

OSNOVE TLOZNANSTVA I BILJNE PROIZVODNJE



prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

1

UVOD U TLOZNANSTVO



SVOJSTVA TLA

2

Istraživanja tla/zemljišta mogu imati različitu svrhu: determinacija tipa tla, procjena njegove produktivne sposobnosti, iznalaženje optimalnog načina korištenja, praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta kojeg koriste pravne ili fizičke osobe na temelju zakupa, dugogodišnjeg zakupa poljoprivrednog zemljišta i koncesije za ribnjake (NN 60/10) ili analize kontrole plodnosti. U svim slučajevima treba poštovati pravila uzorkovanja, analiziranja uzorka i obrade dobivenih rezultata. Cijeli postupak se može podijeliti u nekoliko faza:

1. terenska istraživanja,
2. laboratorijska istraživanja,
3. obrada rezultata uz stvaranje baze podataka,
4. determinacija tipa tla, procjena produktivne sposobnosti tla/zemljišta kroz procjenu pogodnosti ili prijedlog optimalnog načina korištenja ili preporuka gnojidbe za određenu biljnu vrstu.

3

TERENSKA ISTRAŽIVANJA TLA



4

Svrha terenskih istraživanja je uzorkovanje tla/zemljišta uz obvezno uočavanje morfoloških svojstava cjelokupnog terena uključujući prirodne otvorene profile uz ceste, grabe, gradilišta, kamenolome, ciglane i sl.

Za lakšu orijentaciju na terenu se koriste digitalne topografske karte, dok su nekada to bili listovi karata različitih mjerila (npr. M 1:50.000; M 1:25.000 i sl.)

Na svim lokacijama se uzimaju koordinate GPS uređajima. Na taj način je omogućeno stvaranje baze podataka te kasnija vizualizacija rezultata istraživanja i njihova geostatička obrada krigingom.



5

1. Sondiranje terena

* na arealima izdvojenim prema reljefu, matičnom supstratu, mrtvom ili živom pokrovu;

* svrdlom uzeti uzorci tla sukcesivno se slažu po dubini, što omogućava pregled broja i redosljed horizontata te analizu endomorfoloških svojstava.



6



7



8



9

2. Otvaranje pedoloških profila (jama)

- * na lokacijama za koje je u prethodnoj fazi sondiranja utvrđeno kako odgovaraju prosječnim osobinama nekog tipa, podtipa, varijeteta ili forme tla.

3. Istraživanje morfologije tla

4. Kvalitativno određivanje karbonata (CaCO_3) i pH

a) određivanje karbonata (CaCO_3)

- * tlo preliti s ~10%-om HCl
- (HCl : voda = 1 : 3),
- * ako su prisutni karbonati razvija se CO_2 uz šumljenje i/ili pjenušanje,
- * na osnovu intenziteta reakcije (šumljenja i/ili pjenušanja) može se odrediti približan sadržaj CaCO_3 u tlu.

10

Sadržaj CaCO_3 u tlu na temelju kvalitativne analize

Intenzitet reakcije	CaCO_3 %
vrlo slabo	< 1
slabo	1 - 3
jako i kratko	3 - 5
jako i dugo	> 5

b) **reakcija tla**

- * kolorimetrijska metoda se bazira na činjenici da mnogi indikatori mijenjaju ton ili intenzitet boje uslijed promjene koncentracije H^+ iona
- * upotreba terenskih "kitova"

11

5. Uzorkovanje

Osnovni princip uzorkovanja iz pedoloških profila je uzimanje uzorka iz svakog pojedinačnog horizonta (u ascedentnom smjeru) ili pothorizonta tla.

Uzorci se uzimaju u:


a) **nenarušenom (prirodnom)** stanju u cilindre Kopeckog poznatog volumena (najčešće 100 cm^3), a najčešće služe za određivanje fizikalnih svojstava (volumna gustoća tla, retencijski kapacitet i trenutačna vlaga tla;

12

b) narušenom stanju u PVC vrećice (1,0 – 1,5 kg) za analize kemijskih, dio fizikalnih i bioloških svojstava.

Kod uzorkovanja je obvezno označavanje na kartice (stavljaju se u vrećicu) i vrećice: datum, lokacija, dubina s koje je uzet uzorak.

Uzorci u laboratoriju dobivaju broj, suše se, usitnjavaju, prosijavaju kroz sito okruglih otvora (ϕ 2,0 mm) i analiziraju standardnim metodama.



13

Uzorkovanje za kontrolu plodnosti tla

Osnovni preduvjet visoke dobiti u ratarskoj, povrćarskoj, voćarskoj ili vinogradarskoj proizvodnji je visoki urod. Njega je moguće postići samo na plodnim zemljištima dobrih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava.

Pošto gnojidba usjeva iziskuje znatna ulaganja, a neodgovarajuća primjena gnojiva može štetiti tlu, biljkama i okolišu, treba svakih 4 - 5 godina napraviti kemijske analize tla, kao dio kontrole plodnosti. Na temelju rezultata analiza vrši se proračun potreba pojedinih hraniva za planirane usjeve. Pravilno uzet uzorak na proizvodnoj parceli smanjuje grešku na minimum.

14

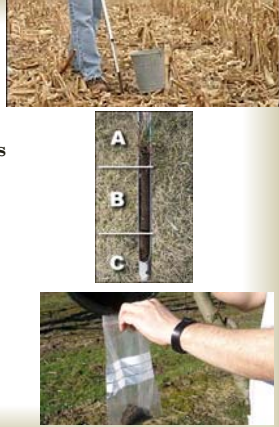
Najpovoljnije vrijeme za uzorkovanje je nakon žetve strnih usjeva ili jarina sve do perioda pripreme tla za novi usjev, a obvezno prije bilo kakve gnojidbe (uključujući i primjenu N-gnojiva radi sprječavanja dušične depresije).

Pravila uzorkovanja:

- * na manjim homogenim parcelama (0 - 5 ha), uzima se jedan prosječni uzorak;
- * ako je parcela heterogena (različiti tipovi ili podtipovi tala, različite predkulture, nagib terena, depresija) ili fizički podijeljena (cesta, kanal, prteni put), broj uzoraka se određuje prema broju različitih cjelina;
- * najmanja površina za uzimanje jednog prosječnog uzorka je 0,5 ha, a najveća 5 ha.

15


- * na većim homogenim površinama uzimaju se prosječni uzorci na svakih 4 - 5 ha metodom kontrolnih parcela;
- * uzorci se ne smiju uzimati s uvratina i rubova parcela;
- * prosječni uzorak se sastoji se od 20 - 25 pojedinačnih uboda sondom.
- * ukupna masa prosječnog uzorka je od 1,5 - 2,0 kg tla. Ako je uzorak prevelik, smanjuje se „metodom četvrtanja“ prije sušenja.



16

Postoji više metoda uzorkovanja (šahovska ploča, cik-cak, dijagonalna, kružna), a odabir se vrši prema veličini i obliku parcele.

Cik-cak metoda uzorkovanja



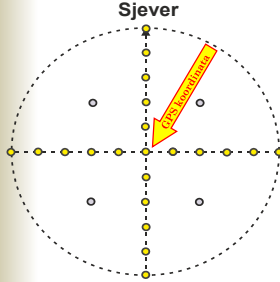
Metoda kontrolnih parcela

- * broj kontrolnih parcela na oranici određuje se prema veličini i homogenosti parcele;
- * kontrolne plohe moraju ravnomjerno pokriti cijelu površinu (raspoređuju se na približno svakih 5 ha);
- * metoda znači uzorkovanje u krugu promjera 30 m, površine 707 m², gdje prosječni uzorak reprezentira površinu od 3 - 5 ha. Označavanje GPS-om (uzimanje koordinata) je u centru parcele;


17

- * dubina uzorkovanja je 0 - 30 cm za ratarske i povrćarske kulture, a za trajne nasade (voćnjaci, vinogradi) je 0 - 30 i 30 - 60 cm.

Sjever



Alat za uzorkovanje (agrokemijska i pedološka sonda, ašov)



18

MORFOLOŠKA SVOJSTVA TLA

19

PEDOMORFOLOGIJA – istražuje ona svojstva profila ili površine tla koja spoznajemo osjetilima (vidom, opipom, okusom, ...).

1. Vanjska morfologija (ektomorfologija)

- * reljef,
- * živi pokrov,
- * mrtvi pokrov.

2. Unutrašnja morfologija (endomorfologija)

- * sklop (građa) profila,
- * specifične pedodinamske tvorevine,
- * dubina tla,
- * boja tla,
- * tekstura, struktura, poroznost.

20

RELJEF

Oblici Zemljine površine (isponi, udubine i ravnice) mogu se dijeliti prema veličini prostranstva.

Potrebna opažanja:

- * tip reljefa,
- * geografska pozicija,
- * nadmorska visina,
- * inklinacija (duljina, kut),
- * ekspozicija,
- * blizina prepreke (šuma, šikara, gaj,...),
- * dubina podzemne voda itd.



21

Nizine

- do 200 m nadmorske visine -



22

Brežuljci i nisko gorje
- 200 do 500 m nadmorske visine -



23

Gorja ili brda
- 500 do 1000 m (sredogorja) -



24



25



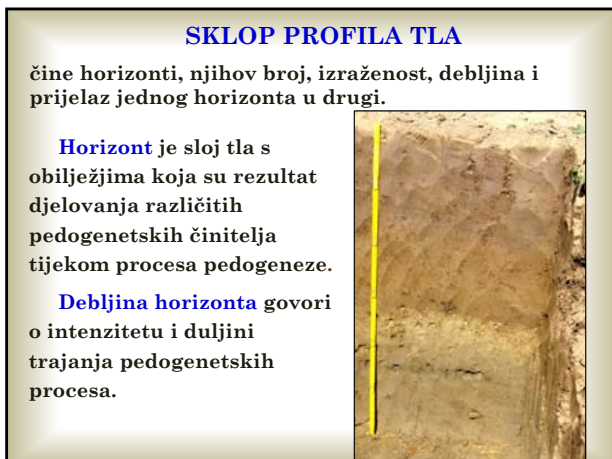
26



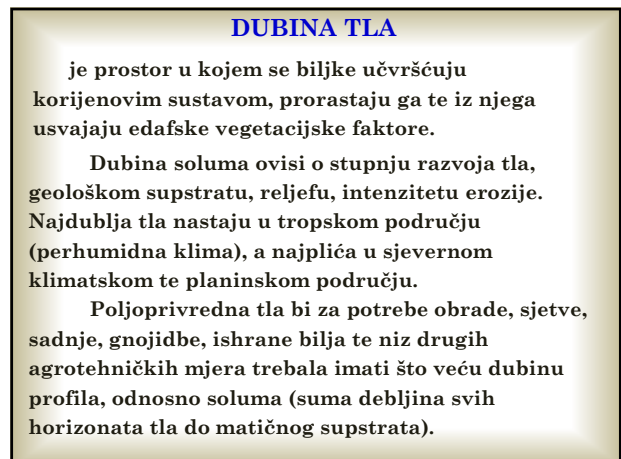
27



28



29



30

Porastom dubine soluma povećava se rizosferna zona i raste volumen tla iz kojeg se biljke opskrbljuju hranivima i vodom. Pri sjetvi ili sadnji korijen se nalazi na nekoj inicijalnoj dubini (5 - 10 cm kod sjetve) i rastom prodire u dubinu tla u potrazi za hranom i vodom.

Punu efektivnu dubinu korijena biljke dostižu sredinom vegetacije, a ona prosječno iznosi 70% od maksimalne dubine korijena.

Za poljoprivrednu proizvodnju je važnija efektivna dubina tla, tj. dubina fiziološki aktivnog profila u kojem biljni korijen nalazi vodu, kisik i neophodna hraniva pomoću mikroorganizama (*rizoflora*).

31

Efektivna dubina može biti ograničena pojavom redukcijskih uvjeta u tlu (G horizont), skeletnim horizontom blizu površine tla,...

Često se razlikuje od dubine soluma ili *dubine oraničnog sloja tla* (sloj tla koji se obrađuje, P ili Ap horizont). Raspored i količina biljnih hraniva mijenja se tijekom vremena i po dubini profila, ovisno o zemljišnim, klimatskim i biljnim činiteljima, što je izuzetno važno za raspoloživost hraniva. Stoga se kod nekih metoda utvrđivanja potrebe za gnojidbom (npr. N-min metoda) i za pojedine nasade (npr. vinogradi, voćnjaci) utvrđuje raspored i količina hraniva po dubini profila.

32

BOJA TLA

Boju tla određuje njegov kemijski i mineraloški sastav. Sve boje su kombinacija tri osnovne: *crne, crvene i bijele*.

1. *siva, tamnosiva, crna* i ponekad *smeđa* rezultat su većeg ili manjeg sadržaja humusa;
2. do različitog stupnja hidratizirani ili bezvodni oksidi trovalentnog željeza su uzrokom *rdastosmede, smeđe, žućkaste, žute* i *crvene* boje;
3. *bijela* boja je posljedica prisustva SiO_2 , CaCO_3 , kaolina te hidroksida aluminijskog ($\text{Al}_2\text{O}_3 \times n \text{H}_2\text{O}$);
4. spojevi dvovalentnog željeza (*ferosulfati, ferofosfati*) daju *zelenkaste, sivoplave i plavkaste nijanse*.

33



34

HORIZONTI TLA

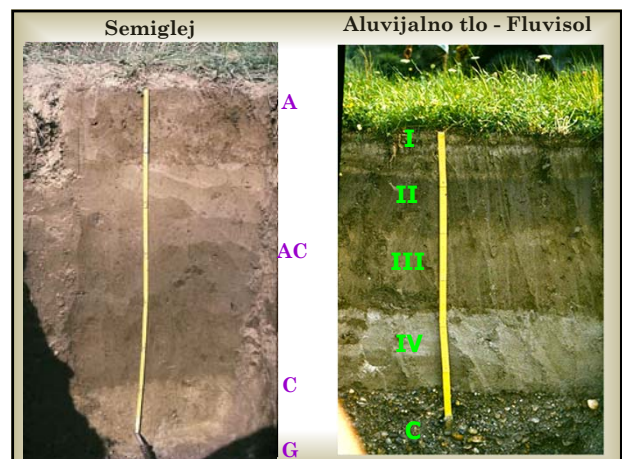
Osnovni horizonti – označavaju se velikim (tiskanim) slovima abecede (npr. E eluvijalni,...).

Prijelazni horizonti dobivaju obilježja oba susjedna horizonta, a na prvom mjestu je simbol horizonta dominantnih svojstava (AO).

Složeni horizonti - u njima se istovremeno odvijaju dva procesa čije su morfološke posljedice vidljive, a obilježavaju se s dva simbola pomoću razlomkove crte, npr. A/E.

Označavanje slojeva - u nerazvijenim nanosnim tlima označavaju se rimskim brojevima. Iste oznake upotrebljavaju se za oznaku litološkog diskontinuiteta. Ako postoje dokazi o litološkom diskontinuitetu, uz oznaku horizonta u kojem nastaje promjena stavlja se redni broj, npr. IC, IIC ili A-E-II B.

35



36

FIZIKALNA SVOJSTVA TLA



37

TEKSTURA TLA

TEKSTURA (mehanički sastav tla) – kvantitativan (relativan) odnos mehaničkih elemenata tla.

Mehanički element (primarna čestica tla) je svaka individualna čestica čvrste faze tla. Međusobno se razlikuju prema dimenzijama, formi, strukturi, kemijskom i mineraloškom sastavu te gustoći.

Frakcije mehaničkih elemenata su grupe čestica određenih dimenzija.

Za determinaciju teksturne klase na terenu najpogodnija je metoda probe prstima (*Feel Method*).

38

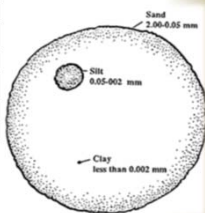
Klasifikacija frakcija mehaničkih elemenata (Atterberg, 1912.):

	Frakcija	Efektivni promjer, mm
SKELET	kamen	> 20,00
	šljunak	20,00 – 2,00
SITNICA	krupni pijesak	2,00 – 0,20
	sitni pijesak	0,20 – 0,02
	prah	0,02 – 0,002
	glina	< 0,002*

* 0,002 mm = 2×10^{-3} mm = $2 \mu\text{m}$ = 2.000 nm

Soil Survey Staff (1951.,1993.) i FAO/UNESCO:

Frakcija	Efektivni promjer, mm
šljunak	> 2,00
pijesak	2,00 – 0,050
prah	0,050 – 0,002
glina	< 0,002

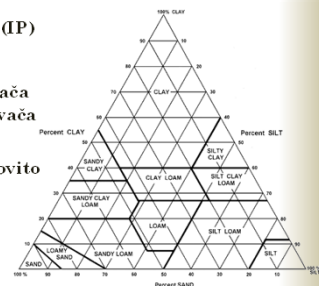


<http://www.danesh.com/soil/soil.htm>

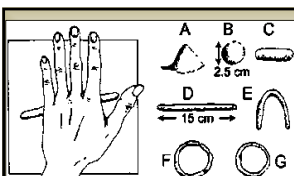
39

TEKSTURNE KLASSE – prema postotnom udjelu pojedinih frakcija tla se svrstavaju u 12 teksturnih klasa:

- * **Pijesak (gruba tekstura)**
 - Pijesak (P), Ilovasti Pijesak (IP)
- * **Ilovača (srednja tekstura)**
 - Pjeskovita Ilovača (PI), Ilovača (I), Prah (Pr), Praškasta Ilovača (PrI)
 - Glinasta Ilovača (GI), Pjeskovito Glinasta Ilovača (PGI)
 - Praškasto Glinasta Ilovača (PrGI)
- * **Glina (fina tekstura)**
 - Pjeskovita Glina (PG), Praškasta Glina (PrG), Glina (G)



40



Feel Method (proba prstima) određivanja teksture (Irrigated wheat, FAO, 2000.)

Za lakše određivanje teksturne klase tlo ne smije biti suho, najpovoljnija je vlažnost drobive konzistencije (nešto ispod donje granice plastičnosti), kada je ljepljivost minimalno izražena.

- A - Pijesak** = čestice tla ostaju nevezane, ne mogu se valjanjem oblikovati nikakve forme.
- B - Pjeskovita ilovača** = može se oblikovati kuglica koja se lako raspada. S većim postotkom praha (C) tlo se može valjati u kratke i debele valjčice pa se tada naziva **praškasta ilovača**.
- D - Ilovača** = kod podjednagog omjera pijeska, praha i gline može se formirati valjčić (1-2,5 cm debljine) duljine oko 15 cm prije pucanja.
- E - Glinasta ilovača** = valjanjem se, kao kod ilovače, formiraju valjčići koje je moguće modelirati (valjčić se pažljivo savija u formu U bez pucanja).
- F - Ilovasta glina** = tlo se bez teškoća može saviti u krug s nekoliko pukotina.
- G - Glina** = tlo se može oblikovati kao plastelin te napraviti od valjčića (debljine < 1 cm) krug bez ikakvih pukotina.

41

Tekstura tla je izvrstan indikator agronomskih svojstava tla/zemljišta. Iz tog razloga je u konvencionalnim metodama procjene produktivnosti poljoprivrednih zemljišta (bonitiranje) uzeta kao najvažnije mjerilo. Stupanj usitnjenosti tla usporava ili ubrzava procese u tlu te uvjetuje različiti vodni, zračni ili toplinski režim, utječe na kemijska i biološka svojstva. O teksturi ovisi obradivost tala, ali i odabir vrste, kao i efikasnost hidromelioracijskih zahvata.

Njen utjecaj na produktivnost tala/zemljišta mogu u određenoj mjeri korigirati povoljna struktura, sadržaj i kvaliteta humusa, mineraloški sastav gline, dubina oraničnog sloja i sl.

42

SKELET

- * > 2 mm,
- * kemijski neaktivne čestice tla nastale fizikalnim trošenjem,
- * fragmenti zaobljenih ili oštrog rubova (šljunak, kamena sitnež, stijene).

Poljoprivredna tla sadrže skelet u većim količinama ako su nastala od grubih aluvijalnih, deluvijalnih ili jezerskih sedimenata.



43

Skeletoidna tla

< 50% skeletnih čestica:



Skeletna tla

> 50% skeletnih čestica:



44

PIJESAK

Nastaje fizikalnim raspadanjem primarnih minerala, dobro je propustan za vodu, nevezan u suhom stanju, neplastičan.

Čestice pijeska su zaobljenih ili oštrog rubova.

Boja ovisi o mineraloškom sastavu: bijela (kvarc), smeđa, žuta ili crvena (Fe ili Al oksidi).

Specifična površina =
1 g pijeska ~ 0.1 m²

Najpovoljniji sadržaj frakcije pijeska u tlu je 40 – 70%.



45

Tekstura: ilovasti pijesak-pijesak

(85,28 % pijeska; 7,40 % praha; 7,31 % glina)



- * laka obrada u širokom intervalu vlažnosti,
- * mali specifični vučni otpor,
- * niska retencija vode,
- * usjevi u sušnim periodima godine stradavaju od deficita vlage, jer se gravitacijska voda vrlo brzo descendentnim tokovima procjeđuje u dubinu izvan rizosfernog sloja biljaka,
- * procjeđivanjem vode ispiru se i značajne količine pristupačnih hraniva.

46

Problemi u gospodarenju pjeskovitim tlima

(pjeskovita ilovača, ilovasti pijesak i pijesak):

- a) pojačana opasnost od erozije,
- eolska (deflacija) u sušnim uvjetima kada tlo nije prekriveno vegetacijom,
 - u zimsko-proljetnom periodu obilnijih oborina javlja se erozija vodom na blago nagnutim padinama u situacijama kada na neobraslom tlu bujice prenose znatne količine zemljišnog materijala u udoline.



47

b) preporučene mjere gospodarenja i popravke

- uvesti sustav reducirane obrade tla ili
- nakon žetve strnih žitarica poželjno je biljne ostatke ostaviti na površini tla, jer se njenim ogoljavanjem intenzivira deflacija;
- korištenje čizel plugova, koji usitnjavaju zbijeni sloj bez prevrtanja;
- zakorovljenost se može riješiti košnjom korova neposredno prije osjemenjivanja ⇒ niža razina ulaganja;
- zbog intenzivne evaporacije na pjeskovitim tlima sjetva mora ići odmah nakon predsjetvene pripreme uz obvezno valjanje površine. Prednost imaju rebrasti valjci pred glatkima, jer je ravna površina jače izložena vjetru ⇒ minimalizira se gubitak vlage iz tla.

48

ILOVAČA

Prema CSSC i USDA:

Pjeskovita ilovača (PI) = 7-20% gline, > 52% pijeska, a udio praha + dvostruki udio gline iznosi 30% ili više; ili < 7% gline, < 50% praha i > 43% pijeska.

Ilovača (I) = 35% pijeska + 45% praha + 20% gline.

Pjeskovito glinasta ilovača (PGI) = 20-35% gline, < 28% praha, > 45% pijeska.

Praškasto glinasta ilovača (PrGI) = 27-40% gline, < 20% praha.

S agronomskog aspekta ilovasta tla su najpovoljnija: imaju povoljan vodni, zračni i toplinski režim, intenzivnu mikrobiološku aktivnost, a to znači za biljke povoljne uvjete rasta i razvoja.

49

PRAH

Uglavnom nastaje fizikalnim raspadanjem minerala, a svojstva ga svrstavaju u prijelaznu frakciju između pijeska i gline. Za razliku od pijeska u suhom stanju posjeduje tvrdi konzistenciju, a u vlažnom slabije izraženu ljepljivost, bubrenje i plastičnost.

Visoka kapilarnost uvjetuje dobro zadržavanje, ali slabo procjeđivanje vode.

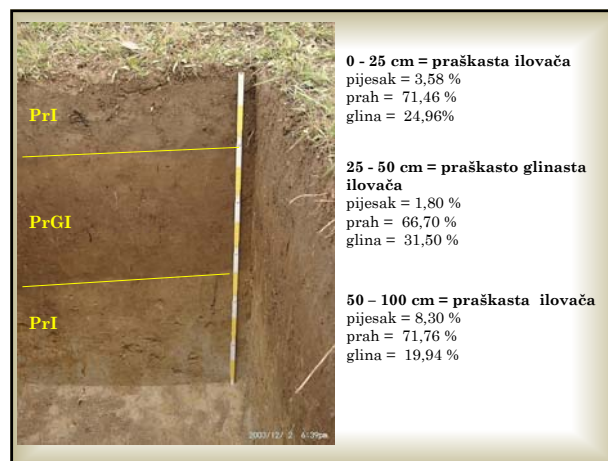
Mineraloški sastav: amorfni SiO₂, kalcit, dolomit. Specifična površina = 1 g praha ~ 1 m².

Praškasta frakcija je najzastupljenija u tlima nastalim na lesu i praškastim aluvijalnim nanosima (nekada i > 60 % praha).

50



51



52

GLINA

Najvećim dijelom nastaje procesima kemijskog trošenja primarnih minerala.

Specifična površina = 1 g gline ~ 10 - 1.000 m²

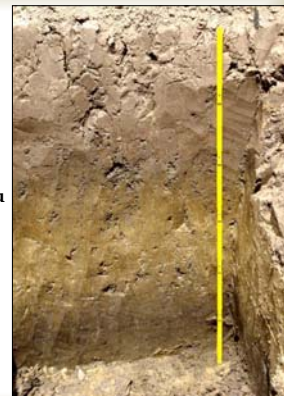
Ima veliku sposobnost retencije (držanja) vode te je u vlažnom stanju jako izražena ljepljivost (cement ili lijepak), bubrenje i plastičnost.

Kapacitet tla za zrak je mali pošto prevladavaju mikropore, koje stvaraju preduvjete za visok, ali spor kapilarni uspon te slabo procjeđivanje vode.

Znači, osnovna odlika im je slaba prirodna dreniranost, što za biljke znači nepovoljan vodno zračni režim i slabu biogenost.

53

- * loša infiltracija pri većim količinama oborina izaziva prevlaživanje, što ima za posljedicu oštećenje usjeva zbog manjka kisika;
- * suvišna voda otežava ili onemogućava obradu, sjetvu i druge agrotehničke operacije. Vlaženjem glina bubri, a sušenjem dolazi do kontrakcija i nastanka pukotina. Rezultat je pucanje korijena, posebno korijenovih dlačica;



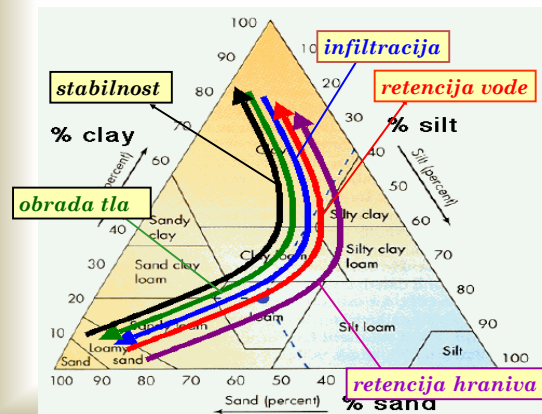
54

- * to su „minutna tla” s vrlo uskim intervalom obrade;
- * obrada u vlažnom stanju uništava strukturu i pojačava zbijanje;
- * obradu otežava i veliki specifični vučni otpor što povećava troškove proizvodnje.



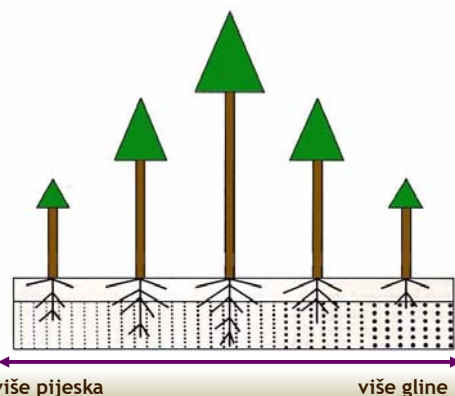
55

Utjecaj teksture tla na neka svojstva



56

Utjecaj teksture na produktivnost biljaka



57

Popravlak teksture tla

Mehanički sastav tla je svojstvo uvjetovano pedogenetskim procesima.

Redovne agrotehničke mjere ne utječu bitno na promjenu teksture.



Jedna od mjera popravke je miješanje sa sitnicom druge teksturne klase u manjem omjeru (npr. miješanje pijeska s glinastim tlom ili obrnuto).

58

Uklanjanje kamenja s površine ili iz površinskog horizonta oranica, šumskih i livadskih tala.

Produbljanje oraničnog horizonta miješanjem slojeva i horizonata različite teksture (dubinsko rahljenje, rigolanje).

Miješanje oraničnog sloja mineralnih tala s tresetom ili kompostom se ne smatra mjerom popravke teksture, nego samo obogaćivanjem tla organskom tvari.



59

STRUKTURA TLA

Struktura tla je način povezivanja ili nakupljanja mehaničkih elemenata tla.

Kao i tekstura, važan je indikator plodnosti tla/zemljišta, jer utječe na: vodni, zračni i toplinski režim tla, poroznost, a indirektno i na kemijska i biološka svojstva, rast korijena te pogodnost tla za obradu.

Struktura tla je rezultat pedogenetskih procesa i evolucije, a glavni činitelji su: elektroliti, minerali gline, smrzavanje, vlaženje i sušenje, sadržaj organske tvari, biljno korijenje, fauna, agrotehničke mjere i dr.

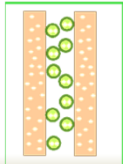
60

Nastanak strukturnih agregata tla:

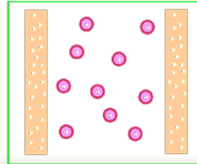
1. koagulacija (flokulacija) – stvaranje pahuljičastih nakupina i taloženje koloidnih čestica iz suspenzije s vodom (< 0,25 mm).

* kationi (dvovalentni i trovalentni) koji snižavaju elektrokinetički ili zeta potencijal (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+}).

* u tlima s > 15% izmjenjivog natrija (ESP) odvija se peptizacija koloida \Rightarrow nema nastanka stabilnih mikrostrukturnih agregata tla.



koagulacija (Ca^{2+})



peptizacija (Na^+)

61

2. cementacija (granulacija) – stvaranje mezo i makrostrukturnih agregata tla sljepljivanjem mikroagregata

* važnu ulogu pri sljepljivanju ima $\text{Fe}(\text{OH})_3$ koji pri isušivanju tla popunjava mikropore unutar agregata;

* kalcijev karbonat (CaCO_3);

* u kiselim tlima seskvi oksidi Al i Fe pozitivnog naboja vežu se na minerale gline negativnog naboja;

* sljepljivanjem čestica i mikroagregata tla pomoću humata kalcija i trovalentnog željeza nastaje, s poljoprivrednog aspekta, najpovoljnija struktura (mrvičasta do graškasta);

* nerazložena mrtva organska tvar služi kao hrana mikroorganizmima, a oni izlučuju tvari koje sljepljuju mehaničke čestice u stabilne strukturne agregate.

62



Vapneno dolomitna crnica
- povoljna struktura



Solonec
- loša struktura
(peptizacija)

63

* korijenje trava, jednogodišnjih ranih leguminoza i strnih žitarica povoljno utječe na stvaranje agregata tla.

Strukturni agregati se prema veličini dijele na mikroagregate (< 0,25 mm) i makroagregate (> 0,25 mm), a prema obliku na:

1. kockaste

a) praškasti: < 0,5 mm

b) mrvičasti: 0,5 – 5,0 mm

c) graškasti: 5,0 – 10,0 mm

d) orašasti: 10,0 – 35,0 mm

e) grudvasti: > 35,0 mm

2. stubaste

3. plosnate

64

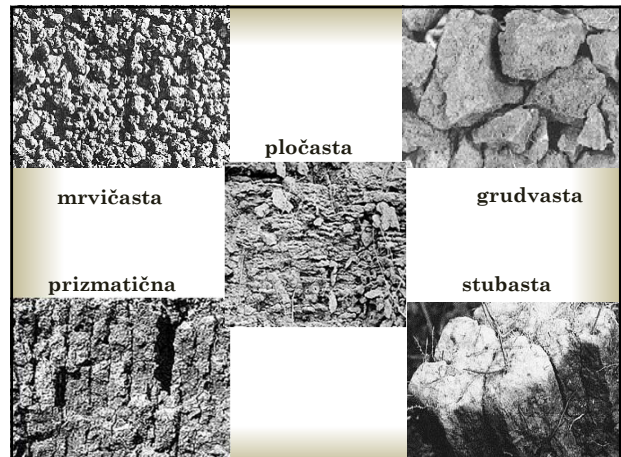
Veličina agregata utječe na odnos kapilarnih i nekapilarnih pora.

Najpovoljnija vodno zračna svojstva imaju agregati dimenzija 0,25 – 10 mm. Vučić (1987.), citirajući Veršinina, ističe kako je najmanje isparavanje s tla koje ima strukturne agregate veličine 2 - 3 mm, a najveće ako su agregati 10 - 15 mm.

U agronomskoj praksi najpovoljnija veličina agregata je 0,25 do 10 mm.

U sušnim područjima tla su najboljih svojstava uz strukturne agregate veličine 0,25 – 3,0 mm.

65



66

Stabilnost strukture je otpornost strukturnih agregata prema promjenama, najčešće uslijed vlaženja ili gaženja teškim oruđima. Posljedice su: povećana zbijenost, razaranje strukture, uništavanje sekundarnih agregata i pora.

U praksi je osobito važna stabilnost strukturnih agregata oraničnog sloja prema rasplinjavanju u vodi.

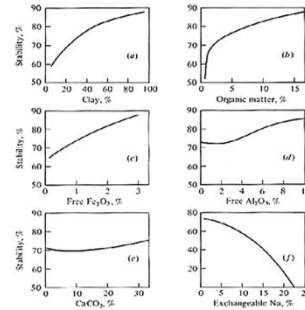
Nestabilna struktura smanjuje infiltraciju i propusnost za vodu, pojačava evaporaciju, pogoršava aeraciju, omogućava stvaranje pokorice i intenzivira eroziju vodom.



Stabilnost prema rasplinjavanju u vodi ovisi o: uvjetima vlaženja, sadržaju gline, sadržaju i sastavu adsorbiranih kationa, prisustvu seskvi oksida i sadržaju organske tvari.

67

Stabilnost strukturnih agregata tla

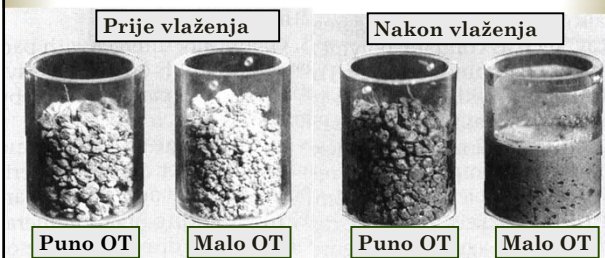


Kad je agregacija mehaničkih elemenata slabo izražena tla su nestrukturna (pjeskovita i neka glinasta tla).

Stabilnost strukturnih agregata je određena kvalitetom organske tvari koja predstavlja adhezivno sredstvo (cement, lijepak).

68

Utjecaj organske tvari (OT) na stabilnost strukturnih agregata tla



69

Utjecaj biljnog korijena na strukturu



70

Mjere održavanja i popravke strukture tla

- * Gospodarenjem održati povoljnu bilancu kalcija u tlu,
- * Pravilno gospodarenje organskom tvari (humusom) u tlu,
- * Pravovremena i dobro izvedena obrada tla,
- * Dodavanje kondicionera,
- * Djetelinsko-travne smjese (DTS) u plodoređu.

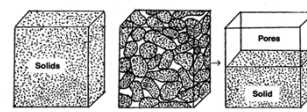
71

GUSTOĆA TLA

predstavlja omjer mase i volumena nekog tla, izražava se u g cm^{-3} ili Mg m^{-3} .

1. **Volumna gustoća** – simboli: ρ_v , ρ_b , D_b
 volumna gustoća tla = $\frac{\text{masa apsolutno suhog tla}}{\text{volumen tla i pora}}$

2. **Gustoća čvrste faze tla** – simboli: ρ_c , ρ_p , D_p
 gustoća čvrste faze tla = $\frac{\text{masa čvrste faze}}{\text{volumen čvrste faze}}$



72

1. Volumna gustoća tla je masa apsolutno suhog tla u jedinici volumena. „Indikator zbijenosti tla”

- * više organske tvari **snžava** volumnu gustoću,
- * zbijenost **povećava** volumnu gustoću,
- * povećana volumna gustoća **usporava** infiltraciju vode te ograničava dubinu biljnog korijenja.

Ovisnost teksture, volumne gustoće i poroznosti tala

Volumna gustoća je relativno visoka u tlima teške teksture jer je poroznost niska.

Teksturna klasa	Volumna gustoća (g cm ⁻³)	Poroznost (%)
Pjesak	1,00	62
Pjeskovita ilovača	1,05	60
Fina pjeskovita ilovača	1,10	59
Ilovača	1,15	56
Praškasta ilovača	1,20	55
Glinasta ilovača	1,30	51
Glina	1,40	48
Zbijena glina	1,55	42

73

Ocjena volumne gustoće tla (Harte, citat: Hazelton, Murphy, 2007.)

ρ_s g cm ⁻³	Ocjena
< 1,0	vrlo niska
1,0 – 1,3	niska
1,3 – 1,6	srednja
1,6 – 1,9	visoka
> 1,9	vrlo visoka

Kritične vrijednosti volumne gustoće za prodor biljnog korijena (Jones, 1983., citat Hazelton, Murphy, 2007.)

Tekstura	Kritične vrijednosti ρ_s g cm ⁻³
pjeskovita ilovača	1,8
fina pjeskovita ilovača	1,7
ilovača i glinasta ilovača	1,6
glina	1,4

74

Vrijednosti volumne gustoće ovise o: kemijskom sastavu, poroznosti, teksturi, vlažnosti tla.

“INDIKATOR ZBIJENOSTI TLA”

- * Treseti (0,1 - 0,7 g cm⁻³)
- * Oranica s teksturom pjeskovita ilovača i pijesak (0,9 - 1,5 g cm⁻³)
- * Oranica s teksturom glina i praškasta ilovača (1,2 - 1,8 g cm⁻³)
- * Kvarc (2,65 g cm⁻³)

niska

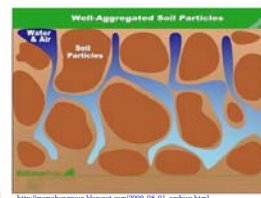
visoka

75

2. Gustoća čvrste faze tla je masa apsolutno suhog tla u jedinici volumena čvrste faze tla koja ovisi o: kemijskom i mineraloškom sastavu tla, te udjelu organske tvari.

Kreće se u granicama 2,4 – 2,9 g cm⁻³.

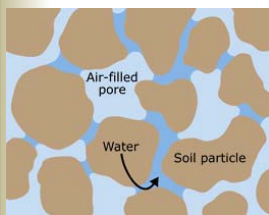
Zbijenost tla ne mijenja vrijednost gustoće čvrste faze tla!



76

POROZNOST TLA

PORE u tlu predstavljaju slobodne prostore između strukturalnih agregata tla i unutar njih, ili između mehaničkih elemenata kada su tla nestrukturalna.



77

Najpovoljniji odnos kapilarnih(mikropora) i nekapilarnih (makropora) = 3:2 - 1:1.

Ocjena tla prema poroznosti (Gračanin,1947.):

Ocjena tla	P, % vol.
vrlo porozna	> 60
porozna	60 - 45
malo porozna	45 - 30
vrlo malo porozna	< 30

Poroznost i tekstura

- * Glinasta tla imaju **sitnije** pore u odnosu na pjeskovita tla.
- * Glinasta tla imaju **manje** pora i **nižu ukupnu poroznost** od pjeskovitih tala.
- * Pore (šupljine) su smještene unutar i između strukturalnih agregata tla.

78

Nekapilarne pore – pukotine i kanalići stvoreni radom faune i bilnog korijenja (biopore), šupljine između makrostrukturnih agregata tla ili krupnijih mehaničkih elemenata tla.

U njima se voda kreće descendentno (gravitacijsko kretanje) nakon dugotrajnih i jakih oborina ili nakon navodnjavanja.

Obično su ispunjene zrakom koji cirkulira u različitim pravcima.

U **kapilarnim porama** voda se drži kapilarnim silama. Nakon evaporacije u njih ulazi zrak.

Javljaju se unutar agregata ili između mikrostrukturnih agregata.

79

KONZISTENCIJA TLA

Konzistencija tla predstavlja **promjene stanja tla** djelovanjem sila kohezije i adhezije uslijed **različitog sadržaja vode**.

Svojstva tla izražena stupnjem i vrstom djelovanja sila adhezije i kohezije, kao i otporom tla na deformaciju i lom. (Templin, 1947.)

Stanja konzistencije:

- * koherencija (kohezija)
- * zbijenost
- * ljepljivost
- * plastičnost tla



80

rahla

drobiva

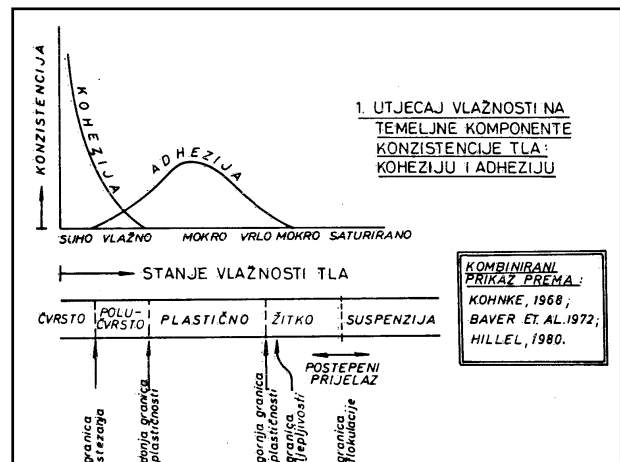
tvrd

vrlo tvrda

Konzistencija tla najviše ovisi o: količini i vrsti minerala gline, te sadržaju vlage u tlu.

U manjoj mjeri ovisi o: sadržaju organske tvari u tlu, strukturi i adsorbiranim ionima.

81

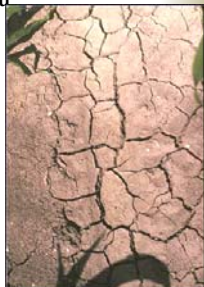


82

Koherencija ili otpor pritiska je sposobnost tla da se odupre djelovanju sila koje imaju tendenciju drobljenja (usitnjavanja) strukturnih agregata tla.

Prisutna je u suhim tlima. Ovisi o:

- teksturi (pijesak mala, a glina velika),
- sadržaju vlage u tlu,
- adsorbiranim ionima,
- posljedica je djelovanja *kohezije*.



Mjeri se silom koja je potrebna da se zdrobi jedinica volumena suhog tla, a izražava se u kg.

83

Zbijenost ili otpor prodiranja

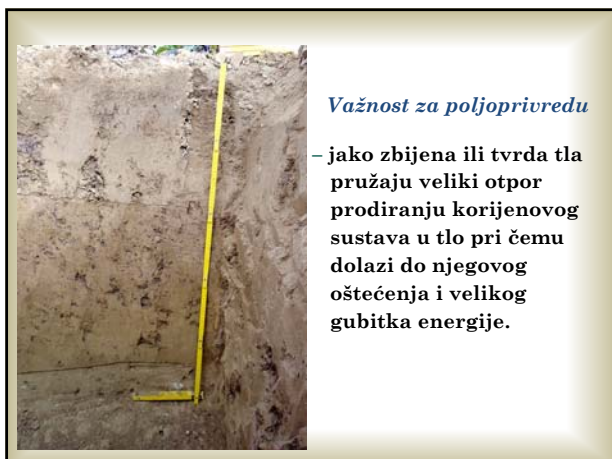
- otpor koje tlo pruža prodiranju raznih tijela.
- kg cm^{-2} ,
- penetrometar,
- veći sadržaj gline (smektitne) i adsorbiranih Na^+ iona povećava zbijenost.



Džepni penetrometar



84



Važnost za poljoprivredu

– jako zbijena ili tvrda tla pružaju veliki otpor prodiranju korijenovog sustava u tlo pri čemu dolazi do njegovog oštećenja i velikog gubitka energije.

85



86



87

Povećanjem vlažnosti tla smanjuje se koherencija, a tla od zbijenih (tvrdih) postaju drobiva i rahla. To je posljedica stvaranja vodenih opni oko mehaničkih elemenata i strukturnih agregata te pojave i jačanja **adhezije** - fizikalna sila koja omogućava međusobno vezivanje čestica tla u vlažnom stanju. Omogućava lijepljenje čestica tla za različite predmete ili oruđa. Raste s povećanjem sadržaja gline, a smanjuje se povećanjem stabilnosti strukturnih agregata tla.

88

Ljepljivost tla – javlja se pod utjecajem sila međusobnog privlačenja čestica tla i oruđa za obradu, koji se pri određenoj vlažnosti sljepljuju.

- * rezultat je povećan otpor.
- * sila potrebna da se tlo odvoji od površine lijepljenja (g cm^{-2}).
- * ovisi o adsorbiranim ionima, sadržaju gline i vlažnosti.

89

PLASTIČNOST TLA

Plastičnost tla je sposobnost glinastih čestica da zadržavaju vodu, tlo se može modelirati, te zadržava oblik nakon prestanka djelovanja sile.

- I. **Donja granica plastičnosti** (w_p , PL) predstavlja najniži sadržaj vode u tlu pri kojem se ono još može modelirati. Konzistencija tla je drobiva, rahla.
- sadržaj vode nešto malo ispod PL predstavlja najpogodniji trenutak za obradu tla.
- II. **Gornja granica plastičnosti** (w_L , LL) je količina vode pri kojoj tlo prelazi u tekuću, žitku masu.

90

III. Indeks plastičnosti (IP, PI) je razlika u sadržaju vode između gornje i donje granice plastičnosti.

$$PI = LL - PL$$

Najpogodniji trenutak za obradu tla je ispod donje granice plastičnosti (PL).

Povećan sadržaj gline, Ca^{2+} i Mg^{2+} iona povećava sadržaj vode kod granice plastičnosti.

Montmorilonitna glina je jako plastična, a haloizitna potpuno neplastična.

Ocjena plastičnosti	IP	Tekstura
Neplastično	0	P
Slabo plastično	0 - 7	PI
Plastično	7 - 17	I
Visoko plastična	> 17	G

91

Konzistencija određuje veličinu otpora koje tlo pruža pri obradi. Prema Rode-u:

$$C = k \cdot a \cdot b$$

k = specifični otpor pluga; a = dubina oraničnog sloja, cm; b = širina brazde, cm

Otpor koji tlo pruža ratilima ovisno o teksturi (Kovaljev)

Tekstura	Specifični otpor, kg cm ⁻²	Obrada
teška glina	> 1,2	vrlo teška
glina	0,7 - 1,2	teška
glinasta ilovača	0,5 - 0,7	srednje teška
ilovača	0,4 - 0,5	srednje teška
pjeskovita ilovača	0,3 - 0,4	laka
ilovasti pijesak	< 0,3	vrlo laka

92

VODA U TLU

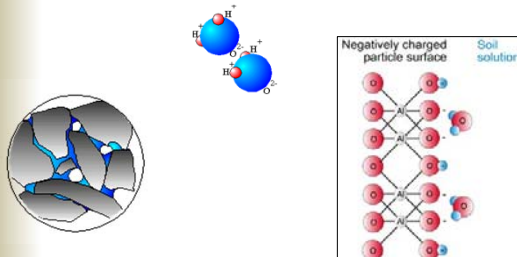


Uloga vode u tlu:

- * sudjeluje u fizikalno-kemijskim procesima trošenja minerala i sintezi sekundarnih minerala,
- * u sintezi i mineralizaciji OT,
- * pH-vrijednost i redoks potencijal ovise o količini vlage u tlu,
- * termoregulator (utječe na temperaturni režim tla),
- * eluvijacija ⇒ iluvijacija,
- * hidrogenizacija, zamočvarivanje, anaerobioza,
- * salinizacija i alkalizacija tla.

93

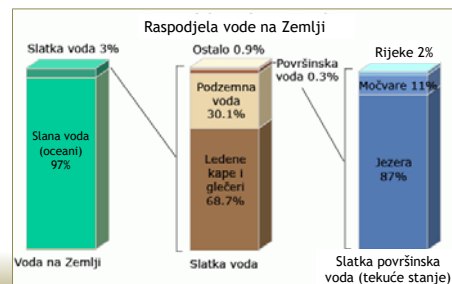
Sile kohezije vežu molekule vode (H^+ mostovi i *van der Waals-Londonove sile*), dok se njihovo vezivanje uz čestice tla i formiranje dvostrukog sloja odvija uz pomoć adhezije.



95

KRUŽENJE VODE U PRIRODI

Vodni režim tla, prema Rodeu, predstavlja sveukupne pojave premještanja vode u tlu, promjene zaliha vode po dubini profila i razmjenu vode između tla i drugih prirodnih tijela.



96



97

NAČINI VLAŽENJA TLA

Automorfni – nesmetano procjeđivanje vode cijelom dubinom profila.

98

Aluvijalni oglejeni – ascendentno kretanje podzemne vode kapilarnim porama

99

Semiglejni – podzemna voda dublje od 100 cm od površine. Slobodno procjeđivanje gravitacijske vode, a u vlažnom periodu uzdizanje podzemne kapilarnim usponom.

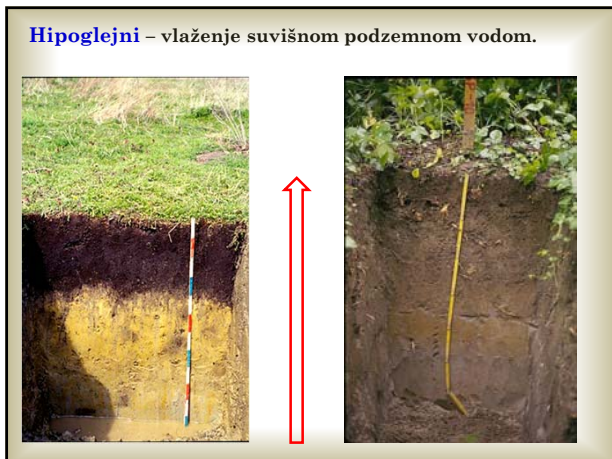
100

Pseudoglejni – dulje zadržavanje vode na površini tla zbog nepropusnog Bg horizonta

101

Pseudoglej-glejni – dulje zadržavanje vode na površini tla zbog nepropusnog Bg horizonta, a unutar profila je prisutna i podzemna voda.

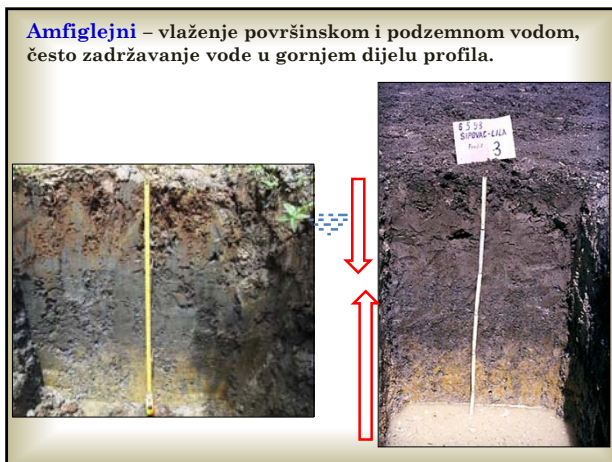
102



103



104



105



106



107

⇒ **Poljski kapacitet tla za vodu (PKv)**- gornja granica biljkama pristupačne vode u tlu. Količina vode koju tlo sadrži nakon što je prethodno bilo zasićeno do MKv.

Idealna vlažnost tla, jer su kapilarne pore ispunjene vodom, a nekapilarne zrakom.

⇒ **Retencijski kapacitet tla za vodu (Kv)** - količina vode koju tlo sadrži nakon što je prethodno bilo maksimalno zasićeno vodom.

⇒ **Higroskopna vlaga tla (Hy)** - po Mitscherlichu je količina vode koju tlo može upiti iz zraka zasićenog vodenom parom do 96 %. Vlaga koju tlo sadrži u zračno suhom stanju.

108

- ⇒ **Ekvivalent vlažnosti ("moisture equivalent")** - prema Briggsu i McLaneu, je ravnotežno stanje tla i vode koje se dobije centrifugiranjem vlažnog uzorka tla silom koja odgovara tisuću puta gravitacijskoj sili.
 - ⇒ **Točka uvenuća (Tv)** - donja granica biljkama pristupačne vode u tlu (podjednaka je moć držanja vode od strane koloida tla i usisna snaga biljnog korijenja).
 - **permanentna točka uvenuća** - količina vlage u rasponu između točke uvenuća i permanentne točke uvenuća. Kod ove vlažnosti biljke se ne mogu oporaviti.
 - ⇒ **Fiziološki aktivna voda u tlu (FAv)** - biljkama pristupačna voda u tlu.
- $FAv = PKv - Tv$**

109

Kretanje vode u tlu

Infiltracija – upijanje ili ulaženje vode u poroznu masu tla. U užem smislu to je ulazak vode na granici iz atmosferskog zraka na stranu tla (dok stalno priteču nove količine vode).

Redistribucija vlage – unutrašnja preraspodjela vode infiltrirane u tlo.

Filtracija – procjeđivanje vode kroz poroznu masu tla (sila gravitacije).

110



111



112

Descendentno kretanje - gravitacijsko cijeđenje vode prvenstveno kroz široke nekapilarne pore.

Ascendentno kretanje vode - kretanje koje se odvija iz nižih u više horizonte objašnjava se teorijom kapilarne ili opnene vode ili razlikom potencijala na raznim mjestima unutar tla.

Lateralno kretanje vode u tlu - kretanje vode u bočnom i radijalnom smjeru, a objašnjava se kapilarnom teorijom, razlikom potencijala ili teorijom filmske vode i osmotskog tlaka.

Evaporacija (isparavanje) - direktni gubitak vode iz tla u atmosferu koje uzrokuje sunčeva energija.

Transpiracija - gubitak vode kroz biljne puči.

113

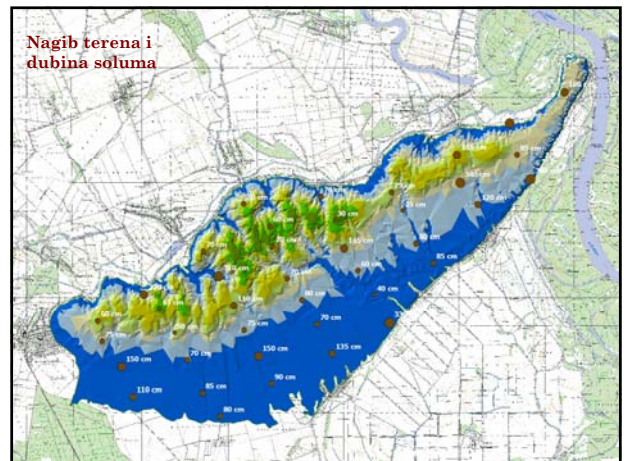
PRIMJENA ISTRAŽIVANJA

— —

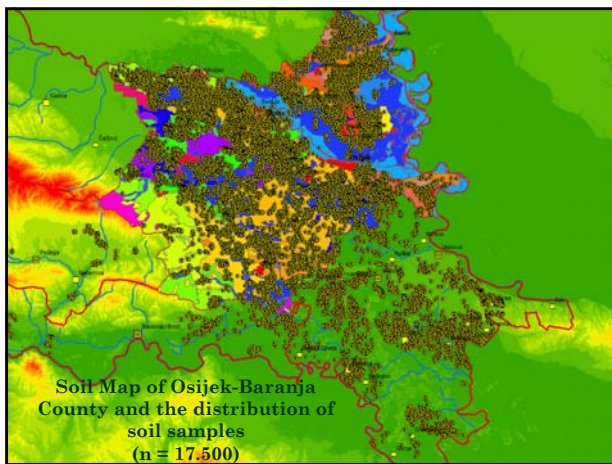
114



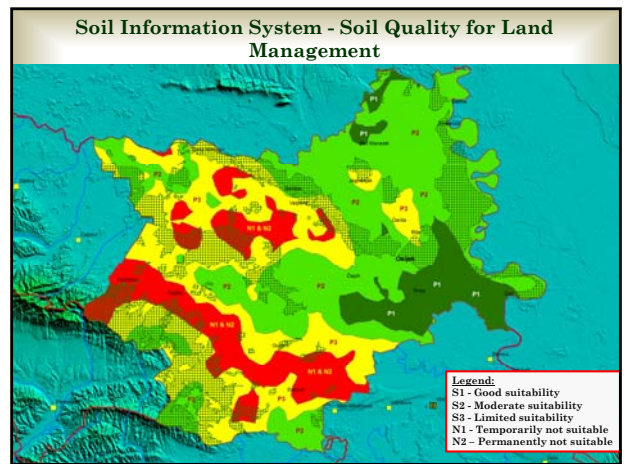
115



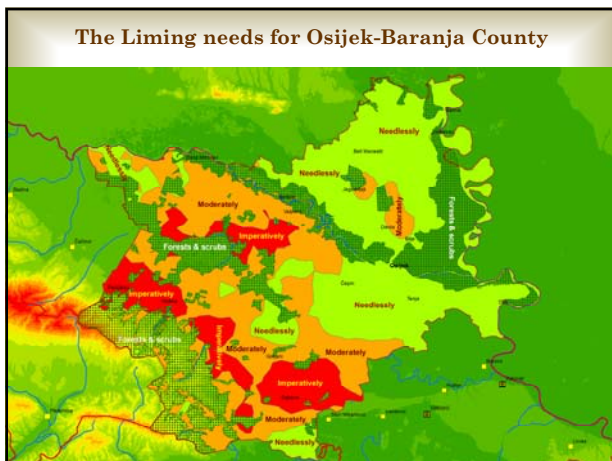
116



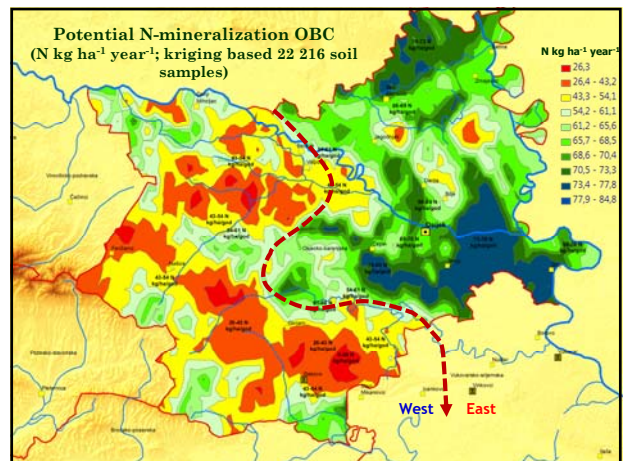
117



118



119



120

