

# OSNOVE AGRIKULTURE

izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović  
akad. god. 2014./15.

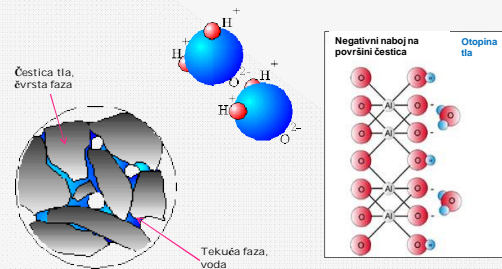
## FIZIKALNO-MEHANIČKA SVOJSTVA I PLODNOST TLA

### VODA U TLU

#### Uloga vode u tlu:

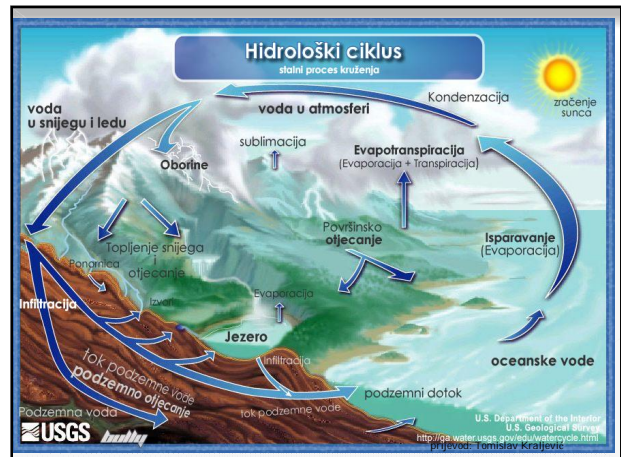
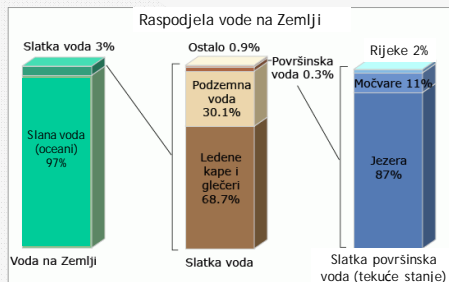
- \* sudjeluje u fizikalno-kemijskim procesima trošenja minerala i sintezi sekundarnih minerala,
- \* u sintezi i mineralizaciji OT,
- \* pH-vrijednost i redoks potencijal ovise o količini vlage u tlu,
- \* termoregulator (utječe na temperaturni režim tla),
- \* eluvijacija ⇒ iluvijacija,
- \* hidrogenizacija,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

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.



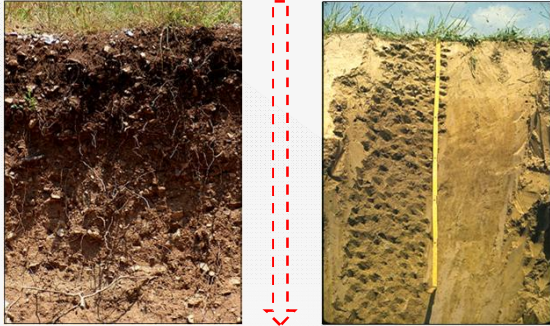
## KRUŽENJE VODE U PRIRODI

**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.

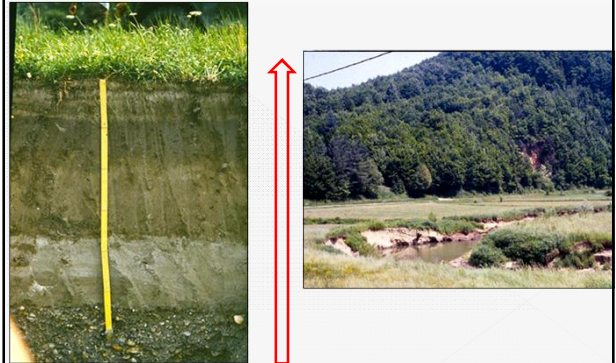


## NAČINI VLAŽENJA TLA

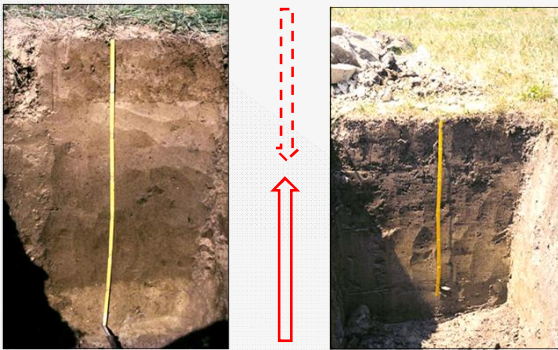
**Automorfni** – nesmetano procjeđivanje vode cijelom dubinom profila.



**Aluvijalni oglejeni** – ascendentno kretanje podzemne vode kapilarnim porama



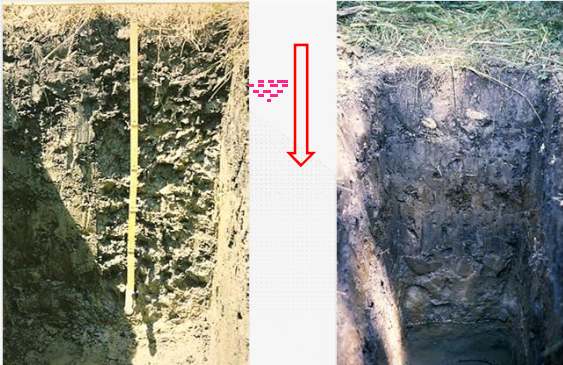
**Semiglejni** – podzemna voda dublje od 100 cm od površine. Slobodno procjeđivanje gravitacijske vode, a u vlažnom periodu uzdizanje podzemne kapilarnim usponom.



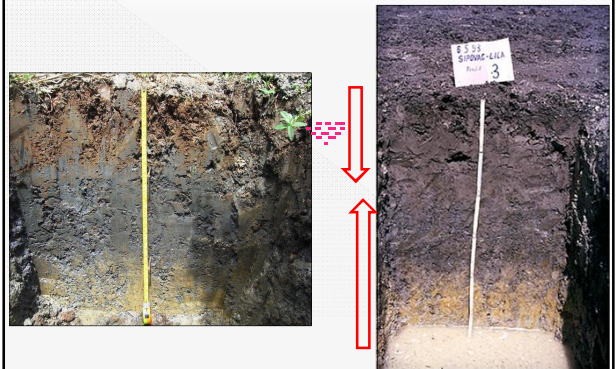
**Hipoglejni** – vlaženje suvišnom podzemnom vodom.



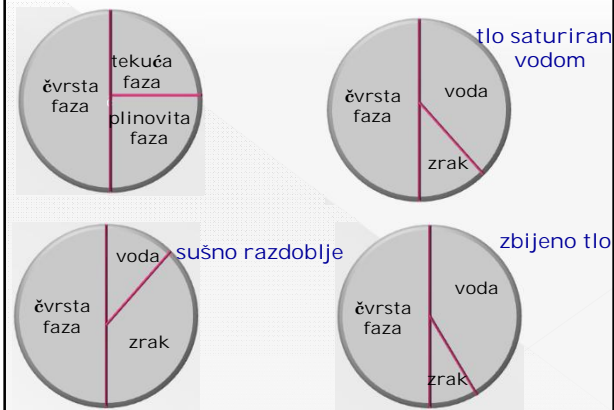
**Epiglejni** – vlaženje suvišnom površinskom vodom, koja zaostaje u profilu dulji period, što rezultira pojačanim redukcijskim procesima.



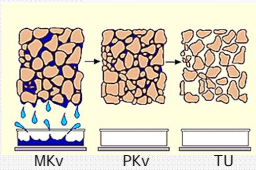
**Amfiglejni** – vlaženje površinskom i podzemnom vodom, često zadržavanje vode u gornjem dijelu profila.



## Ravnotežna stanja vode i zraka u tlu



## HIDROPEDOLOŠKE 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.

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 od 96 %. Vlaga koju tlo sadrži u zračno suhom stanju.

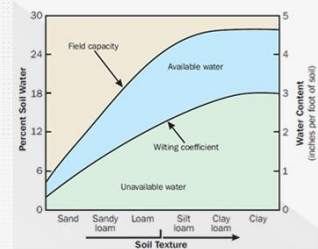
⇒ **Lentokapilarna vlažnost** - tehnički minimum vlažnosti pri komu se vrši navodnjavanje.

⇒ **Točka uvenuća (Tv)** - donja granica biljkama pristupačne vode u tlu (podjednaka je moć držanja vode od strane koloida tla i usisna snaga biljnog korijenja).

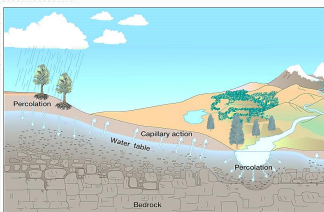
- **permanentna točka uvenuća** - količina vlage u rasponu između točke uvenuća i permanentne točke uvenuća. Kod ove vlažnosti biljke se ne mogu oporaviti.

⇒ **Fiziološki aktivna voda u tlu (FAv)** - biljkama pristupačna voda u tlu.

$$FAv = PKv - Tv$$



## Kretanje vode u tlu

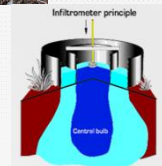


**Infiltracija** - upijanje ili ulazanje vode u poroznu masu tla. U užem smislu to je ulazak vode na granici iz atmosferskog zraka na stranu tla (dok stalno pritječu nove količine vode).

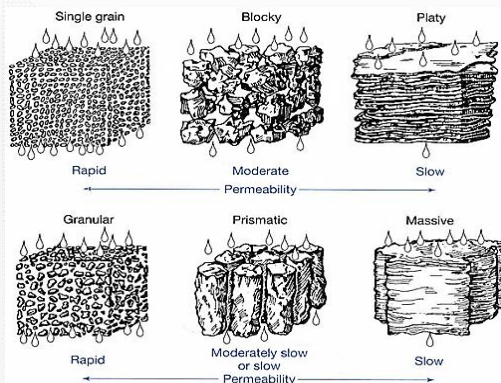
**Redistribucija vlage** - unutrašnja preraspodjela vode infiltrirane u tlo.

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

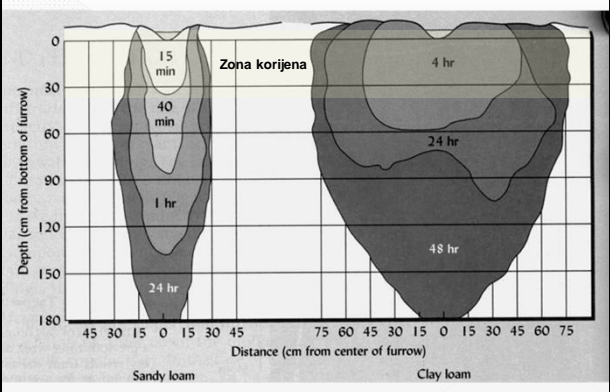
Mjerenje brzine infiltracije vode (infiltrimetar s dvostrukim prstenom)



### Kretanje vode ovisno o strukturi



### Kretanje vode u tlu ovisno o teksturi



**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 božnom 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.

### OBLICI VODE U TLU

**Higroskopna voda** - najtanji sloj nepokretnih i zgusnutih molekula vode na čestici tla koji se oslobađa tek zagrijavanjem na 105°C. To je vezana voda.

**Kapilarna voda** - ispunjava uske kapilarne pore, kapilarne fragmente na uglovima šupljina. Filmska voda (kao tanki film obavija čestice tla unutar nekapilarnih pora). Vezana voda.

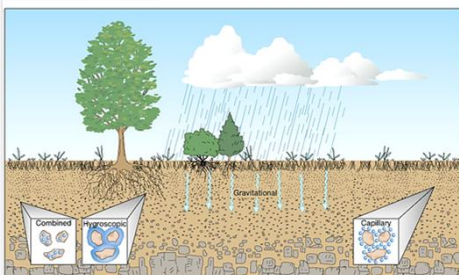
**Cijedna ili gravitacijska voda** - procjeđuje se djelovanjem sile gravitacije kroz nekapilarne pore u descendentnom smjeru.

**Podzemna voda** - nakuplja se na nepropusnom sloju ili horizontu u svim porama.

- na dubini < 2 – 4 m od površine tla
- na dubini 1 – 2 m od površine tla
- unutar 1 m od površine tla

**Zaustavna ili stagnirajuća voda** - unutar 80 cm od površine, a potječe od poplava ili stagnira duži ili kraći period u tom dijelu profila.

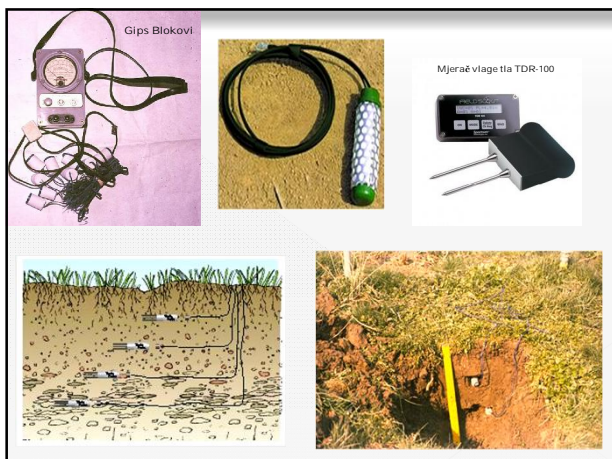
**Voda u obliku vodene pare** - u zraku tla, tj. u porama koje nisu ispunjene tekućom vodom.



Sadržaj vode kod pojedinih vodnih konstanti se određuje u laboratorijskim uvjetima pomoću pF aparature - tlačnog ekstraktora i tlačne membrane uz pozitivne tlakove zraka.

Niži negativni tlakovi se mogu postići i pomoću kutije s pijeskom ili kaolinom.





## FIZIKALNO-MEHANIČKA SVOJSTVA I PLODNOST TLA

# 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.

**FIGURE 18.1** Schematic of variation of concentrations of  $O_2$  and  $CO_2$  in soil and atmosphere.

Sastav zraka u atmosferi i tlu

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

### KISIK

- oksidacijski procesi (trošenje minerala, humifikacija, mineralizacija), disanje biljnog korijenja i faune u tlu
- optimalni sadržaj je - 20 %
- snižavanje koncentracije je praćeno smanjenjem prinosa i kvalitete poljoprivrednih kultura
- u anaerobnim uvjetima biljna hraniva prelaze u biljkama nepristupačne oblike

U oraničnim horizontima većine poljoprivrednih tala koncentracija  $O_2$  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. U pravilu se s dubinom, uslijed slabe aeracije, znatno smanjuje ⇒ u slabo aeriranim tlima u vlažnom periodu iznosi - 10 %, a često i - 5 % slobodnog  $O_2$ .

Izvor: Lal, Shukla (2004)

## UGLJIKOV(IV)-OKSID

- visoka koncentracija negativno djeluje na sjeme, korijen i prinos poljoprivrednih kultura.
- proces trošenja minerala i migracija nastalih produkata.
- otopina tla zasićena s  $\text{CO}_2$  otapa niz teško topivih spojeva u tlu ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{FeCO}_3$ )
- koncentracija  $\text{CO}_2$  do 1 % u površinskom horizontu u uvjetima normalnog vlaženja povećava prinos biljaka  $\Rightarrow$  više  $\text{CO}_2$  za asimilaciju biljaka.
- negativan utjecaj  $\text{CO}_2$  na klijanje sjemena i razvoj biljnog korijena se javlja kada ga u tlu ima > 3 %.

$$\text{CO}_2 + \text{O}_2 = \sim 21 \%$$

**DUŠIK** je značajan za nitrogene bakterije –

simbiotske i nesimbiotske. Sadržaj u tlu minimalno varira zbog azotofiksacije 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 njoj temperaturi, a maksimalno iznosi 4 %vol.

## KAPACITET TLA ZA ZRAK

predstavlja sposobnost tla da u određenom fizikalnom stanju upija i zadržava zrak u porama.

Između kapaciteta tla za zrak i kapaciteta tla za vodu postoji negativna korelacija.

**Maksimalni kapacitet tla za zrak** – maksimalna količina zraka koju tlo sadrži u suhom stanju  $\Rightarrow$  tlo sadrži samo higroskopnu vlagu  $\Rightarrow$  čine ga adsorbirani i slobodni plinovi u porama.

**Maksimalni kapacitet tla za zrak = ukupna poroznost tla**

**Apsolutni kapacitet tla za zrak** = volumen pora koje su ispunjene zrakom kada je tlo zasićeno do retencijskog (poljskog) kapaciteta za vodu, odnosno kada su mikropore ispunjene vodom, a makropore zrakom.

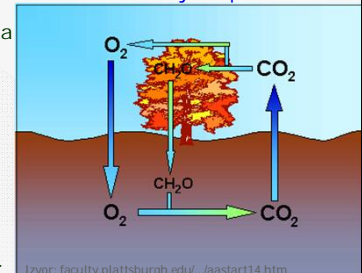
$$K_z = P - K_v (\% \text{vol.})$$

## 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**.

Mehanizam izmjene plinova u tlu



**Intenzitet aeracije** ovisi o: razlici u parcijalnom tlaku i propusnosti tla za zrak,

- aerobni mikroorganizmi ubrzavaju aeraciju (troše  $\text{O}_2$  i oslobađaju  $\text{CO}_2$ )
- 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).

**Difuzija** – kretanje plinova kroz poroznu sredinu. Uzrok je **razlika u parcijalnom tlaku pojedinih plinova ( $\text{O}_2$  i  $\text{CO}_2$ ) u zraku tla i zraku atmosfere**, a prestaje uspostavljanjem dinamične ravnoteže.

- intenzitet ovisi o gradijentu 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,

Samo velika količina oborina uspijeva iz makropora istisnuti zrak, a to se događa kod lošeg navodnjavanja.

Ako je kišnica zasićena kisikom tada 1cm oborina unese u tlo oko 0,3 l m<sup>-2</sup> kisika, na 20 °C pri normalnom atmosferskom tlaku (Kohnke, 1968.).

**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 podrivanje.

## Uzorkovanje zraka tla



## FIZIKALNO-MEHANIČKA SVOJSTVA I PLODNOST TLA

## 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 jugoistočne, sredinom sezone južne, a na završetku jugozapadne 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.

**Tekstura i struktura tla** - glinasta tla su vlažnija, sporije se zagrijavaju, dulje zadržavaju toplinu od pjeskovitih. Kod dobro strukturiranih tala brže je zagrijavanje.

**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 zagrijavaju 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. Podložna je dnevnim i sezonskim kolebanjima.

a) dnevne oscilacije:

- do 30 cm dubine  $\leq 3$  °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 prijeđe put od 10 cm za oko 3 h,
- površinski horizonti tla se zagrijavaju 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 vjetera, kiše, snijega i sl.

### TOPLINSKA SVOJSTVA

**Specifični toplinski kapacitet** – količina topline (cal ili J) potrebna da se zagrije 1 g (*težinska specifična toplina*) ili 1 cm<sup>3</sup> (*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).

**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 cm<sup>2</sup> u sekundi, pod uvjetom da je razlika u temperaturi između gornje i donje granične plohe sloja tla 1°C.

Jedinica mjere =  $\frac{J}{cm \cdot s \cdot ^\circ C}$ .

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.

