

INVENTARIZACIJA ZEMLJIŠNIH RESURSA

Informacije o zemljištu

I. dio

prof. dr. sc. Vesna Vukadinović

1

Cjelokupni postupak može se podijeliti u četiri faze:

1. formiranje tipova iskoristavanja zemljišta (LUT)

- specifično odvojeni sustavi poljoprivredne proizvodnje, jasno definirana veza između ulaganja i menadžmenta te agroekoloških uvjeta i specifičnosti poljoprivrednih kultura.

2. oblikovanje različitih baza podataka (klima, zemljište, reljef, zemljišni pokrivač, korištenje zemljišta), njihova analiza te analiza primarnih i sekundarnih baza podataka o zemljišnim resursima.

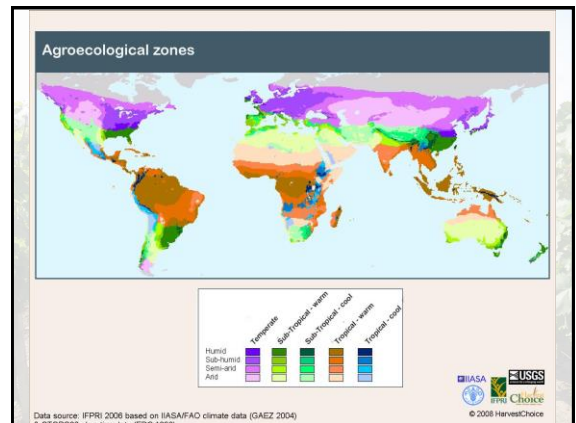
3. model za izračunavanje potencijalnog prinosa.

4. rezultati analize u uvjetima pojedinačne pogodnosti zemljišta i višestruke proizvodnje, a sve to ukomponirano sa socijalno-ekonomskom i demografskom slikom.

4

- ❖ Projekcija UN-a (1998. god.): brojnost svjetske populacije se naglo ubrzava, a pretpostavlja se da će do 2050. godine na Zemlji živjeti oko 9 mld. stanovnika (7,3 - 10,7 mld.).
- ❖ Napredak različitih tehnologija i njihova adekvatna primjena u poljoprivredi može na postojećim zemljišnim resursima osigurati proizvodnju dovoljnih količina hrane, vlakana, stočne hrane, biogoriva i drva.
- ❖ Međutim, predviđanja i praksa su često u koliziji. Stoga, pretpostavka je da će se recentni problemi, kao što su: manjak zemljišnih resursa, a naročito kvalitetnih u nerazvijenim i zemljama u razvoju, sve intenzivnije manifestirati (Fischer, Heilig, 1997.).
- ❖ U zemljama u razvoju proizvodnja hrane je primarni način korištenja zemljišta.
- ❖ Rast ljudske populacije i sve jača konkurencija povećavaju potrebu za učinkovitim planiranjem uporabe zemljišta i neminovno uključuju politiku u cjelokupni proces.

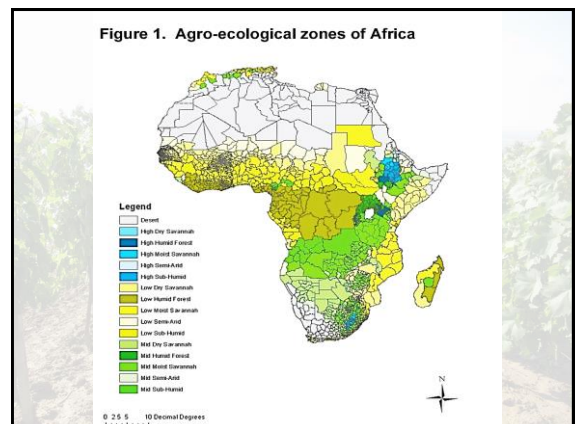
2



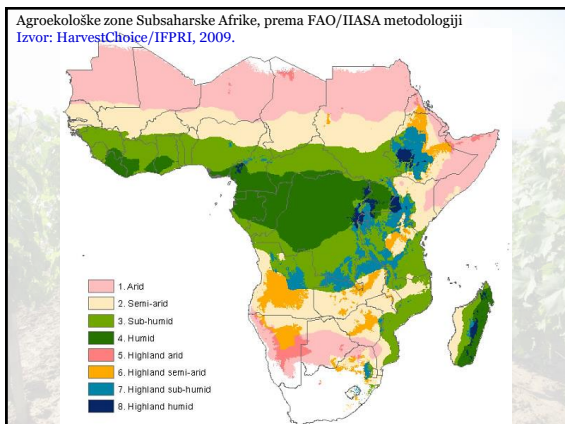
5

- ❖ Racionalno i održivo korištenje zemljišta pomaže u očuvanju zemljišnih resursa u korist sadašnjih i budućih generacija.
- ❖ Integrirani pristup u planiranje i upravljanje zemljišnim resursima može spriječiti prekomjerno iskorištavanje zemljišta i degradaciju.
- ❖ Bitno je uključiti sve zainteresirane strane vodeći računa o kvaliteti i ograničenjima bilo koje zemljišne jedinice i formirati održivu opciju korištenja zemljišta (FAO, 1995.).
- ❖ AEZ metodologija je sustav koji omogućava racionalno planiranje uporabe zemljišta na osnovu popisa zemljišnih resursa određenog područja i ocjene njihovih biofizikalnih ograničenja i potencijala (FAO, IIASA).
- ❖ Metodologija agroekološkog zoniranja (AEZ) omogućava procjenu pogodnosti zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju, pomaže definirati specifična ograničenja za uzgoj pojedinih kultura (ratarski usjevi, povrće, trajni nasadi, ljekovito bilje itd.) u određenim agroekološkim uvjetima, ali i u predviđenim uvjetima ulaganja i gospodarenja.
- ❖ Rezultat je osnova planskog korištenja zemljišta određene regije.

3



6



7



10

Termin **LUT** (*Land Utilization Type*) odnosi se na iznalaženje optimalnog načina korištenja zemljišta na nekom području.

FAO (1984.): "Tip iskorištavanja zemljišta: to je način korištenja zemljišta koji je opisan ili definiran s više detalja nego što je osnovni način korištenja. Kod određenih sustava navodnjavanja i načina gospodarenja, tip iskorištavanja zemljišta odnosi se na pojedinu kulturu, kombinaciju kultura ili sustav uzgoja u definiranim tehničkim i socijalno-ekonomskim uvjetima. Tip iskorištavanja zemljišta je set tehničkih karakteristika u sklopu socijalno-ekonomskih uvjeta".

Npr. u proizvodnji kukuruza, tehnologija proizvodnje od sjetve do berbe je samo jedan segment LUT-a.

Neovisno koji se sustav regionalizacije poljoprivredne proizvodnje koristi potrebno je prethodno provesti istraživanja sa svrhom prikupljanja potrebnih informacija i formiranja baze podataka. Ona će, prvenstveno, omogućiti procjenu pogodnosti zemljišta određenih regija za uzgoj odgovarajućih poljoprivrednih kultura, a time stvoriti i osnovu za regionalizaciju poljoprivredne proizvodnje.

Istraživanja se odvijaju kroz slijedeće faze: terenska istraživanja, laboratorijska istraživanja, obrada rezultata i stvaranje baze podataka, procjena pogodnosti zemljišta.

8

Sondiranje terena

Komplet pedoloških sondi

- * na arealima izdvojenim prema reljefu, matičnom supstratu, mrtvom ili živom pokrovu;
- * svrdlom uzeti uzorci tla sukcesivno se slažu po dubini
- * redosljed horizonata i analiza endomorfoloških svojstava.

Sondiranje terena slobodnim rasporedom opažanja

11

TERENSKA ISTRAŽIVANJA TLA

Svrha terenskih istraživanja je:

- uočavanje raznolikosti tala/zemljišta u prirodi (morfološka svojstva),
- izdvajanje pojedinih sistematskih jedinica,
- upoznavanje s njihovim morfološkim, fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima.

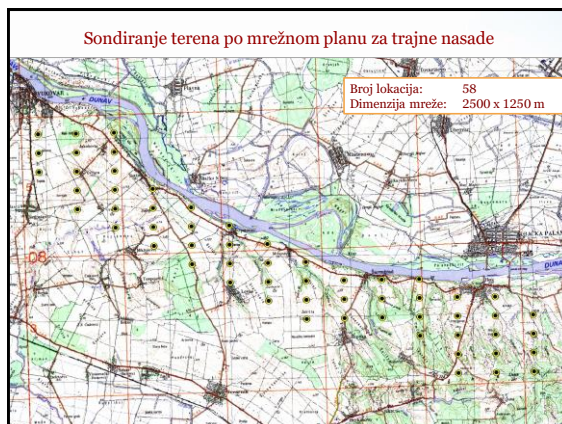
Pripremna faza

- upoznavanje pedogenetskih činitelja (studija klime, reljefa, matičnog supstrata, vegetacije) i rezultata dosadašnjih pedoloških istraživanja.

Rekognosciranje terena

- obilazak istraživanih područja uz opažanja na prirodnim i otvorenim profilima uz ceste, grabe, gradilišta, kamenolome, ciglane...
- topografske karte različitog mjerila: M 1 : 50 000; M 1 : 25 000; M 1 : 10 000; M 1 : 5000

9



12


Pedološki profil (jama)

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

Kvalitativno određivanje kemijskih svojstava



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.




b) reakcija tla

- kolorimetrijska metoda = indikatori mijenjaju ton ili intenzitet boje uslijed promjene koncentracije H^+ iona
- upotreba terenskih "kitova"

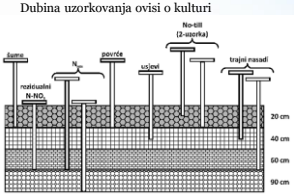



13

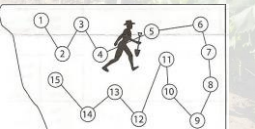
Alat za uzorkovanje (agrokemijska i pedološka sonda, ašov)



Dubina uzorkovanja ovisi o kulturi



Cik-cak metoda uzorkovanja



Uzorkovanje može biti metodom kontrolne parcelice, u obliku šahovske ploče, cik-cak metodom, dijagonalno, kružno i sl., a odabir se vrši prema veličini i obliku parcele.

16

Uzorkovanje

- U profilima se uzimaju uzorci u prirodnom stanju (cilindri Kopečkog volumena 100 cm^3 za određivanje fizikalnih svojstava) ili u narušenom stanju ($1,0 - 1,5 \text{ kg}$ tla u PVC vrećice za analize kemijskih, dio fizikalnih i bioloških svojstava).
- Za kontrolu plodnosti važno je pravilno uzeti uzorak na proizvodnoj parceli, jer to smanjuje grešku kemijske analize (i gnojidbene preporuke) na minimum.
- Svakih 4 - 5 godina treba napraviti kemijske analize tla, kao dio kontrole plodnosti.
- Na temelju rezultata analiza vrši se proračun potreba pojedinih hraniva za planirane usjeve.
- Najpovoljnije vrijeme uzorkovanja tla je:
 - prije pripreme tla za novi usjev, odnosno nakon žetve strnih usjeva ili jarina,
 - nakon berbe u voćnjacima i / ili vinogradima
 - obavezno prije bilo kakve gnojidbe (uključujući i primjenu N-gnojiva radi sprječavanja dušične depresije).

14

MORFOLOŠKA SVOJSTVA TLA

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

- Vanjska morfologija (ektomorfologija) – reljef, pokrov na površini tla (mrtvi / živi)
- Unutrašnja morfologija (endomorfologija) – grada profila, specifične pedodinamske tvorevine, dubina, boja, tekstura, poroznost, struktura.

RELJEF

predstavlja sve oblike Zemljine površine (isponi, udubine i ravnice). O njemu ovisi makro i mikroklima nekog područja.

Potrebna opažanja:





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



17

Pravila uzorkovanja:

- na manjim homogenim parcelama ($0 - 10 \text{ ha}$), 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;
- na većim homogenim površinama uzimaju se prosječni uzorci na svakih 10 ha metodom kontrolnih parcela;
- uzorci se ne smiju uzimati s uvratina i rubova parcela;
- prosječni uzorak sastoji se od 20 do 25 pojedinačnih uboda sondom ili drugim alatom;

15

Nizine

- do 200 m nadmorske visine -

- u južnim krajevima su pogodne za uzgoj stolnih sorti grožđa (važnija je veličina i izgled bobica od količine šećera)



18

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

- najpovoljniji za vinovu lozu (manja opasnost od smrzavanja, magle i visoke relativne vlage zraka - gljivična oboljenja)
- 120 - 350 m, odnosno 150 – 450 m.n.m.



Kod uzgoja na višim terenima bitan je izbor sorte i podloge; treba treba izbjegavati sorte koje kasnije sazrijevaju, kao i manje bujne podloge.

19

Nagib (inklinacija) terena

Uzgoj pojedinih kultura je u direktnoj korelaciji s inklinacijom, jer o duljini nagiba ovisi preraspodjela vlage na površini i unutar profila tla; izbor kultura (izraženiji nagib = uži izbor); na terenima većeg nagiba ograničen je izbor mehanizacije, a time i osuvremenjavanje poljoprivredne proizvodnje.

Ocjena nagiba terena (Biancalani i sur., 2004.)

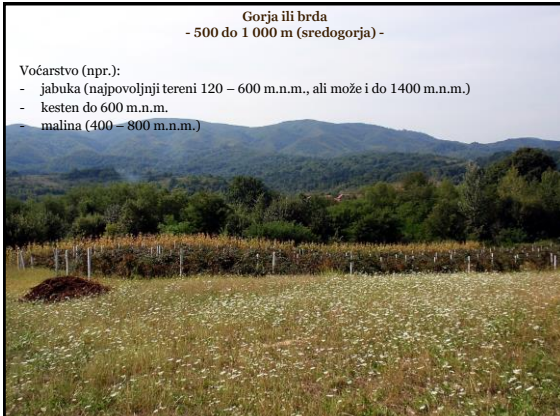
Nagib, %	Ocjena zemljišta	Ograničenja
0 - 5	ravna i blago valovita	nema
5 - 10	blago nagnuta i valovita	veoma mala
10 - 15	blago nagnuta	moгуće niveliranje i ravnanje terena; konturna obrada i obrada u pojasiima
15 - 30	umjereno nagnuta	ograničenja za pojedine uzgojne oblike; terasiranje
30 - 60	nagnuta	eliminacija većine poljoprivrednih kultura
60 - 80	vrlo nagnuta	nemogućnost korištenja mehanizacije; korištenje kao prirodni pašnjaci i livade
> 80	izrazito nagnuta	ekstenzivno korištenje u vidu pašnjaka za uzgoj goveda, ovaca i koza

22

Gorja ili brda
- 500 do 1 000 m (sredogorja) -

Voćarstvo (npr.):

- jabuka (najpovoljniji tereni 120 – 600 m.n.m., ali može i do 1400 m.n.m.)
- kesten do 600 m.n.m.
- malina (400 – 800 m.n.m.)




20

Klasifikacija reljefa za utvrđivanje bonitetnih bodova (NN 39/2013, Pravilnik o mjerilima za utvrđivanje osobito vrijednog obradivog (P1) i vrijednog obradivog (P2) poljoprivrednog zemljišta)

Nagib (inklinacija) zemljišta		Naziv reljefa
stupnjevi, °	postoci, %	
0 - 2	0 - 3	ravan
0 - 2	0 - 3	ravan s mikro ili mezouvalama
2 - 6	3 - 11	valovit ili vrlo blagih padina
6 - 9	11 - 16	umjereno blage padine
9 - 12	16 - 21	umjereno strme padine
12 - 17	21 - 33	strme padine
17 - 24	31 - 45	jako strme padine
24 - 33	45 - 65	vrlo jako strme padine
> 33	> 65	vrletne padine

23

Planine
- iznad 1 000 m (više gore i planine) -



21

Položaj parcele može biti otvoren (jaki vjetrovi sa svih strana), zatvoren (nema vazdušne drenaže) i zaštićen (najpovoljniji za podizanje voćnjaka).

Ekspozicija terena

Ekspozicija je osunčanost ili izloženost lokacije sunčevom osvjetljenju.

Kontinentalno područje (sjever) RH

- južne i jugozapadne pozicije su najpogodnije,
- slabije pogodne su jugoistočne pozicije, a najmanje sjeverne pozicije.


Južna područja RH

- u primorskom području sjeverne pozicije mogu biti odgovarajuće za uzgoj trajnih nasada (vinova loza, voće), ali utječu na slabiju kvalitetu grožđa.
- ❖ Parcele na južnim pozicijama imaju više svjetlosti, topline i sušnije su od sjevernih, ali dnevne temperaturne oscilacije u zimskim i proljetnim mjesecima su izraženije. Pogodnije su za rane sorte breskve, trešnje i kruške.
- ❖ Na sjevernim pozicijama su slabije temperaturne oscilacije i viša relativna vlaga zraka. Pogodnije su za uzgoj zimskih sorti jabuka, kruške i kajsije.

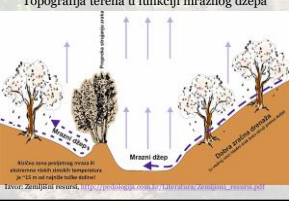
24

Prirodne prepreke - šuma

- regulator vlage
- štiti nasade od sjevernog vjetra
- onemogućava prirodnu zračnu drenažnost ili drenažu (< 250 m prepreka)
 - veća opasnost od proljetnih mrazeva
 - intenzivniji napad gljivičnih bolesti



Topografija terena u funkciji mraznog džepa

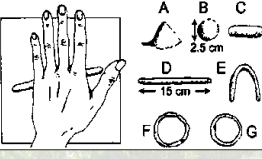


Mrežno dno
Dno priroda

Ulog: Zlatičić i drugi, <http://technika.com.hr/kategorije/agricultura/tema/25>

25

Feel Method (Irrigated wheat, FAO, 2000.)



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

- A - Pijesak** = čestice tla ostaju nevezane, ne mogu se valjanjem oblikovati nikakve forme.
- B - Pjescovita 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 podjednakog 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 valjčiči 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 (< 1 cm debljine) krug bez ikakvih pukotina.

28

FIZIKALNA SVOJSTVA TLA

TEKSTURA TLA

kvantitativan odnos mehaničkih elemenata tla, a **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.

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

Frakcije 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 x 10⁻³ mm = 2 μm = 2 000 nm



26

❖ Tekstura tla je izvrstan indikator agronomskih svojstava tla/zemljišta te je u konvencionalnim metodama procjene produktivnosti poljoprivrednih zemljišta (bonitiranje) prihvaćena 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, odabir vrste 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.

Skelet

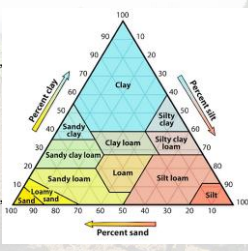
- > 2 mm,
- kemijski neaktivne čestice tla nastale fizikalnim trošenjem,
- fragменти zaobljenih ili oštih rubova (šljunak, kamena sitnež, stijene).
- poljoprivredna tla sadrže skelet u većim količinama ako su nastala od grubih aluvijalnih, deluvijalnih ili jezerskih sedimentata.

29

Teksturane klase

- prema postotnom udjelu pojedinih frakcija tla se svrstavaju u **12 teksturnih klasa:**

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




Ulog: <http://dina-grt-blog.com/wp-content/uploads/2015/01/triangl-png>


27

Skeletoidna tla


< 50 % skeletnih čestica:



Skeletna tla
> 50 % skeletnih čestica:



Skeletna tla
uglavnom plitka tla



30

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

- * čestice pijeska su zaobljenih ili oštih bridova, a njihova boja ovisi o mineraloškom sastavu: bijela (kvarc), smeđa, žuta ili crvena (Fe ili Al oksidi).
- * optimalni sadržaj u tlu: 40 – 70 %

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.



31

Prah

- * uglavnom nastaje fizikalnim raspadanjem minerala, a svojstva ga svrstavaju u prijelaznu frakciju između pijeska i gline.
- * u suhom stanju posjeduje tvrdru 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.
- * najviše ga ima u tlima nastalim na lesu i praškastim aluvijalnim nanosima (nekada i > 60 % praha).

Prašasta tekstura




Tla s velikim udjelom praha podložna su eroziji

34

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 kada na neobraslom tlu bujice prenose znatne količine zemljišnog materijala u udoline.



b) **preporučene mjere gospodarenja i popravke**

- uvesti sustav reducirane obrade tla ili
- poželjno je biljne ostatke ostaviti na površini tla, jer se njim ogoljavanjem intenzivira deflacija;
- korištenje čizel plugova, koji usitnjavaju zbijeni sloj bez prevrtanja;
- zakorovljenost se može riješiti košnjom korova neposredno prije osjemenjivanja ⇒ niža razina ulaganja;

32



35

Ilovača

S agronomskog aspekta ilovasta tla su najpovoljnija:

- sadržaj gline, prema CSSC i USDA klasifikaciji: PI (7 – 20 %), I (20 %), PGI (20 – 35 %), PrGI (27 – 40 %),
- imaju povoljan vodni, zračni i toplinski režim,
- intenzivnu mikrobiološku aktivnost, a to znači
- za biljke povoljne uvjete rasta i razvoja.



33

Glina

- * najvećim dijelom nastaje procesima kemijskog trošenja primarnih minerala,
- * velika sposobnost retencije vode te je u vlažnom stanju jako izražena ljepljivost (cement ili lijepak), bubrenje i plastičnost.
- * kapacitet tla za zrak je mali, prevladavaju mikropore, visok i spor kapilarni uspon te slabo procjeđivanje vode.
- * slaba prirodna drenažnost = nepovoljan vodno zračni režim i slaba biogenost,
- * 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;



36

- * „**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.



37

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

- * sljepljivanje vrše: $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 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.

Vapneno dolomitna crnica
- povoljna struktura



Solonec
- loša struktura (peptizacija)



40

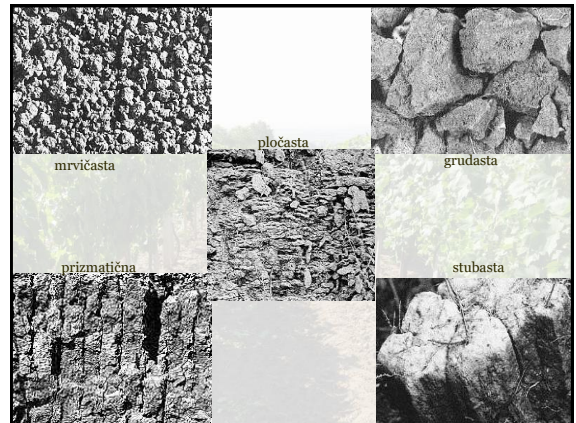
Popravak teksture tla

Mehanički sastav tla je svojstvo uvjetovano pedogenetskim procesima tako da redovne agrotehničke mjere ne utječu bitno na promjenu teksture.

Mjere popravke

- * miješanje sa sitnicom druge teksturne klase u manjem omjeru (npr. miješanje pijeska s glinastim tлом ili obrnuto)
- * uklanjanje kamenja s površine ili iz površinskog horizonta oranica, šumskih i livadskih tala
- * produbljivanje oraničnog horizonta miješanjem slojeva i horizonata različite teksture (dubinsko rahljenje, rigolanje)
- * miješanje oraničnog sloja mineralnih tala s tresetom ili kompostom ne smatra se mjerom popravke teksture, nego samo obogaćivanjem tla organskom tvari.

38



41

STRUKTURA TLA

Struktura tla je način povezivanja ili nakupljanja mehaničkih elemenata tla u agregate (peds).

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.

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 ⇒ nema nastanka stabilnih mikrostrukturnih agregata tla.

39

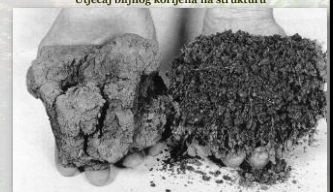
❖ Stabilnost strukture je otpornost strukturnih agregata prema promjenama, najčešće uslijed vlaženja ili gaženja teškim orudima. Posljedice su: povećana zbijenost, razaranje strukture, uništavanje sekundarnih agregata i pora.

❖ 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, prisutstvu seskvi oksida i sadržaju organske tvari.

Utjecaj biljnog korijena na strukturu



42

Utjecaj organske tvari (OT) na stabilnost strukturalnih agregata tla

Prje vlaženja

Puno OT Malo OT

Nakon vlaženja

Puno OT Malo OT

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 plodored.

43

POROZNOST TLA

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

Izvor: <http://www.safteymangement.org/Saftey> <http://www.wanandji.gov.au>

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

- * 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.

46

GUSTOĆA TLA

Gustoća je omjer mase i volumena nekog tla, a izražava se u $g\ cm^{-3}$ ili $Mg\ m^{-3}$

Volumna gustoća – simboli: ρ_v , ρ_b , D_b

$$\text{volumna gustoća tla} = \frac{\text{masa apsolutno suhog tla}}{\text{volumen pora i čestica tla}}$$

Gustoća čvrste faze tla – simboli: ρ_s , ρ_p , D_p

$$\text{gustoća čvrste faze tla} = \frac{\text{masa čvrste faze tla}}{\text{volumen čvrste faze}}$$

Volumna gustoća tla je „indikator zbijenosti tla“

- * više organske tvari snizava volumnu gustoću,
- * zbijenost povećava volumnu gustoću,
- * povećana ρ_v usporava infiltraciju vode te ograničava dubinu biljnog korijenja,
- * u poljoprivrednim tlima = 1,0 – 1,6 (2,0) $Mg\ m^{-3}$
- * ρ_v je relativno visoka u tlima teške teksture jer je poroznost niska.

44

- ❖ **Nekapilarne (makro) pore** – pukotine i kanalići stvoreni radom faune i biljnog korijenja (biopore), šupljine između makrostrukturalnih agregata tla ili крупnijih mehaničkih elemenata tla.
- ❖ Voda se u makroporama kreće descendentno nakon dugotrajnih i jakih oborina ili nakon navodnjavanja.
- ❖ Obično su ispunjene zrakom koji cirkulira u različitim pravcima.
- ❖ U **kapilarnim (mikro) porama** voda se drži kapilarnim silama. Nakon evaporacije u njih ulazi zrak. Javljaju se unutar agregata ili između mikrostrukturalnih agregata.

Bioraznolikost poboljšava svojstva tla, jer veliki broj biljnih vrsta omogućava veliku poroznost i nisku volumnu gustoću.

Izvor: <https://coloradoagriculture.com/2019/05/21/bare-plant-biodiversity-improves-soil-health/>

47

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

ρ_v , $g\ cm^{-3}$	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 korijenja (Jones, 1983., citat Hazelton, Murphy, 2007.)

Tekstura	Kritične vrijednosti ρ_v , $g\ cm^{-3}$
pjeskovita ilovača	1,8
fina pjeskovita ilovača	1,7
ilovača i glinasta ilovača	1,6
glina	1,4

Ovisnost teksture, volumne gustoće i poroznosti tala

Teksturna klasa	Volumna gustoća ($g\ cm^{-3}$)	Poroznost (%)
Pijesak	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

Gustoća čvrste faze tla je ovisi o: kemijskom i mineraloškom sastavu tla, te udjelu organske tvari.

Kreće se u granicama 2,4 – 2,9 $g\ cm^{-3}$.

45

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 su: koherencija, zbijenost, ljepljivost i plastičnost.

rahla

tvrd

drobiva

vrlo tvrd

Konzistencija tla ovisi o:

- količini i vrsti minerala gline, sadržaju vlage u tlu,
- sadržaju organske tvari u tlu, strukturi i
- adsorbiranim ionima.

48

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.

Zbijenost

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



49

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 drobljiva, rahla.

sadržaj vode nešto malo ispod PL predstavlja **najpogodniji trenutak za obradu tla ili stanje fizičke zrelosti tla za obradu**

II. **Gornja granica plastičnosti** (w_L , LL) je količina vode pri kojoj tlo prelazi u tekuću, žitku masu.

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, Ca²⁺ i Mg²⁺ iona povećava sadržaj vode kod granice plastičnosti. Montmorilonitna glina je jako plastična, a haloizitna potpuno neplastična.

52

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.

Plijesan na korijenu cikle



50

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 ovisi o količini vlage u tlu,
- * termoregulator (utječe na temperaturni režim tla),
- * eluvijacija ⇒ iluvijacija,
- * hidrogenizacija, zamočvarivanje, anaerobioza,
- * salinizacija i alkalizacija tla.



53

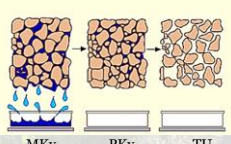
Povećanjem vlažnosti tla smanjuje se koherencija, a tla od zbijenih (tvrdih) postaju drobljiva i rahla. To je posljedica stvaranja vodenih opni oko mehaničkih elemenata i strukturnih agregata te pojave i jačanja *adhezije* - fizikalna sila koja omogućava međusobno vezivanje čestica tla u vlažnom stanju.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

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 za odvajanje tla od površine lijepljenja (g cm⁻²).
- * ovisi o adsorbiranim ionima, sadržaju gline i vlažnosti.

51

Hidropedološke (vodne) konstante



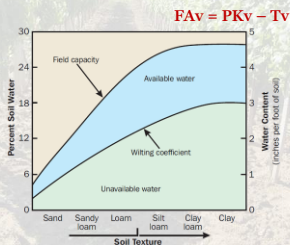
- ⇒ **Maksimalni kapacitet tla za vodu (MKv)** - najveća količina vode koju tlo može primiti, sve su pore ispunjene vodom.
- ⇒ **Poljski kapacitet tla za vodu (PKv)** - gornja granica biljkama pristupačne vode u tlu.

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.
- ⇒ **Higroskopska 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.

54

- ↳ **Lentokapilarna vlažnost** - tehnički minimum vlažnosti pri komu se vrši navodnjavanje.
- ↳ **Točka uvenuća (TV)** - donja granica biljkama pristupačne vode u tlu (podjednaka je moć držanja vode od strane koloida tla i usisna snaga biljnih 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.

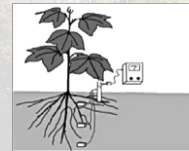


55

Sadržaj vode kod pojedinih vodnih konstanti određuje se u laboratorijskim uvjetima pomoću pH aparature - tlačnog ekstraktora i tlačne membrane uz pozitivne tlakove zraka. Niži negativni tlakovi se mogu postići i pomoću kutije s pijeskom ili kaolinom.



Mjerenje vlage na terenu



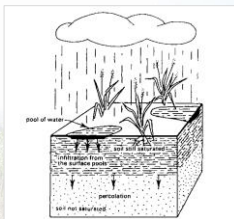
Izvor: <https://cropwatch.unl.edu/measuring-soil-water>

Izvor: <https://www.intelipedia.org/wiki/medida-de-umidade-do-solo>

58

Kretanje vode u tlu

- ✓ **Infiltracija** – upijanje ili ulazanje vode u poroznu masu tla. U užem smislu to je ulazak vode na granici iz atmosferskog zraka na stranu tla (dok stalno pristižu nove količine vode).
- ✓ **Redistribucija vlage** – unutrašnja preraspodjela vode infiltrirane u tlo.
- ✓ **Filtracija** – procjeđivanje vode kroz poroznu masu tla (sila gravitacije).



Izvor: <http://www.fao.org/3/a/9820/a/9820a07.htm>

Mjerenje brzine infiltracije vode (infiltrimetar s dvostrukim prstenom)



56

ZRAK U TLU

- + Količina zraka u tlu ovisi o: tipu tla, teksturi, vlažnosti, poroznosti, zbijenosti,...
- + Zrak u tlu može biti: slobodan, otopljen u vodi ili fizikalno adsorbiran na čvrstu fazu tla.
- + U makroporama tla nalazi se **zrak u slobodnom stanju**. Ovaj najmobilniji oblik predstavlja smjesu plinova i hlapivih organskih spojeva.
- + **Fizikalno adsorbiran zrak** čine plinovi i hlapivi organski spojevi vezani na površinu suhih mehaničkih elemenata tla. Količina ovisi o vlažnosti, mineraloškom sastavu tla, disperznosti, ukupnoj poroznosti i sadržaju humusa.
- + Najveća količina adsorbiranih plinova je u "apsolutno" suhom tlu.
- + Zrak otopljen u tekućoj fazi tla djelomično učestvuje u aeraciji tla. Topivost se povećava s rastom parcijalnog tlaka i snižavanjem temperature.
- + Sastav zraka u tlu ovisi o intenzitetu razmjene plinova između zraka tla i atmosfere te o intenzitetu biokemijskih procesa u tlu.

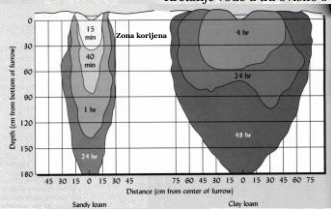
Sastav zraka u atmosferi i tlu

	Atmosfera, %	Tlo, %
Dušik	78,1	78
Kisik	20,9	20 (0-20 %)
Uglikov(IV)-oksid	0,037	0,35 (0-5 %)

59

- ✓ **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 opne 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.

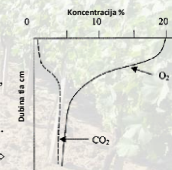
Kretanje vode u tlu ovisno o teksturi



57

Kisik

- oksidacijski procesi (trošenje minerala, humifikacija, mineralizacija), disanje biljnih korijenja i faune u tlu,
- optimalni sadržaj je ~ 20 %,
- snižavanje koncentracije je praćeno smanjenjem prinosa i kvalitete poljoprivrednih kultura,
- u anaerobnim uvjetima biljna hrana prelaze u biljkama nepristupačne oblike.
- u oraničnim horizontima većine poljoprivrednih tala koncentracija O₂ je rijetko < 15 %vol.
- u rastresitim površinskim horizontima slabo humoznih, dobro aeriranih tala koncentracija je > 18 %, a nekad i do 20 %. Najniža je u tlu tijekom vlažnih ljetnih mjeseci.
- s dubinom, uslijed slabe aeracije, znatno se smanjuje → u slabo aeriranim tlima u vlažnom periodu iznosi ~ 10 %, a često i ~ 5 % slobodnog O₂.

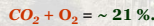


Izvor: Lal, Shukla (2004)

60

Ugljikov(IV)-oksid

- visoka koncentracija negativno djeluje na sjeme, korijen i prinos poljoprivrednih kultura
- procesi trošenja minerala i migracija nastalih produkata.
- otopina tla zasićena s CO₂ otapa niz teško topivih spojeva u tlu (CaCO₃, CaCO₃ × MgCO₃, MgCO₃, FeCO₃)
- koncentracija CO₂ do 1 % u površinskom horizontu u uvjetima normalnog vlaženja povećava prinos biljaka □ više CO₂ za asimilaciju biljaka.
- negativan utjecaj CO₂ na klijanje sjemena i razvoj biljnog korijena se javlja kada ga u tlu ima > 3 %.



Dušik je značajan za nitrogene bakterije – simbiotske i nesimbiotske. Sadržaj u tlu minimalno varira zbog azotifikacije i denitrifikacije.

Uloga **vodene pare** je da štiti od sušenja korijenje biljaka i mikroorganizme tla. Osim u plitkom površinskom sloju jako isušeni tala zrak tla je uvijek maksimalno zasićen vodenom parom.

Apsolutni sadržaj vodene pare ovisi o njenoj temperaturi, a maksimalno iznosi 4 %vol.

61

Propusnost tla za zrak - sposobnost tla da propušta zrak kroz svoju masu. Ovisi o ukupnoj poroznosti, omjeru makro i mikropora, vlažnosti i debljini sloja kroz koji se kreće zrak.

Rastom temperature tla i zraka smanjuje se propusnost zbog pojačanog trenja molekula plinova,

Rastom atmosferskog tlaka raste i propusnost tla za zrak.

Mjere popravke lošeg zračnog režima tla:

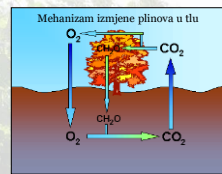
- drenaža, ako je visoka podzemna voda,
- razbijanje pokorice i stvaranje stabilne zrnaste strukture tla,
- vertikalno dubinsko rahljenje i podirvanje.

64

Zračni režim tla

obuhvaća ulazak, kretanje i gubitak zraka iz tla, a može se definirati kao **AERACIJA TLA**.

Razmjena cjelokupnog zraka tla sa zrakom atmosfere odvija se putem **difuzije** ili **kretanja zračnih masa**.



Intenzitet aeracije ovisi o:

- razlici u parcijalnom tlaku i propusnosti tla za zrak,
- aerobni mikroorganizmi ubrzavaju aeraciju (troše O₂ i oslobađaju CO₂)
- premještanje plinova je u slobodnim makroporama, što je u uskoj vezi s količinom vlage u tlu (više vlage = sporija aeracija),
- aeracija se naglo pogoršava učestalim prohodima teške mehanizacije na oranicama (gaženje tla).

Izvor: faculty.plattburgh.edu/~faasani14.htm

Difuzija – kretanje plinova kroz poroznu sredinu. Uzrok je **razlika u parcijalnom tlaku pojedinih plinova (O₂ i CO₂) u zraku tla i zraku atmosfere**, a prestaje uspostavljanjem dinamične ravnoteže.

62

TOPLINSKA SVOJSTVA TLA

Glavni izvor topline za tlo je Sunce – solarna radijacija. Na površinu tla dopire oko 45 %, a ostalo se apsorbira u atmosferi ili se trajno gubi refleksijom i difuznim raspršivanjem. Apsorbirani dio je čista radijacija – zagrijava tlo.

Zagrijavanje tla ovisi o geografskoj širini i oblasti, reljefu (ekspozicija, inklinacija), svojstvima tla, te specifičnim toplinskim kapacitetima pojedinih faza tla, kapacitetu tla i provodljivosti tla za toplinu.

Ekspozicija – na sjevernoj zemljinoj polutki početkom vegetacijske sezone najtoplije su **južnoistočne**, sredinom sezone **južne**, a na završetku **južozapadne** ekspozicije (trajni nasadi!).

Inklinacija – što je veći nagib padine izraženije su razlike u zagrijavanju.

Najtopliji pristranci su oni čija površina zatvara sa sunčevim zrakama kut od 90° ⇒ visoka koncentracija sunčevih zraka na relativno maloj površini.

Boja – tamnija tla upijaju više sunčeve energije.

Vlažnost tla – mokro tlo se sporije zagrijava od suhog.

Težura i struktura tla – glinasta tla su vlažnija, sporije se zagrijevaju, dulje zadržavaju toplinu od pjeskovitih. Kod dobro strukturiranih tala brže je zagrijavanje.

65

- Intenzitet difuzije ovisi o gradientu parcijalnog tlaka i ukupnoj poroznosti, a slabi zbog: krivudavosti pora (produžava se put za plinove), variranja sadržaja vlage u tlu, adsorpcije kisika od strane biljnog korijena.
- 10 %vol. zraka u tlu smatra se kritičnom granicom zbog prestanka difuzije plinova i smanjenja propusnosti tla za zrak.

Razlozi **kretanja zračnih masa**:

1. **promjene barometarskog tlaka**

- rast bar. tlaka = atmosferski zrak se potiskuje u tlo,
- pad bar. tlaka = širenje zraka tla i njegov izlazak u atmosferu.

Kod najveće dnevne promjene barometarskog tlaka (~ 0,3 bara) može doći do izmjene plinova samo u površinskih 3 – 4 cm tla.

2. **promjene temperature** uzrokuju sabijanje ili širenje plinova što rezultira kretanjem zraka između tla i atmosfere.

- topliji zrak tla (noću) širi se i kreće prema atmosferi i obrnuto.

3. **kiša** – kišnica iz pora istiskuje zrak tla, a nakon procjeđivanja omogućava ulazak svježeg zraka,

- kisik otopljen u kišnici ulazi u tlo.
- samo velika količina oborina uspijeva iz makropora istisnuti zrak, a to se događa kod lošeg navodnjavanja.

63

Pokrov na površini tla – gole površine više zrače i **albedo** (odbijanje energije radijacije) je veći. Vegetacija na površini troši velike količine energije za transpiraciju i izgradnju organske tvari. Tla pod vegetacijom, šumskom prostirkom ili malčom se sporije zagrijevaju i sporije gube toplinu.

Snijeg je jedan od najboljih toplinskih izolatora, npr. tijekom jako hladnih zima razlika u temperaturi zraka iznad snijega i temperaturi tla ispod snijega može biti i do 20-ak °C.

Temperatura je najdinamičnije svojstvo tla te kao takva podložna dnevnim i sezonskim oscilacijama:

a) dnevne oscilacije:

- do 30 cm dubine ≤ 3 °C,
- na 60 cm dubine oko 1 °C,

b) sezonske oscilacije ovisno o klimi i tipu tla imaju sljedeća opća obilježja:

- temp. minimumi i maksimumi kasne za onima na površini, jer toplina prijedje put od 10 cm za oko 3 h,
- površinski horizonti tla se zagrijevaju jače od zraka,
- ljeti se tlo zagrijava u descendentnom smjeru, a u jesen i zimi se hladi u ascendentnom smjeru,

c) povremene oscilacije zbog utjecaja vjetrova, kiše, snijega i sl.

66

Toplinska svojstva

Specifični toplinski kapacitet – količina topline (cal ili J) potrebna da se zagrije 1 g (težinska specifična toplina) ili 1 cm³ (volumna specifična toplina) tla za 1° C.

- težinska specifična toplina vode = 1; humusa ~ 0,5; a mineralne tvari tla ~0,2 cal.

- volumna specifična toplina vode = 1; čvrste faze tla = 0,5 – 0,6 cal; a zraka = 0,0003 cal

⇒ znači najviše topline treba da se zagrije voda ⇒

⇒ **vлага tla je najvažniji faktor koji određuje temperaturu tla** (vlažna tla su hladna jer se sporije zagrijavaju od suhih iako primaju istu količinu topline).

Kapacitet tla za toplinu je sposobnost tla da primi određenu količinu topline, jednak je sumi umnožaka specifičnih toplinskih kapaciteta faza tla i njihovih masa.

$$C = c_1 \times M_1 + c_2 \times M_2 + c_3 \times M_3$$

Ovisi o vlažnosti (manje vode i manji kapacitet za toplinu, manje potrebne sunčeve energije za zagrijavanje tla.

67

Provodljivost tla za toplinu – sposobnost tla da kroz svoju masu provodi toplinu.

Kretanje se odvija u pravcu pada temperature (temperaturni gradijent). **Izražava se:** količinom topline (cal ili J) koja prođe kroz sloj tla 1 cm debljine na površini 1 cm² u sekundi pod uvjetom da je razlika u temperaturi između gornje i donje granične plohe sloja tla 1°C.

Jedinica mjere = $J/cm \cdot s \cdot ^\circ C$.

Najveću provodljivost za toplinu posjeduje voda, a najmanju zrak ⇒ stoga **vlažna, glinasta i zbijena tla najbrže provode toplinu**, ali imaju veliki kapacitet za toplinu i teško se zagrijavaju. Močvarna tla su duže hladnija u proljeće i duže zadržavaju toplinu u jesen. **Suha i pjeskovita tla se brže zagrijavaju i brzo hlade.**



Geotermometri za mjerenje temperature tla na različitim dubinama.

68