITE

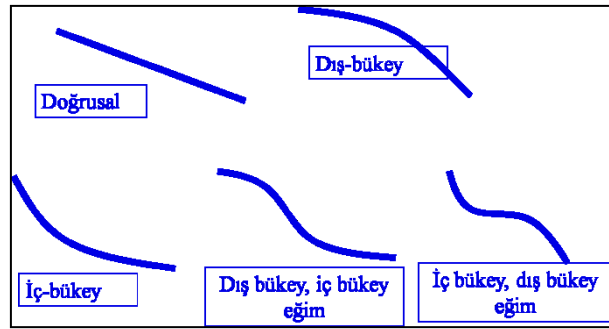
Şekil 5.3 Ankara Jeoloji Haritası Lejantı

## 5.1.2 Topografya

Topografya, iklimin ve özellikle suyun etkilerini hızlandıran veya yavaşlatan arazi şekilleri olarak toprak oluşumunda rol oynar.

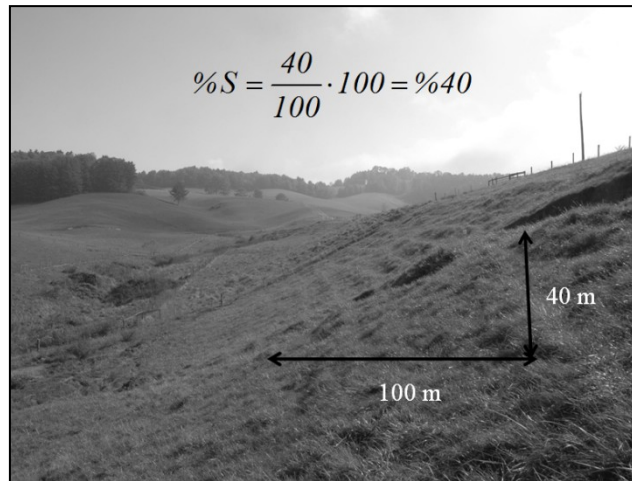


Şekil 5.4 Topografik yapı unsurları



Şekil 5.5 Topografik yapı türleri

### 5.1.2.1 Eğim



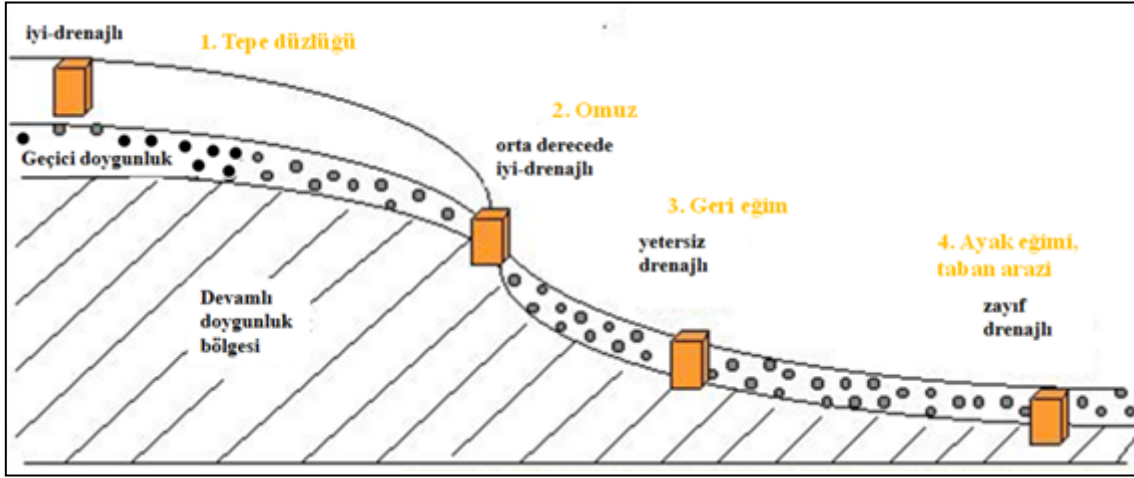
Resim 5.7 eğimin hesaplanması

### 5.1.2.2 Topografya ve Drenaj

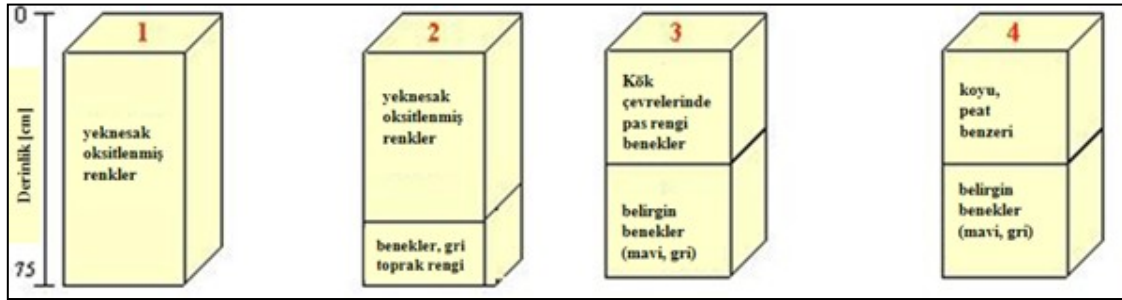
Arazideki Konum (Röliyef) ve "Katena" (Catena)



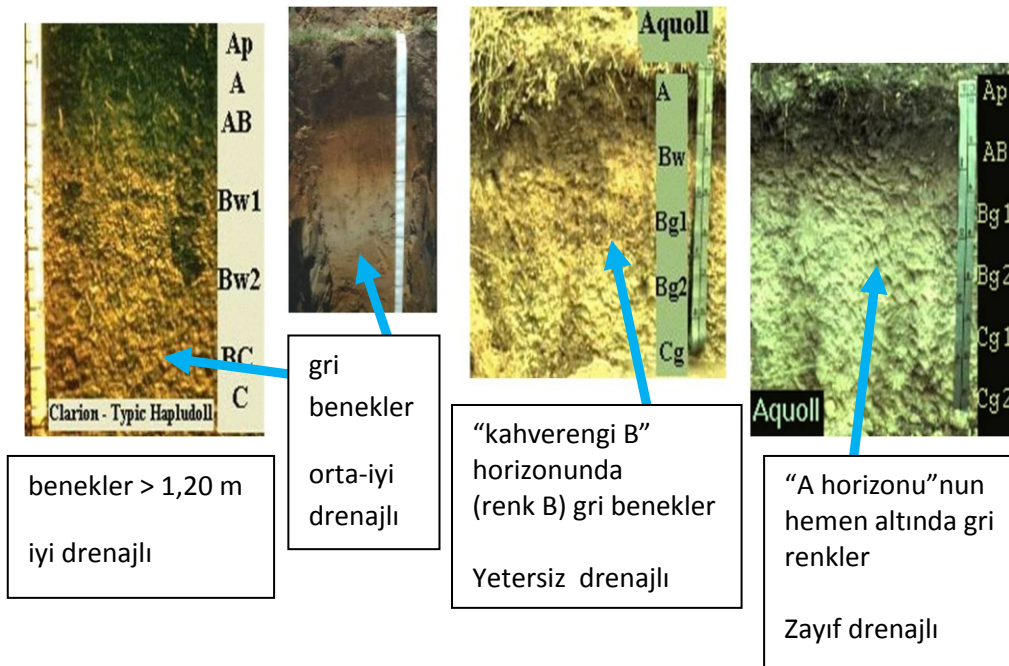
Topografya veya rölyef, konumsal toprak farklılaşmasının önemli bir nedeni olabilir. Herhangi bir eğim kesitinde oluşan farklı toprakları tanımlayabilmek için, bunları katenalar olarak ayırmak gereklidir.



Şekil 5.6 Eğime göre drenaj



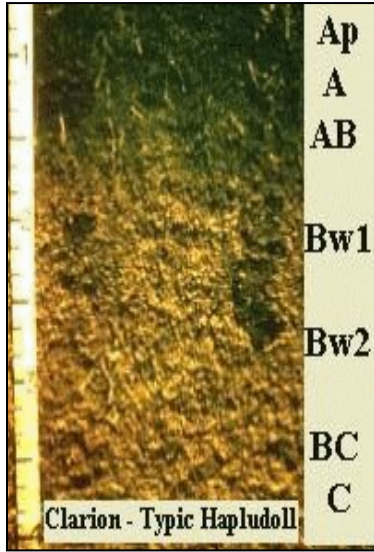
Şekil 5.7 Drenaja bağlı olarak toprak profili içerisinde meydana gelen oluşumlar



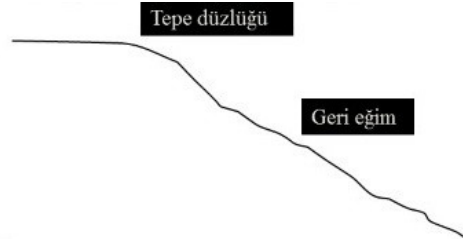
Şekil 5.8 Drenaj sınıfları (yer altı su seviyesine olan derinlik)

### 5.1.2.3 Topografya ve Erozyon

#### Tepe düzlüğü ve geri eğim

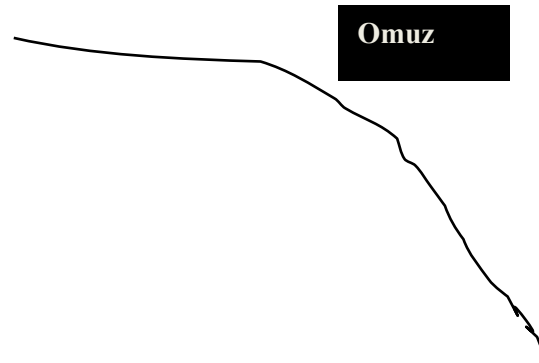
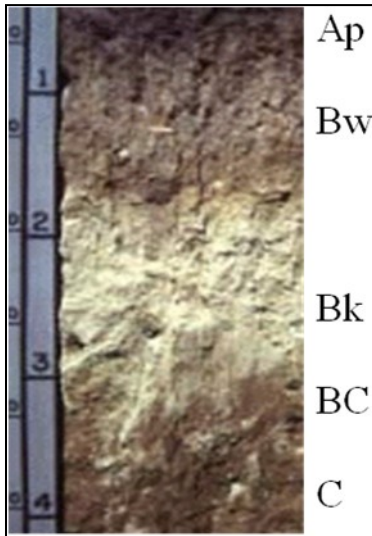


- Tepe düzlüğünde, erozyon (parçalanma ve taşınma) süreçleri en düşük seviyede olacağından, en iyi toprak gelişimi (horizon gelişimi) beklenmektedir.
- Geri eğimde ( $\leq$  %20 eğimlere kadar), tepe düzlüğüne benzer bir toprak gelişimi olasıdır; fakat geri eğim  $>$  %20 olduğunda, horizon gelişimi o kadar iyi olmamaktadır.



Resim 5.9 tepe düzlüğüne ait toprak profili

### 5.1.2.4 Omuz



Resim 5. 10 Omuz bölgesindeki toprak profili

### 5.1.2.5 Ayak eğimi (taban düzlüğü)

Yukarıdan taşınan materyallerin birikimi, taban suyu seviyesine yakın olabilir – yukarı havzadan gelen yüzey akışlardan dolayı üst toprak horizonlarında yıkanma çok yüksek düzeylere ulaşabilir.



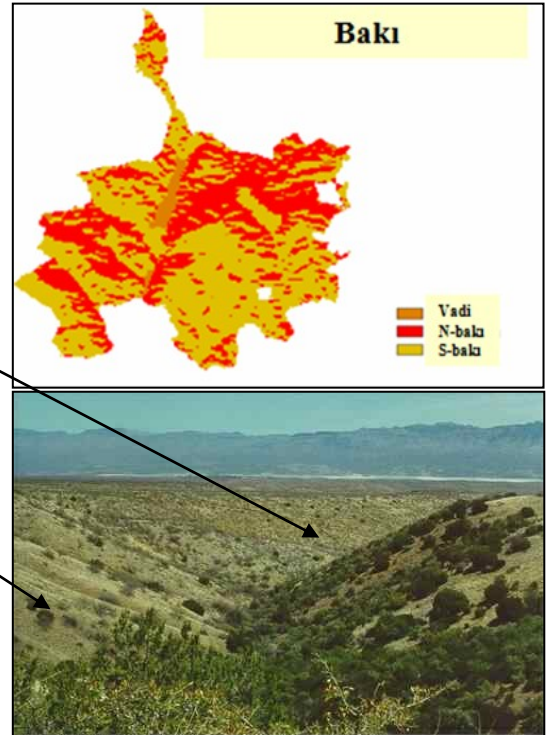
Resim 5.11 taban araziye ait toprak profili

### 5.1.2.6 Bakı

Eğimin yönü (bakı) – eğim derecesi (dikliği) > %10 olduğunda, toprak oluşumunda önemli farklılıklar oluşabilmektedir.

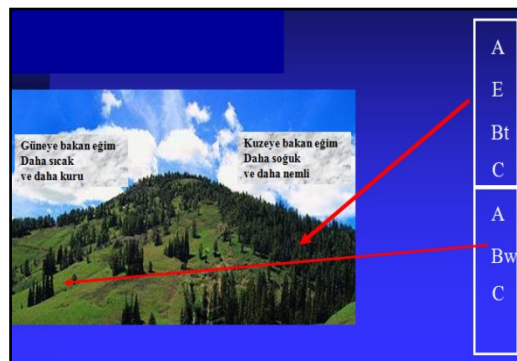
Kuzey eğimleri = 1. daha serin, 2. daha az buharlaşma, 3. daha fazla yıkanma ~ böylece daha iyi toprak gelişimi

Güney eğimleri = 1. daha sıcak, 2. daha fazla buharlaşma, 3. daha az yıkanma ~ böylece daha zayıf toprak gelişimi



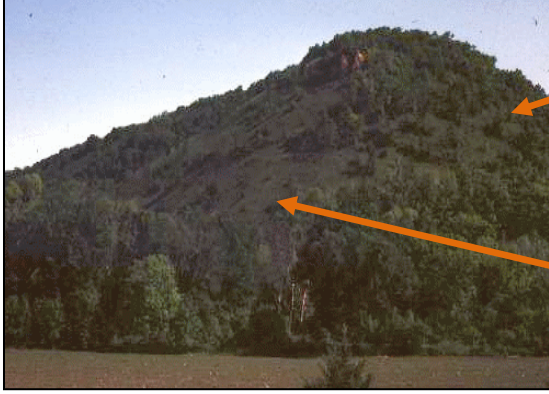
Resim 5.12 Eğim yönü

Eğimin yönü, eğim derecesi > % 10 olduğunda önemli olmaktadır



Resim 5.13 eğim yönü farklılıkları

## Eğim Yönü ve Erozyon



Kuzey'e bakan eğim (daha fazla ağaç ve bitki örtüsü), daha iyi toprak gelişimi

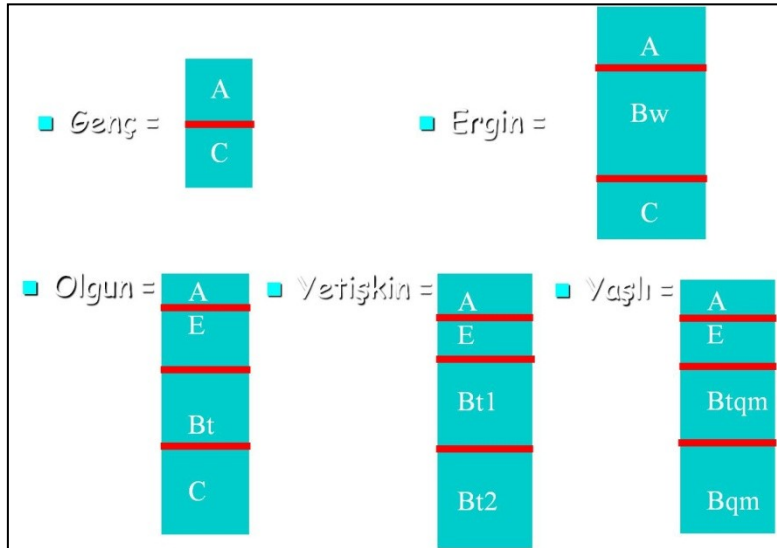
Güney'e bakan eğim (çıplak, daha az ağaç ve bitki örtüsü), daha zayıf toprak gelişimi

Resim 5.14 eğim yönü farklılıkları

### 5.1.3 Zaman

- Bitki örtüsü ve iklim (etkin toprak oluşum etmenleri), ana materyal ve topografya üzerinde zaman'a bağlı olarak etkili olmaktadır.
- Bir toprağın yaşı, gelişim göstermekte olduğu gerçek yıl sayısından daha çok, toprak gelişimi ile belirlenir.
- Bir toprağın yaşlı olması için ne kadar zaman geçtiği, diğer 4 toprak oluşturan sürecin şiddetine bağlıdır.

#### 5.1.3.1 Zaman: Yaş Ardılığı



Şekil 5.9 topraklarda zaman faktörünün etkisi

Toprak profil gelişimini (horizonlaşmayı) engelleyen etmenler

- Düşük yağış (iklim)
- Yüksek kireç kapsamı (ana materyal)
- Yüksek kil içeriği(ana materyal)
- Dik eğimler (topografya)
- Düşük sıcaklık (iklim)
- Şiddetli erozyon (topografya)



- Düşük nem (iklim)
- Yüksek kuvars miktarı (ana materyal)
- Sert (direngen) kaya (ana materyal)
- Yüksek yer altı suyu seviyesi (topografya)
- Devamlı birikme olayları (topografya)
- Hayvan etkinlikleri ile sürekli toprağın alt-üst edilmesi (biyosfer)

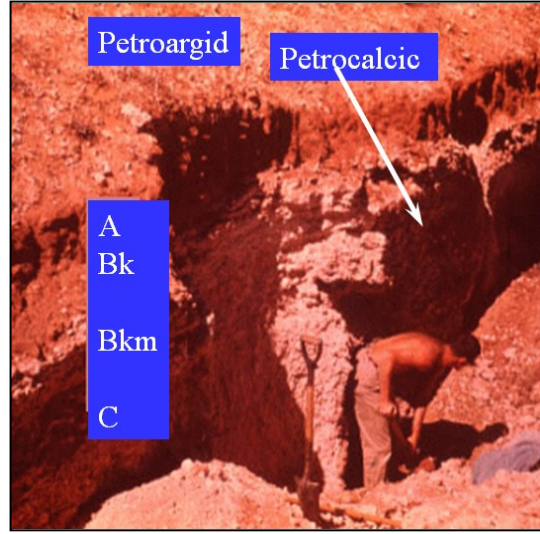
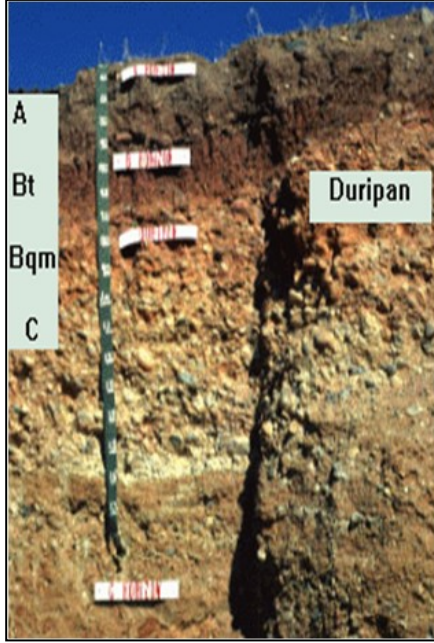


Resim 5.15 insan etkisi ile toprak profil gelişiminin engellenmesi

“Zaman” ile toprakta ne tür değişimler oluşur

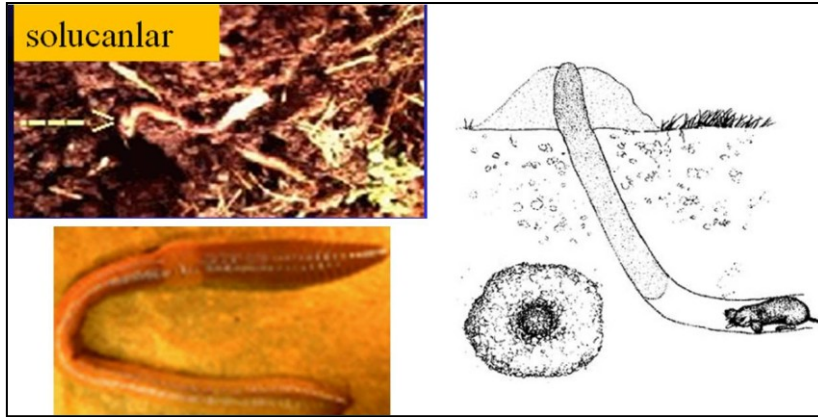
- Bitki besin maddelerinin (toprak alkali katyonlarının [ $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ] kayıp olması) = daha düşük pH veya toprak daha asidik olur
- Demir ( $Fe^{+3}$ ) konsantrasyonu (derişimi veya içeriği) yükselir veya toprak daha kırmızı olur
- Kil içeriği yükselir veya yaşlı topraklarda daha fazla kil vardır.
- Ana materyale ulaşabilen daha derin aşınma ve ayrışma vardır.

## Yaşlı topraklar



Resim 5.16 Durixeralf

### 5.1.4 Biyosfer (Canlılar)



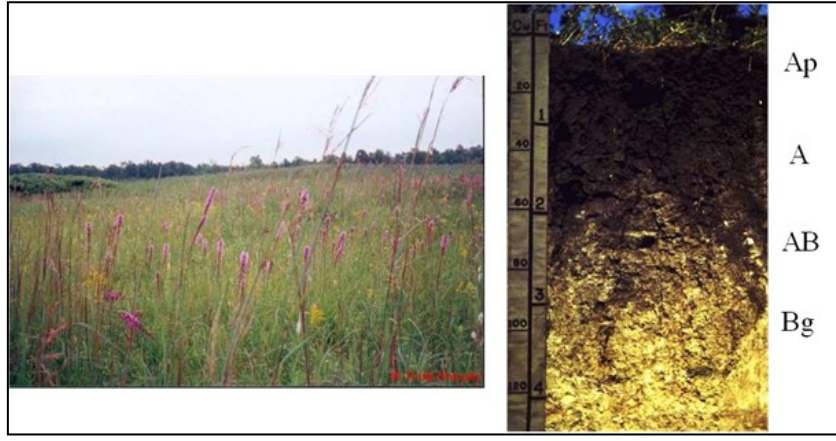
Resim 5.17 Toprak canlıları

Hayvanlar – Toprak karışımı ~ solucanlar, kerevit, akrepler, köstebek, yer sincabı ~ bu alt-üst etme horizonların bozulmasına neden olabilir.

#### Biyosfer (bitki örtüsü)

Bitki örtüsü – Organik Madde (OM) eklenmeleri.

Doğal otlaklar ~ otsu bitkilerin lifli kök sistemleri aracılığıyla, toprağın üst 60 cm. 'sine kadar OM eklenebilir.

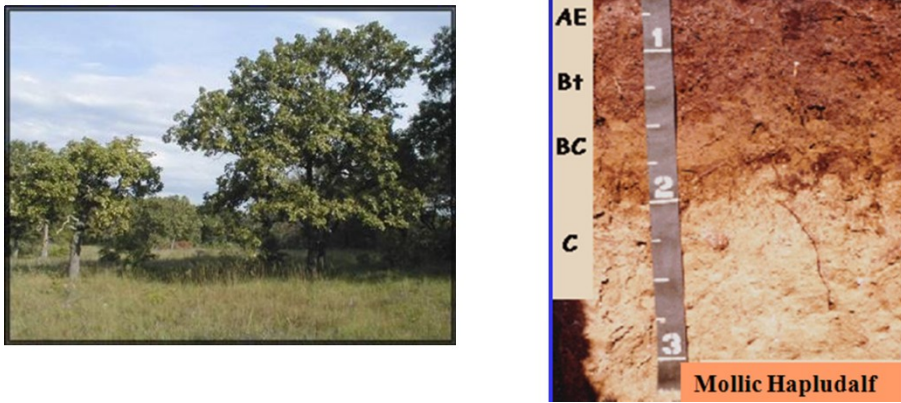


Resim 5.18 doğal çayır ortamındaki toprak profili



Resim 5.19 orman toprağına ait toprak profili

Orman ~ yıllık yaprak düşmeleri ile toprağıın en üst 10 cm. sine kadar OM eklenebilir; toprak inorganik kısımları ile karışabilir.



Resim 5.20 Geçiş topraklarına ait toprak profili

Sınır (geçiş) toprakları – hem doğal otlak hem de orman örtüsü etkisi altında olan topraklardır.



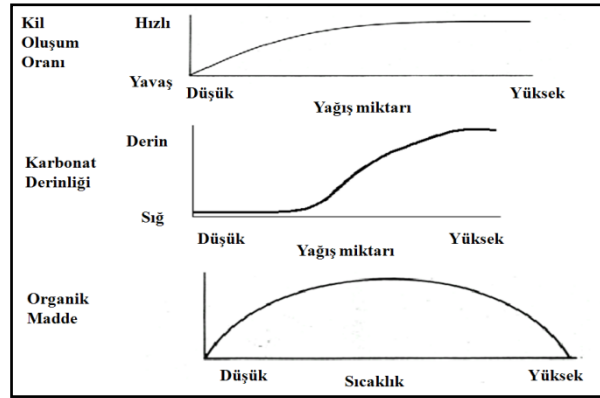
### 5.1.5 İklim

Sıcaklık: Daha sıcak (ılıman) = daha hızlı → Toprak gelişimi Daha soğuk = daha yavaş → Toprak gelişimi

Yağış: Daha fazla = daha fazla yıkanma

Yıkanma katmanı – toprak profilinde  $\text{CaCO}_3$ 'ün derinliği ile belirlenir.

Yıkanma indisi = Yağış – (Buharlaşma + terleme) = yıkanmaya esas oluşturan etkili yağış miktarı



Şekil 5.10 iklime bağlı toprak parametrelerinin oluşum eğrileri

#### 5.1.5.1 Yıkanma İndisi (LI: Leaching Index)

$\text{CaCO}_3$  Yıkanma katmanı



Resim 5.21 yıkanma indisi sırasıyla LI = 8, LI = 4 ve LI = 2



## ÖDEV 5 SORULAR

### Kimyasal Ayrışma ve Çözünme

Bilgi1: Aşağıda Eş. [1] ve Eş. [2]'de verilen denklikler bilgi amaçlı verilmiştir. Gerekliğinde kullanabilirsiniz!

$$1 \cdot m^3 = 1000 \cdot L \quad [1]$$

$$1 \cdot cm^3 = 1 \cdot mL \quad [2]$$

Bilgi2: Orta Anadolu gibi yarı-kurak iklim kuşağı topraklarında bol miktarda  $CaCO_3$  (kireç)  $CaSO_4$  (Jips) ve  $NaCl$  (yemek tuzu) tuzları bulunmaktadır. Bunun en büyük nedeni, bu tuzları bir toprak profilinden yıkayabilecek kadar yağışın olmamasıdır. Öreğin, Ankara şehrinin uzun yıllar ortalaması olarak yıllık toplam yağış miktarı 350 mm – 400 mm arasında değişiklik göstermektedir.

Soru 1. Ankara koşullarında toplam yağışın (400 mm) tamamının yüzey akış olmadan toprak sistemine girdiğini ve toprakta en uygun çözünürlük ve yıkanma koşullarının oluştuğunu düşünürsek, 1 dönüm araziden toprak üst katmanından aşağılara yıkanacak  $CaCO_3$ ,  $CaSO_4$  ve  $NaCl$  miktarlarını kg olarak hesaplayınız? Tepkimelerin birbirinden bağımsız oluştuğunu farz ediniz.

Bilgi3:  $CaCO_3$ ,  $CaSO_4$  ve  $NaCl$  tuzlarının çözünürlük çarpımları ve molekül ağırlıkları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1.  $CaCO_3$ ,  $CaSO_4$  ve  $NaCl$  tuzlarının çözünürlük çarpımları ve molekül ağırlıkları

Tuz	$g \text{ mol}^{-1}$	$k_c$
$CaCO_3$	100	$6,00 \times 10^{-9}$
$CaSO_4$	136	$4,93 \times 10^{-5}$
$NaCl$	58,5	$3,87 \times 10^1$

Bilgi4: Gerekli ise aşağıdaki kimyasal tepkimeleri (T1, T2 ve T3) ve eşitlikleri kullanabilirsiniz!

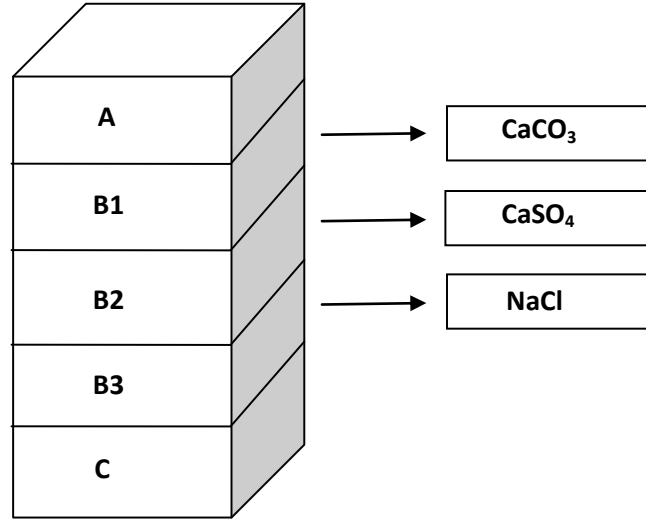


$$k_c = [Ca^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}] \quad [3]$$

$$k_c = [Ca^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}] \quad [4]$$

$$k_c = [Na^+] \cdot [Cl^-] \quad [5]$$

Soru 2. Tuz çözünürlüğü ile toprak profilindeki yıkanma hızı arasında doğrusal bir ilişki olduğu kabul edilirse, Ankara'da tanımlanan ve aşağıda verilen toprak profilinde (Şekil 1), biriken tuz ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  ve  $\text{NaCl}$ ) çeşidine göre belirlenen B horizonlarında (B1, B2 ve B3) hangi tuzları göreceğinizi, sağ yan kısımda verilen kutucuklar içerisinde yazınız?



Şekil 2. Ankara Yarı-Kurak Bölge Toprak Profili

Soru 3. Bir peyzaj mimarlığı projesinde  $70 \text{ m}^2$ 'lik bir bahçede çim örtüsü idame edilecektir. Bahçe üst toprağının analizi sonucunda,  $100 \text{ g}$  toprakta  $1 \text{ g}$  tuz ( $\text{NaCl}$ ) (%1) olduğu tespit edilmiştir. Peyzaj mimarı, bu tuz miktarının çim örtüsünü tehdit edeceğini düşündüğünden, bunu toprağın ilk  $20 \text{ cm}$ 'lik üst kısmından (A horizonu) yıkayarak uzaklaştırmak istemektedir; ihtiyacı olan yıkama suyu miktarını  $\text{m}^3$  olarak hesaplayınız?

[Toprak hacim ağırlığı ( $\rho_b$ ) =  $1250 \text{ kg m}^{-3}$  (=  $1,25 \text{ g cm}^{-3}$ 'dür].

Soru 4. Toprakta alkali (bazik) koşullarda gerçekleşen aşağıdaki yükseltgenme-indirgenme tepkimesini ([T4]) denkleştiriniz?



Soru 5. Toprakta asidik koşullarda gerçekleşen yükseltgenme-indirgenme tepkimesini ([T5]) denkleştiriniz?



Bilgi 5. Toprak alkali koşullarında gerçekleşen S4'de, yük denkliliğini sağlamak için ürünler tarafına  $\text{OH}^-$  (hidroksil iyonu) ve H ve O atomlarının sayıca denkliliğini sağlamak için yine ürünler tarafına  $\text{H}_2\text{O}$  molekülü eklemeyi unutmayınız!

Bilgi 6. Toprak asidik koşullarında gerçekleşen S6'da, yük denkliliğini sağlamak için girenler tarafına  $\text{H}^+$  (hidrojen iyonu) ve H ve O atomlarının sayıca denkliliğini sağlamak için de ürünler tarafına  $\text{H}_2\text{O}$  molekülü eklemeyi unutmayınız!

## Ödev 5. CEVAPLAR

Kimyasal Ayrışma ve Çözünme

Cevap 1

1 dönüm arazide (= 1000 m<sup>2</sup>) yıllık toplam yağış miktarı (m<sup>3</sup>):

$$400mm = 0,4m = \frac{0,4m^3}{m^2} \quad [1]$$

$$400mm = 0,4m = \frac{0,4m^3}{m^2} \cdot 1000m^2 = 400m^3 \quad [2]$$

$$400mm = 0,4m = \frac{0,4m^3}{m^2} \cdot 1000m^2 = 400m^3 = 400 \cdot 10^3 L \quad [3]$$



T1 ile verilen tepkimeden 1L suda çözünecek CaCO<sub>3</sub> mol miktarı (X):

$$k_c = [Ca^{+2}] \cdot [CO_3^{-2}] \Rightarrow X \cdot X = X^2 = 6,00 \cdot 10^{-9} \quad [4]$$

$$X = \sqrt{6,00 \cdot 10^{-9}} = 7,75 \cdot 10^{-5} mol \cdot L^{-1} \quad [5]$$

400 x 10<sup>3</sup> L'de çözünecek mol CaCO<sub>3</sub>:

$$400 \cdot 10^3 \cdot 7,75 \cdot 10^{-5} = 3100 \cdot 10^{-2} = 31mol \quad [6]$$

CaCO<sub>3</sub> miktarı:

$$31 \cdot 100 = 3100g = 3,1kg \quad [7]$$



T2 ile verilen tepkimeden 1L suda çözünecek CaSO<sub>4</sub> mol miktarı (X):

$$k_c = [Ca^{+2}] \cdot [SO_4^{-2}] \Rightarrow X \cdot X = X^2 = 4,93 \cdot 10^{-6} \quad [8]$$

$$X = \sqrt{4,93 \cdot 10^{-6}} = 2,22 \cdot 10^{-3} mol \cdot L^{-1} \quad [9]$$

400 x 10<sup>3</sup> L'de çözünecek mol CaSO<sub>4</sub>:

$$400 \cdot 10^3 \cdot 2,22 \cdot 10^{-3} = 888mol \quad [10]$$

CaSO<sub>4</sub> miktarı:

$$888 \cdot 136 = 120768g = 120,768kg \cong 121kg \quad [11]$$



T3 ile verilen tepkimeden 1L suda çözünecek NaCl mol miktarı (X):

$$k_c = [Na^+] \cdot [Cl^-] \Rightarrow X \cdot X = X^2 = 3,87 \cdot 10^1 \quad [12]$$

$$X = \sqrt{3,87 \cdot 10^1} = 6,22 \text{ mol} \cdot L^{-1} \quad [13]$$

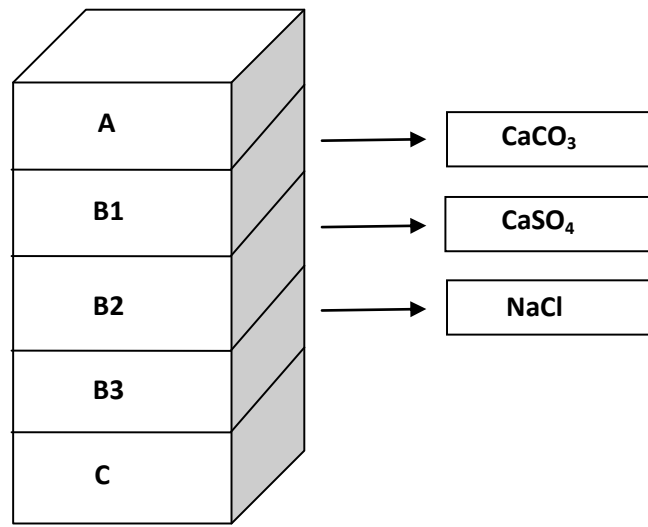
400 x 10<sup>3</sup> L'de çözünecek mol NaCl:

$$400 \cdot 10^3 \cdot 6,22 = 2,488 \cdot 10^6 \text{ mol} \quad [14]$$

NaCl miktarı:

$$2,488 \cdot 10^6 \cdot 58,5 = 1,45548 \cdot 10^8 \text{ g} = 1,45548 \cdot 10^5 \text{ kg} = 145548 \text{ kg} \quad [15]$$

Cevap 2



Şekil 2. Ankara Yarı-Kurak Bölge Toprak Profili

Cevap 3

[Toprak hacim ağırlığı ( $\rho_b$ ) = 1250 kg m<sup>-3</sup> (= 1,25 g cm<sup>-3</sup> dür].

70 m<sup>2</sup>'lik bahçenin üst 20 cm bulunan toplam toprak hacmi (m<sup>3</sup>):

$$70 \text{ m}^2 \cdot 0,2 \text{ m} = 14 \text{ m}^3 \quad [16]$$

70 m<sup>2</sup>'lik bahçenin üst 20 cm bulunan toplam toprak ağırlığı (kg):

$$14 \text{ m}^3 \cdot 1250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 17500 \text{ kg} \quad [17]$$

70 m<sup>2</sup>'lik bahçenin üst 20 cm bulunan toplam tuz ağırlığı (kg):

$$17500 \cdot 0,01 = 175 \text{ kg} \quad [18]$$

70 m<sup>2</sup>'lik bahçenin üst 20 cm bulunan toplam NaCl (mol):



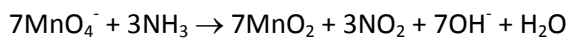
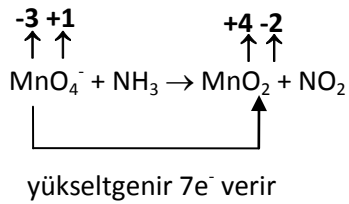
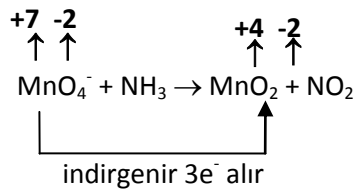
$$\frac{175000g}{58,5g} \cong 2991,5mol \quad [19]$$

1L suda çözünecek NaCl 6,22 mol olduğuna göre (Eş. [13]),

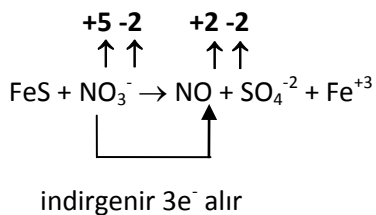
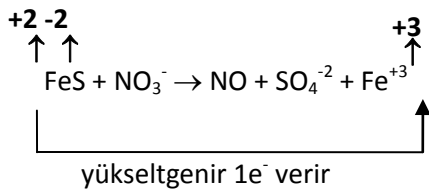
$$\frac{2991,5mol}{6,22 \frac{mol}{L}} \cong 481L \quad [20]$$

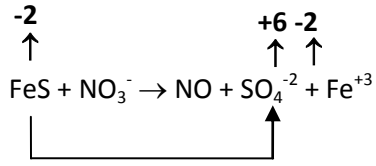
$$\frac{481}{1000} = 0,481m^3 \quad [21]$$

Cevap 4



Cevap 5



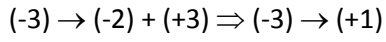
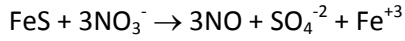


yükseltgenir  $8e^-$  verir

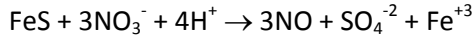
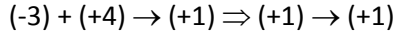
Verilen toplam elektron sayısı =  $8e^- + 1e^- = 9e^-$

Alınan elektron sayısı =  $3e^-$

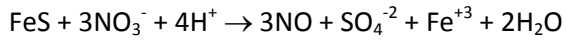
Alınan ve verilen elektronların eşitliğini sağlamak için  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NO}$ , 3 ile çarpılır. Bu durumda yük dengesi:



Yük dengesini sağlamak için girenler kısmına  $4\text{H}^+$  eklediğimizde:



H ve O atomlarının sayıca denliğini sağlamak için ürünlere  $2\text{H}_2\text{O}$  eklenir:



## 6. BÖLÜM

### 6.1 Mineral toprakların fiziksel özellikleri

Toprakların fiziksel özellikleri, toprak boşluk oranını, havalanması, su tutma özellikleri ve toprakta kök gelişimini büyük oranda belirlemektedir.

Toprakların fiziksel özellikleri, içerdikleri tane büyüklüklerinin dağılımı ve bu tanelerin oluşturduğu kümeler ile yakından ilişkilidir.

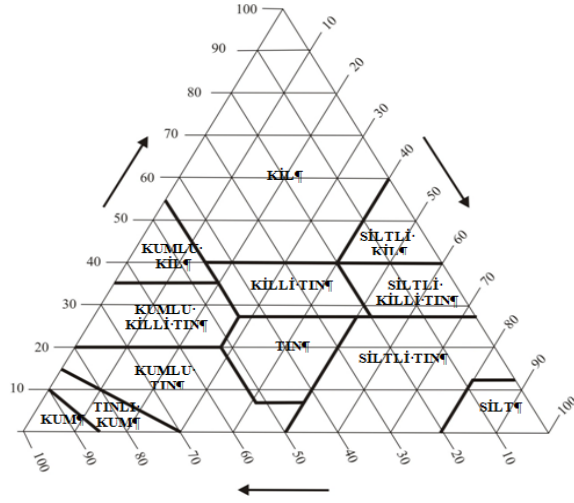
- Bünye (Tekstür)
- Yapı (Strüktür)
- Kıvam
- Toprak Rengi

Toprağı oluşturan kum, silt (mil) ve kil oranları toprak bünyesi olarak adlandırılmaktadır.

		Toprak tanecik çapı (mm)								
		0.001	0.01	0.1	1.0	10.0				
USDA	kil	silt			ç.ince	ince	orta	kaba	ç.kaba	çakıl
		kum								
ISSS	kil	silt		ince		kaba				çakıl
		kum								
USPRA	kil	silt		ince		kaba				çakıl
		kum								
BSI, MIT	kil	ince	orta	kaba	ince	orta	kaba			çakıl
		silt								
DIN	kil	silt			ince		orta		kaba	çakıl
		kum								

Şekil 6.1 Tane büyüklük çaplarına göre toprak fraksiyonlarının sınıflandırılması

**Toprak sınıflandırma skalası** (USDA (United States Department of Agriculture): **ABD Tarım Bakanlığı**; ISSS (International Soil Science Society): **Uluslar arası Toprak Bilimi Derneği**; USPRA (United States Public Road Administration): **ABD Devlet Karayolları**; BSI, MIT (British Standard Institute, Massachusetts Institute of Technology): **İngiliz Standartları Enstitüsü, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü**; DIN (German Standards): **Alman Standartları**)

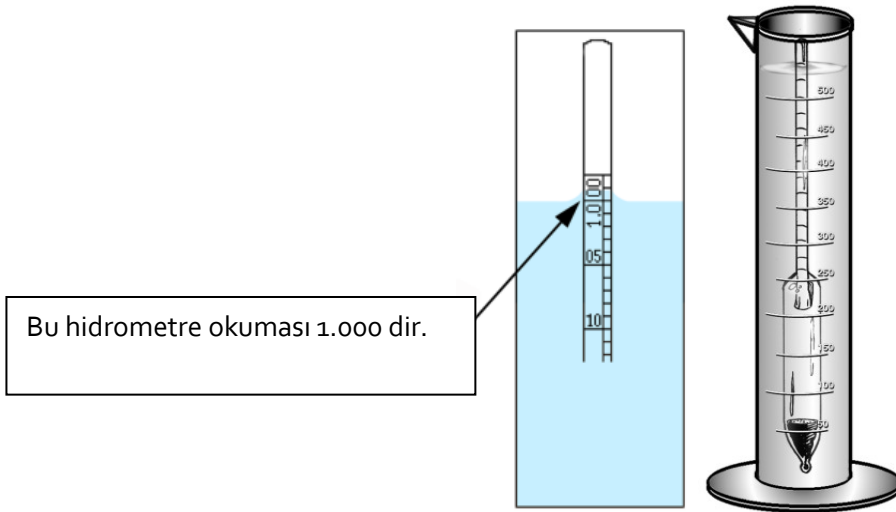


Şekil 6.2 USDA bünye üçgeni

### 6.1.1 Toprak Bünyesinin Belirlenmesi

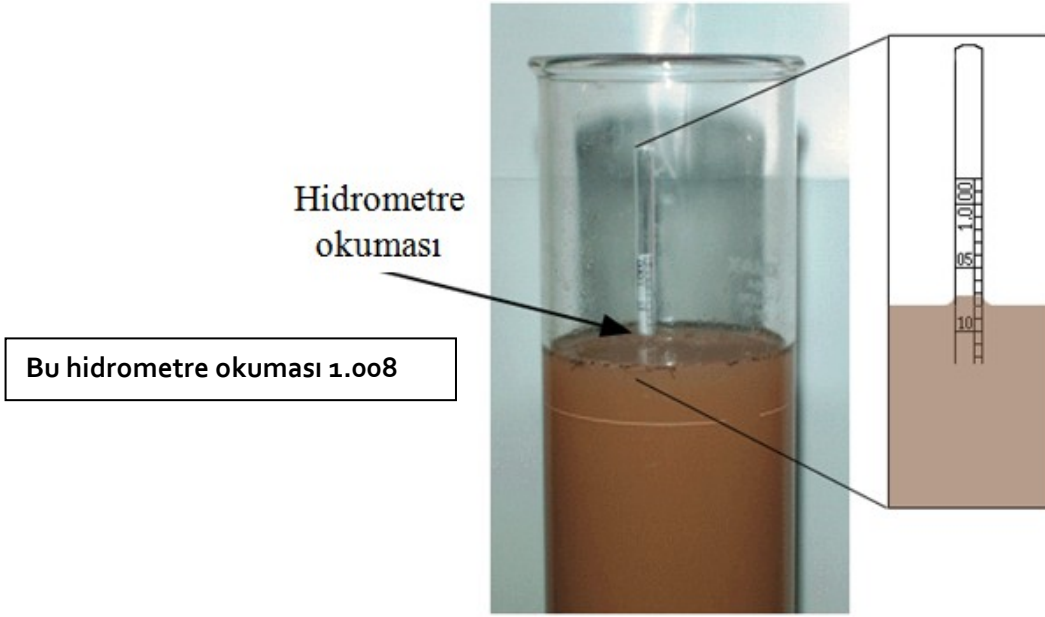


Resim 6.1 Hidrometre Yöntemi ile bünye analizinden görüntü



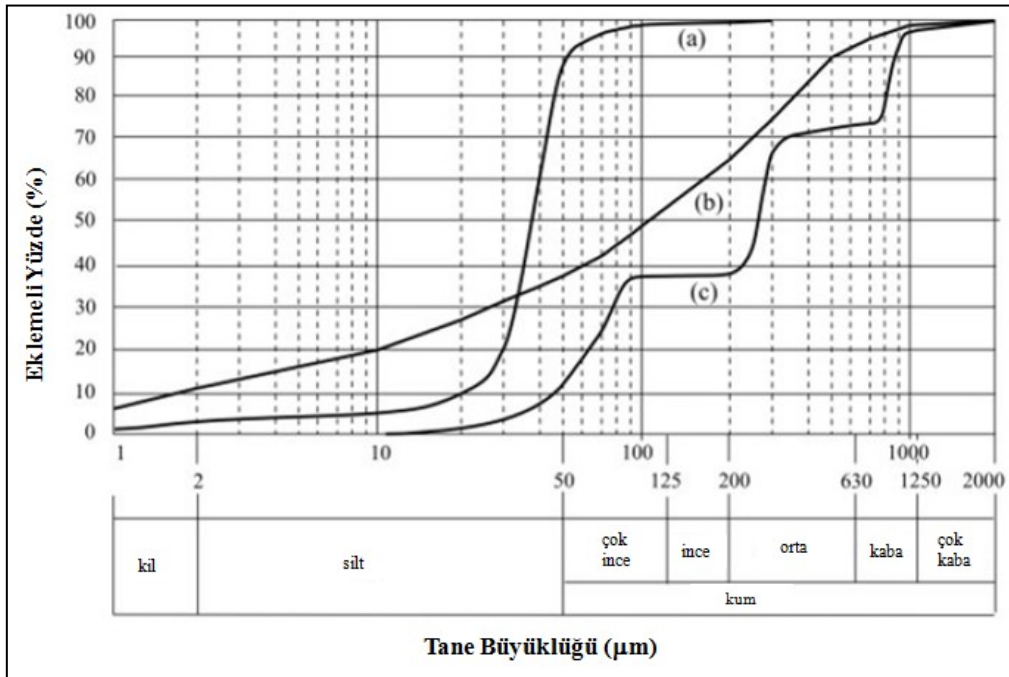
Şekil 6.3 hidrometre yönteminde okuma işlemi





Resim 6.2 Hidrometre okuması

### 6.1.2 Tane Büyüklük Dağılımı



Şekil 6.4 a) Üniform bir toprak b) iyi derecelenmiş bir toprak c) iyi derecelenmemiş bir toprak

### 6.1.3 Tane Yoğunluğu ( $\rho_p$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ )

Toprağı oluşturan tanelerin birim hacminin ağırlığına toprağın tane yoğunluğu veya özgül ağırlığı denir.

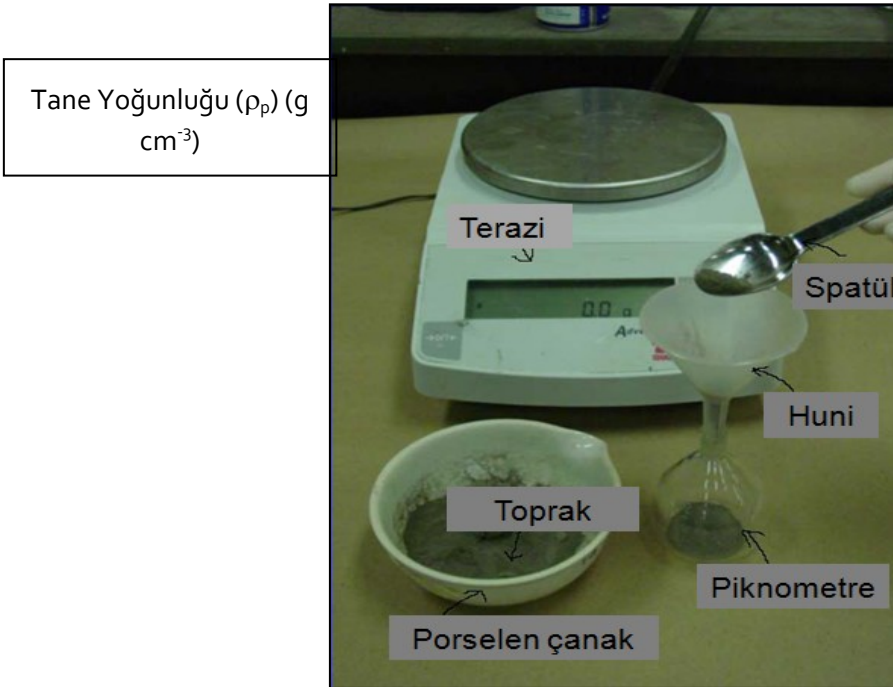
$M_{ds}$ : kuru toprak ağırlığı (g)

$V_p$ : tanecikler hacmi ( $\text{cm}^{-3}$ )

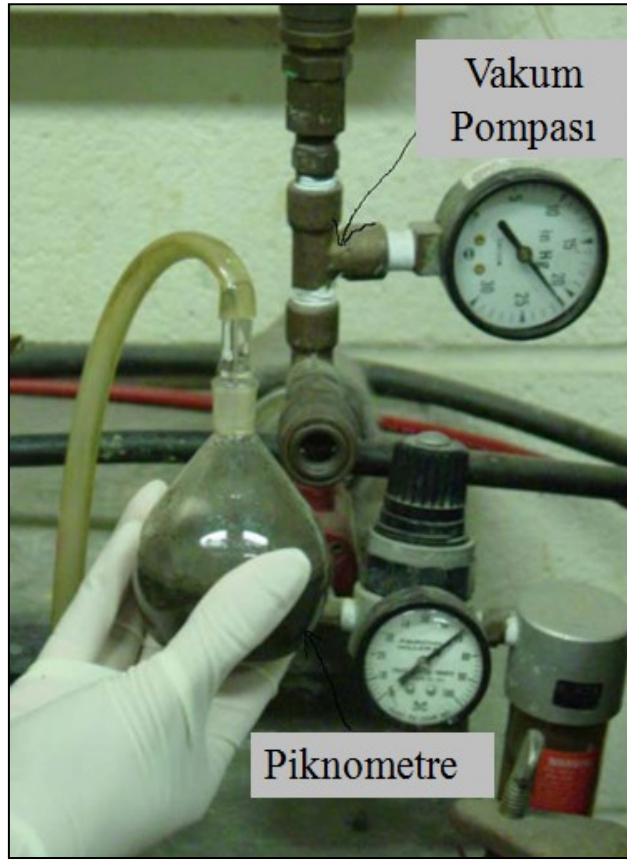
$$\rho_p = \frac{M_{ds}}{V_p}$$



Resim 6.3 Piknometre analizinden



Resim 6.4 Terazi, analize hazırlanmış toprak örneği ve laboratuvar malzemeleri



Resim 6.5 Piknometre

#### 6.1.4 Hacim Ağırlığı ( $\rho_{ds}$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ )

Doğal durumdaki toprağın birim hacminin ağırlığına hacim ağırlığı denir.

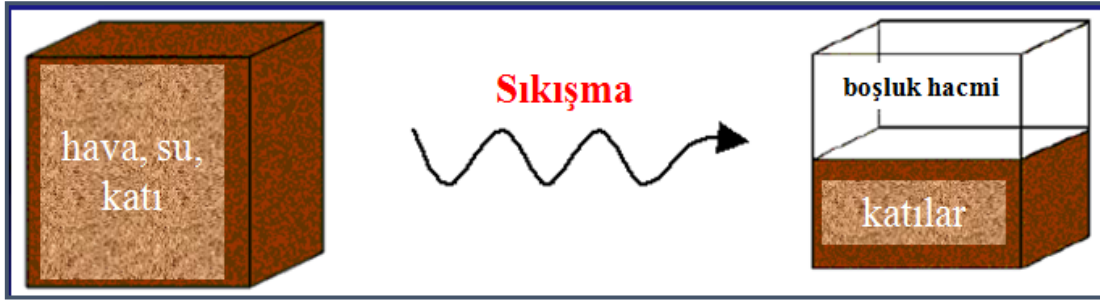
$$\rho_{ds} = \frac{M_{ds}}{V_b}$$

$M_{ds}$ : kuru toprak ağırlığı (g)

$V_b$ : toplam toprak hacmi ( $\text{cm}^{-3}$ )



Resim 6.6 Doğal durumdaki toprak örneği



Şekil 6.5 Tane Yoğunluğu ( $\rho_p$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ ) ve Hacim Ağırlığı ( $\rho_{ds}$ ) ( $\text{g cm}^{-3}$ )

### 6.1.5 Boşluklar Hacmi (f) (%)

Belli hacimdeki bir toprakta katı tanecikler tarafından işgal edilmeyen boşlukların oranına boşluklar hacmi (porozite) adı verilir.

$$f = \left( 1 - \frac{\rho_{ds}}{\rho_p} \right)$$

$\rho_{ds}$ : toprak tane yoğunluğu ( $\text{g cm}^{-3}$ )

$\rho_p$ : toprak hacim ağırlığı ( $\text{g cm}^{-3}$ )

### 6.1.6 Toprak Yapısı

Toprağı oluşturan kum, silt (mil) ve kil taneciklerinin bir araya gelerek kümeli bir yapı oluşturmasına "toprak yapısı" adı verilmektedir.

Toprak yapısı tanımlanmasında, "Toprak Etüt El-Kitabı" (Soil Survey Manual) 'nda kullanıldığı gibi, "derece", "sınıf" ve "agregat tipi" tarif edilir.

1. Derece (yapısız, zayıf, orta, kuvvetli)
  - Ara geçişler (zayıf-orta, orta-kuvvetli)
2. Sınıf (çok küçük, küçük, orta, iri, çok iri) (veya, çok ince, ince, orta, kalın, çok kalın)
  - Ara geçişler (çok küçük-küçük, küçük-orta, orta-iri, iri-çok iri)
3. Tip (levhalı, sütun benzeri, blok, granüler, furda)



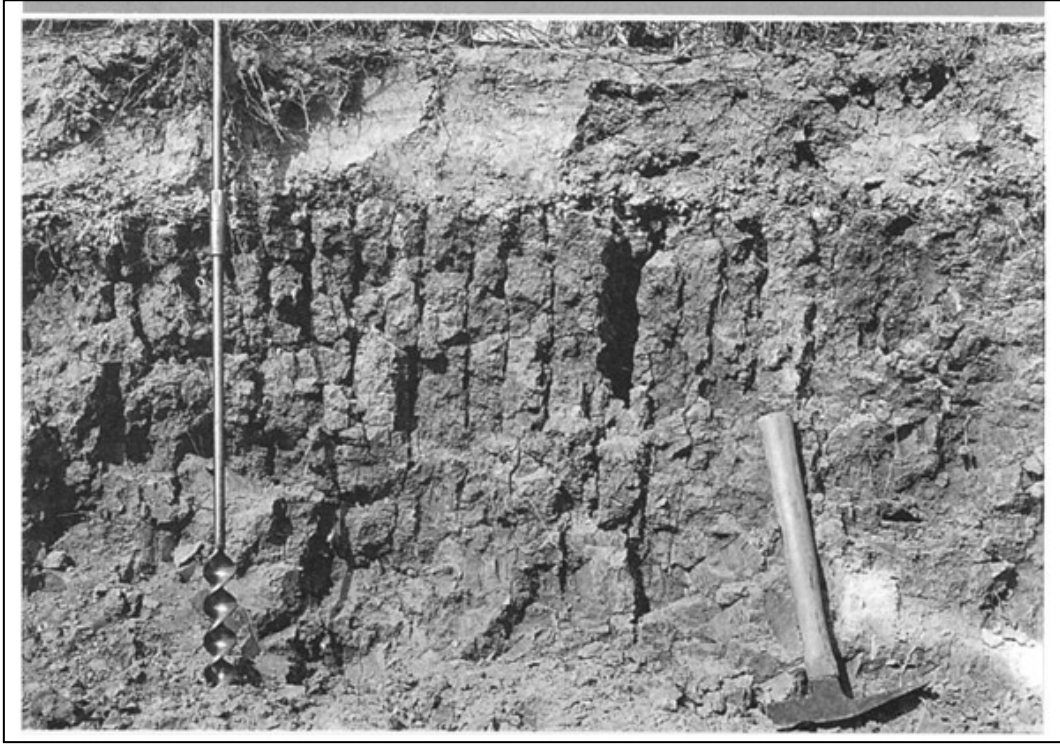
### 6.1.7 Toprak Yapısı Sınıfları ve Tipleri

Tablo 5.1 Toprak yapı sınıfları ve özellikleri

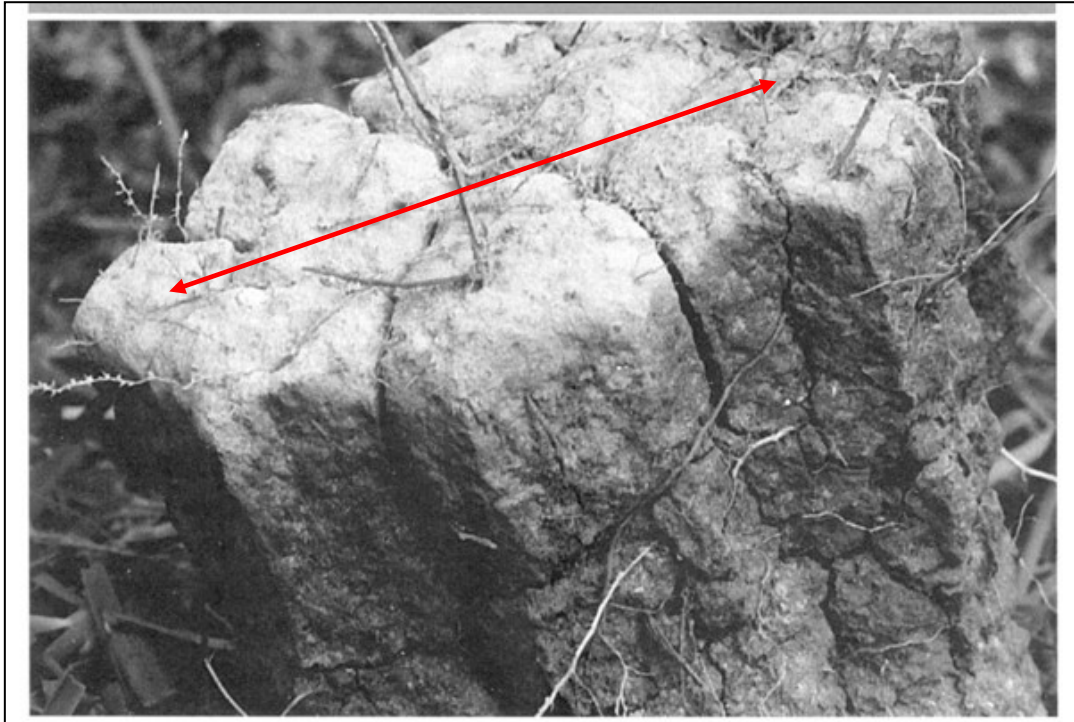
Sınıf	Tip			
	Levhalı	Sütün benzeri	Blok	Granüler
Çok küçük	1 mm	10 mm	5 mm	1 mm
Küçük	1-2 mm	10-20 mm	5-10 mm	1-2 mm
Orta	2-5 mm	20-50 mm	10-20 mm	2-5 mm
İri	5-10 mm	10-100 mm	20-50 mm	5-10 mm
Çok iri	>10 mm	>100 mm	>50 mm	>10 mm



Resim 6.7 Kuvvetli ince levhalı yapı



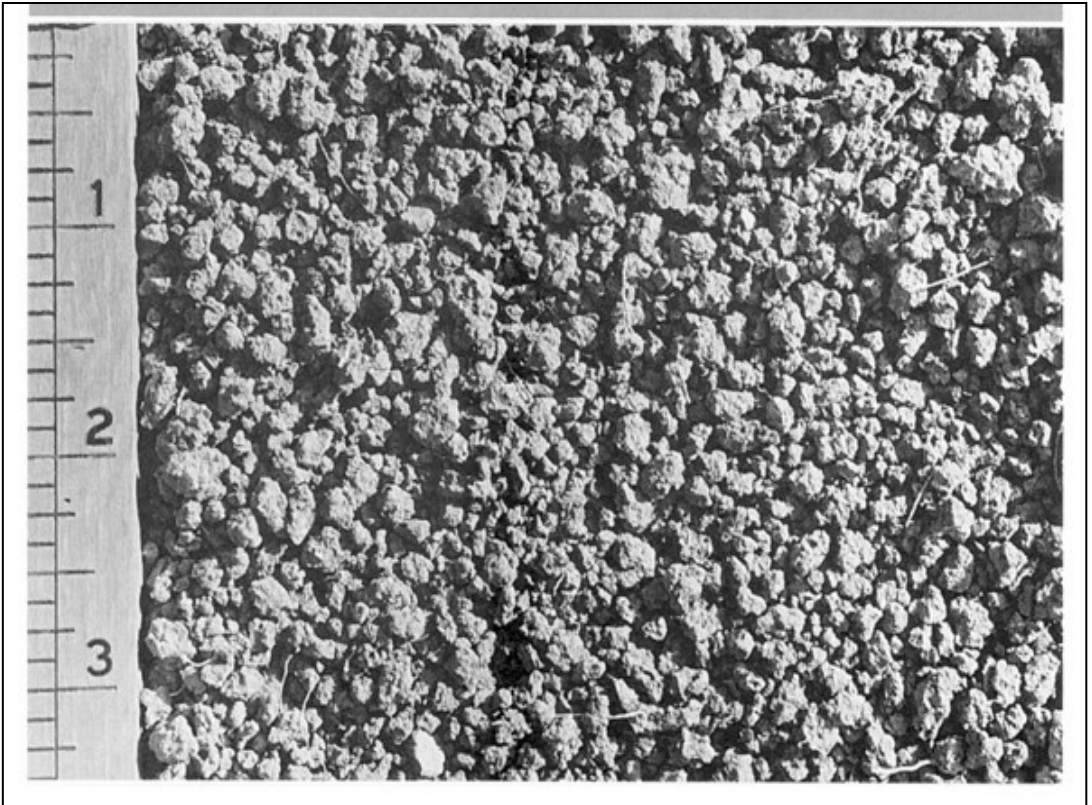
Resim 6.8 kuvvetli orta prizmatik (sütunsal) yapı; (prizmalar 35 – 45 mm büyüklüğündedir)



Resim 6.9 kuvvetli orta kolumnar yapı demeti (sütun-benzeri ama üst kısımları köşeli değil); demet üst genişliği yaklaşık olarak 135 mm' dir



Resim 6.10 Kuvvetli orta ve iri köşeli blok yapı (köşeler yuvarlaklaşmaya yüz tutmuş ise "yarı köşeli blok" yapı olur)



Resim 6.11 Kuvvetli ince ve orta granül benzeri yapı (granüllerdeki boşluklar hacmi artarsa "fırda" yapı oluşur)

### 6.1.8 Toprak Kıvamı

Toprak kıvamı, yapışkanlık ve plastiklik ile tarif edilir

Yapışkanlık; toprak materyalinin diğer cisimlere yapışmasının göstergesidir. Bu özelliğin tayini, toprağın baş ve işaret parmakları arasında sıkıştırılması suretiyle yapışkanlığını tespit etmek için yapılır.

Plastiklik; toprak materyalinin tatbik edilen basınç altında devamlı şekil değiştirmesi ve basıncın kaldırılmasından sonra, basınç altında aldığı şekli koruması özelliğidir. bu özellik toprak materyalinin baş ve işaret parmakları arasında yuvarlanmasıyla tayin edilir.

Islak iken kıvam; topraktaki suyun tarla kapasitesinde veya tarla kapasitesinin biraz üzerinde olduğu durumlarda tayin edilir.

Nemli iken kıvam; toprak neminin takriben hava kuru ile tarla kapasitesi arasında olduğu nem durumunda tayin edilir.

Kuru iken kıvam; toprak neminin takriben hava kuru olduğu nem durumunda tayin edilir.

Islak iken kıvam dereceleri;

Yapışkanlık (yapışkan değil [0], az yapışkan [1], yapışkan [2], çok yapışkan [3])

Plastiklik (plastik değil [0], az plastik [1], plastik [2], çok plastik [3])

Nemli iken kıvam dereceleri;

Çözük [0], çok gevşek [1], gevşek [2], sıkı [3], çok sıkı [4], son derece sıkı [5]

Kuru iken kıvam dereceleri;

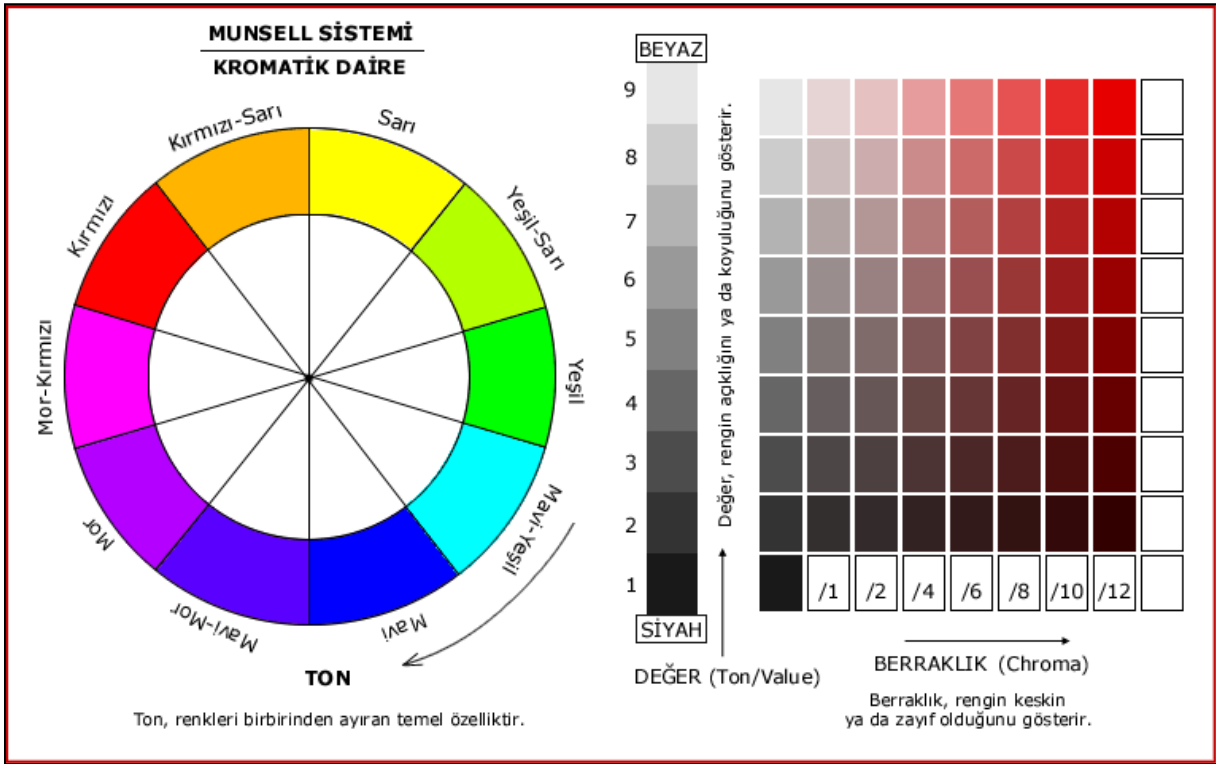
Çözük [0], yumuşak [1], hafif sert [2], sert [3], çok sert [4], son derece sert [5]

### 6.1.9 Toprak Rengi

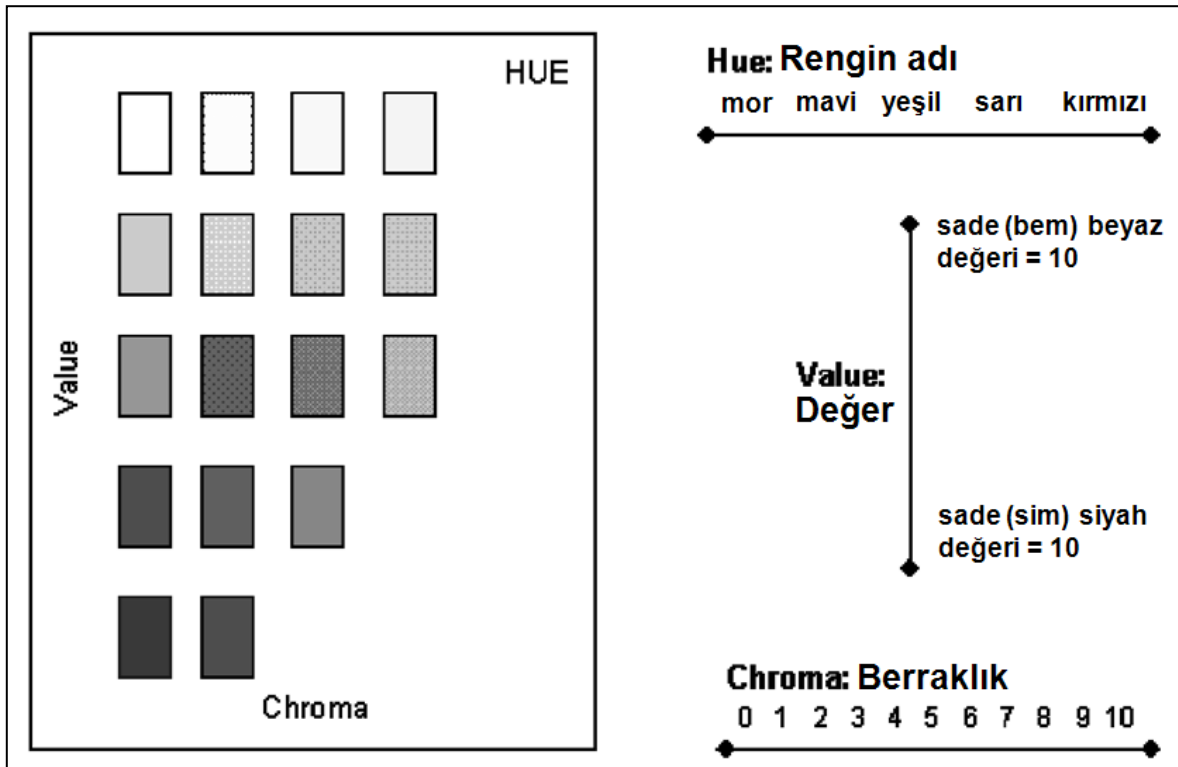
Toprağı oluşturan katı maddelerin ve suyun güneş ışığını yansıtması ile oluşan bir toprak özelliğidir.

Toprak rengine bakılarak organik madde miktarı, drenaj koşulları, havalanma durumu hakkında önemli ölçülerde bilgi edinilmektedir.





Şekil 6.6 Munsell renk skalası



Şekil 6.7 Munsell renk iskalası

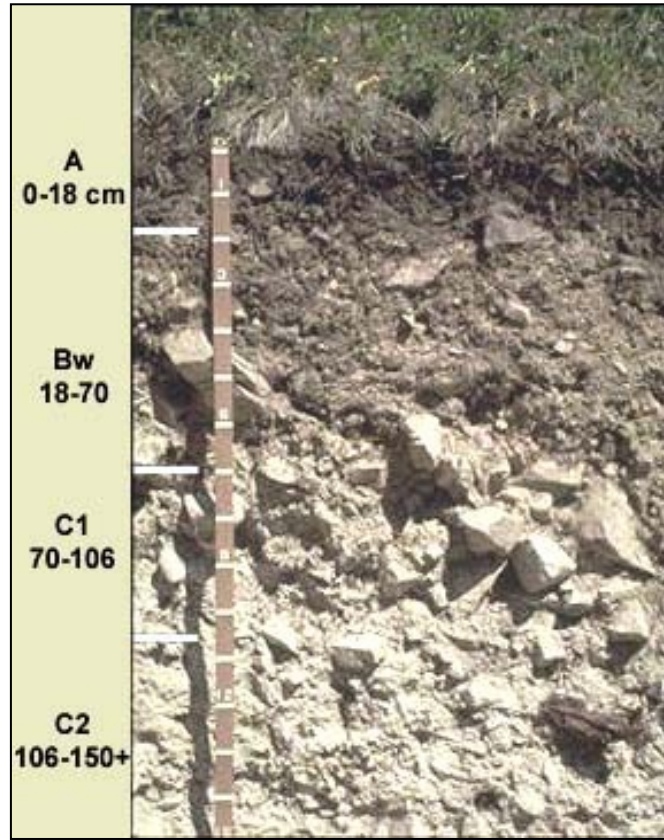
Munsell renk skalasında üç özelliğin belirtilme sırası hue (rengin adı), value (değer) ve chroma (berraklık) şeklinde olur. Eğer bir rengin hue'su 7. 5 YR değeri 4/ ve chroması da /2 ise ifadesi; 7. 5 YR 4/2 olur. (YR: Yellowish Red, sarımsı kırmızı)



Resim 6.12 indirgenme-yükseltgenme lekeleri-benekleri

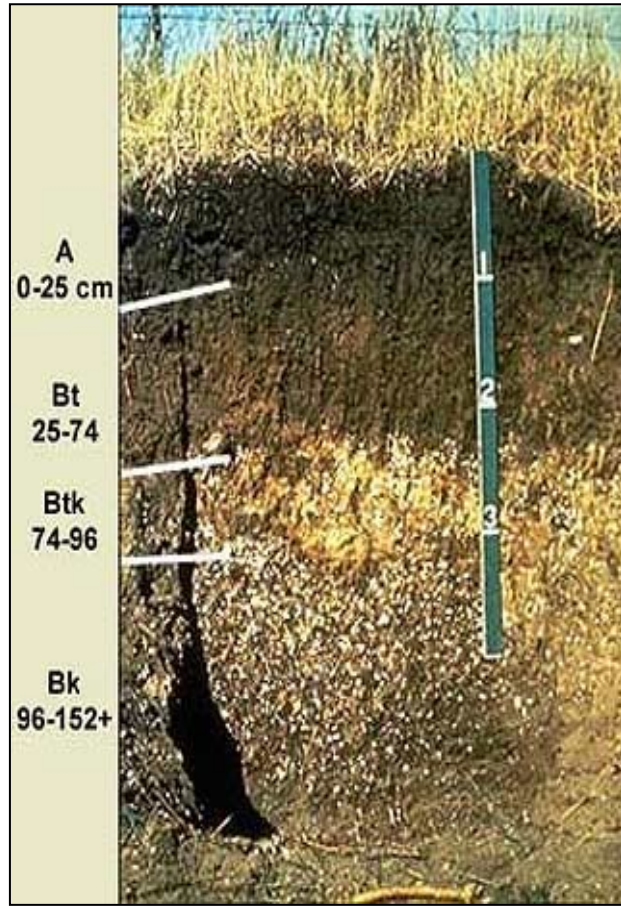


Resim 6.13 indirgenme-yükseltgenme lekeleri-benekleri



Resim 6.14 Cambic horizon (w: weak = zayıf)

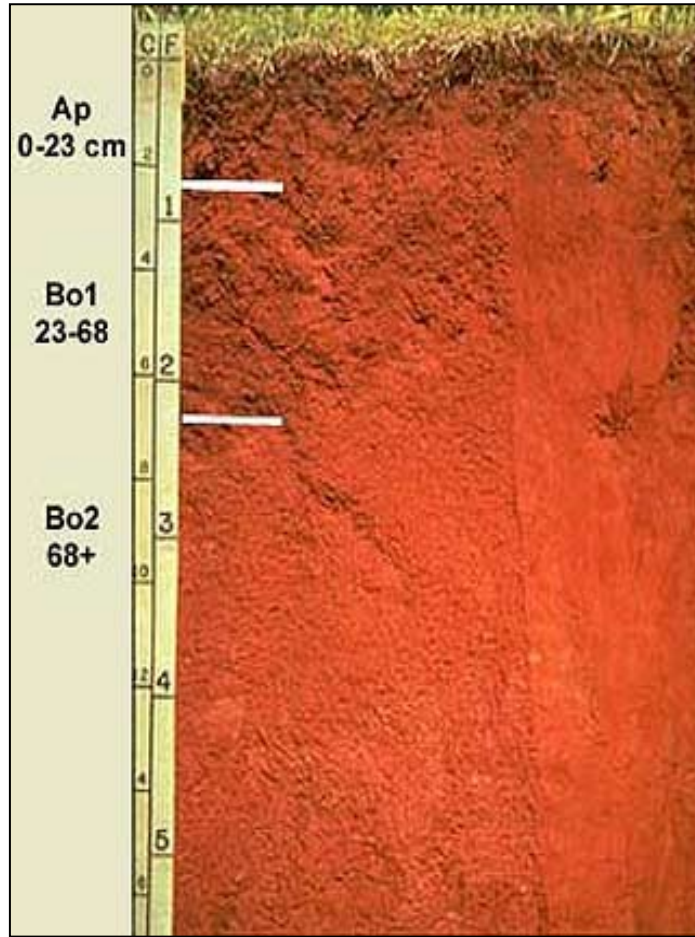
Cambic horizon (L. cambiare, change, değişim); toprak gelişiminde ana kayadan veya ana materyalden dönüşüm ve değişim göstergelerine sahip bir horizondur ancak bu göstergeler zayıftır olup başlangıç evresindedir.



Resim 6.15 Argillic horizon (t: kil birikimi)

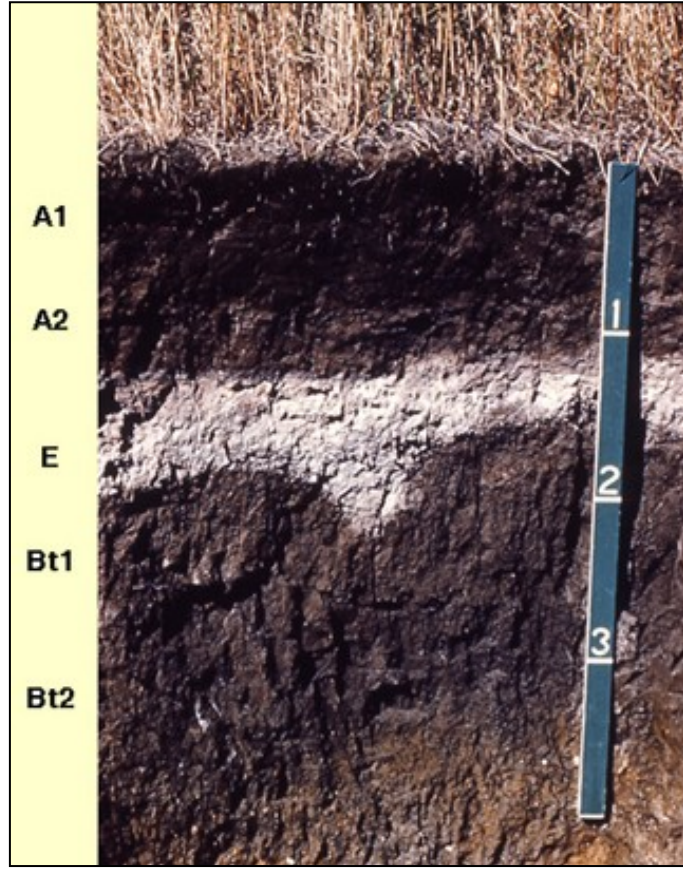
Argillic horizon (L. argilla, clay, kil); silikat kallerinin belli bir miktarının taşınarak yığılmasıyla oluşmuş bir birikim horizonudur.





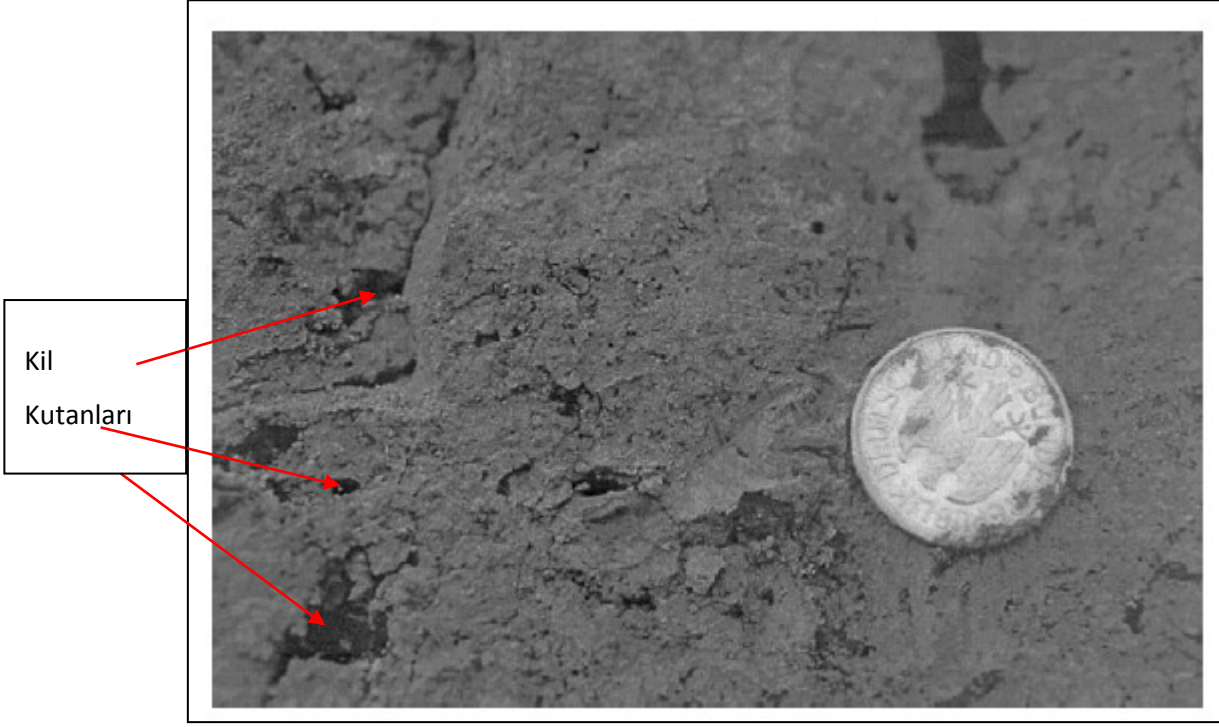
Resim 6.16 Oxic horizon (o: demir oksit)

Oxic horizon (Fr. oxide, oksit); ileri derecede ayrışmanın görüldüğü ve düşük aktiviteli kil ve seski-oksitlerin yerinde biriktiği bir horizondur.



Resim 6.17 Albic horizon" (E: eluvial = yıkanma)

Albic horizon (L. albus, white, beyaz); kil ve demir oksitlerin yıkandığı veya oksitlerin ayrılması sonucu, rengi kum ve silt parçacıkları tarafından belirlenen ağarmış (beyazlaşmış) bir horizondur.



Resim 6.18 Kil kutanları (köprüleri)

## Ödev 6. SORULAR

### Genel Bilgi

- Ön ek “jeo” (geo) ne demektir?
- “Yeryüzü”nü çalışan iki çeşit bilim insanını adlandırınız?
- Litosfer nedir?
- Yeryüzü katmanları düşünüldüğünde toprak nerede bulunur?
- Toprak nedir?
- Toprak oluşumunu anlamak için göz önünde bulundurulması gereken beş anahtar etmen nedir?
- Regolit nedir?
- Regolit nasıl oluşur?
- Toprak oluşumu üzerine iklim’in temel etkisi nedir?
- Topografya nedir?
- Toprak oluşumunda önemli olan iki adet topografik etmeni belirtiniz?
- Ön ek “biyo” (bio) ne demektir?
- Toprak gelişimini etkileyen biyolojik etmenleri tanımlayınız?
- Toprak oluşumu ne kadar süre alır?
- Toprağın 4 temel ögesi nedir?
- Topraktaki organik materyaller nedir?
- Toprakta yaşayan canlıların miktarı nedir?
- Toprakta bulunan inorganik materyaller nedir?
- Bu inorganik materyaller genellikle ----- olarak tanımlanır?
- Bu inorganik materyaller nasıl oluşur?
- “Kil” nedir?
- Neden “kil” toprağın önemli bir parçasıdır?
- Toprak havası ile atmosferde bulunan hava arasındaki temel farklılık nedir? Bunun nedeni nedir?
- Genel olarak “su” toprağa nasıl nüfuz eder?
- Suyun toprağın önemli bir parçası olduğunu belirten iki neden belirtiniz?
- Suyun toprağı terk etmesinin iki yolunu adlandırınız?
- Toprak her yerde aynı mıdır? Açıklayınız.
- Toprağın en belirgin özelliği nedir?
- Koyu renkli topraklar genellikle neyin varlığını gösterir?
- Gri-renkli topraklar genellikle neyi işaret eder?
- Kırmızı-renkli topraklar genellikle neyi ifade eder?
- Toprak bünyesi hangi özelliklere bağlıdır?
- Bitki gelişimi için en iyi toprak bünyesi nedir?
- “Ped” nedir?
- “Pedler” genellikle nerede oluşurlar?
- Bitki yaşamı için tercih edilen toprak çeşidi nedir?

Bilgi1: Şimdiye değin görmediğiniz terimler ve ilgili sorular için “Toprak Bilgisi Kitabı”na başvurunuz.



## Ödev 6. CEVAPLAR

### Genel Bilgi

1. "Jeo" = "yer"
2. "Jeolog" ve "toprak bilimci"
3. Yeryüzü kabuğu (üst-mantonun yüzeyi)
4. "Litosfer"de bulunur
5. Arzın yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplayan, kayaların ve organik maddelerin türlü ayrışma ürünlerinin karışımından meydana gelen, içerisinde ve üzerinde geniş bir canlılar alemi barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı olan, belli oranlarda su ve hava içeren üç boyutlu bir varlıktır.
6. (1) Ana materyal, (2) topografya, (3) iklim, (4) zaman, (5) biyosfer (= canlılar)
7. A, B ve C horizonlarını kaplayan üç boyutlu toprak kesitidir (*Regolit* = A+B+C).
8. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik aşınma ve ayrışma olayları sonucunda "ana kaya"dan oluşur.
9. "Yağış" ve "sıcaklık" etmenleri ile etkili olmaktadır.
10. Eğimin şekli, derecesi ve yönünü bir araya getiren bir arazi terimidir.
11. "Eğim şekli ve yönü" ve "drenaj koşulları"
12. "biyo" = "yaşam"
13. Bitki, hayvan ve mikro-organizma etkinlikleridir.
14.  $\approx 200 \rightarrow 1000 \rightarrow 1000000$  yıl.
15. (1) İnorganik [%50], (2) organik [%50], (3) hava [%50], (4) su [%50]
16. Ölü veya canlı bitki, hayvan ve mikro-organizmalardır.
17. 300000 farklı canlıya yaşam ortamı oluşturmaktadır (sadece > 100000 solucan) . Ayrıca toprakta yüzlerce trilyon mikroskobik yaşam şekli bulunmaktadır.
18. Kum, silt, kil.
19. Bu inorganik materyaller genellikle "toprak" olarak tanımlanır.
20. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik aşınma ve ayrışma olayları sonucunda "ana kaya"dan oluşur.
21. "Kil" nedir? Toprak birincil tane boyutu (< 0,002 mm) olduğu gibi, bir toprak minerali ve bir toprak bünye sınıfıdır (C).
22. Topraktaki önemli kimyasal tepkimeler kil aracılığı ile oluşur: kil yüzeylerinde bulunan negatif (-) yükler, kil'in toprakta etkin olmasını sağlamaktadır.
23.  $CO_2 \uparrow$  ve  $O_2 \downarrow$ . Toprak havasındaki  $O_2$  yaşayan canlılar tarafından tüketildiği için, geride daha çok  $CO_2$  kalmaktadır.
24. "yağmur" ve "kar" (yağış)
25. kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesini sağlar ve önemli bir çözücüdür ve birçok mikro-organizma için yaşam kaynağıdır.
26. (1) "Buharlaşma" ve (2) "drenaj".
27. Değildir! Ana materyal, topografya, iklim, zaman ve biyosfer ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin değiştiği durumlarda, toprak özelliklerinde de farklılaşmalar olmaktadır; farklı özelliklere sahip topraklar oluşmaktadır.
29. Ayrışmış organik maddece (humus) zenginliği gösterir.
30. Kötü drenaj koşullarını işaret eder (kötü havalanma = indirgenme koşulları).
31. Fakir topraklar (Fe'in varlığı, aşırı havalanma, yükseltgenme koşulları).
32. Toprak tanecik büyüklüklerine bağlıdır.
33. Tın (L) bünyeli topraklardır. Kum (S), Silt (Si) ve Kil (C) taneciklerinin eşit olarak (veya dengeli bir şekilde) karışımını ifade eder.
34. "Toprak yapısı" nı ifade eder (toprak kesekleri, toprak kümeleri).
35. Kuru koşullardan daha çok ıslak ve nemli koşullarda oluşurlar.
36. "Nötr" topraklar: bitkiler ne asidik ne de alkali toprakları tercih ederler.

## Ödev 7. SORULAR

### Topografya ve Eğim

Soru 1. Topografyanın bir alt etmeni olarak bir “eğim” kesiti çizerek, kesit üzerinde eğim öğelerini (tepe düzlüğü, omuz, geri eğim ve ayak eğimi) gösteriniz?

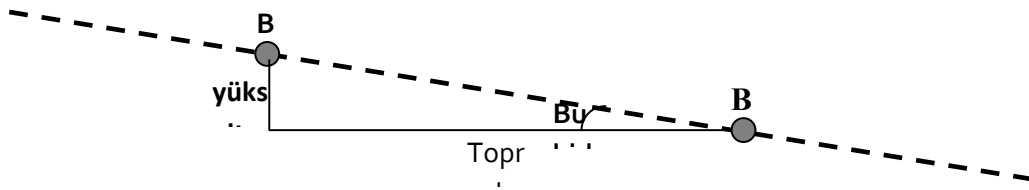
- Tepe düzlüğü ile omuz eğimini birlikte şekilsel olarak tanımlayınız?
- Omuz eğiminden geri eğime geçişi şekilsel olarak tanımlayınız?
- Geri eğim ile ayak eğimini birlikte şekilsel olarak tanımlayınız?

Bilgi 1. Arazi eğimi (S), iki nokta (A – B) arasındaki yükseklik farkının (DA = Düşey Aralık) iki nokta arasındaki uzaklığa (YA = Yatay Aralık) oranıdır (Şekil 1 ve Eş. [1]).

$$S = \frac{DA}{YA} \quad [1]$$

Eğim yüzde olarak ifade edilmek istenirse, Eş. [2] kullanılır.

$$S = \frac{DA}{YA} \times 100 \quad [2]$$



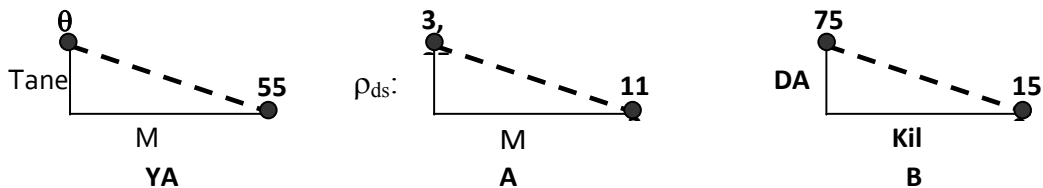
Şekil 1. Arazide iki nokta arasındaki düşey ve yatay aralık

Bilgi 2. “θ” açısı (Şekil 1) göz önünde bulundurulduğunda, Eş. [1]’in trigonometrik tanımı karşı dik kenarın komşu dik kenara oranıdır ve tanjant bağıntısına eşdeğerdir (Eş. [3]).

$$\tan \theta = \frac{DA}{YA} \quad [3]$$

Eş. [3]’den “derece” (°) olarak arazi eğimi Eş. [4] yardımıyla hesaplanır.

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{DA}{YA} \right) \quad [4]$$



Soru 2. Yukarıda (a), (b) ve (c) şıklarında verilen arazilerin düşey ve yatay aralıkları için % ve ( $^{\circ}$ ) olarak eğimlerini hesaplayınız? (derece hesaplarınızda hesap makinesi (Eş. [4]) kullanabilirsiniz (Eş. [5]).

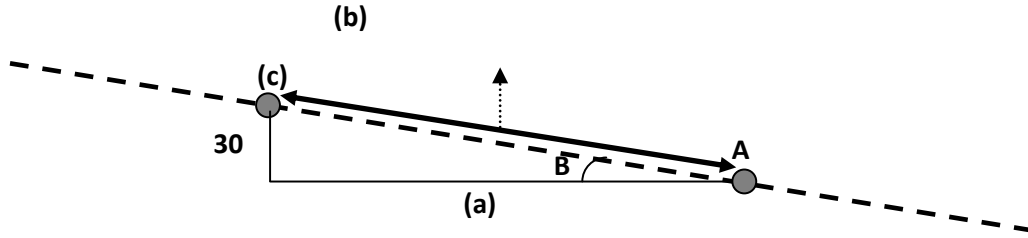
Bilgi 3. Eğim derecelerinden “radyan” değerleri, Eş. [5] aracılığı ile bulunur:

$$\frac{\pi \text{ rad}}{180 \text{ der}} \quad [5]$$

Soru 3. “S2”de ( $^{\circ}$ ) olarak hesaplanılan eğimleri radyan olarak ifade ediniz?

Soru 4. Elde ettiğiniz radyan değerlerini virgülden sonra iki rakam ile ifade ediniz ve %, ( $^{\circ}$ ) ve radyan değerleri olarak hesapladığınız eğimleri karşılaştırarak, bir cümlelik yorum yapınız?

Bilgi 4. Diğer yandan arazide, YA yerine, AB uzaklığı ölçülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Gerçek arazi yüzeyi uzunluğu

Gerçek arazi yüzeyi göz önünde bulundurulduğunda,  $\theta$  açısı, tanjant yerine, sinüs bağıntısına eşit olacaktır ve karşı kenarın hipotenüse oranı olarak ifade edilecektir. (Eş. [6] ve [7]).

$$\sin \theta = \frac{DA}{AB} \quad [6]$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{DA}{AB}\right) \quad [7]$$

Soru 5. “S2”de (a), (b) ve (c) şıklarında verilen arazilerin gerçek arazi yüzeyi uzunluğunu (AB) hesaplayınız?

Soru 6. AB uzunlukları ile YA uzunluklarını karşılaştırınız? Bir cümle ile yorumlayınız?

Soru 7. AB uzunluklarını kullanarak  $\sin \theta$  değerlerini hesaplayınız ve  $\tan \theta$  değerleri ile karşılaştırınız? Bir cümle ile yorumlayınız?

Soru 8. Aşağıdaki çizelgeyi doldurunuz (Çizelge 1)?

Çizelge 1. Belirli açı değerlerinin sin ve tan değerleri

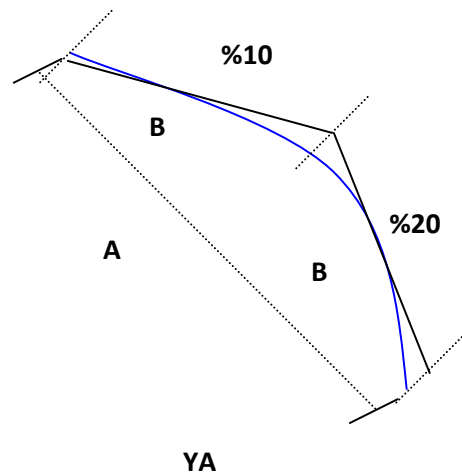
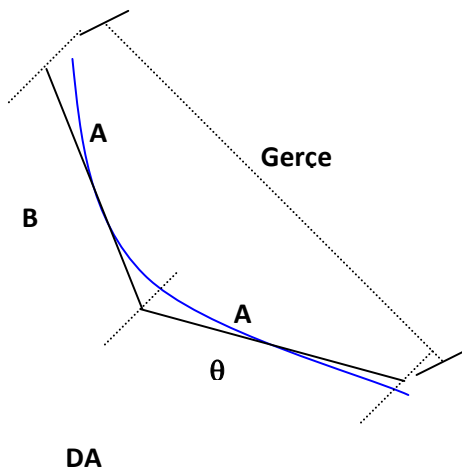
$\theta$ (°)	$\sin \theta$	$\tan \theta$	$\alpha =  \sin \theta - \tan \theta $ *
5			
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			

\*: iki açı bağıntısı arasındaki farkın mutlak değeri

Soru 9. Çizelge 1'deki değerler göz önünde bulundurulduğunda ve istatistiksel olarak  $\alpha = \%5$  (0,05) kabul edilirse, hangi eğim derecelerine kadar, tanjant ve sinüs bağıntısını kullanmak bir farklılık yaratmaz?

Soru 10.  $\alpha = 0,05$  olan eğim derecelerinde  $\tan \theta = \sin \theta$  olduğu istatistiksel olarak kabul edileceğine göre, bu eğim dereceleri için  $AB = YA$  olduğunu matematiksel olarak gösteriniz?

Soru 11.  $AB = YA$ 'nin arazi uygulamalarındaki fiziksel anlamı nedir (uygulamadaki sonucu nedir), bir sonuç cümlesi ile belirtiniz?





Soru 12. Yukarıda verilen kesitlerin eğimini boyutsal ağırlıklı ortalama (% $S_{ort}$ ) olarak hesaplayınız (Eş. [8]).

$$S_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i L_i}{L_t}$$

[8]

Bilgi 5. Kolaylık açısından hesaplamalarınızı sırasıyla iç bükey eğim ve dış bükey eğim için Çizelge 2 ve 3 üzerinde yapınız. Çizelge 2 detaylandırılmıştır.

Çizelge 2. İç bükey eğim kesitinde ortalama % eğimin hesaplanması

Eğim Alt Bölüm Sayısı ( $i$ )*	Eğim %'si ( $S_i$ )**	Eğim uzunluğu ( $L_i$ )***	$S_i L_i$
1*			
2			
Toplam	****	$\Sigma L_i = L_1 + L_2$	$\Sigma S_i L_i = S_1 L_1 + S_2 L_2$
			Eş. [9]

\* şekilde verilen alt bölümleri yukarıdan aşağıya numaralandırınız ( $i = 1, 2, \dots, n$ ). Bu soruda sadece 2 adet alt eğim bölümü vardır.

\*\* her bir alt bölümün eğim yüzdesi (sırasıyla %20 ve %10).

\*\*\* her bir alt bölümün eğim uzunluğu (sırasıyla 75 m ve 50 m).

\*\*\*\* eğim yüzdesi toplamının hesaplanmasına gerek yoktur.

Çizelge 3. Dış bükey eğim kesitinde ortalama % eğimin hesaplanması\*


\* yukarıda verilen işlem sırası ve düzeni izlenecektir.

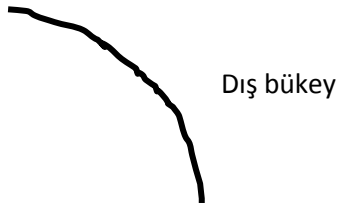
## Ödev 7. CEVAPLAR

### Topografya ve Eğim

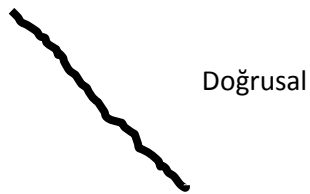
Cevap 1



- Tepe düzlüğü ile omuz eğimini birlikte şekilsel olarak tanımlayınız?

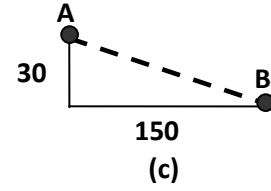
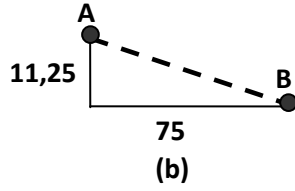
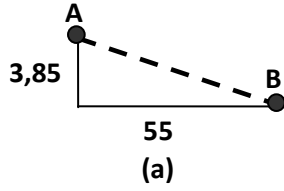


- Omuz eğiminden geri eğime geçişi şekilsel olarak tanımlayınız?



- Geri eğim ile ayak eğimini birlikte şekilsel olarak tanımlayınız?





Cevap 2

$$S = \frac{DA}{YA} \times 100 = \frac{3,85}{55} \times 100 = 7 \quad [1]$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{DA}{YA}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{3,85}{55}\right) = 4,0^\circ \quad [2]$$

$$S = \frac{DA}{YA} \times 100 = \frac{11,25}{75} \times 100 = 15 \quad [3]$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{DA}{YA}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{11,25}{75}\right) = 8,5^\circ \quad [4]$$

$$S = \frac{DA}{YA} \times 100 = \frac{30}{150} \times 100 = 20 \quad [5]$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{DA}{YA}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{30}{150}\right) = 11,3^\circ \quad [6]$$

Cevap 3

$$\frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\text{radyan}}{\text{derece}} \Rightarrow \frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\text{radyan}}{4^\circ} \Rightarrow \text{radyan} = \frac{4\pi}{180} = 0,069 \quad [7]$$

$$\frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\text{radyan}}{\text{derece}} \Rightarrow \frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\text{radyan}}{8,5^\circ} \Rightarrow \text{radyan} = \frac{8,5\pi}{180} = 0,148 \quad [8]$$

$$\frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\text{radyan}}{\text{derece}} \Rightarrow \frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\text{radyan}}{11,3^\circ} \Rightarrow \text{radyan} = \frac{11,3\pi}{180} = 0,197 \quad [9]$$

Cevap 4

Yüzde (%)	Derece (°)	Radyan
7	4,0	0,07
15	8,5	0,15
20	11,3	0,20

Radyan değerleri yüzde olarak ifade edildiğinde, yüzde eğim hesabına eşit olduğu görülecektir.

Cevap 5

$$|AB| = \sqrt{(YA)^2 + (DA)^2} = \sqrt{(55)^2 + (3,85)^2} = 55,13m \quad [10]$$

$$|AB| = \sqrt{(YA)^2 + (DA)^2} = \sqrt{(75)^2 + (11,25)^2} = 75,84m \quad [11]$$

$$|AB| = \sqrt{(YA)^2 + (DA)^2} = \sqrt{(150)^2 + (30)^2} = 152,97m \quad [12]$$

Cevap 6

$$55 < 55,13$$

$$75 < 75,84$$

$$150 < 152,97$$

Eğimli bir arazideki gerçek uzunluklar (AB), eğimin belirlendiği iki nokta arasındaki yatay aralıklardan (YA) daha büyüktür.

Cevap 7

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{DA}{AB}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{3,85}{55,13}\right) = 4,0^\circ \quad [13]$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{DA}{AB}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{11,25}{75,84}\right) = 8,5^\circ \quad [14]$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{DA}{AB}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{30}{150}\right) = 11,5^\circ \quad [15]$$

Verilen değerlere göre, sin ve tan'dan hesaplanan  $\theta$  değerlerinde fazla bir farklılık olmamıştır.

Cevap 8

Çizelge 1. Belirli açı değerlerinin sin ve tan değerleri

$\theta$ (°)	sin $\theta$	tan $\theta$	$\alpha =  \sin \theta - \tan \theta ^*$
5	0,087	0,087	0,000
10	0,174	0,176	0,002
15	0,259	0,268	0,009
20	0,342	0,364	0,022
25	0,423	0,466	0,043
30	0,500	0,577	0,077
35	0,574	0,700	0,126
40	0,643	0,839	0,196
45	0,707	1,000	0,293

\*: iki açı bağıntısı arasındaki farkın mutlak değeri

Cevap 9

30°'ye kadar tan $\theta$  ve sin $\theta$  arasında istatistiksel olarak bir farklılık yoktur ( $0 < \theta < 30$ ).

Cevap 10

$$\tan \theta = \frac{DA}{YA} \quad [16]$$

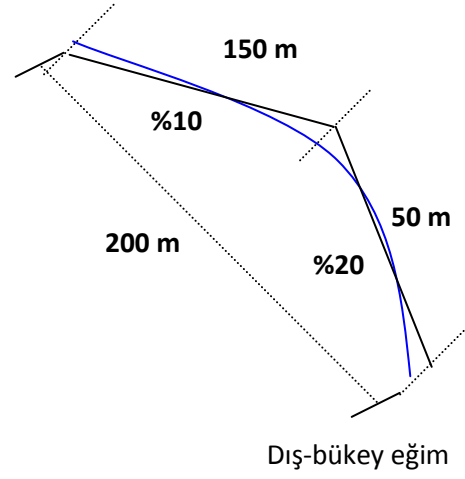
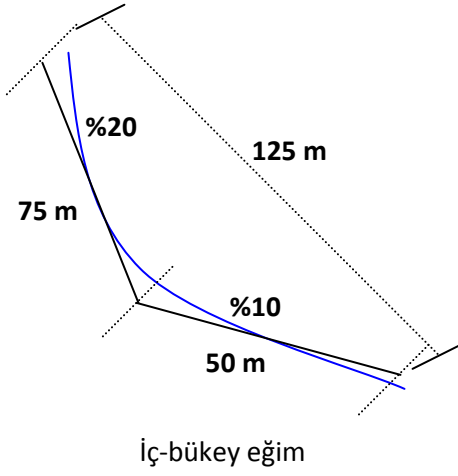
$$\sin \theta = \frac{DA}{AB} \quad [17]$$

$$\frac{DA}{YA} = \frac{DA}{AB} \Rightarrow DA \cdot YA = DA \cdot AB \Rightarrow YA = AB \quad [18]$$

Cevap 11

30° (= %52)'den küçük eğimlere sahip arazilerde, gerçek ölçümler yerine, haritadan iki nokta arasında ölçtüğümüz yatay aralıkları kolaylıkla kullanabiliriz.





Cevap 12.

Çizelge 2. İç bükey eğim kesitinde ortalama % eğimin hesaplanması

Eğim Alt Bölüm Sayısı ( $i$ )	Eğim %'si ( $S_i$ )	Eğim uzunluğu ( $L_i$ )	$S_i L_i$
1	20	75	1500
2	10	50	500
Toplam		125	2000
			$2000/125=16(\%)$

Çizelge 3. Dış bükey eğim kesitinde ortalama % eğimin hesaplanması\*

Eğim Alt Bölüm Sayısı ( $i$ )	Eğim %'si ( $S_i$ )	Eğim uzunluğu ( $L_i$ )	$S_i L_i$
1	10	150	1500
2	20	50	1000
Toplam		200	2500
			$2500/200=12,5(\%)$

## Ödev 8 SORULAR

### Toprak Fiziği (Tane yoğunluğu, Hacim Ağırlığı, Boşluk Oranı)

Bilgi 1: Dara ağırlığı 250 gr olan bir bozulmamış örnek kabı ile A. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü deneme tarlalarından toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Laboratuara getirilen bu örnek doğrudan tartılmış ve ağırlığı (dara + toprak ağırlığı) 740 gr gelmiştir. Bunu takiben, aynı örnek nem fırınında 105°C'de 24 saat boyunca bekletildikten sonra yeniden tartılmış ve ağırlığı 735 gr olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Bozulmamış toprak örneği

Soru 1. Bu toprağın nem içeriğini (%) belirleyiniz ( $M_s$ )?

$$\%W_s = \left[ \frac{M_{ws} - M_{ds}}{M_{ds}} \right] \times 100 \quad [1]$$

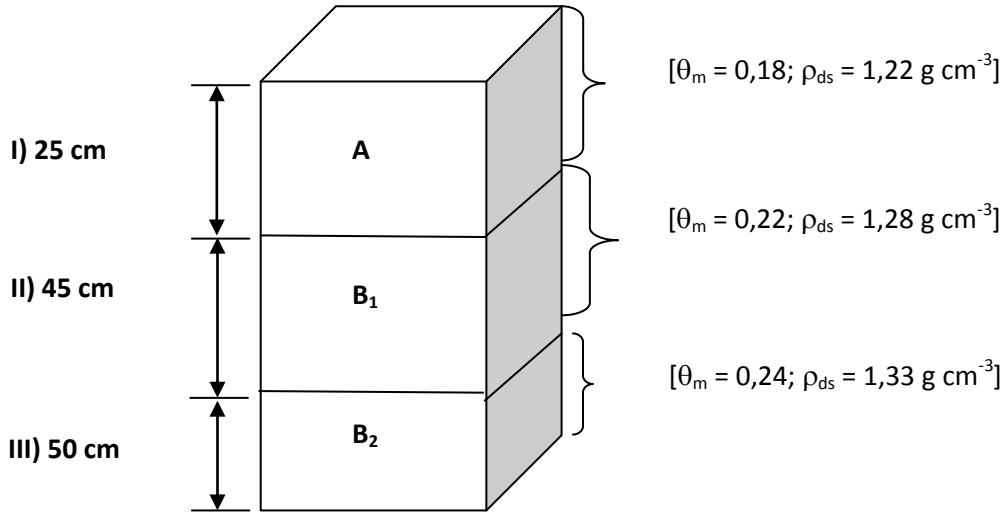
Burada,  $M_s$ : % nem içeriği (%),  $M_{ws}$ : ıslak toprak ağırlığı (gr) ve  $M_{ds}$ : kuru toprak ağırlığıdır (gr).

Soru 2. Bu toprağın hacim ağırlığını ( $\rho_{ds}$ , gr  $\text{cm}^{-3}$ ) belirleyiniz?

Soru 3. Bu toprağın ideal toprak koşullarına sahip olduğu düşünülürse, toprağın tane yoğunluğu ( $\rho_p$ , gr  $\text{cm}^{-3}$ ) ne olur?

Soru 4. Kütleli su içeriği ( $\theta_m$ ) ile hacimsel su içeriği ( $\theta_v$ ) arasındaki matematiksel bağıntıyı bulunuz?

Soru 5. Toplam derinliği 1,2m olan bir toprak profilinin ilk 0-25 cm de %18, 25-70 cm de %22 ve geri kalanında %24 kütleli nem içerdiğine göre, a) bu toprakta kaç cm su depolanmıştır? ve b) bu tarlanın 1 ha alanında kaç  $\text{m}^3$  su depolanmıştır? Toprağın üst tabakasının hacim ağırlığı 1,22 g  $\text{cm}^{-3}$ , orta tabakasının 1,28 g  $\text{cm}^{-3}$  ve alt tabakasının ise 1,33 g  $\text{cm}^{-3}$  tür (Şekil 2).



Şekil 2. Soru 5 için verilen toprak profilinin horizon kalınlıkları, kütleli nem içerikleri ve hacim ağırlıkları

Soru 6. Hacmi 98,125 cm<sup>3</sup> olan bozulmamış bir toprak örnek alma kabı ile alınan nemli bir toprağın ağırlığı darası ile birlikte 236,40 g geliyor. Bu örnek fırında sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra, ağırlığının 223,36 g geldiği ölçülüyor. Daranın ağırlığı 98,25 g ve toprak özgül kütlesi 2,667 gr cm<sup>-3</sup> (tane yoğunluğu) olduğuna göre, bu toprağın hacim ağırlığını, boşluk oranını, kütlece ve hacimce nem içeriğini hesaplayınız?

Bilgi 2. Soru 7 için aşağıdaki eşitliklerden yararlanabilirsiniz.

Hava ile dolu boşluklar oranı ( $N_a$ , oran)

$$N_a = \frac{V_a}{V_b} \quad [2]$$

Burada  $V_a$ : toprak gözeneklerini dolduran havanın hacmidir (cm<sup>3</sup>)

Toprak doygunluk derecesi ( $\theta_s$ , oran)

$$\theta_s = \frac{V_w + V_a}{V_b} \quad [3]$$

Toplam boşluk hacmi ( $V_{(a+w)}$ )

$$V_{(a+w)} = V_a + V_w \quad [4]$$

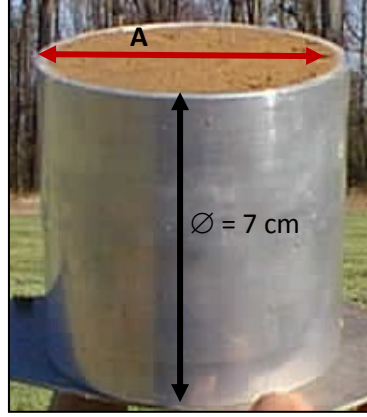
Soru 7. Arazide 100 cm<sup>3</sup> hacminde alınan bir toprak örneğinin ağırlığı, örnekleme zamanında 174 gr ve fırın-kuru ağırlığı 155 gr olarak belirlenmiştir ( $\rho_w = 1,00$  gr cm<sup>-3</sup> ve  $\rho_p = 2,65$  gr cm<sup>-3</sup>). Toprağın kütleli ve hacimsel nem içeriklerini, hacim ağırlığını, hava ile dolu boşluklar oranını, boşluklar oranını ve toprak doygunluk derecesini hesaplayınız?

Soru 8. Yukarıda hesaplanılan boşluklar oranı ( $f$ ) ile doygunluk derecesi ( $\theta_s$ ) sonuçlarını bir cümle ile yorumlayınız?

## Ödev 8. CEVAPLAR

### Toprak Fiziği (Tane yoğunluğu, Hacim Ağırlığı, Boşluk Oranı)

Bilgi 1. Dara ağırlığı 250 gr olan bir bozulmamış örnek kabı ile A. Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü deneme tarlalarından toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Laboratuara getirilen bu örnek doğrudan tartılmış ve ağırlığı (dara + toprak ağırlığı) 740 gr gelmiştir. Bunu takiben, aynı örnek nem fırınında 105°C'de 24 saat boyunca bekletildikten sonra yeniden tartılmış ve ağırlığı 735 gr olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Bozulmamış toprak örneği

Cevap 1

$$\%W_s = \left[ \frac{M_{ws} - M_{ds}}{M_{ds}} \right] \times 100 \quad [1]$$

Burada,  $M_s$ : % nem içeriği (%),  $M_{ws}$ : ıslak toprak ağırlığı (gr) ve  $M_{ds}$ : kuru toprak ağırlığıdır (gr).

$$M_{ws} = 740 - 250 = 490 \text{ gr} \quad [2]$$

$$M_{ds} = 735 - 250 = 485 \text{ gr} \quad [3]$$

$$\%M_s = \left[ \frac{M_{ws} - M_{ds}}{M_{ds}} \right] \times 100 = \left[ \frac{490 - 485}{485} \right] \times 100 = \%1 \quad [4]$$

Cevap 2

$$V_b = 3,1416 \times r^2 \times h = 3,1416 \times 3,5 \times 3,5 \times 10 = 384,85 \cdot \text{cm}^3 \quad [5]$$

$$\rho_{ds} = \frac{M_{ds}}{V_b} = \frac{485}{384,85} = 1,26 \cdot \text{gr} \cdot \text{cm}^3 \quad [6]$$

Cevap 3

Bu koşulda toprak boşluk oranının (% 50 = 0,50) olduğu kabul edilmiştir.

$$f = 0,50 \quad [7]$$

$$f = 1 - \frac{\rho_{ds}}{\rho_p} \Rightarrow 1 - f = \frac{\rho_{ds}}{\rho_p} \Rightarrow \rho_p = \frac{\rho_{ds}}{1 - f} = \frac{1,26}{1 - 0,5} = \frac{1,26}{0,5} = 2,52 \cdot \text{gr} \cdot \text{cm}^3 \quad [8]$$

Soru 4. Kütlesel su içeriği ( $\theta_m$ ) ile hacimsel su içeriği ( $\theta_v$ ) arasındaki matematiksel bağıntıyı bulunuz?

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_{ds}} \quad [9]$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b} \quad [10]$$

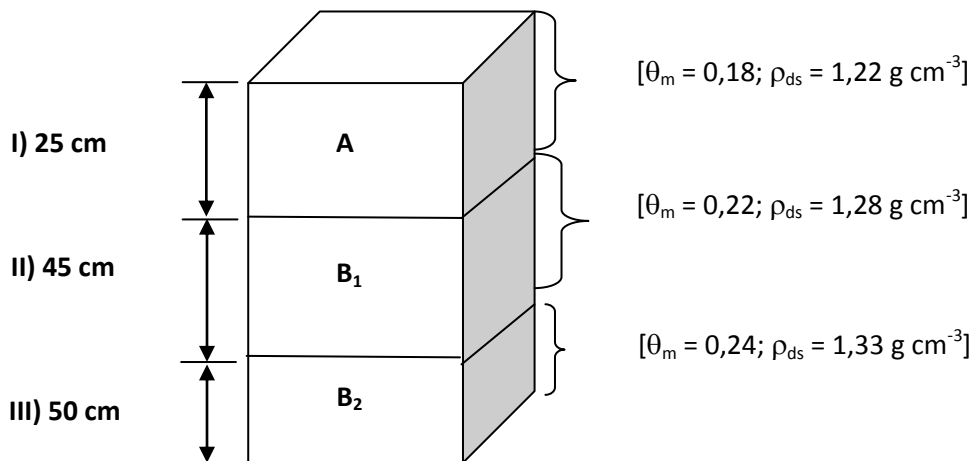
$$\rho_w = \frac{M_w}{V_w} \cdot ve \cdot \rho_{ds} = \frac{M_{ds}}{V_b} \Rightarrow \frac{1}{\rho_{ds}} = \frac{V_b}{M_{ds}} \quad [11]$$

$$\frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{\frac{M_w}{M_{ds}}}{\frac{V_w}{V_b}} \Rightarrow \frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{M_w}{M_{ds}} \times \frac{V_b}{V_w} = \frac{M_w}{V_w} \times \frac{V_b}{M_{ds}} = \rho_w \times \frac{1}{\rho_{ds}} \quad [12]$$

$$\frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{M_w}{V_w} \times \frac{V_b}{M_{ds}} \Rightarrow \frac{\theta_m}{\theta_v} = \frac{\rho_w}{\rho_{ds}} \Rightarrow \theta_v \times \rho_w = \theta_m \times \rho_{ds} \quad [13]$$

$$\theta_v = \theta_m \times \frac{\rho_{ds}}{\rho_w} \Rightarrow \rho_w = 1 \Rightarrow \theta_v = \theta_m \times \rho_{ds} \quad [14]$$

Cevap 5 Toprağın üst tabakasının hacim ağırlığı  $1,22 \text{ g cm}^{-3}$ , orta tabakasının  $1,28 \text{ g cm}^{-3}$  ve alt tabakasının ise  $1,33 \text{ g cm}^{-3}$  tür (Şekil 2).



Şekil 2. Soru 5 için verilen toprak profilinin horizon kalınlıkları, kütlesel nem içerikleri ve hacim ağırlıkları



a)

$$\theta_{v(I)} = \theta_{m(I)} \times \frac{\rho_{ds(I)}}{\rho_w} = 0,18 \times \frac{1,22}{1} = 0,22 \quad [15]$$

$$\theta_{v(II)} = \theta_{m(II)} \times \frac{\rho_{ds(II)}}{\rho_w} = 0,22 \times \frac{1,28}{1} = 0,28 \quad [16]$$

$$\theta_{v(III)} = \theta_{m(III)} \times \frac{\rho_{ds(III)}}{\rho_w} = 0,24 \times \frac{1,33}{1} = 0,32 \quad [17]$$

$$d_{(I)} = \theta_{v(I)} \times L_{(I)} = 0,22 \times 25 \cdot cm = 5,5 \cdot cm \quad [18]$$

$$d_{(II)} = \theta_{v(II)} \times L_{(II)} = 0,28 \times 45 \cdot cm = 12,6 \cdot cm \quad [19]$$

$$d_{(III)} = \theta_{v(III)} \times L_{(III)} = 0,32 \times 50 \cdot cm = 16 \cdot cm \quad [20]$$

$$d_{(T)} = \sum_{i=1}^3 d_i = 5,5 + 12,6 + 16 = 34,1 \cdot cm \quad [21]$$

b)

$$34,1 \cdot cm = \frac{34,1 \cdot cm^3}{cm^2} = \frac{34,1 \times 10^{-6} m^3}{10^{-4} m^2} = \frac{34,1 \times 10^{-2} m^3}{m^2} \quad [22]$$

$$1 \cdot ha = 1 \times 10^4 m^2 \quad [23]$$

$$34,1 \cdot cm = \frac{34,1 \cdot cm^3}{cm^2} = \frac{34,1 \times 10^{-6} m^3}{10^{-4} m^2} = \frac{34,1 \times 10^{-2} m^3}{m^2} \times 10^4 = 3410 \cdot m^3 \quad [24]$$

Cevap 6

Hava-kuru ( $M_{ws}$ , gr) ve fırın-kuru ( $M_{ds}$ , gr) toprak ağırlıkları:

$$M_{ws} = 236,40 - 98,25 = 138,15 gr \quad [25]$$

$$M_{ds} = 223,36 - 98,25 = 125,11 gr \quad [26]$$

Toprak hacim ağırlığı ( $\rho_{ds}$ , gr  $cm^{-3}$ ):

$$V_b = 98,125 \cdot cm^3 \quad [27]$$

$$\rho_{ds} = \frac{M_{ds}}{V_b} = \frac{125,11}{98,125} = 1,275 \cdot gr \cdot cm^3$$

[28]

Toprak boşluk oranı (f):

$$f = 1 - \frac{1,275}{2,667} = 0,52$$

[29]

Kütlesel nem içeriği ( $\theta_m$ , %):

$$\%M_s = \left[ \frac{M_{ws} - M_{ds}}{M_{ds}} \right] \times 100 = \left[ \frac{138,15 - 125,11}{125,11} \right] \times 100 = \%10,42$$

[27]

Veya

Toprak su miktarı ( $W_s$ , gr)

$$W_s = M_{ws} - M_{ds} = 138,15 - 125,11 = 13,04$$

[28]

$$\theta_m = \frac{W_s}{M_{ds}} = \frac{13,04}{125,11} = 0,1042$$

[29]

Hacimsel nem içeriği ( $\theta_v$ , %):

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_{ds} = 0,1042 \times 1,275 = 0,1329$$

[30]

Veya

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b} = \frac{13,04}{98,125} = 0,1329$$

[31]

Bilgi 2. Soru 7 için aşağıdaki eşitliklerden yararlanabilirsiniz.

Hava ile dolu boşluklar oranı ( $N_a$ , oran)

$$N_a = \frac{V_a}{V_b}$$

[32]

Burada  $V_a$ : toprak gözeneklerini dolduran havanın hacmidir ( $cm^3$ )

Toprak doygunluk derecesi ( $\theta_s$ , oran)

$$\theta_s = \frac{V_w + V_a}{V_b}$$

[33]

Toplam boşluk hacmi ( $V_{(a+w)}$ )

$$V_{(a+w)} = V_a + V_w$$

[34]

Cevap 7

$$\theta_m = \frac{W_s}{M_{ds}} = \frac{174 - 155}{155} = 0,123 = \%12,3 \quad [35]$$

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_b} = \frac{174 - 155}{100} = \frac{19}{100} = 0,19 = \%19 \quad [36]$$

$$\rho_{ds} = \frac{M_{ds}}{V_b} = \frac{155}{100} = 1,55 \cdot \text{gr} \cdot \text{cm}^3 \quad [37]$$

$$\rho_p = \frac{M_{ds}}{V_{ds}} \Rightarrow V_{ds} = \frac{M_{ds}}{\rho_p} = \frac{155}{2,65} = 58,49 \cdot \text{cm}^3 \quad [39]$$

$$V_b = V_{ds} + V_a + V_w \Rightarrow V_a = V_b - (V_{ds} + V_w) = 100 - (58,49 + 19) = 100 - 77,49 = 22,51 \cdot \text{cm}^3 \quad [40]$$

$$N_a = \frac{V_a}{V_b} = \frac{22,51}{100} = 0,2251 = \%22,51 \quad [41]$$

$$f = 1 - \frac{\rho_{ds}}{\rho_p} = 1 - \frac{1,55}{2,65} = 1 - 0,5849 = 0,4151 = \%41,51 \quad [42]$$

Veya

$$\theta_s = \frac{V_{(a+w)}}{V_b} = \frac{22,51 + 19}{100} = \frac{41,51}{100} = 0,4151 = \%41,51 \quad [43]$$

Cevap 8

Toprakta bütün boşluklar su ile dolduğunda doygunluk derecesine ulaşılmaktadır.