

PEDOGENETSKI PROCESI

prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

1

Pedogenetski procesi - predstavljaju skup svih transformacija i premještanja mineralne i organske tvari te energije koji dovode do nastanka tla (soluma), a zatim se nastavljaju odvijati u tlu upravljajući njegovom evolucijom.

- Raspadanje primarnih i geneza sekundarnih minerala
- Razgradnja organske tvari i sinteza humusa
- Tvorba organo-mineralnih spojeva
- Migracije
- Specifični procesi

2

Razgradnja primarnih i geneza sekundarnih minerala

3

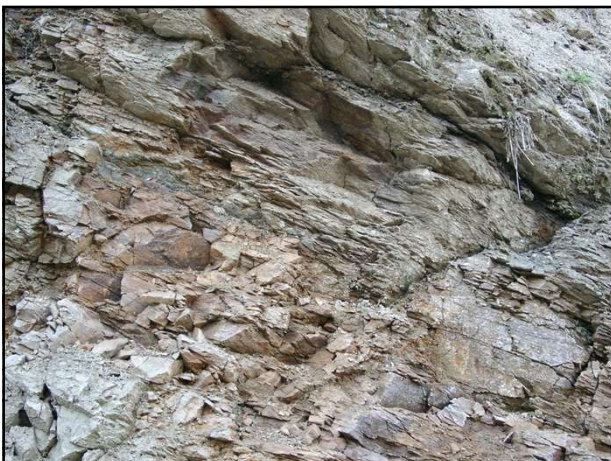
RASPADANJE PRIMARNIH MINERALA

Glavni agensi raspadanja su: toplina, voda, kiseline, kisik, te organizmi i njihove izmjene u tlu.

Prema karakteru raspadanja mineralne komponente čvrste faze tla razlikuju se:

1. FIZIKALNO (**mehaničko**)
2. KEMIJSKO
3. BIOLOŠKO

4



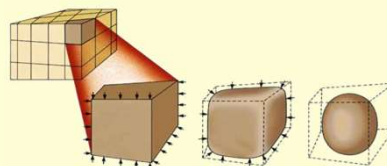
5

FIZIKALNO RASPADANJE

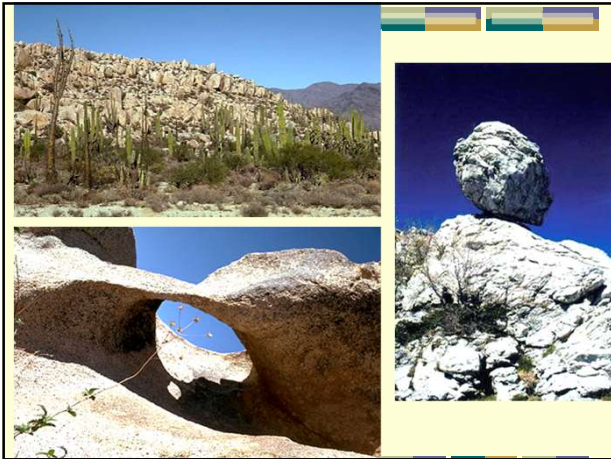
- raspadanje stijena i minerala na sitnije čestice bez kemijskih promjena.

1. **suho termičko** - samo izmjena temperature (dan - noć, zima - ljeto)

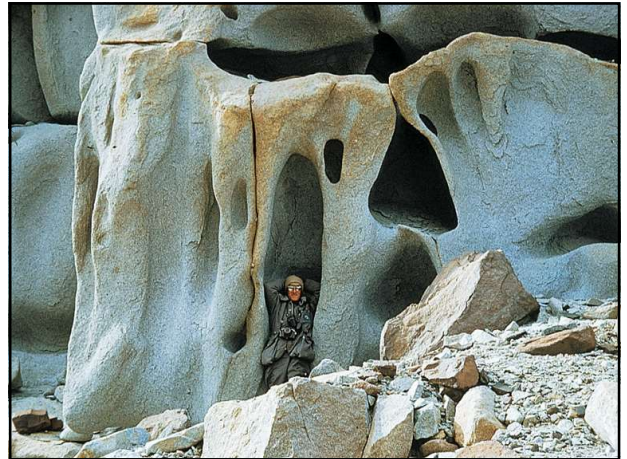
- promjena oblika, specifične površine



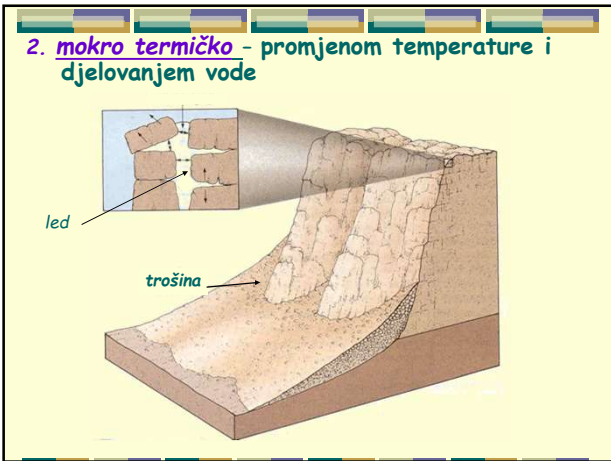
6



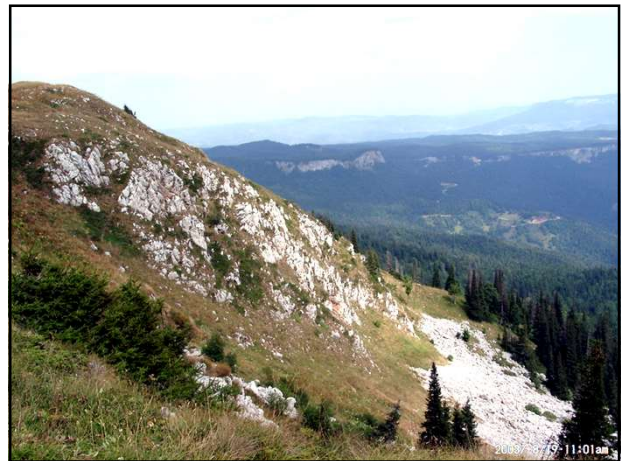
7



8



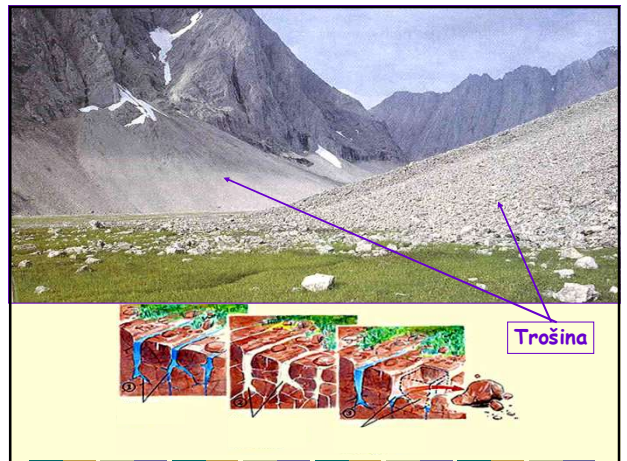
9



10



11



12

3. akumulacija soli - u aridnim područjima
- soli se u pukotinama vežu na različite minerale

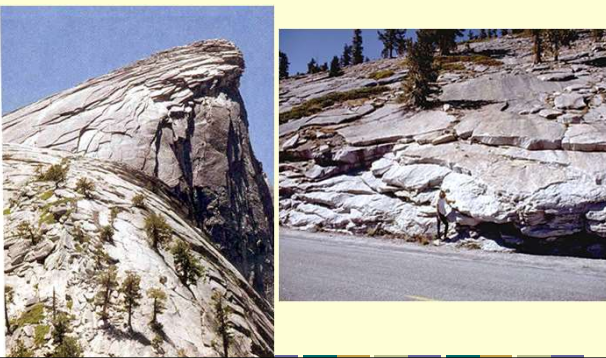


13

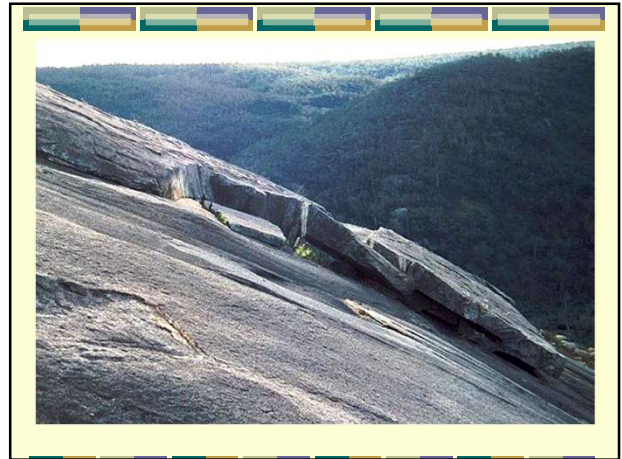


14

4. listanje - veća površina stijena uslijed
premještanja/erozije



15



16

BIOLOŠKO RASPADANJE

- biljno korijenje proširuje pukotine



17



18

- Živi organizmi u tlu ubrzavaju mehaničko raspadanje, te obogaćuju tlo glavnim agensima pri kemijskom raspadanju (disanjem oslobađaju CO_2 , u zamjenu za biljna hraniva otpuštaju H^+ ione, ...)



19



20

KEMIJSKO RASPADANJE

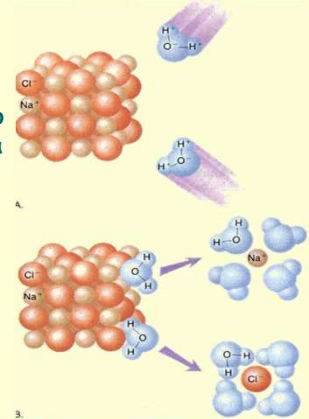
- učešćem vode, ugljičnog dioksida, kiselina (H_2CO_3 , HNO_2 , HNO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4) i kisika dolazi do kemijskih promjena

- Hidratacija
- Hidroliza
- Otapanje
- Oksidacija-redukcija

21

1. hidratacija

- molekula vode kao dipol veže se negativno naelektriziranim ionima za rubne katione kristalne rešetke minerala. Slabe veze iona, te oni prelaze iz rešetke u otopinu tla (otapanje soli)



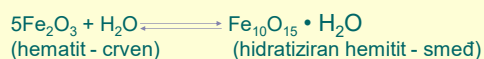
22

HIDRATACIJA

Opća reakcija:



Primjer:



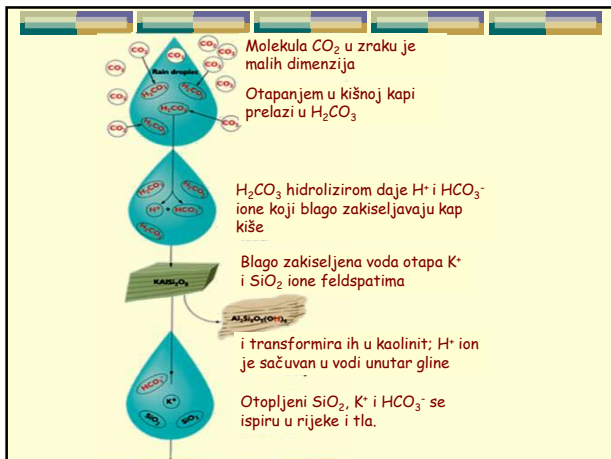
23

- 2. hidroliza - proces razgradnje minerala pri čemu H^+ ioni iz kristalne rešetke minerala istiskuju bazne katione.



- alumosilikati, feldspati, liskuni, augit, hornblenda odnosno, svi minerali čija je kristalna rešetka u vodi netopiva
- disocirani H^+ ioni potječu od kiselina u tlu (ugljična, humusna), mineralnih kiselina koje pridolaze kišnicom (dušična i sumporasta)

24



25

HIDROLIZA

Reakcija:

$$\text{Primarni mineral} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{2nd mineral} + \text{kation} + \text{OH}^-$$

$\text{H}^+ + \text{OH}^-$

Primjer:

Produkt otapanja

$$2\text{NaAlSi}_3\text{O}_8(\text{s}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 9\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4(\text{s}) + 2\text{Na}^+(\text{aq}) + 4\text{Si}(\text{OH})_4(\text{aq})$$

Feldspat Kaolinit "Hranivo"

Transformacija

26

3. otapanje

- molekule vode hidratiziraju ione i molekule kristalne rešetke minerala
- topivost minerala u vodi je različita: NaCl lako topiv, CaCO_3 i MgCO_3 teže, a silikati su praktično netopivi u vodi
- viša temperatura vode pojačava topivost, kao i dovoljno CO_2 i O_2

27

Otapanje CO_2 i nastanak ugljične kiseline

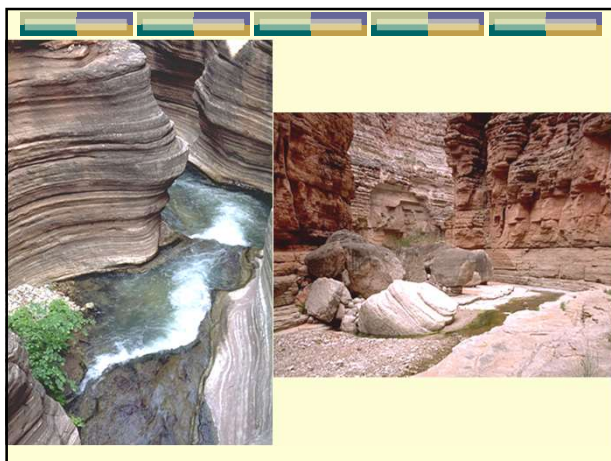
$$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$$

(ugljična kiselina) (bikarbonat)

$$\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{HCO}_3^-(\text{aq})$$

(kalcit) (Hidroliza) (otopina)

28



29

4. oksidacija- redukcija

a) **oksidacija** je gubitak elektrona (e^-), a često se odvija zajedno s hidratacijom, npr. željezo koje oksidira iz Fe^{2+} (fero) u Fe^{3+} (feri) istovremeno i hidratizira, te se javlja rđasta boja.

b) **redukcija** je primanje elektrona

- vlažni uvjeti, slaba aeracija, dosta organske tvari (bare, močvare,...)
- bakterije dobivaju potreban kisik iz organske tvari, a rezultat je prijelaz feri-oksida u fero-oksidi, sulfata u sulfide, nitrata u nitrite ili amonijak
- dominira siva, sivo-plava, sivo-zelena boja,...
- povećana mobilnost Fe i Mn spojeva

30

Piroksen
 FeSiO_3

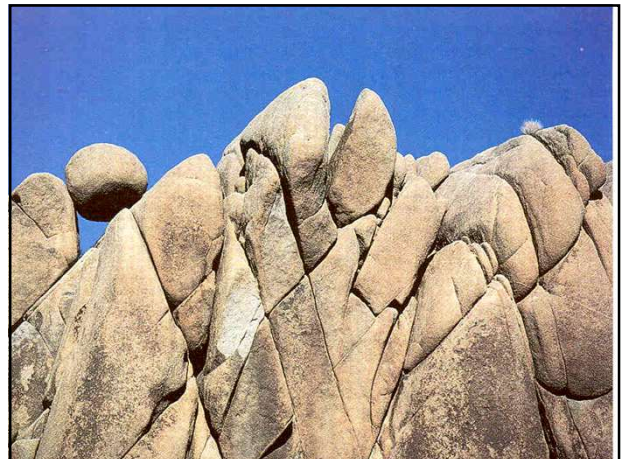
Otapanjem FeSiO_3
 SiO_2 i Fe^{2+} prelaze u
otopinu tla

Fe^{2+} oksidacijom
(primanjem O_2)
prelazi u Fe^{3+}

Fe^{3+} u kombinaciji s
vodom iz oborina
prelazi u hematit -
 Fe_2O_3

Iron oxide
(hematite)
 Fe_2O_3

31



32



33

PRODUKTI RASPADANJA

Produkti kemijskog raspadanja mineralnog dijela tla su:

- najrezistentniji primarni minerali (cirkon, turmalin, granat, kvarc)
- minerali gline, soli i krajnji produkti raspadanja (ioni).
- **kationi:** Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{3+}
- **anioni:** SiO_2^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Cl^- , HCO_3^-

34

GENEZA SEKUNDARNIH MINERALA

U širem smislu - sve promjene i reakcije koje rezultiraju izlučivanjem i stvaranjem novih mineralnih tvari ili već prisutnih u tlu, ali od komponenata koje potječu od produkata prethodnog trošenja.

U užem smislu - nastanak sekundarnih, koloidnih alumosilikata (minerala gline smektitne, litne i kaolinne grupe).

35

Minerali gline su predstavljeni silikatima aluminija ($n \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$).
 Kristalna rešetka je izgrađena od Al-oktaedara i Si-tetraedara, koji su složeni u lamele. Imaju koloidna svojstva, moć adsorpcije iona, neki bubre.

Kristalne strukture gline

Aluminij (anion) Kisik ili hidroksil (anion) Silicij (kation) Kisik (anion)

Al oktaedar Si tetraedar

36

Geneza minerala gline može se odvijati na više načina:

- Hidrolitičkim raspadanjem primarnih minerala
- Sintezom koloidnih produkata raspadanja (hidratiziranih oksida Al i Si)
 - u uvjetima $pH < 4,7$ iako se $Al(OH)_3$ dobro disocira to nije slučaj sa $Si(OH)_4$ koji ostaje bez naboja, pa nema sinteze
 - u uvjetima $pH > 8,1$ silicij i aluminij su u ionskom obliku što znači da postoje samo negativni naboji, te nema sinteze

37

38

39

- Alternacija unutar kristalne rešetke minerala
 - prilikom raspadanja izdvaja se K (muskovit) ili K, Mg, Fe (biotit) a ulaskom H^+ i H_2O nastaju minerali ilitne grupe
- Degradacija
 - kisela sredina, vlažna klima, organska tvar

40

PRODUKTI RASPADANJA

- Grupa SiO_2 : opal, kvarc, kalcedon.
- Grupa Al-hidroksida: hidrargilit, diaspor.
- Grupa Fe-hidroksida: getit, hematit, siderit, vivijanit.
- Grupa Mn-spojeva: piroluzit, psilomelan.
- Soli zemnoalkalijskih metala: karbonati, sulfati, fosfati, kloridi.
- Soli alkalnih metala: karbonati, sulfati, kloridi, nitriti.

41

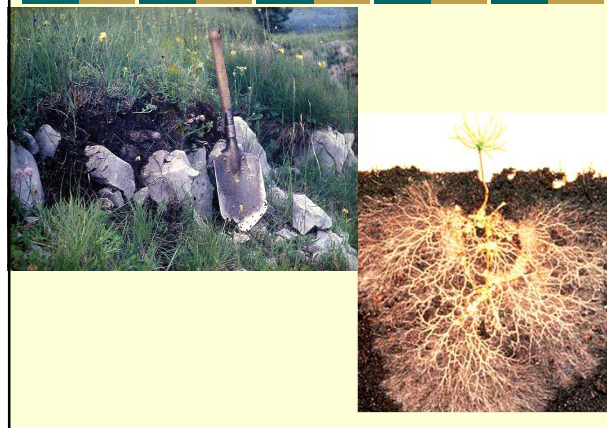
Razgradnja organske tvari i sinteza humusa

42

Organska tvar tla je najzastupljenija u površinskom dijelu tla (1 - 5%, eventualno do 10%). U tlo pridolazi mrtva organska tvar (godišnje i po nekoliko tona) koja je kondenzat energije, vode, ugljika i brojnih biogenih elemenata (O, H, N, K, Ca, Mg, P, S, ...)



43



44

Procesi transformacije mrtve organske tvari:

1. **mehaničko usitnjavanje** - mezo i makro fauna.
2. **mineralizacija** - stupnjevito razgrađivanje mrtve organske tvari preko niza međuspojeva do konačnih mineralnih proizvoda (CO_2 , H_2O , NH_3 , pepeo,...) uz oslobađanje energije
 - omogućeno kruženje elemenata
 - osigurava stalni dotok CO_2 u tlo.
3. **humifikacija** - razgradnja organske tvari i sinteza humusa.

Ovisno o stupnju polimerizacije, boji, sadržaju ugljika i dušika, topivosti u različitim otapalima dijele se na: **huminske i fulvo kiseline**, te **humine**.

45

Huminske kiseline

se ekstrahiraju iz tla lužinama kao tamno obojene otopine, a talože se sa kiselinama u obliku gela. Molekularna masa im je 10.000-100.000, a elementarni sastav: C= 51-62%, H= 2,8-6,6%, O= 31-36% i N= 3,6-5,5%.

Jezgre huminskih kiselina su ciklične prirode i vezane mostićima tipa -O-, -N=, -NH- ili -CH₂-, a na jezgre su vezani polimerni ugljikovi lanci koji nose funkcijske ili reakcijske grupe (-COOH, -OH, -OCH₃ i =CO) koje određuju karakter veze huminskih kiselina i čestica tla.

46

Fulvokiseline su žućkaste (otuda im potječe naziv) ili crvenkaste boje, molekularna masa im je 1.000-5.000, a zaostaju u otopini nakon taloženja huminskih kiselina.

Elementarni sastav im je: C= 42-47%, H= 3,5-5%, O= 45-50% i N= 2-4,1%.

Fulvokiseline također imaju ciklične jezgre, ali manje kondenzirane od huminskih kiselina. Fulvokiseline su kiselije i topivije u vodi od huminskih.

Humini se otapaju u toploj lužini (NaOH), a smatra se da su to reducirani anhidridi humusnih kiselina.

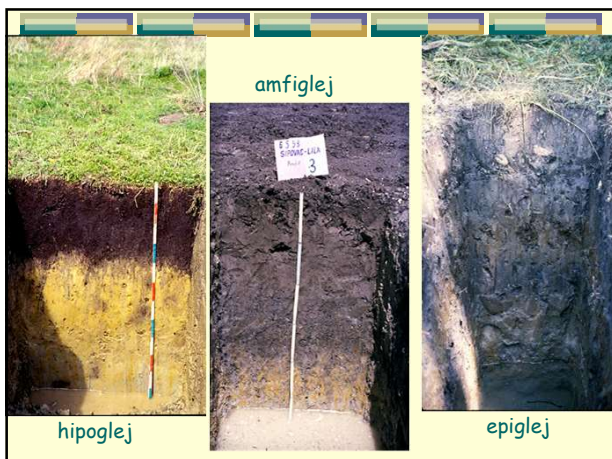
47

Mrtva O.T. se morfološki razlikuje. Ovisno o vrsti, odnosu i izraženosti procesa u terestričkim tlima razlikuju se:

- **sirovi humus** ("rohhumus") - teško razgradiva organska tvar na površini tla
- **zreli humus** ("mull" humus) - dobro razgrađena organska tvar izmiješana sa mineralnim dijelom tla
- **prijelazni humus** ("moder")
- **"akvatični"** - hidromorfni oblici humusa, plavkasto-crne boje

Modifikacije zrelog humusa: **molični** (blagi, mek i prhak u suhom stanju, V>50%), **umbrični** (loša struktura, tvrd i masivan u suhom stanju, V<50%) i **ohrični** (svjetlije boje, tvrd i kompaktan).

48

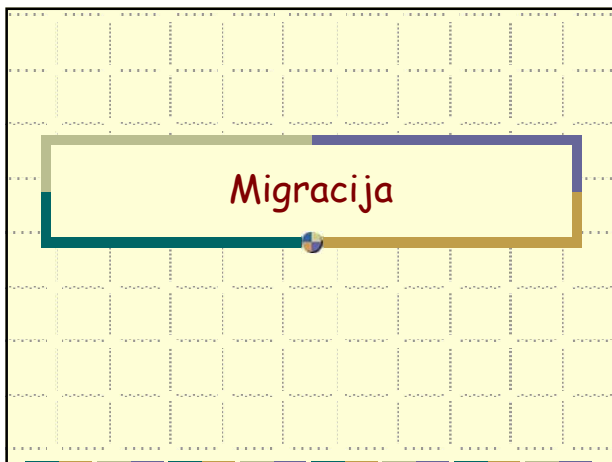


49

Značaj organske tvari u tlu

1. Izvor biljnih hraniva
2. Osnovni činitelj strukture tla
 - stabilnost strukturnih agregata tla
 - činitelj kultivacije tla
 - pomaže kretanju vode i zraka u tlu
 - retencija vode
 - sprečava eroziju
 - puforni efekt (hraniva, pesticidi itd.)
 - sprečavanje ispiranja hraniva
 - daje boju tlu (zagrijavanje)
 - snižava gustoću čvrste faze tla ($\rho_{\text{čmin}} \approx 2,65$; $\rho_{\text{čhumus}} = 0,90$)

50



51

MIGRACIJA

je skup procesa kojima se premještaju tvari tla. Pritom glavnu ulogu imaju voda i organizmi, a manje bitnu gravitacija i vjetar.

UNUTARNJA MIGRACIJA

premještanje tvari tla ili unutar pedosfere ili emigriranje sastojaka djelomično i iz pedosustava.

1. **eluvijalna migracija** - descendentno kretanje vode
 - slijed premještanja je prema topivosti sastojaka: soli alkalijskih i zemnoalkalijskih metala (Ca i Mg nitrati i kloridi); teže topive soli Ca i Mg (sulfati i karbonati/bikarbonati); koloidna frakcija gline; ispiranje Fe, Si i Al.

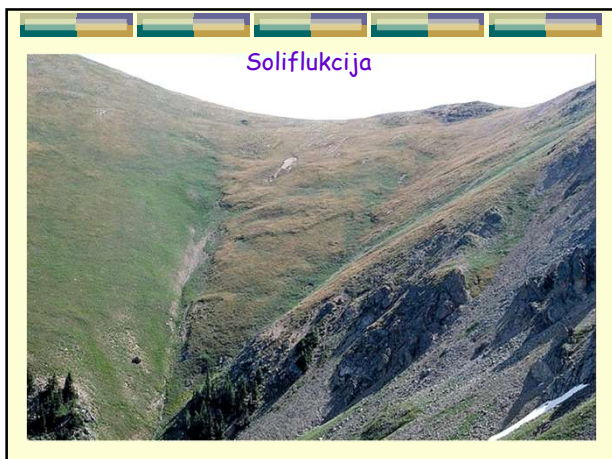
52

- O.T. se ispire pretežno u kiseloj sredini, a u alkalnoj sredini samo Na-humati
- 2. **akumulativna migracija** - oblik unutarnjeg premještanja tvari uzlazno (ascendentno kretanje vode).
 - lakotopive soli kod halomorfni tala
 - akumulacija kalcija
 - biljno korijenje usvaja hraniva
- 3. **miješanje tla** - skup premještanja sastojaka tla unutar pojedinih dijelova profila tla
 - mezo i makro fauna (bioturbacija)
 - soliflukcija - na nagnutim terenima ljeti otopljeni led u plićim slojevima raskvašuje tlo te se njegova žitka masa puzanjem spušta u podnožje
 - hidroturbacija - bubrenje glinastih tala

53

Eflorescencija - solončak

54



55

POVRŠINSKA MIGRACIJA (EROZIJA)
je proces spiranja čestica tla i otopljenih tvari po površini (vjetar i voda).

1. normalna erozija

- solum se produbljuje za onoliko koliko je materijala translocirano.

2. ubrzana erozija

- značajnije spiranje čime se skraćuje profil tla, utječe na evoluciju i ekološka svojstva tla:
- **plošna erozija** - podjednako odnošenje sloja tla po cijeloj površinskoj plohi;
- **brazdasta erozija** - kanalići i i jarci na površini, a brazdasta površina se uglavnom može poravnati oranjem;

56

- **jaružna erozija** - rezultat snažnih vodenih tokova/bujica, koje odnose tla i dijelove matičnih supstrata stvarajući jaruge u obliku "V" ;
- **eolska erozija**
- **kraška erozija**
- **klizišta** - površinske mase tla prethodno obilno zasićene vodom pokreću se po čvrstoj podlozi koja slabije upija vodu (glina, škriljavci).

57



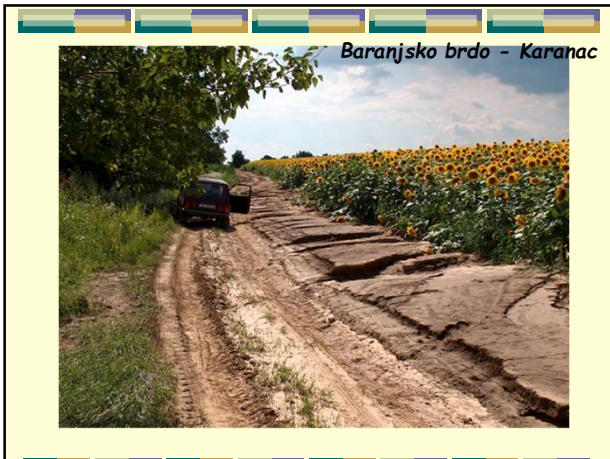
58



59



60



61



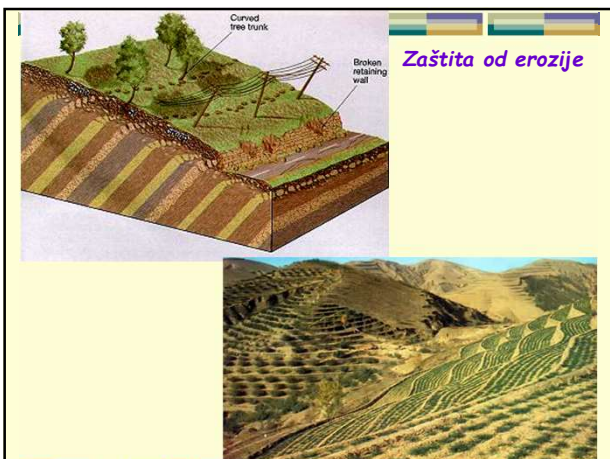
62



63



64



65



66