

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
**Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
 Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
 Vladimira Preloga 1, HR-31000 Osijek, Croatia,  
 Zavod za biljnu proizvodnju i biotehnologiju  
 Katedra za opću proizvodnju bilja i agroklimatologiju  
[www.opb.com.hr](http://www.opb.com.hr)  
 e-mail: [djug@fazos.hr](mailto:djug@fazos.hr)

# Agroklimatologija (vježbe-I)

**Studijski program:** Preddiplomski stručni studij VINOGRADARSTVO - VINARSTVO - VOĆARSTVO  
**Naziv predmeta:** Agroklimatologija  
**Kod predmeta:** VVV-AGK  
**Status predmeta:** obavezni  
**Nositelji predmeta:** prof. dr. sc. Danijel Jug  
**Vrsta izvođenja nastave:** 30 sati predavanja; 15 sati vježbi  
**Predavač na predmetu:** Prof. dr. sc. Danijel Jug



## MJERNE JEDINICE

Osnovne SI-jedinice

naziv	znak	veličina
metar	m	duljina
kilogram	kg	masa
sekunda	s	vrijeme
amper	A	jakost električne struje
kelvin	K	termodinamička temperatura
mol	mol	množina (količina tvari)
kandela	cd	svjetlosna jakost

MJERNE JEDINICE

Predmeti za tvorbu decimalnih jedinica

predmet	znak	vrijednost	predmet	znak	vrijednost
eksa	E	$10^{18}$	deci	d	$10^{-1}$
peta	P	$10^{15}$	centi	c	$10^{-2}$
tera	T	$10^{12}$	mili	m	$10^{-3}$
giga	G	$10^9$	mikro	$\mu$	$10^{-6}$
mega	M	$10^6$	nano	n	$10^{-9}$
kilo	k	$10^3$	piko	p	$10^{-12}$
hekto	h	$10^2$	femto	f	$10^{-15}$
deka	da	10	ato	a	$10^{-18}$

Jedinice za ploštinu

čtvorni metar	$m^2$
čtvorni kilometar	$km^2 = 10^6 m^2 = 100 ha$
čtvorni decimetar	$dm^2 = 10^{-2} m^2 = 100 cm^2$
čtvorni centimetar	$cm^2 = 10^{-4} m^2 = 100 mm^2$
čtvorni milimetar	$mm^2 = 10^{-6} m^2 = 10^{-2} cm^2$
hektar	$ha = 10^4 m^2 = 100 a$
ar	$a = 100 m^2$

Jedinice za obujam

kubni metar	$m^3$
kubni kilometar	$km^3 = 10^9 m^3$
kubni decimetar	$dm^3 = 10^{-3} m^3 = 10^3 cm^3$
kubni centimetar	$cm^3 = 10^{-6} m^3 = 10^3 mm^3$
kubni milimetar	$mm^3 = 10^{-9} m^3$
hektolitar	$hL = 0.1 m^3$
litra	$L = dm^3 = 10^{-3} m^3$
decilitar	$dL = 0.1 L = 10^{-4} m^3$
mililitar	$mL = 10^{-3} L = 10^{-6} m^3 = cm^3$

Opaska: Jedinica litra ima dva zakonita znaka: L l

**MJERNE JEDINICE**

**Jedinice za vrijeme**

sekunda	s
dan	$d = 8,64 \times 10^4 \text{ s} = 24 \text{ h}$
sat	$h = 3,6 \times 10^3 \text{ s} = 60 \text{ min}$
minuta	$\text{min} = 60 \text{ s}$
milisekunda	$\text{ms} = 10^{-3} \text{ s}$
mikrosekunda	$\mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$

**Jedinice za masu**

kilogram	kg
dekagram	$\text{dag} = 10^{-2} \text{ kg} = 10 \text{ g}$
gram	$\text{g} = 10^{-3} \text{ kg} = 0,1 \text{ dag}$
miligram	$\text{mg} = 10^{-6} \text{ kg} = 10^{-3} \text{ g} = 1000 \mu\text{g}$
mikrogram	$\mu\text{g} = 10^{-9} \text{ kg} = 10^{-6} \text{ g} = 10^{-3} \text{ mg}$
tona	$\text{t} = 10^3 \text{ kg}$

Opaska. Nisu zakonite jedinice: metrička centa (kvintal), q = 100 kg, vagon = 10 t.

**MJERNE JEDINICE**

**Jedinice za gustoću**

kilogram po kubnom metru	$\text{kg/m}^3$
kilogram po kubnom decimetru	$\text{kg/dm}^3 = \text{kg/L} = \text{g/cm}^3 = \text{t/m}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$
gram po kubnom decimetru	$\text{g/dm}^3 = \text{g/L} = \text{kg/m}^3$
gram po kubnom centimetru	$\text{g/cm}^3 = \text{g/mL} = \text{kg/dm}^3 = \text{t/m}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$
gram po kubnom milimetru	$\text{g/mm}^3 = \text{g/}\mu\text{L} = 10^3 \text{ kg/dm}^3 = 10^6 \text{ kg/m}^3$
tona po kubnom metru	$\text{t/m}^3 = \text{kg/dm}^3 = \text{g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$

**Neke stare domaće mjere**

- 1 hvat (1,8965 m) = 6 stopa
- 1 stopa (0,3161 m) = 12 palaca ("cola")
- 1 palac (inch, zol) = 2.54 cm
- 1 kvadratni hvat = 3.59665 m<sup>2</sup>
- 1 jutro (ral) = 1600 kvadratnih hvati = 0.57546 ha
- 1 ha = 2780 kvadratnih hvati = 1.7377 jutra
- 1 lanac = 2000 kvadratnih hvati = 0.71933 m<sup>2</sup>
- 1 dunum (dulum) = 1000 m<sup>2</sup>

**MJERNE JEDINICE**

**Mjere u Engleskoj i SAD-u**

1 engleska milja (1.60931 km) = 1760 jarda (Yd)  
 1 yard (0.914 m) = 3 stope  
 1 stopa = 0.3048 m  
 1 acre (of land) = 0.4047 ha  
 1 (engleski) galon (gll) = 4.54 L  
 1 (američki) galon (agll) = 3.875 L  
 1 (engleski) bushel (bsh) = 8 galona = 36.35 L  
 1 (američki) bushel (absh) = 35.24 L  
 1 engleska tona (1016 kg) = 20 centveda (Cwt) = 2240 engleskih funti (elb)  
 1 američka tona (907.2 kg) = 2000 američkih (=engleskih) funti  
 1 engleska funta (1 elb = 453.6 g) = 16 onza (oz)  
 1 oz = 28.35 g

**MJERNE JEDINICE**

**Jedinice za temperaturu (temperaturne ljestvice)**

Celzijeva skala (°C)	-273.15	-17.78	0	~37	100
Fahrenheitova skala (°F)	-459.67	0	32	~100	212
Kelvinova skala (°K)	0	255.37	273.15	~310.15	373.15

**Jedinice za snagu**

Vat (watt)  $W = \text{kg} \times \text{m}^2 / \text{s}^3$   
 Konjska snaga  $KS = 0.735499 \text{ kW}$  (nije zakonita jedinica)

**Jedinice za energiju**

Džul (joule)  $J = \text{kg} \times \text{m}^2 / \text{s}^2$   
 Kalorija  $\text{cal} = 4.1868 \text{ J}$

SVJETLOST

## SVJETLOST

Izvor svjetlosti na zemlji je sunce

Od ukupne solarne radijacije koja na gornjoj granici atmosfere iznosi  $1,36 \times 10^{26} \text{ kW/m}^2$ , što predstavlja tzv. "solarnu konstantu"

Na površinu tla dospije cca 43%, reflektira se s gornjeg ruba atmosfere cca 42%, a 15% se apsorbira u atmosferi – rasprši se na molekulama zraka, kišnim kapima, česticama prašine

Stoga, na površinu tla stigne  $0,9 - 1,1 \times 10^{26} \text{ kW/m}^2$ . Pri oblačnom vremenu na tlo stigne cca 27% od one pri vedrom vremenu

Tri su aspekta sunčeve svjetlosti:

1. - kvalitet, odnosno sastav spektra (kakvoća)
2. - intenzitet ili količina svjetlosti u jedinici vremena po jedinici površine
3. - količina svjetlosti - "duljina dana"

SVJETLOST

## SVJETLOST

Kakvoća svjetla ili spekatar, predstavlja prisustvo zraka različite valne dužine

ultra-ljubičasta	ljubičasta	plava	zelen	žuta	narančasta	crvena	infra-crvena
400	440	492	565	595	620		760 nm

The diagram illustrates the electromagnetic spectrum. At the top, a yellow sun icon labeled 'SUN RAY' emits 'ELECTROMAGNETIC WAVE'. The spectrum is divided into 'VISIBLE' and 'INVISIBLE' regions. The visible spectrum is shown as a rainbow with color labels: COSMO RAY, GAMA RAY, X-RAY, ULTRA VIOLET, VIOLET, BLUE, GREEN, YELLOW, ORANGE, RED, INFRARED RAY, MICRO WAVE, LONG WAVE, and RADIO WAVE. Below this, the INFRARED RAY region is further divided into NEAR, MEDIUM, and FAR INFRARED RAY. A box labeled 'BIOSOLAR RAYS' encompasses the visible spectrum and the near-infrared region. A small diagram at the bottom left shows a wave with the label 'Za svjetlo valna dužina' and 'Raspodoba, kao i gubine'.

**SVJETLOST**

*Intenzitet svjetlosti*

*Intenzitet svjetla*: predstavlja količinu svjetla u jedinici vremena po jedinici površine. Mjeri se *luksmetrom*, a izražava se u luksima (lx)

Na ulasku u atmosferu postoji samo *izravno sunčevo zračenje*, dok je na dnu atmosfere prisutno, osim izravnog, i *raspršeno ili difuzno zračenje*. Za biljku je važno *ukupno ili globalno zračenje*, koje zbroj izravne i raspršene komponente

Fenomen odbijanja Sunčevog zračenja s površine naziva se *albedo*.

$$albedo = \frac{odbijeno\ zračenje}{upadno\ zračenje} \times 100$$

Albedo: - snijeg 85 %  
- tlo 10-30 %

**SVJETLOST**

- 1. Tijekom dana** intenzitet svjetla se mijenja. U jutro i navečer je najmanji, a tijekom dana raste, dostiže maksimum u podne i ponovo pada prema zalazu sunca.
- 2. Nagib, odnosno visina sunca** u godišnjim dobima (nisko sunce zimi, visoko ljeti) što je veći kut osvjetljenja, jači entitet (mali kut u zimi, okomito sunce u ljeti!)
- 3. Ekspozicija i inklinacija** (položaj terena prema suncu i nagib)  
Južna strana, jače nagiba prema suncu – veći intenzitet. Na sjevernoj obratno.
- 4. Naoblaka**  
Uz oblačno vrijeme slabi intenzitet, ovisno o duljini oblačnog sloja
- 5. Onečišćenje atmosfere**: prašina smanjuje intenzitet, ali i druge primjese – magla, plinovi, smog
- 6. Vrlo važno** je za spomenuti da, u pravilu, manji intenzitet prati veća zastupljenost zraka dugog vala.
- 7. Geografska širina**  
Najjači je intenzitet na ekvatoru i smanjuje se prema polovima.
- 8. Agrotehnika** – gustoća sklopa  
Gusti sklopovi zasjenjuju biljke i smanjuju intenzitet

Relativno trajanje insolacije je stvarno trajanje izraženo u postocima od mogućeg

$$\text{relativno trajanje insolacije} = \frac{\text{stvarno trajanje}}{\text{moguće trajanje}} \times 100$$

**SVJETLOST**

Količina svjetlosti - "duljina dana"

Dužina dana na Zemlji nije jednaka na svim geografskim širinama. Najkraći je dan na ekvatoru (10–12 sati) i sve je duži, idući prema polovima

"fotoperiodička reakcija" prilagodba kulturnih biljaka na duljinu dana u pogledu fotosinteze, rasta i razvoja. Tako postoje:

- biljke dugog dana
- biljke kratkog dana i
- neutralne biljke

**SVJETLOST**

*Instrumenti*

a) instrumenti za mjerenje sunčeva zračenja:

- *pirheliometar* – mjeri se izravno zračenje
- *piranometar* – mjeri se globalno zračenje
- *difuzometar* – mjeri se samo raspršeno zračenje
- *albedometar* – mjeri se sunčevo zračenje odbijeno od površine tla, vode, biljnog pokrova i sl.

b) instrumenti za mjerenje trajanja insolacije:

- *heliograf* – iskorištavaju toplinsko ili fotokemijsko djelovanje izravnih sunčevih zraka

c) instrumenti za mjerenje osvjetljenja

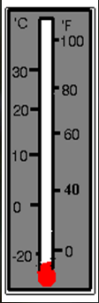
- *luksmetar* – mjeri se izravno, raspršeno ili globalno osvjetljenje

**TEMPERATURA**

## TEMPERATURA

Glavni izvor topline na zemlji je sunce

Temperatura je samo indikator toplinskog stanja.



Atmosfera se zagrijava toplinskom radijacijom kopna i mora, jer sunčevo zračenje prolazi kroz atmosferu a da je praktički ne zagrijava. Aktivna površina prima globalno zračenje i protuzračenje atmosfere, koje najvećim dijelom upija, te se zbog toga zagrijava

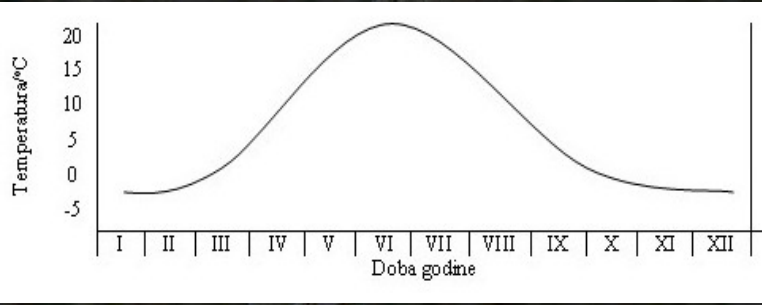
Za agrikulturu su najvažnije termičke prilike prizemnih slojeva atmosfere (do 3 m visine iznad tla u prosjeku), jer u tom sloju žive glavni članovi agrobiocenoze

Standardni meteorološki podaci o temperaturi zraka ne bilježe se u prizemnom sloju gdje živi većina živih bića, već na visini od 2 m iznad tla. Ovo je standard dogovoren na međunarodnoj razini kako bi podaci bili usporedivi

**TEMPERATURA**

*Godišnji hod temperature zraka* obično se prikazuje nizom od 12 srednjih mjesečnih vrijednosti temperatura dobivenih iz mjerenja u klimatološkim terminima u 7, 14 i 21 sat

Grafikon: Godišnji hod temperature zraka u Osijeku



Mjesec	Temperatura (°C)
I	-2
II	-1
III	1
IV	4
V	8
VI	14
VII	21
VIII	16
IX	10
X	5
XI	1
XII	-2



**TEMPERATURA**

*Godišnji raspon temperature zraka* je razlika između srednje temperature najtoplijeg i najhladnijeg mjeseca

*Apsolutni raspon temperature zraka* ili apsolutno kolebanje temperature je razlika između najviše i najniže stvarno izmjerene vrijednosti

Srednja mjesečna temperatura prikazana je *izotermama*, tj. linijama koje spajaju mjesta jednake temperature

U poljoprivredi su važni podaci o broju dana sa karakterističnim vrijednostima temperaturnih ekstrema, a najvažniji su:

- *hladni dani* – najniža dnevna temperatura manja od 0°C i
- *vrući dani* – najviša dnevna temperatura veća od 30°C

**TEMPERATURA**

*Mjerenje temperature zraka*

Instrumenti za mjerenje temperature zovu se *termometri*

Za izradu klasičnih meteoroloških termometara upotrebljava se *živa, alkohol, toluol* i druge tekućine kojima je promjena temperature proporcionalna promjeni volumena. Takvi se termometri sastoje od uske kapilare i rezervoara. Na vrhu je kapilara zataljena. Rezervoar i dio kapilare su ispunjeni tekućinom, a u ostalom dijelu kapilare je vakuum. Iza kapilare je skala podijeljena na stupnjeve. To su jednaki razmaci dobiveni diobom osnovnog razmaka između osnovnih točaka, ledišta i vrelišta vode

<b>Celzijeva skala (°C)</b>	<b>-273.15</b>	<b>-17.78</b>	<b>0</b>	<b>~37</b>	<b>100</b>
<b>Fahrenheitova skala (°F)</b>	<b>-459.67</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>~100</b>	<b>212</b>
<b>Kelvinova skala (°K)</b>	<b>0</b>	<b>255.37</b>	<b>273.15</b>	<b>~310.15</b>	<b>373.15</b>

TEMPERATURA

Za preračunavanje temperatura iz jedne u drugu skalu vrijede jednadžbe:

$$t = \frac{5}{9}(t_F - 32)$$

$$t_F = (1.8t + 32)$$

t – temperatura iskazana Cezijevim stupnjem  
 t<sub>F</sub> – temperatura iskazana Fahrenheitovim stupnjem

U meteorologiji se upotrebljavaju tri vrste termometara:

- obični
- maksimalni
- minimalni

Obični termometar

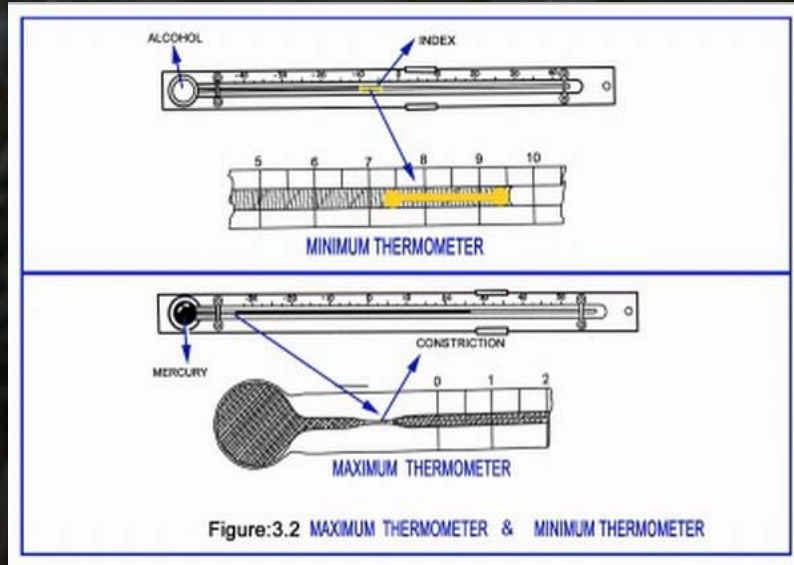
TEMPERATURA

The diagram illustrates the components and usage of a standard thermometer. Part (a) shows the full thermometer with a scale from 20 to 2. Part (b) shows two close-up views of the scale: one for a positive temperature of 14.5°C and one for a negative temperature of -6.1°C. Part (c) shows the bulb of the thermometer with three viewing angles: two labeled 'neispravno' (incorrect) and one labeled 'ispravno čitanje' (correct reading), which is perpendicular to the scale.

a) Vanjski izgled, b) stanje termometra pri navedenim temperaturama, c) položaj oka pri očitavanju

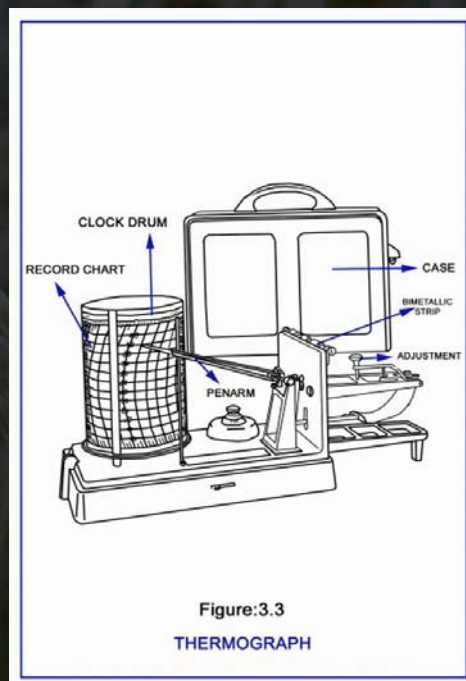
TEMPERATURA

Maksimalni i minimalni termometar



TEMPERATURA

Termograf



**TEMPERATURA**

*Termograf* služi za automatsko bilježenje temperature

*Termometrijski (meteorološki) zaklon* su zakloni za termometre kako ne bi bili obasjani suncem ili izloženi nekom drugom zračenju. Prema međunarodnom dogovoru, kućice se postavljaju na 2 m visine, zidovi su napravljeni od dva reda drvenih letvica, a postavljaju se na travnato tlo sa vratima okrenutim na sjever



**VODA**

Voda se na zemlji pojavljuje u sva tri agregatna stanja: *krutom* (led, snijeg), *tekućem* (voda, kiša, rosa) i *plinovitom* (vodena para). Prijelaz jednog stanja u drugo je neprekidno, stoga je voda najnestabilniji klimatski element

*Gustoća vode* je  $1 \text{ kg/dm}^3$ , te količinu vode možemo prikazati, umjesto obujmom, masom. No, obično se količina vode prikazuje visinom sloja na ravnoj podlozi. Debljina vodenog sloja od 1mm na ravnoj podlozi od  $1\text{m}^2$  jednaka je  $1\text{dm}^3$  (odnosno 1 litra)

*Evaporacija* je spontano odlaženje molekula vodene pare iz vode ili leda. Isparavanje se povećava ako se povisi temperature podloge i zraka, ako se pojača vjetar i ako je zrak suh. Za isparavanje 1 g vode iz tekućeg agregatnog stanja potrebno je utrošiti oko 2 514 J topline

*Transpiracija* je proces isparavanja vode kroz biljku preko lista, stabljike i drugih njezinih dijelova. Oko 70 - 100% ukupne količine isparene vode otpada na aktivnu transpiraciju kroz puči (stomata), a ostatak na pasivnu, koja teče preko biljne opne, kutikule

**VODA**

*Evapotranspiracija* je zajednički naziv za isparavanje vode s tla i iz biljaka, a razlikujemo *potencijalnu* i *stvarnu evapotranspiraciju*.

*Potencijalna evapotranspiracija (PET)* nije ograničena nedostatnom količinom vode, odnosno to je maksimalno moguća evapotranspiracija u okolnostima određenim neto-iznosom zračenja odnosno temperaturom, vlagom zraka i brzinom vjetra.

*Stvarna evapotranspiracija (SET)* je ona transpiracija koja se realno događa, a ograničena je nizom elemenata, a prvenstveno potencijalnom evapotranspiracijom

Transpiracijski koeficijent:  
predstavlja količinu vode potrebnu za izgradnju 1 kg suhe organske tvari.

<i>Kultura</i>	<i>Transpiracijski koeficijent</i>
Pšenica	450-600
Kukuruz	250-300
Riža	500-800
Pamuk	300-600
Konoplja	600-800
Trave	500-700
povrće	500-800

**VODA**

*Instrumenti za mjerenje količine isparene vode*

Među instrumentima razlikujemo tri osnovna tipa:

- atmometre
- evaporimetre
- evapotranspirometre

*Atmometar* je opći naziv za uređaj u kojem se vodaisparava kroz pore na stijenkama, a najpoznatiji su: *Picheov* i *Mitscherlichov* atmometar. Ovi instrumenti simuliraju transpiraciju preko biljaka.

*Evaporimetar* je posuda napunjena vodom s uređajem za mjerenje količine isparene vode. On predočava evaporaciju s otvorenih vodenih površina ili iz tla. Prema veličini posude razlikujemo velike i male evaporimetre. Veliki evaporimetar je *uređaj klase A*, a u male se ubrajaju *Wildov* i *Popovljevi evaporimetar*.

*Evapotranspirometri* su instrumenti koji mjere ukupnu evapotranspiraciju, tj. transpiraciju biljaka i evaporaciju tla. Još ih zovemo i *lizimetri* (grč. *Lysis* = oslobađanje, rastavljanje). Lizimetri daju najtočnije podatke o isparenoj vodi.

**VODA**

**Voda u tlu**

Voda se u tlu obično iskazuje u milimetrima ili kao relativna vlažnost tla (omjer mase vode u tlu i mase osušenog tla).

Jednadžba vodne bilance je metoda pomoću koje se može (u nedostatku mjernih instrumenata) približno točno odrediti stanje vlažnosti tla, a formula glasi:

$$W_o + W_n + W_d = W_e + W_c + W_p$$

Wo – oborine,  
 Wn – umjetno natapanje,  
 Wd – dubinska voda,  
 We – evapotranspirirana voda,  
 Wc – procjeđena voda u dubinu,  
 Wp – površinsko otjecanje

**VODA**

**Voda u zraku**

Pod vlagom u zraku podrazumijevamo samo vodenu paru primiješanu ostalim plinovima u atmosferi, a ne kapljice vode ili led

Svakoj temperaturi odgovara maksimalno moguća količina vodene pare. Kada je ta količina postignuta, kondenzira se upravo toliko vodene pare koliko je isparavanjem došlo u zrak. Kažemo da je vodena para tada u zasićenom stanju

Tlak kojim djeluje vodena para u zasićenom stanju zove se *ravnotežni tlak* ili tlak pri zasićenju.

Relativna vlažnost je omjer između stvarnog i ravnotežnog tlaka vodene pare, a iskazuje se u postocima po formuli:

$$u = \frac{p_v}{P_V} \times 100$$

**VODA**

Relativna vlažnost pokazuje koliko se vodene pare nalazi u zraku prema maksimalnoj količini, koju bi zrak mogao sadržavati uz tu temperaturu.

Relativna vlažnost 50% znači da se u zraku nalazi samo polovica količine vodene pare koju bi zrak uz istu temperaturu mogao primiti

Apsolutna vlažnost određuje se omjerom mase vodene pare i volumena zraka, a dobije se iz plinske jednačbe po formuli:

$$a_v = 0.217 \times \frac{p_v}{T}$$

Rosište  $\tau$  je temperatura pri kojoj bi nastupila kondenzacija vodene pare. Ta se temperatura može postići tako da se npr. uz nepromijenjenu količinu vodene pare zrak ohlađuje do zasićenosti

**VODA**

Instrumenti za mjerenje vlažnosti zraka

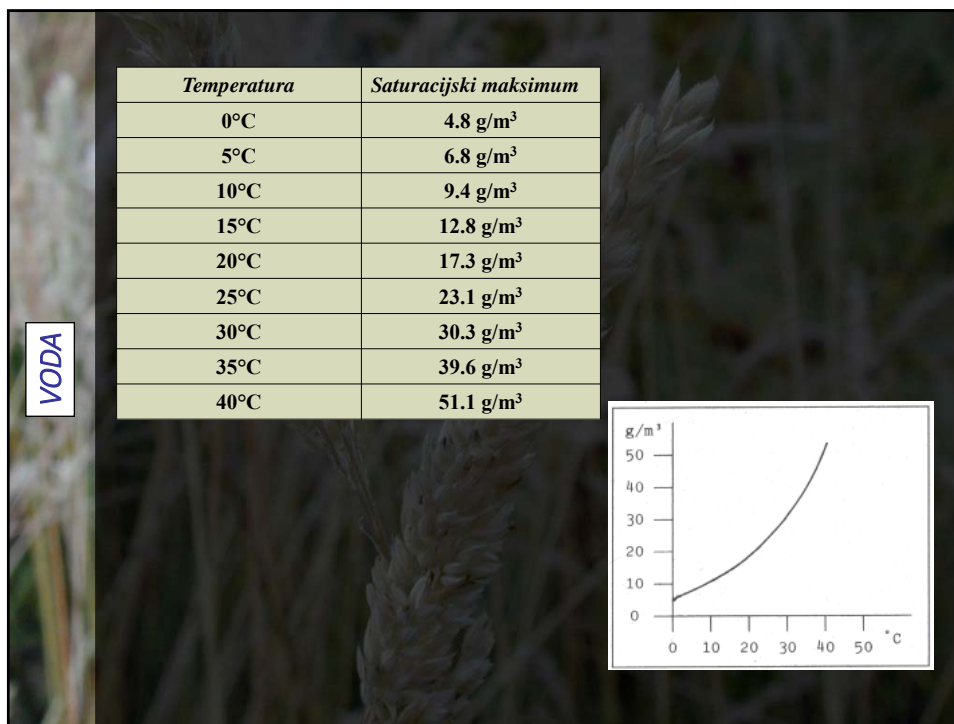
Psihrometar je instrument koji se sastoji od dvaju jednakih termometara (jedan se naziva *mokri*, a drugi *suhi*), a služi za određivanje tlaka vodene pare indirektnim načinom.

Postoji nekoliko vrsta psihrometara:

- Augustov psihrometar
- Aspiracijski psihrometar
- Assmannov aspiracijski psihrometar
- Obrtni psihrometar

Higrometri su instrumenti za mjerenje relativne vlažnosti zraka, a higrograf je instrument koji trajno zapisuje relativnu vlažnost zraka

Raspodjela vlage u zraku prikazuje se na geografskim kartama linijama jednake vlažnosti, izohigrama



**OBLACI I OBORINE**

Kondenzacija počinje na kondenzacijskim jezgrama, čija je koncentracija promjenjiva. Jezgre prema veličini dijelimo na:

- sitne ili *Aitkenove*  $\phi < 0,1 \mu\text{m}$
- velike  $\phi 0,1-1 \mu\text{m}$
- *gigantske*  $\phi > 1 \mu\text{m}$

Kondenzacijske jezgre potječu iz prirodnih izvora ili ih stvara čovjek svojom djelatnošću. Vodu upijaju zato što su higroskopne. Kao takve, one počinju djelovati već kad relativna vlažnost poraste na oko 70%, dakle kad zrak još uopće nije zasićen vodenom parom. Ako se zrak ohlađuje i relativna vlažnost dalje povećava, sve će se više molekula vode taložiti na jezgrama. O kapljicama vode možemo govoriti kad se zrak ohladi do temperature rosišta. Veličina nastalih kapljica ovisi o veličini kondenzacijskih jezgara

Sublimacija je izravan prijelaz vodene pare iz plinovitog u kruto stanje. Ona se zbiva na sublimacijskim ledenim jezgrama



**OBLACI I OBORINE**

Prema morfološkoj klasifikaciji oblake možemo svrstati u deset rodova:

- Cirrus (Ci)
- Cirrocumulus (Cc)
- Cirrostratus (Cs)
- Altocumulus (Ac)
- Altostratus (As)
- Nimbostratus (Ns)
- Stratocumulus (Sc)
- Stratus (St)
- Cumulus (Cu)
- Cumulonimbus (Cb)

Osnovni su oblici:

- *vlaknasti oblaci*
- *slojeviti oblaci*
- *grudasti oblaci*

Prema visini podnice oblaka dijelimo ih na:

- visoke, između 5 i 13 km
- srednje, između 2 i 7 km
- niske, do 2 km

**OBLACI I OBORINE**

*Naoblaka* odnosno, njihova ukupna količina, kao i rodovi i vrsta oblaka ocjenjuju se na meteorološkim stanicama.

*Naoblaka se iskazuje u desetinama zastrte površine neba*, a ocjena se donosi vizualno. Naoblaku procjenjujemo u skali od 0-10.

Raspodjelu naoblake na Zemlji prikazuju *izonefe* (linije jednake naoblake)

Mjerenje količine oborina

Kao mjera za količinu oborine uzima se visina sloja vode koji bi na vodoravnom tlu dala oborina uz uvjet da nema nikakvih gubitaka zbog isparavanja, otjecanja ili upijanja u tlo.

Instrument za mjerenje količine oborine zove se *kišomjer* ili *ombrometar*. Kod na se upotrebljava *Hellmanov* kišomjer

OBLACI I OBORINE

1 mm kiše je ekvivalent 1 l vode na kvadratni metar površine, dokaz:

$$100\text{cm}^2 \times 0.1\text{cm} = 1000\text{cm}^3 = 1\text{L}$$

Ombrograf je instrument koji bilježi količinu i vrijeme padanja, a razlikujemo dva tipa, *pluviograf* i *nifograf*.

Totalizator je instrument koji mjeri količinu oborina u nenastanjenim i teško pristupačnim krajevima.

Drosometar je instrument kojim se mjeri jačina rose.

Debljina snijega određuje se jednom dnevno i iskazuje u centimetrima. Također se određuje gustoća i sadržaj vode snijega

OBLACI I OBORINE

Potrebe kulturnog bilja za vodom su različita a diktira ih "transpiracijski koeficijent" (potrebna količina vode za stvaranje 1 kg suhe tvari)

Opća geofizička podjela klime:

Ukupna količina oborina	Oznaka aridnosti i humidnosti
< 250 mm	aridna
250–500	semiaridna
500–1000	subhumidna
1000–1500	humidna
1500–4000	gradacije perhumidne

**OBLACI I OBORINE**

*Oblici oborina*

Kondenzacijom i sublimacijom nastaju sitne kapljice i prizme dimenzija približno 10  $\mu\text{m}$ . Takve nakupine tvore oblak i zovemo ih oblačnim elementima

Narastu li oblačne tvorevine na više od 100  $\mu\text{m}$ , mogu do tla doprijeti kao rosulja

U vodenim oblacima kišne kapi mogu nastati povećanjem sitnih oblačnih kapljica. Kišne kapi nastaju združivanjem više sitnih kapljica u veću, i to: spajanjem pri njihovu sudaru (koalescencijom) ili zgrušnjavanjem (koagulacijom)

Porast kristala u čistom ledenom oblaku ovisi o brzini sublimacije vodene pare na kristalu ili o međusobnom spajanju kristala pri dodiru i sudaru. Sudarom se dva ili više kristala sljepljuje, pa nastaju pahuljice snijega. Ako se pahuljice na putu ispod oblaka otople, pada kiša, a ako se ne otople pada snijeg

Susnježica je kiša pomiješana sa snijegom

10 cm snijega = 1mm vode

**OBLACI I OBORINE**

Tvorevine sa snježnom strukturom su bijele i neprozirne jer je smrzavanje pothlađenih kapljica na ledenim kristalima brzo. Između pojedinih naglo zaleđenih kapljica ostaju molekule zaleđenog zraka. Padnu li takve krute čestice do tla, daju oborinu poznatu pod imenom snijeg, solika i zrnati snijeg. Solika je bijela i neprozirna

Tvorevine s ledenom korom su prozirne ili poluprozirne. One nastaju sudarom pothlađenih kapljica s ledenim kristalima, ali tako da se sva voda ne smrzne naglo, nego se jedan dio vode najprije razlije po kristalu i tek onda postupno prelazi u kruto stanje. Takvu oborinu nazivamo ledenim zrnima, sugradicom i tučom

Tuča je oborina sastavljena od kuglica ili nepravilnih komada leda. Promjer im je znatan od 5 – 50 mm, ali i veći. Tuča pada isključivo iz Cumulonimbusa, a najčešća je u toplom dijelu godine

Pri vrlo niskim temperaturama kratkotrajno mogu padati ledene iglice, tj. nerazvijeni kristali

**OBLACI I OBORINE**

Osim oborina iz oblaka ima i onih koje nastaju na tlu ili predmetima. To su *rosa*, *inje* i *mraz*

*Rosa* nastaje kondenzacijom vodene pare kad se prizemni sloj zraka ohladi bar do temperature rosišta. Ona se javlja u vedrim noćima i pri slabijem vjetru.

*Injem* nazivamo naslage ledeni kristala na bridovima predmeta, granju i električnim vodovima. Ono nastaje u vrlo hladnim danima u strujanju magle ili gibanju kroz maglu.

*Mraz* nastaje sublimacijom vodene pare na ohlađenim predmetima ili bilju kad je temperatura rosišta niža od 0°C, a zrak se ohladi ispod rosišta. Prema nastanku možemo ga podijeliti na *advekcijski*, *radijacijski* i *evaporacijski*.

**VODA U TLU**

**Proračun fiziološki aktivne vode u tlu**

- Bilanca vode u tlu prema Thornthwaite-u pokazuje stanje ukupne vlažnosti u tlu
- Nije sva količina vode u tlu biljci pristupačna
- **Fiziološki korisna voda** - voda koju biljka može iskoristiti (samo dio ukupnih količina vode u tlu)
- **Mrtva vlaga tla** - dio količina vode tla koju biljni korijen ne može usvojiti
- **Točka venuća** ili **koeficijent uvenuća** - postotak vlage u tlu pri kojem se usisna moć korijena i snaga držanja tla za vodu izjednačuju
- Maksimalni sadržaj fiziološki korisne (produktivne) vlage u tlu predstavlja razliku između **poljskog kapaciteta tla za vodu (Kv)** i **sadržaja mrtve vlage tla**
- **Momentalni (trenutni) sadržaj korisne vode** - razlika između trenutnog sadržaja vode u tlu i sadržaja mrtve, neproduktivne vlage u tlu

**VODA U TLU**

**Proračun:**

Za izračunavanje fiziološki aktivnih količina vode u tlu, potrebno je poznavati osnovna agrohidrološka svojstva tla za svakih 10 cm dubine, kao:

- specifičnu volumnu masu ( $\rho_v$ )
- koeficijent uvenuća
- poljski odnosno retencijski kapacitet tla za vodu

Koeficijent uvenuća ili vlažnost uvenuća - vlažnost tla pri kojoj se nedostatak vlage u stanicama biljke ne nadoknađuje čak ni u uvjetima minimalne transpiracije noću.

**Praktična vrijednost ovog proračuna?**

1. za potrebe navodnjavanja moguće je izračunati – prognozirati, ako se znaju vrijednosti PET-a, nastup trenutka za navodnjavanje i kolike će biti potrebe na vodi
2. kada će nastupiti kritični trenuci u rastu kultura

**VODA U TLU**

$$a = \frac{b \times c \times d \times 10}{100}$$

**a** = ukupni sadržaj korisne vode u sloju za koji se vrši izračunavanje (u mm)

**b** = postotak fiziološki aktivne vode koji se dobije kao razlika između % sadržaja vode u tlu, a to može biti:

- ili poljski vodni kapacitet
- ili retencijski kapacitet
- ili momentalni sadržaj vode i točke uvenuća. Postoci su težinski.

**c** = specifična volumna masa tla –  $\rho_v$ . Ako su podaci o vlazi tla izraženi u volumnim postocima, onda se u formuli "c" ne koristi

**d** = debljina sloja tla u cm

**10** = koeficijent za pretvaranje zaliha vlage iz cm u mm

**100** = koeficijent za pretvaranje postotka vlažnosti u g vode

**VODA U TLU**

**Primjer:**  
Koliko tlo može maksimalno sadržavati korisne vode, ako je do dubine 1 m

- sloj tla do 20 cm
- pv = 1.5
- retencijski kapacitet tla za vodu = 30% (tež.)
- točka uvenuća 7% (tež.)

$$a = \frac{(30-7) \times 1.5 \times 20 \times 10}{100} = 69 \text{ mm}$$

- sloj 20-40 cm
- pv = 1.7
- retencijski kapacitet = 26% (tež.)
- točka uvenuća 9%

$$a = \frac{(36-9) \times 1.7 \times 20 \times 10}{100} = 57.8 \text{ mm}$$

- sloj 40-100 cm
- Stv = 1,3
- retencijski kapacitet = 22% (tež.)
- točka uvenuća = 6%

$$a = \frac{(22-6) \times 1.3 \times 60 \times 10}{100} = 124.8 \text{ mm}$$

Svega za slojeve:  $69 + 57.8 + 124.8 = 251.6 \text{ mm}$

Znači tlo do 1 m dubine može primiti 251.6 mm korisne vode.

**VODA U TLU**

**Proračun dubine prodiranja kiše (oborina) u tlo**

Postavlja se često pitanje do koje će dubine prodrijeti kiša ili dodana voda navodnjavanjem, odnosno koliko bi trebalo oborina ili vode da se tlo navlaži do određene dubine

Ovaj je proračun ovisan o bilanci vode u tlu i momentalnom sadržaju vode u tlu te njegovim hidropedološkim karakteristikama

Za ovakve proračune može se koristiti slijedeći obrazac:

a) Za podatke o volumnim % sadržaja vode

$$\text{Dubina prodiranja vode u tlo (cm)} = \frac{10 \times \text{oborine (mm)}}{\text{retencijski kap. (\%)} - \text{trenutna vlaga (\%)}}$$

**VODA U TLU**

b) Za podatke o težinskim % sadržaja vode

$$\text{Dubina prodiranja vode u tlo (cm)} = \frac{10 \times \text{oborine (mm)}}{\text{retencijski kap. (\%)} - \text{trenutna vlaga (\%)} \times \rho_v}$$

Primjer proračuna:

- Oborine 30mm
- Sadržaj trenutne vlage 20% vol. ili 13.3% tež.
- Retencijski kapacitet tla 30% vol. ili 20% tež.
- Specifična volumna masa tla = 1.5 (pv)

a) Volumni %  $\text{Dubina prodiranja (cm)} = \frac{10 \times 30}{30 - 20} = 30 \text{ cm}$

b) Težinski %  $\text{Dubina prodiranja (cm)} = \frac{10 \times 30}{(20 - 13.3) \times 1.5} = 30 \text{ cm}$

**TLAK ZRAKA**

Od svih meteoroloških elemenata tlak zraka ima najmanji izravni utjecaj na biljni svijet. Ali njegovo je posredno djelovanje preko strujanja i ostalih vremenskih zbivanja vrlo veliko. Poznavanje tlaka zraka ima presudno značenje za analizu i prognozu vremena

Prema definiciji tlak  $p$  je omjer sile  $F$  i površine  $S$ :

$$p = \frac{F}{S}$$

U meteorologiji se tlak zraka iskazuje u *milibarima* ili u *hektopaskalima* ( $\text{mbar} = 10^2 \text{Pa} = \text{hPa}$ )

Tlak zraka numerički je jednak težini vertikalnog stupca zraka koji se pruža od stajališta do vrha atmosfere, a ima jedinični presjek. Tlak se mjeri tako da se težina stupca zraka dovede u ravnotežu s težinom stupca žive.

Prije se tlak zraka iskazivao u milimetrima živina stupca, a novi su barometri baždareni u hektopaskalima. Za preračunavanje tlaka iz milimetara žive u hektopaskale vrijedi odnos:  $\text{mmHg} \times 1.3332 = \text{hPa}$

**TLAK ZRAKA**

Instrument za mjerenje tlaka zove se *barometar*

*Aneroid* je također instrument za mjerenje tlaka zraka. To je tzv. Metalni barometar, na kojem se tlak određuje prema deformaciji elastične kutije.

*Barograf* je instrument za automatsko registriranje tlaka

*Izobare* pokazuju oblik baričkog polja. Ti oblici imaju nazive adekvatne tipovima reljefa zemljišta. Tako u području niskog tlaka imamo *depresije, korita, doline*, a u području visokog tlaka *barometarski maksimum, greben* i *most*, dok se prijelaz između dva niska i dva visoka dijagonalno položena tlaka naziva *sedlo*

*Gibanje zraka*

Iznad nehomogene podloge zrak se ne zagrijava jednoliko. Zato ni izobarne plohe nisu paralelne s tlom. Zbog razlike tlaka javlja se tzv. *gradijentska sila* (gradijent = razlika zračnog pritiska između dvaju mjesta na istoj nadmorskoj visini), koja nastoji izjednačiti horizontalne razlike. Vjetar, kao i uopće strujanje, posljedica je djelovanja gradijentske sile zbog nejednakog tlaka u horizontalnoj ravnini. Dakle, primarni uzrok nejednakog tlaka različita je brzina grijanja ili hlađenja zraka nad nehomogenom podlogom

**TLAK ZRAKA**

*Ciklona* je polje niskog tlaka i donose oblačno vrijeme i oborine.  
*Anticiklona* je polje visokog tlaka i ljeti je u anticikloni vedro.

Pod *općom cirkulacijom atmosfere* podrazumijevamo planetarne zračne struje izazvane nejednakim grijanjem ekvatorijalnih i polarnih krajeva te kontinenata i oceana, kao i pripadno polje tlaka pri tlu i u visini.


Pod *zračnom masom* podrazumijevamo zrak koji se dulje zadrži iznad određenog područja te poprimi svojstva tog područja. Razlikujemo *ekvatorijalnu, tropsku, polarnu, arktičku masu*, te *masu umjerenih širina*. Za poblizu oznaku izvornog područja tim nazivima još dodajemo atribut *kontinentalna* ili *maritimna*.

Dolazak nove zračne mase osjećamo kao promjenu vremena

*Topla fronta* je kad toplija zračna masa zauzima područje gdje se nalazio hladniji zrak. To se događa kad je brzina vjetra u toplom zraku veća nego u hladnom.

Kod *hladne fronte* nadire hladna zračna masa, a topla se povlači. Hladni zrak prodire pod topli i gura ga u vis



**Vjetar** 

Vjetar je gibanje zračnih masa paralelno sa Zemljinom površinom. Određen je svojim smjerom i brzinom.

Po definiciji brzina vjetra  $v$  je put  $s$  zračne struje u vremenu  $t$

$$v = \frac{s}{t}$$














Brzina vjetra izražava se u metrima u sekundi (m/s) ili čvorovima. Čvor je naziv za brzinu od jedne morske milje na sat. Morska ili nautička milja iznosi 1 852 m, dakle čvor  $\approx 0.515$  m/s. Brzinu iskazanu u čvorovima pretvorit ćemo u metre u sekundi tako da je pomnožimo sa 0.515. Metar u sekundi preračunavamo u čvor množeći s faktorom 1.943

Smjer vjetra određuje se pomoću *vjetrulje*, a kontinuirane zapise smjera daje *anemograf*

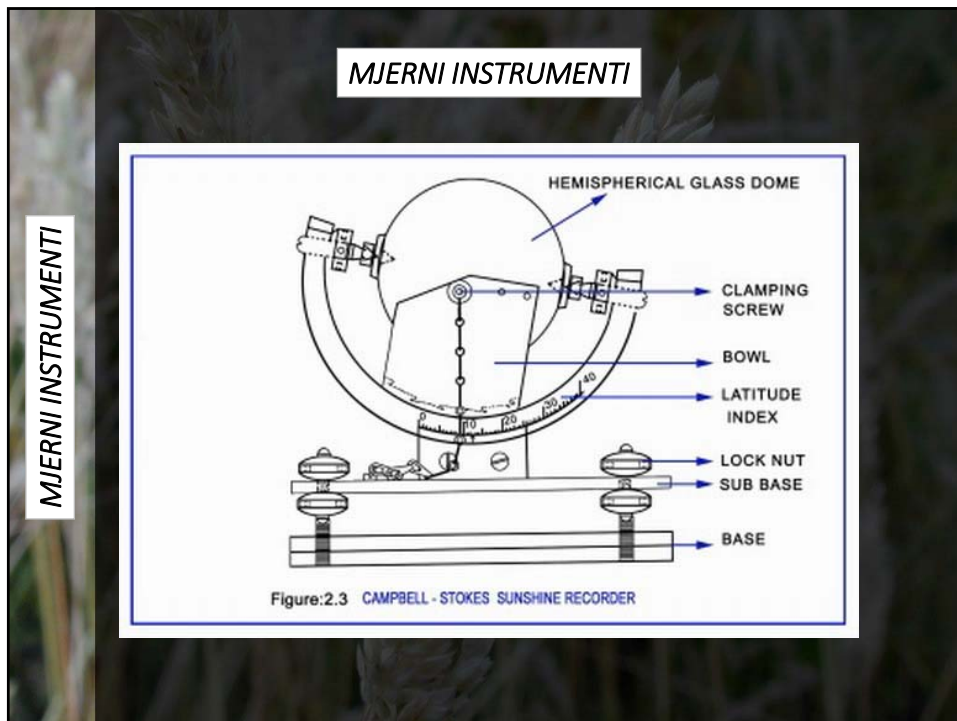
Brzina vjetra mjeri se *anemometrom* (ručni, s mehaničkim ili električnim prijenosom). Ako nemamo instrument za mjerenje brzine vjetra, tada njegovu jačinu određujemo prema efektu koji izaziva na objektima u prirodi. Jačina se vjetra određuje prema *Beaufortovoj skali*, a raspon skale je od 0–12

**TLAK ZRAKA**

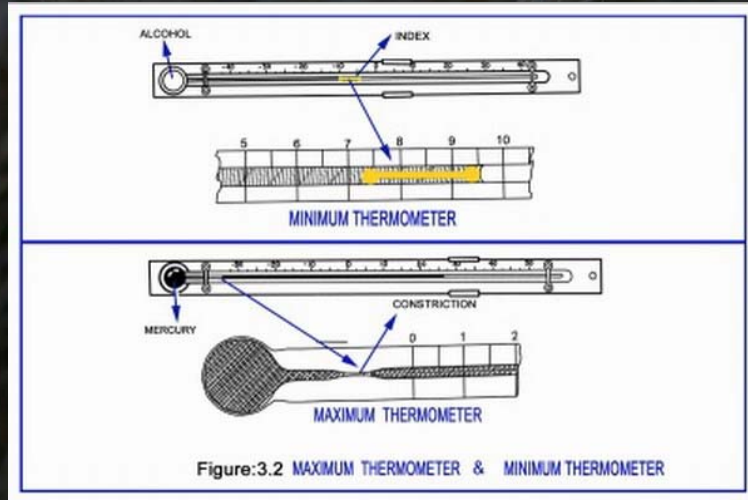
**Beaufort Scale**

Beaufort number	Wind Speed (mph)	Seaman's term		Effects on Land
0	Under 1	Calm		Calm; smoke rises vertically.
1	1-3	Light Air		Smoke drift indicates wind direction; vanes do not move.
2	4-7	Light Breeze		Wind felt on face; leaves rustle; vanes begin to move.
3	8-12	Gentle Breeze		Leaves, small twigs in constant motion; light flags extended.
4	13-18	Moderate Breeze		Dust, leaves and loose paper raised up; small branches move.
5	19-24	Fresh Breeze		Small trees begin to sway.
6	25-31	Strong Breeze		Large branches of trees in motion; whistling heard in wires.
7	32-38	Moderate Gale		Whole trees in motion; resistance felt in walking against the wind.
8	39-46	Fresh Gale		Twigs and small branches broken off trees.
9	47-54	Strong Gale		Slight structural damage occurs; slate blown from roofs.
10	55-63	Whole Gale		Seldom experienced on land; trees broken; structural damage occurs.
11	64-72	Storm		Very rarely experienced on land; usually with widespread damage.
12	73 or higher	Hurricane Force		Violence and destruction.

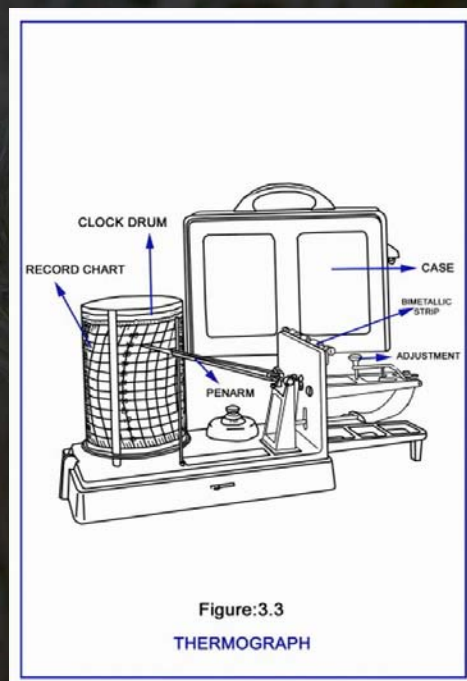
**TLAK ZRAKA**



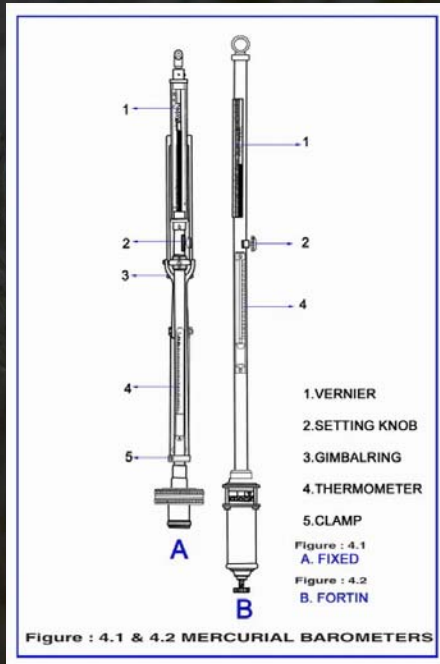
MJERNI INSTRUMENTI



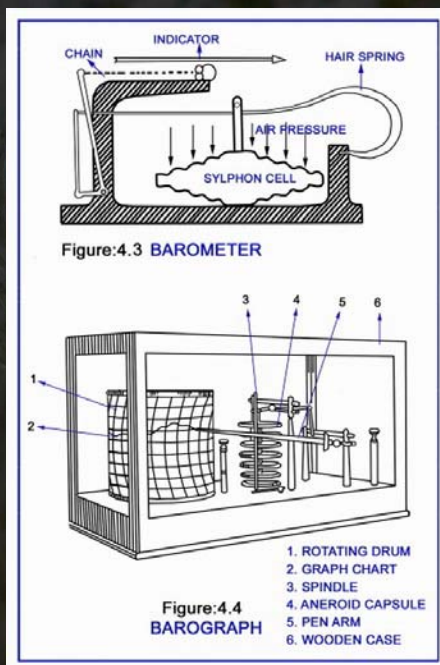
MJERNI INSTRUMENTI



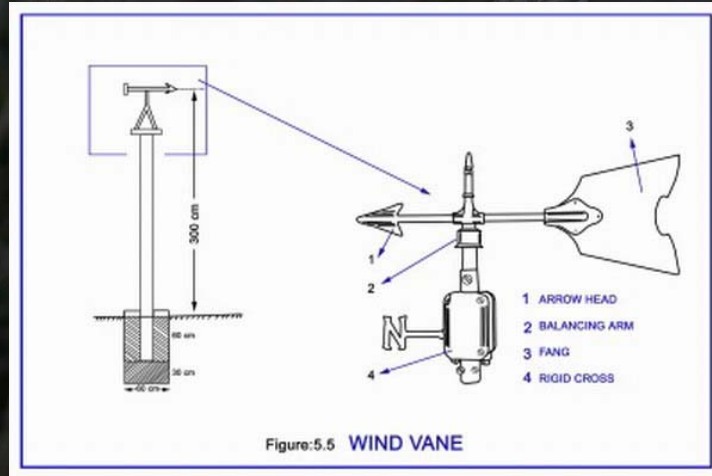
MJERNI INSTRUMENTI



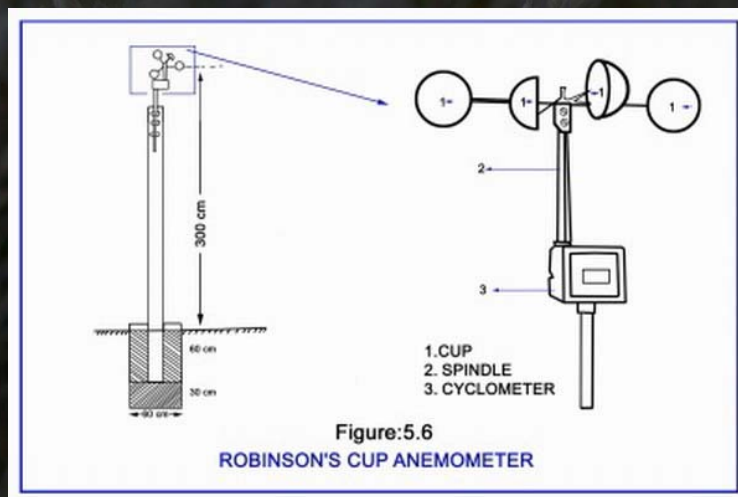
MJERNI INSTRUMENTI



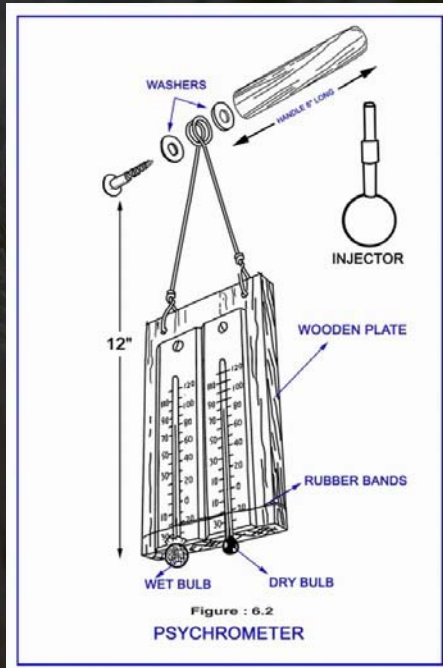
MJERNI INSTRUMENTI



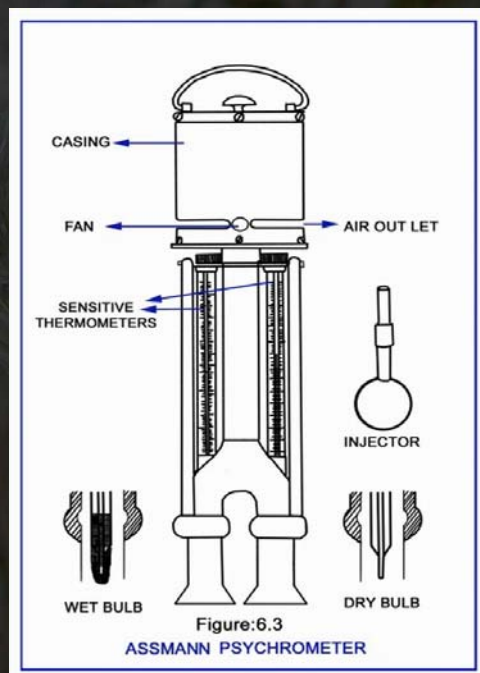
MJERNI INSTRUMENTI



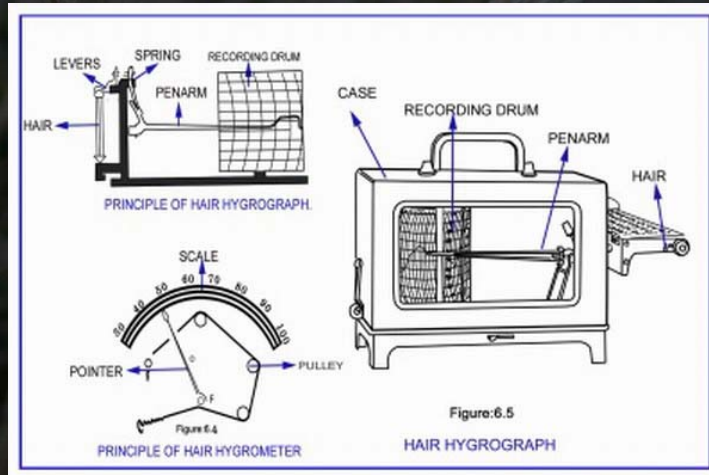
MJERNI INSTRUMENTI



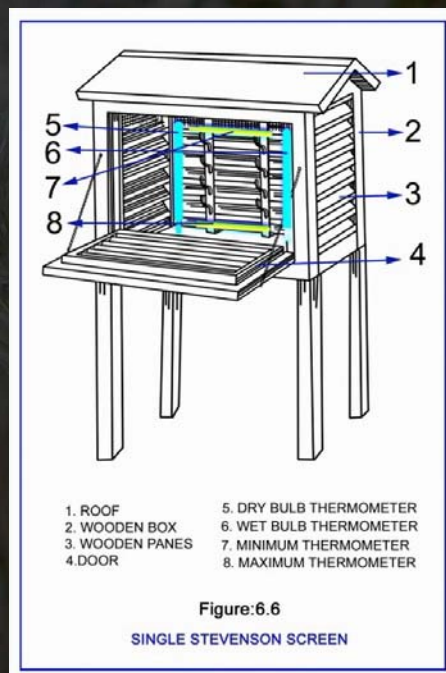
MJERNI INSTRUMENTI



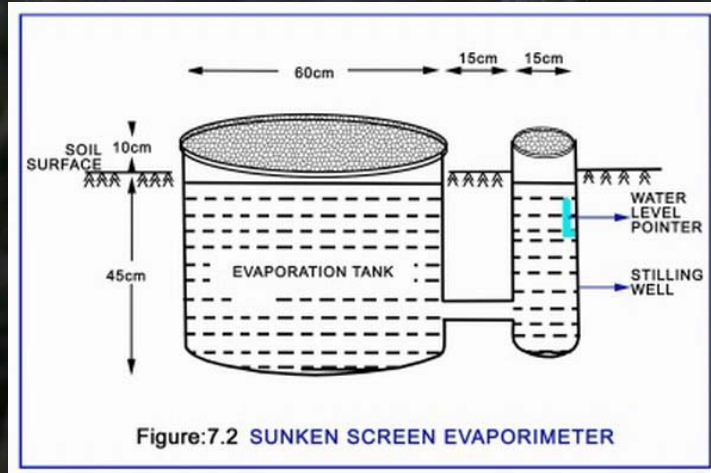
MJERNI INSTRUMENTI



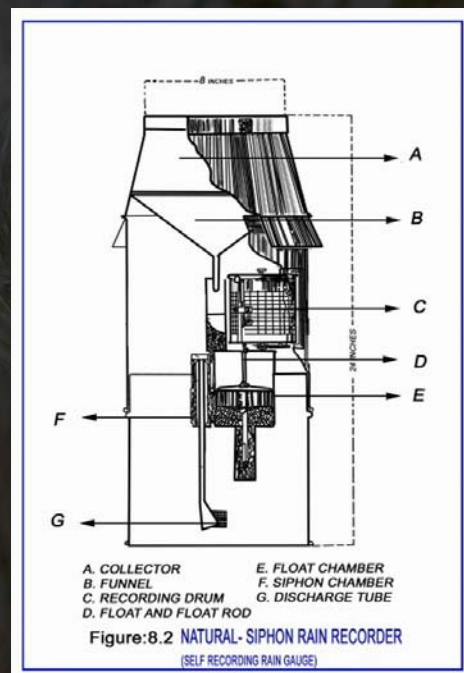
MJERNI INSTRUMENTI



MJERNI INSTRUMENTI



MJERNI INSTRUMENTI





MJERNI INSTRUMENTI

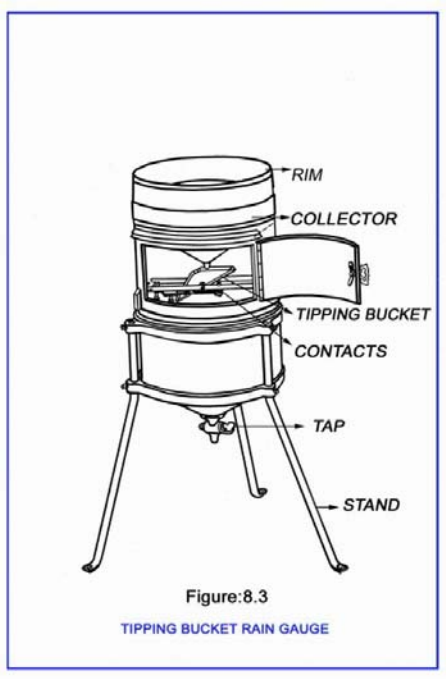


Figure:8.3

TIPPING BUCKET RAIN GAUGE

MJERNI INSTRUMENTI

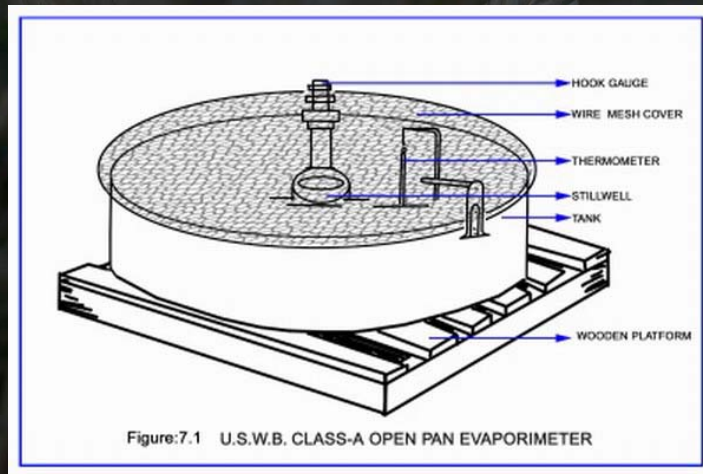


Figure:7.1 U.S.W.B. CLASS-A OPEN PAN EVAPORIMETER

MJERNI INSTRUMENTI

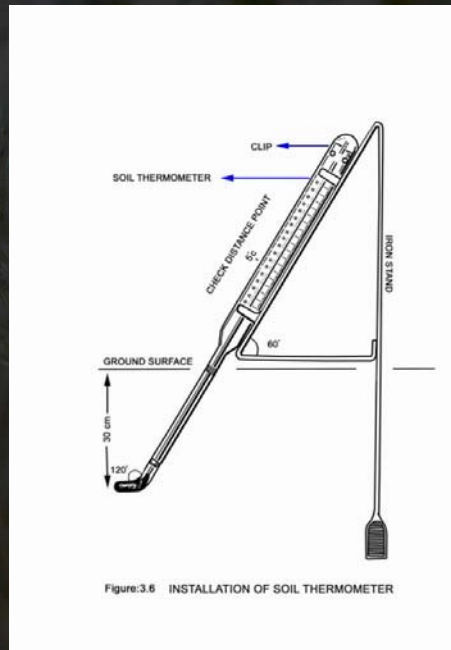


Figure.3.6 INSTALLATION OF SOIL THERMOMETER

Anemometar

MJERNI INSTRUMENTI





