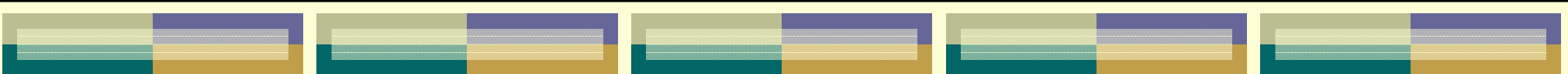



# PEDOGENETSKI PROCESI

doc.dr.sc. Vesna Vukadinović



*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
- 

# Razgradnja primarnih i geneza sekundarnih minerala






# 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**
- 



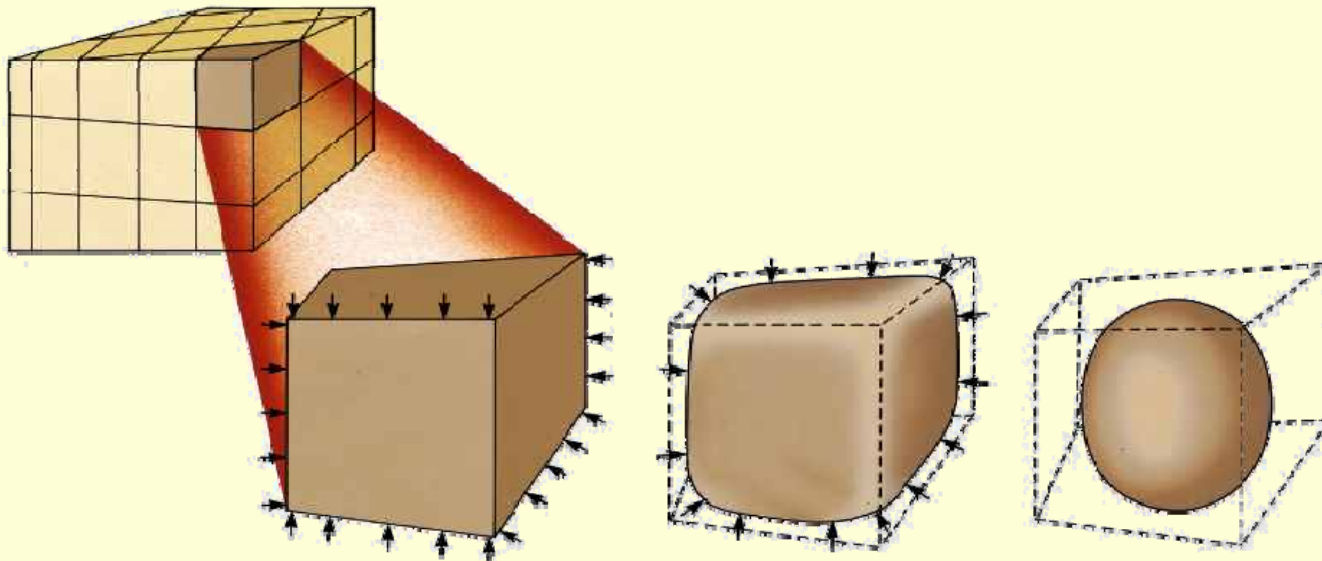
# FIZIKALNO RASPADANJE

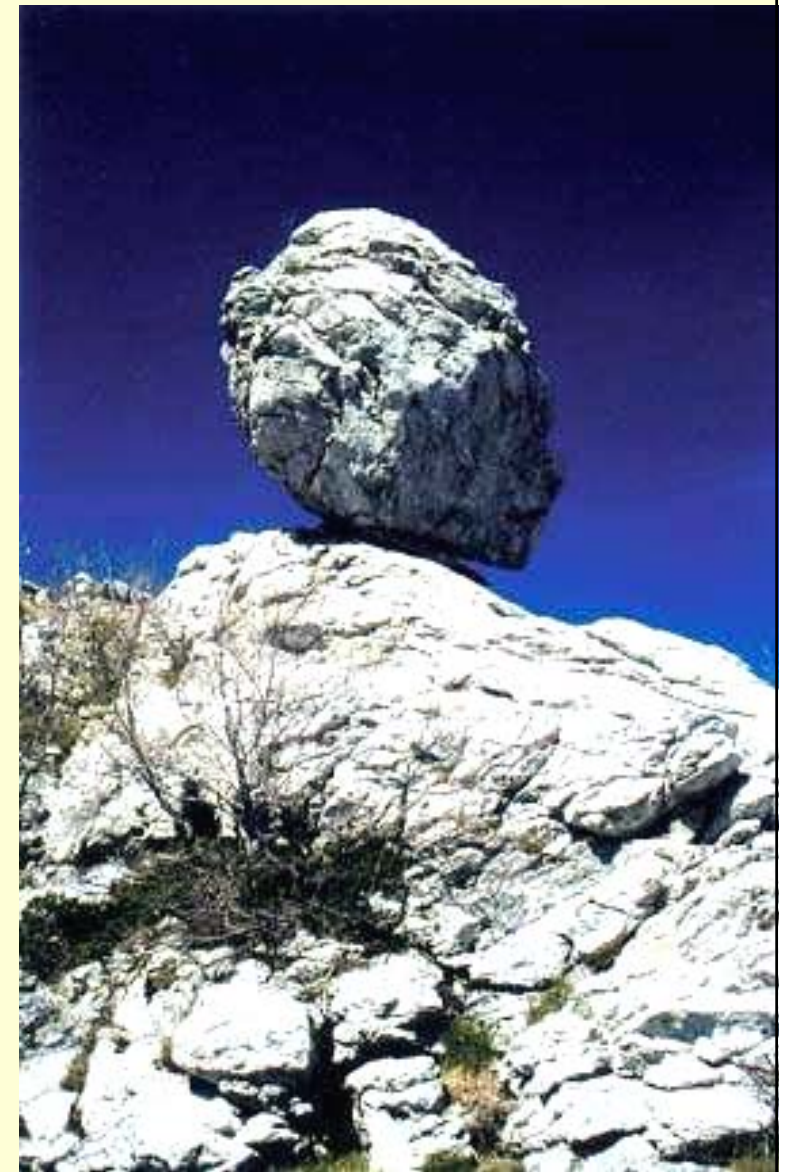
- raspadanje stijena i minerala na sitnije čestice bez kemijskih promjena.

1. suho termičko – samo izmjena temperature

(dan – noć, zima – ljeto)

- promjena oblika, specifične površine

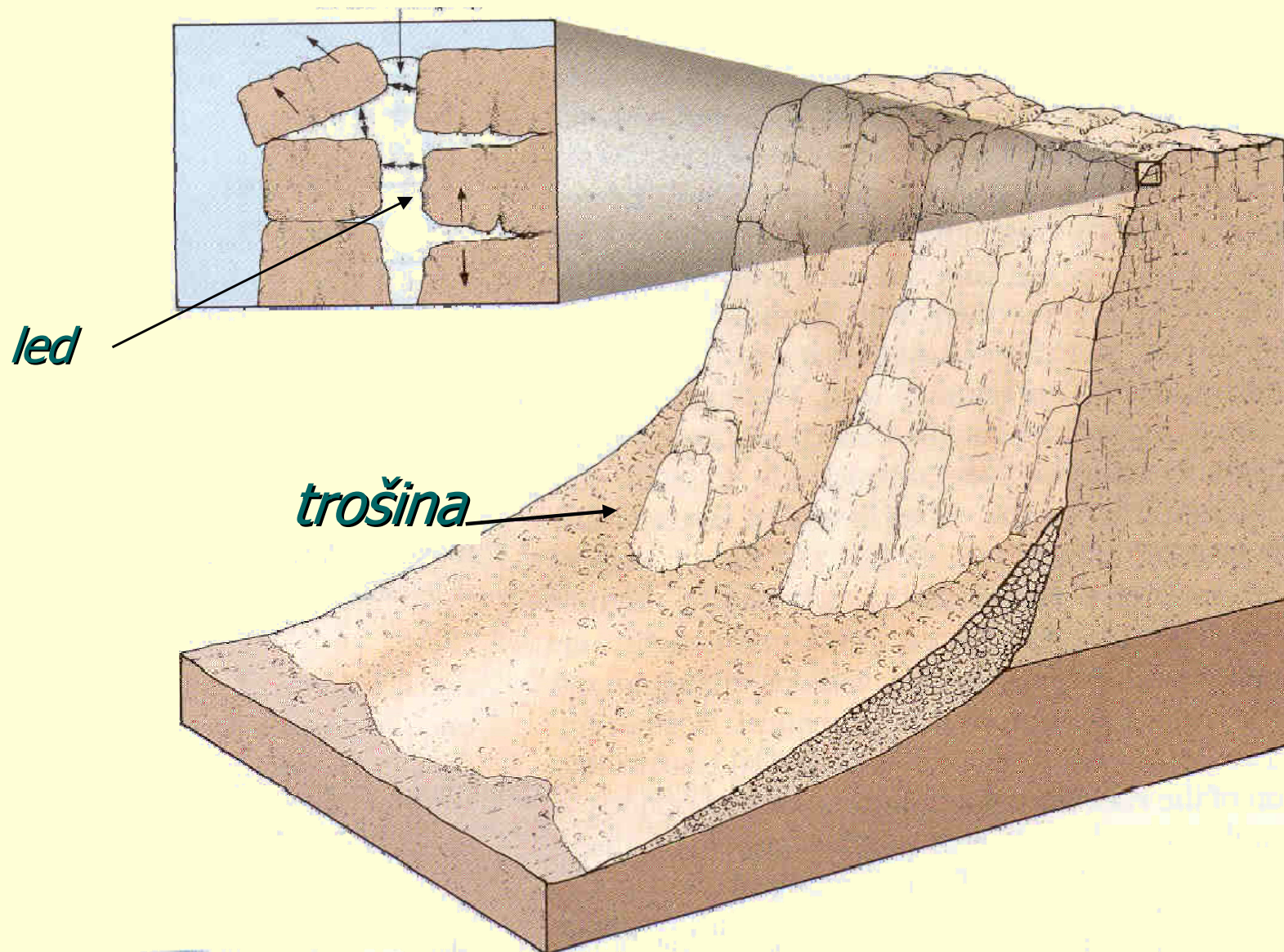








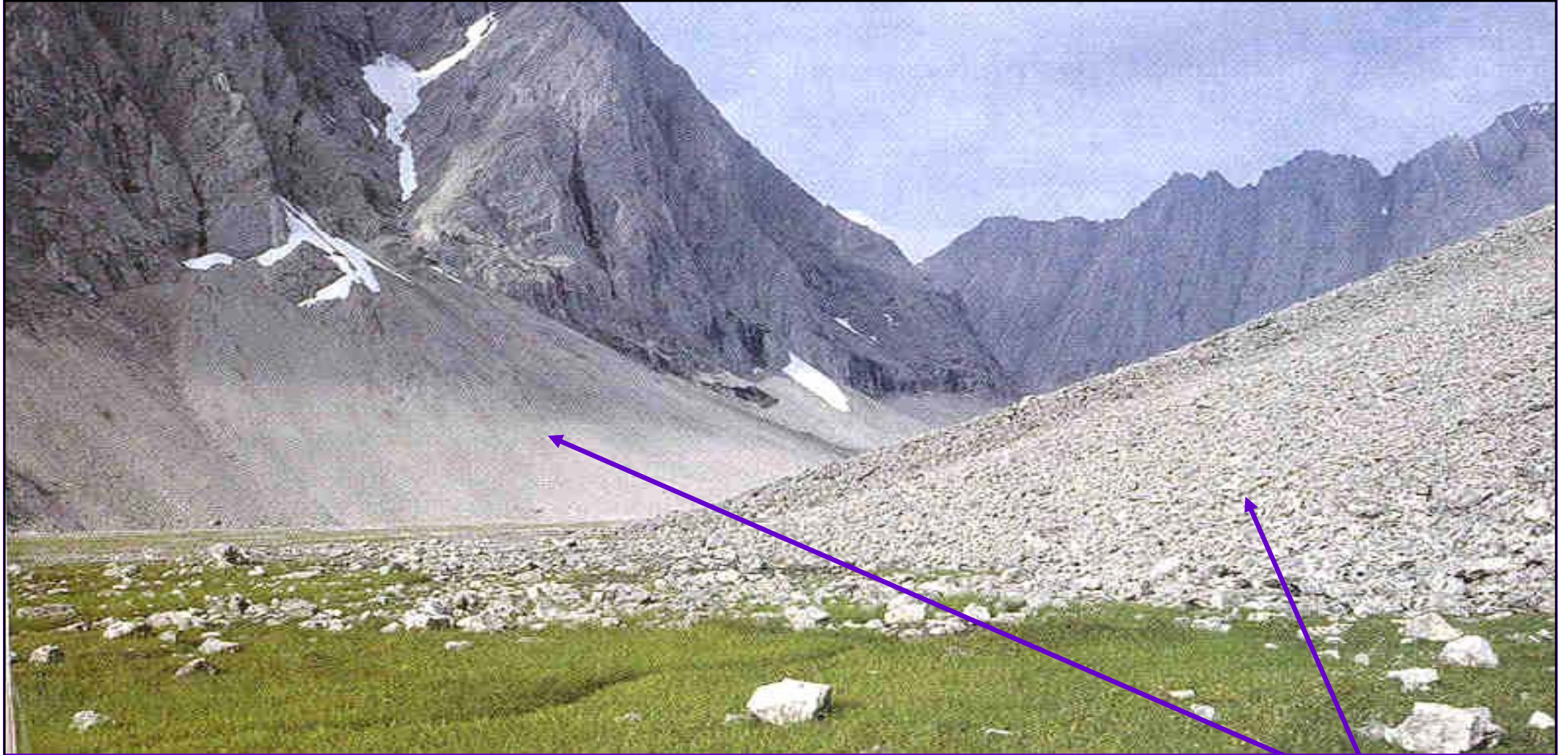
## 2. mokro termičko – promjenom temperature i djelovanjem vode





2003/ 8/19 11:01am





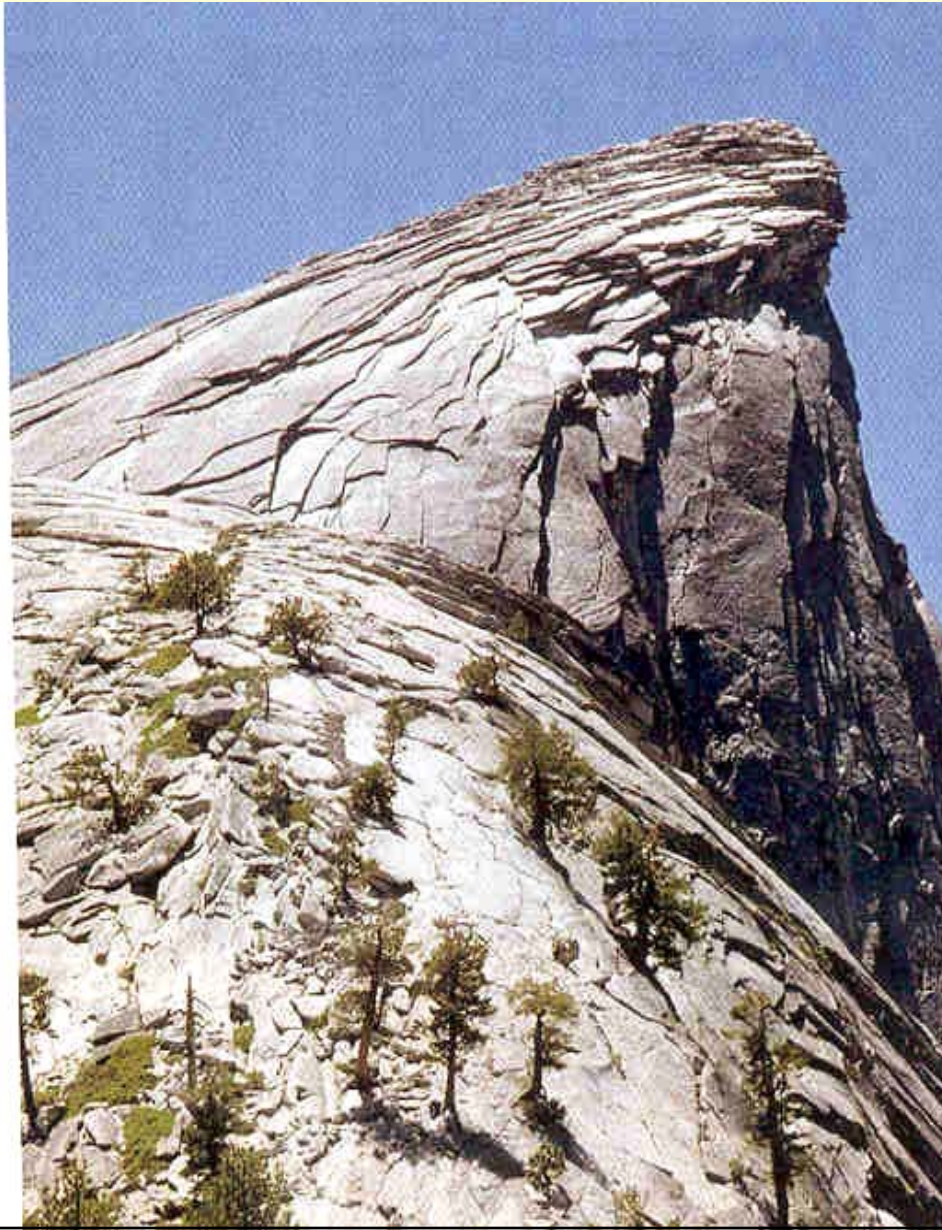
Trošina

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





4. listanje – veća površina stijena uslijed  
premještanja/erozije







# *BIOLOŠKO RASPADANJE*

- biljno korijenje proširuje pukotine





- živi organizmi u tlu ubrzavaju mehaničko raspadanje, te obogaćuju tlo glavnim agensima pri kemijskom raspadanju (disanjem oslobađaju  $\text{CO}_2$ , u zamjenu za biljna hraniva otpuštaju  $\text{H}^+$  ione,...)








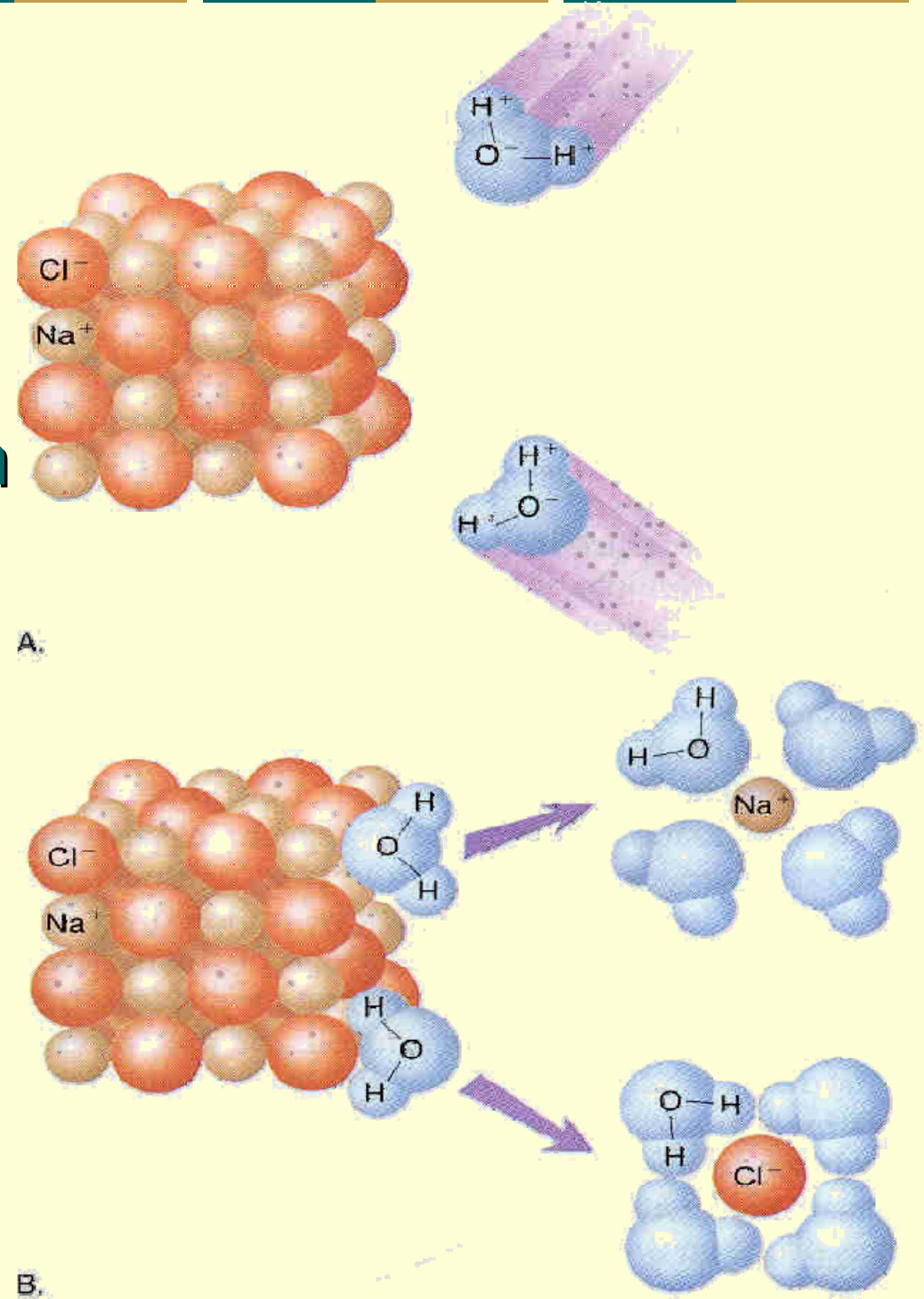
# *KEMIJSKO RASPADANJE*

- učešćem vode, ugljičnog dioksida, kiselina ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ....) i kisika dolazi do kemijskih promjena

- Hidratacija
  - Hidroliza
  - Otapanje
  - Oksidacija-redukcija
- 

# 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)

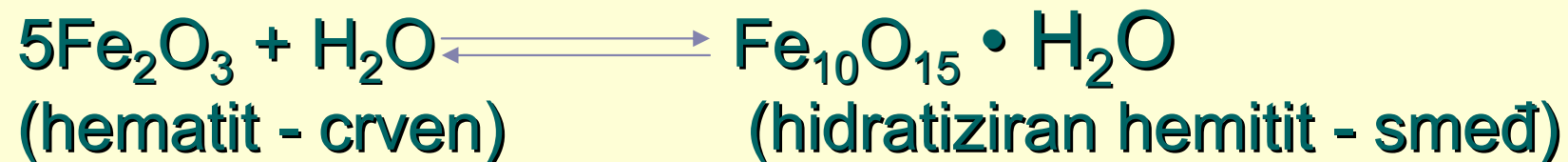


# *HIDRATACIJA*

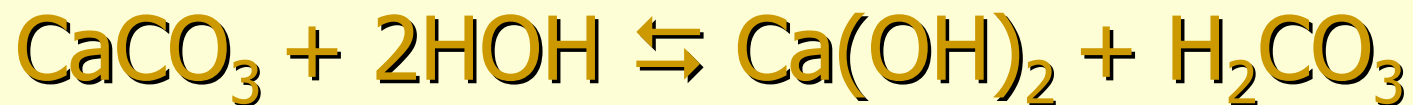
Opća reakcija:



Primjer:

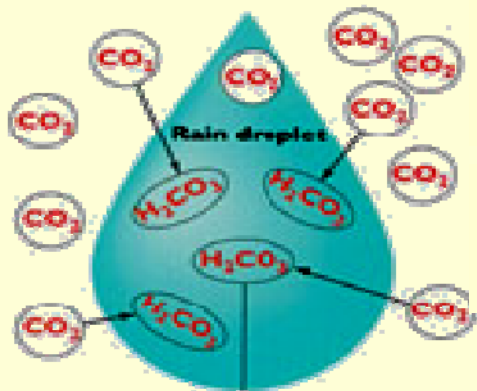


**2. hidroliza** – proces razgradnje minerala pri čemu H<sup>+</sup> ioni iz kristalne rešetke minerala istiskuju bazne katione.



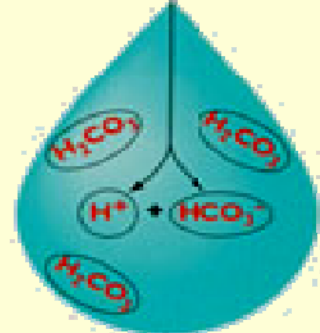
- alumosilikati, feldspati, liskuni, augit, hornblenda odnosno, svi minerali čija je kristalna rešetka u vodi netopiva
- disocirani H<sup>+</sup> ioni potječu od kiselina u tlu (ugljična, humusna), mineralnih kiselina koje pridolaze kišnicom (dušična i sumporasta)





Molekula  $\text{CO}_2$  u zraku je malih dimenzija

Otapanjem u kišnoj kapi prelazi u  $\text{H}_2\text{CO}_3$



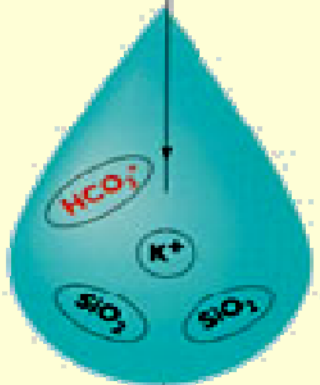
$\text{H}_2\text{CO}_3$  hidroliziranjem daje  $\text{H}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$  ione koji blago zakiseljavaju kap kiše



Blago zakiseljena voda otapa  $\text{K}^+$  i  $\text{SiO}_2$  ione feldspatima



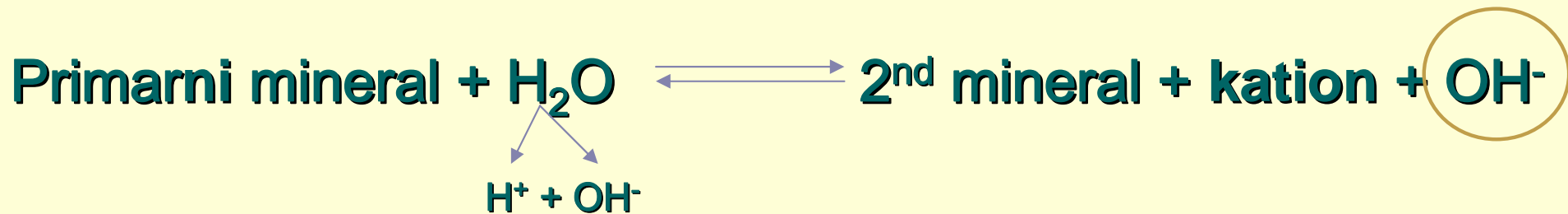
i transformira ih u kaolinit;  $\text{H}^+$  ion je sačuvan u vodi unutar gline



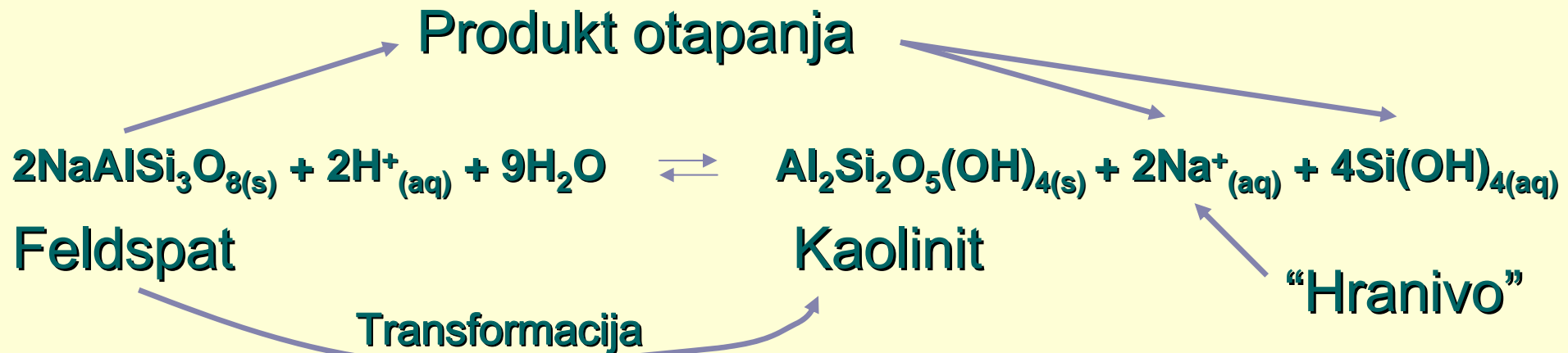
Otopljeni  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{HCO}_3^-$  se ispiru u rijeke i tla.

# HIDROLIZA

## Reakcija:



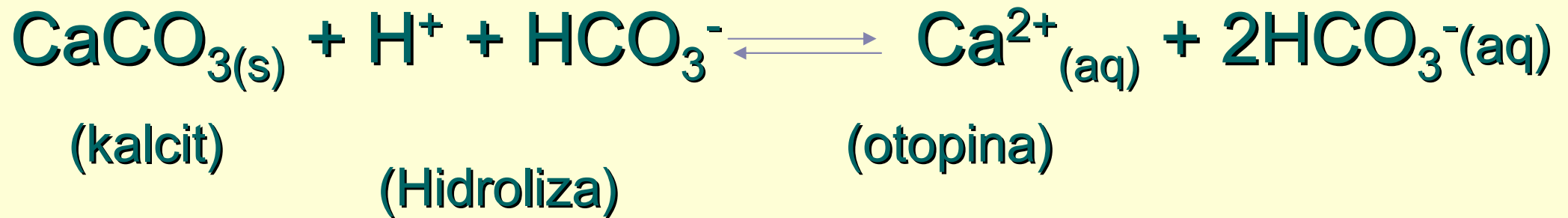
## Primjer:



### 3. otapanje

- molekule vode hidratiziraju ione i molekule kristalne rešetke minerala
- topivost minerala u vodi je različita: NaCl lako topiv,  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$  teže, a silikati su praktično netopivi u vodi
- viša temperatura vode pojačava topivost, kao i dovoljno  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$

# Otapanje CO<sub>2</sub> i nastanak ugljične kiseline





## 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 rdasta 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-oksidge, sulfata u sulfide, nitrata u nitrite ili amonijak
  - dominira siva, sivo-plava, sivo-zelena boja,...
  - povećana mobilnost Fe i Mn spojeva

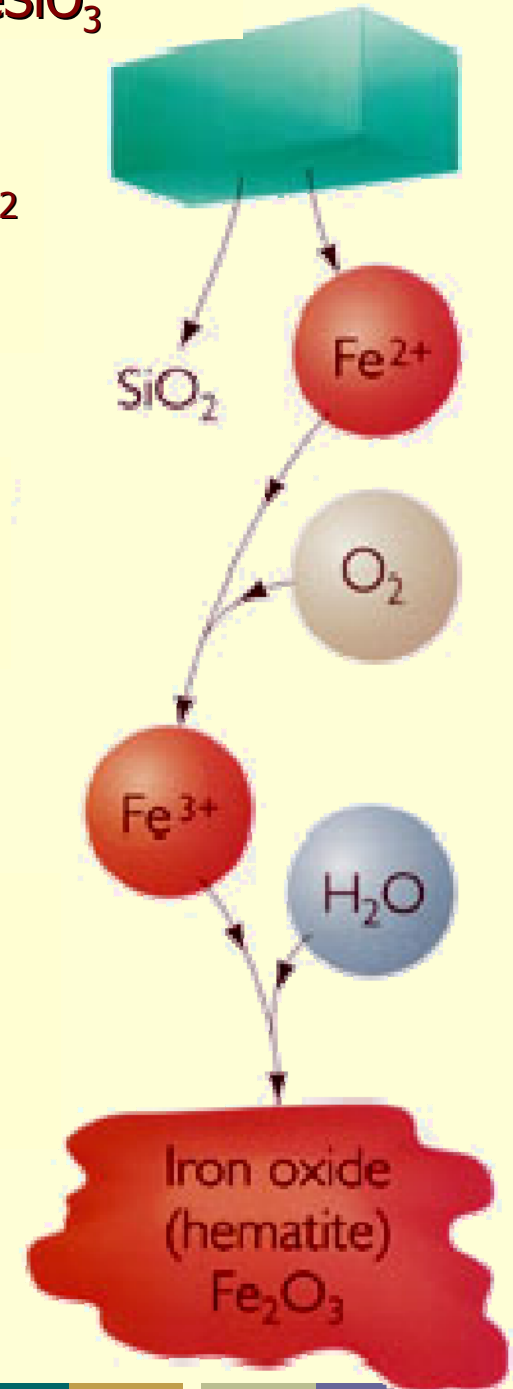


## Piroksen $\text{FeSiO}_3$

Otapanjem  $\text{FeSiO}_3$   $\text{SiO}_2$   
i  $\text{Fe}^{2+}$  prelaze u  
otopinu tla

$\text{Fe}^{2+}$  oksidacijom  
(primanjem  $\text{O}_2$ )  
prelazi u  $\text{Fe}^{3+}$

$\text{Fe}^{3+}$  u kombinaciji s  
vodom iz oborina  
prelazi u hematit –  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$









# 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:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  
 $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$
  - anioni:  $\text{SiO}_2^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  
 $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$



# 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, ilitne i kaolinitne grupe).



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.

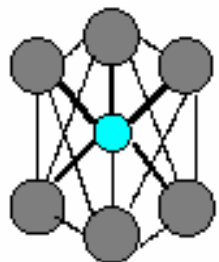
### Kristalne strukture gline

Aluminij  
Magnezij  
(anion)

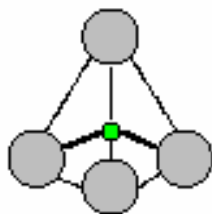
Kisik ili  
hidroksil  
(anion)

Silicij  
(kation)

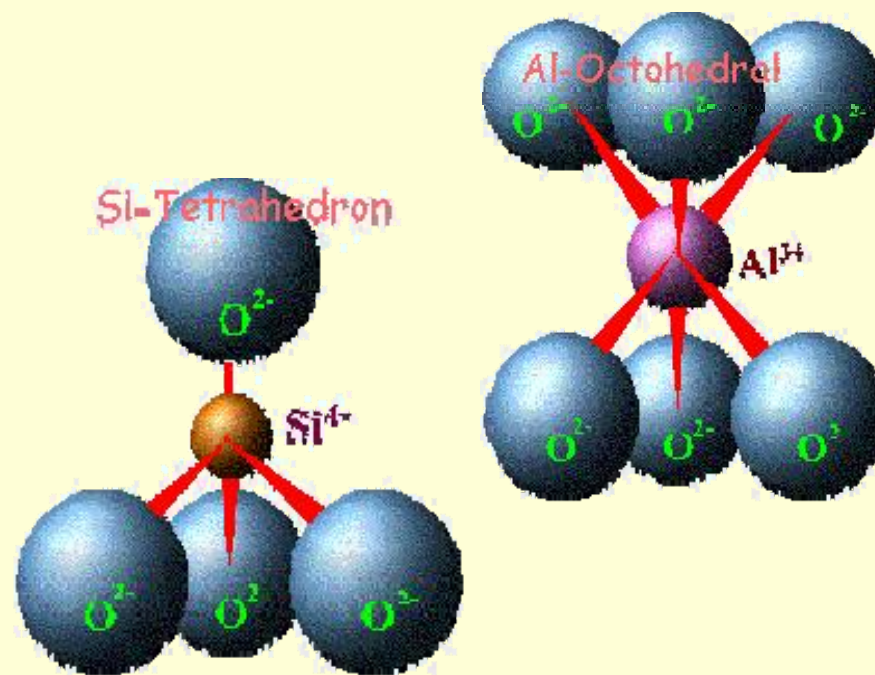
Kisik  
(anion)



Al oktaedar

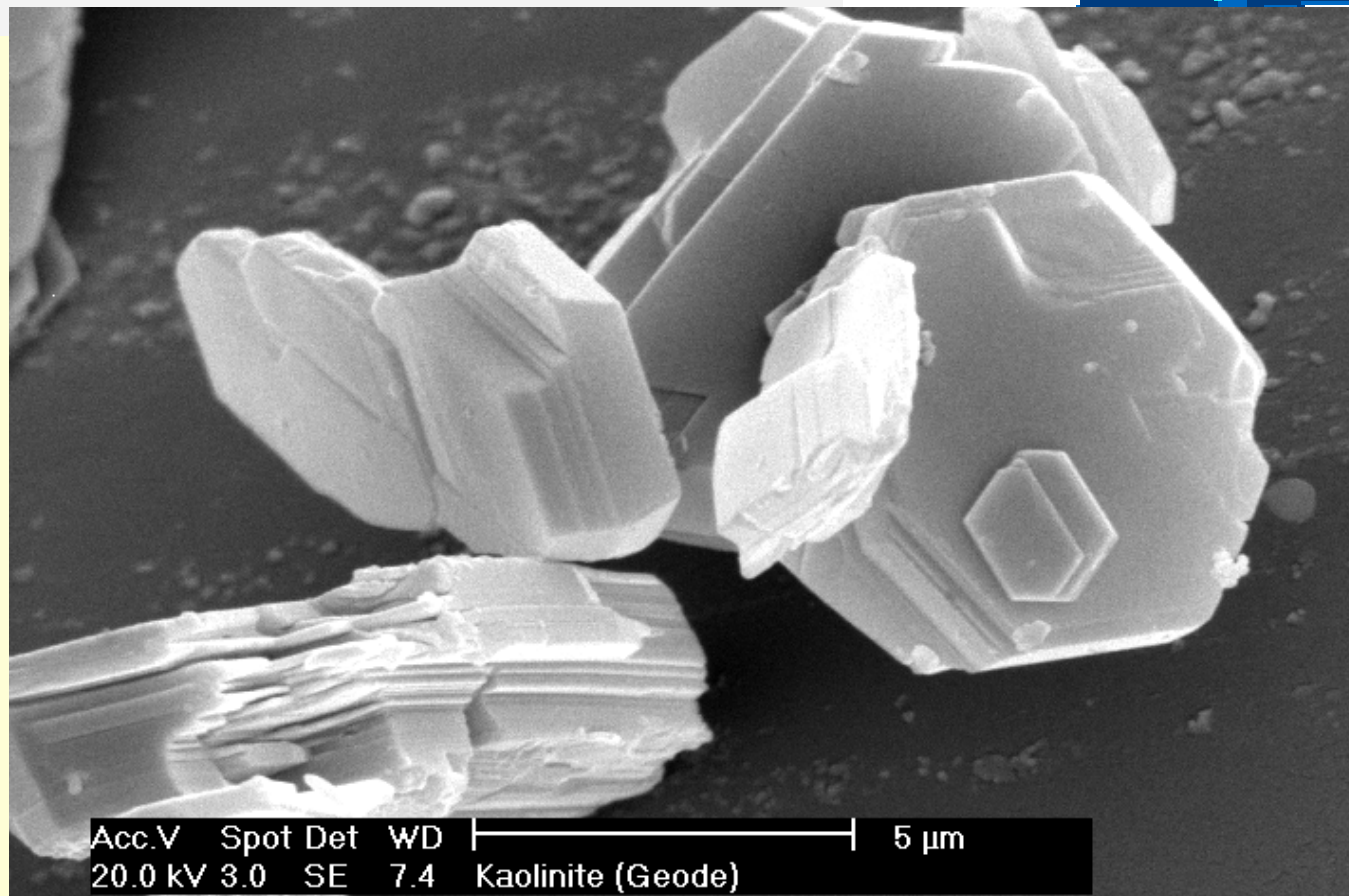
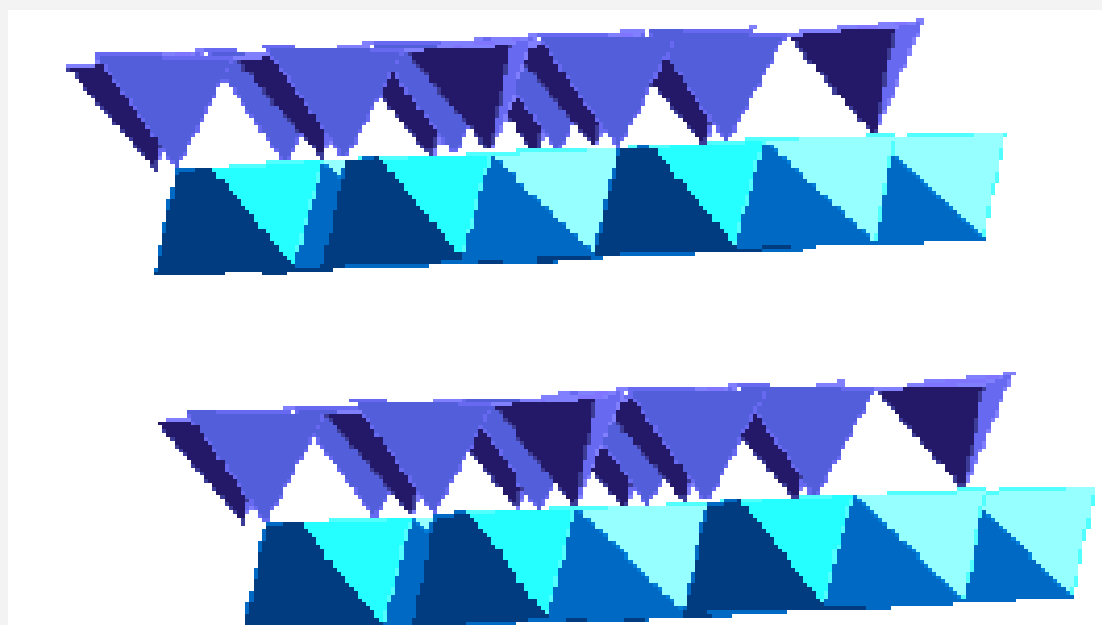
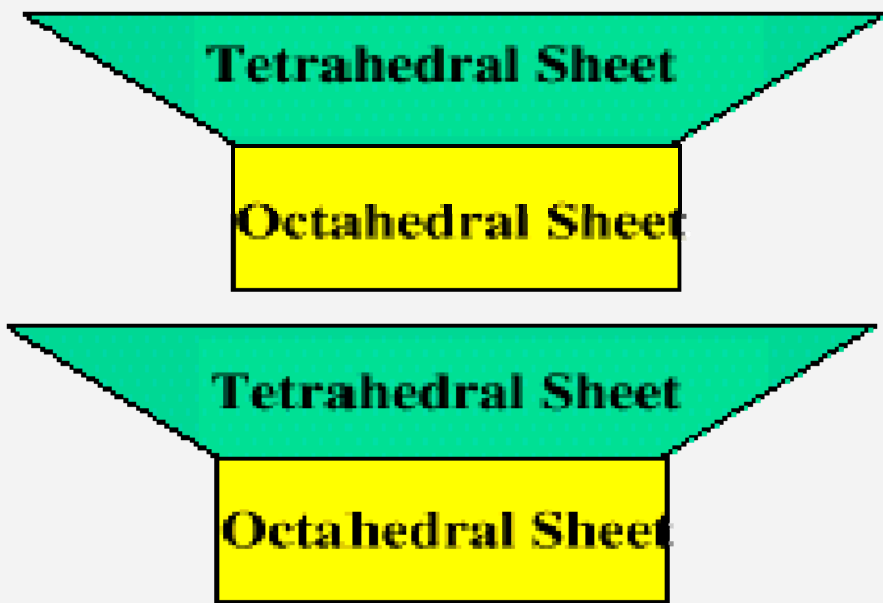


Si tetraedar



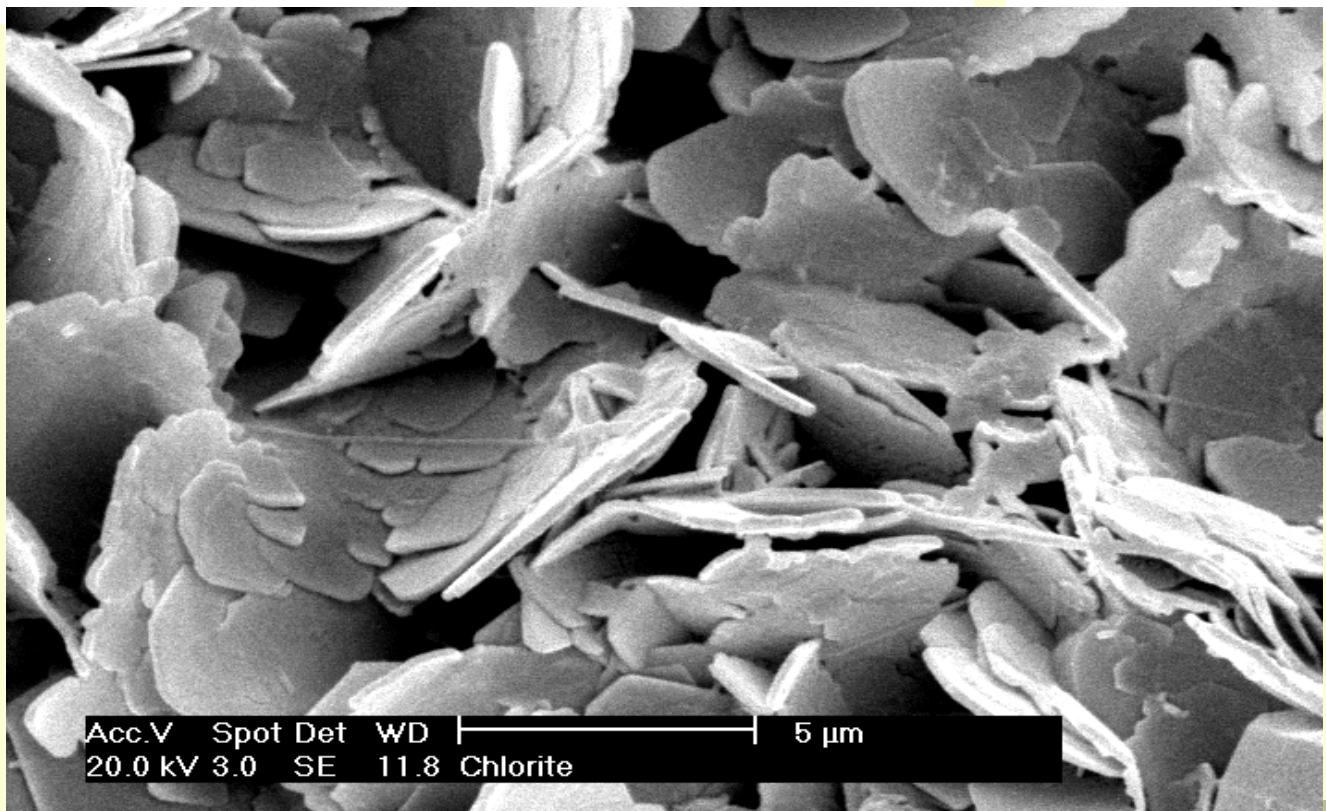
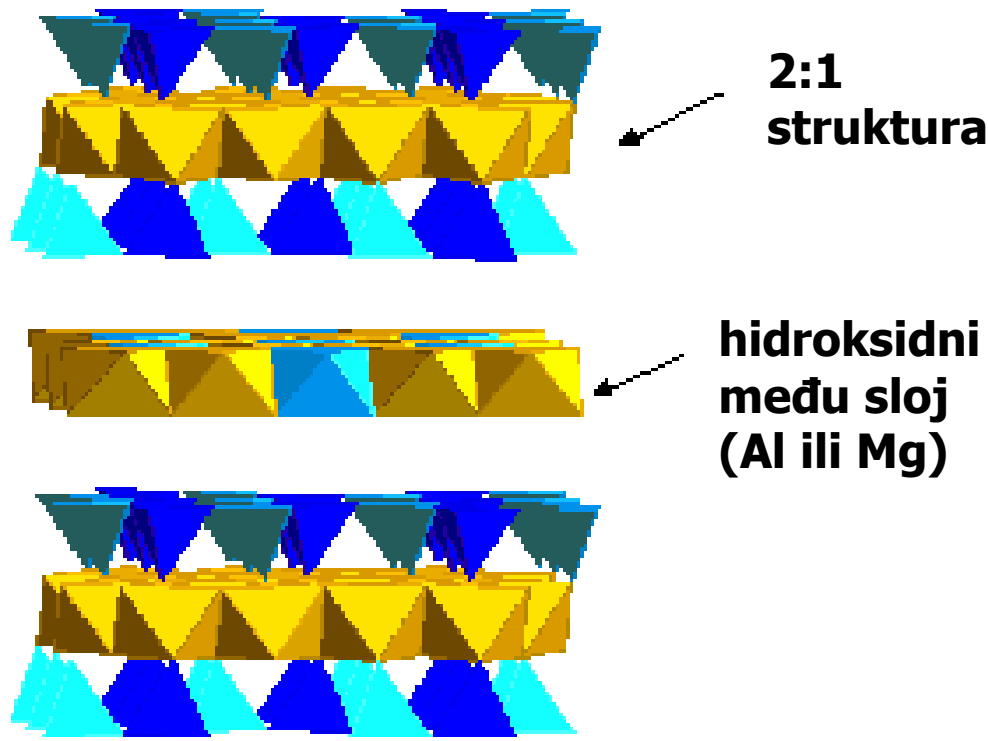
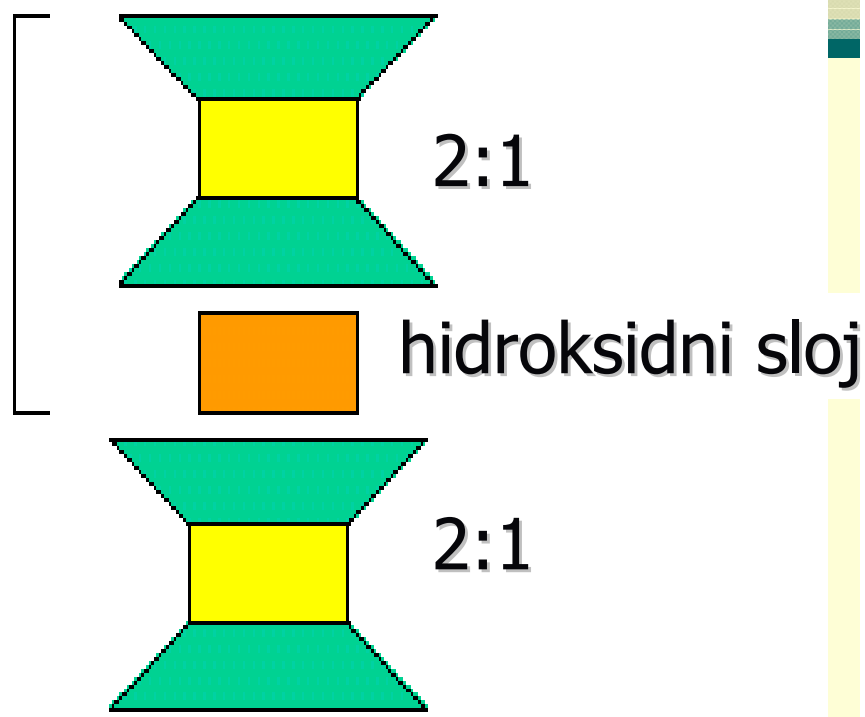
Geneza minerala gline može se odvijati na više načina:

- 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 aluminijski su u ionskom obliku što znači da postoje samo negativni naboji, te nema sinteze



**1:1 tip  
(kaolinit)**

2:1:1



2:1:1 tip gline  
(Mg-klorit)

Acc.V Spot Det WD | 5 μm  
20.0 kV 3.0 SE 11.8 Chlorite



- 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
- 



# PRODUKTI RASPADADNJA

- Grupa  $\text{SiO}_2$ : 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, nitrati.

# Razgradnja organske tvari i sinteza humusa



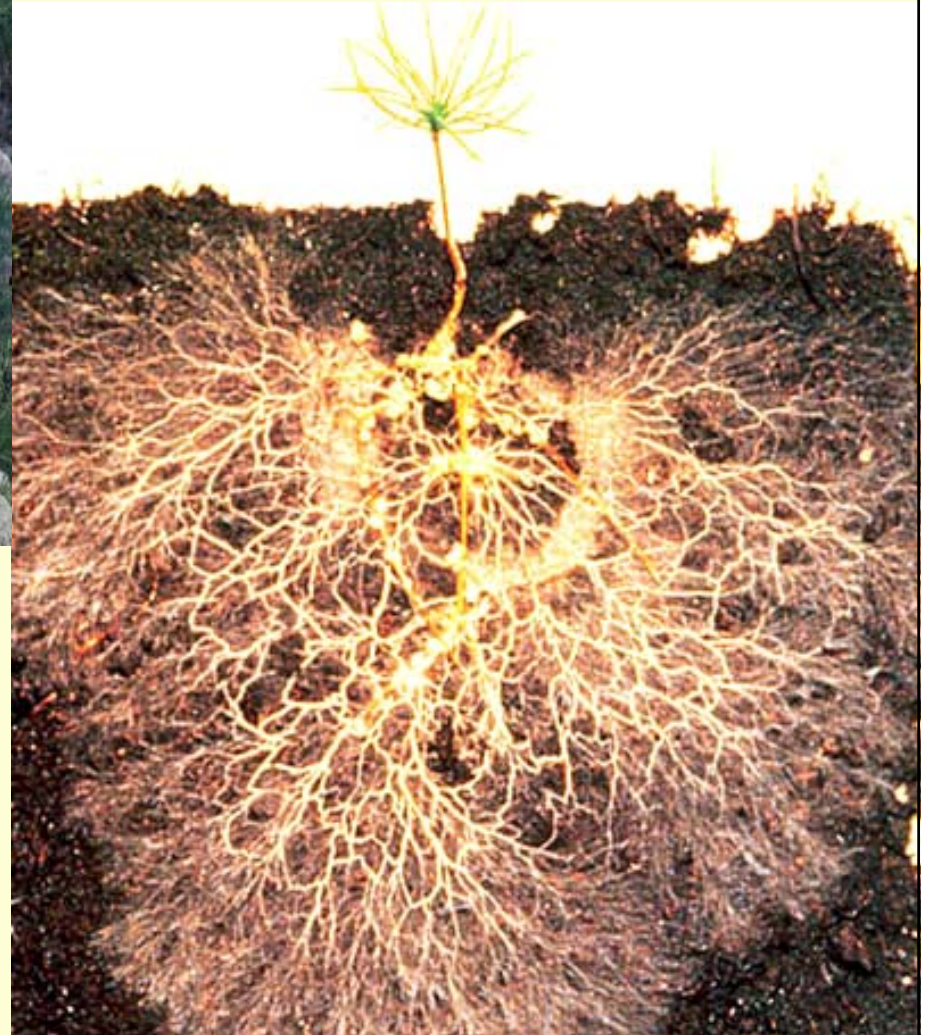
Organska tvar tla je najzastupljenija u površinskom dijelu tla (1 – 5%, eventualno do 10%). U tlo pridolazi mrtva organska tvar (godišnje i po nekoliko tona) koja je kondenzat energije, vode, ugljika i brojnih biogenih elemenata (O, H, N, K, Ca, Mg, P, S, ...)



2003/ 3/29 11:58am



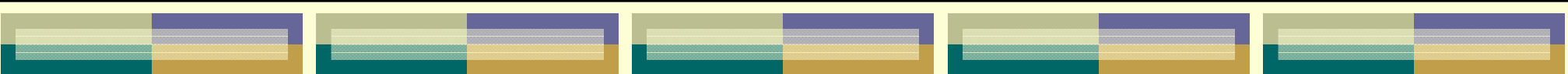
© Trish Murphy



## *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 ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , pepeo,...) uz oslobađanje energije
  - omogućeno kruženje elemenata
  - osigurava stalni dotok  $\text{CO}_2$  u tlo.
- 3. humifikacija* – razgradnja organske tvari i sinteza humusa.

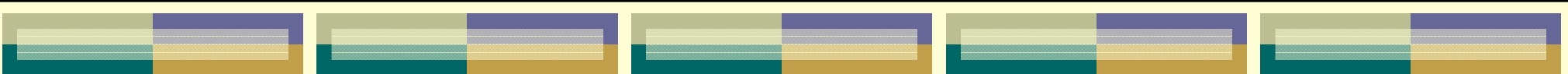
Ovisno o stupnju polimerizacije, boji, sadržaju ugljika i dušika, topivosti u različitim otapalima dijele se na: huminske i fulvo kiseline, te humine.



*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 -CH<sub>2</sub>-, a na jezgre su vezani polimerni ugljikovi lanci koji nose funkcijske ili reakcijske grupe (-COOH, -OH, -OCH<sub>3</sub> i =CO) koje određuju karakter veze huminskih kiselina i čestica tla.






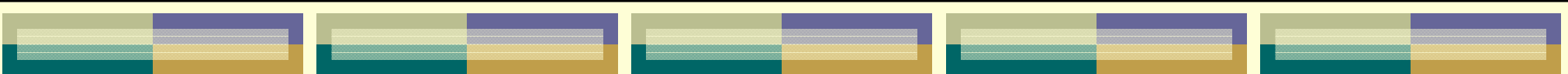
*Fulvokiseline* su žučkaste (otuda im potječe naziv) ili crvenkaste boje, molekularna masa im je 1.000-5.000, a zaostaju u otopini nakon taloženja huminskih kiselina.

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.






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).







hipoglej

## amfiglej



epiglej

# 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 ( $\rho_{\text{čmin}} \approx 2,65$ ;  $\rho_{\text{čhumus}} = 0,90$ ).

# Migracija



# 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* – descedentno 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.



- O.T. se ispire pretežno u kiseloj sredini, a u alkalnoj sredini samo Na-humati

2. akumulativna migracija – oblik unutarnjeg premještanja tvari uzlazno (ascedentno 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

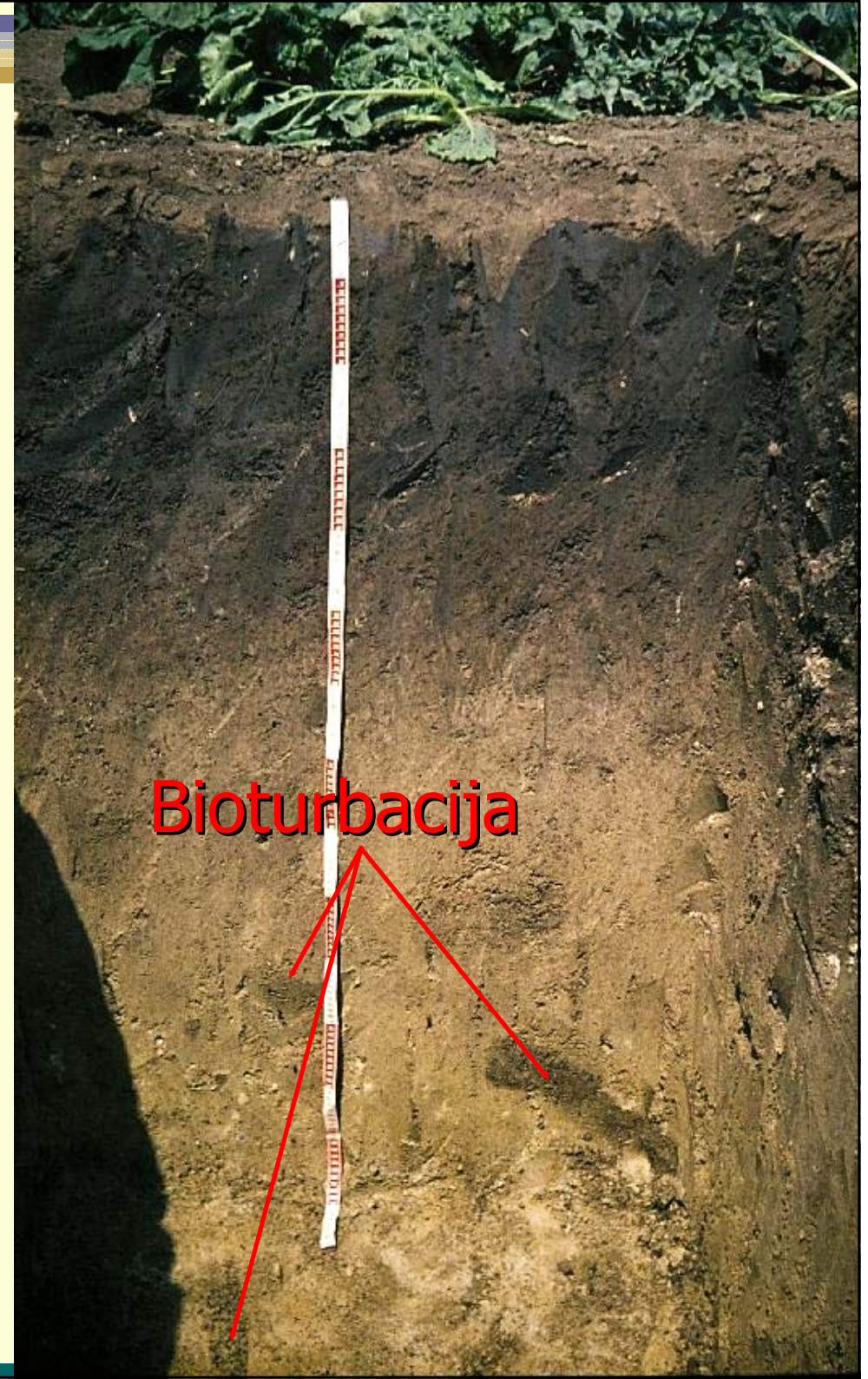
- mezo i makro fauna (bioturbacija)

- soliflukcija – na nagnutim terenima ljeti otopljeni led u plćim slojevima raskvašuje tlo te se njegova žitka masa puzanjem spušta u podnožje

- hidroturbacija – bubrenje glinastih tala

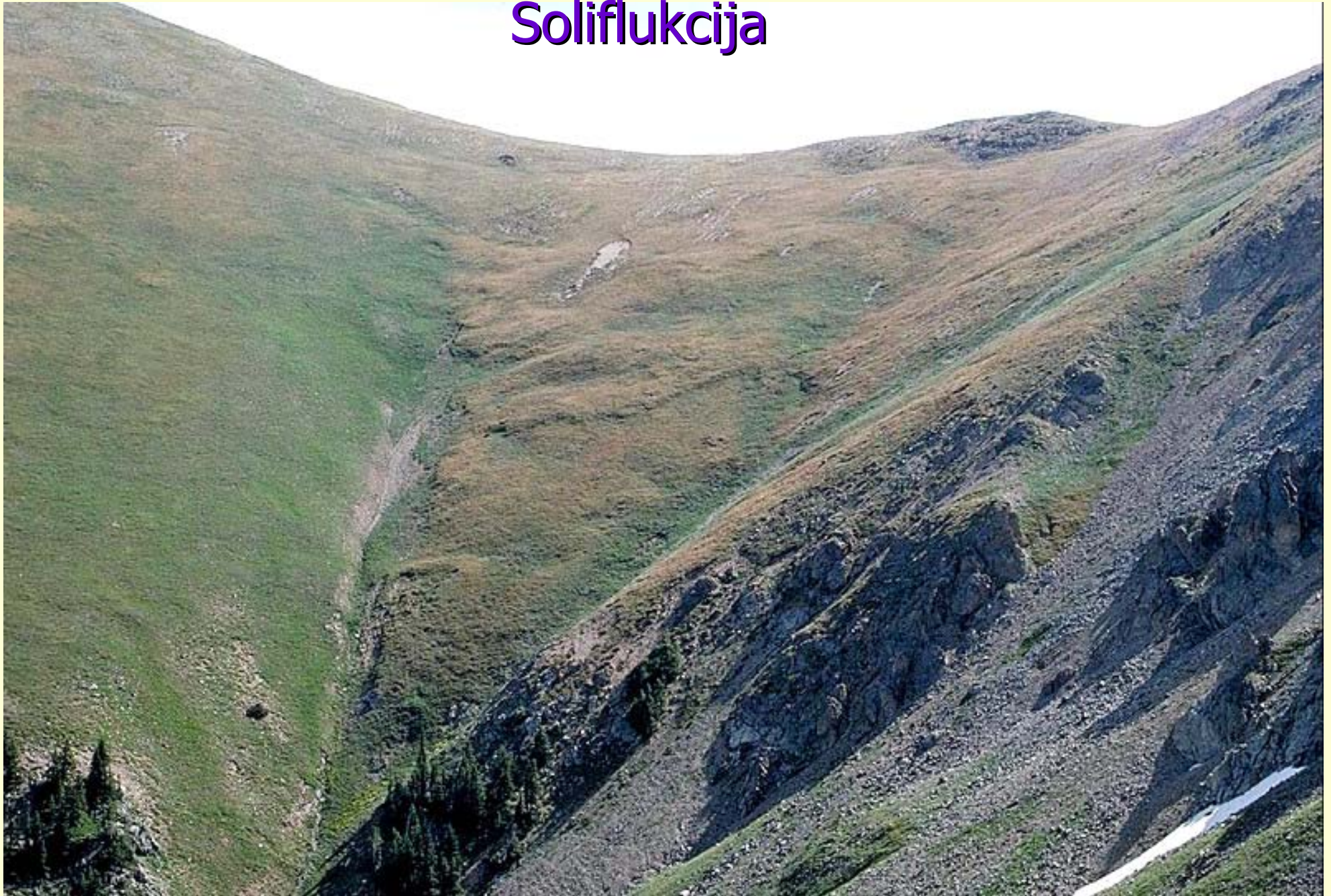


# Eflorescencija - solončak



Bioturbacija

# Soliflukcija



# POVRŠINSKA MIGRACIJA (EROZIJA)

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

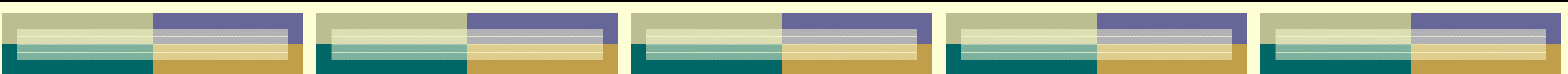

## *1. normalna erozija*

- 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 jarci na površini, a brazdasta površina se uglavnom može poravnati oranjem;



- 
- 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).
- 

# Klizišta



# Jaružna erozija



# ***Baranjsko brdo - Karanac***



***Baranjsko brdo - Karanac***

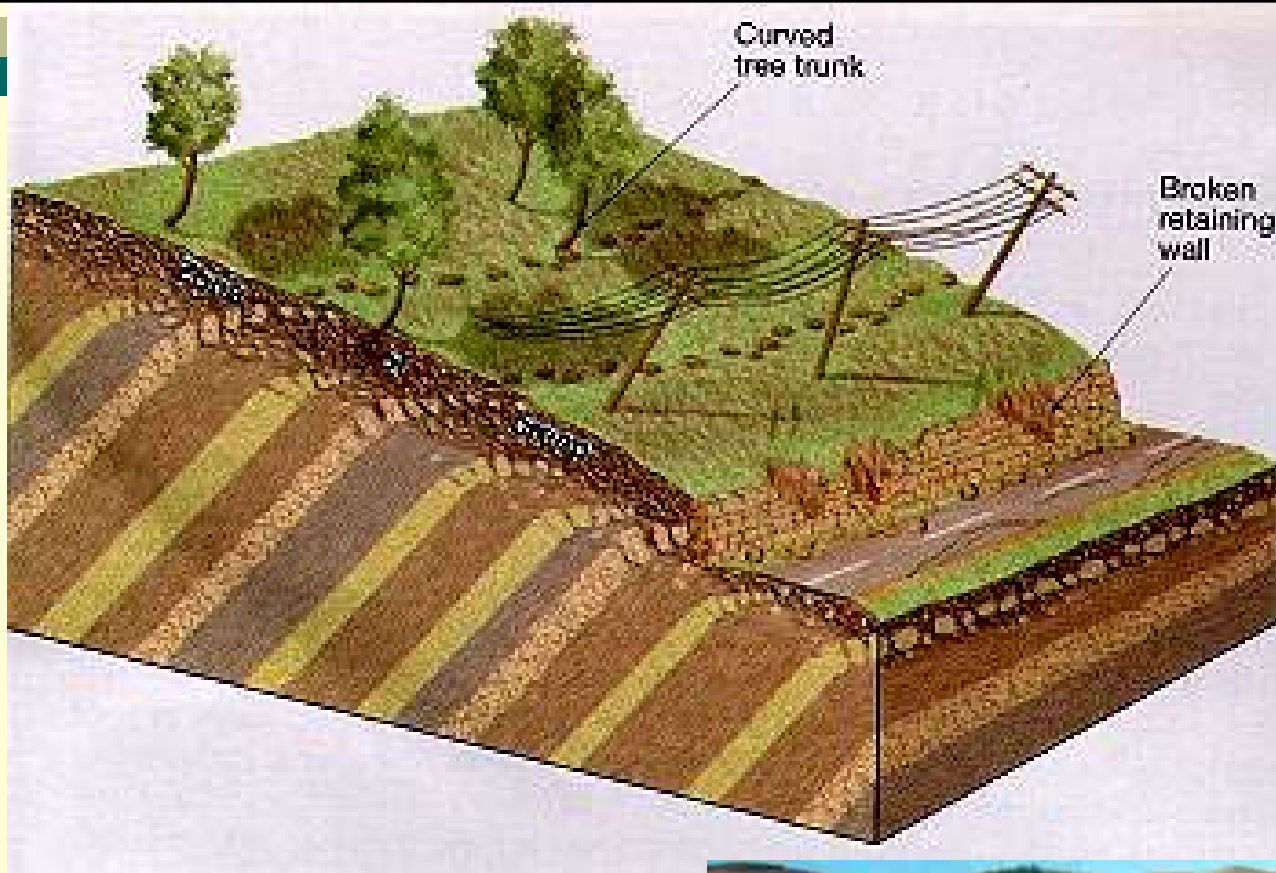


*Baranjsko brdo - Karanac*



# Klizište





## *Zaštita od erozije*





## Korištena literatura:

- Bogunović, M. (2005): Pedologija - autorizirane pripreme za predavanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju. Zagreb.
- Filipovski, G. (1974): Pedologija. Univerzitet "Kiril i Metodij" Skopje. Skopje.
- Herak, M. (1990): Geologija V. Školska knjiga Zagreb. Zagreb.
- Resulović, H., Čustović, H. (2002): Pedologija – opći dio. Univerzitet u Sarajevu. Sarajevo.
- Šestanović, S. (1990): Osnove geologije i petrografije. Školska knjiga. Zagreb.
- Škorić, A. (1991): Postanak, razvoj i sistematika tla. Fakultet Poljoprivrednih znanosti. Zagreb.
- Tajder, M., Herak, M. (1966): Petrografija i geologija. Školska knjiga Zagreb. Zagreb.
- Vidaček, Ž. (2000): Opća pedologija – autorizirane pripreme za predavanja. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju.
- internet