

# AGROMETEOROLOGIJA

Materijal se sastoji od odlomaka iz knjiga:

Silvija Otorepec: Agrometeorologija, Naučna knjiga Beograd

Marko Milosavljević: Meteorologija, Naučna knjiga Beograd

Nezir Tanović: Agroekologija sa klimatologijom, Mostar

## POJAM METEOROLOGIJE

Meteorologija je nauka koja proučava sve fizičke pojave u vazdušnom omotaču oko zemlje, odnosno u atmosferi. Sem toga, meteorologija proučava i izvesne fizičke pojave koje se odigravaju na samoj zemljinoj površini, a takode i u gornjim slojevima zemlje. Jer, atmosferske pojave se ne događaju izolovano, već su u tesnoj vezi, kako među sobom, tako i sa procesima i pojavama koji se dešavaju na zemljinoj površini, u površinskom sloju zemljišta (do oko 20—15 m. dubine) i u vazdušnom omotaču oko zemlje.

Meteorologija spada u grupu geofizičkih nauka, u koju takode spadaju hidrologija, seizmologija i nauka o zemljinom magnetizmu. Prema tome, meteorologija se može smatrati kao jedna grana fizike, tj. ona je u stvari, fizika atmosfere. Osnovni zadatak meteorologije je da izučava zakone prirode i da obezbedi praktične potrebe živog sveta na zemlji, a takode i da pruži mogućnost upravljanja prirodnim pojavama od strane čoveka.

Za razliku od čiste eksperimentalne fizike, metodi ispitivanja u meteorologiji, kao i kod svih geofizičkih nauka, ne baziraju se na eksperimentima, već na posmatranjima. To znači: ljudi mogu da posmatraju izvesne pojave koje se u atmosferi događaju i da o njima donose svoje sudove i zaključke, ali ne mogu da utiču na tok tih pojava, tj. ne mogu zbivanja u atmosferi niti izazvati niti ih zaustaviti ako ona već postoje.

Ipak u poslednje vreme meteorologija se ne ograničava samo na posmatranja, opisivanja i objašnjavanja atmosferskih pojava, već se u oblasti meteorologije pojavljuju izvesni eksperimenti koji dobijaju svoje puno značenje. Tako se, npr., stvaraju veštačkim putem magle i oblaci, pokušava se sa stvaranjem veštačke kiše i suzbijanjem padanja grada na zemlju, radi zaštite useva.

Opšti zadaci meteorologije su :

1. Dobiti niz tačnih stvarnih podataka, koji karakterišu atmosferu i osmotrene pojave u njoj i prikazati ih opisno, kako po kvalitetu tako i po kvantitetu.
2. Izvršiti analizu osmotrenih podataka i naći pravilna objašnjenja atmosferskih pojava. Ustanoviti zakone koji utiču na razvitak tih pojava.
3. Iskoristiti postojeće zakonomernosti, razraditi metode, i po mogućstvu tačno prikazati tok razvitka pojedinih procesa, koji će se u atmosferi dogoditi za izvestan vremenski interval unapred.
4. Primeniti nađene zakonomernosti u razvitku atmosferskih procesa na taj način da se sila prirode iskoristi za praktične potrebe.

### Osnovni meteorološki elementi i pojave

Osnovni meteorološki elementi su:

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| - Sunčevo zračenje (insolacija);                | - Isparavanje;               |
| - Zemljino izračivanje (radijacija);            | - Vlažnost vazduha;          |
| - Dužina trajanja sunčevog sjaja;               | - Oblačnost;                 |
| - Horizontalna vidljivost;                      | - Visina padavina;           |
| - Temperatura vazduha i gornjih slojeva zemlje; | - Visina snježnog pokrivača; |
| - Vazdušni pritisak;                            | - Gustina snijega;           |
| - Pravac i brzina vjetra                        |                              |

Meteorološke pojave su:

- |          |           |
|----------|-----------|
| - Magla; | - Oblaci; |
| - Kiša;  | - Snijeg; |
| - Grad;  | - Krupa;  |

- Rosa;
- Inje;

- Slana;
- Poledica itd.

Meteorološki elementi osmatraju se svakog dana u određenim časovima i **izražavaju se u određenim brojnim vrijednostima**, dok se meteorološke pojave **osmatraju** samo onda kada postoje, tj. osmatra se čas njihovog početka i završetka, intenzitet i dr. Meteorološke pojave obilježavaju se simbolima, a ponekad i opisno, riječima. Većina meteoroloških elemenata se mjeri posebnim instrumentima, dok se oblačnost i horizontalna vidljivost određuju procjenom od oka, tj. vizuelno. Brojne vrijednosti meteoroloških elemenata u datom trenutku, kao i tok meteoroloških pojava u tom istom trenutku određuju **stanje atmosfere** ili **karakter vremena** za taj trenutak.

Stanje meteoroloških uslova na određenom teritoriju kroz duži vremenski period proučava **klimatologija**. Ova grana meteorologije se bavi izradom studija i analiza učestalosti određenih klimatskih pojava u bližoj i daljoj prošlosti. Klimatologija na osnovu višegodišnjih i višedecenijskih meteoroloških podataka realno opisuje klimatske karakteristike određenog reona, kontinenta ili cijele planete. Prema površini koju zahvata ovakva analiza klima se uslovno može podijeliti na:

Makroklimu - klima cijele Zemlje, ili nekog većeg prostranstva (Pacifik, Sibir, Sahara itd.). Pri tome je važno da ta oblast bude homogena da bi se posmatrala kao jedna cjelina.

Mezoklima - često se naziva i lokalna klima određenog nešto manjeg geografskog regiona.

Mikroklima - odnosi se na male oblasti dosta homogene i po nečemu različite klimatske oblasti sa određenim specifičnostima.

## MESTO, ULOGA I ZADACI AGROMETEOROLOGIJE AGROMETEOROLOGIJA I NJEN ODNOS PREMA DRUGIM NAUKAMA

Atmosfera je životna sredina za sva živa bića na zemlji — čoveka, biljke i životinje. Svi fizički procesi koji nastaju i razvijaju se u atmosferi, a naročito u ekosferi, imaju posredan ili neposredan uticaj na životnu aktivnost svih živih organizama. Pod **ekosferom** se podrazumeva granični sloj između donje granice rizosfere (sloj zemljišta u kome se nalaze korenovi biljaka) i najviših slojeva atmosfere koji prenose spore i polen. Nauka koja proučava odnos između fizičkih i hemijskih faktora atmosfere i živih organizama naziva se *biometeorologija*.

Biometeorologija je interdisciplinarna nauka, jer na osnovu saznanja iz biologije, naročito ekologije i meteorologije, proučava sistem interakcije živih organizama i spoljne sredine. Zavisno od predmeta izučavanja, biometeorologija se može podeliti na fitološku (biljke) i zoološku (životinje) biometeorologiju, kao i biometeorologiju čoveka, ili, kako je kod nas uslovno nazvana — medicinsku meteorologiju.

U okviru biometeorologije, čiji je raspon proučavanja veoma veliki, razvile su se posebne discipline — agrometeorologija i šumarska meteorologija. Cilj ovih posebnih naučnih disciplina je da se saznanja iz meteorologije primene u poljoprivredi i šumarstvu. *Agrometeorologija*, kao interdisciplinarna nauka, proučava sistem interakcije između vremena i poljoprivrednih kultura, domaćih životinja, biljnih bolesti i korisnih i štetnih insekata u ekosferi. S obzirom na složenost problema kojima se bavi agrometeorologija, njena praktična primena u velikoj meri zavisi od stepena razvoja poljoprivrede. U ekstenzivnoj poljoprivredi primena agrometeorologije je minimalna. Nasuprot tome, u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji,

zasnovanoj na naučnim metodama, nema nijednog važnijeg problema koji ne iziskuje i primenu saznanja iz ove kompleksne grane nauke.

## KRATAK ISTORIJAT RAZVOJA AGROMETEOROLOGIJE U SVIJETU I KOD NAS

Koliko je danas poznato, Kina je već u četvrtom veku pre naše ere posedovala zapise agrometeorološke sadržine, dakle u istom veku kada je Aristotel izdvojio meteorologiju iz okvira mitologije. Međutim, sve do 19. veka, odnosno do početka formiranja meteorologije kao nauke, ne može se govoriti o agrometeorologiji kao naučnoj disciplini, mada je egzistencija čoveka bila uvek vezana za uzajamni odnos vremena i proizvodnje hrane.

Na inicijativu Međunarodnog meteorološkog komiteta([http://www.wmo.int/pages/about/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/about/index_en.html)) (WMC), već septembra 1880. godine održava se u Austriji Konferencija za poljoprivrednu i šumarsku meteorologiju, što govori o tome koliki se značaj još od samog početka organizovanog rada na polju meteorologije pridavao ovim primenjenim naučnim disciplinama. Smatra se daje glavno dostignuće Komiteta u periodu 1880—1914. godine bilo formiranje stručnih komisija, čiji se delokrug obaveza nije mnogo razlikovao od delokruga sadašnjih komisija Svetske meteorološke organizacije. Pored ostalih, WMC je na sastanku u Rimu 1913. godine osnovao i Komisiju za agrometeorologiju.

Međunarodni meteorološki komitet, koji je od svog osnivanja 1873. godine rukovodio međunarodnom saradnjom u oblasti meteorologije, 1951. godine prerasta u Svetsku meteorološku organizaciju (WMO), međudržavnu organizaciju i jednu od specijalizovanih agencija Organizacije ujedinjenih nacija. Osnovni cilj ove organizacije je da omogući saradnju na svetskom nivou u razvoju mreža meteoroloških i hidroloških stanica i doprinese standardizaciji meteoroloških i srodnih osmatranja i obradi podataka, unapređuje sisteme za brzu razmenu meteoroloških i srodnih informacija, podstiče istraživanja i primenu meteorologije u raznim vidovima ljudske aktivnosti, kao što su poljoprivreda, vazduhoplovstvo, pomorstvo i druge. Stoga je pri WMO osnovano osam stručnih komisija, kao njenih konstitutivnih elemenata, koje su odgovorne za sprovođenje ciljeva i zadataka koje pred njih postavlja Kongres SMO, kao najviše telo ove Organizacije. Jedna od njih je i Komisija za agrometeorologiju, čiji je zadatak da usmerava i usklađuje rad nacionalnih službi zemalja članica OUN i unapređuje operativnu i naučnu delatnost u agrometeorologiji.

U Evropi agrometeorologija se najpre razvila u Rusiji, krajem 19. veka. Njeni osnivači A.I. Vojejkov i P.I. Brounov prvi su razradili principe agrometeoroloških istraživanja i dostignuća iz meteorologije primenili u poljoprivrednoj praksi. Posle I svetskog rata do organizovanog rada na polju agrometeorologije došlo je i u drugim zemljama (Nemačka, Čehoslovačka, Poljska i dr.), ali nagli razvoj agrometeorologije nastaje tek posle II svetskog rata. Danas u svim zemljama članicama WMO postoji organizovana agrometeorološka služba.

Crna Gora je punopravna članica od 01.01.2007. godine.

## OSNOVNI ZADACI AGROMETEOROLOGIJE

Agrometeorologija, kao primenjena nauka, proučava kompleksan uticaj meteoroloških, klimatskih i hidroloških uslova na celokupnu poljoprivrednu proizvodnju. Zadaci agrometeorologije su stoga obimni, raznovrsni i odgovorni. Sve više se uviđa njihov ekonomski značaj, jer se pri proučavanju odnosa troškova ulaganja i ostvarenog prihoda kod nekih poljoprivrednih aktivnosti (zaštita od mraza, biljnih bolesti i štetočina, navodnjavanja i dr.) jasno uočavaju pozitivni efekti praktične primene saznanja iz ove oblasti.

Jedan od najneposrednijih vidova pomoći poljoprivredi su agrometeorološke informacije, saveti i upozorenja, koje imaju za cilj da brzo, efikasno i na vreme obaveste poljoprivrednu i drugu javnost o povoljnom, ili, što je još važnije — o nepovoljnom uticaju vremena na poljoprivredne

kulture i radove. Te operativne agrometeorološke informacije zasnovane su na tekućim i prognoziranim meteorološkim i agrometeorološkim podacima.

Poznato je da su se zadnjih decenija naglo menjali prirodni i ekonomski uslovi poljoprivredne proizvodnje zbog smanjenja poljoprivredno-proizvodnih područja usled industrijalizacije i urbanizacije, pogoršanja kvaliteta i produktivnosti poljoprivrednih područja usled zagađenosti vazduha, voda i zemljišta i zbog promena u agrotehnici (mehanizacija, hemizacija). Dok je do sada prioritet davan kvantitetu prinosa, sada sve važnije postaje kvalitet i proizvodnja zdrave hrane. Shodno tome promenile su se i potrebe za agrometeorološkom informacijom. Sve je veća potreba za poznavanjem agroklimatskih resursa, odnosno energetskih i vodnih zaliha radi optimalne strukture i prostornog planiranja poljoprivrednih kultura, za utvrđivanjem kvantitativnog odnosa biljka/vreme/klima i razvojem modela za prognozu fenoloških faza i prinosa, koji se sve više primenjuju u operativnoj agrometeorologiji.

Kako se životna aktivnost biljaka odvija u tesnoj vezi sa sredinom koja ih okružuje, to je neophodno poznavanje agroklimatskog potencijala nekog područja, kao polazne osnove za dalja agrometeorološka i agroklimatska istraživanja. Osnovni klimatski faktori koji određuju mogućnost razvića određene biljne vrste, njenu produktivnost i kvalitet proizvoda su **toplota**, **svetlost** i **vlaga**. Polazeći od potreba biljaka za ovim faktorima spoljne sredine, a na osnovu fenoklimatskih proučavanja povoljnih, a naročito nepovoljnih klimatskih uslova tokom celog vegetacionog ciklusa biljke, moguće je utvrditi stepen povoljnosti gajenja određene biljne vrste, kao i visinsku granicu rentabilne proizvodnje. Veoma značajan prilog agroklimatskom rejoniranju u našoj zemlji je Agroklimatski atlas -1 Poljoprivredni deo, koji obuhvata 25 višebojnih karata razmere 1 : 1 000 000. Ove fitofenološke karte prikazuju pre svega uticaj makroklimatskih faktora na razviće biljaka i prostornu i vremensku zakonitost dinamike fenološkog razvića ratarskih kultura, krmnog bilja i voćaka.

Od posebnog je značaja za poljoprivredne kulture i proučavanje klime zemljišta, pod kojom se podrazumeva toplotni i vodni režim sloja zemljišta u kome se nalazi korenov sistem biljaka. Od komponenata vodnog bilansa zemljišta, u okviru agrometeorologije prati se i proučava vlažnost zemljišta i potencijalno i stvarno isparavanje vode iz zemljišta. Rezultati ovih ispitivanja imaju veliku praktičnu primenu u poljoprivredi, pogotovo što se raznim agrotehničkim merama može u znatnoj meri poboljšati i termički i vodni režim zemljišta.

Mikroklimatska snimanja za potrebe poljoprivrede takodje spadaju u domen agrometeorologije. To su npr. ispitivanja određenog područja radi utrdjivanja stepena opasnosti od mraza, ispitivanja režima vetra radi podizanja vetrozaštitnih pojaseva, zatim klima staklenika, plastenika, štala, staja, prostora za skladištenje poljoprivrednih proizvoda, trapova i niz drugih ispitivanja kojima se utvrđuju klimatske povoljnosti ili nepovoljnosti za određenu delatnost u poljoprivredi, koja direktno ili indirektno zavisi od vremena i klime.

Pošto pojava i širenje određenih biljnih bolesti i štetočina u velikoj meri zavisi od vremenskih uslova, ispitivanje ove zavisnosti ima veliki praktičan značaj za poljoprivredu, radi preduzimanja odgovarajućih zaštitnih mera. Razvijeni su već mnogi modeli, naročito odnosa biljka/bolest, koji se koriste u praksi velikog broja razvijenih zemalja.

Vreme i klima utiču ne samo na biljnu već i na stočarsku proizvodnju, te su ispitivanja njihovog uticaja na temperaturu i gubitak vode iz tela, porast i telesnu težinu, reprodukciju, kao i na pojavu i širenje raznih parazitskih bolesti i te kako značajna. Ovde spada i utvrđivanje komfornih zona za razne stočne vrste, kao i ocena mogućnosti fiziološke adaptacije novim spoljnim uslovima.

Očuvanje i zaštita životne sredine su danas u žiži interesovanja celokupne javnosti. S obzirom na kompleksnost, ovim problemom se bave mnoge naučne discipline, pojedinačno ili preko zajedničkih projekata. Kako efekat zagađujućih materija na vegetaciju i zemljište zavisi, između ostalog, i od vremenskih i klimatskih prilika, kao i od stepena osetljivosti pojedinih biljnih vrsta na određene zagađujuće materije, to fitofenološka osmatranja koja sprovodi agrometeorološka služba mogu dati svoj doprinos u praćenju oštećenja. Pored toga, korišćenjem odgovarajućih agrometeoroloških informacija može se smanjiti primena hemijskih sredstava, a zajednička istraživanja uticaja zagađujućih materija na ekosisteme svakako su poželjna i korisna. Kako je sada već izvesno da će povećana koncentracija gasova staklene bašte u atmosferi dovesti do značajnijih promena klime već u prvoj polovini narednog veka, to će se efekti promene klime odraziti i na agroklimatski potencijal zemlje i na poljoprivrednu i šumarsku proizvodnju. Pošto se i poljoprivreda i šumarstvo moraju prilagoditi budućim klimatskim promenama, to će se na osnovu procene veličine promene osnovnih klimatskih elemenata u našoj zemlji, pre svega temperature i padavina, izvršiti i agrometeorološka proučavanja efekata ovih promena na poljoprivrednu i šumarsku proizvodnju.

Ovaj kratak pregled osnovnih delatnosti agrometeorologije omogućava da se, bar donekle, dobije uvid o obimnosti i složenosti ove multidisciplinarne grane nauke.

#### ZNAČAJ METEOROLOŠKIH ELEMENATA ZA PORAST I RAZVIĆE BILJAKA

Životna aktivnost biljaka teče pod uticajem spoljne sredine, pod kojom se podrazumevaju vreme i klima, zemljište, geološka podloga i drugi biljni i životinjski organizmi. Svi faktori spoljne sredine ili ekološki faktori mogu se stoga podeliti u dve grupe: **abiotički** (klima, zemljište, podloga) i **biotički**, u koje spadaju fitogeni, zoogeni i antropogeni faktori. Ekološki faktori su u prirodi dinamični, promenljivi, uzajamno povezani i nikada ne deluju na biljni organizam samostalno, već uvek kao kompleks faktora.

Medjutim, radi proučavanja uticaja vremena i klime (kao neophodnih abiotičkih činilaca) na porast i razviće biljaka uopšte, a posebno poljoprivrednih kultura, iz čisto metodskih razloga u ovoj glavi će se izdvojeno razmotriti pojedinačno delovanje najvažnijih meteoroloških elemenata i njihovih parametara. Medjutim, pri tome se ne sme izgubiti iz vida da svaki od tih elemenata deluje na biljku zajedno i istovremeno ne samo sa drugim meteorološkim elementima već i sa drugim abiotičkim i biotičkim faktorima spoljne sredine.

Za razliku od prirodnih ekosistema, čovek neprekidno utiče na biljne zajednice gajenih biljaka koje koristi za podmirenje svojih potreba, kao i na zemljište, menjajući ih i prilagodjavajući ih svojoj upotrebi. Stoga je proučavanje i poznavanje uzajamnog odnosa biljaka i spoljne sredine veoma značajno, jer se na taj način povećavaju mogućnosti ne samo za bolje korišćenje prirodnih uslova već i za stvaranje što povoljnijih uslova za porast i razviće gajenih biljaka.

#### PRIVIDNO KRETANJE SUNCA PO NEBESKOM SVOD U TOKU GODINE

Osa zemljine rotacije, kao što je poznato, nagnuta je prema ravni zemljinog kruženja oko sunca, odnosno prema ravni ekliptike pod uglom od  $66^{\circ}33'$ . Zato su na zemljinoj površini, na raznim geografskim širinama, različite dužine dana i noći u toku godine. Usled toga nastaje i smena godišnjih doba, što ima kao posledicu različite klimatske karakteristike na različitim predelima na zemlji. A različite klimatske karakteristike na raznim geografskim širinama utiču na raspored živog sveta na zemlji.

Zbog nagnutosti zemljine osovine prema ravni ekliptike, sunčevi zraci u toku godine padaju normalno na zemlju na predelu od južnog do severnog povratnika, tj. od  $23^{\circ} 27'$  južne do  $23^{\circ}27'$

severne geografske širine. To znači, da će u toku godine sunce biti u zenitu iznad onih mesta zemljine površine koja se nalaze između južnog i severnog povratnika.

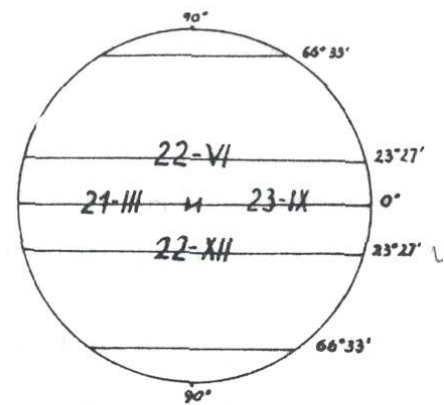
Sunce je u zenitu iznad južnog povratnika 22. decembra, a iznad severnog povratnika 22. juna. Ovi položaji sunca nazivaju se solsticijumi. Letnji solsticijum je za južnu poluloptu 22. decembra, a zimski 22. juna. Međutim, za severnu poluloptu letnji solsticijum je 22. juna, a zimski 22. decembra. Pri ovome svom kretanju zenitalnog stanja sunca od jednog povratnika do drugog sunce pređe dva puta godišnje iznad ekvatora, i to: 21. marta, pri kretanju prema severu, i 23. septembra, pri kretanju prema jugu. Dani kada se sunce nalazi u zenitu iznad ekvatora (21. mart i 23. septembar) nazivaju se ravnodnevice, a to znači, da su u toku ta dva dana na zemljinoj površini jednaki dani i noći, tj. po 12 časova dan i po 12 časova noć.

Zenitalni položaji sunca za vreme solsticijuma i ravnodnevice vide se na slici 3.

Ekliptika, tj. putanja po kojoj zemlja u toku godine obiđe oko sunca, ima eliptični oblik u čijoj se jednoj žiži nalazi sunce. Ovaj eliptični oblik zemljine putanje, sa suncem u jednoj žiži, uzrok je nejednake količine primljene zračne energije u raznim godišnjim dobima. Sem toga, na raspodelu primljene količine zračne energije na pojedinim mestima na zemlji utiču još i drugi činioci o kojima će kasnije biti govora.

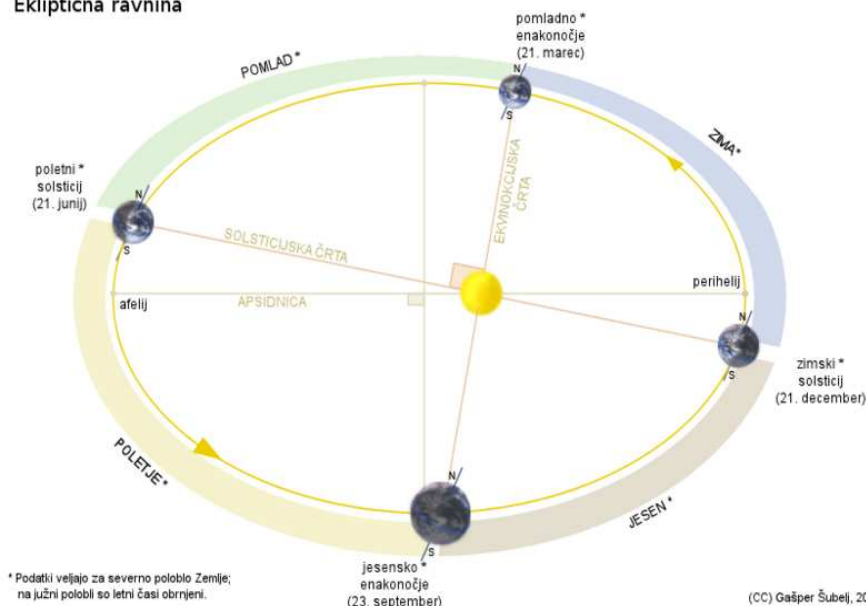
Najveće i najmanje dužine dana i noći za pojedine geografske širine prikazane su u tabeli 1.

Kao što se iz tablela 1 vidi, na geografskoj širini od  $66^{\circ}33'$ , tj. na stožernicima, sunce može uopšte da ne zađe za horizont, što se događa u danu letnjeg solsticijuma dotične zemljine polulopte. Za vreme zimskog solsticijuma



3. Zenitalni položaji sunca za vreme solsticijuma i ravnodnevice

#### Ekliptična ravnina



\* Podatki veljaju za severno poloblo Zemlje; na južni polobli so letni časi obrnjeni.

(CC) Gašper Šubelj, 2006

sunce uopšte ne izlazi iznad horizonta. Prema tome, na stožernicima za vreme letnjeg solsticijuma dan traje 24 časa, a noć 00 časova, dok za vreme zimskog solsticijuma dan traje 00 časova, a noć traje 24 časa.

Tablica 1. Dužina dana i noći po geografskim širinama

Geografska širina	Najveća dužina dana	Najmanja dužina dana
0° (ekvator)	12 časova 00 minuta	12 časova 00 minuta
45°	15 časova 26 minuta	8 časova 34 minuta
60°	18 časova 30 minuta	5 časova 30 minuta
66° 33'	24 časova 00 minuta	0 časova 00 minuta
Broj najdužih dana i noći po geografskim širinama		
Geografska širina	Najduži dan (neprekidno po 24 časa)	Najduža noć (neprekidno po 24 časa)
66° 33'	1	1
70°	65	60
80°	134	127
90°	186	179

Idući dalje prema polovima od stožernika, u letnjoj polovini godine, dužina dana se povećava a dužina noći skraćuje. U zimskoj polovini godine je obratno: dužina noći se povećava a dužina dana se skraćuje, ako je geografska širina viša. Najzad, kao što je poznato, na polovima dan traje 6 meseci (u letnjoj polovini), a takode i noć traje 6 meseci (u zimskoj polovini godine).

## SUNČEVO ZRAČENJE

Sunce je osnovni izvor energije za sve fizičke i hemijske procese i pojave u prirodi, a time i izvor života na Zemlji. Energija od Sunca je oko 2.000 puta veća od energije iz unutrašnjosti Zemlje, koja nastaje usled nuklearnih reakcija u Zemljinoj kori (Glovne, Lomas, 1980).

Sunčevu energiju koja u ogromnim količinama dospeva na Zemlju biljke koriste tokom čitavog svog života. Na posejano seme Sunčeva energija deluje zagrevanjem okolnog zemljišta, a od momenta kada biljka nikne pomenuta energija služi za obrazovanje biljne mase, kao i za obavljanje raznih fizioloških i biohemijskih procesa u biljci. Ali kako Sunčeva energija ne dopire svuda na Zemlju u podjednakoj količini, to je i njeno delovanje na biljke različito. Efekat njenog delovanja na biljke zavisi od spektralnog sastava, intenziteta i trajanja Sunčevog zračenja.

### Uticaj spektralnog sastava Sunčevog zračenja na biljke

Spektar Sunčevog zračenja deli se na tri dela:

- nevidljivi **ultraljubičasti** deo, sa talasnom dužinom od 0,29 do 0,40 mikrona;
- vidljivi** deo spektra, talasne dužine od 0,40 do 0,76 mikrona i
- nevidljivi, **infracrveni** deo spektra, sa talasnom dužinom većom od 0,76 mikrona.

Približno 99% Sunčevog zračenja leži unutar talasnih dužina od 0,15  $\mu\text{m}$  do 4,0  $\mu\text{m}$  ( $\mu\text{m} = 10^{-4}$  cm ili  $10^{-6}$  m). Od toga na gornjoj granici atmosfere na vidljivi deo spektra dolazi 48%, na infracrveni deo 45%, a na ultraljubičasti samo 7%. Do Zemljine površine ne dospevaju ultraljubičasti zraci sa talasnom dužinom manjom od 0,29 mikrona. Njih potpuno apsorbuje ozon koji se nalazi u visokim slojevima atmosfere.

Kratkotalasni ultraljubičasti deo spektra iznosi samo 1-3% ukupnog Sunčevog zračenja koje dospeva na Zemlju. Mada uticaj ultraljubičastih zraka na biljke nije još dovoljno proučen, ipak se



zna da oni imaju veliki biološki uticaj. Pre svega, ultraljubičasti zraci usporavaju rast biljaka, zbog čega biljke rastu brže noću nego danju. To je ujedno i razlog što je u visokim planinskim predelima vegetacija nižeg rasta. Ali oni su i korisni, jer pod njihovim uticajem ginu mnogi štetni mikroorganizmi, zemljište se dezinfikuje, te se na taj način smanjuje širenje biljnih bolesti na poljoprivrednim kulturama.

Vidljivi deo spektra ima najveći i najneposredniji uticaj na život biljaka, a preko njih i na celokupni život na Zemlji, jer je opstanak i čoveka i životinja vezan za biljke. Pod uticajem svetlosnih zrakova u biljkama teče proces fotosinteze, o čemu će biti govora posebno.

Dugotalasni infracrveni Sunčevi zraci čine najveći deo, 50-60% ukupne Sunčeve energije. Oni na biljku deluju posredno, svojim toplotnim dejstvom.

## Fotosinteza

Fotosinteza ili hlorofilna asimilacija je proces bez koga ne bi bilo moguće održavanje života na Zemlji. To je složen proces u kome biljke svetlosnu energiju Sunca pretvaraju u hemijsku, odnosno proces u kome se neorganske materije pod uticajem Sunčeve svetlosti pretvaraju u organske. U procesu fotosinteze koristi se samo Sunčevo zračenje talasne dužine 0,380—0,710 mikrona, tzv. fotosintetski aktivno zračenje.

Uglavnom sve biljke imaju na naličju lista ogroman broj vrlo sitnih otvora — stoma, kroz koje u biljku ulazi ugljen-dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Preko korenovog sistema biljka uzima iz zemljišta vodu i u njoj rastvorene neorganske, mineralne materije. U procesu fotosinteze ugljen-dioksid se pod uticajem svetlosti razlaže na ugljenik (C) i kiseonik ( $\text{O}_2$ ). Ugljenik se spaja s vodom i neorganskim materijama i daje organsku materiju (glikozu, škrob itd.), a kiseonik kroz stome izlazi napolje.

Intenzitet fotosinteze zavisi od velikog broja unutrašnjih i spoljašnjih faktora. Unutrašnji faktori su: unutrašnja gradnja lista, količina i raspored hloroplasta, prisustvo određenih fermenta, starost lišća, zdravstveno stanje i starost biljke i dr. U spoljašnje faktore se ubrajaju: koncentracija  $\text{CO}_2$  u prizemnom sloju vazduha, vlažnost zemljišta, temperatura vazduha, intenzitet svetlosti.

Smatra se daje fotosinteza još moguća pri koncentraciji ugljen-dioksida 0,008— 0,01 %. Sa povećanjem koncentracije  $\text{CO}_2$  u prizemnom sloju vazduha povećava se i proces fotosinteze, ali samo do određene granice, iznad koje dalje povećanje koncentracije  $\text{CO}_2$  nema uticaja na fotosintezu, a prevelika koncentracija deluje čak toksično.

Smanjenje vlažnosti zemljišta dovodi i do smanjenja fotosinteze. Uticaj vlažnosti zemljišta zavisi od toga koliko su pojedine biljke osetljive na sušu.

Sa povećanjem temperature vazduha povećava se i količina apsorbovanog  $\text{CO}_2$ , a time i fotosinteza, ali samo do određene temperaturne granice, posle koje sa povećanjem temperature intenzitet fotosinteze opada. Smatra se da fotosinteza protiče relativno brzo pri temperaturama od  $10^\circ$  do  $35^\circ\text{C}$ , zavisno od vrste biljke.

Intenzitet fotosinteze veoma mnogo zavisi od intenziteta svetlosti. Ovo pogotovo kada se zna da se veoma mali deo svetlosne energije Sunca koristi za fotosintezu. U najboljim uslovima ta vrednost iznosi do 5%, dok se ostatak troši u vidu toplote energije.

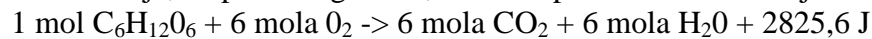
Međutim, za proticanje procesa fotosinteze pored navedenih unutrašnjih i spoljašnjih faktora potrebna je i velika količina energije. Ovu energiju biljka dobija drugim fiziološkim procesom — disimilacijom.

*Disimilacija* ili disanje je lagano sagorevanje organskih materija u prisustvu kiseonika. To je proces u kome se složena organska jedinjenja, bogata hemijskom energijom, razlazu na prostije materije uz oslobađanje celokupne ili samo dela energije koju organske materije sadrže.

Hemijska energija koja se pri ovom procesu oslobađa transformiše se u druge vrste energije i koristi za razne biosinteze, rast, razviće, razmnožavanje i dr.

Za razliku od fotosinteze, koja teče samo danju, disimilacija se obavlja neprekidno, i danju i noću, u svim organima biljke i u svakoj njenoj živoj ćeliji. Kiseonik neophodan za taj proces biljka dobija iz okolne sredine, razmenom gasova. U procesima fotosinteze i disimilacije, međusobno povezanih procesa ali suprotnog karaktera, neophodna je dakle stalna razmena gasova, kiseonika i ugljen-dioksida, kako bi ti procesi mogli nesmetano da teku.

Disimilacija, na primeru glikoze, može se prikazati sledećom jednačinom:



Intenzitet disimilacije takodje zavisi od mnogih spoljašnjih i unutrašnjih faktora. Najveći uticaj na disimilaciju ima temperatura vazduha. Sa povećanjem temperature povećava se i intenzitet disimilacije, ali samo do određene granice, posle koje nastaje oštra depresija. Vlažnost spoljne sredine takodje ima određen uticaj, pri čemu je zapaženo da biljke neotporne na sušu u većoj meri povećavaju disanje u uslovima suše nego otporne biljke, kod kojih disanje ostaje skoro nepromenjeno.

### Uticaj intenziteta Sunčevog zračenja na biljke

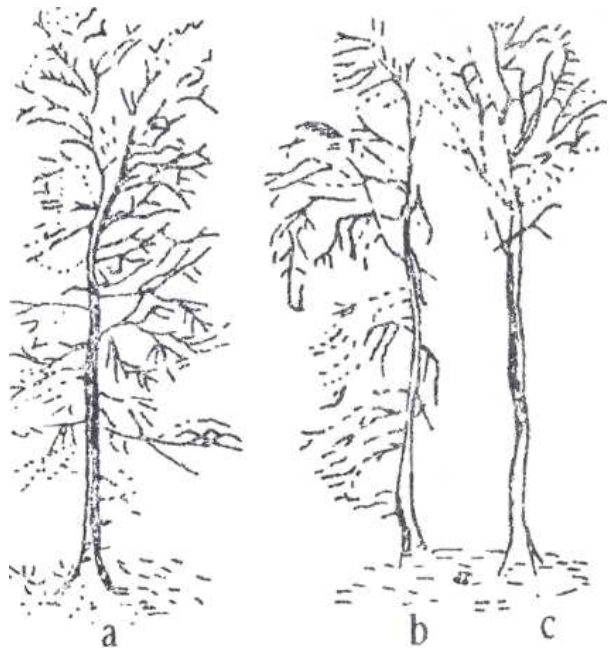
Životna aktivnost biljaka zavisi od intenziteta Sunčevog zračenja, naročito od intenziteta fotosintetski aktivnog zračenja vidljivog dela spektra. Fotosinteza počinje pri vrlo niskom intenzitetu Sunčevog zračenja, ali se pri tome stvorene organske materije troše u procesu disimilacije. Intenzitet zračenja pri kome nastaje ravnoteža između organske materije stvorene fotosintezom i utrošene disimilacijom naziva se kormpenzaciona tačka. Ona nije ista za sve biljke, menja se u zavisnosti od uslova u kojima biljka raste. Kod heliofita ona iznosi oko 0,08 - 0,12 J/cm min, a kod skiofita 0,04 - 0,08 J/cm min (Serjakova, 1978). Ispod ove vrednosti disimilacija je intenzivnija od fotosinteze.

Sa povećanjem intenziteta Sunčevog zračenja povećava se i intenzitet fotosinteze. Pri dovoljno velikom intenzitetu svetlosti stvaranje organskih materija u procesu fotosinteze je skoro 10 puta veće od njihovog razlaganja disimilacijom. Ali suviše veliki intenzitet deluje nepovoljno na biljke, jer je praćen visokom temperaturom lista, koja dovodi do raspadanja hlorofila, lišće žuti i ugine.

Nedovoljan intenzitet zračenja nepovoljno utiče ne samo na proces fotosinteze već i na opšte stanje biljaka. Pri nedostatku svetlosti povećava se porast stabljike na račun lišća, biljka se isteže, a korenov sistem se slabo razvija. Takve biljke nemaju dovoljno hlorofila i stoga su bledežute. U prirodi to se dešava prilikom zasenjivanja useva. Drveće pored staza, zgrada i drugih objekata u većoj ili manjoj meri zasenjuje useve, usled čega oni zaostaju u napredovanju, zakržljaju i daju male prinose. Isto se zapaža i pri samozaseljivanju biljaka, npr. u voćnjaku, gde jedna voćka zasenjuje drugu, ili na njivi, ako su usevi suviše gusto zasejani.

Intenzitet Sunčevog zračenja utiče i na kvalitet

plodova, npr. na količinu šećera u grožđu, u korenu šećerne repe i mnogim drugim plodovima,



na količinu škroba u krompiru itd. Količina ulja u semenu suncokreta i lana takodje se povećava sa povećanjem intenziteta Sunčevog zračenja. U predelima sa povećanom oblačnošću skuplja se manje šećera u biljkama i ulja u semenu. Takvi krajevi nisu pogodni za gajenje uljarica i šećerne repe. Nasuprot tome, sunčani krajevi su povoljni za gajenje voćaka i vinove loze zbog većeg nakupljanja šećera.

Pored direktnog, biljke koriste svetlost i toplotu i od difuznog Sunčevog zračenja, koje je takođe važan ekološki činilac. Difuzna svetlost u izvesnoj meri nadoknađuje direktnu Sunčevu svetlost. Ovo naročito dolazi do izražaja u toku oblačnih dana, kada biljkama stoji na raspolaganju jedino difuzna svetlost, ili kod biljaka koje se nalaze u senci, te stoga dobijaju manje Sunčeve svetlosti. Ali naročiti značaj Sunčeve svetlosti je u tome što ona produžava dan. Pre izlaska Sunca imamo praskozorje, a posle zalaska Sunca suton. U našim uslovima oni produžavaju dan za nekoliko časova.

Prema potrebi biljaka za različitim intenzitetom Sunčeve svetlosti, biljke se dele na heliofite, koje zahtevaju mnogo svetlosti, semiskiofite, koje traže osrednji intenzitet svetlosti i skiofite, ili senovite biljke, koje nemaju velike zahteve za svetlošću. Ove grupe biljaka nisu oštro razgraničene, između njih postoji niz prelaznih biljaka, koje mogu podneti kako duže zasenjivanje, tako i intenzivnu svetlost. Heliofite su otpornije na mraz i visoke temperature od skiofita i rastu na otvorenim površinama izloženim Sunčevoj svetlosti. Kod drveća se heliofite i skiofite razlikuju po razviću kruna. Drveće s retkom krunom spada u heliofite (breza, bor, jasen i dr.), a drveće s gustom krunom u grupu skiofita (bukva, jela, lipa i dr.).

Kako Sunčeva svetlost utiče na razviće biljaka najbolje se vidi u šumi. Drvo na slobodnom prostoru, izloženo sa svih strana Sunčevoj svetlosti, ima zaobljenu krunu ravnomerno razvijenu (sl. 1-a). Drvo koje raste na ivici šume ima razvijene grane prema slobodnoj strani izloženoj svetlosti, dok su na slabije osvetljenoj strani grane vrlo slabo ili nimalo razvijene (sl. 1-b). U gustoj šumi stabla su prava i visoka i tek se pri vrhu nalazi slabo razvijena kruna (sl. 1-c).

Intenzitet svetlosti se u biljnoj proizvodnji može u izvesnoj meri regulisati agrotehničkim merama. U takve mere spada kod poljskih useva gustina setve i proredjivanje useva, a u voćarstvu sađenje na pravilnu razdaljinu i proredjivanje grana u kruni drveta. Osim toga, na poboljšanje uslova osvetljenosti utiču još pravac redova i broj biljaka po jedinici površine.

Pored ovih mera u prirodnim uslovima, intenzitet svetlosti može se u izvesnom stepenu regulisati i veštački, primenom jakih lampi. Veštačka osvetljenost se najčešće koristi u kontrolisanim uslovima, pri ogledima, a veoma retko neposredno u proizvodnji.

Same biljke su sposobne da u izvesnoj meri regulišu osvetijavanje pojedinih svojih organa. Osobina biljaka da menjaju položaj svojih organa prema izvoru svetlosti naziva se **fototropizam**. Tako neke biljke, kao npr. suncokret, lucerka, pamuk i druge, tokom celog dana okreću svoju cvast u pravcu Sunca: ujutru na istok, danju na jug, a predveče na zapad. Kod nekih biljaka je primećena i dnevna periodičnost u kretanju listova. Ujutru lišće zauzima horizontalan položaj, a uveče se opušta.

### Fotoperiodizam

Reakcija biljaka na trajanje dana i noći naziva se fotoperiodizam. To je u stvari uticaj različitog trajanja dana i noći na prelaženje biljaka iz vegetativne u generativnu fazu razvića. Ova pojava otkrivena je relativno skoro, 1920—1923. godine.

Sve biljke se ne ponašaju podjednako prema trajanju osvetljenosti. Neke biljke pre cvetaju ukoliko je dan duži a noć kraća, a druge obrnuto, što je dan kraći a noć duža. U odnosu na fotoperiodsku reakciju biljke se mogu podeliti u tri grupe:

- biljke dugog dana,
- biljke kratkog dana i
- neutralne biljke.

GAJENE BILJKE U ODNOSU NA NJIHOV ZAIITEV PRI-MA DUŽINI OSVETLJENOSTI  
Tab. 1

Biljke dugog dana (D)	Biljke kratkog dana (K)	Neutralne biljke (N)
Pšenica	Kukuruz (N)	Kukuruz (K)
Ovas	Suncokret (N)	Suncokret (K)
Raž	Soja	Bob (D)
Ječam	Proso	Heljda (K)
Šećerna repa	Heljda (N)	Duvan (D, K)
Krompir (K)	Pamuk	Grašak (D)
Grašak (N)	Konoplja	Pasulj(K)
Bob (N)	Pirinač (ozimi)	Paradajz (K)
Duvan (K, N)	Krompir (D)	Krastavac
Mak	Pasulj (N)	Celer
Lan	Paprika (N)	Paprika (K)
Šargarepa (N)	Paradajz (N)	Šargarepa (D)
Crni i beli luk	Duvan (D, N)	
Cvekla		
Kupus		
Salata		
Mirodjija		
Detelina		
Lucerka		
Ježevica		
Trava belica		
Grahorica		
Popino prase		
Sirak		
Engleska trava		

NAPOMENA: Kod biljaka koje pripadaju i nekoj drugoj grupi, to je označeno u zagradi biljke *dugog dana* ili dugodnevne biljke su one koje cvetaju samo ako dužina osvetljenosti iznosi više od 12—14 Časova. Biljke *kratkog dana* ili kratkodnevne cvetaju samo ako je dužina osvetljenosti manja od 12—14 časova, a *neutralne biljke* cvetaju nezavisno od dužine dana.

Dugodnevne biljke vode poreklo sa većih geografskih širina, gde se kratak dan, koji sprečava da dodje do cvetanja, poklapa sa niskim temperaturama u jesensko-zimskom periodu.

Kratkodnevne biljke pak vode poreklo iz tropskih i subtropskih krajeva, u kojima se period suša i jakih kiša poklapa s dužim danom. Duži dan u tom periodu sprečava cvetanje biljaka i na taj način ne postoji mogućnost oštećenja organa za razmnožavanje.

Očigledna je prednost i kratkodnevni i dugodnevni biljaka nad neutralnim, koje bi u tropskim i subtropskim krajevima cvetale i u sušnom i u kišnom periodu, a na većim geografskim širinama i u periodu niskih temperatura.

Iako u našoj zemlji fotoperiodska reakcija biljaka ima manji značaj, u tab. 1 izneto je kako se ponašaju neke najvažnije gajene biljke prema dužini osvetljenosti.

Pojedine kulturne biljke, kao što se vidi iz tab.1, pojavljuju se u dve ili čak u sve tri grupe (duvan). U takvim slučajevima reč je o različitim sortama iste biljne vrste, jer je zbog ukrštanja, raznih metoda selekcije i gajenja došlo do znatnog variranja (sorte i ekotipovi). Neke se pak vrste

različito ponašaju tokom vegetacionog perioda, kao npr. krompir, koji po vremenu cvetanja spada u dugodnevnne, a po obrazovanju krtola u kratkodnevne biljke. Osim toga, utvrđeno je da na fotoperiodsku reakciju biljaka utiču i drugi faktori, pre svega toplota (termoperiodizam). To znači da se fotoperiodizam kod nekih biljaka menja kada su one izložene različitim temperaturnim uslovima.

Trajanje osvetljavanja može se regulisati veštački u staklenicima i plastenicima. Zamračivanjem dan se skraćuje, a osvetljavanjem pomoću specijalnih električnih lampi produžava.

Produžavanjem osvetljenosti može se ubrzati sazrevanje dugodnevnih biljaka, a skraćivanjem se može izazvati usporeno sazrevanje i ubrzano razviće zelene mase.

## TEMPERATURA VAZDUHA

Toplota je jedan od osnovnih faktora spoljne sredine od kojih zavisi porast i razviće biljaka. Bez toplote život biljke ne bi bio moguć, jer bi se zaustavili svi životni procesi i biljka bi uginula. Toplota je biljkama neophodna tokom čitavog vegetacionog perioda, od klijanja i nicanja do stvaranja i sazrevanja ploda.

## OPŠTI POJMOVI O ATMOSFERI - VERTIKALNA PODELA ATMOSFERE

Atmosfera je gasoviti omotač koji okružuje zemljinu loptu i okreće se zajedno sa zemljom u svemiru oko svoje osovine. Isto tako, atmosfera zajedno sa zemljom obiđe oko sunca po eliptičnoj putanji u toku godine. Atmosfera ima isti oblik kao i zemljina lopta, tj. na polovima je spljoštena a na ekvatoru ispupčena.

Smatra se da je atmosfera gotovo sva nastala od gasova koji su emitovani pri vulkanskim erupcijama tokom istorije Zemlje.

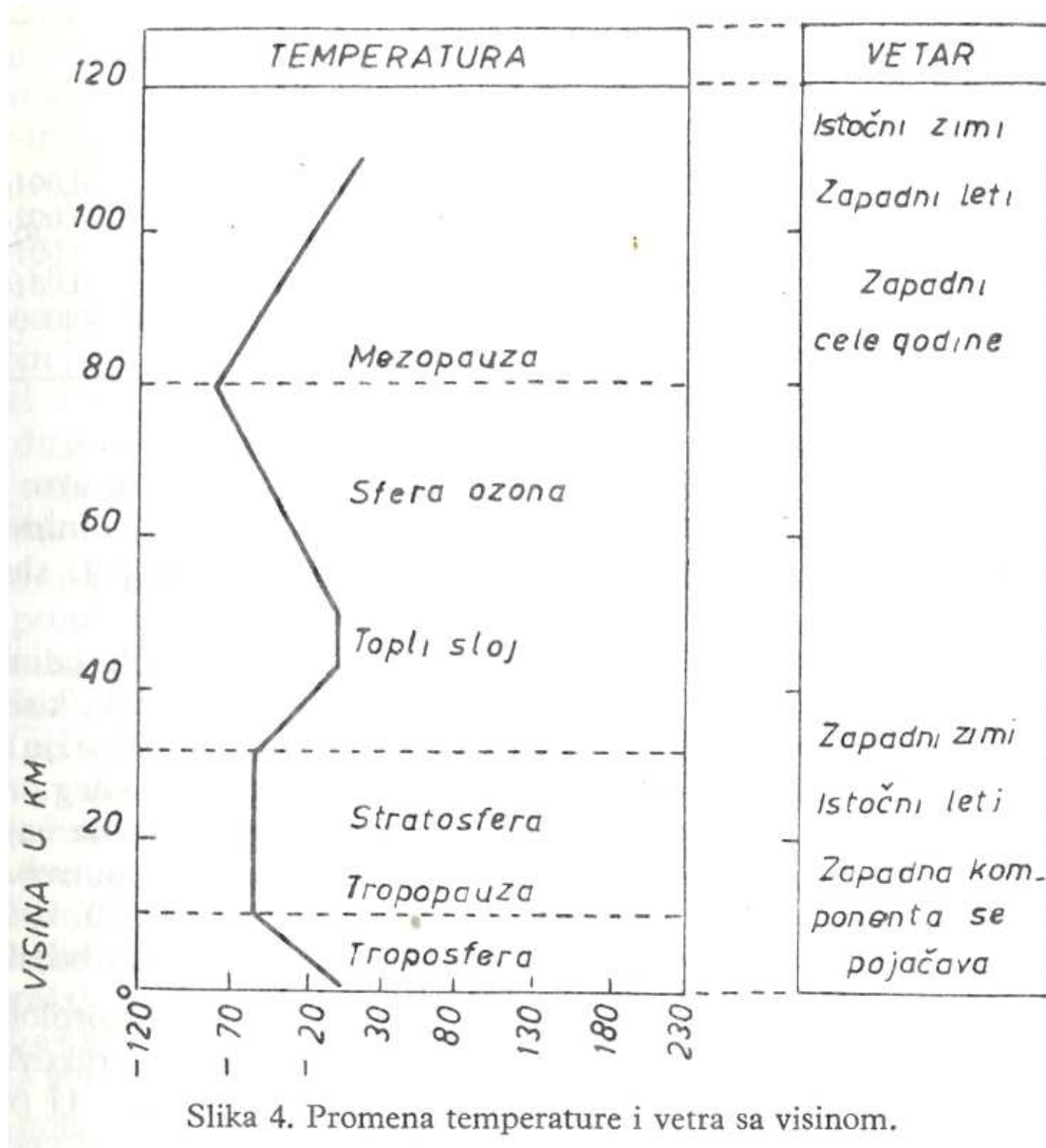
Prema izvesnim pojavama atmosfera se može podeliti na troposferu, stratosferu i jonosferu (5). Međutim, S. P. Hromov i L. I. Mamontova (6) dele atmosferu u vertikalnom pramcu na: troposferu (od 10 do 18 km visine), stratosferu (do 50 km), mezosferu (do 80—85 km) i termosferu (od 80 km nadalje).

Troposfera. — Visina troposfere je iznad ekvatora oko 16—18 km, iznad umerenih širina 9—11 km, a iznad polarnih predela oko 8 km. To je donji sloj vazduha koji sadrži 3/4 od ukupne mase vazduha u atmosferi.

U troposferi se nalazi skoro celokupna količini vodene pare sa raznim klicama i prašinom; u njoj se stvaraju oblaci, magla, a iz oblaka se izlučuju na zemlju kiša, sneg, grad, itd. Temperatura vazduha u troposferi opada sa porastom nadmorske visine, obično 4 do 8° na 1 km visinske razlike. U troposferi postoje vertikalna (konvektivna), horizontalna (advektivna), kosa i vrtložna (turbulentna) vazдушna strujanja. Troposfera se naziva konvektivni pojas zbog konvektivnih vazдушnih struja koje u njoj postoje. Prema Exneru ovaj se sloj naziva još i politropski pojas. Konvektivne struje su najjače i dopiru do najvećih visina u tropskim predelima gde su u prizemnom sloju najviše temperature vazduha. Pošto je troposfera takva oblast u kojoj je raspodela temperature najviše uslovljena turbulentnim vertikalnim strujanjem vazduha, to temperatura najbrže opada sa visinom u tropskim predelima, a sve sporije prema višim geografskim širinama. Temperatura vazduha na gornjoj granici troposfere iznad ekvatora iznosi —70 do —80°C, na umerenim širinama od —50 do —60°, a na polovima oko —45°.

Stratosfera. — Stratosfera je gornji sloj vazduha od troposfere pa do oko 80 km. U stratosferi nema vertikalnih već ima samo horizontalnih (advektivnih) vazдушnih struja. Zbog ovih vazдушnih struja stratosfera se naziva advektivni pojas. Temperatura vazduha u stratosferi ne zavisi od vazdušnog strujanja već je uslovljena zračnom ravnotežom; ona je dosta niska, ali ne opada sa visinom, već do 30 km visine ostaje stalna. Ovakav sloj vazduha u kome se temperatura

ne menja sa visinom naziva se izotermični pojas. Prema Suttonu, temperatura vazduha u stratosferi počinje da raste od 30 km visine i između 50 i 60 km dostigne svoj maksimum od oko  $7 - 17^{\circ}\text{C}$ . Posle toga temperatura vazduha ponovo opada sa visinom do oko 80 km, gde dostigne svoj minimum oko  $-83^{\circ}\text{C}$ . Od te visine pa nadalje temperatura vazduha ponovo raste sa visinom. U stratosferi ima malo vodene pare, te stoga u njoj uglavnom nema ni kondenzacije vodene pare, odnosno nema oblaka.



Na slici 4. prikazana je promena temperature sa porastom nadmorske visine do oko 110 km, a takođe i preovlađujući vetrovi.

Prelazni sloj između troposfere i stratosfere naziva se tropopauza. Njena je debljina 1 — 3 km. Količina vodene pare u tropopauzi naglo opada sa visinom.

Jonosfera. — Jonosfera je sloj vazduha iznad 80 km. Hromov ovaj sloj naziva još i termosfera. Ona je dobila ime od jona, tj. atoma ili molekula sa odgovarajućim pozitivnim ili negativnim



elektricitetom. Jonosfera ima veliki značaj za radio-telegrafiju, jer se u njoj vrši prelamanje, savijanje i upijanje radioaktivnih talasa. Ona se odlikuje velikom provodljivošću elektriciteta.

### Uticaj temperature vazduha na porast i razviće biljaka

Kod većine biljaka životni procesi se povećavaju sa povećanjem temperature. Uticaj temperature na intenzitet procesa izražava se pravilom Van-Hofa, po kome se brzina hemijske reakcije udvostručava sa povećanjem temperature za svakih 1<sup>0</sup>C. Ovo pravilo kod biljaka važi samo do određene temperaturne granice. Daljim povećanjem temperature procesi se usporavaju i na kraju prestaju.

Osnovni fiziološki procesi u biljkama, kao što su fotosinteza, disimilacija, transpiracija, apsorpcija hranljivih materija i drugi, teku samo u određenim granicama temperature. Za svaki životni proces postoje tri kardinalne tačke: minimum, optimum i maksimum. Minimum predstavlja donju granicu temperature pri kojoj se proces prekida usled nedostatka toplote; optimum je temperatura pri kojoj proces najbrže teče, a maksimum je gornja granica temperature pri kojoj se proces prekida zbog viška toplote.

KARDINALNE TAČKE KLIJANJA NEKIH RATARSKIH KULTURA (po Haberlandu)

Tab. 2.

Vrsta	Minimum	Optimum	Maksimum
Ječam	3 - 4 <sup>o</sup>	20 <sup>o</sup>	28 - 30 <sup>o</sup> C
Raž	1 - 2	25	30
Pšenica	3 - 4	25	30 - 32
Suncokret	3	28	35
Kukuruz	8 - 10	32 - 35	40 - 44

Minimum i maksimum su kritične tačke razvića biljke. Kada temperatura predje bilo donju (minimum) bilo gornju granicu (maksimum), biljka nema više uslova za život. Vrednosti kardinalnih tačaka su različite za razne biljne vrste i sorte, kao i za različite periode njihovog razvića, što se može videti iz tab. 2, gde su navedene kardinalne tačke klijanja nekih ratarskih kultura.

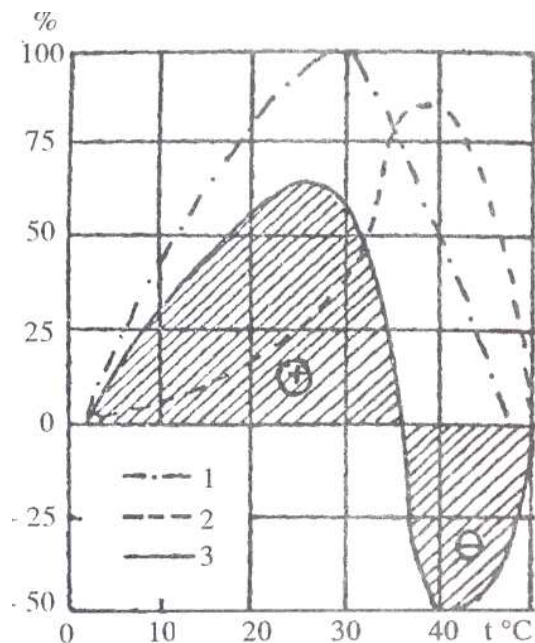
Ovde treba napomenuti da se kardinalne tačke razvića biljaka odnose ne samo na temperaturu već i na ostale vegetacione činioce (vlaga, svetlost, hrana i dr.) koji uslovljavaju život biljaka. Ako je ma koji od ovih neophodnih činilaca u minimumu ili maksimumu, dovodi se u pitanje dalji opstanak biljke, i to čak i onda kada su svi ostali činioци u optimumu. Takav je npr. slučaj kod suše, gde se vlaga javlja u minimumu, a biljka i pored ostalih optimalnih uslova može da strada.

Intenzitet fotosinteze zavisi, kao što je poznato, od temperature vazduha. Niske temperature usporavaju proces fotosinteze, a pri njihovim određenim vrednostima prestaje uzimanje ugljen-dioksida. Sa povećanjem temperature pojačava se proces, ali kada temperatura dostigne određenu granicu, intenzitet fotosinteze počinje da se smanjuje. Zavisnost fotosinteze od temperature nije ista kod svih biljaka, a takodje se menja i kod iste biljne vrste u zavisnosti od drugih uslova spoljne sredine. Minimum temperature za fotosintezu je oko 0<sup>o</sup>C, mada se kod nekih termofilnih biljaka fotosinteza naglo smanjuje već na 10—12<sup>o</sup>C, a prestaje pri temperaturi 3— 5<sup>o</sup>C. Maksimum temperature je oko 45-50<sup>o</sup>C, kada dolazi do raspadanja hlorofila i prestanka fotosinteze. Kod većine biljaka proces fotosinteze teče relativno brzo u temperaturnim granicama 10—35<sup>o</sup>C, ali optimalna temperatura iznosi 25—28<sup>o</sup>C, zavisno od vrste biljke.

Proces disimilacije teče u nešto širim temperaturnim granicama od fotosinteze. Mada sve biljke ne reaguju podjednako na temperaturu, kod većine biljaka disimilacija može da se obavlja i pri temperaturi nešto ispod 0°C. Sa povećanjem temperature intenzitet disimilacije se povećava i dostiže optimum pri temperaturi 35 — 40°C, dok pri temperaturi 50°C i višoj prestaje.

Kako su i fotosinteza i disimilacija intenzivnije pri višim temperaturama (u određenim granicama), akumulacija organskih materija u biljkama zavisice od dnevnih i noćnih temperatura, odnosno od dnevnog hoda temperature vazduha. Relativno visoke temperature danju i relativno niske temperature noću — povećavaju akumulaciju organskih materija u tkivu biljaka. Nasuprot tome, prohladni dani i tople noći ne omogućavaju veću akumulaciju organskih materija, jer slabija fotosinteza danju ne može da pokrije rashod organskih materija u procesu disimilacije ni tokom dana, a naročito ne tokom tople noći.

Na si. 2 prikazana je zavisnost intenziteta asimilacije(1), disimilacije (2) i akumulacije organskih materija (3) od temperature vazduha (u % od maksimalnog intenziteta fotosinteze). Znak (+) označava da je asimilacija jača od disimilacije, a znak (—) obrnuto.



Sl. 2. Zavisnost akumulacije organskih materija od temperature vazduha (Serjakova, 1978)

Temperatura vazduha veoma utiče i na treći važan fiziološki proces u biljkama — transpiraciju. Sa povećanjem temperature vazduha povećava se i transpiracija, o čemu će biti govora kasnije.

Samim tim što ima veliki uticaj na fiziološke procese u biljci, temperatura vazduha utiče i na tempo razvića biljaka. To znači da trajanje međufaznih perioda razvića, a time i trajanje vegetacionog perioda, zavisi od temperature vazduha — što je viša temperatura to su kraći međufazni periodi a razviće biljaka brže, i obrnuto.

Uticaj temperature na ritam razvića zapaža se naročito u brdsko-planinskim područjima, gde vegetacija kasni u odnosu na niže predele. Sa povećanjem nadmorske visine temperatura vazduha opada, a shodno tome kasni i vreme nastupa faza razvića biljaka. Ovo zakašnjenje je veće u toplijim područjima, gde temperatura brže opada sa povećanjem visine, nego u hladnijim krajevima, gde su termičke promene sa visinom slabije izražene.

Porast biljaka, odnosno povećanje biljne mase, koje nastaje kao rezultat dva suprotna procesa — asimilacije i disimilacije, zavisi takodje od temperature vazduha. Sa povećanjem temperature povećava se brzina porasta sve do optimalne temperature, pri kojoj je porast najbrži. Daljim povećanjem temperature, iznad optimuma, brzina porasta se smanjuje, a pri temperaturi koja odgovara kardinalnoj tački maksimuma porast se sasvim zaustavlja.

## BILANS ZRAČENJA

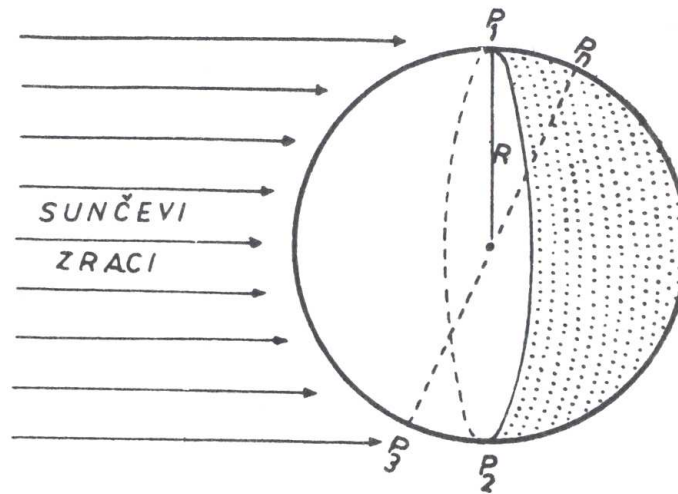
Da bi se na gornjoj granici atmosfere, u samoj atmosferi i na zemljinoj površini držala termička ravnoteža, tj da bi ostala nepromenjena srednja temperatura, mora priliv zračne i toplotne energije da bude ravan gubitku energije u istom vremenskom razmaku. Npr. ako se uzme



prosječna godina, onda će u "toku godine na nekom mestu  $1 \text{ m}^2$  zemljine površine primiti toplotu od: globalnog sunčevog zračenja, protivzračenja atmosfere i još od nekih drugih manjih toplotnih izvora. U isto vreme dotični kvadratni metar zemljine površine gubice toplotu radijacijom i isparavanjem vode sa zemljine površine. Sem toga, celokupna zračna energija globalnog zračenja, koja padne na zemljinu površinu ne bude sve apsorbirana, već izvestan deo bude reflektovan od zemlje nazad u atmosferu. Prema tome, kao što je rečeno, priliv energije mora biti ravan gubitku. Ovo se neće dogoditi u toku svake godine, ali ovde je reč o prosečnoj godini, tj. o prosečnim vrednostima za duži niz godina.

Ako se uzme da količina zračne energije koja padne na  $1 \text{ m}^2$  gornje granice atmosfere predstavlja 100 energetske jedinice, one će se u sistemu zemlja-atmosfera rasporediti na sledeći način (si. 10):

- 19 jedinica se apsorbiruje u toku prolaska kroz atmosferu i to 16 u atmosferi bez oblaka (vodena para, ozon, ugljendioksid, kiseonik i dr.) i 3 u oblacima.
- ukupno 30 jedinica je reflektovano nazad u vasioni prostor: 20 od oblaka 6 od čestica atmosfere i 4 sa zemljine površine,
- preostalu 51 jedinicu apsorbiruje zemljina površina. Zemlja raspolaže tom energijom u obliku infracrvenog zračenja (zemljina radijacija) i fluksa „osetne“ i latentne toplote, kao što je prikazano na desnoj strani sl.10 (osetna toplota, za razliku od latentne, može da se oseti tj. izmeri termometrom).

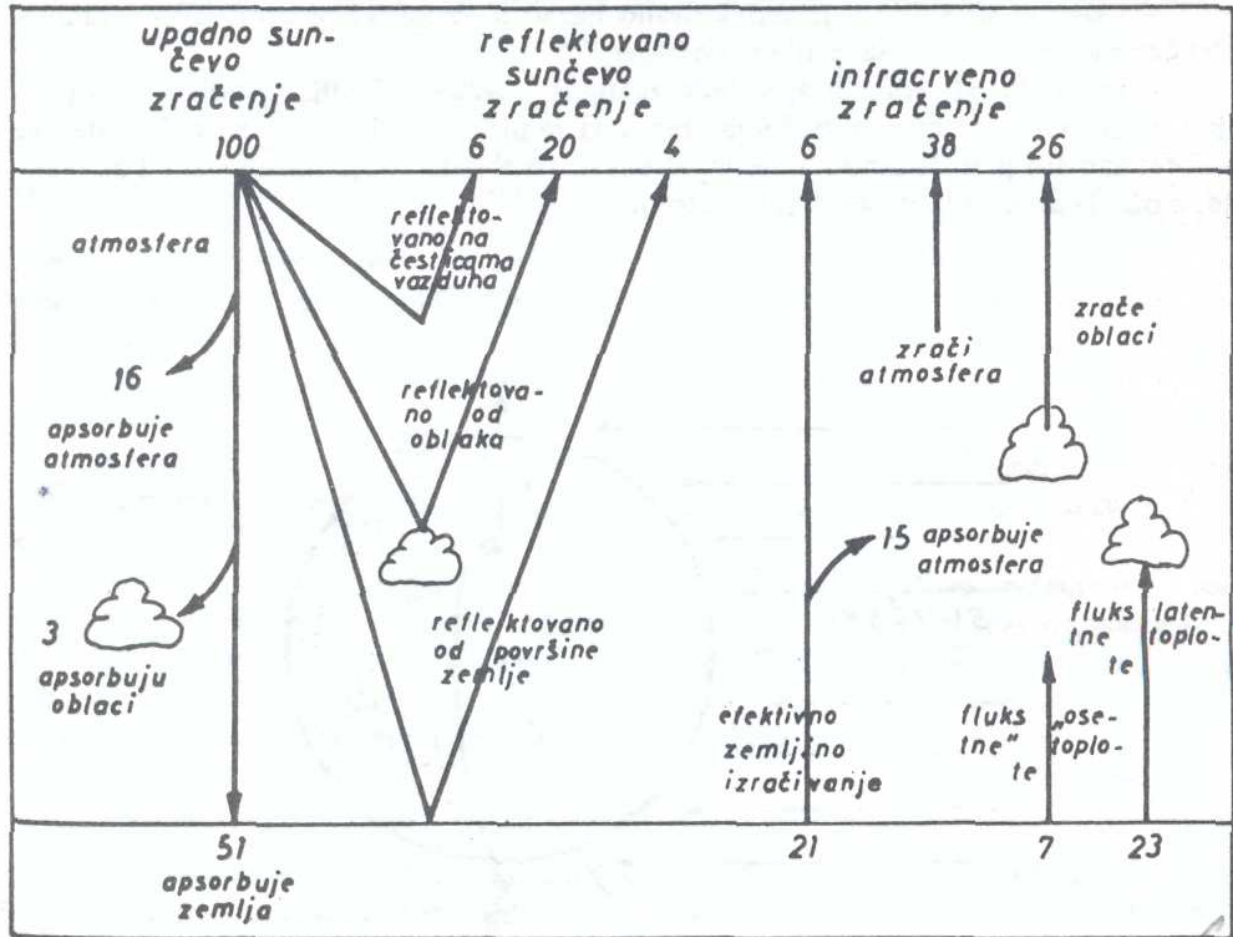


Slika 9. Kružni presek kroz zemljinu loptu obasjan sunčevim zracima u jednom momentu.

Ako se infracrveno zračenje zemlje i atmosfere izrazi u istim energetske jedinice onda:

- efektivno izračivanje zemljine površine, koje predstavlja razliku između ukupnog izračivanja zemlje i protivzračenja atmosfere iznosi 21 jedinicu. Od ovih 15 jedinica se apsorbiruje u atmosferi a 6 odlazi u vasioni prostor,
- 30 jedinica se transportuje od zemljine površine u atmosferu kao fluks latentne toplote (23 jedinice) i fluks „osetne“ toplote (7 jedinica),

— atmosfera emituje u vasioni prostor 38 jedinica, a oblaci 26.



Slika 10. Šematski prikaz srednjeg godišnjeg bilansa zračenja (64.)

### Potrebe biljaka za toplotom

Potrebe biljaka za toplotom nisu podjednake. Ima biljaka kojima je za porast i razviće potrebno više toplote (*termofilne biljke*), dok se druge dobro prilagođavaju nižim temperaturama (*kriofilne biljke*). Između njih postoji grupa *mezotermnih* biljaka. Tako, na primer, neke biljke rastu, cvetaju i donose plod pri temperaturi ispod 0°C, dok druge uginjavaju već na 10—15°C. Potreba biljaka za toplotom najbolje se može uočiti upoređivanjem bioloških suma temperature vazduha za različite biljke, pod kojom se podrazumeva suma srednjih dnevnih temperatura vazduha u vegetacionom periodu određene kulture od početka rasta do njenog sazrevanja.

Sve biljke ne počinju svoj poist i razviće pri istoj temperaturi. Takodje i kasnije faze razvića biljke prolaze pri različitim temperaturama, što zavisi od bioloških osobina i potrebe određene vrste biljaka za toplotom. Donja granica temperature pri kojoj biljke ulaze u određenu fazu razvića naziva se *biološki minimum*.

Pad temperature ispod biološkog minimuma još ne dovodi do uginuća biljke. Nastaje samo zastoje u porastu i razviću, ali biljka ostaje u životu i pri kasnijem otopljenju počinje ponovo da vegetira. Ukoliko je pad temperature ispod biološkog minimuma manji utoliko su oštećenja manja i biljka se pri kasnijim optimalnim uslovima lakše oporavlja. Međutim, što je ona bliže svojoj kardinalnoj tački minimuma, to su oštećenja veća i biljka se kasnije teže oporavlja.

Sve temperature iznad biološkog minimuma za određenu fazu razvića nazivaju se *aktivne temperature*. Pod *efektivnim temperaturama* podrazumevaju se aktivne temperature umanjene za veličinu biološkog minimuma. Na primer, ako biološki minimum za početak rasta ozime pšenice iznosi 5°C a temperatura određenog dana 15,6°C, onda je aktivna temperatura toga dana 15,6°, a efektivna  $15,6 - 5,0 = 10,6^{\circ}\text{C}$ .

Sume aktivnih temperatura vazduha iznad 10°C koriste se u agrometeorologiji kao osnovni termički pokazatelj mogućnosti gajenja određene biljke u nekom području, a takodje i pri određivanju visinske termičke granice za njenu rentabilnu proizvodnju. Sume efektivnih temperatura vazduha za određene međufazne periode razvića biljaka najviše se koriste kao pokazatelji tempa razvića biljaka, najčešće u fenološkim prognozama vremena nastupa određene faze razvića (tab.5).

SUME EFEKTIVNIH TEMPERATURA VAZDUHA ZA MEĐUFAZNE PERIODE NEKIH RATARSKIH KULTURA (Šigoljev A.A., 1957)

Tab. 5

Vrsta	Period	Suma efektivnih temperatura vazduha(°C)
Ozima pšenica	setva - bokorenje	67
	vlatanje - klasanje	330
	klasanje - mlečna zrelost	230
	klasanje - voštana zrelost	490
Ozima raž	setva - bokorenje	52
	vlatanje - klasanje	183
	klasanje - cvetanje	144
	cvetanje - mlečna zrelost	225
Jari ovas	mlečna - voštana zrelost	175
	vlatanje - metličanje	378
Jari ječam	metličanje - voštana zrelost	428 - 466
	vlatanje - klasanje	330
	klasanje - voštana zrelost	388 - 410

### Nepovoljan uticaj temperature vazduha na biljke

Uticaj temperature vazduha na porast i razviće biljaka je najpovoljniji kada je temperatura u granicama optimuma za određenu biljnu vrstu i fazu razvića. Međutim, u prirodnim uslovima to nije uvek slučaj. U proleće, kada se biljke nalaze u početnim fazama razvića, često se u našim klimatskim uslovima temperatura spusti ispod nule. O delovanju negativnih temperatura na poljoprivredne kulture, kao i uopšte o mrazu, kao nepovoljnoj vremenskoj pojavi, biće govora posebno.

Medjutim, na biljku deluju nepovoljno i visoke temperature vazduha. Pri visokim temperaturama povećava se proces disimilacije. To dovodi do iscrpljivanja biljke, jer je potrošnja ugljenih

hidrata veća od njihove sinteze. Naročito je to slučaj kod mladih biljaka, čiji još nedovoljno razvijen korenov sistem ne može da snabdeva biljku dovoljnom količinom hranljivih materija. U takvim uslovima narušava se normalan tok metabolizma, što dovodi do oštećenja biljnih tkiva, a na kraju i do uginuća biljke.

Visoke temperature, bez obzira u kom se periodu razvija biljke pojavljuju, narušavaju vodni bilans biljke, jer povećavaju transpiraciju i otežavaju normalno snabdevanje biljke vodom. Ovakvi uslovi mogu dovesti do sagorevanja hlorofila i privremenog žućenja lišća, a u vreme cvetanja do nepotpunog oprašivanja. Razlog tome je što pri visokim temperaturama opada turgor (pritisak koji upijena voda vrši na ćelijsku opnu), cvetni prah se suši i postaje slabo aktivan, prašnici se ne otvaraju i do oprašivanja ne dolazi. To se, na primer, dešava sa cvetnim prahom kukuruza pri temperaturi iznad 35 C.

U periodu nalivanja zrna visoke temperature, praćene suvim vazduhom, ometaju ovaj proces i dovode do prevremenog zrenja. Zrna ostaju štura, a prinosi su znatno smanjeni.

Visoke letnje temperature mogu naneti štete mladima, lišću i plodovima voćaka u obliku tzv. sunčanih ožegotina (tamne okruglaste pege sa sunčane strane, kod kojih je nekoliko slojeva ćelija mrtvo).

### ZAGREVANJE I HLAĐENJE VAZDUHA

Zagrevanje i hlađenje vazduha vrši se uglavnom od zemljine površine. Iz tog razloga promena temperature vazduha zavisi od temperaturnih promena podloge iznad koje se vazduh nalazi. Ipak procesi zagrevanja i hlađenja vazduha su složeniji nego što je to slučaj kod kopna ili vode. Da bi se ovo moglo objasniti, potrebno je da se iznesu neke fizičke osobine vazduha, koje utiču na njegovo zagrevanje. Te osobine su sledeće:

1. Čist i suv vazduh je u nižim slojevima skoro potpuno dijaterman, tj. propušta sunčeve zrake, a pri tome se skoro nimalo ne zagreje.
2. Vazduh je, kao što je već izneto, vrlo loš provodnik toplote, tako da se toplota u vazduhu provođenjem veoma sporo rasprostranjuje.
3. Vazdušne čestice su pokretne i one se dosta brzo kreću i mešaju, te im se tako temperaturne razlike izjednačavaju.

Prema tome, vazduh se dosta sporo zagreva i hladi, iako ima malu specifičnu toplotu (1,00 J/g pri konstantnom pritisku i 0,71 J/g pri konstantnoj zapremini), znatno manju od težinske specifične toplote vode, a takođe i raznih stena i raznih vrsta zemlje.

Zagrevanje vazduha od podloge vrši se na sledeće načine:

1. sporim molekularnim provođenjem toplote od podloge sa čestice na česticu vazduha pošto je vazduh loš provodnik toplote, zagrevanje na ovaj način oseti se samo nekoliko milimetara;
2. neposrednim prolaskom tamnih dugotalasnih zrakova kroz vazduh, koje zemlja otpušta kao toplotne zrake, a koje vazduh apsorbuje i zagreva se;
3. konvektivnim strujanjem vazdušnih masa;
4. turbulentnim kretanjem vazdušnih masa;
5. advektivnim kretanjem vazdušnih masa;
6. isparavanjem vode sa zemljine površine. Konvektivna strujanja vazduha vrše se na sledeći način:

U toku dana, kada insolacija nadvlada radijaciju, toplota sa zemljine površine prelazi neposredno molekularnim provođenjem na sloj vazduha koji leži iznad same zemlje. Što je jače zagrevanje zemljine površine, to će i zagrevanje najnižeg sloja vazduha biti jače. Usled toga, gustina vazduha postaje manja, odnosno specifična težina vazduha se smanjuje sa porastom temperature. Drugim rečima, ukoliko se vazduh na nekom mestu više zagreva on postaje lakši od vazduha

iznad njega i zato se mora uzdizati uvis. Uzdižući vazduh nosi sa sobom i toplotu dobivenu od zemljine površine.

Na mesto uzdižućeg toplog vazduha spušta se odozgo hladniji i gušći vazduh ka zemlji, koji se na zemlji takođe zagreva i ponovo uzdiže. Usled ovakvih procesa obrazuju se konvektivne struje, koje prenose toplotu od zemljine površine u atmosferu.

Sem ovih vazdušnih struja, koje se uzdižu ili spuštaju usled ovakvih procesa, postoje još i druge vazdušne struje koje takođe učestvuju u razmeni toplote između zemljine površine i vazduha. Zbog nejednakog sastava i oblika zemlje, zagrevanje pojedinih delova zemljine površine, koji se nalaze neposredno jedan pored drugog, biće različito. Tako, npr., peščana obala reke zagreva se više nego vodena površina. Gola zemlja, bez biljnog pokrivača, zagreva se brže nego zemlja pod biljnim pokrivačem. Južne padine zagrevaju se više nego severne. Zidovi kuća u gradovima, koji se nalaze sa južne strane, takođe se zagrevaju više nego zidovi sa severa, koji su u senci. Ovo isto važi i za ulice i razne popločane i asfaltirane pijace i trgove. Zbog svega toga obrazuju se slabe vazdušne struje vertikalnog smera, koje prenose toplotu od toplijih ka hladnijim mestima u vertikalnom smeru.

Turbulentna strujanja u vazduhu mogu imati dinamički i termički karakter-Dinamička turbulencija nastaje kada vazduh pri horizontalnom strujanju nailazi na razne prepreke (drveće, kuće, brežuljke, ispresecano zemljište, itd.) od kojih je primoran da se uzdiže ili spušta. Tada se stvaraju izvesni vihuri, bilo oko horizontalne ili vertikalne osovine, u kojima se vazduh meša i toplota izjednačava. Iznad vodenih površina i u ravnicama zemljišta bez vegetacije dinamička turbulencija je slaba. Ukoliko je horizontalno strujanje vazduha jače utoliko je i dinamička turbulencija veća.

Termička turbulencija nastaje usled nejednakog zagrevanja pojedinih mesta na zemlji, koja se nalaze jedna blizu drugih, iznad kojih je tada i vazduh različito zagrejan. Uzrok za ovako nejednako zagrevanje je usled različitog karaktera zemljišta i njegovog oblika. Tamo gde je zemljište više zagrejano vazduh se uzdiže uvis i spušta se ka zemlji na mestima gde je manje zagrejano. Tako se često obrazuju mali vihuri, koji učestvuju u prenošenju toplote. Termička turbulencija je jako izražena leti u toku dana.

Advektivna kretanja vazdušnih masa, u stvari, predstavljaju vetar pri zemlji ili na visini, i o njima će biti reci kasnije.

Ova advektivna strujanja imaju obično smer u prizemlju od mesta koje je hladnije ka mestu koje je toplije. Vazduh se meša pri horizontalnom kretanju i tako se temperatura izjednačava.

Isparavanje vode sa zemljine površine i biljaka utiče na zagrevanje vazduha na sledeći način: Pri isparavanju troši se izvesna količina toplote, ali samo prividno, jer to je tzv. latentna toplota koja se u istom iznosu oslobodi pri kondenzaciji ili sublimaciji vodene pare u vazduhu. Tako se događa da vodena para, koja se uzdiže uvis, nosi sobom i tu skrivenu toplotu, i pri kondenzaciji i oslobađanju te toplote vazduh se na visini zagreva.

Količina toplote koju zemlja izlučuje radijacijom menja se u zavisnosti od raznih činilaca: od dužine dana i noći, od godišnjeg doba, od reljefa i karaktera mesta, od geografske širine, od nadmorske visine i od oblačnosti. Prema tome, i zagrevanje vazduha biva različito.

Kada se sve ovo uzme u obzir, onda se može doći do zaključka da temperatura vazduha opada sa porastom visine u nižim slojevima iznad zemlje. Ovo se događa u toku dana, a naročito leti, kada je vreme tiho i vedro. To znači da je zemljina površina danju — naročito leti — toplija od prizemnog vazduha, jer tada insolacija nadvladava radijaciju.

U toku noći površina zemlje se postepeno hladi. Međutim, pošto su sada čestice prizemnog vazduha toplije od zemljine površine, to će one svoju toplotu provoditi ka rashlađenoj površini

zemlje. Ali kako je toplotna provodljivost vazduha znatno manja od provodljivosti sastavnih delova zemlje, taj uticaj hlađenja osetiće se samo do visine od oko 3 — 4 metra.

Sem provođenja toplote od prizemnog vazduha ka zemlji, vrši se još i zračenje toplote od prizemnih vazdušnih čestica prema rashlađenom kopnu. Ali kako vazduh ima vrlo malu specifičnu toplotu, to se on dosta rashladi a površina hladne zemlje ne zagreje skoro ništa, jer su količine toplote koje vazduh otpusti male.

Usled toga što se vazduh u prizemnom sloju dosta rashladi, vazdušni slojevi na većim visinama su topliji, a to znači da temperatura vazduha raste od zemljine površine prema visini. Ovo se događa noću — naročito zimi — kada je vreme tiho i vedro, pogotovo kada se iznad zemlje nalazi snežni pokrivač.

Prema tome, vazduh sleduje uglavnom svima promenama u toplotnom stanju površine zemlje, naročito u toku noći. Ipak u toku dana, pri jakom zagrevanju, vazdušne temperature se dosta razlikuju od temperature podloge. Ovo nastupa usled turbulentnih-kretanja u najtoplijim časovima dana u prizemnom sloju vazduha.

## DNEVNI TOK TEMPERATURE VAZDUHA

Temperatura vazduha predstavlja toplotno stanje vazduha u izvesnom momentu vremena. Ona je proporcionalna energiji toplotnog kretanja vazdušnih molekula, koji se kreću nepravilno u svim pravcima.

Temperatura vazduha meri se na 2 metra visine iznad zemljine površine u specijalnom termometarskom zaklonu, tako da su termometri zaklonjeni od direktnog sunčevog zračenja, a izloženi su slobodnom vazdušnom strujanju. Ukoliko je u pitanju neka druga temperatura, kao npr. na 5 cm ili 100 cm iznad zemlje, onda se to mora uvek naglasiti.

Raspodela temperature vazduha je u prizemnom sloju ravnomernija u horizontalnom nego u vertikalnom pravcu. Prema tome, razmena toplote ostvaruje se u prizemnom sloju uglavnom u vertikalnom pravcu, dok se to u horizontalnom pravcu događa samo u pojedinačnim slučajevima, i to na granici između različitih vrsta podloge, kao što su npr. između šume i polja, vode i kopna, peskovitog zemljišta i černozema, itd.

S obzirom da se kopnene i vodene površine različito zagrevaju a različito i hlade u toku dana, to će takođe biti različiti dnevni tokovi temperature vazduha iznad kopna i iznad vode.

1. Dnevni tok temperature vazduha iznad kopna. — Na dnevni tok temperature vazduha, takođe na prvom mjestu, utiču dva faktora: insolacija i radijacija. Za sve vreme u toku dana, dokle nadvladava insolacija, temperatura u prizemnom sloju vazduha raste, a kada nadvladava radijacija, temperatura opada.

Prema tome, od izlaska sunca temperatura vazduha počinje da raste i u jednom trenutku dostigne svoj dnevni maksimum. U tom momentu je insolacija ravna radijaciji. Taj momenat se ne poklapa sa momentom najvišeg položaja sunca već 2 do 3 časa kasnije. Prema tome, maksimum temperature vazduha nije u isto vreme kad i maksimum temperature površine kopna, nego 1 do 2 sata kasnije. To znači da maksimum temperature vazduha bude oko 14 časova. Od tog momenta temperatura vazduha opada ne samo do sunčevog zalaska već i dalje preko noći. Minimum temperature vazduha nastupa u isto doba kada i minimum temperature na površini kopna, pred izlazak sunca. Prema tome, dnevni tok temperature vazduha ima jedan maksimum oko 14 časova i jedan minimum pred sunčev izlazak.

Dnevna amplituda temperature vazduha iznad kopna. — Razlika između maksimalne i minimalne temperature vazduha u toku dana (24 časa) naziva se dnevnom amplitudom temperature vazduha.

Dnevna amplituda temperature vazduha zavisi od geografske širine, godišnjeg doba, vrste podloge, reljefa zemljišta, nadmorske visine, stepena naoblačenosti i prirodnog pokrivača zemljišta.

Ovi navedeni faktori utiču na dnevni tok temperature vazduha na sledeći način:

Geografska širina. — Što je viša geografska širina to je dnevna amplituda temperature vazduha manja, tj. ona se smanjuje od ekvatora prema polovima. Na nižim geografskim širinama zagrevanje u toku dana je veće, ali u toku noći je i hlađenje veće u odnosu na zagrevanje, te je stoga veće i dnevno kolebanje temperature.

Vrsta podloge. — Dnevna amplituda u unutrašnjosti kopna, naročito u peščanim pustinjama, dosta je velika i iznosi oko  $15^{\circ}$  do  $20^{\circ}$ , a u pojedinim mestima i  $30^{\circ}$ . Iznad glinovitog zemljišta i černoze dnevna amplituda temperature vazduha je manja nego iznad peskovitog zemljišta.

Reljef zemljišta. — Reljef zemljišta može biti ravan, bregovit, brežuljkast i ispresecan. U prostranim ravninama dnevna amplituda temperature vazduha je manje-više ista na dosta velikom prostranstvu. Međutim, u bregovitom (planinskom), brežuljkastom i ispresecanom terenu dnevna amplituda temperature vazduha je različita. Tako, npr., u dolinama i kotlinama dnevna amplituda temperature vazduha je veća nego na brdima, brežuljcima i padinama. Ovo nastupa zato što na vrhovima brda vazduh ima manju dodirnu površinu sa zemljom, koja se u toku dana zagreva a u toku noći hladi. Prema tome, vazduh se i u toku dana manje zagreva a u toku noći manje ohladi na bregovima nego u dolinama. Naročito se vazduh jako zagreva po danu a po noći hladi u dolinama koje su okružene brdima. Tu vazduh obično miruje i zagreva se u mestu. U toku noći dno doline se hladi a još brže se hlade padine, a hladniji gušći vazduh sa padina spušta se u dolinu.

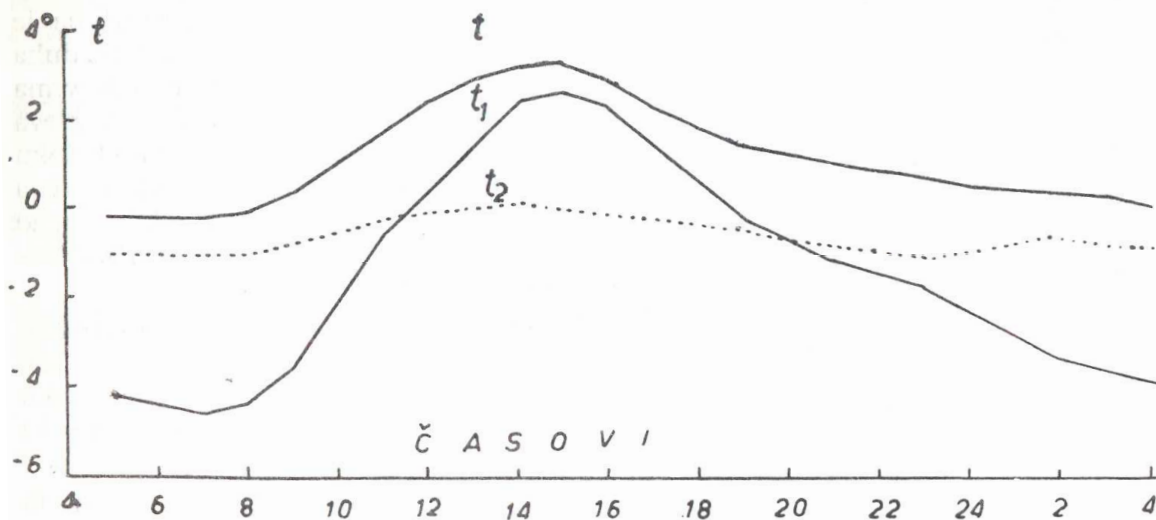
U ispresecanom terenu, tj. u uskim dolinama i kotlinama sa strmim padinama, ne postoje naročiti uslovi za izazivanje veće amplitude temperature vazduha, kao što je slučaj kod širokih dolina sa blagim padinama okolo. Jer strme padine u toku dana zaklanjaju doline od zagrevanja, a u toku noći otpuštena toplota ide samo ka malom delu nebeskog svoda.

Stepen naoblačenosti. — Pri vedrim danima i noćima dnevna amplituda temperature vazduha je veća nego pri oblačnim. Ta nejednakost nastaje zato što oblačnost sprečava, kako insolaciju u toku dana tako i radijaciju u toku noći. Na primer, u Lenjingradu amplituda temperature vazduha u toku dana u maju, pri potpuno vedrom vremenu, iznosi  $10,0^{\circ}$  a pri potpuno oblačnom  $3,4^{\circ}$ . Dnevna amplituda temperature vazduha u Beogradu, pri potpuno vedrom vremenu, iznosi  $12,1^{\circ}$ , dok pri potpuno oblačnom vremenu iznosi  $1,6^{\circ}$ .

Prirodni pokrivač. — Biljni pokrivač, naročito šuma i močvarno zemljište, obično smanjuju dnevnu amplitudu temperature vazduha. Ovde će se još napomenuti da se u dnevnim letnjim časovima može dogoditi znatno kolebanje temperature vazduha u kratkim vremenskim razmacima. Ima slučajeva da se temperatura za nekoliko sekundi promeni za  $1^{\circ}$ . Uzrok takvim temperaturnim promenama jeste turbulentno kretanje vazduha, gde se iznad mesta osmatranja obrazuju čas penjuće čas padajuće vazdušne struje ili manji vazdušni vihuri sa različitim temperaturama i vlažnošću.

Na slikama 18. i 19. prikazani su dnevni tokovi temperature vazduha u Beogradu za januar i juli, a za period 1948 — 1962. Na ovim slikama prikazani su dnevni tokovi prema časovnim vrednostima temperature ( $t$ ) za sve dane u dotičnim mesecima, bez obzira na oblačnost. Zatim su prikazani dnevni tokovi za vedre dane ( $t_1$ ), kada je oblačnost u sva tri termina osmatranja (7, 14 i 21 čas) bila ravna ili manja od 2/10. I najzad, prikazani su dnevni tokovi temperature za oblačne dane ( $t_2$ ), kada je oblačnost u sva tri termina osmatranja bila 10/10.



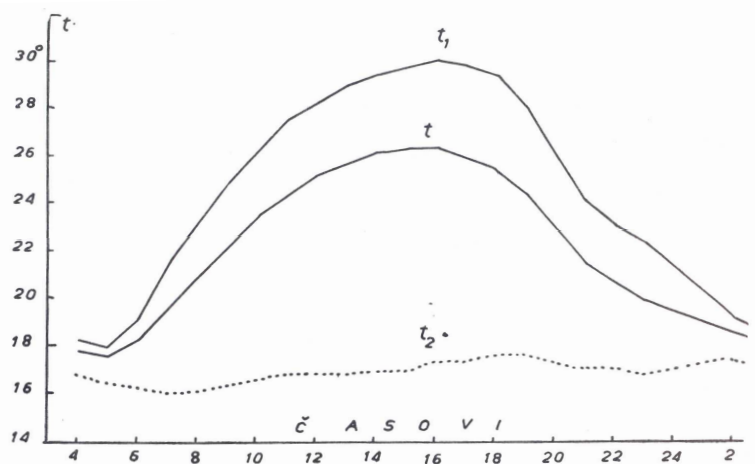


Slika 18. Dnevni tok temperature vazduha u Beogradu u januaru za period 1948 — 1962, prema K. Milosavljević ( $t$  — srednja vrednost za sve dane,  $t_1$  — za vedre dane,  $t_2$  — za oblačne dane.)

Kao što se iz slika 18. i 19. vidi, dnevni tokovi temperature vazduha pri vedrom vremenu (krive  $t_1$ ) više su izraženi nego tokovi za sve slučajeve, bez obzira na oblačnost (krive  $t$ ). Međutim, dnevni tokovi pri potpuno oblačnom vremenu (krive  $t_2$ ) nisu uopšte izraženi, već su to skoro horizontalne linije. To znači da su temperature vazduha bile skoro iste u svim časovima dana i noći. Ovo važi kako za januar, tako i za jul.

Minimalna temperatura vazduha u januaru bila je, prema podacima za sve slučajeve, u 6 i 7 časova ( $-0,2^\circ$ ), a maksimalna u 14 i 15 časova ( $3,2^\circ$ ). Minimalna temperatura pri vedrom vremenu bila je u 7 časova ( $-4,6^\circ$ ), a maksimalna u 15 časova ( $2,6^0$ ). Pri oblačnom vremenu minimalna temperatura bila je od 5 do 8 časova ( $-1,0^\circ$ ), a maksimalna u 14 časova ( $0,1^\circ$ ).

U julu je minimalna temperatura, za sve slučajeve bez obzira na oblačnost, bila u 5 časova ( $17,5^\circ$ ), a maksimalna u 15 i 16 časova ( $26,3^\circ$ ). Pri vedrom vremenu najniža temperatura bila je takođe u 5 časova ( $17,9^\circ$ ), a maksimalna u 16 časova. Pri oblačnom vremenu minimalna temperatura vazduha bila je u 7 časova ( $16,0_0$ ), a maksimalna u 18 časova ( $17,6^\circ$ ).



Slika 19. Dnevni tok temperature vazduha u Beogradu u julu za period 1948-1962. — K. Milosavljević;  $t$  — srednja vrednost za sve dane,  $t_1$  — za vedre dane,  $t_2$  — za oblačne dane.

Dnevni tok temperature vazduha iznad vode. — Temperatura vazduha iznad vodene površine menja se drugačije nego iznad kopna. Povišenje temperature vodene površine posle izlaska sunca je sasvim sporo, jer se veliki deo primijene toplote utroši na isparavanje. Isto tako se temperatura



vodene površine sporo snižava posle podne i u toku noći. Ovo se najbolje vidi po dnevnom kolebanju temperature, koje na okeanskoj površini nije veće od  $0,5^{\circ}$ .

Isto je tako i kolebanje temperature vazduha iznad okeana malo, svega  $1,7^{\circ}$ , ali je ipak za 3,5 puta veće nego kolebanje na okeanskoj površini.

Kao što se vidi, ovo su sasvim suprotne promene u temperaturnom toku vazduha od onih promena koje su napred navedene za vazduh iznad kopna. Prema tome, izgleda, kao da je zagrevanje vazduha iznad vodene površine nezavisno od svoje podloge. Ovo se naročito ispoljava u tome što je vazduh iznad vode danju topliji a noću hladniji od same vodene površine.

Ovako velike razlike u zagrevanju vazduha iznad vode, prema uslovima zagrevanja iznad kopna, nastaju usled fizičkih osobina vode i vazduha, koje bi se mogle ovako predstaviti:

Usled velike specifične toplote vode a male specifične toplote vazduha, razlika u temperaturi morske površine i vazduha je stalno veoma mala.

Vazduh je iznad vodene površine pun vodene pare i čestica soli, koje danju apsorbuju direktne sunčeve zrake, i zato se ovaj vazduh zagreva još i neposredno od sunčevog zračenja. Iz tih razloga je temperatura vazduha danju veća nego temperatura vodene površine. U toku noći vodena para i čestice soli otpuštaju toplom radijacijom, usled čega temperatura vazduha spadne ispod temperature vodene površine.

Ipak, ovo sve ne znači da je zagrevanje vazduha iznad mora i okeana nezavisno od svoje podloge. Njegova zavisnost se najbolje ogleda u tome što mu se temperatura ni u jednom času ne udaljava znatnije od temperature vodene površine. Vazduh je iznad vode u tom pogledu zavisniji od svoje podloge nego iznad kopna.

## GODIŠNJI TOK TEMPERATURE VAZDUHA

Godišnji tok temperature vazduha uglavnom sleduje godišnjem toku temperature podloge iznad koje se dotični vazduh nalazi. Prema tome, godišnji tok temperature vazduha biće sličan godišnjem toku temperature podloge.

Godišnji tok temperature nižih slojeva vazduha uslovljen je u prvom redu kruženjem zemlje oko sunca i nagibom zemljine ose rotacije prema ravni ekliptike. Usled nagiba zemljine ose i prividnog zenitalnog sunčevog kretanja zemlja je podeljena na 5 toplotnih pojaseva, a godišnji tok temperature je u raznim pojasevima različit. Sem toga, godišnji tok temperature zavisi još i od drugih faktora. Uglavnom bi se moglo reći da godišnji tok temperature vazduha zavisi od:

- geografske širine (na prvom mestu),
- kontinentalnosti mesta (da li se mesto nalazi blizu kopna ili mora),
- vrste podloge (da li je kopno ili more),
- reljefa zemljišta (ravnica, brdovito ili brežuljkasto),
- nadmorske visine mesta,
- prirodnog pokrivača kopna i
- godišnjeg kolebanja oblačnosti i padavina.

S obzirom na geografsku širinu, godišnji tok temperature vazduha može se podeliti na četiri glavna tipa: **ekvatorijalni tip, tropski tip, tip umerenog pojasa i polarni tip.**

### **Toplotne osobine zemljišta**

Stepen zagrevanja površinskih i dubljih slojeva zemljišta zavisi, pored geografskog položaja mesta, od čitavog niza faktora. Najvažniji su: fizičke osobine zemljišta, vrsta pokrivača (biljni ili snežni pokrivač), ekspozicija, oblik terena i dr.

Od fizičkih osobina zemljišta najvažnije su toplotni kapacitet i toplotna provodljivost zemljišta.

*Toplotni kapacitet* je sposobnost zemljišta da primi određenu količinu toplote. Razlikuje se specifični i zapreminski toplotni kapacitet. Specifični toplotni kapacitet je količina toplote potrebna da se 1 gram zemlje zagreje za 1°C, a zapreminski toplotni kapacitet količina toplote potrebna da se 1 cm<sup>3</sup> zagreje za 1°C. Za praktične potrebe više se koristi zapreminski toplotni kapacitet.

Toplotni kapacitet zemljišta zavisi od njegove vlažnosti, poroznosti i od mineralnog sastava. Kako je toplotni kapacitet vode dva puta veći od toplotnog kapaciteta tvrdih mineralnih čestica zemljišta, to se sa povećanjem vlažnosti zemljišta povećava i njegov toplotni kapacitet. Nasuprot tome, smanjivanje vlažnosti, odnosno povećanje količine vazduha u zemljištu smanjuje toplotni kapacitet zemljišta. To je jedan od glavnih razloga što su vlažna zemljišta hladna, a suva toplija. Pored toga, vlažna zemljišta znatan deo primljene toplote troše na isparavanje vode, što takode usporava njihovo zagrevanje.

Toplotni kapacitet zavisi još i od boje i ekspozicije zemljišta. Tamna zemljišta apsorbuju više Sunčeve energije i zagrevaju se brže i jače od svetlijih zemljišta, čiji je albedo veći. Što se tiče ekspozicije, najtoplije su južne, zatim zapadne, pa istočne, i najzad severne padine.

*Toplotna provodljivost* zemljišta je osobina zemljišta da provodi toplotu od jače zagrejanih ka manje zagrejanim slojevima. Kao kvantitativna mera služi koeficijent toplotne provodljivosti. To je količina toplote koja u 1 sekundi prođe kroz 1 cm nekog tela debljine 1 cm kada razlika u temperaturi između obe strane iznosi 1°C. Ukoliko je veći koeficijent toplotne provodljivosti utoliko zemljište brže provodi toplotu i utoliko se brže zagrevaju dublji slojevi zemljišta.

TOPLOTNI KAPACITET I TOPLOTNA PROVODLJIVOST ČVRSTE, GASOVITE I TEČNE FAZE ZEMLJIŠTA

Tab. 23

Sastavni deo zemljišta	Toplotni kapacitet		Toplotna provodljivost (J/cm <sup>2</sup> sec °C)
	Specifični(J/g°C)	Zapreminski(J/cm <sup>3</sup> °C)	
Pesak i glina	0,75-0,96	2,05-2,43	0,00126
Treset	2,0	2,51	0,00837
Vazduh u zemljištu	1,00	0,00126	0,00021
Voda u zemljištu	4,19	4,19	0,00502

Toplotna provodljivost zemljišta zavisi takode od odnosa čvrste, gasovite i tečne faze zemljišta. Toplotna provodljivost čvrste faze zemljišta je 100 puta a vode (tečne faze) 24 puta veća od toplotne provodljivosti zemljišnog vazduha. Zbog toga vlažno zemljište bolje provodi toplotu od suvog zemljišta.

Tablica 9. Zapreminska specifična toplota zemljišta pri različitoj vlažnosti zemljišta, u J/cm<sup>3</sup> stepen

Vrsta zemljišta	Vlažnost zemljišta u %			
	0	20	50	100
Pesak	1,46	1,67	2,01	2,68
Glina	1,09	1,51	2,26	3,76
Treset	0,83	1,34	2,34	3,93

Na toplotnu provodljivost utiče još i poroznost zemljišta. Sa povećanjem poroznosti smanjuje se toplotna provodljivost zemljišta, jer se povećava količina vazduha u zemljištu.

Zavisno od svojih fizičkih osobina različita zemljišta imaju različit toplotni režim. Pri tome treba imati u vidu da vegetacija u znatnoj meri utiče na temperaturu površinskog sloja zemljišta, što zavisi od vrste biljaka, faze razvića i gustine biljnog pokrivača.

Biljni pokrivač utiče kako na dnevni tako i na godišnji tok temperature površinskih slojeva zemljišta. Danju i u toplom delu godine on štiti zemljište od direktnog Sunčevog zračenja, a pored toga povećava i površinu isparavanja, što je još jedan faktor koji utiče na snižavanje temperature gornjih slojeva zemljišta. Noću i u hladnom delu godine biljni pokrivač ima termoizolirajuće svojstvo, smanjuje izračivanje toplote i povećava temperaturu zemljišta.

### Dnevni i godišnji hod temperature zemljišta

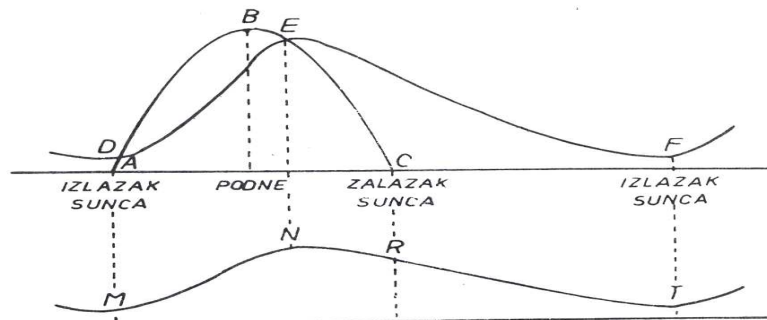
Dnevni i godišnji hod temperature zemljišta je uglavnom uslovljen hodom Sunčevog zračenja i Zemljinog izračivanja.

Temperatura površinskog sloja zemljišta počinje da raste od izlaska Sunca i svoj maksimum ne dostiže u pravo Sunčevo podne, kada je intenzitet Sunčevog zračenja najveći, već oko 13 sati po lokalnom vremenu. U popodnevni satima, kada je intenzitet Sunčevog zračenja sve manji u odnosu na intenzitet Zemljinog izračivanja, temperatura površinskog sloja zemljišta opada. Hlađenje ovog sloja usled izračivanja se nastavlja i noću, i neposredno pred izlazak Sunca javlja se minimum. Pošto je površinski sloj zemljišta topliji i od prizemnog sloja vazduha i od dubljih slojeva zemljišta, to on odaje toplotu i u jednom i u drugom smeru. Maksimum temperature vazduha na visini 2 m javlja se stoga 1 - 2 sata posle maksimuma na površini zemljišta, odnosno 2-3 sata posle kulminacije Sunca. S obzirom da se provođenje toplote u dublje slojeve vrši vrlo sporo, temperature ovih slojeva su znatno niže nego na površini zemlje, a vreme nastupanja maksimuma i minimuma zakašnjava sa dubinom prosečno 2 - 3 sata na svakih 10 cm dubine.

Raspored temperature zemljišta po dubinama je u toku dana i noći suprotan. Danju je najtopliji površinski sloj zemljišta a sa dubinom temperatura opada (insolacioni tip), dok je noću obrnut slučaj - temperatura raste sa dubinom (radijacioni tip).

Zimi, zbog intenzivnog hlađenja zemljine površine, naročito u slučaju golomrazice, i danju i noću preovlađuje radijacioni tip, odnosno temperatura raste sa dubinom.

Kako se površina zemljišta najviše zagreje tokom dana ali i najviše rashladi tokom noći, to je kolebanje temperature ovog sloja najveće. Sa dubinom kolebanje se smanjuje, a na dubini 35 - 100 cm prestaje, što zavisi od strukture i mehaničkog sastava zemljišta i njegove vlažnosti. Kako veličina dnevnog kolebanja zavisi od intenziteta Sunčevog zračenja i Zemljinog izračivanja, to znači da će ono biti veće leti nego zimi, kako u površinskom tako i u dubljim slojevima. Shodno tome, dnevno kolebanje će se leti osećati do veće dubine nego zimi.



Slika 11. Dnevni tokovi: insolacije (ABC), efektivne radijacije (DEF) i temperature na površini kopna (MNRT).

RASPORED SREDNJIH DNEVNIH TEMPERATURA ZEMLJIŠTA PO DUBINI U RAZLIČITIM GODIŠNJIH DOBIMA (Novi sad - Rimski Šančevi, 1984)

Tab. 24

Dubina (cm)	15.I	15.III	15.VII	5.X
2	0,1	3,8	30,8	17,1
5	0,4	4,0	29,7	16,4
10	0,4	3,9	28,6	16,0
20	0,5	3,7	26,8	16,1
30	1,2	3,6	25,2	16,6
50	3,1	4,3	22,6	17,7
100	5,6	4,7	18,1	17,7

Pojedinih dana raspored temperature zemljišta po dubinama može znatno da odstupa od napred opisanog, što zavisi od određenih meteoroloških uslova. Padavine snižavaju temperaturu zemljišta, a dubina do koje će se njihov rashlađujući uticaj osećati zavisi od njihove količine. Utvrđeno je da temperatura zemljišta do 20 cm dubine opada relativno brzo posle početka padavina. Pad temperature je mnogo izrazitiji ako je pljusak praćen gradom. Osim toga padavine izjednačuju temperaturu na raznim dubinama i smanjuju kolebanje. Oblačnost, isto kao i padavine, smanjuje dnevno kolebanje i izjednačuje temperaturu zemljišta na raznim dubinama. Pri oblačnom vremenu promene temperature su mnogo manje, kako po dubinama tako i u dnevnom hodu na istoj dubini. Vetar snižava temperaturu površinskog sloja zemljišta zbog toga što povećava intenzitet isparavanja.

GODIŠNJI HOD TEMPERATURE ZEMLJIŠTA NA RAZNIM DUBINAMA, NOVI SAD - RIMSKI ŠANČEVI  
Period 1951 - 1975.

Tab. 25

Dub. (cm)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
2	0,4	1,8	5,5	12,6	19,1	23,4	25,6	24,6	19,3	12,3	6,3	2,1	12,8
5	0,6	1,9	5,5	12,2	18,5	22,9	24,7	24,1	19,3	12,6	6,5	2,3	12,4
10	0,7	1,7	5,2	11,8	18,0	22,3	24,2	23,7	19,2	12,8	6,8	2,5	12,4
20	1,3	2,1	5,1	11,3	17,3	21,5	23,5	23,4	19,3	13,2	7,5	3,2	12,4
30	1,9	2,3	5,1	11,0	16,7	20,9	23,0	23,1	19,4	13,7	8,2	3,8	12,4
50	3,1	3,0	5,3	10,4	15,4	19,5	22,0	22,5	19,6	14,8	9,6	5,1	12,5
100	6,0	4,9	6,0	9,2	12,9	16,6	19,2	20,4	18,9	16,3	12,3	8,5	12,6

Godišnji hod temperature površinskog i dubljih slojeva zemljišta u umerenim geografskim širinama odlikuje se jednim maksimumom (u julu ili avgustu) i jednim minimumom (u januaru ili februaru). Vreme nastupanja maksimuma i minimuma zakašnjava u godišnjem hodu prosečno 20 - 30 dana na 1 m dubine.

Posle prolethne ravnodnevnice i u toku leta zemljište ne izdaje svu primljenu toplotu već jedan deo akumulira i na taj način se zagreva. Ovu toplotu zemljište odaje u toku hladne polovine godine. U umerenim širinama najviše toplote zemljište prima između maja i juna, a najviše odaje između novembra i decembra (tab. 26).

Razlikuju se letnji i zimski raspored temperature zemljišta po dubinama. Leti temperatura opada sa dubinom, a zimi se povećava. U prelaznim godišnjim dobima (mart, septembar) javlja se izotermija, koja se ponekad može i poremetiti. Naime, na nekoj dubini se u jesen može pojaviti

najtopliji sloj, od koga temperatura opada i ka površini i ka dubljim slojevima, a u proleće najhladniji sloj, od koga se temperatura povećava naviše i naniže.

Godišnja kolebanja su najveća na površini zemljišta, a sa dubinom opadaju, što potvrđuju i višegodišnji rezultati merenja temperature zemljišta u našoj zemlji (tab. 27).

APSOLUTNO GODIŠNJE KOLEBANJE TEMPERATURE ZEMLJIŠTA U JUGOSLAVIJI  
Period 1951 - 1975.

Tab. 27

Dubina (cm)	Ekstremne vrednosti u °C	Najčešće vrednosti u °C
2	41-69	50-60
5	37-64	40-55
10	33-51	35-45
20	23-42	25-40
30	21-34	25-30
50	20-31	20-25
100	18-26	18-20

Prema teoretskim proučavanjima Furier-a (cit. Šuljgin, 1957) dubina do koje se oseća godišnje kolebanje temperature zemljišta je 19 puta veća od dubine prodiranja dnevnih kolebanja. Međutim, smatra se da je u prirodnim uslovima ovaj odnos veći, zbog povećanja toplotne provodljivosti sa dubinom, promene vlažnosti zemljišta sa dubinom i vremenski, kao i usled manje proznosti zemljišta na većim dubinama. U proseku, dubina prodiranja godišnjih kolebanja varira od 8 do 25 metara. Prof. P.Vujević (1909) je za beogradsko tlo dobio dubinu prodiranja godišnjih kolebanja od 13,5 m, uzimajući da se dnevna kolebanja osećaju do dubine oko 65 cm. Agrometeorološki istraživači u Kaliforniji (SAD) su pri ispitivanju uticaja temperature zemljišta na klijanje semena različitih poljoprivrednih kultura došli do izvesnih graničnih vrednosti, koje su prikazane u tab. 28.

GRANIČNE TEMPERATURE ZEMLJIŠTA (°C) ZA KLIJANJE SEMENA NEKIH  
POLJOPRIVREDNIH KULTURA  
(W.H.Tung, 1976; cit. Wang i dr. 1982)

Tab. 28

Vrsta	Donja letalna	Minimum	Optimum	Maksimum	Gornja letalna
<b>ŽITA:</b>					
Ječam	-8,3	0,0	25,0-31,1	37,2	-
Ovas	0,0	5,0	25,0-31,1	37,2	-
Pšenica	-8,9	5,0	25,0-31,1	37,2	-
Kukuruz	0,6	10,0	15,6-35,0	40,6	41,7
<b>PREDIVNE BILJKE:</b>					
Pamuk	-1,1	15,0	25,0-30,0	35,0	>40,0
<b>VOĆKE:</b>					
Jabuka	-34,4	-17,8 do -12,2	11,1-19,4	23,9	-
Breskva	-26,1	1,1	18,3-23,9	-	-
Orah	-6,7	1,1	-	37,8	-
Vinova loza	0,0	1,7 do 4,4	20,0-30,0	35,0 - 40,0	-
Pomorandže	-2,2	12,8	22,8-32,8	37,8	-

Mikrobiološka aktivnost zemljišta takođe zavisi od njegove temperature. Sa povećanjem temperature zemljišta povećava se i rad mikroorganizama, koji je najaktivniji pri temperaturi 10—40°C. Pri višim temperaturama brzina procesa koje izazivaju mikroorganizmi se smanjuje.



Međutim, visoke temperature zemljišta mogu biti i štetne za neke poljoprivredne kulture. Tako je, na primer, poznato da se krompir najbolje razvija pri temperaturi oko 17°C; pri višoj temperaturi on se izrođava i dobija se loš semenski materijal, dok pri temperaturi 27—29°C prestaje obrazovanje krtola. Osim toga, sa povećanjem temperature zemljišta aktiviraju se mnoge biljne bolesti i štetočine, što takođe nepovoljno utiče na poljoprivrednu proizvodnju.

APSOLUTNI TERMINSKI MAKSIMUMI TEMPERATURE ZEMLJIŠTA U JUGOSLAVIJI  
(Period 1951-1975)

Tab. 31.

Dubina (cm)	Ekstremne vrednosti u °C	Najčešće vrednosti u °C
2	33,5 — 60,0	40 — 50
5	28,4 — 56,8	35 — 45
10	26,5 — 48,9	30 — 40
20	21,6 — 38,8	25 — 35
30	19,4 — 34,0	25 — 35
50	19,0 — 31,0	20 — 30
100	20,0 — 28,6	20 — 25

U našoj zemlji se površinski sloj golog zemljišta tokom leta veoma zagreje (tab. 31), tako da maksimalne temperature mogu biti i za 15-20°C više od temperature vazduha. Višegodišnji rezultati merenja pokazuju da najveći apsolutni terminski maksimum na dubini 2 cm iznosi 60°C i zabeležen je u Titogradu 1962. i Mostaru 1963. godine.

O uticaju niskih temperatura zemljišta, koje u hladnom delu godine mogu naneti znatna oštećenja ozimicama, voćkama i vinovoj lozi, bilo je govora u glavi 2 (4.6.) i glavi 3 (2.1.).

#### 5.4. Zamrzavanje zemljišta

Zamrzavanje zemljišta nastaje nešto posle početka zime ako nema snežnog pokrivača. Dalji hod zamrzavanja zemljišta zavisi od intenziteta i trajanja mraza i od debljine snežnog pokrivača. Krajem zime i početkom proleća dolazi do odmrzavanja zemljišta, i to u dva pravca: odozgo, pod uticajem Sunčevog zračenja i u znatno manjoj meri odozdo, pod uticajem toplote koja pritiče iz dubljih slojeva zemljišta.

Proces zamrzavanja zemljišta se prema P.I. Koloskovu (cit. Šuljgin, 1957) može podeliti na četiri stadijuma. Prvi stadijum počinje padom temperature ispod 0°C i traje do početka obrazovanja leda, što nastupa pri različitoj temperaturi, u zavisnosti od vlažnosti zemljišta i trajanja niskih temperatura. U suštini to je stadijum prehladene vode u zemljištu. Drugi stadijum počinje od momenta pojave kristalića leda i završava se kada počinje povećanje zapremine zemljišta. Ovaj stadijum karakteriše nastajanje i povećanje čvrstoće zemljišta usled cementacije njegovih čestica, odnosno usled prelaska vode u led. Treći stadijum počinje od momenta povećanja opšte zapremine zemljišta i završava se potpunim zamrzavanjem celokupne slobodne vode, usled čega zemljište ima najveću moguću zapreminu. Četvrti stadijum nastaje pri daljem padu temperature, pri čemu potpuno zamrznut površinski sloj zemljišta počinje da smanjuje zapreminu i raščlanjava se na pojedinačne vertikalne prizme, razdvojene pukotine.

Stadijumi slede jedan za drugim. Za drugi i naredne stadijume potrebna je ne samo određena količina vode u zemljištu već i određene, sve niže temperature.

Utvrđeno je da zamrzavanje slobodne vode u zemljištu počinje pri temperaturama -0,1, -0,2°C, a proces zamrzavanja zemljišta počinje od momenta prelaska temperature ispod 0°C i teče pri sve

nižim temperaturama u zemljištu, prelaskom različitih kategorija vode u led. Što je vlažnost zemljišta manja, to je i temperatura zamrzavanja niža. Pri vlažnosti koja je bliska koeficijentu uvenuća temperatura zamrzavanja je oko  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Sa povećanjem vlažnosti povećava se i temperatura zamrzavanja zemljišta. Kada je ono zasićeno do poljskog ili punog vodnog kapaciteta, počinje da se zamrzava već pri temperaturi ispod  $0^{\circ}\text{C}$ .

Pored intenziteta i trajanja mraza, debljine snežnog pokrivača i količine vlage u zemljištu, na dubinu zamrzavanja zemljišta utiče i reljef.

Na uzdignutim terenima, zbog veće jačine vetra koji odnosi sneg, dubina zamrzavanja je veća nego na nižim terenima. Na osnovu ispitivanja niza autora (cit. Šuljgin) utvrđeni su koeficijenti za izračunavanje dubine zamrzavanja zemljišta u različitim uslovima reljefa. Koeficijenti su dati u odnosu na ravnu površinu i iznose za:

uzdignuta mesta i severne padine	1,20 — 1,50
istočne i zapadne padine	1,00 — 1,35
južne padine	0,70 — 0,90
kotline	0,50 — 0,70

Tako na primer, ako dubina zamrzavanja zemljišta na ravnom terenu iznosi 20 cm, onda će na uzdignutim mestima i severnim padinama ona iznositi 24—30 cm, na južnim padinama 14—18 cm, a u kotlinama samo 10—14 cm.

Za poljoprivrednu proizvodnju zamrzavanje zemljišta tokom zime ima i svoje pozitivne i negativne strane. Pozitivno dejstvo ogleda se u tome što u područjima s visokim nivoom podzemnih voda ono potpomaže pritanju vode iz dubljih slojeva i na taj način obogaćuje vodom oranični sloj zemljišta. Zamrzavanje zemljišta pooranog u jesen poboljšava njegovu strukturu. Pri zamrzavanju vode u zemljištu, led, koji ima veću zapreminu od vode, vrši pritisak na zidove pora i na taj način mrvli i sitni zemljište.

Duboko zamrznuto zemljište tokom oštih zima bez snega može dovesti biljke u stanje fiziološke suše. Naime, u proleće kada je temperatura vazduha znano iznad  $0^{\circ}\text{C}$  i vegetacija već krenula, odmrazava se samo površinski sloj zemljišta, dok su dublji slojevi još zamrznuti. Biljke tada mogu da koriste vodu samo iz gornjih slojeva, a kada nju iscrpu, počinju da venu iako u zemljištu ima dovoljno vode, ali ona nije u obliku u kome biljke mogu da je koriste. U našoj zemlji do ove pojave može doći samo u visinskim područjima, i to veoma retko.

#### Merenje i određivanje dubine zamrzavanja zemljišta

Kako je u našim klimatskim uslovima zemljište tokom zime skoro uvek zasićeno do poljskog ili čak do punog vodnog kapaciteta, što znači da sadrži veliki procenat slobodne vode, to se dubina prodiranja nulte izoterme može uzeti i kao dubina zamrzavanja zemljišta.

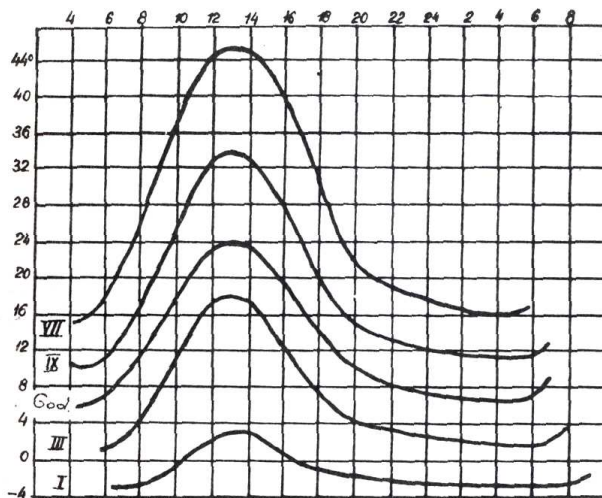
Dubina prodiranja nulte izoterme može se odrediti instrumentalno, pomoću mrzlomera Danilina, ili računski, na osnovu merenja temperature zemljišta na raznim dubinama.

Mrzlomer Danilina (si. 24) sastoji se od tankog gumenog creva dužine 70 cm, napunjenog destilovanom vodom. U crevu se nalazi snop uvoštenih niti koje služe za zadržavanje leda. Jedan kraj creva pričvršćen je za naglavak dužine 40 cm, na čijem se kraju nalazi kuka za izvlačenje creva iz



Sl. 24. Mrzlomer Danilina

zemlje. Instrument se postavlja tako što se u rupu iskopanu bušilicom stavi najpre zaštitna cev, a u nju gumeno crevo s naglavkom.



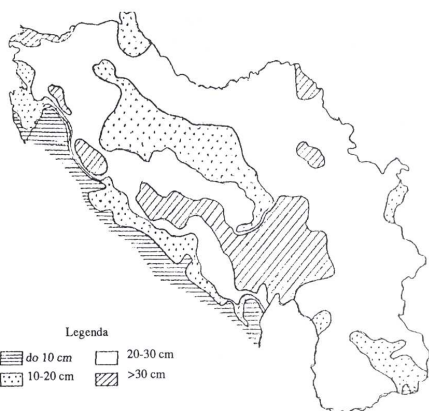
Slika 12. Dnevni tokovi temperature na površini zemljišta u Beogradu (Meteorološka opservatorija), prema P. Vujeviću.

Osmatranje se vrši na taj način što se iz zaštitne cevi izvuče gumeno crevo i pipanjem prstima odredi donja granica stubića leda, sa tačnošću od 0,5 cm. To je dubina zamrzavanja zemljišta ili, tačnije, dubina prodiranja nulte izoterme.

Pri zimskim otopljenjima i u proleće kada se led odmrzava, pored donje, određuje se i gornja granica stubića leda, koja odgovara dubini odmrzavanja zemljišta. Zemljište se odmrzava iz dva pravca, odozgo — pod uticajem Sunčevog toplotnog zračenja, i u znatnoj manjoj meri odozdo — usled toplote akumulirane u dubljim slojevima zemljišta. Zbog toga će se u proleće na izvesnoj dubini pojaviti zamrznut sloj koji će bivati sve tanji dok potpuno ne iščezne.

Međutim, nedostatak ovog instrumenta je što pokazuje određenu inertnost i ne reaguje brzo na promene temperature zemljišta, tako da je umesto dnevnih vrednosti bolje koristiti maksimalnu dubinu prodiranja nulte izoterme tokom zime.

Na osnovu višegodišnjih rezultata merenja temperature zemljišta na dubinama od 2 do 100 cm



Sl. 25. Srednja dubina prodiranja nulte izoterme, izračunata po temperaturi zemljišta (cm) Period: 1951 - 1975.

(period 1951—1975) u najvećem kontinentalnom delu naše zemlje srednja dubina prodiranja nulte izoterme iznosi 20-30 cm. U višim, hladnijim predelima ona je veća (Kolašin 73,5 cm, Pljevlja 45,0 cm), a u toplijim krajevima manja. Najmanja srednja dubina zamrzavanja zemljišta je na uskom pojasu duž Primorja s ostrvima i na jugu Povardarja, od 3,1 cm (Vela Luka) do 10 cm (si. 25). Maksimalna dubina prodiranja nulte izoterme, odnosno najveća dubina do koje se u pojedinim godinama zemljište zamrzio, znatno je veća. U hladnim planinskim krajevima i u područjima sa izrazitom kontinentalnom klimom (Vojvodina, Slavonija i dr.)



ona iznosi više od 40 cm, a u Pljevljima tokom zime 1974/1975. godine iznosila je čak i više od 100 cm. Rezultati pokazuju da i na ostrvima severnog Primorja i na srednjem i južnom Primorju maksimalna dubina zamrzavanja iznosi do 20 cm.

#### TEMPERATURNI ODNOSI U DUBLJIM SLOJEVIMA ZEMLJIŠTA

Površina zemljišta, kao što je napred rečeno, u toku dana se najviše zagreje a u toku noći se i najviše ohladi. Što je veća dubina, to je po danu zagrevanje manje, a takođe je u toku noći i hlađenje manje nego na površini. Prema tome, temperatura zemljišta opada sa porastom dubine. Ovakvi odnosi su uglavnom po danu u toku leta, dok je u toku zime i po noći drugačije. U tablici 10. prikazane su temperature zemljišta na raznim dubinama u Beogradu (19).

Tablica 10. Temperatura zemljišta na raznim dubinama u Beogradu kod Meteorološke opservatorije 29. VII 1953. godine u 14 časova.

Dubina u cm	Temperatura u °C
2	50,8
5	44,5
10	33,6
20	27,8
30	26,2
50	24,8
100	23,1

Kao što se iz podataka vidi, na dubini od 20 cm temperatura je za 23° niža nego na 2 cm dubine. Temperatura je najbrže opadala u sloju između 5 i 10 cm dubine. Rezultat ovakvog zagrevanja i hlađenja zemljišta jeste da je na površini zemljišta najveće dnevno kolebanje temperature, a da se ono smanjuje sa dubinom.

Veličina amplitude i dubina do koje se oseti dnevno kolebanje temperature veoma mnogo zavise od toplotnih osobina zemljišta i od različitih vrsta zemljišta, kao i od geografskih uslova. Kada se sve uzme u obzir, može se smatrati da dubina do koje se oseti dnevno kolebanje temperature iznosi prosečno od **35 do 100** cm. Zakašnjavanje maksimalnih i minimalnih temperatura sa dubinom iznosi prosečno **2,0 do 3,0** časa na svakih 10 cm dubine.

2. Godišnji tok temperature kopna. — Gornji sloj kopna do oko 60 cm dubine, u kome može biti dnevnih promena temperature, od proletnje ravnodnevice pa nadalje ne izdaje svu toplotu radijacijom. Izvestan deo toplote svakog dana ostaje kao neka zaliha u zemlji. I svakog narednog dana zadržava se u zemlji sve više i više toplote. Iz tog razloga se u ovome sloju temperatura zemljišta povišava, a nagomilana toplota provodi prema većim dubinama. Površina kopna se sve više zagreva i maksimum temperature dostigne se u umerenim geografskim širinama pred kraj meseca **jula**. Ovo, kao što vidimo, nastaje **pet sedmica** posle letnjeg solsticijuma. Mada kulminaciona visina sunca počne opadati još od letnjeg solsticijuma, a sa njom i insolacija, ipak je insolacija veća od radijacije i temperatura raste. Krajem jula insolacija se izjednačava sa radijacijom i temperatura na površini kopna ima maksimalnu vrednost.

Od tog vremena kulminaciona visina sunca se sve više smanjuje a takode se snižava i temperatura na površini kopna, jer radijacija nadjačava insolaciju. Najniža kulminaciona visina sunca, tj. zimski solsticijum je 22. decembra, ali onda nije minimum temperature na površini

zemljišta. Taj minimum nastupi u januaru i to **pet sedmica** posle zimskog solsticijuma. Dakle, događaju se slične promene kao u toku daha, samo što su trajanja perioda različita.

Prema dubljim slojevima kopna događaju se u toku godine slične promene, kao što su promene u toku dana. Samo što je ovde drugi period. Dubina, do koje postoji godišnje kolebanje temperature može se odrediti matematičkim putem. Prema *Furierovom* zakonu, odnos dubina na kojima prestaje godišnje kolebanje temperature zemljišta ravan je odnosu kvadratnih korena iz dužina perioda, tj.:

$$\frac{h_1}{h} = \frac{\sqrt{T_1}}{\sqrt{T}},$$

gde su  $h_1$  i  $h$  -dubine, a  $T_1$  i  $T$ -dužine perioda. Ako se za dužine perioda uzmu dan ( $T_1 = 1$  dan) i godina ( $T = 365$  dana), onda je, prema gornjoj jednačini,

$$\frac{h_1}{h} = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{365}} = \frac{1}{19,1}.$$

Prema ovoj jednačini izlazi: ako se u toku dana kolebanje temperature oseti do 1 metra, onda će se u toku godine osetiti do dubine od 19 metara. Ovo se dobro slaže sa stvarnim podacima u Beogradu. Npr., približno kolebanje temperature u toku dana u beogradskom zemljištu oseti se do oko 65 cm dubine, a u toku godine do oko 13,5 metara. Odnos između 65 cm i 1350cm približno je jednak odnosu između 1 i 19 metara, prema Furierovom zakonu.

Raspodela temperature zemljišta u toku godine sa dubinom mogla bi se ovako def inisati:

Leti se temperatura zemljišta smanjuje sa dubinom a zimi povećava. U toku proleća i jeseni ova raspodela je nešto drugačija. Npr., u toku jeseni se na nekoj dubini nalazi najtopliji sloj zemljišta od koga temperatura opada i ka površini i ka dubljim slojevima. Međutim, u toku proleća se na nekoj dubini nalazi najhaldniji sloj od koga se temperatura povećava, kako prema površini tako i prema dubljim slojevima.

U tablici 12. prikazani su temperaturni odnosi zemljišta do 30 cm dubine u Kikindi i Novom Sadu — na Rimskim šančevima (19).

Tablica 12. Srednje temperature zemljišta na raznim dubinama za period 1953. — 1962. godine

Dubina u cm	K i k i n d a				N o v i S a d — R i m s k i Š a n č e v i			
	zima	proleće	leto	jesen	zima	proleće	leto	jesen
2	1,0	11,6	23,8	12,3	1,7	11,9	24,2	13,0
5	1,0	11,3	23,3	12,4	1,7	11,6	23,8	13,0
10	1,3	11,0	22,7	12,5	2,0	11,4	23,4	13,1
20	1,9	10,6	22,1	13,0	2,4	10,9	22,8	13,5
30	2,4	10,1	21,5	13,4	3,1	10,7	22,2	14,0

Kao što se iz tablice 12. vidi, temperatura zemljišta u Kikindi i na Rimskim šančevima raste sa dubinom u toku jeseni i zime, a opada u toku proleća i leta.

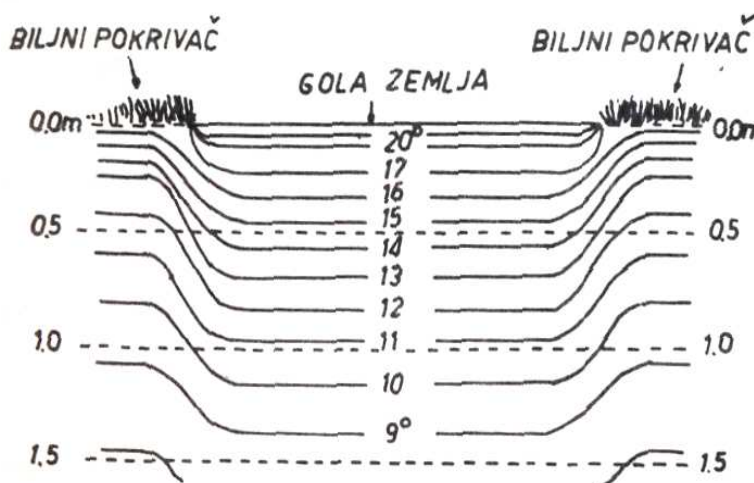
Slučaj kada temperatura zemljišta **opada sa dubinom naziva se insolacioni tip**, a slučaj kada **temperatura raste sa dubinom naziva se radijacioni tip**. Površina zemljišta pri insolacionom tipu, u toku izvesnog vremenskog intervala, više apsorbira a manje ispušta toplote, dok je pri radijacionom tipu obrnuto. Zato je obično insolacioni tip danju i leti, a radijacioni zimi i noću.

Sloj zemljišta od površine do dubine do koje se oseća dnevno ili godišnje kolebanje temperature obično se naziva **aktivni sloj** zemljišta. Na donjoj granici aktivnog sleja zemljišta, do koje se oseća godišnje kolebanje temperature, postoji sloj koji se naziva sloj stalne godišnje temperature. Dublje od ovog sloja temperatura sa dubinom raste prema geotermičkom stupnju..

Godišnja amplituda temperature zemljišta. — To je, u stvari, razlika između srednjih mesečnih temperatura najtoplijeg i najhladnijeg meseca u godini. Godišnja amplituda temperature može se uzeti između najtoplijeg i najhladnijeg dana u godini, kao i između apsolutne maksimalne i apsolutne minimalne temperature u toku jedne godine. Ova razlika se određuje za svaki dubinski sloj zemljišta posebno. Godišnja amplituda temperature zemljišta zavisi od: geografske širine mesta, nadmorske visine, ekspozicije mesta, fizičkih osobina zemljišta, prirodnog pokrivača iznad površine zemlje i oblačnosti.

#### UTICAJ PRIRODNOG POKRIVAČA NA POVRŠINI KOPNA NA PROMENU TEMPERATURE SA DUBINOM

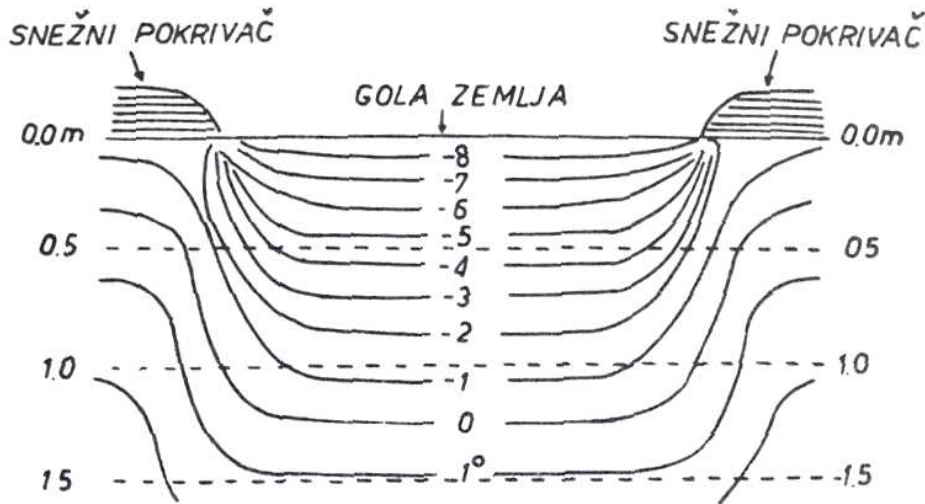
Na slikama 16. i 17. prikazani su primeri raspodele temperature sa dubinom za mesec jun i februar, i to za голу površinu kopna i za površinu pod prirodnim pokrivačem.



Slika 16. Raspodela temperature sa dubinom ispod površine golog zemljišta i prirodnog pokrivača u junu, prema Maljčenku.

Na slici 16 se vidi da je temperatura na dubini od 0,5 metara ispod gole površine kopna oko 14 do 15°C, a u isto vrijeme ispod biljnog pokrivača iznosi 11 do 12°. Razlika je približno 3°. Na dubini od 1 metar ispod golog zemljišta temperatura je 11°, a ispod biljnog pokrivača je oko 9°C, dakle razlika je 2°. Na taj način razlika temperatura između dubljih slojeva ispod gole površine pokrivena biljnim pokrivačem smanjuje se sa dubinom.

U zimskim mesecima (Sl. 17) temperatura je na istim dubinama pod snežnim pokrivačem viša od temperature ispod golog zemljišta. Na dubini od 0,5 metara



Slika 17. Raspodela temperature sa dubinom ispod površine golog zemljišta i ispod površine pod snežnim pokrivačem u februaru, prema Maljčenku.

temperatura je u februaru ispod površine golog zemljišta približno  $-4,5^{\circ}$ , a pod snežnim pokrivačem  $0,5^{\circ}$ . Na dubini od 1 m temperature su bile pod golim zemljištem  $-1,0^{\circ}$ , a pod snežnim pokrivačem  $-2,0^{\circ}$ . Dok je razlika temperature na 0,5 m dubine između zemljišta pod snegom i zemljišta bez ikakvog pokrivača, bila  $5,0^{\circ}$ , ta razlika na dubini od 1,0 m iznosila je  $3,0^{\circ}$ . Prema tome, i ovde se temperaturna razlika smanjuje sa dubinom. To znači da se uticaj pokrivača površine kopna na temperaturu dubljih slojeva smanjuje sa dubinom i temperature se izjednačava.

### PRIPREMA BILJAKA ZA PREZIMLJAVANJE

Prezimljavanje poljoprivrednih kultura zavisi od stepena njihove pripremljenosti za zimu i od vremenskih uslova u toku zime.

Pripremljenost biljaka odnosi se na povećanje njihovog stepena otpornosti prema niskim temperaturama i drugim nepovoljnim uslovima, kao što su ledena kora, zimska otopljenja, golomrazica ili visok snežni pokrivač, plavljenje i dr. Stepenn otpornosti biljaka nije isti u svim godinama, pa čak ni u toku jedne zime.

Otpornost biljaka prema raznim nepovoljnostima zavisi od bioloških osobina vrste, odnosno sorte, stanja biljaka pred ulazak u zimu, a veoma i od uslova kaljenja..

Kaljenje biljaka predstavlja kompleks fizioloških i biohemijskih promena u toku kojih biljke postepeno stiču otpornost prema niskim zimskim temperaturama.

Kod kaljenja ozimica razlikuju se dve faze. Za prvu fazu kaljenja najpovoljnije je sunčano vreme sa srednjim dnevnim temperaturama vazduha od  $0^{\circ}$  do  $6^{\circ}\text{C}$  (dnevne temperature  $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ , a noćne nešto ispod  $0^{\circ}\text{C}$ ). U toj fazi dolazi do nagomilavanja šećera i drugih organskih materija, koje imaju nisku tačku mržnjenja, te stoga povećavaju otpornost na mrazeve. Ova faza kaljenja traje oko 15 dana.

Nagomilavanje šećera u biljci je neophodan ali ne i dovoljan uslov za sticanje maksimalne otpornosti. Biljka treba da prođe i drugu fazu kaljenja, koja protiče pri slabim mrazovima, jačine od  $-5^{\circ}$  do  $-8^{\circ}\text{C}$  i traje 5—7 dana. U ovoj fazi postepeno se smanjuje količina slobodne vode (koja lako prelazi u led) u biljnim ćelijama, prelazeći u međućelijske prostore. Na taj način povećava se koncentracija zaštitnih materija u ćelijama, smanjuje intenzitet difuzije vodene pare u

međucelijske prostore i usporava rast kristala. To dovodi do naglog povećanja otpornosti ozimih useva prema mrazevima i drugim nepovoljnostima (Sinicina i drugi, 1973).

Poslednja istraživanja sovjetskih fiziologa su pokazala da, pored ozimih useva i višegodišnjih trava, i višegodišnje drvenaste biljke prolaze kroz dve faze kaljenja. Prva faza kaljenja najpovoljnije protiče pri temperaturi vazduha nešto iznad 0°C, a druga faza pri nižim temperaturama, ispod 0°C.

#### NEPOVOLJNE VREMENSKE POJAVE U TOKU PREZIMLJAVANJA

Tokom zime mogu nastupiti razne nepovoljne vremenske pojave od čijeg intenziteta i trajanja zavisi koliko će štetu one naneti poljoprivrednim kulturama. U prvom redu to su jaki zimski mrazevi, koji dovode do oštećenja ili izmrzavanja biljaka, zatim duža zimska otopljenja, ledena kora, o čemu će se nešto više izneti. O nepovoljnom uticaju visokog snežnog pokrivača, koji može prouzrokovati ugušivanje biljaka, kao i o jakim vetrovima koji odnoseći sneg ogoljavaju useve a na drugom mestu prave smetove, bilo je govora ranije.

Kod voćaka i vinove loze najosetljiviji su oni delovi koji sadrže veće količine slobodne vode. Mlade voćke i sadnice osetljivije su prema mrazu od starijih voćaka jer sadrže više vode. Od pojedinih delova voćaka najotporniji su lisni pupoljci, dok su cvetni pupoljci osetljiviji. Međutim, osetljivost pupoljaka prema mrazu zavisi od vrste i sorte voćaka, starosti voćke i vremena obrazovanja pupoljaka. Kritična temperatura za većinu koštičavog voća u toku zime je od -25° do -35°C, a znatan broj sorata jabuka može izdržati i ispod -35°C. Najotporniji su pupoljci jabuke i kruške, a najosetljiviji pupoljci breskve, koji izmrzavaju pri temperaturi od -24° do -28°C. vinova loza je osetljivija prema mrazevima od voćaka. Okca loze izmrzavaju već na -17°, a na -25°C mogu izmrznuti lastari i krakovi čokota.

Najosetljivije na mraz su suptropske kulture koje se i u našoj zemlji gaje na Primorju. Pošto one i nemaju pravo zimsko mirovanje, mnogo su manje otporne na mrazeve od listopadnih vrsta. U tab. 14 prikazane su temperature koje dovode do oštećenja ili uginuća ovih kultura.

KRITIČNE TEMPERATURE ZA NEKE SUPTROPSKE KULTURE U VREME ZIMSKOG MIROVANJA  
(Maksimov, 1963)

Tab. 14

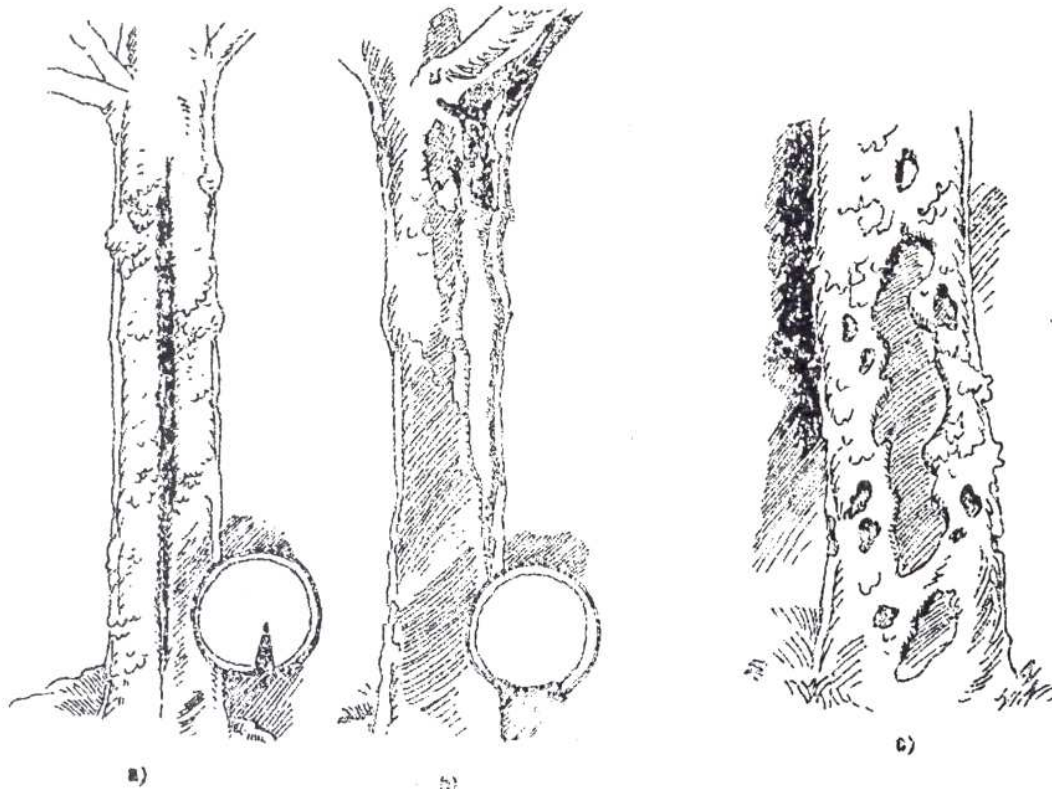
Vrsta	Slabo oštećenje	Jako oštećenje	Uginuće
Limun, pomorandža	-4°, -5°C	-6°, -7°C	-8°, -9°C
Mandarine	-7, -8	-8, -10	-11, -12
Maslina, lovor	-9, -10,	-12, -15	-16, -20

Međutim, za razliku od nadzemnih delova, koren voćaka je dosta osetljiv prema mrazu i pojedini njegovi delovi lako izmrzavaju već pri slabim mrazevima. Temperatura izmrzavanja korena koleba se od -7° (vinova loza) do -15°C (jabuka, višnja). U stvari, temperatura zemljišta od -10°C može dovesti do oštećenja, a temperatura oko -14° do uginuća korena koštičavog voća. Kod korena najpre izmrzavaju delovi bliži površini, a takode i mlade žile koje još nemaju dobro razvijeno zaštitno tkivo. Voćka potpuno izumire ako izmrzne vrat korena (mesto gde deblo prelazi u koren), a ako je on neoštećen, voćka produžava život.

Usled jakih mrazeva može na deblu voćaka doći do povreda u vidu plićih ili dubljih useka — pukotina (si. 9a) ili pak cepanja kore (si. 9b). Ove povrede su češće kod mladih voćaka i nastaju na svim stranama debla. Kroz ovakve pukotine omogućen je ulaz raznih gljivica, a nastaje i sušenje unutrašnjeg tkiva, što može dovesti do potpunog propadanja voćke. Na kori debla, sa



južne i jugozapadne strane, mogu nastati i oštećenja u vidu izmrzlina — mraznih površina (si. 9c), usled velikih dnevnih kolebanja temperature vazduha. Oštećena kora se postepeno suši i dobija tamnomrku boju, podlubljuje se i vremenom u toku leta otpada.



Sl. 9. Oštećenja na deblu voćaka usled zimskih mrazeva: a) useci, b) cepanje kore, c) mrazne površine (Hilkenbäumer-Schnelle-Breuer, 1951)

## 2.2. Zimska otopljenja

Zimska otopljenja su jedna od štetnih, ali malo proučavanih nepovoljnih vremenskih pojava tokom prezimljavanja poljoprivrednih kultura. U uslovima nestabilnih zima ona nisu retka pojava. Pod zimskim otopljenjem podrazumeva se kraći ili duži vremenski period tokom zime sa pozitivnom temperaturom vazduha. U meteorologiji se kao dani sa otopljenjem uzimaju dani s maksimalnom temperaturom vazduha iznad  $0^{\circ}\text{C}$  ili dani s maksimalnom temperaturom vazduha iznad  $5^{\circ}\text{C}$ .

Međutim, taj kriterijum u agrometeorologiji nije dovoljan. Zimsko otopljenje treba razmatrati kao kompleksnu pojavu koja utiče na smanjenje otpornosti biljaka prema niskim temperaturama. To znači da treba uzeti u obzir one temperature i druge uslove (npr. postojanje snežnog pokrivača) koji mogu imati negativne posledice na prezimljavanje ozimih useva. Proučavanja u Ukrajini (Ličikaki, 1958; Muhina, 1963), gde su zime kao i u nas često kratke i nestabilne, pokazala su da zimska otopljenja s pozitivnim srednjim dnevnim temperaturama vazduha trajanja 3 i više dana mogu bitno uticati na prezimljavanje ozimih useva, višegodišnjih trava i voćaka. One pre svega povećavaju gustinu snežnog pokrivača, što znači da smanjuju njegovo zaštitno dejstvo, ili pak dovode do njegovog iščezavanja. Zatim uslovljavaju obrazovanje ledene kore i prezasićenost površinskih slojeva zemljišta vlagom, što pri narednom padu temperature može dovesti do znatnih oštećenja useva.

Za prezimljavanje voćaka, kao i ozimih useva, štetna su samo ona zimska otopljenja koja izazivaju privremeno aktivno razviće biljaka, odnosno kod voćaka razviće pupoljaka. Pad temperature posle otopljenja može naneti oštećenja na pupoljcima zavisno od vrednosti negativnih temperatura. Pupljenje voćaka počinje posle prelaska maksimalne temperature vazduha iznad 5°C. Međutim, kao otopljenje koje može izazvati aktivno razviće pupoljaka smatra se otopljenje trajanja najmanje 5 dana, sa sumom efektivnih temperatura vazduha (iznad 5°C) od 15°C i više.

#### NEPOVOLJNE VREMENSKE POJAVE ZA PORAST I RAZVIĆE BILJAKA

Nepovoljne vremenske pojave su one koje nanose štetu poljoprivrednoj proizvodnji. To su, pre svega, prolećni i jesenji mrazevi, suša, grad i nepovoljne pojave u toku prezimljavanja, o čemu je bilo reci u prethodnoj glavi. O protivgradnoj zaštiti, koja se u našoj zemlji sprovodi, ovde neće biti govora jer se ona razvila do te mere da su teoretske postavke i praktično sprovođenje mera postale zaseban predmet izučavanja.

#### 1. PROLEĆNI I JESENJI MRAZEVI

Pod pojmom mraz podrazumeva se pad temperature vazduha ispod 0°C. U umerenim geografskim širinama mraz je normalna pojava u hladnom delu godine. Pored zimskih mrazeva, koji predstavljaju nepovoljnu pojavu samo ako su temperature veoma niske a biljke nisu zaštićene snežnim pokrivačem, mrazevi se javljaju i na početku i na kraju zimskog perioda, kada mogu biti veoma štetni, u zavisnosti od njihovog intenziteta, trajanja i faze razvića biljaka.

Mrazevi koji se javljaju na početku hladnog dela godine zovu se *jesenji* ili *rani mrazevi*, a mrazevi na kraju hladnog perioda *prolećni* ili *kasni mrazevi*. Za naše krajeve mnogo su opasniji prolećni mrazevi, koji nanose utoliko više štete ukoliko se javljaju kasnije, kada je vegetacija biljaka već počela. Jesenji mrazevi kod nas nanose manje štete, jer je u jesen najveći broj jednogodišnjih kultura već završio svoje razviće, a ozimi usevi, višegodišnje trave, voćke i vinova loza se pripremaju za zimsko mirovanje.

Prolećni i jesenji mrazevi se prema poreklu mogu podeliti na tri tipa: advektivni, radijacioni i advektivno-radijacioni.

*Advektivni mrazevi* nastaju usled prodora hladnih vazdušnih masa s negativnom temperaturom. Obično se javljaju početkom proleća i na kraju jeseni, traju po nekoliko dana, zahvataju veliku teritoriju i malo zavise od lokalnih uslova. Usled pojave ovih mrazeva nastaje pad temperature vazduha u celom prizemnom sloju vazduha, tako da su razlike između temperature vazduha na visini 2 m i na površini zemljišta neznatne.

*Radijacioni mrazevi* nastaju usled intenzivnog hlađenja zemljine površine u toku noći. Oni su uglavnom lokalna, mikroklimatska pojava i njihov intenzitet zavisi prvenstveno od oblika reljefa, zatim od stanja zemljine površine, vlažnosti zemljišta i vazduha i drugih lokalnih uslova. Pri radijacionim mrazevima nastaje u prizemnom sloju vazduha inverzija temperature, tako da je temperatura vazduha u meteorološkom zaklonu viša nego na površini zemlje prosečno za 2,5-3,0°C ali može biti i mnogo viša. Radijacioni mrazevi počinju noću, a završavaju se pre izlaska Sunca. Obično traju 5-6 sati, a ponekad i 8-12 sati.

*Advektivno-radijacioni mrazevi* obrazuju se usled prodora hladnog vazduha i hlađenja zemljine površine u toku vedre noći, dakle usled dva fizička procesa -advекcije i radijacije.

Kasni prolećni i rani jesenji mrazevi najčešće su advektivno-radijacionog tipa i javljaju se pri relativno visokim srednjim dnevnim temperaturama vazduha. Pošto oni mnogo zavise od karaktera aktivne površine (vlažnosti i boje zemljišta, postojanja biljnog pokrivača i dr.) čak i na ravnom terenu, a naročito na terenu s izraženim reljefom, može se desiti da se oni pojave na površini zemlje a da se minimalna temperatura u meteorološkom zaklonu i ne spusti ispod 0°C.

Ovaj tip mrazeva javlja se u drugoj polovini noći i obično traje 3-4 sata. Njihov intenzitet, kao i intenzitet radijacionih mrazeva, veoma zavisi od lokalnih uslova.

Pošto osetljivost biljaka zavisi od vrste, sorte i faze razvića, teško je odrediti takve granične vrednosti temperature koje bi ujedno dale i sliku stepena oštećenja za svaku biljku pojedinačno. Međutim, kada se uzme u obzir veličina oštećenja većine poljoprivrednih kultura u umerenim širinama, prolećni mrazevi se po intenzitetu mogu podeliti na:

- a) slabe mrazeve, s temperaturom vazduha od  $-0,1^{\circ}$  do  $-2,0^{\circ}\text{C}$ ;
- b) umerene mrazeve, s temperaturom vazduha od  $-2,1^{\circ}$  do  $-4,0^{\circ}\text{C}$  i
- c) jake mrazeve, s temperaturom vazduha ispod  $-4,0^{\circ}\text{C}$ .

Ovakva podela izvršena je na osnovu toga što u proleće pri temperaturama od  $-2^{\circ}$  do  $-4^{\circ}\text{C}$  uglavnom nastaju delimična oštećenja cvetova i lišća većine biljaka, dok pri temperaturama ispod  $-4^{\circ}\text{C}$  dolazi do potpunog izmrzavanja ovih delova biljaka (Schneider, 1963).

Uticaj lokalnih uslova na pojavu mrazeva

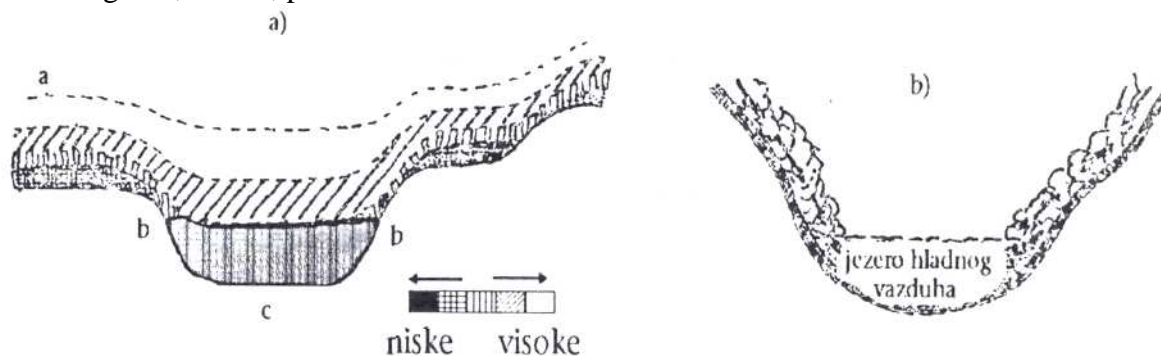
Pri advektivnim mrazovima, praćenim vetrom i oblačnošću, uticaj lokalnih faktora je mnogo manji nego pri radijacionim i advektivno-radijacionim mrazovima.

Od svih lokalnih faktora najveći uticaj na pojavu mrazeva ima *oblik reljefa*, jer on uslovljava pritanje i oticanje hladnog vazduha. Opasnost od mrazeva je najveća u konkavnim oblicima terena - kotlinama, dolinama, pa čak i u najmajim udubljenjima. Razlog tome je što se noću dno kotline ili nekog drugog udubljenog oblika terena najviše ohladi. Istovremeno se hlade i padine, a hladan vazduh, kao specifično teži, spušta se ka dnu utoliko brže ukoliko je nagib strmiji. Na taj način se na dnu kotline ili drugog udubljenja stvara tzv. "jezero hladnog vazduha" (sl. 10).

Koliko oblik terena utiče na stepen opasnosti od mraza vidi se iz tab. 16.

Kao što se vidi, na mestima gde hladan vazduh može da otiče, srednje minimalne temperature u proleće i jesen mogu biti više i do  $5^{\circ}\text{C}$  u poređenju s minimalnim temperaturama na ravnim površinama. Nasuprot tome, gde oticanja hladnog vazduha nema ili je ono neznatno, minimalne temperature mogu biti i do  $6^{\circ}\text{C}$  niže nego na ravnim terenima (Goljčberg, 1961; Ćirkov, 1975).

Ako na svom putu naiđe na kakvu prepreku hladan vazduh biva zadržan te povećava opasnost od mraza na tom mestu, a kada dostigne visinu prepreke, preliva se preko nje i teče dalje. Prepreke mogu da budu: zemljani nasip, prevoj terena, grupa drveća, žbunje, živa ograda, kao i čvrste prepreke - zgrade, zidovi, plotovi i sl.



Sl. 10. Raspored minimalnih temperatura vazduha (a) i obrazovanje jezera hladnog vazduha (b) u konkavnim oblicima terena

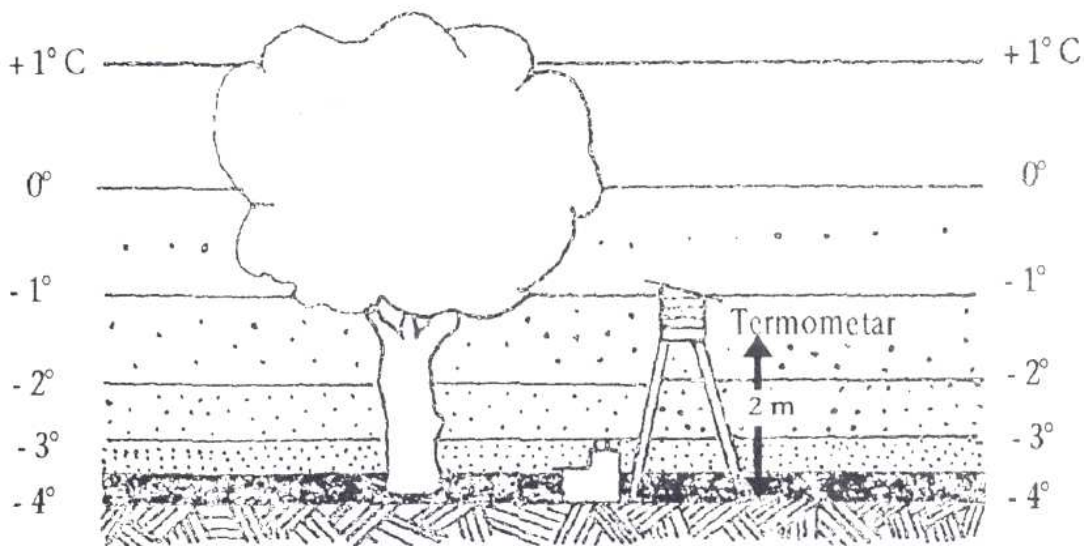


Jezero hladnog vazduha mogu se stvarati i na ravničarskom ali blago zatalasanom terenu. U plitkim dubolinama skuplja se hladan vazduh koji može oštetiti biljke koje se tu nalaze, zavisno od njihove osetljivosti i faze razvića. Ako je udubljenje malo i bez oticanja, onda ga hladan vazduh potpuno ispuni i tada se npr. kruna voćaka nalazi iznad jezera hladnog vazduha tako da do oštećenja od mraza na cvetovima i mladim zametnutim plodovima voćaka neće doći.

Osim oblika terena, uslovi koji naročito pogoduju pojavi mraza su *vedra i tiha noć*. Za vreme vedrih noći sva toplota koju zemljište ispušta odlazi u slobodnu atmosferu. U slučaju da postoji oblačni sloj, jedan deo toplote odbija se od oblaka i u vidu kontrazračenja vraća se ka zemlji. Kontrazračenje je pri oblačnom vremenu za 30% veće nego pri vedrom nebu. Povećanje oblačnosti za 1/10 odgovara povećanju kontrazračenja za oko 0,04 J/cm min (Schneider, 1963). Na taj način povećava se temperatura prizemnog sloja vazduha, a opasnost od pojave mraza smanjuje.

Na smanjenje gubitka toplote usled izračivanja ne deluje samo oblačni sloj već i druge prepreke protiv izračivanja, kao što je pojedinačno drvo ili cela sastojina. Zemljište ili biljke koje se nalaze ispod drveta gube manje toplote nego na slobodnom terenu. Gubitak toplote usled izračivanja povećava se sa udaljavanjem od zaklona, tako da je na rastojanju koje je jednako visini zaklona izračivanje još samo za 10% manje nego na slobodnom prostoru. Znači svako drvo i grm pruža prirodnu zaštitu ne samo na taj način što smanjuje izračivanje već i toplijim vazduhom koji se nalazi u krošnji drveta.

Tiho vreme bez vetra pogoduje pojavi mraza. Usled intenzivnog izračivanja zemljine površine, neposredno iznad nje formira se hladan sloj vazduha. Temperatura vazduha tada raste sa visinom, a takav raspored temperature naziva se *inverzija* (preokret) temperature vazduha. Ove prizemne radijacione inverzije u kasno proleće i ranu jesen najčešće brzo iščezavaju posle izlaska Sunca (si. 11).

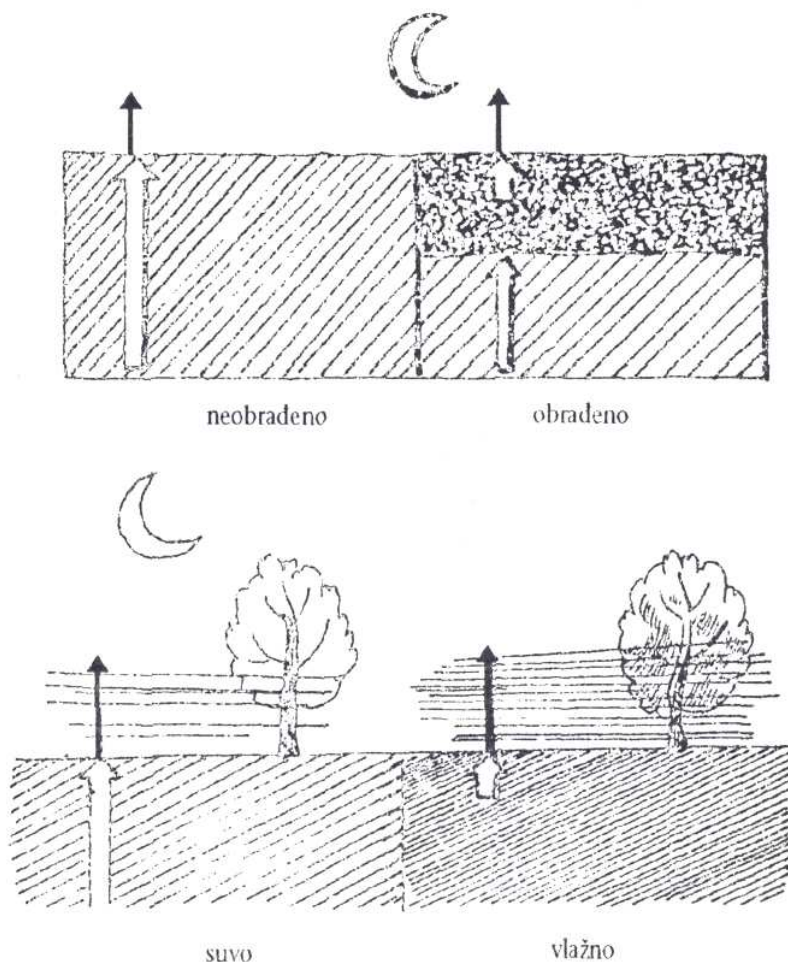


Sl. 11. Raspored temperature vazduha po visini pri inverziji tokom vedre i tihe noći (po Hofmanu)

Vetar, ukoliko se pojavi, dovodi do turbulentnog mešanja nižih, hladnijih i viših, toplijih slojeva, što povećava temperaturu u prizemnom sloju vazduha i sprečava pojavu prizemnog mraza. Na tom principu je i zasnovana metoda zaštite od mraza mešanjem vazduha.

Suv vazduh takođe povećava mogućnost pojave radijacionog mraza. Što je vlažnost vazduha veća to je opasnost od mraza manja. Razlog tome je što vodena para u vazduhu apsorbuje zemljino toplotno izračivanje pa se na taj način povećava temperatura prizemnog sloja vazduha. Pri većoj vlažnosti vazduha dolazi uz to tokom noći i do obrazovanja rose i oslobađanja latentne toplote, čime se mogućnost pojave mraza znatno smanjuje. Toplota kondenzacije pri obrazovanju rose može da iznosi i do polovine toplote izračivanja, koja se na taj način kompenzuje.

Nasuprot tome, izgledi za pojavu mraza se povećavaju pri većem isparavanju, naročito posle kiša, kada je zemljište veoma vlažno. Ako je zemljište pokriveno vegetacijom, onda je ukupno isparavanje još veće. Smatra se da na 1 m zemljine površine dolazi 20 do 50 m žive površine listova. To znači da je isparavanje sa zemljišta pokrivenog vegetacijom 20 do 50 puta veće nego sa golog zemljišta. Time se i objašnjava pojava "travnog mraza".



Sl. 12. Mogućnost pojave radijacionog mraza na neobrađenom i obrađenom, kao i na suvom i vlažnom zemljištu (Hilkenbäumer-Schnelle-Breuer, 1951)

Na pojavu mraza u prizemnom sloju vazduha veoma utiču i *fizičke osobine zemljišta*, pre svega njegova toplotna provodljivost. Ona zavisi od vrste i stanja zemljišta. Tamna zemljišta apsorbuju tokom dana veću količinu toplote, te je noću iznad njih manje stvaranje hladnog vazduha. Svetla zemljišta, naprotiv, akumuliraju danju manju količinu toplote, noću je brzo izgube, zemljište se sve više hladi, a ujedno se hladi i okolni vazduh. Zbog toga je mogućnost za pojavu mraza veća na svetlim nego na tamnim zemljištima.

Nasuprot suvom, u vlažnom zemljištu se tokom dana akumulira manja količina toplote. Razlog tome je veći toplotni kapacitet vlažnog zemljišta, kao i to što se jedan deo primljene toplote troši na isparavanje (sl. 12). Stoga se noću iznad vlažnog zemljišta obrazuje više hladnog vazduha pa je mogućnost za pojavu mraza, a time i za oštećenje biljaka, veća nego na suvom zemljištu.

U vreme kada postoji mogućnost pojave mraza ne treba vršiti nikakvu obradu zemljišta u voćnjacima i vinogradima. Rastresanjem zemljišta prekida se dovod toplote iz dubljih slojeva zemljišta. Usled izračivanja, površinski sloj zemljišta, a time i prizemni sloj vazduha iznad njega, ohladi se brže i više nego kod neobrađenog zemljišta. Stoga je mogućnost pojave mraza na obrađenom zemljištu znatno veća nego na kompaktnom, neobrađenom zemljištu (sl.12).

### Osetljivost poljoprivrednih kultura na prolećne i jesenje mrazeve

Stepen oštećenja poljoprivrednih kultura mrazom zavisi od vremena pojave mraza, njegovog intenziteta i trajanja, kao i od vrste i sorte, faze razvića i opšteg stanja biljaka.

Pošto je proleće period kada počinje intenzivno razviće biljaka, pojava mraza u to vreme predstavlja veliku opasnost za pojedine poljoprivredne kulture, a naročito za voćke i vinovu lozu, koje su tada znatno osetljivije na mraz nego tokom zime.

Kod voćaka su u proleće najotporniji još neotvoreni cvetovi, tj. cvetni pupoljci, dok su otvoreni cvetovi već osetljiviji, a najveću osetljivost pokazuju mladi, tek zametnuti plodovi. Sam cvet je najosetljiviji na mraz pred potpuno otvaranje -rascvetavanje, kao i u vreme kada otpadaju cvetni listići i zameće se plod (tab. 17)

OSETLJIVOST VOĆAKA I VINOVE LOZE NA MRAZ (Young, 1947)

Tab. 17

Vrsta	Faza razvića		
	Pupoljci zatvoreni	Puno cvetanje	Mladi zametnuti plodovi
Jabuka	-3,8°C	-2,2°C	-1,7°C
Kruška	-3,8	-2,2	-1,1
Trešnja	-2,2	-2,2	-1,1
Breskva	-3,8	-2,7	-1,1
Šljiva	-3,8	-2,2	-1,1
Kajsija	-3,8	-2,2	-0,6
Badem	-4,4	-3,3	-1,1
Orah (engl.)	-1,1	-1,1	-1,1
Vinova loza	-1,1	-0,6	-0,6

Postoje cvetanje većine voćaka postepeno, pri slabijem mrazu ne izmrzavaju svi cvetovi odjednom, izuzev ako je temperatura toliko niska da istovremeno izmrznu i cvetni pupoljak i otvoren cvet i zametnut plod. Pored intenziteta, stepen oštećenja voćaka zavisi i od trajanja i čestine mraza. Pojava mraza u toku samo jedne noći u periodu cvetanja voćaka može dovesti

samo do proređivanja cvetova, ali ako se oni jave češće, naročito ako su jačeg intenziteta, može doći do potpunog uništenja cvetova, a time i do izostanka prinosa u toj godini.

### Metode borbe protiv mrazeva

Za sprečavanje štetnog uticaja prolećnih i jesenjih mrazeva, radijacionog i advektivno-radijacionog porekla, postoji niz metoda, od najprimitivnijih, koje su se primenjivale vekovima, do metoda koje koriste najsavremenija sredstva današnjice. Sve ove metode temelje se na tri principa:

- a) konzerviranje toplote
- b) dodavanje toplote
- c) mešanje vazduha

Izbor i primena metode zavisi od intenziteta mraza, vrste biljke i od sredstava zaštite kojima se raspolaže. Postoje i indirektno ili pasivne metode borbe protiv mrazeva, koje su u praksi naročito efikasne pri advektivnim mrazovima.

#### *Konzerviranje toplote*

Metode zaštite od mraza koje se temelje na principu konzerviranja postojeće toplote imaju za cilj da se u prizemnom sloju vazduha, u kome se nalaze biljke osetljive na mraz, zadrži tokom noći što je moguće više toplote koju zemljište izračuje. Tu spadaju sledeće metode zaštite;

- a) pokrivanje biljaka
- b) zamagljivanje
- c) zadimljavanje
- d) prskanje (orošavanje)

#### *a) Pokrivanje biljaka*

Pokrivanje biljaka najviše se koristi za zaštitu povrtarskih kultura i cveća, ali i za voćnjake i vinovu lozu. Materijal koji se za to upotrebljava može se podeliti u tri grupe:

1. otpadni materijal na poljoprivrednim gazdinstvima, kao što su: slama, đubre, šaša-rogoz, lišće, granje, iglice od četinara, treset i dr.;
2. industrijski proizvodi: tkanine, talasasti karton, šuške od drveta, deblji sloj novina, staklo;
3. hemijski proizvodi: porozna pena, staklena vuna, plastične folije, veštački sneg;

Efekat zaštite pokrivanja različitim vrstama materijala vidi se iz podataka u tab. 19.

TEMPERATURNI EFEKAT POKRIVANJA BILJAKA RAZLIČITIM MATERIJALOM  
(Aichel, 1963)

Tab. 19.

Sredstva zaštite	Temperaturni efekat
<i>Otpadni materijal</i>	
lišće, iglice od četinara	1 - 2°C
treset, slama	2 - 3
asura od rogozine	1 - 6
<i>Industrijski proizvodi</i>	
šuške od drveta	2 - 3
džakovi, krpe, talasasti papir	2 - 4
deblji sloj novina	2 - 5
<i>Hemijski proizvodi</i>	
staklena vuna, jednostruko ili dvostruko	4 - 9

#### *b) Zamagljivanje*

Stvaranje veštačke magle je takođe jedan od načina da se smanji gubitak toplote izračivanjem, a time smanji i opasnost od pojave mraza.

Za stvaranje veštačke magle mogu se koristiti razna hemijska sredstva u čvrstom ili tečnom stanju, kao što su: amonijum-hlorid, tetrahlorid, fosfor-pentoksid i dr. Hemijska sredstva spajaju se sa vodenom parom u vazduhu i na taj način stvaraju gustu maglu, koja se pri mirnom vremenu postepeno sleže i dosta dugo održava iznad branjenog područja.

Hemijska sredstva se rasprskavaju u vazduhu raznim aparatima, a može se za tu svrhu koristiti i poljoprivredna avijacija.

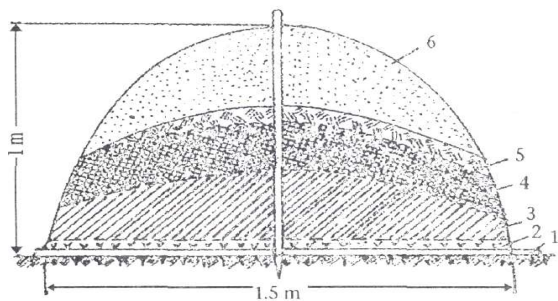
#### c) Zadimljavanje

Zadimljavanje je najstariji i najjednostavniji način zaštite, koji su primenjivali još stari Rimljani u I veku naše ere za zaštitu vinograda od mraza, a isto tako i drevni žitelji Perua (Goljčberg, 1961).

Zadimljavanjem se iznad biljaka stvara gust pokrivač od dima, koji povećava temperaturu vazduha ne samo time što sprečava toplotu izračivanja zemljišta da odlazi u slobodnu atmosferu, već i zato što sama ognjišta odaju izvesnu količinu toplote. Pored toga, prisustvo dima omogućava kondenzaciju vodene pare na česticama dima, što je praćeno oslobađanjem latentne toplote.

Pomoću ove metode mogu se sa dosta sigurnosti suzbiti slabi i umereni mrazevi, jačine do  $-2^{\circ}\text{C}$ , pa i do  $-3^{\circ}$  i  $-4^{\circ}\text{C}$ , ali pod uslovom da se ono sprovodi pravilno, na vreme i pri tihom vremenu. Zadimljavanje je, kao i zamagljivanje, rentabilno samo kada se sprovodi na morfološki ujednačenom području, veličine najmanje 30 ha. Najbolje je da se ove mere sprovede npr. u celoj dolini, većoj ravnici ili visinskom platou, i to u područjima gde je opasnost od pojave mraza umerena.

Da bi se zadimljavanjem postigao željeni efekat, ognjišta moraju davati gust i ujednačen dim koji se zadržava na mestu više sati, počev od trenutka paljenja pa do izlaska Sunca. Potrebno je najmanje 50 ognjišta na 1 ha ravne površine. Tada ova mera zaštite ima najviše uspeha. Za pravljenje ognjišta (sl. 13) upotrebljavaju se: otpaci od drveta, vlažna strugotina, svež stajnjak, nakvašena stara slama, suvo lišće, korov, stara pleva i dr. Na kraju se ognjišta preliju sa malo katrana, da bi se dobio gust dim.



Sl. 13. Šematski prikaz jednog ognjišta: 1 - kolac, 2 - suvo granje, 3 - slama, 4 - treset, trava, 5 - suvo lišće, 6 - strugotina, dubrivo

#### d) Prskanje (orošavanje)

Prskanje ili orošavanje je po vremenu nastanka najmlađa metoda zaštite biljaka od mraza, nastala u ovom stoleću. Prema iskustvima nemačkih agrometeorologa na ovaj način mogu se uspešno zaštititi biljke od mraza intenziteta do  $-8^{\circ}\text{C}$ . Sprovođenje ove zaštitne mere zahteva dovoljno vode, odgovarajući uređaj za prskanje i dobru drenažu zemljišta.

Pri orošavanju biljka koristi latentnu toplotu fuzije, koja se oslobađa kada se voda hladi i smrzava i tako nadoknađuje toplotu izgubljenu izračivanjem. Naime, pri hlađenju 1 grama ili  $1\text{ cm}^3$  vode za  $1^{\circ}\text{C}$  oslobađa se  $4,186\text{ J}$  toplote, a pri zamrzavanju 1 grama vode oslobađa se



334,880 J. Ako je cvetni pupoljak ili neki drugi deo biljke pokriven tankim slojem vode, toplota koja se oslobađa prelaskom vode u led dovoljna je da spreči pad temperature tog biljnog dela ispod 0°C. Sve dok se sloj vode kontinuirano održava, temperatura štice biljnih delova neće pasti ispod 0°C iako se sloj leda stalno stvara, a temperatura vazduha u voćnjaku padne nekoliko stepeni ispod tačke mržnjenja.

Sa orošavanjem treba početi kada temperatura vlažnog termometra padne na 0°C i nastaviti, bez prekida, sve dok se temperatura vazduha ne povisi znatno iznad 0°C. Prekid orošavanja, makar i samo od nekoliko minuta, može prouzrokovati gubitak biljke.

Minimalni iznos orošavanja koji obezbeđuje zaštitu od mraza intenziteta -11°C je 1,5-2,0 mm/sat za niske biljke, 2,0 mm/sat za voćke i 2,0-2,5 mm/sat za vinovu lozu. U uslovima niske relativne vlažnosti vazduha, ovi se iznosi moraju povećati da bi se nadoknadio gubitak i hlađenje usled isparavanja (Glovne, Lomas, 1980).



Sl. 14. Prskanje (orošavanje) voćaka kao mera zaštite od mraza (Hilkenbäumer-Schnelle-Breuer, 1951)

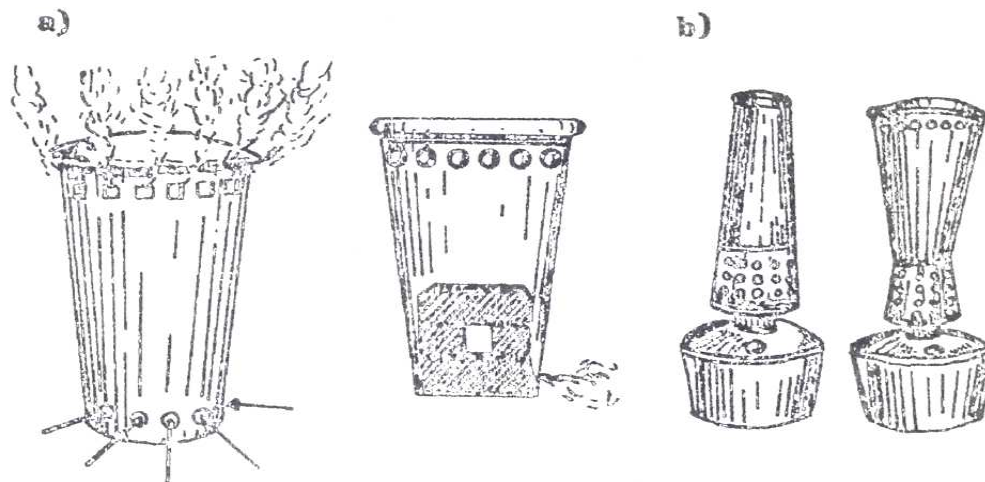
Ovom metodom, za razliku od drugih, ne povećava se temperatura vazduha, već se samo sprečava da temperatura štice biljke padne ispod tačke mržnjenja.

### 1.3.2. Dodavanje toplote

Zagrevanje prizemnog sloja vazduha je jedan od najsigurnijih načina zaštite biljaka od mraza. On se najviše primenjuje u voćarstvu, vinogradarstvu i na plantažama citrusa (limuna i pomorandže). Ovim načinom može se povisiti temperatura vazduha za 2-5°C, što zavisi od broja peći i vrste goriva. Efekat zagrevanja ne zavisi mnogo od oblika terena, te se zato može uspešno primenjivati i na ravničarskom i na brdovitom terenu.

Mada se zagrevanje u kombinaciji sa zadimljavanjem već ranije primenjivalo, samo zagrevanje nekog područja primenilo se prvi put 1895. godine u Kaliforniji. Pri tome se kao gorivo upotrebio ugalj i drvo, a ulje tek 1900. godine. U Evropi se u Austriji 1912. godine prvi put primenila ova metoda s upotrebom uglja i ulja kao goriva, dok su se u Nemačkoj i Holandiji 1914. godine koristili briketi mrkog uglja (Witte, 1959). Danas u svetu postoji veliki broj raznih tipova peći, čiji oblik i konstrukcija zavise od vrste goriva i kultura koje se štite.



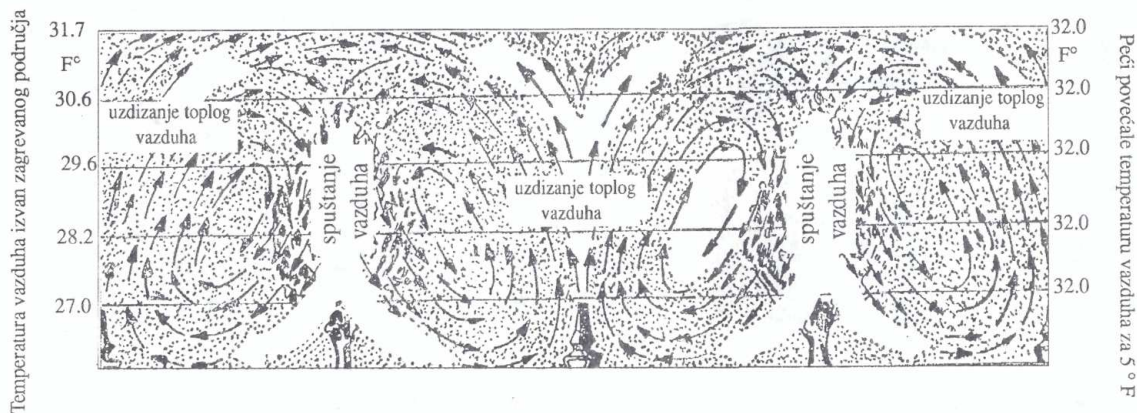


Sl. 15. Dve vrste peći: a) peć za brikete - spoljni i unutrašnji izgled; b) kalifornijske peći - za visoke i niske kulture (Hilkenbauer-Schnelle-Breuer, 1951)

Za zagrevanje se upotrebljavaju razne vrste goriva koja dobro sagorevaju, bez mnogo dima i čađi, i daju dosta toplote. Od tečnih goriva koriste se: sirova nafta, petrolej i razne vrste ulja koja se dobijaju pri prečišćavanju nafte. U tab. 20 prikazana je količina energije (u kJ) oslobođena sagorevanjem različitih vrsta goriva.

KOLIČINA TOPLOTE NASTALA SAGOREVANJEM RAZLIČITIH VRSTA GORIVA (Bagdonas, 1978) Tab. 20.

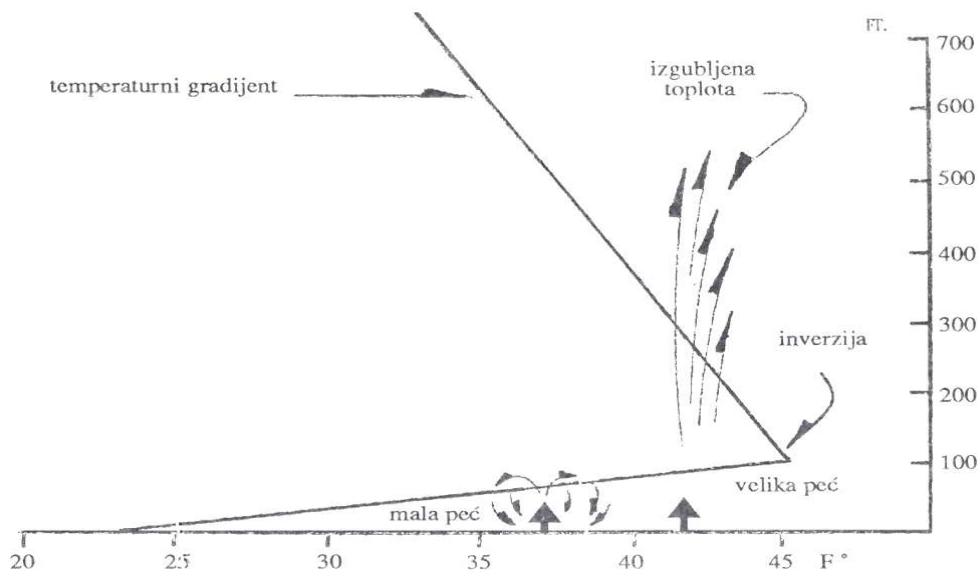
Vrsta goriva	Količina energije oslobođena sagorevanjem 1 kg goriva (kJ)		
	Minimum	Maksimum	Prosečno
Stajsko dubrivo	2093	8372	5232,5
Drvo	8372	12558	10465
Ulje	20930	-	41860
Ugalj	29302	32650,8	30976,4
Briketi uglja	10465	33488	31395
Treset	-	14651	12558
Naftini derivati	-	-	43953



Sl. 16. Efekat zagrevanja pećima u jednom voćnjaku u Kaliforniji (Young, 1947)

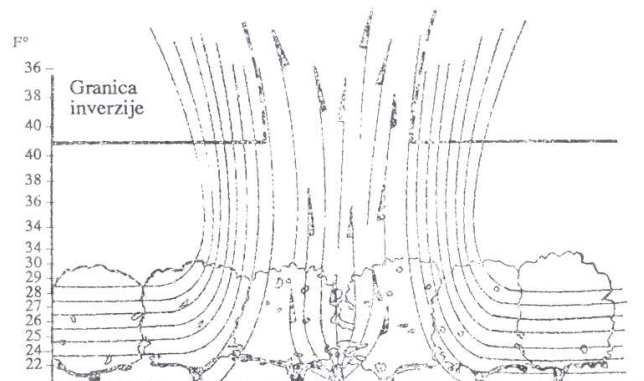
Fizički princip na kome se zasniva ovaj metod je jednostavan i efikasan. Za vreme vedre i tihе noći dolazi do pojave inverzije temperature. Prilikom zagrevanja nastaje konvektivna cirkulacija, odnosno topao vazduh se uzdiže, a na njegovo mesto dolazi hladniji. Do povećanja temperature dolazi, osim toga, još i usled provođenja i zračenja toplote od peći ka okolnom vazduhu. Na si. 16 prikazan je efekat zagrevanja pećima u jednom voćnjaku kratko vreme posle paljenja peći (Young, 1947, Blanc i drugi, 1963). Na levoj strani su vrednosti temperature vazduha na raznim visinama pre početka rada peći. Blizu zemljišne površine, na 1,6 m (5 FT) temperatura iznosi -3°C (27°F), a na visini 8 m (25 ft) oko 0°C. Međutim, posle početka rada peći nastaje mešanje vazduha u inverzionom sloju, a temperatura vazduha se povećava (vrednosti na desnoj strani slike).

Valja naglasiti da se bolji efekat postiže sa većim brojem manjih peći pravilno raspoređenih po terenu nego sa manjim brojem velikih peći (si. 17).



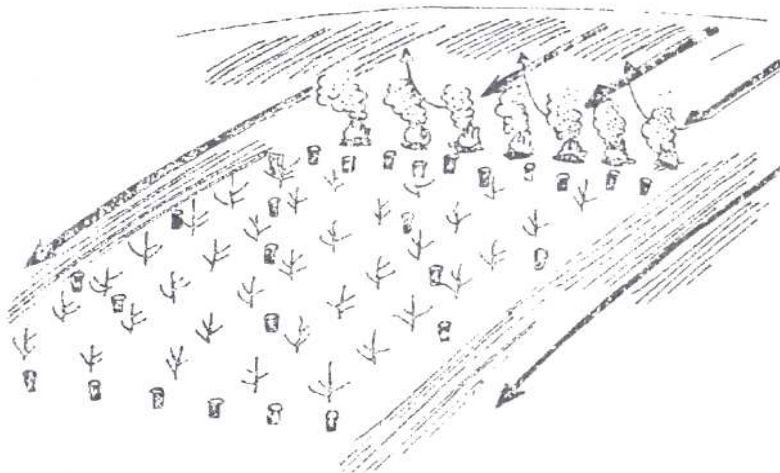
Sl. 17. Efekat manjih i velikih peći na zagrevanje prizemnog sloja vazduha (Vallij, 1971)

Velike peći stvaraju jaku struju toplog vazduha, koji se brzo penje kroz inverzioni sloj prouzrokujući "efekat dimnjaka". Probijajući gornju granicu inverzije, topli vazduh odlazi u slobodnu atmosferu, a na njegovo mesto dolazi hladan vazduh (sl. 18).



Sl. 18. "Punktiranje" gornje granice inverzionog sloja velikim pećima (Vallij, 1971)

Na brdovitom terenu, na mestu gde pritiče hladan vazduh sa viših terena, raspored peći treba daje gušći, isto kao i pri dnu padine sa voćnjakom ili vinogradom, kako bi se zagrejao hladan vazduh koji se tu obrazuje (si. 19).

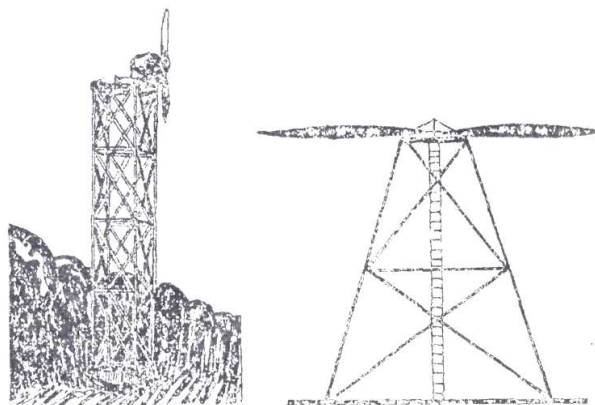


Sl. 19. Raspored grejalica na brdovitom terenu (Hilkenbäumer-Schnelle-Breuber, 1951)

### 1.3.3. Mešanje vazduha

Vetar smanjuje mogućnost pojave mraza, jer usled mešanja hladnijih i toplijih slojeva vazduha dolazi do opšteg povišenja temperature u prizemnom sloju vazduha. Taj princip iskorišćen je za sprečavanje pojave mraza, veštačkim mešanjem vazduha pomoću specijalnih uređaja (wind-mašina) ili helikoptera. Ovaj metod zaštite naročito se široko primenjuje u SAD). Prva proučavanja wind-mašina počela su u Kaliforniji, početkom 1920. godine, i nisu dala zadovoljavajuće rezultate, ali već 1928. godine konstruisana je nova mašina, prototip današnjih savremenih wind-mašina.

Uređaji (wind-mašine) sastoje se iz jednog postolja, visine 9-12 m, na kome se nalazi propeler, sa 1-3 krila različite dužine (2,4-3,9 m američki, 6 m australijski, 10 m engleski). Propeleri se pokreću pomoću elektro, benzin ili dizel-motora različite jačine. Broj obrtaja američkog tipa iznos 900-1.200/min, čime se stvara vrlo jak vetar.



Sl. 20. Uređaj za veštačko mešanje vazduha u Kaliforniji

Međutim, metod mešanja vazduha pomoću wind-mašina je efikasan samo pri jakim inverzijama, kada je u inverzionom sloju velika razlika u temperaturi između niželežućih i viših slojeva. Ispitivanja na Univerzitetu u Floridi (Gerber, 1978) pokazala su da se površina, kao i veličina zaštite, može da predvidi iz jačine inverzije. Pri advektivnim mrazovima i slabim inverzijama ovaj način zaštite nije efikasan. U ovakvim slučajevima on treba da se kombinuje sa zagrevanjem.

Ogledi sa helikopterima (jedan helikopter za 40 ha) u Kaliforniji pokazali su da lagan, nizak let helikoptera (2-3 metra iznad vrha voćaka) može da povisi temperaturu vazduha za 2-5°C. Temperatura se povisila samo 20 do 30 minuta posle preleta helikoptera, tako da je radi održavanja određene temperature bilo potrebno više preletanja (svakih 20-30 minuta).

#### 1.3.4. Indirektne metode

Indirektne (pasivne) metode zaštite preduzimaju se znatno pre neposredne opasnosti od mraza. Pod njima se ne podrazumeva direktna borba protiv mraza, već sprečavanje ili smanjenje šteta od mraza. U ove metode spada izbor lokacija za određene vrste biljaka. Pri tome za biljke osetljive na mraz treba izabrati one položaje gde ne postoji opasnost od radijacionih mrazova ili je ona minimalna, dok se biljke otpornije na mraz mogu gajiti i na mestima gde postoji verovatnoća pojave slabih i umerenih mrazova.

Štete od mraza u plitkim konkavnim oblicima terena mogu se izbeći sađenjem visokostablašica umesto niskostablašica, da bi se oni delovi biljke koji su osetljivi na mraz (cvet, mladi zametnuti plodovi) što više udaljili od hladne podloge.

Osim toga, ovde spada i sađenje kasnocvetnih sorata voćaka na mestima koja su češće ugrožena mrazom, jer ukoliko voćke kasnije cvetaju, opasnost od prolećnih mrazova je manja. Poslednjih godina vrše se eksperimenti da se odloži razviće cvetova ili drugih osetljivih delova biljke dok ne prođe opasnost od mraza. To se postiže prskanjem određenim hemijskim supstancama ("regulatorima razvića").

U indirektnu metodu spada i pravilna obrada zemljišta. U vreme opasnosti od mraza zemljište se ne sme obrađivati (rastresati), jer se iznad takvog zemljišta stvara više hladnog vazduha nego iznad neobrađenog. Zbog toga se u to vreme ne sme odstranjivati ni korov u voćnjacima i vinogradima.

načavaju.

## VAZUŠNI PRITISAK

### POJAM O VAZDUŠNOM PRITISKU

Vazduh je materija koja ispunjava prostor od zemljine površine do velike visine. Kao i svaka druga materija i vazduh ima svoju težinu. Gustina suvog vazduha je 773 puta manja od od gustine vode. Prema tome, 1 cm<sup>3</sup> suvog vazduha pod normalnim uslovima (vazdušni pritisak 1013,25 mb, temperatura 0°C, na mosrkom nivou i geografskoj širini 45<sup>0</sup>) težak je 0,001293 grama (1:773 = 0,001293). Iz ovoga proizilazi da je 1m<sup>3</sup> vazduha, takođe pod normalnim uslovima, težak 1,293 kg. Pošto vazduh ima malu gustinu, on je nevidljiv.

Vazduh pritiskuje svojom težinom na zemljinu površinu. Pritisak vazduha na određenu horizontalnu površinu ravan je je težini mirnog vazdušnog stuba iznad ove površine. Ako se kao horizontalna površina uzme 1 cm<sup>2</sup>, onda se pritisak vazduha na takvu površinu zove atmosferski ili vazdušni pritisak. To znači da je vazdušni pritisak na 1 cm<sup>2</sup> zemljine površine ravan težini vazdušnog stuba čiji je poprečni presjek 1 cm<sup>2</sup> a visina od zemljine površine do gornje granice atmosfere.

## RASPODELA VAZDUŠNOG PRITISKA NA ZEMLJI

Kada se na kartama sva mesta sa istim vazdušnim pritiscima povezu krivim linijama dobiju se tzv. izobare. Prema tome, izobare su krive linije koje na geografskoj karti spajaju sva mesta sa istim vazdušnim pritiscima, a karte sa takvim linijama zovu se **izobarske** karte. Takve karte mogu se izraditi za izvesne manje ili veće oblasti zemljine površine, a mogu i za celu zemljinu površinu.

Izobara od 1013 mb predstavlja nenormalni vazdušni pritisak. Ako je vazdušni pritisak iznad neke oblasti zemljine površine **niži** od normalnog, kaže se, da se iznad te oblasti nalazi vazdušna depresija ili **ci k l o n**. U slučaju ako je iznad te oblasti vazdušni pritisak **viši** od normalnog, kaže se da se iznad te oblasti nalazi **a n t i c i k l o n**. Prema tome, pojam vazdušne depresije jeste nizak vazdušni pritisak, dok je pojam anticiklona visok vazdušni pritisak.

Izobarske karte mogu se raditi po srednjim mesečnim ili srednjim godišnjim vrednostima vazdušnog pritiska, a može se uzeti i kraći period vremena (dekada, pentada ili jedan dan). Za potrebe sinoptičke meteorologije izobarske karte rade se za izvestan momenat vremena.

Izobare se na kartama izvlače za svakih 5 mb. Obično se izvlače izobare za 1000, 1005, 1010, 1015, 1020 mb, itd., gde se izobara 1015 mb uzima kao normalni vazdušni pritisak pri analizi izobarskih karata.

Ovde će se prikazati raspodela vazdušnog pritiska iznad zemljine površine (na morskom nivou) prema srednjim godišnjim vrednostima, kao i prema srednjim mesečnim vrednostima za ekstremne mesece: januar i jul.

### 1. Opšta raspodela vazdušnog pritiska iznad zemlje u toku godine.

— Opšta raspodela vazdušnog pritiska je sledeća:

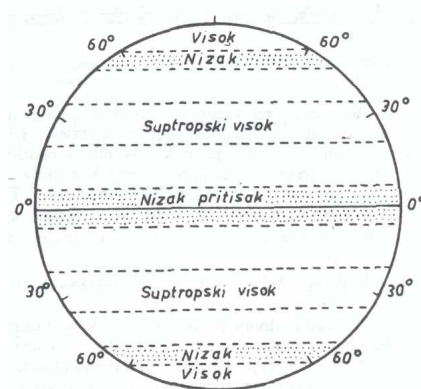
A. Nizak vazdušni pritisak u oblasti ekvatora, zbog **jakog zagrevanja zemljine** površine i stvaranja konvektivnih uzlaznih struja.

B. Od ekvatorske oblasti prema jugu i severu vazdušni pritisak raste i dostigne svoj maksimum u oblasti 30—40° severne i južne geografske širine. Taj pojas naziva se **suptropski** pojas **visokog** vazdušnog pritiska.

C. Vazdušni pritisak opada od suptropskog pojasa prema višim geografskim širinama do oko 60—70° geogr. širina, ali je ovo opadanje izraženije na južnoj polulopti nego na severnoj. Pojas između 60—70° g. š. naziva se subpolarni pojas iznad koga je vazdušni pritisak obično preko cele godine ispod normalnog.

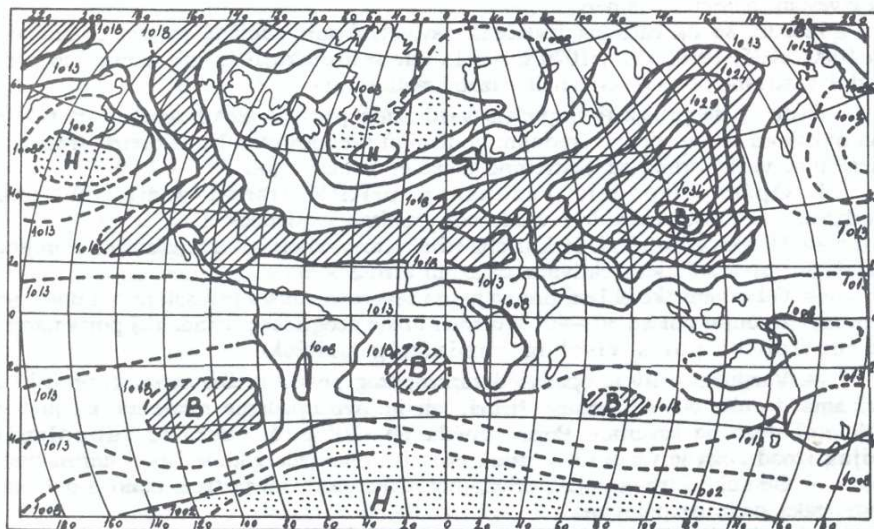
D. Od subpolarnog pojasa prema polovima vazdušni pritisak ponova donekle raste, tako da je na polovima vazdušni pritisak iznad normalnog.

Na slici 32. prikazana je opšta raspodela vazdušnog pritiska iznad zemljine površine u toku godine.

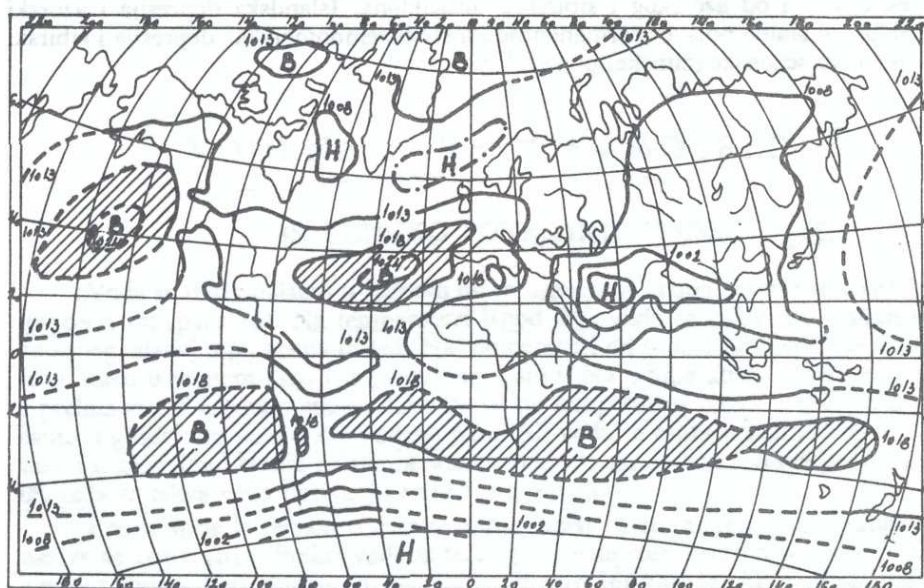


Slika 32. Opšta raspodela vazdušnog pritiska iznad zemlje u toku godine.





Slika 33. Raspodjela vazdušnog pritiska iznad zemlje u januaru, prema Penndorfu: H — nizak, B — visok.



Slika 34. Raspodjela vazdušnog pritiska iznad zemljine površine u julu, prema Penndorfu: H — nizak, B — visok.

Oblasti visokog i niskog vazdušnog pritiska nazivaju se, prema Teisserenc Je Bortu, aktivni centri atmosfere. Centri koji se vide na slikama 33. i 34. predstavljaju srednje normalne položaje centara aktivnosti (akcione centre). Uzroci koji uslovljavaju da li će iznad izvesnih oblasti preovladivati nizak ili visok vazdušni pritisak mogu biti dinamičkog ili termičkog karaktera (nejednako zagrevanje kopna i mora). U vezi sa tim postoje:

- stalni (permanentni) aktivni centri i
- sezonski (monsunski) aktivni centri.



Stalni aktivni centri preovladuju u toku čele godine iznad izvesnih oblasti, npr. oblasti okeanskih anticiklona u subtropskim krajevima. Sezonski aktivni centri pojavljuju se iznad izvesnih oblasti samo u pojedinim godišnjim dobima, npr. oblasti u kojima zimi preovladuje visok a leti nizak vazdušni pritisak.

Na severnoj polulopti postoje sledeći aktivni centri:

- arktički anticiklon,
- islandska depresija,
- aleutska depresija,
- azorski anticiklon.
- honolulski anticiklon,
- azijski (sibirski) zimski anticiklon,
- azijska letnja depresija,
- kanadski zimski anticiklon, a letnja depresija,
- sredozemnomorska (mediteranska) zimska depresija i
- severnoamerička letnja depresija.

Vremensko stanje u Evropi uglavnom zavisi od **islandske i sredozemnomorske depresije**, kao i od **azorskog i sibirskog anticiklona**. Islandska depresija i azorski anticiklon su stalne pojave (permanentne), a sredozemnomorska depresija i sibirski anticiklon su sezonske (zimske) pojave.

## VLAŽNOST VAZDUHA

Vlažnost vazduha je jedan od **meteoroloških elemenata** koji je vrlo važan u životu biljaka, jer igra značajnu ulogu u obavljanju njihovih životnih procesa. Optimalna vlažnost vazduha u svim fazama razvića biljke, uz ostale povoljne uslove, doprinosi normalnom razviću biljke, a kao rezultat toga, dobrom prinosu.

Od veličina koje karakterišu vlažnost vazduha za agrometeorološke potrebe i istraživanja najvažniji su relativna vlažnost vazduha i deficit zasićenosti ( $D = E - e$ ). Prema vrednostima ove dve veličine određuje se evaporaciona moć vazduha. Ukoliko je relativna vlažnost vazduha manja a deficit zasićenosti veći utoliko je vazduh suvlji a intenzitet isparavanja zemljišta i biljaka veći, i obrnuto.

Na biljke, u određenim fazama njihovog razvića, deluje negativno kako suv vazduh tako i suviše velika zasićenost vazduha vodenom parom.

**Negativan** uticaj suvog vazduha na život biljaka ogleda se u tome što biljke tada intenzivnije troše vodu, povećava se intenzitet transpiracije i ukoliko ne mogu da kompenzuju gubitak vode priticanjem novih količina vode iz zemljišta preko korenovog sistema, ćelije tkiva ostaju bez vode, biljka vene, a ako ovo stanje potraje duže, onda i ugine. Ovo je naročito slučaj kada se pri niskoj vlažnosti vazduha javlja visoka temperatura vazduha i vetar, što dovodi do atmosferske ili vazdušne suše. Koliki mogu biti gubici vode vidi se iz podatka da pri deficitu zasićenosti vazduha većem od 40 hPa isparavanje sa površine vlažnog zemljišta iznosi više od 60 tona vode po 1 hektaru za 24 časa.

Duži period sa relativnom vlažnošću vazduha ispod 30% izaziva prevremeno isušivanje lišća. Na taj način smanjuje se fotosintetska površina lišća, a time i obrazovanje organskih materija, što u krajnjoj liniji dovodi do smanjenja prinosa.

Deficit zasićenosti vazduha izražava se u jedinicama za merenje vazdušnog pritiska, hektopaskala (hPa). Jedan hektopaskal (hPa) je fizički ekvivalentan jednom milibaru (mb).

Do smanjenja prinosa dolazi i kada se niska vlažnost vazduha javlja u periodu cvetanja i nalivanja zrna. Takvi uslovi u periodu cvetanja izazivaju sušenje cvetnog praha i nepotpuno oprašivanje, a u periodu nalivanja šturost zrna.

Vlažnost vazduha utiče i na kvalitet mnogih poljoprivrednih kultura. Na primer, niska vlažnost vazduha smanjuje kvalitet vlakna lana, ali poboljšava farinološke osobine pšenice.

Štetne posledice na biljke ima ne samo niska već i velika zasićenost vazduha vodenom parom u određenim periodima razvića biljaka.

Povećana vlažnost u periodu cvetanja ometa otvaranje prašnika i prenošenje cvetnog praha vetrom. Takođe je otežan i let insekata-oprašivača i njihovo prenošenje cvetnog praha.

Povećana vlažnost vazduha, naročito pri toplom vremenu, omogućava pojavu i širenje raznih gljivičnih biljnih bolesti, a i nekih biljnih štetočina. To su, na primer, fitoftora na krompiru, plamenjača na vinovoj lozi, različite rdje na žitaricama i niz drugih. Svakodnevnim praćenjem vlažnosti i temperature vazduha, kao i praćenjem biologije parazita, mogu se uspešno prognozirati rokovi prskanja protiv mnogih biljnih bolesti.

Vlažnost vazduha ima značajnu ulogu i u periodu **mrazeva**, naročito prolećnih i jesenjih, koji su štetni za poljoprivredne kulture. Pri vedrom i tihom vremenu posle zalaska Sunca temperatura opada brzo sve do momenta kada počinje obrazovanje rose. Tom prilikom oslobadja se latentna toplota kondenzacije (2511,6 J na 1 g vode) koja naglo usporava dalje hlađenje vazduha. Ukoliko, znači, ima više vlage u vazduhu utoliko pre dolazi do obrazovanja rose, a verovatnoća pojave mrazeva se smanjuje.

## **PADAVINE**

Padavine su jedan od od najvažnijih meteoroloških elemenata neophodnih za život biljaka. Pri dovoljnoj količini toplote, svetlosti, hranljivih materija i drugih faktora porasta i razvića, produktivnost biljaka zavisi od njihove obezbeđenosti vlagom.

Potrebe biljaka za vodom se veoma razlikuju. Biljke koje za svoj porast i razviće zantevaju velike količine vode (*higrofite*) prilagođene su uslovima vlažne klime one čiji su zahtevi za vodom umereni (*mezofite*) umereno vlažnoj, a biljke sa skromnim utroškom vode (*kserofite*) suvoj klimi.

S obzirom na značaj padavina, potrebno je detaljnije proučiti njihov uticaj na biljke ne samo u toku vegetacionog perioda već i u hladnom delu godine, kada one služe za stvaranje rezerve zemljišne vlage, potrebne biljkama kako u proleće, kada počinje vegetacija, tako i u kasnijim periodima razvića.

Od svih oblika padavina, za biljke su od najvećeg značaja padavine u obliku **kiše** i **snega**, mada u određenim slučajevima one mogu delovati na biljke i nepovoljno.

### **4.1. Uloga vode u životu biljaka**

Padavine su osnovni izvor vode za zemljište, a preko njega i za biljke. Pored snabdevanja vodom, padavine omogućavaju biljci i uzimanje hranljivih mineralnih materija koje se u zemljištu nalaze većinom u obliku nepristupačnom biljkama. Voda u zemljištu rastvara te materije i na taj način ih čini pristupačnim biljkama, koje ih preko svog korenovog sistema apsorbuju zajedno sa vodom i koriste za svoju ishranu.

Odredjena količina vode u ćelijama biljke je neophodan uslov za njihovu visoku fiziološku aktivnost. Starenjem biljne ćelije smanjuje se njena aktivnost, a time se smanjuje i količina vode u ćeliji. Voda u biljci neophodna je ne samo za ishranu biljaka već i za prenošenje materija od korena preko stabla ka listovima i obrnuto, a isto tako i za delovanje fermentata i medjusobne hemijske reakcije raznih materija, koje su moguće samo ako su rastvorene u vodi.

### Obezbeđenost biljaka vodom

Za procenjivanje obezbeđenosti biljaka vodom nije dovoljno znati samo ukupnu godišnju količinu padavina, već i njihov **raspored** u toku vegetacionog perioda, odnosno količinu i karakter padavina u pojedinim periodima razvića.

Medjutim, obezbeđenost biljaka vlagom zavisi ne samo od količine i rasporeda padavina već i od niza drugih činilaca. Koliki će procenat padavina apsorbovati zemljište zavisi pre svega od : fizičkih osobina zemljišta i stanja njegove površine, stepena zasićenosti zemljišta vlagom, intenziteta i trajanja padavina, nagiba zemljišta, vrste biljnog pokrivača i drugih faktora.

Od fizičkih osobina zemljišta za regulisanje vodnog režima najvažnija je njegova struktura, odnosno povezanost zemljišnih čestica u agregate različitog oblika u veličine. Zemljišta sa mrvičastom strukturom mnogo bolje apsorbuju padavine i snabdevaju biljke vodom nego zemljišta sa lošom strukturom. Što je površinski sloj zemljišta zbijeniji, to je apsorpcija padavina manja, a površinsko oticanje veće. Ukoliko je vlažnost zemljišta veća utoliko je apsorpcija vode manja, i obratno.

Sa povećanjem intenziteta padavina njihovo korisno dejstvo na biljke se smanjuje, jer se smanjuje količina apsorbovane vode i veći deo padavina otiče. To je slučaj kod pljuskova, koji obično ne traju dugo ali je intenzitet padavina veliki, te zemljište za to kratko vreme ne uspe da apsorbuje svu količinu vode, već ona ili brzo otiče, naročito na strmim terenima, ili se zadržava u obliku bara, odakle opet brzo ispari. Nasuprot tome, kod dugotrajnih padavina slabijeg intenziteta voda postepeno prodire u zemljište, pa je stoga njihovo korisno dejstvo na biljke mnogo veće.

Nagib terena je veoma važan faktor kod apsorpcije padavina od strane zemljišta. Sa povećanjem nagiba povećava se oticanje vode, a lime i uslovi za pojavu erozije, o čemu će biti govora posebno.

Količina vode koju zemljište prima od padavina zavisi i od vrste biljnog pokrivača, kao i od faze razvića biljaka. Biljni pokrivač zadržava znatan deo padavina. Prema ispitivanjima V.I. Rutkovskog (cit. Rudnev, 1964) na travnom i mahovinastom biljnom pokrivaču se pri malim količinama padavina (do 1 mm) gotovo sva voda zadržava na biljnom pokrivaču i sa njega zatim ispari. Sa povećanjem količine padavina povećava se i količina vode koja dospeva u zemljište (tab. 7).

INTERCEPCIJA PADAVINA NA TRAVNOM I MAHOVINASTOM BILJNOM POKRIVAČU, U %  
(Rutkovski, cit. Rudnev, 1964)

Tab. 7.

Količina padavina u mm	Intercepcija, u %	
	Mahovina	Trava i mahovina
13 - 18	12	14
7 - 5	26	45
2,5 - 4	52	57
0,2 - 1	75	94

Sličan je slučaj i na zemljištima u šumama. Odredjena količina padavina zadržava se u krunama drveća, odakle isparava u atmosferu, jedan deo se sliva niz stablo, dok drugi u vidu kapljica pada sa grana, lišća i iglica. Na površinu zemljišta dospeva oko tri četvrtine pale količine kiše, dok se jedna četvrtina zadržava u kruni drveća i na granama i sa njih isparava. U zavisnosti od sastava

šume, intercepcija padavina (u procentima od pale količine) prosečno iznosi: jelove šume 32%, mešane 27%, širokolisne 20% i borove šume 15% (Rudnev, 1964).

### **Pozitivan i negativan uticaj kiše na poljoprivredne kulture**

Značaj padavina u obliku kiše za porast i razviće poljoprivrednih kultura vidi se po ulozi koju voda ima u životu biljaka. Kao što je već naglašeno, naročito povoljno utiču dugotrajne padavine slabijeg intenziteta. Smatra se da su za poljoprivredne kulture značajne padavine veće od 8 mm za 12 časova, dok su padavine > 30 mm u toku 24 časa već obilne i opasne za poljoprivredu (Longvinov i drugi, 1972).

Padavine su biljkama potrebne tokom celog vegetacionog perioda. Nedostatak padavina u bilo kom periodu razvića odražava se negativno na produktivnost biljke. Međutim, početkom 20. veka ruski agrometeorolog Brounov, a kasnije i drugi, utvrdili su da kod svake biljke postoji period kada je ona najosetljivija na nedostatak vlage. Taj period on je nazvao *kritičan period*, a nedostatak vode u zemljištu u ovom intervalu vezan je sa maksimalnim smanjenjem prinosa. Kod većine jednogodišnjih biljaka kritičan period se javlja pri **formiranju generativnih** organa, jer ono teče normalno samo u uslovima visoke vlažnosti vazduha, zemljišta i biljnih tkiva. Ako su zalihe vode u zemljištu u tom periodu jako smanjene, biljke se u najboljem slučaju slabo razvijaju i daju niske prinose, a pri jakoj suši u to vreme prinos može i da izostane. Kod višegodišnjih biljaka **do plodonošenja** kritičan period je u vreme **maksimalnog stvaranja organske mase**, u porastu letorasta—mladara u kruni, a takođe i kasnije u fazi formiranja **generativnih organa**.

Međutim, iako su padavine u vegetacionom periodu neophodne za normalan život biljaka, one ponekad mogu, posredno ili neposredno, da utiču i negativno na poljoprivredne kulture.

Velike količine padavina dovode do prekomerne vlažnosti zemljišta, što pogoršava uslove aeracije i razmene gasova u zemljištu, pre svega kiseonika, oštećuju se korenovi biljaka, zaustavlja se rast biljaka, a u krajnjem slučaju ovo može dovesti i do njihovog uginuća.

U vreme cvetanja poljoprivrednih kultura kiše spiraju veću količinu polenovog praha, te je oplodnja znano smanjena, što utiče i na smanjenje prinosa. Osim toga, kiše spiraju i razblažuju nektar, a pri maloj količini šećera u nektaru (4—5%) pčele ne posećuju cvetove, usled čega je oplodnja nepotpuna.

Kiše praćene padom temperature zaustavljaju proces formiranja ploda i usporavaju sazrevanje plodova kulturnih biljaka. Dugotrajne kiše dovode do poleganja žitarica i trava i usporavaju njihovo sušenje. U takvim uslovima trava i slama potamne i gube hranljivost, a zrno sadrži veliki procenat vlage. Česte i obilne kiše u vreme žetve i kosidbe otežavaju radove i dovode do velikih gubitaka, a takođe smanjuju i kvalitet proizvoda.

Kišovito vreme pospešuje i pojavu raznih biljnih bolesti. U takvim uslovima se npr. na lišću krompira i paradajza mogu pojaviti tamne mrlje, stoje znak da su biljke obobile od fitoftore. Pri dužem kišovitom i toplom vremenu ova bolest se brzo širi. Padajući sa zaraženog lišća, kapljice vode prodiru u zemljište, prenose spore do gomolja i proširuju zarazu i na njih.

Veliku štetu poljoprivrednim kulturama pričinjavaju pljuskovi, naročito u periodu od setve do nicanja, zbog obrazovanja kore na površini zemljišta. Na taj način otežava se nicanje i povećava gubitak vlage isparavanjem. Osim toga, jaki pljuskovi kiše imaju i mehaničko dejstvo ne samo na zemljište, time što ga zbijaju i narušavaju njegovu strukturu, već i na biljku, koja se savija ka zemlji, delimično lomi i povija. Poleganje žita u periodu sazrevanja je naročito štetno jer otežava žetvu i dogodi do znatnih gubitaka u prinosu.

## Rosa

Od padavina koje se stvaraju na zemljinoj površini najveći značaj za poljoprivredne kulture ima rosa, mada se količina rose koja se stvara tokom jedne noći kreće prosečno u granicama 0,1—0,3 mm, a u toku godine ne prelazi količinu 10—50 mm. Vazduh unutar biljnog pokrivača sadrži više vodene pare, zbog čega je rosa na biljnom pokrivaču uvek jačeg intenziteta. Rosa je za poljoprivredne kulture naročito značajna u sušnim periodima, kada pomaže biljkama da se održe u životu. Biljke, kada na kraju suvog i toplog letnjeg dana uvenu, pod uticajem rose često obnove svoj turgor i životnu sposobnost. Međutim, jaka rosa u vreme žetve žitarica može da poveća vlažnost slame i zrna i do dva puta, pa je u takvim uslovima vršidba otežana. Vlažna slama postaje meka, teško se skida — seče i otežava rad mašina.

Rosa je naročito značajna u periodu pojave radijacionih mrazeva, jer se pri njenom obrazovanju oslobađa latentna toplota (2511,6 J na 1 g vode), koja naglo usporava dalji pad temperature vazduha. Pravovremeno obrazovanje rose može čak sprečiti pojavu slabog radijacionog mraza.

Pored korisnog, rosa može da ima i negativan uticaj na razviće kulturnih biljaka. U procesu obrazovanja rose kvasi se površina lišća i drugih biljnih delova, a ovlažene površine pri povoljnim temperaturama i velikoj vlažnosti vazduha stvaraju uslove za razvoj i širenje raznih gljivičnih bolesti.

## Grad

Grad je **nepovoljna** vremenska pojava koja prouzrokuje velike štete poljoprivrednim kulturama. Veličina štete zavisi od intenziteta, trajanja i veličine zrna grada, ali i od vrste biljaka, sortnih odlika, faze razvića, stanja useva pre oštećenja i vremenskih prilika pre i posle padanja grada.

**Primarna** šteta se ogleda u tome što grad nanosi biljkama mehaničke povrede. Pre svega on oštećuje lisnu masu i na taj način smanjuje fotosintetsku površinu, zatim oštećuje ili uništava reproduktivne organe biljke, čime neposredno utiče na smanjenje ili čak na potpuni podbačaj prinosa. Osim toga, mehanička oštećenja biljaka prouzrokuju i iznurivanje biljaka, što posredno utiče na produktivnost, odnosno smanjenje prinosa.

Pored direktnih, postoje i **sekundarne** štete od grada. Pre svega, oštećene biljke lakše podležu biljnim bolestima, jer ogrebotine i rane koje grad stvara na biljnim delovima predstavljaju "ulazna vrata" za spore gljivica i bakterija. Pored toga, iznurene biljke gube otpornost prema poleganju i lomu, pa kiše i vetar posle oštećenja od grada povećavaju gubitke prinosa. Povređeni plodovi voćaka, vinove loze i povrća isto tako lako podležu bolestima i napadu štetočina, što znatno smanjuje kvalitet i tržišnu vrednost, kao i prinos ovih biljaka.

Osetljivost biljaka na oštećenja od grada nije ista tokom celog vegetacionog perioda, a kod nekih biljnih vrsta veoma su izražene i sorte odlike u pogledu te osetljivosti (pšenica, jabuka, grožđe i dr). Kod pšenice i kukuruza, kao i većine biljnih vrsta u njivskoj proizvodnji, mogu se diferencirati tri perioda osetljivosti na grad (Rašeta, 1978). Prvi je period porasta, kada manja oštećenja lisne mase uglavnom ne utiču na visinu prinosa. Drugi period je za većinu ovih biljnih vrsta najkritičniji. To je vreme cvetanja i oplodnje, kada se oštećenja gradom direktno odražavaju na prinos. Treći je period sazrevanja, kada je osetljivost veoma različita ne samo među vrstama već i zbog izraženih sortnih razlika.

Grupa agrometeoroloških stručnjaka iz Slovenije izvršila je određenu klasifikaciju osetljivosti nekih poljoprivrednih kultura prema gradu na osnovu fizioloških i morfoloških karakteristika osmatranih kultura i višegodišnjeg iskustva pri pregledu posledica grada na terenu (tab. 12).

OSETLJIVOST NEKIH POLJOPRIVREDNIH KULTURA NA GRAD  
(Zrnec C. i dr., 1988)

Tab. 12.

Vrsta biljke	Faza	Stepen osetljivosti	Uzroci osetljivosti
Kukuruz	Nicanje	1	Ponici mali, nežni
	3. list	3	Posledice se javljaju u narednim fazama
	Metličenje	4	Kritičan period za stvaranje generativnih organa
	Cvetanje	4—5	Onemogućeno formiranje prašnika, oštećenje klipa
	Mlečno zrenje	4	Otežano/prekinuto nalivanje zrna
	Voštano zrenje	3	Prisilno dozrevanje, smanjen prinos
	Puno zrenje	1	Direktan uticaj na klip samo kod jakog grada
Žita	Nicanje	0	—
	Bokorenje	2	Sledi osetljiv period pojava kolenca-vlatanje
	Klasanje	4	Formiranje generativnih organa
	Cvetanje	5	Oštećenja klasova-cvetova
	Mlečno zrenje	4	Oštećenja lisne mase utiču na nalivanje zrna
	Voštano zrenje	4	Lomljenje klasova i cele biljke, ubrzano zrenje
	Puno zrenje	5	Lomljenje, poleganje stabljika; rasipanje zrna
Vinova loza	Lastari 2—3 cm	2	Mladi lastari nežni
	1. list (3 cm)	3	Nežna struktura lastara i listova
	Početak cvetanja	4	Oštećenje listova i cvasti
	Završetak cvetanja	5	Oštećenje listova i cvasti
	Početak zrenja	5	Direktna oštećenja grozdova
	Puno zrenje	5	Oštećenje grozdova i lišća; smanjen kvantitet i kvalitet prinosa

NAPOMENA: Stepem osetljivosti 0 — 5. Ocena 0 znači da je uticaj grada minimalan, indirektan ili ne postoji, a ocena 5 da je najveći.

Poslednjih godina postignuti su značajni rezultati u proučavanju procesa stvaranja grada i razvijanju efikasnih metoda za njegovo suzbijanje. Veštačkim delovanjem na razvoj gradonosnih oblaka sprečava se povećanje zrna grada do onih dimenzija koje mogu biti štetne za poljoprivredne kulture. To se postiže zasejavanjem određenih delova oblaka, tkz. gradonosnih ćelija, nekim reagensom, najčešće česticama **srebrojodida**. Poznato je da 1 g srebrojodida u prehladenom delu oblaka stvara  $10^{12}$  —  $10^{13}$  veštačkih jezgara, na kojima se vrši mržnjenje prehladenih kapi vode u oblaku. One prelaze u čestice leda malih dimenzija koje padaju na zemlju ili kao ledena krupa ili, pri dolasku kroz topli deo oblaka, u obliku pljuska kiše.

U našoj zemlji izgrađen je čitav sistem protivgradne zaštite, kojom je obuhvaćen veći deo proizvodnih površina. Gradonosni oblaci se identifikuju pomoću meteoroloških radara, a zasejavaju se reagensom na bazi srebrojodida pomoću protivgradnih raketa.

#### Snijeg i snežni pokrivač

U umerenim geografskim širinama do formiranje snežnog pokrivača dolazi zimi pri temperaturi vazduha ispod 0°C. Trajanje snežnog pokrivača u našoj zemlji iznosi od nekoliko dana, često i samo 1—2 dana, do nekoliko meseci u visokim planinskim predelima. Visina snežnog pokrivača je veoma promenljiva, ne samo u geografskom smislu već i na istom lokalitetu, zavisno od otopljenja ili zahlađenja praćenih snežnim padavinama, kao i od jačine vetra.

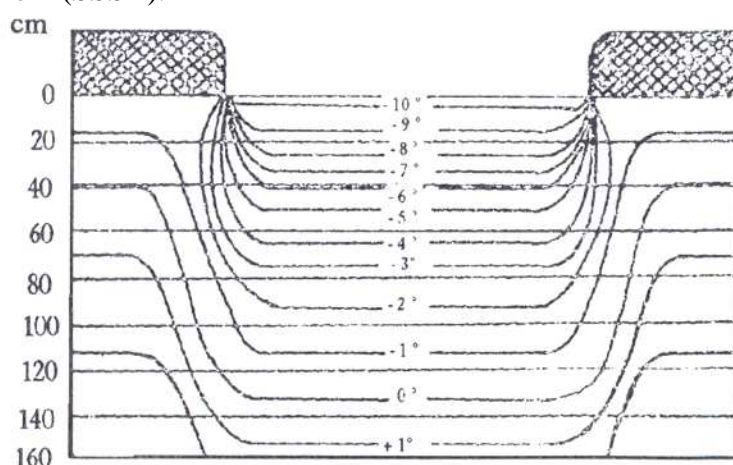
Značaj snežnog pokrivača u poljoprivredi je veoma veliki i raznovrstan. Pre svega on menja radijacioni režim Zemljine površine. Snežni pokrivač se odlikuje velikim albedom, koji kod



sveže palog snega iznosi 90—95%, a u velikim gradovima, gde sadrži mnogo čađi i drugih primesa, može iznositi i 50—60%. Zbog velikog albeda, on znatno povećava osvetljenost, jer se Sunčevo zračenje, koje se odbija od površine snega, ponovo vraća na zemljinu površinu. Onaj deo Sunčevog zračenja koji prodire u unutrašnjost snežnog pokrivača, mada veoma mali, ima veliki značaj kako za život biljaka pod snegom tako i za topljenje snega.

Međutim, najveći značaj snežnog pokrivača je u tome što štiti ozime useve, višegodišnje trave, voćke i vinovu lozu od izmrzavanja. Razlog tome je mala toplotna provodljivost snega, koja je upravo proporcionalna gustini snega. Sa povećanjem gustine povećava se i toplotna provodljivost snega, a smanjuje njegov značaj kao termoizolatora. Sveže pali, rastresit sneg sadrži veću količinu vazduha između pojedinih čestica, pa stoga slabije provodi toplotu od starog, sabijenog snega. **Sveže pali sneg je, dakle, bolji termoizolator** jer sprečava prodiranje niskih temperatura vazduha u površinski sloj zemljišta, a ujedno smanjuje i odavanje toplote akumulirane u zemljištu tokom toplog dela godine.

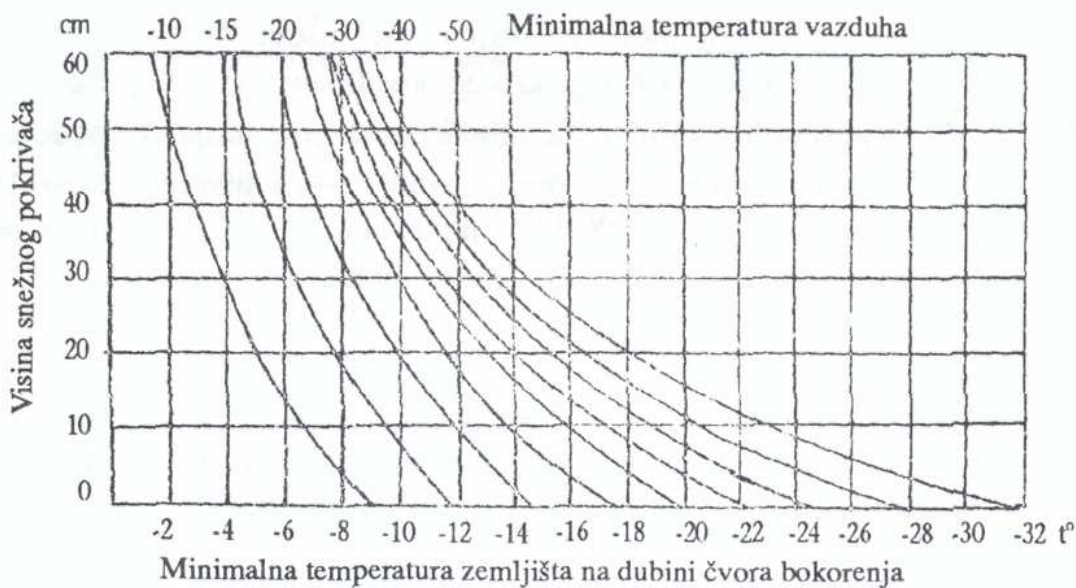
Koliko snežni pokrivač štiti useve od izmrzavanja vidi se iz višegodišnjih podataka osmatranja na stanici u Lesnom (SSSR).



Sl. 4. Srednji raspored temperature zemljišta bez snega i sa snežnim pokrivačem (Lesno, SSSR)

Iz slike 4 vidi se da na dubini od 40 cm srednja temperatura zemljišta bez snežnog pokrivača iznosi  $-6^{\circ}\text{C}$ , a pod snežnim pokrivačem  $0^{\circ}\text{C}$ . Na dubini 100 cm ovaj odnos je  $-1,7^{\circ}\text{C}$  prema  $2,0^{\circ}\text{C}$ . Zapaža se takođe da se sa povećanjem dubine smanjuje razlika u temperaturi zemljišta sa snežnim pokrivačem i bez snega, što znači da se smanjuje i uticaj snežnog pokrivača.

Albedo je odnos između količine odbijene Sunčeve zračne energije i količine ove energije koja dođe do Zemljine površine, izražen u procentima. Uticaj snežnog pokrivača kao termoizolatora ne zavisi samo od njegove gustine već i od visine. Visina snežnog pokrivača od 10 cm, pod uslovom da je rastresit i ravnomerno raspoređen po polju, može zaštititi ozime useve od jakih mrazeva. Ispitivanjima je pokazano da je snežni pokrivač visine do 40 cm toliko dobar termoizolator da je temperatura zemljišta na dubini čvora bokorenja ozimih useva (dubina 3—5 cm) pri bilo kojim temperaturama vazduha retko niža od  $-6^{\circ}$  do  $-10^{\circ}\text{C}$  (Venckevič, 1958). Kritične temperature mogu u određenim uslovima biti i više, što zavisi od toga u kakvom su stanju biljke ušle u period prezimljavanja. Slabo razvijeni ozimi usevi sa nepovoljnim uslovima u procesu kaljenja manje su otporni na niske temperature i mogu ih oštetiti i slabiji mrazevi.



Sl. 6. Veza minimalne temperature zemljišta na dubini čvora bokorenja i minimalne temperature vazduha pri različitim visinama snežnog pokrivača (Šuljgin, 1957)

Koliko visina snežnog pokrivača utiče na temperaturu zemljišta na dubini čvora bokorenja ozimica (3 cm) vidi se iz korelacionog grafikona na si. 6. Tako, na primer, pri temperaturi vazduha  $-30^{\circ}\text{C}$  i visini snežnog pokrivača 10 cm minimalna temperatura zemljišta na dubini 3 cm iznosi  $16^{\circ}\text{C}$ , a pri visini snega od 40 cm samo  $-9^{\circ}\text{C}$

\* Čvor bokorenja je prvo kolence glavnog stabla ispod površine zemljišta na kome se nalaze pupoljci iz kojih izbijaju bočna stabla — izdanci.

Pored zaštitnog uticaja snežni pokrivač je važan i kao akumulator vlage. Pri proletnjem topljenju snega zemljište povećava zalihu vlage, što je od posebnog značaja za razviće ozimih a naročito jarih useva u proleće. Količina vode koju zemljište dobija od snežnog pokrivača je vrlo velika. Obično se uzima da zaliha vode novog, svežeg snega iznosi: 10 cm visine svežeg snega = 1 cm visine vode. Međutim, pri kraju zime, kada je gustina snega velika, sloj snega od samo 1 cm daje 30 tona vode po 1 hektaru, a snežni pokrivač visine 25—30 cm može dati do 900 tona vode po 1 hektaru.

Zaliha vode u snegu (P) može se izračunati pomoću formule kada se zna da 1 mm padavina izmerenih kišomerom, koje padnu u obliku snega, odgovara povećanju snežnog pokrivača za 1 cm.

$$P = h \times d \times 10 \text{ mm}$$

gde je P = zaliha vode u snegu u mm, h = visina snežnog pokrivača u cm i d = gustina snega. Ako je npr. visina snežnog pokrivača 30 cm i gustina snega 0,25, zaliha vode u snegu iznosi:

$$P = 30 \times 0,25 \times 10 = 75 \text{ mm}$$

Pri izračunavanju zalihе vode u snegu treba imati na umu da i visina i gustina snega tokom zime mnogo variraju, vremenski i prostorno. Zbog toga merenja treba vršiti često i na više tačaka, kako bi se dobile srednje vrednosti reprezentativne za ispitivano područje.

Postoje uloga snega kao termoizolatora i akumulatora vlage u poljoprivrednoj proizvodnji veoma velika, raznim merama pribegava se njegovom zadržavanju. I u voćarstvu sneg takođe može dovesti do izvesnih oštećenja. Velika količina vlažnog snega na granama voćaka može prouzrokovati **lomljenje** grana. Na težinu snega najosetljivije su grane šljiva, koje se najčešće



lome. Da se to ne bi desilo, treba povremeno stresati sneg sa grana šljiva. Dugo zadržavanje snežnog pokrivača u proleće takođe je štetno, jer usled toga kasnije počinju poljski radovi i kretanje vegetacije. Štetno je i naglo topljenje snega u proleće, jer prouzrokuje bujice i poplave. Dešava se da sneg padne u proleće kada je vegetacija već krenula. To može da šteti termofilnim biljkama, a naročito procvetalom voću. Mokri sneg izaziva mehaničke lomove nežnijih grana krošnje.

#### Vodna erozija

Vodna erozija ili erozija vodom je odnošenje zemljišnih čestica pri kretanju vode. Kako na horizontalnom tlu nema kretanja vode, to je intenzitet vodne erozije utoliko veći ukoliko je teren strmiji, količina vode veća i čestice zemljišta sitnije. Vodna erozija može biti površinska i dubinska.

Površinska erozija, najrasprostranjeniji oblik erozije, sastoji se u otkidanju ili razjedanju površinskog sloja zemljišta, tako da voda odnosi za sobom najfinije zemljišne čestice, zajedno sa mineralnim materijama. Količina odnetog materijala često je velika. Ovaj oblik erozije se ponekad može poznati i po boji. Isprana zemljišta imaju svetliju boju "mrtvice", za razliku od zemljišta koja nisu izložena dejstvu erozije i koja zbog prisustva humusa i mikroorganizama imaju tamniju boju.



*Sl. 7. Površinska i dubinska erozija*

Dubinska erozija je u stvari podlokavanje površine, koje dovodi do obrazovanja brazda, jaruga, odrona i klizanja terena. I kod ovog oblika erozije koeficijent oticanja vode je vrlo visok, usled podzemnog kretanja i neznatnog isparavanja. Dubinska erozija nastaje kada je površinsko oticanje vode u mlazevima. Ako su mlazevi slabiji, onda se obrazuju manja udubljenja — brazde, a ako su jači, udubljenja su veća — u obliku jaruge. Do odrona i klizanja terena dolazi

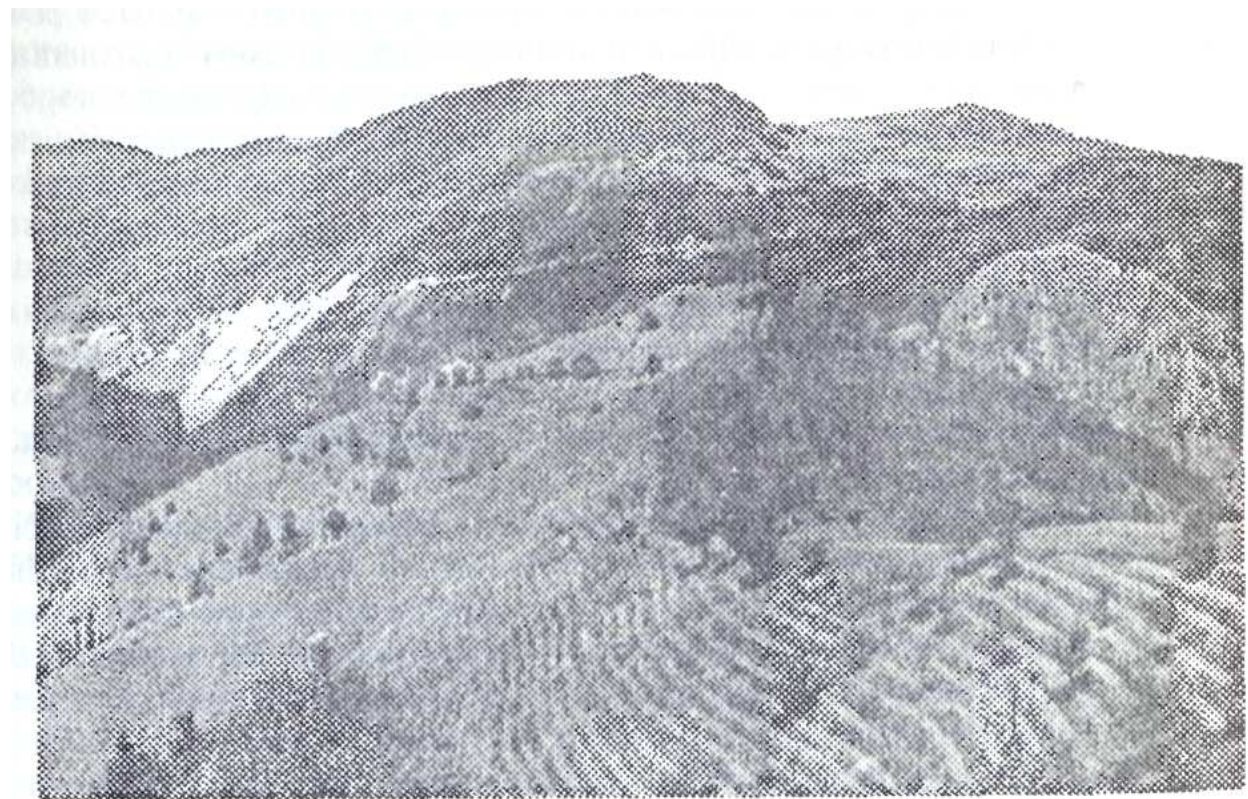


usled oticanja površinskih i podzemnih voda. Intenzitet erozije zavisi od mnogih činilaca, od kojih su najvažniji: klima, biljni pokrivač, način iskorišćavanja zemljišta i oblik terena.

Od klimatskih elemenata na eroziju najviše utiču padavine i temperatura. Što su padavine obilnije i većeg intenziteta, njihov uticaj na eroziju je veći. Pri tome je od presudnog značaja da li one padaju na zemljište bez vegetacije ili sa biljnim pokrivačem, kada je njihovo štetno dejstvo znatno umanjeno.

Temperatura vazduha i zemljišta ima veoma veliki uticaj na eroziju. Visoke temperature i odsustvo ili vrlo male količine padavina dovode do znatnog isušivanja zemljišta, a takva zemljišta lakše podležu eroziji. Na intenzitet erozije veoma utiču dnevna kolebanja temperature. Što su ona veća, erozija je na takvom zemljištu jače izražena.

Najvažniji činilac koji smanjuje štetno dejstvo erozije je biljni pokrivač. Ukoliko je on razvijeniji utoliko je i erozija slabije izražena, i obrnuto. Razlog tome je najpre što **biljni korenovi** vezuju zemljišne čestice, čime se sprečava njihovo odnošenje. Zatim, biljni pokrivač **smanjuje udarnu moć** kišnih kapi, čime sprečava razbijanje strukture zemljišta. Osim toga, on zadržava jedan deo padavina, odakle se one isparavanjem opet vraćaju u atmosferu u vidu vodene pare. Biljni pokrivač, travni ili šumski, omogućava da se na površini zemljišta nagomilava otpalo lišće i drugi biljni delovi, što takođe omogućuje znatno zadržavanje vode od kiše ili otopljenog snega.



*Sl. 8. Protiverozioni radovi*

Pojavi erozije doprinosi uništavanje biljnog pokrivača, kao što neracionalna seča šuma ili neracionalno iskorišćavanje pašnjaka prekomernom ispašom stoke, kao i šumski požari. Kako 76% ukupne površine Jugoslavije ima nagib terena veći od 5%, to je uticaj šuma na sprečavanje i smanjenje negativnih posledica erozije zemljišta presudan.

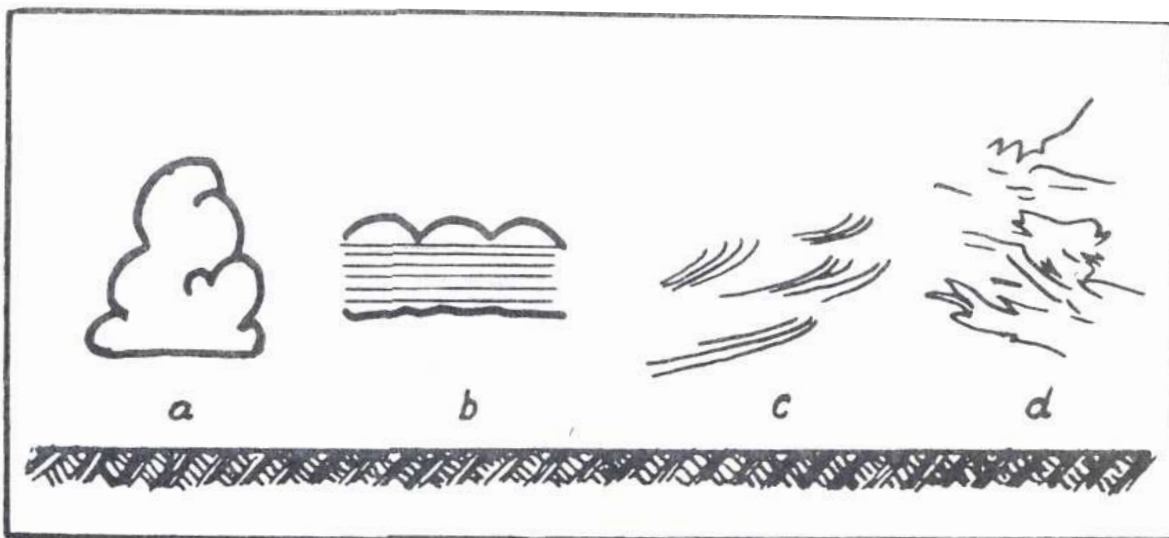
## PODELA OBLAKA

Neposrednim posmatranjem može se ustanoviti da oblaka ima u različitim oblicima, a da se dosta razlikuju i po boji. Ipak je, i pored te raznolikosti, oblake moguće svrstati u izvesne grupe, koje se mogu videti na nebeskom svodu iznad cele zemljine površine. [Oni se uglavnom mogu podeliti:

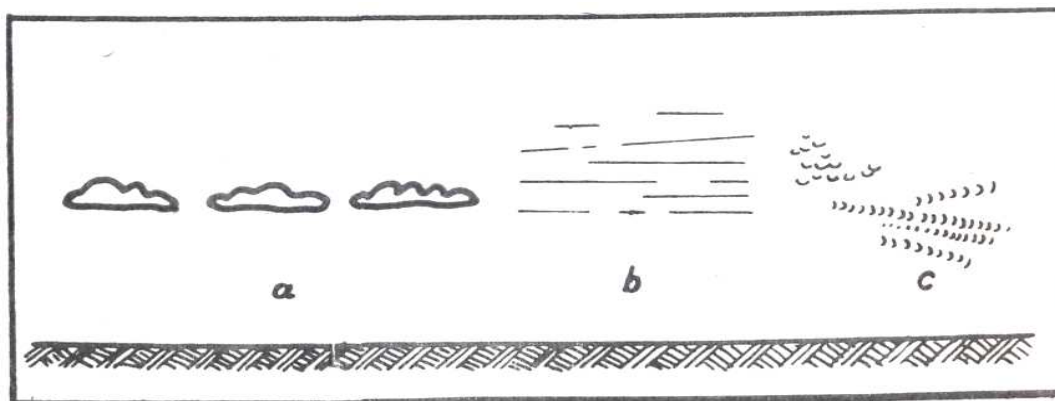
- po svome spoljašnjem izgledu (po obliku),
- po visini na kojoj se nalaze,
- po "načinu postanka" i
- po fizičkom sastavu.

1. Podela oblaka "prema spoljašnjem izgledu. — Prema spoljašnjem izgledu oblaci se mogu podeliti na:

- gomilaste (cumulus) slika 39. pod a,
- slojevite (stratus), slika 39. pod b, i
- perjasto-pramenaste (cirrus), slika 39. pod c i d.



Slika 39. Spoljašnji izgled pojedinih formi oblaka.



Slika 40. Spoljašnji izgled prelaznih formi oblaka

Između ovih glavnih oblika postoje još i prelazni oblici, i to:

- slojevito-gomilasti (stratocumulus), slika 40. pod a,
- perjasto-slojeviti (cirrostratus), slika 40. pod b,
- perjasto-gomilasti (cirrocumulus), slika 40. pod c.

**Podela oblaka po visini.** — Prema Međunarodnom atlasu oblaka, oblaci se uglavnom nalaze na visinama između nivoa mora i 18 km u tropskim, 13 km u umerenim i 8 km u polarnim predelima. Deo atmosfere u kojima se pojedini oblaci obično nalaze podeljen je vertikalno u tri visinska sloja, koji su nazvani: gornji, srednji i donji. Oblaci, koji se najčešće pojavljuju u pojedinim visinskim slojevima, su sledeći:

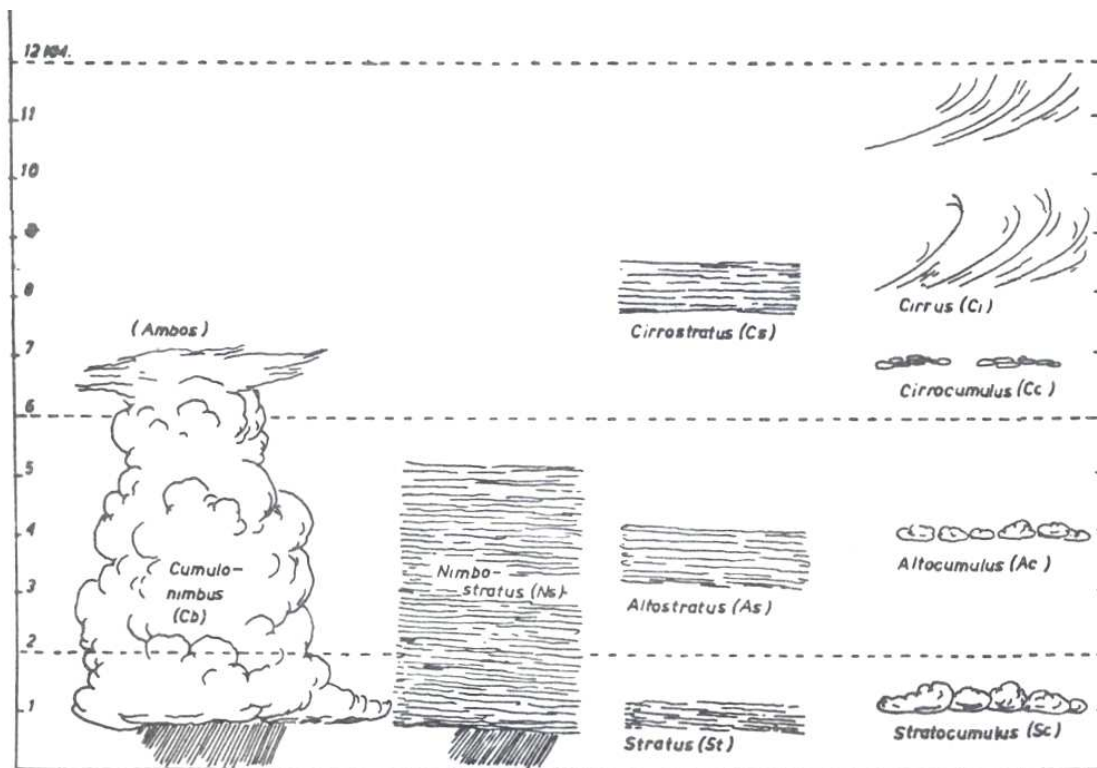
a. gornji sloj: cirrus, cirrocumulus i cirrostratus. Ovi se oblaci često nazivaju i visoki oblaci,

b. srednji sloj: altocumulus,

c. donji sloj :stratocumulus i stratus. Ovi se oblaci još nazivaju niski oblaci.

Visina na kojima se pojedini oblaci nalaze prikazana je u sledećem pregledu:

Visinski sloj	Polarni predeli	Umereni predeli	Tropski predeli
Gornji	Od 3 do 8 km	Od 5 do 13 km	Od 6 do 18 km
Srednji	Od 2 do 4 km	Od 2 do 7 km	Od 2 do 8 km
Donji	Od površine zemlje do 2 km	Od površine zemlje do 2 km	Od površine zemlje do 2 km



Slika 41. Spoljašnji izgled, visina i debljina pojedinih oblaka na umerenim širinama.

Što se tiče rodova oblaka koji nisu pomenuti, za njihovu raspodelu po visini važi sledeće:

- altostratus se obično javlja u srednjem, ali često prodire i u gornji visinski sloj;



— nimbostratus se gotovo stalno javlja u srednjem visinskom sloju, ali obično prelazi i u druge slojeve;

- cumulus i cumulonimbus imaju obično baze u donjem sloju, ali često imaju takvo vertikalno prostiranje da im vrhovi mogu da prodru u srednji, pa čak i u gornji sloj.

Na slici 41. prikazani su: spoljašnji izgled, visina i debljina pojedinih oblaka na umerenim širinama.

Pored navedenih oblaka, postoje još i pocepani komadi oblaka, koji nose naziv fraktusi (fractus). Oni mogu biti pocepano-gomilasti i nazivaju se frakto-kumulusi, i pocepano-slojeviti fraktostratus .

## KRATAK OPIS POJEDINIHL OBLAKA (uglavnom prema Međunarodnom atlasu)

### 1. *Cirus (cirrus, skraćénica Ci)*

To su razdvojeni oblaci u obliku belih i nežnih vlakana, ili banaka, ili belih uskih pruga. Ovi oblaci imaju vlaknast izgled (kao kosa) ili su svilastog sjaja, ili oboje istovremeno. Sastoje se iz ledenih kristala. Perjasti oblici, ako se pružaju od zapada ili jugozapada prema isotku ili severoisotku, smatraju se kao vesnici promene vremena, tj. naoblačenja i padavina. Oni ne ostavljaju senku na zemlji.

### 2. *Cirokumululus (cirrocumululus, skraćénica Cc)*

Banak, navlaka ili tanak sloj belih oblaka, bez sopstvene senke, sastavljenih od vrlo malih elemenata u obliku zrnaca, bora, itd., slepljenih ili ne i više-manje pravilno poredanih. Ovi su oblaci sastavljeni od ledenih kristala, pored kojih može da bude i prehlađenih vodenih kapljica, ali ove obično brzo ustupaju mesto kristalima leda. Često imaju talasast oblik.

### 3. *Cirostratus (cirrostratus, skraćénica Cs)*

Providan, beličast oblačni veo vlaknastog (kao kosa) ili glatkog izgleda, koji potpuno ili delimično pokriva nebo, i u kome se obično javlja „halo" oko sunca ili meseca. Ovaj oblak je poglavito sastavljen od ledenih kristala. On može da se javi u obliku vlaknastog vela u kome mogu da se zapaze i fine brazde; takode može da dobije izgled magličastog vela.

### 4. *Altokumululus (altocumululus, skraćénica Ac)*

Banak, navlaka, ili sloj belih ili sivih oblaka, ili istovremeno belih i sivih, obično imaju sopstvenu senku, a sastoje se od ljuspica, oblutaka, valjaka, itd., katkad delimično vlaknastog ili difuznog izgleda, slepljenih ili ne. Ovaj oblak je, bar u najvećem delu, sastavljen gotovo od samih vodenih kapljica. Ipak na vrlo niskim temperaturama mogu da se razviju i ledeni kristali. Altokumululus je najpoznatija vrsta oblaka i može da se javi u više oblika. U izvesnim oblicima ovaj oblak ima prognostički značaj, o čemu će biti reci kasnije. Ovaj oblak se često obrazuje na obodu prostranog, uzlaznog vazdušnog strujanja, ili usled turbulencije ili konvekcije u srednjem visinskom sloju.

### 5. *Altostratus (altostratus, skraćénica As)*

Navlaka ili sivkast, odnosno plavičast oblačni sloj, izbrazdanog, končastog ili ujednačenog izgleda, koji delimično ili potpuno pokriva nebo i ima delova dovoljno tankih da se kroz njih, bar nejasno, providi sunce kao kroz matirano staklo. Na altostratusu se ne javlja halo. Sastavljen je od vodenih kapljica i ledenih kristala; javlja se uvek u obliku prostranog horizontalnog sloja, čije je vertikalno prostiranje dosta veliko (do nekoliko hiljada metara). Može da se sastoji od više slojeva jednih iznad drugih, na nivoima koji se malo razlikuju. U izvesnim slučajevima, talasanje ili široke paralelne pruge jasno su vidljive. Altostratus je oblak iz kojega padaju padavine. On najčešće postaje laganim dizanjem prostranih vazdušnih slojeva na dovoljno veliku visinu.

#### 6. *Nimbostratus* (*nimbostratus*, *skraćenica Ns*)

Siv oblačni sloj, često taman, koji izgleda rasplinut zbog više-manje neprekidnog padanja kiše ili snega koji, u najviše slučajeva, dostižu do zemlje. Debljina ovoga sloja je svuda dovoljna da potpuno sakrije sunce. Nimbostratus se sastoji iz kapljica vode (ponekad prehladenih), kišnih kapi, snežnih kristala i snežnih pahuljica, ili mešavine ovih tečnih i čvrstih čestica. Obično se javlja u obliku prostranog niskog sloja, zatvoreno sive boje, sa vrlo rasplintom bazom iz koje padaju neprekidne padavine u obliku kiše, snega ili ledenih zrnaca.

Donja površina nimbostratusa je često, delimično ili potpuno, sakrivena niskim iskidanim oblacima. Ovaj oblak najčešće nastaje laganim dizanjem prostranih, horizontalnih vazdušnih slojeva na dovoljnu visinu.

#### 7. *Stratokumulus* (*stratocumulus*, *skraćenica Se*)

Banak, navlaka ili siv, odnosno beličast oblačni sloj, ili istovremeno siv i beličast, u kome skoro uvek ima tamnih delova sastavljenih od slepljenih ili razdvojenih ploča, oblutaka valjaka, itd. Sastoji se od vodenih kapljica, koje su ponekad praćene kišnim kapima ili krupom, a ređe snežnim kristalima i snežnim pahuljicama. On po svome gomilastom obliku često liči na kumulus, a po svojoj velikoj rasprostranjenosti i obliku liči na stratus. Iz stratokumulusa ponekad padaju padavine slabog intenziteta u obliku kiše, snega i krupe.

#### 8. *Stratus* (*stratus*, *skraćenica St*)

Obično siv oblačni sloj, ujednačene baze, iz kojega mogu da padaju sipeća kiša, ledene prizmice ili zrnast sneg. Kada se kroz sloj providi sunce, njegove se konture jasno razabiraju. Ponekad se stratus javlja u obliku iskidanih banaka. On je sastavljen od sitnih vodenih kapljica, ali na vrlo niskim temperaturama ovaj oblak može da se sastoji od sitnih čestica leda. Kada je gust ili debeo, stratus često sadrži kapljice sipeće kiše, a ponekad ledene prizmice ili zrnast sneg.

Stratus se najčešće javlja u obliku sivog sloja, magličastog i dosta ujednačenog izgleda, čija je baza dovoljno niska da prekrije vrhove brežuljaka ili visokih građevina. U stvari, ovaj oblak je sličan magli pri zemljinoj površini. Nastaje usled radijacije vazdušnih masa ili usled mešanja toplog i hladnog vazduha na donjoj granici inverzijskog sloja. Ponekad nastaje i uzdizanjem sloja magle usled zagrevanja zem-ljine površine ili povećanja brzine vetra.

Iz stratusa mogu da se luče slabe padavine u vidu sipeće kiše, ledenih prizmica ili zrnastog snega.

#### 9. *Kumulus* (*cumulus*, *skraćenica Cu*)

Razdvojeni, obično gusti oblaci sa jasno omeđenim konturama, a vertikalnim razvićem u obliku kupola ili tornjeva, čiji su gornji delovi pupeći, i često liče na glavicu karfiola. Delovi ovih oblaka, koji su osvetljeni suncem, najčešće su blještavo bele boje; njihova relativno tamna baza je približno horizontalna. Kumulusi su ponekad iskidani. Oni su sastavljeni poglavito od vodenih kapljica; ledeni kristali mogu da se formiraju u delovima ovih oblaka, u kojima je temperatura niža od 0°. Kumulusi mogu istovremeno da se nalaze u različitim stadijumima vertikalnog razvića. Mogu da budu slabog vertikalnog prostiranja i da izgledaju spljošteni. Ponekad se javljaju u obliku malih oblaka sa iskidanim obodima, čije se konture neprestano menjaju i to često vrlo brzo. Ovo je oblak koji nastaje usled uzlaznog vazdušnog strujanja, i zato ima veliko vertikalno rasprostranjen je a malo horizontalno. Za stvaranje kumulusa mora da postoji veliki labilitet u atmosferi, tj. da temperatura vazduha u donjim slojevima atmosfere naglo opada sa visinom. Ovo se može dogoditi: pri zagrevanju zemljine površine sunčevim zračenjem ili pri zagrevanju hladnih vazdušnih masa koje prelaze preko neke tople površine, pa se neprestano zagrevaju od podloge.

#### 10. *Kumulonimbus (cumulonimbus, skraćena Cb)*

Moćan i gust oblak, znatnog vertikalnog prostiranja, u obliku planine ili ogromnih tornjeva. Njegovi najviši delovi imaju končastu strukturu i to u obliku nakovnja ili široke perjanice. Kumulonimbusi su sastavljeni od vodenih kapljica i naročito u njihovim gornjim delovima, od ledenih kristala. Sadrže, takođe, i velike kišne kapi i, često, snežne pahuljice, krpu, sugradicu ili krupna zrna grada. Vodene kapljice i kišne kapljice u Cb mogu biti jako prehladene. Ovi oblaci mogu da se jave bilo izolovano, bilo poredani u neprekidan niz, sličan velikom zidu.

Normalno se kumulonimbusi razvijaju iz velikih i snažno razvijenih kumulusa procesom neprekidne evolucije. To znači, da se oni stvaraju pri veoma labilnom stanju atmosfere, i to ne samo za vreme toplih letnjih dana, usled jakog zagrevanja zemljine površine, već i usled upada hladnog vazduha. Pri tome dolazi do jačih oluja sa pljuskovima, koje se mogu povećati do frontalnih oluja. Kod frontalnih se oluja na graničnoj površini hladnog i toplog vazduha stvara vazdušni vrtlog oko horizontalne osovine, koji se kreće napred kao kakav valjak.

Iz kumulonimbusa padaju pljuskovi kiše, snega ili grada uz grmljavinu sevanje.

3. Podela oblaka po načinu postanka. — Po načinu postanka oblaci se mogu podeliti na stabilne i nestabilne, prema tome da li se stvaraju u stabilnoj ili nestabilnoj atmosferi. Slojeviti oblaci su obično stabilni ili slabolabilni. Oni se obrazuju mahom na donjoj granici inverzijskih slojeva, a mogu se obrazovati i usled hlađenja radijacijom vazdušnih masa u slobodnoj atmosferi. Isto tako, pri talasnom kretanju vazduha stvaraju se na talasnim bregovima oblaci stratokumulusi, a ako su visine veće stvaraju se altokumulusi. Ako se ovakvi talasasti oblaci nalaze na većim visinama (od 6000—7000 m), onda su oni sve tanji; njihova talasasta forma se sve bolje ocrtava. Takvi su oblaci cirokumulusi.

Prema svemu ovome može se zaključiti: da svi oblaci koji imaju slojevit i talasastu formu, tj. oblaci koji se stvaraju usled radijacije vazduha, kao i usled dodira hladnih i toplih vazdušnih masa, pripadaju grupi stabilnih i slabolabilnih oblaka.

U stabilne i slabolabilne oblake spadaju: stratusi, stratokumulusi, altokumulusi, cirusi, cirostatusi i cirokumulusi.

Oblaci koji se stvaraju pri adijabatskom širenju i hlađenju vazdušnih masa su obično gomilasti oblaci, i to prvenstveno kumulusi i kumulonimbusi. Takvi oblaci se ubrajaju u grupu nestabilnih oblaka; ipak kumulusi mogu često biti i prilično stabilni. Pri uzdizanju i hlađenju vazduha nastupiće kondenzacija vodene pare u vazduhu, tj. stvaraće se gomilasti oblaci. Ali ako je atmosfera na visini stabilna, a pogotovo ako se na visini nalazi inverzijski sloj, onda i pri najjačem zagrevanju na zemljinoj površini uzlazne vazdušne struje ne mogu dospeti do velikih visina, i zato će se obrazovati samo manje bele gomile oblaka. Ove gomile oblaka se obično spljošnjavaju, iščezavaju a nove opet stvaraju. Takvi oblaci nazivaju se kumulusi lepog vremena. To su dosta stabilni oblaci iako se obrazuju usled adijabatskog širenja i hlađenja vazdušnih masa. U protivnom slučaju, ako je atmosfera na visini nestabilna, onda će i najmanje zagrevanje zemljine površine izazvati jaka uzlazna strujanja, koja će se uzdizati do velikih visina. Ako je pri tome vazduh još dosta vlažan, onda će se prvo obrazovati oblaci kumulusi, a zatim će se oni razvijati u visinu i od njih će postati kumulonimbusi. Ovi se oblaci uzdižu do velikih visina i njihovi vrhovi dostižu često visinu cirusa. Usled toga, iznad ovih oblaka vide se često beli oblačni slojevi, koji se u vidu nakovnja ili metle nastavljaju na kumulonimbuse (vidi sliku 41). U samom oblaku postoji jako uzlazno strujanje, naročito u gornjoj polovini oblaka, čija brzina može biti 35—40 m/s u veoma jako razvijenim kumulonimbusima. Isto tako, u onom delu oblaka odakle počinju da padaju padavine postoji silazno strujanje vazdušnih masa.

Uzlazne vazdušne struje, kao što je rečeno, mogu nastati i na većim visinama, tj. one ne moraju da polaze od zemljine površine, već od izvesne visine pa naviše. Pri ovim strujanjima često se obrazuju na visini oblaci koji se nalaze iznad 3000 metara, a koji imaju oblik raskidanih parčiča vate, razbacanih po celom nebu. Ovakvi se oblaci nazivaju altocumulus floccus i oni su vesnici da će uskoro nastupiti pogoršanje vremena. Prema tome, ovi altokumulusi razlikuju se od talasastih stabilnih altokumulusa, o kojima je bilo reci ranije. Jer, dok su talasasti altokumulusi pouzdan znak da je vazduh stabilan, dotle su ovi gomilasti altokumulusi predznaci da na visini u vazduhu vlada labilnost, tj. da u vazduhu na visini postoje uzlazne struje vazduha.

**Podela oblaka po fizičkom sastavu.** — Prema fizičkoj klasifikaciji oblaka, koju je postavio Bergeron, oni se mogu podeliti u šest grupa. Ova podela izvedena je prema elementima iz kojih se oblaci sastoje, kao i prema odgovarajućim oblicima padavina iz pojedinih oblaka. Oblaci se mogu sastojati iz sledećih tvorevina :

- 1 potpuni kristala u vidu iglica (simbol  $+ \rightarrow$ ),
- 2 potpuni kristala i skeleta u vidu suvog snega kao prašina (simboli  $* \text{---} * \blacksquare$  i  $*$ ),
- 3 kristalnih skeleta i sitnih kapljica magle (simboli  $* \text{ i } \bullet$ ),
- 4 sitnih kapljica magle čiji je prečnik manji od 0,05 mm (simbol  $\bullet$ ),
5. sitnih kapljica čiji je. prečnik od 0,05 do 0,5 mm (simbol  $\bullet \text{ i } \bullet$ ),
6. kišnih kapljica čiji je prečnik od 0,5 do 5 mm (simbol  $\bullet \text{ i } \bullet$ ).

## SUŠA

Suša je jedna od najštetnijih vremenskih pojava, koja u mnogim delovima sveta ugrožava egzistenciju ljudi i nanosi ogromne štete raznim granama privrede. Stoga je ona od davnina izučavana, tako da se mogu naći zapisi o suši još iz početka 12. veka. Do pojave suše na većem prostranstvu dolazi usled narušavanja normalne cirkulacije atmosfere. Pored toga, pojava i intenzitet suše na manjem području zavisi i od određenih regionalnih i lokalnih faktora. To se pre svega odnosi na opšti pluviometrijski režim toga područja, odnosno na godišnju sumu padavina, raspored i intenzitet padavina u toku godine, zatim na intenzitet isparavanja iz zemljišta i evaporacionu moć vazduha, osobine i stanje zemljišta i biljnog pokrivača, nivo podzemnih voda i niz drugih faktora.

Definicija suše

Ne postoji kompletna unificirana definicija suše, jer zavisno od objekta na koji se odnosi, ona ima različito značenje. Uglavnom, ona se može podeliti u tri grupe:

**Meteorološka suša** je situacija kada na velikoj površini nastaje znatan manjak padavina u odnosu na normalnu vrednost za određeno područje i godišnje doba. Ako traje, nastaje **hidrološka suša** sa značajnim padom nivoa vode u akumulacijama, jezerima, rekama, kao i padom nivoa podzemnih voda, što pogađa ne samo industriju već i poljoprivredu. **Poljoprivredna suša** se pojavljuje kada su u vegetacionom periodu vlažnost zemljišta i padavine nedovoljne da zdrave biljke dođu u fazu zrenja, prouzrokujući oštećenja biljaka i uvenuće. Poljoprivredna suša može postojati čak i u slučaju da nema meteorološke suše, i obrnuto. Na primer, kiše u kritičnom periodu razvića biljaka mogu dovesti do visokih prinosa čak i kada je ukupna količina padavina u vegetacionom periodu mala (Raman, Palmer, 1965).

Sa poljoprivredne tačke gledišta suša se može definisati kao kompleksna meteorološka pojava koja nastaje pri dužem odsustvu padavina i koja, usled pojačanog isparavanja, narušava vodeni bilans biljke i dovodi do deficita vlažnosti u aktivnoj rizosferi. Međutim, kvantitativni pokazatelji suše su veoma različiti, zavisno od kriterijuma. Veličine koje same ili u kombinaciji služe za bliže kvantitativno određivanje suše jesu: padavine, temperatura vazduha, vlažnost vazduha, isparavanje sa slobodne vodene površine, evapotranspiracija, vlažnost zemljišta, vetar,

oticanje i stanje biljaka. Kako su padavine najvažniji faktor koji utiče na pojavu suše, to svi kriterijumi uključuju padavine, bilo same, bilo u kombinaciji s drugim meteorološkim elementima.

Sve definicije, odnosno kriterijumi suše mogu se klasifikovati u sledeće grupe (Hounam i drugi, 1975), zavisno od veličina na osnovu kojih se definiše suša:

- a) padavine
- b) padavine sa srednjom temperaturom vazduha
- c) vlažnost zemljišta i parametri biljke
- d) klimatski indeksi i određivanje evapotranspiracije
- e) opšte definicije i postavke. Izbor kriterijuma koji će za određeno šire područje dati najrealniju sliku o trajanju i intenzitetu suše zavisi od opštih klimatskih prilika područja i orijentacije poljoprivredne proizvodnje.

## 2.2. Tipovi suša

Uticaj suše na biljke zavisi od vremena pojave, trajanja i intenziteta suše. U agrometeorologiji se razlikuju dva tipa suše: **atmosferska** i **zemljišna** suša.

Pod *atmosferskom sušom* podrazumeva se duži beskišni period praćen visokom temperaturom i niskom vlažnošću vazduha. U takvim uslovima nadzemni delovi biljaka intenzivno gube vodu transpiracijom, naročito pri visokim temperaturom  $> 35^{\circ}\text{C}$ , koje dovode do paralize stominog aparata. Stome ostaju otvorene, a biljka naglo gubi vodu. Kako korenov sistem nije u stanju da tako brzo nadoknadi gubitak vode, narušava se vodni bilans biljke, a ako takvi uslove duže potraju, biljka uvene.

**Zemljišna suša** (edafska suša) nastaje kada se usled intenzivne evapotranspiracije (isparavanje zemljišta i biljaka) pri atmosferskoj suši isuši najpre površinski sloj zemljišta, a ako sušni period duže potraje, i dublji slojevi zemljišta u kojima se nalaze korenovi biljaka. Nedostatak vode u zemljištu dovodi i do nedostatka vode u biljkama, što izaziva različita oštećenja.

Zavisno od vremena pojave, razlikujemo **zimske, prolećne, letnje i jesenje** suše.

### Uticaj suše na biljke

Sve biljke ne reaguju podjednako na sušu. Otpornost biljaka prema suši je sposobnost biljaka da se normalno razvijaju i daju zadovoljavajuće prinose u uslovima suše. May i Milthorpe (cit. Hounam, 1975) izdvojili su tri vrste otpornosti biljaka na sušu:

- a) **izbegavanje suše** - sposobnost da se ceo životni ciklus završi pre većeg nedostatka vode;
- b) **otpornost na sušu s velikom unutrašnjom količinom vode** - sposobnost da se preživi suša pomoću dobro razvijenog korenovog sistema ili smanjene transpiracije;
- c) **otpornost na sušu s malom unutrašnjom količinom vode** za vreme sušnog perioda, ali sa sposobnošću da se regeneriše i brzo razvija kada se vlažnost zemljišta ponovo poveća.

Uticaj suše je manji na biljke s dubokim i razgranatim korenovim sistemom, ali koliko će biljci stajati vode na raspolaganju zavisi i od vrste i fizičkih osobina zemljišta. Peskovita zemljišta brzo propuštaju vodu, dok je teška glinasta zemljišta drže velikim silama. Najbolja su ilovičasta zemljišta mrvičaste stmkture, koja imaju najbolje regulisan vodni režim.

Veću otpornost prema suši pokazuju i biljke koje pri smanjivanju turgora lišća zatvaraju stome, ali ih u određeno doba dana otvaraju, tako daje omogućen proces fotosinteze bez maksimalnog gubitka vode.

Oštećenja biljaka sušom su vrlo slična oštećenju od mraza. Naime, u oba slučaja su mehaničke prirode, izazvana dehidracijom ćelija. Kako oštećenja od suše nastaju pri mnogo višim temperaturama, izgleda da je u pitanju i metabolizam. **Mlado lišće je otpornije** na sušu od starijeg ne samo zbog njegove veće osmotske vrednosti već i zbog većeg procenta proteina. U

stvari, pošto još nisu u potpunosti objašnjeni fiziološki procesi pri oštećenju biljaka sušom, postoje dva prilaza ovom problemu. Prvi, koji oštećenja objašnjava promenama u metabolizmu i smanjivanjem proteina pri fotosintezi, disimilaciji, transpiraciji i procesima fermentacije, i drugi, koji to objašnjava mehaničkim oštećenjem strukture ćelije usled naizmeničnog vlaženja i sušenja, kao i promenama u elastičnosti i viskoznosti protoplazme (Hounam, 1975). Osim unutrašnjih procesa koji određuju oštećenja biljaka sušom, postoji i niz strukturnih i morfoloških promena koje, zavisno od vrste i faze biljke, određuju stepen oštećenja biljaka sušom ili njihovu otpornost. Maksimov S. A. (1963) je naveo sledeće kserofitne karakteristike biljke:

- a) smanjivanje ćelija;
- b) veliko zadebljanje zidova ćelija;
- c) mezofil zaštićen debelom kutikulom (pokožicom);
- d) povećan broj lisnih nerava;
- e) veliki broj stoma na jedinici površine.

Neki autori, kao Newton, Martin i Runvon (cit. Hounam, 1975) navode još i izrekanost lišća, dlakavost, smanjivanje veličine lišća i drugo.

Najveća potreba biljaka za vodom je u kasno proleće i tokom leta, kada je za obrazovanje lišća, cvetova i plodova potrebno mnogo vode. Ako vode nema dovoljno, lišće biljaka se u početku uvija da bi se smanjila površina transpiracije, zatim postaje meko i uvelo i najzad požuti. Međutim, suša ne oštećuje istovremeno svo lišće biljke. Za vreme suše gornji listovi crpe vodu iz donjih, starijih listova. Zbog toga se najpre isušuju donji listovi, dok gornji znatno duže ostaju aktivni.

Voćkama suša nanosi štetu u doba cvetanja, jer dolazi do sušenja pojedinih organa cveta, a time i sprečavanja oprašivanja i zametanja ploda. Kasnija, letnja suša utiče nepovoljno i na kvalitet i kvantitet plodova. Pod uticajem suše plodovi ostaju sitni, prisilno sazrevaju, a često i pre vremena otpadnu sa voćnih stabala.

Suša nanosi posredne štete biljnoj proizvodnji i na taj način što otežava pravovremeno izvođenje poljoprivrednih radova, kao što su npr. priprema zemljišta za setvu i setva, primena đubriva - jer da bi ona prodrle do zone korena i imala pozitivan efekat potrebno je da u zemljištu postoji bar minimalna količina vode. Pored toga, edafska suša pospešuje i eolsku eroziju.

Jedna od pratećih štetnih pojava suše su i češća pojava i širenje šumskih požara, pri čemu mogu da izgore veliki kompleksi šuma i drugog rastinja.

### **Mere borbe protiv suše**

Pošto je suša veoma nepovoljna vremenska pojava, mnogobrojna ispitivanja u svetu usmerena su na to da se ublaži ili spreči njen štetan uticaj. Ispitivanja se uglavnom vrše u tri pravca: selekciono-genetički, geografski i agrotehnički.

**Selekciono-genetička ispitivanja** imaju za cilj da se stvore sorte otporne na sušu ili one koje se lako regenerišu od posledica suše, kao i sorte koje su vrlo ekonomične sa vodom koja se troši na isparavanje.

**Geografska ispitivanja** odnose se pre svega na agroklimatsko rejoniranje suše u odnosu na određenu biljku, a shodno tome na najcelishodniji raspored biljaka. Ispitivanja ovakve vrste iziskuju utvrđivanje čestine, trajanja i verovatnoće pojave suše određenog intenziteta u onim periodima razvića ispitivane biljke u kojima suša najviše utiče na smanjenje prinosa. Na taj način utvrđuje se stepen ugroženosti sušom onih područja gde ostali klimatski i edafski uslovi omogućavaju gajenje određene poljoprivredne kulture.



Primena mnogobrojnih **agrotehničkih mera** koje imaju za cilj da povećaju obezbeđenost biljaka vlagom zavisi od prirodnih i klimatskih uslova područja. Tu pre svega spadaju: navodnjavanje, pravilna obrada zemljišta, vetrozaštitni šumski pojasevi, zadržavanje snega i drugo.

*Navodnjavanje* je jedna od najsigurnijih i najuspešnijih mera u borbi protiv suše. Ovom merom se poboljšava vodni režim zemljišta i u znatnoj meri menjaju i meteorološki uslovi prizemnog sloja vazduha i toplotni režim zemljišta.

Pre svega, povećana vlažnost zemljišta dovodi do povećanog isparavanja, čime se snižava temperatura površinskog sloja zemljišta i okolnog vazduha, a povećava njegova vlažnost. Na navodnjavanoj parceli temperatura vazduha u biljnom sklopu je za 3-6°C niža nego na nenavodnjavanoj, a vlažnost vazduha veća za 30-60%, što je veoma važno pri vazdušnoj suši. Najveće sniženje temperature vazduha nastaje do visine 0,5 m, mada se uticaj navodnjavanja oseća do mnogo većih visina, danju do 200-300 m, a noću do 100 m visine. Povećanje vlažnosti vazduha oseća se do visine 200-300 m (Maksimov, 1963).

Efekat navodnjavanja u velikoj meri zavisi od njegovog sprovođenja, odnosno od pravilnog određivanja rokova i normi navodnjavanja u odnosu na potrebe određene kulture za vodom. To je veoma značajno zbog ekonomičnog trošenja vode, povećanja plodnosti zemljišta i dobijanja visokih prinosa.

Pod normom navodnjavanja podrazumeva se količina vode koju treba dodati na jedinicu površine (1 hektar). Ona predstavlja razliku između gornje i donje granice optimalne vlažnosti zemljišta i određuje se po formuli:

$$m = \frac{H}{p} (P_{\max} - P_{\min})$$

gde je:  $m$  = norma navodnjavanja ( $m^3/ha$ ),  $H$  = dubina vlaženja rizosfere (m),  $p$  = poroznost zemljišta (u % od zapremine),  $p_{\max}$  = gornja granica i  $p_{\min}$  = donja granica optimalne vlažnosti zemljišta (u % od poroznosti zemljišta).

Za gornju granicu optimalne vlažnosti zemljišta obično se uzima **poljski vodni kapacitet**, a za donju granicu ona količina vlage u zemljištu pri kojoj se naglo smanjuje njena pokretljivost, a u vezi s tim brzina transpiracije. Za većinu biljaka ona iznosi oko 70% od poljskog kapaciteta.

Rokovi navodnjavanja utvrđuju se prema postojećoj vlažnosti zemljišta, meteorološkim uslovima, fiziološkim pokazateljima i fazama razvića.

Određivanje rokova navodnjavanja prema vlažnosti zemljišta temelji se na tome da navodnjavanje treba izvršiti onda kada zalihe vlage u rizosferi padnu do donje granice optimalne vlažnosti. Ovaj način je najsigurniji, ali iziskuje sistematska merenja vlažnosti. Rokovi navodnjavanja mogu se određivati i na osnovu meteoroloških podataka. Ovaj način podrazumeva izračunavanje gubitka vode iz zemljišta nastalog isparavanjem, odnosno evapotranspiracijom.

Fiziološki pokazatelji određivanja rokova navodnjavanja, kao što su npr. veličina usisavajuće sile listova, koncentracija ćelijskog soka i dr., predstavljaju jednu od perspektivnih metoda. Ona se zasniva na utvrđivanju korelacione veze između određenog fiziološkog pokazatelja i vlažnosti sloja zemljišta u kome se nalaze korenovi biljaka.

Određivanje rokova prema fazama razvića biljaka dosta je nepouzdan metod. On se zasniva na različitim potrebama biljaka za vlagom u raznim fazama razvića. Međutim, zavisno od vremenskih prilika u određenoj godini on zahteva čestu korekciju.

**Pravilna obrada zemljišta** ima za cilj da zadrži vlagu i spreči njen suvišan gubitak iz zemljišta.

Tu pre svega spada pretvaranje nestrukturnih zemljišta u strukturna, koja imaju bolje regulisan vodni režim i mnogo su ekonomičnija u raspolaganju vodom. To se postiže kalcifikacijom (unošenje kalcijuma) i humifikacijom (unošenje humusa). Osim toga, na takvom zemljištu treba zasnovati normalnu oranicu mrvičaste strukture.

Na već kultivisanom zemljištu u mere borbe protiv suše spadaju: produbljanje ornice, borba protiv korova i primena pravilnog plodoređa, što znači da posle useva koji troši mnogo vode treba da sledi usev koji ima manje potrebe za vodom.

**Vetrozaštitni šumski pojasevi**, kao što je ranije izneto, utiču na ceo kompleks meteoroloških uslova na zaštićenim poljima. Smanjujući brzinu vetra, oni utiču na smanjenje gubitaka vode putem isparavanja, povećavaju vlažnost zemljišta i vazduha, a tokom zime sprečavaju odnošenje snega. Prema tome, vetrozaštitni šumski pojasevi u znatnoj meri smanjuju štetno dejstvo i vazdušne i zemljišne suše.

**Zadržavanje snega** je veoma korisna mera u rejonima s nedovoljnim ili neujednačenim vlaženjem, i to naročito u sušnim godinama. Međutim, u područjima gde je zemljište u proleće zasićeno vlagom ova mera nema svrhe.

Zadržavanje snega može se sprovesti pomoću različitih veštačkih štitova i pregrada, nasipa od snega, vetrozaštitnih šumskih pojaseva ili kulisa (uskih pojaseva) od biljaka, visokostablašica, kao što su kukuruz ili suncokret.

## ISPARAVANJE

Isparavanje je jedna od osnovnih komponenata vodnog i toplotnog bilansa aktivne površine sa koje se vrši isparavanje. U prirodnim uslovima aktivna površina je slobodna vodena površina, zemljište i vegetacija. Isparavanje je fizički proces koji se definiše kao prenošenje vodene pare sa aktivne površine u atmosferu, odnosno to je količina isparene vode sa jedinice površine u jedinici vremena. Isparavanje sa slobodne vodene površine i vlažnog, zasićenog zemljišta je kontinuiran proces i zavisi samo od meteoroloških faktora, dok isparavanje sa nezasićenog zemljišta i vegetacije zavisi još i od drugih faktora.

Isparavanje sa bilo koje aktivne površine zavisi u prvom redu od količine raspoložive toplotne energije i brzine prenošenja vodene pare iz sloja neposredno uz površinu koja isparava do viših slojeva atmosfere. Drugim rečima, ono zavisi od energije Sunčevog zračenja, brzine vetra i količine vlage u prizemnom sloju vazduha. Količina isparene vode sa neke aktivne površine direktno zavisi od količine primljene Sunčeve energije od koje zavisi toplotni bilans podloge.

Pošto je molekularna difuzija vodene pare iznad površine koja isparava veoma spora, isparavanje je u suštini turbulentan proces. Intenzitet isparavanja zavisi od intenziteta turbulentnog mešanja. Kako se ono povećava sa povećanjem brzine vetra, to je očigledna zavisnost intenziteta isparavanja od brzine vetra. Međutim, ova zavisnost je veoma komplikovana jer intenzivna turbulencija dovodi do opadanja vertikalnog gradijenta specifične vlažnosti vazduha, od koga isparavanje takođe zavisi. Pored toga, uticaj vetra na intenzitet isparavanja ogleda se i u tome što pri vetru nastaje horizontalno prenošenje vazduha obogaćenog vodenom parom iznad površine koja isparava. To je naročito slučaj kada u atmosferi postoje veliki horizontalni gradijenti vlažnosti vazduha, ili pak kada je reč o isparavanju sa malih površina. Tada se zbog odnošenja vlažnog i donošenja suvljeg vazduha isparavanje povećava. Pri isparavanju sa velike, istorodne aktivne površine horizontalni gradijent je blizak nuli i isparavanje tada uglavnom zavisi od vertikalnog gradijenta vodene pare.

Ako se uzme u obzir samo toplotni bilans, isparavanje bi se smanjivalo sa povećanjem geografske širine mesta. Međutim, ovaj zonalni raspored isparavanja poremećen je uslovima vlažnosti. U zavisnosti od padavina, godišnja suma stvarnog isparavanja se npr. u tropskim širinama, gde su zalihe toplote velike, kreće od vrednosti bliskih nuli, u pustinjama (Sahara, Namib i dr.), do 1.500 mm u vlažnim tropskim i ekvatorijalnim šumama (Zubenok, 1976).

Složenost rasporeda isparavanja povećava i reljef. Uticaj nadmorske visine na visinu isparavanja još nije dovoljno ispitan da bi se utvrdila opšta zakonitost njegove promene sa visinom. Razlog

tome je što se meteorološki elementi koji primarno utiču na isparavanje različito ponašaju sa povećanjem nadmorske visine. Naime, dok temperatura vazduha opada sa visinom, vetar i Sunčevo zračenje sa povećavaju. Međutim, opšte je usvojeno da, kao rezultanta svih uticaja, isparavanje opada sa povećanjem nadmorske visine (Nordenson, 1968).

Isparavanje sa zemljišta

Isparavanje sa zemljišta, kao aktivne površine, zavisi pre svega od njegove vlažnosti, odnosno od toga da li se isparavanje vrši sa vlažnog, zasićenog ili nezasićenog zemljišta. Isparavanje sa zasićenog zemljišta, slično kao i isparavanje sa slobodne vodene površine, kontinuiran je proces i zavisi primarno od evaporacione moći prizemnog sloja vazduha. Isparavanje sa nezasićenog zemljišta zavisi pored toga i od količine vlage koju sadrži, kao i od dubine podzemnih voda i fizičkih i hemijskih osobina zemljišta.

Zavisno od toga da li je reč o zasićenoj ili nezasićenoj sredini, razlikuju se potencijalno i stvarno isparavanje. *Potencijalno isparavanje* (eng. potential evaporation; rus. isparjaemost) je maksimalna količina vode koja bi mogla da ispari pri određenim vremenskim uslovima. Ovaj termin se najpre odnosio samo na vodenu površinu, ali je kasnije proširen i na druge aktivne površine, pod uslovom da ima dovoljno vode. *Stvarno isparavanje* (eng. evaporation, actual evaporation; rus. isparenije) je količina vode koja isparava u postojećim uslovima. Ona u prvom redu zavisi od količine vlage u zemljištu.

Isparavanje sa vodene površine je uvek potencijalno, dok je kod zemljišta to slučaj samo ako je ono zasićeno do punog vodnog kapaciteta. Ako se pođe od toga da i isparavanje zasićenog zemljišta i isparavanje slobodne vodene površine zavise samo od evaporacione moći vazduha, u praksi se vrlo često uzima isparavanje sa slobodne vodene površine kao mera za isparavanje vlažnog zemljišta. Prema ispitivanjima A.R.Konstantinova (1968, 1970), potencijalno isparavanje sa golog zemljišta zasićenog do poljskog vodnog kapaciteta, zatim sa optimalno vlažne, kompaktne travne površine i sa vodene površine praktično se podudaraju (razilaženje je prosečno ispod 20%). Pri tome je Konstantinov sveo rezultate na beskonačno velike površine, zbog "efekta ivice", koji nastaje na granici dveju različitih aktivnih površina, pri prelasku vazдушnih strujanja sa jedne na drugu. Međutim, ako obe aktivne površine obezbeđuju potencijalno isparavanje, onda "efekta ivice" neće biti i intenzitet isparavanja neće zavisiti od veličine aktivne površine.

Dok u zasićenom zemljištu potencijalno i stvarno isparavanje imaju približne vrednosti, u nezasićenom zemljištu, u uslovima nedovoljne vlažnosti, oni se mogu znatno razlikovati. U našim, umerenim širinama najveće razlike nastaju u periodu letnjih suša, kada je stvarno isparavanje blisko nuli, a potencijalno, zbog visoke temperature i velikog deficita zasićenosti vazduha, ima vrlo visoke vrednosti. U pustinjama su ove razlike još mnogo veće. Tako je npr. u Sahari godišnja suma stvarnog isparavanja nula, a potencijalnog čak veća od 2.500 mm.

Na isparavanje sa površine zemljišta u određenim uslovima utiče i dubina podzemnih voda. Veliki broj ogleđa (Gangopadhyaya i drugi, 1966) pokazao je da ako se nivo podzemnih voda nalazi na dubini 1,25 m ili većoj, kapilarne sile ne mogu da dovedu vodu do zemljine površine, što znači da na isparavanje sa zemljine površine ne utiču podzemne vode. Međutim, ako je nivo vode dovoljno blizu da obezbeđuje zasićenost površinskog sloja, isparavanje sa zemljišta približava se isparavanju sa slobodne vodene površine.

Mehanički sastav zemljišta i njegova struktura takođe utiču na isparavanje sa površinskog sloja zemljišta. Zemljišta težeg mehaničkog sastava, sa većim poljskim kapacitetom, mogu u površinskim slojevima da zadrže znatne količine vode. Ako postoje povoljni uslovi, ova voda će skoro u potpunosti ispariti. Zemljišta lakšeg mehaničkog sastava, npr. peščana, imaju manji

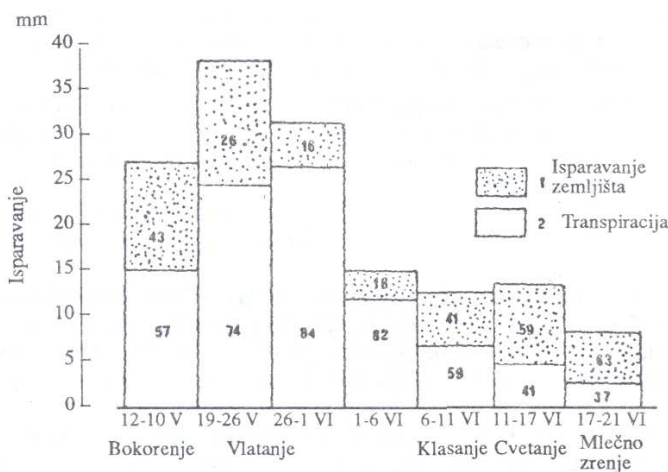
poljski kapacitet, pa u uslovima intenzivnog vlaženja (pri pljuskovima, topljenju snega i dr.) propuštaju veći deo vode u dublje slojeve zemljišta, tako da su gubici vode usled isparavanja na ovim zemljištima manji. Strukturna zemljišta gube mnogo manje vode isparavanjem, nego nestrukturna zemljišta.

Boja zemljišta utiče na isparavanje posredno. Tamna zemljišta se jače zagrevaju od svetlijih, pa je stoga i isparavanje sa njih veće nego sa svetlijih zemljišta. Na isti način deluje i ekspozicija terena. Zavisno od uslova zagrevanja, najveće isparavanje je na najtoplijim južnim padinama, a najmanje na slabije zagrejanim severnim padinama.

### Evapotranspiracija

Evapotranspiracija je istovremeno isparavanje i sa zemljišta i sa biljaka. *Stvarna evapotranspiracija* je količina isparane vode sa zemljišta i biljaka u postojećim vremenskim uslovima i uslovima vlažnosti zemljišta. Skoro istovremeno C.W. Thornthwaite u SAD i H.L. Penman u Engleskoj uveli su i pojam *potencijalne evapotranspiracije*. Pod ovim terminom podrazumeva se količina isparane vode sa zemljišta potpuno pokrivenog vegetacijom, kada u zemljištu nema deficita vode.

Evapotranspiracija zavisi od svih faktora spoljne sredine od kojih zavisi isparavanje i sa zemljišta i sa biljaka, a pored toga i od bioloških osobina biljke i faze razvika. Na veličinu evapotranspiracije utiče i salinitet zemljišta. Ayers i Westcot (1976) smatraju da salinitet utiče na pristupačnost vode biljkama tako što se pristupačnost smanjuje proporcionalno povećanju saliniteta zemljišta. Biljka može da crpi veće količine vode iz neslanog nego iz slanog zemljišta, te će shodno tome i evapotranspiracija biti veća na neslanim nego na slanim zemljištima.



Sl. 38. Odnos između isparavanja zemljišta i transpiracije na polju zasejanom jarom pšenicom, izražen u % (Rusin, 1955)

isparavanje sa zemljišta veće od transpiracije, a u kasnijim periodima razvika, kada je biljna masa mnogo veća, prevladuje transpiracija. Što se više približava završetak vegetacionog perioda, usled sušenja biljke isparavanje zemljišta je ponovo veće od transpiracije. Na si. 38 dat je primer odnosa isparavanja sa zemljišta i transpiracije najjednom polju zasejanom jarom pšenicom.

Na veličinu evapotranspiracije utiče i intercepcija padavina. To naročito dolazi do izražaja pri visokoj temperaturi i nedovoljnoj vlažnosti zemljišta u rizosferi, kada je evapotranspiracija smanjena. Tada intercepcija povećava evapotranspiraciju u poređenju sa suvim biljkama pod istim uslovima.

Ako se uticaj spoljne sredine na evapotranspiraciju posmatra odvojeno za isparavanje zemljišta i transpiraciju, onda se isparavanje zemljišta može zanemariti samo ako postojeća vegetacija u potpunosti pokriva zemljište. U prirodnim uslovima to nije čest slučaj, ili bar ne tokom celog vegetacionog perioda. Obično je u prvim periodima razvika

Potencijalna evapotranspiracija je veoma važan klimatski elemenat jer predstavlja mogući rashod vode u nekom klimatskom području. Uslovi vlažnosti nekog područja ne mogu se procenjivati samo na osnovu padavina, već se mora uzeti u obzir i utrošak vode na isparavanje i transpiraciju. Područja u kojima je potencijalna evapotranspiracija veća od padavina mogu se okarakterisati kao sušna, a u obrnutom slučaju kao vlažna. Gde padavine i potencijalna evapotranspiracija imaju približne vrednosti može se govoriti o subhumidnom klimatu (Thornthwaite, Mather, 1951).

### **Merenje isparavanja**

Egzaktna merenja isparavanja sa bilo koje aktivne površine, koja u potpunosti reprezentuju isparavanje u prirodnim uslovima, veoma su složena i još nisu rešena na zadovoljavajući način. Jedan od osnovnih uslova koji isparitelji treba da zadovolje jeste da dobijeni rezultati budu i vremenski i prostorno uporedivi, stoje veoma teško postići s obzirom na veliku raznolikost klimatskih i drugih uslova. To je i osnovni razlog što postoji ogroman broj raznih tipova isparitelja, od kojih veliki broj daje zadovoljavajuće rezultate samo za uslove za koje su konstruisani.

S obzirom na veliku brojnost i raznolikost isparitelja, navešćemo samo osnovne karakteristike i principe rada određenih tipova isparitelja, pre svega onih koji imaju najširu primenu ili su u upotrebi u našoj zemlji.

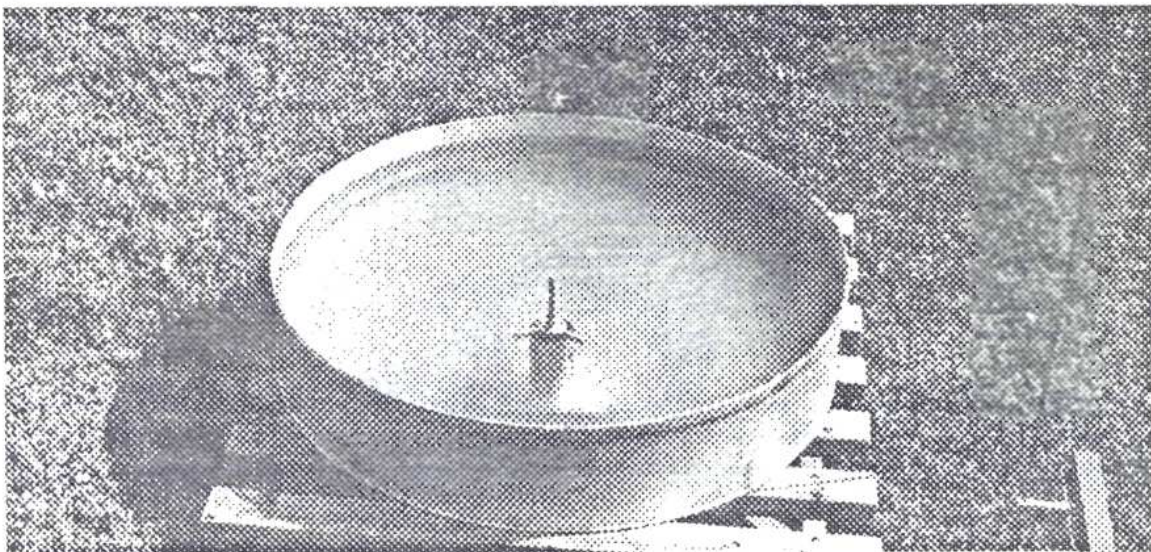
Među mnogobrojnim tipovima isparitelja Svetska meteorološka organizacija smatra da za uporedne analize najveću pažnju zaslužuju američki isparitelj klase A, postavljen iznad zemlje, i sovjetski isparitelj GGI-3000 i ispariteljski bazen, veličine 20 m<sup>2</sup>, ukopani u zemlju. Ovaj poslednji je prihvaćen u SSSR-u kao etalon. Za pretvaranje vrednosti isparavanja sa ovog bazena u vrednosti za veće vodene akumulacije koriste se korelacione krive, dobijene na osnovu ili eksperimentalnih podataka ili teoretskih izračunavanja.

Ova tri tipa isparitelja daju isparavanje sa slobodne vodene površine, koje, u određenim uslovima, može da se odnosi i na potencijalno isparavanje sa zemljišta i na potencijalnu evapotranspiraciju.

Od ovih isparitelja, u okviru hidrometeorološke službe naše zemlje u upotrebi je isparitelj klase A. Uporedna analiza rezultata merenja pokazala je da između isparavanja sa slobodne vodene površine, pomoću ovog isparitelja, i potencijalnog isparavanja sa zemljišta (isparitelj Garnije) postoji visok stepen korelacije (Otošec, 1973).

Isparitelj klase A, kao i svi isparitelji postavljeni iznad zemljine površine, daje uvećane vrednosti zbog zagrevanja bočnih zidova isparitelja. Međutim, kako je on proučavan u raznim klimatskim uslovima, u velikom rasponu geografske širine i nadmorske visine, to postoje pouzdani odnosi za pretvaranje vrednosti dobijenih ovim ispariteljem u vrednosti isparavanja sa velikih vodenih akumulacija. U humidnim područjima i sezonama temperatura vode u sudu klase A je viša od temperature vazduha i koeficijent za isparitelj može biti 0,80 i veći. U aridnim područjima i sezonama temperatura vode u sudu je niža od temperature vazduha, a koeficijent može iznositi 0,60 i manje. Koeficijent 0,70 se primenjuje kada su temperature vode i vazduha približne. U našoj zemlji se za godišnje sume isparavanja po ovom isparitelju uzima koeficijent 0,70.





*Sl. 39. Isparitelj klase A za merenje isparavanja sa slobodne vodene površine*

Tehnika merenja isparavanja sa golog zemljišta (bez vegetacije) i sa zemljišta pokrivenog vegetacijom (evapotranspiracija) ista je. Tačnost merenja zavisi od toga koliko su uslovi u isparitelju reprezentativni za širu okolinu, odnosno koliko su se približili prirodnim uslovima. Isparitelji za merenje stvarnog ili potencijalnog isparavanja zemljišta i evapotranspirometri najčešće se nazivaju lizimetri.

U našoj zemlji se na agrometeorološkim stanicama za dobijanje potencijalnog isparavanja sa golog zemljišta, bez vegetacije, koristi isparitelj Garnijea (si. 42).



*Sl. 42. Isparitelj Garnijea (snimio M. Maričić)*



Isparitelj se sastoji iz cilindričnog suda napunjenog zemljom, na čijem se dnu nalazi oko 7,5 cm šljunka. Odvodna cev dužine 2 m vodi do suda za skupljanje procedene vode, smeštenog u šahtu (ili drugom cilindričnom sudu). Svakog dana sipa se određena količina vode, kako bi zemljište u isparitelju bilo zasićeno do poljskog kapaciteta.

Isparitelj Garnijea je jednostavne konstrukcije, lako se postavlja i održava. Pored ovih prednosti, analiza višegodišnjih rezultata merenja je pokazala da on daje vrlo dobre rezultate, što se moglo konstatovati upoređivanjem ovih izmerenih vrednosti sa vrednostima izračunatim po metodi Penmana (tab. 39).

POTENCIJALNO ISPARAVANJE SA ZEMLJIŠTA PO ISPARITELJU GARNIJEJA I METODI PENMANA  
(Križevci, period 1961—1968. g.)

Tab. 39

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV-X
Garnije	85	118	143	157	139	88	54	784
Penman	92	125	149	160	134	88	53	801
$\Delta$	-7	-7	-6	-3	5	0	1	-17

Nedostatak ovog isparitelja je što se pomoću njega ne mogu dobiti pouzdane vrednosti za evapotranspiraciju, jer zbog permanentnog dolivanja vode često dolazi do poleganja ili čak truljenja biljaka.

## VETAR

Vetar u poljoprivrednoj proizvodnji ima veliki značaj, kako zbog korisnog tako i još više zbog štetnog dejstva.

Pozitivna uloga vetra u životu biljaka ogleda se u tome što je vetar manje jačine veoma koristan u vreme cvetanja biljaka, jer omogućava oprašivanje anemofilnih biljaka (biljke kod kojih se oprašivanje vrši posredstvom vetra), prenoseći polen s jedne biljke na drugu. Utvrđeno je da su najpovoljniji uslovi oprašivanja pri brzini vetra 2—3 m/s (Serjakova, 1978), dok se pri većim brzinama, usled odnošenja polena, oprašivanje smanjuje.

U proleće, kada je posle topljenja snega vlažnost zemljišta velika, vetar povećava isparavanje, tako da suvišna voda ispari i stvore se povoljni uslovi za obavljanje prvih prolećnih radova.

Vetar utiče i na proces obrazovanja rose. Slab vetar povećava količinu rose, donoseći nove količine vodene pare. Međutim, jak vetar sprečava nastajanje rose, jer ne dozvoljava vodenoj pari da se u dodiru sa zemljom ohladi.

Vetar se u poljoprivrednoj proizvodnji, u područjima sa čestim i jakim vetrovima, može koristiti kao pokretna snaga za mlinove, elektrostanice i različite uređaje za navodnjavanje. Pri tome brzina vetra treba da je najmanje 6—8 m/s.

Negativno dejstvo vetra na poljoprivredne kulture može biti direktno i indirektno.

Direktno štete od vetra nastaju zbog jakog pritiska vetra na same biljke, a indirektno zbog toga što vetar povećava isparavanje sa zemljišta i biljaka. Jaki vetrovi mogu još u jesen nepovoljno uticati na pravovremeno obavljanje radova oko pripreme zemljišta za setvu, a mogu da ometaju i izvođenje same setve. Isti je slučaj i pri prolećnoj setvi jarih useva.

U toku zime jaki vetrovi nanose štete ozimim usevima, višegodišnjim travama, voćkama i vinovoj lozi. Oni odnose snežni pokrivač sa otvorenih i uzvišenih mesta i nagomilavaju ga na

nižim terenima i u uvalama kao snežne nanose. Na taj način izlažu ove kulture s jedne strane izmrzavanju, a s druge strane oštećenjima koja nastaju usled visokog snežnog pokrivača.

Najveće štete od vetra nastaju tokom vegetacionog perioda.

Velike štete vetrovi nanose i vočkama i vinovoj lozi. Za vreme cvetanja jaki vetrovi otežavaju oprašivanja cvetova, jer ometaju let insekata — oprašivača, naročito pčela. Pošto oplodavanje voćaka uglavnom zavisi od redovne posete insekata, to svako ometanje dovodi do smanjenja prinosa. Pored toga, jaki vetrovi kidaju cvetove, otrešaju plodove, lome grane ili lastare vinove loze, a ponekad izvaljuju i cela stabla. Osim toga, vetar nanosi veliku štetu i time što prenosi seme korova, kao i spore biljnih bolesti. Jaki vetrovi ometaju i rad poljoprivredne avijacije pri setvi, rasturanju đubriva i hemijskih sredstava za uništenje korova i biljnih bolesti.

U poljoprivrednoj proizvodnji veliku štetu nanose suvi vetrovi, i to u svim fazama razvića biljaka. Praćeni visokom temperaturom i niskom vlažnošću vazduha, ovi isušujući vetrovi čak i pri brzini od 3 m/s povećavaju isparavanje za 2—3 puta. U vreme cvetanja zbog dejstva suvih vetrova nastaje sušenje žiga tučka, čime se onemogućava oplodnja, što znamo utiče na prinos. I kod ostalih poljoprivrednih kultura suvi vetrovi smanjuju prinos i kvalitet ploda.

U sušnim periodima, a naročito u suvo rano proleće zbog velikih dnevnih kolebanja temperature vazduha i površinskog sloja zemljišta, nastaju povoljni uslovi za pojavu *eolske erozije* ili erozije vetrom. To je odnošenje čestica zemlje vetrom. Suvo i prašino zemljište odnose već i slabiji vetrovi. Međutim, eolska erozija najčešće nastaje kada vetar duva brzinom iznad 10 m/s (Todorov, 1962).

Vetar ima veliki uticaj i na razviće drveća i šiblja. On usporava porast mladih sadnica, kida pupoljke i lomi grane, naročito na navetrenoj strani. U područjima gde vetar često duva iz jednog pravca, na strani okrenutoj vetru ima vrlo malo grana, dok su na suprotnoj strani one normalno razvijene. Drugim recima, vetar dovodi do deformacije drveća, tj. stabla i grana, i do asimetričnog razvijanja korena, što znatno smanjuje kvalitet takvog drveta.

Veliki je uticaj vetra i kod primene hemijskih sredstava u poljoprivredi, jer je pri povećanoj brzini vetra efekat njihove primene manji zbog odnošenja hemijskih sredstava izvan područja koje se tretira, što može da ima i štetne posledice po druge, okolne useve osetljive na ove supstance. Vetar igra veliku ulogu i pri prenosu različitih zagađujućih materija na manje ili veće

udaljenosti.

N = Nord	(S = sever) = 32
NNE = Nord-nordest	(SSI = sever-severoistok) = 02
NE = Nordest	(SI = severoistok) = 04
ENE = Est-nordest	(ISI = istok-severoistok) = 06
E = Est	(I = istok) = 08
ESE = Est-sudest	(IJI = istok-jugoistok) = 10
SE = Sudest	(JI = jugoistok) = 12
SSE = Sud-sudest	(JJI = jug-jugoistok) = 14
S = Sud	(J = jug) = 16
SSW = Sud-sudwest	(JJZ = jug-jugozapad) = 18
SW = Sudwest	(JZ = jugozapad) = 20
WSW = West-sudwest	(ZJZ = zapad-jugozapad) = 22
W = West	(Z = zapad) = 24
WNW = West-nordwest	(ZSZ = zapad-severozapad) = 26
NW = Nordwest	(SZ = severozapad) = 28
NNW = Nord-nordwest	(SSZ = sever-severozapad) = 30

Pravac vetra označava se prema strani sveta iz koje vazduh struji; tako, npr., severnim vetrom naziva se vetar koji duva sa severne strane, istočnim koji duva sa istoka, itd.

Za označavanje pravca vetra, po međunarodnim oznakama, koriste se četiri slova, i to: N (Nord = sever), E (Est = istok), S (Sud = jug), W (West = zapad)<sup>1)</sup>. Kombinacijom ovih slova pravac vetra može se predstaviti iz 32 pravca. To je tzv. ruža vetra. Ruža veta iz 32 pravca upotrebljava se u sinoptičkoj meteorologiji, dok se u drugim oblastima meteorologije upotrebljava ruža vetra od 16 pravaca, pa čak i od 8 pravaca. Za tišine se obično upotrebljava slovo C = Calme ili se obeležava sa „tiho“, odnosno „tišina“. Ruža vetra od 16 pravaca prikazana je na slici 52.

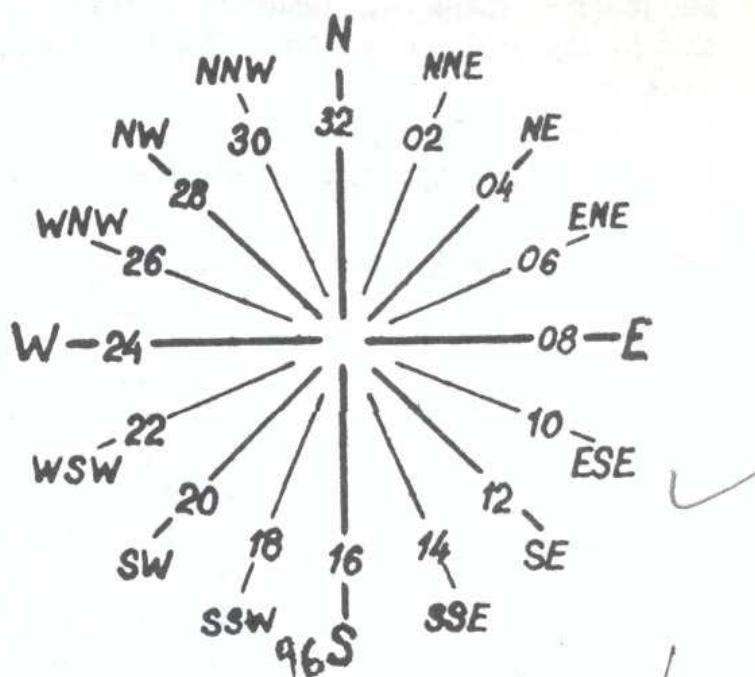
Brzina vetra izražava se brojem metara koje pređe jedna vazдушna čestica u jednom sekundu ili brojem kilometara koje čestica pređe u jednom času. Brzina vetra obeležava se skraćeno sa m/s, a to znači metara u sekundi ili km/čas, što znači kilometara na čas.

Jačina vetra predstavlja dejstvo koje vetar proizvodi na pojedinim predmetima. Jačina vetra određuje se pomoću tzv. Boforove skale, koja ima 13 stupnjeva, od 0 do 12.

sledeće međunarodne oznake:

1) Oznaka West upotrebljena je prema nemačkom i engleskom označavanju, a ostala tri pravca prema francuskom. U našoj zemlji pravci vetra se tako izgovaraju.

U prizemnim slojevima vazduha brzine vetrova su najčešće od 4 do 8 m/s, a retko prelaze brzinu od 12 do 15 m/s. Pri lokalnim vihorima i tzv. trubama brzina vetra može za



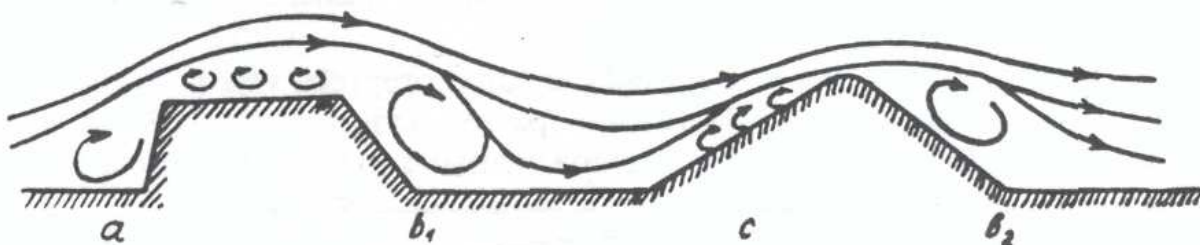
Slika 52. Ruža vetra od 16 pravaca.

kratko vreme dostići brzinu i do 100 m/s. U olujama i nepogodama na umerenim širinama brzina vetra može biti veća od 30 m/s, a u pojedinim momentima i do 60 m/r. U tropskim uraganima brzina vetra dostiže brzinu i do 65 m/s, a u pojedinim slučajevima i do 100 m/s.

#### UTICAJ PREPREKA I ŠUME NA BRZINU VETRA

Kada vazduh pri svome horizontalnom strujanju naiđe na neku prepreku (građevinu, šumu, brdo, planinski lanac, itd.), onda su vazdušne struje primorane ili da se uzdižu uvis i prebacuju preko prepreke ili da optiču oko prepreke. Horizontalno opticanje oko prepreka češće se javlja. Prebacivanje vazdušnih struja preko izvesnih prepreka biće utoliko lakše ukoliko je veći labilitet u atmosferi, tj. ukoliko je veći vertikalni temperaturni gradijent. Pri prebacivanju vazduha preko prepreka, na navetrenoj strani vazduh se uzdiže i hladi usled čega se povećavaju oblačnost i padavine. Na zavetrenoj strani vazduh se spušta i zagreva, a oblačnost iščezava, dok se padavine znatno smanjuju.

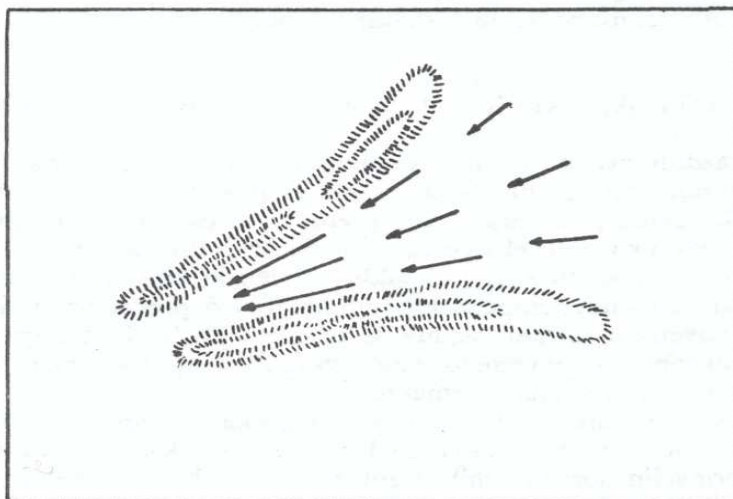
Pri prelazu vazdušnih struja preko prepreka, a naročito pozadi prepreka, stvaraju se vrtložna strujanja. Na slici 63. prikazano je kako utiču razni oblici prepreka na deformaciju horizontalnih vazdušnih struja koje se prebacuju preko prepreka raznih oblika.



Slika 63. Vrtlozi na raznim mestima planinskih predela, prema V. Georgiu.

Na slici 63. vide se vrtlozi oko horizontalnih osovine u područjima iznad: a, b1 c i b2. Veličina ovih vrtloga zavisi od nagiba i oblika prepreka. Vrtlog na prednjoj strani prepreka (iznad a) je postojan, dok se na zadnjoj strani prepreke (iznad b1 i b2) kada se dovoljno poveća, odvoji od prepreka i kreće se dalje u horizontalnom pravcu. Vazdušne struje zadržavaju karakter vrtložnih struja i pri udaljavanju od prepreka (brda).

Iznad samih prepreka brzina vetra se pojačava jer se linije toka vazdušnih struja zbijaju na manji vertikalni presek. Ako vetar optiče oko neke prepreke, onda će se na stranama prepreka stvarati bočni vrtlozi oko vertikalnih osovine. U blizini prepreka vetar se pojačava iz istih razloga kao i iznad prepreka pri prebacivanju vazdušnih struja preko njih. Osobito pojačanje vetra nastaje na vertikalnim ispupčenjima prepreka, kao što su uglovi zgrada, grebeni na planinskim stranama, itd. Pozadi takvih prepreka vetar oslabi i obrazuje se zatišje. Naročito se vetar pojačava kada je vazduh primoran da struji kroz klance i uske doline između dva planinska masiva. Poprečni presek vazdušnog strujanja, u takvim slučajevima smanjuje se, što znači da kroz uske otvore mora proći velika količina vazduha u jedinici vremena. Usled toga brzina strujanja se povećava. Ovo se najbolje vidi na slici 64. Na ovaj način objašnjava se i pojačanje vetra u moreuzima između velikih ostrva, a takođe i gradskim ulicama, naročito uskim gde su građevine sa jedne i druge strane dosta visoke.



Slika 64. Orografsko pojačanje vetra u uskim dolinama, prema Hromovu (29).

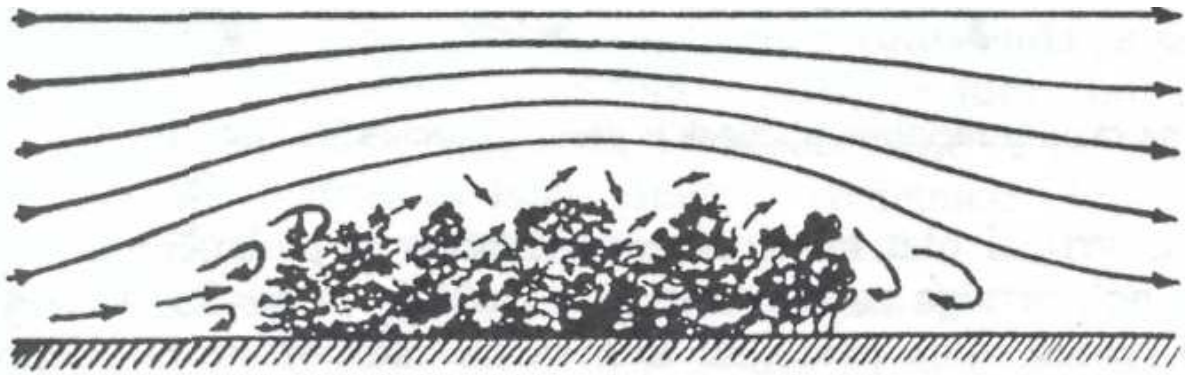
Slični slučajevi dešavaju se kada je šuma prepreka vetru. Naročito ako je vazduh hladan a šuma gusta i zbunovita, pa se vazduh nabija u šumu i nagomilava i tako se obrazuju ascendentna i vrtložna strujanja vazduha kao što se vidi na slici 65.

Pri stvaranju vrtložnih strujanja troši se velika količina kinetičke energije vazdušnog strujanja, usled čega se brzina vetra smanjuje ukoliko se ide dublje u šumu, tako da sa druge strane vetar dostiže svoj minimum brzine. Dejstvo šume na pravac i brzinu vetra koristi se pri podizanju poljozaštitnih šumskih pojaseva. Uticaj šumskih pojaseva na brzinu vetra u znatnoj meri zavisi od otvora na samom šumskom pojasu kroz koje vazduh može da struji. Veličina otvora u jednom šumskom pojasu može se izraziti u % od ukupne vertikalne površine poljozaštitnog šumskog pojasa. Poljozaštitni šumski pojasevi mogu biti bez otvora, kao što se vidi na slici 66. pod a, ili sa izvesnim otvorima u prizemlju, kao što se vidi na slici 66. pod b (50).

Prema Konstantinovu i Struzeru o poljozaštitnim šumskim pojasevima može se ukratko reći sledeće (50):

Kod pojaseva bez otvora vazduh je primoran da se u najvećoj količini prebacuje preko pojasa i usled toga horizontalna brzina vetra pozadi pojasa je drugačija nego ispred pojasa. Na zavetrenoj strani u blizini pojasa srednja horizontalna brzina vetra može opasti skoro do 0 m/s, a na rastojanju koje je 25—30 puta veće od visine

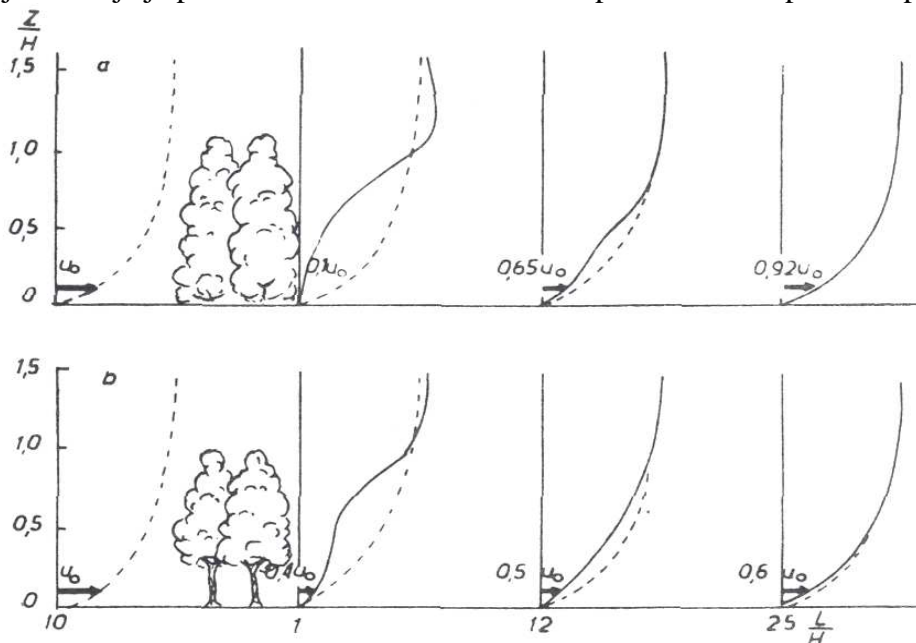




Slika 65. Strujanje vazduha iznad šume, prema Benui.

drveća pozadi pojasa vetar ponova ima brzinu skoro istu kao ispred pojasa. Horizontalna brzina vetra se neposredno-iznad samog pojasa pojača iz istih razloga kao što je napred rečeno za prelaz vazдушnih strujanja preko izvesnih prepreka uopšte. Ovo povećanje brzine vetra iznad pojasa primećeno je do visine koja je viša 4—5 puta od visine drveća u pojasu. Pri nestabilnoj atmosferi povećanje brzine vetra iznad pojasa može biti do visine koja je za 8—10 puta viša od visine drveća u pojasu.

Kod pojaseva koji imaju u prizemlju otvore za vetar, profil vetra pozadi u blizini pojasa se samo malo deformiše, a porast brzine vetra sa povećavanjem rastojanja od pojasa se veoma sporo događa, tako da se na rastojanju koje je oko 5 puta veće od visine drveća profil vetra još potpuno ne uspostavi. Zaštitno dejstvo ovakvih poljozaštitnih pojaseva prostire se na zavetrenoj strani do rastojanju koje je 40 — 50 puta veće od visine drveća u pojasu, što je znatno više nego kod pojaseva bez otvora za vetar. Iznad pojaseva sa otvorima brzina vetra se takodc povećava, ali se to oseti do male visine. Ispitivanjima je ustavnovljeno da je maksimalno zaštitno dejstvo kod onih pojaseva čija je površina otvora oko 30% od ukupne vertikalne površine pojasa.



Slika 66. Poljozaštitni šumski pojasevi: a — bez otvora za vetar, b — sa otvorima za vetar.



Pod vetrozaštitnim dejstvom pojasa podrazumeva se srednje smanjenje brzine vetra pozadi pojasa u % od brzine vetra na otvorenom polju.

### **Mere zaštite od vetra**

Radi smanjenja štetnog dejstva vetra na poljoprivredne kulture može se preduzeti čitav niz mera, počev od preventivnih pa do podizanja raznih vetrozaštitnih pojaseva.

U preventivne mere spada pravilan raspored i izbor biljaka. Na primer, pri podizanju zasada višegodišnjih kultura, kao što su voćnjaci i vinogradi, treba izbegavati položaje koji su u toku vegetacije izloženi jačim vetrovima. To se naročito odnosi na zasade jabuka i krušaka, koje su dosta osetljive na vetar.

Najbolja zaštita od vetrova velike jačine su vetrozaštitni šumski pojasevi, koji u znatnoj meri smanjuju brzinu vetra i ublažuju njegovo nepovoljno delovanje na biljke. Efektivnost vetrozaštitnih šumskih pojaseva zavisi u prvom redu od njihove gustine i visine, a veoma malo od širine.

Prema istraživanjima na Britanskim ostrvima (Glovne, 1964-1965; 1973) u područjima gde srednja godišnja brzina vetra na standardnoj visini dostiže oko 5 m/s zaštitni pojasevi su korisni za hortikulturene biljke (uključujući i voćke), ako ona dostiže 8 m/s zaštita od vetra treba da postoji, a pri 10 m/s je nužna ako se gaje komercijalni usevi.

Smanjenje brzine vetra zavisi od propustljivosti šumskih pojaseva. Ona se kvantitativno može odrediti odnosom između propusnih površina u pojasu i ukupne vertikalne površine pojasa. Taj odnos, izražen u procentima, naziva se ažurnost šumskog pojasa.

Najefikasniji su šumski pojasevi ažurne konstrukcije koji imaju više ili manje ravnomerno raspoređene uske otvore između olistalih grana i gde se između drveća nalazi žbunje. Opšta ažurnost pojasa treba da iznosi oko 30%, s tim što je maksimalna ažurnost u donjem delu, gde može ići i do 50—60%, a sa visinom pojasa se smanjuje.

Radijus delovanja vetrozaštitnih šumskih pojaseva zavisi od njihove visine. Utvrđeno je da se smanjivanje brzine vetra zapaža na rastojanju koje kod šumskih pojaseva ažurne konstrukcije iznosi 40-50 visina pojasa, a kod slabopropustljivih šumskih pojaseva 20-30 visina pojasa. Tako, ako visina pojasa iznosi 10 m, smanjivanje brzine vetra u zavetrini ažurnog šumskog pojasa osetiće se na rastojanju 400-500 m, a kod slabopropusnog 200-300 m. U aridnijim oblastima, gde drveće nije tako visoko, rastojanje između pojaseva treba da je manje, oko 200-300 m, nego u humidnijim oblastima, gde obično iznosi 400-700m.

Vetrozaštitni šumski pojasevi podižu se upravno na pravac preovlađujućeg vetra. Međutim, u područjima gde nije jasno izražen preovlađujući pravac vetra oni se podižu sa svih strana polja, u vidu kvadrata ili pravougona, što svakako predstavlja bolji način zaštite.

Samim tim što smanjuju brzinu vetra, vetrozaštitni šumski pojasevi smanjuju i isparavanje sa zemljišta i transpiraciju, koji su najmanji u blizini zaštitnih pojaseva, a sa udaljavanjem od njih se povećavaju. Osim toga, pojasevi utiču i na ravnomerniju raspodelu snežnog pokrivača, jer sprečavaju njegovo odnošenje i na taj način stvaraju bolje uslove za prezimljavanje ozimica, a ujedno povećavaju i vlažnost zemljišta.

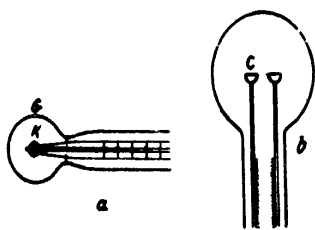
## Mjerni instrumenti u meteorologiji

### Mjerenje intenziteta sunčevog zračenja

Za mjerenje intenziteta sunčevog zračenja koriste se instrumenti čiji se rad najčešće zasniva na mjerenju toplotnog efekta ozračenog uređaja na dotičnom instrumentu. Toplotni efekat se određuje na osnovu veličine ili brzine povišenja temperature ozračenog uređaja.

Najčešće se sreću dva tipa instrumenata za mjerenje intenziteta zračenja i to su: aktinometri i pirheliometri. Aktinometri prikazuju relativne vrijednosti intenziteta, tj. u podiocima skale na termometru. Ove relativne vrijednosti je potrebno prevesti u apsolutne izražene u  $Wm^{-2}$ . Za takvu operaciju potrebno je odrediti koeficijent kojim se množe relativne vrijednosti za prevođenje u apsolutne. Koeficijent se određuje uporednim mjerenjima pomoću aktinometra i pirheliometra. Pirheliometar određuje intenzitet zračenja u apsolutnim jedinicama, najčešće  $Wm^{-2}$  u na ravnoj površini.

**Aktinometar Arago-Devy** – je najjednostavniji instrument za mjerenje intenziteta sunčevog zračenja. Pomoću njega se mjeri ukupni intenzitet: direktnog sunčevog zračenja, difuznog atmosferskog zračenja i kratkotalasnog reflektovanog zračenja sa zemljine površine i ostalih predmeta u blizini aktinometra. Slika a.



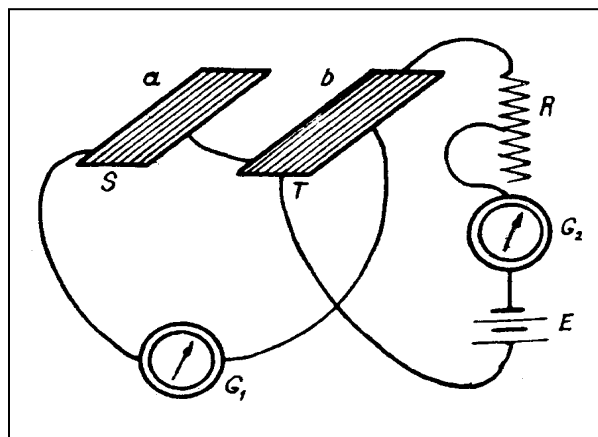
Uređaj se sastoji od dva potpuno jednaka termometra. Rezervoar sa živom jednog termometra je pocrnjen, dok je rezervoar drugog svijetle boje. Oba termometra su smještena u zaštitnu staklenu cijev, sa staklenom kuglom prečnika 4 cm u kojoj su smješteni rezervoari sa živom termometara. U zaštitnoj cijevi je razrijeđen vazduh, kako bi termometri bili zaštićeni od uticaja toplote okolnog vazduha. Spoljašnja kugla štiti živine rezervoare od dugotalasnog zračenja kako sa zemljine površine tako i od protivzračenja atmosfere, jer staklo ne propušta dugotalasne zrake.

Termometri su postavljeni paralelno u horizontalnom položaju, u pravcu sjever-jug, tako da su rezervoari sa živom okrenuti jugu. Ovako su oba termometra u istim uslovima zračenja, i oba rezervoara primaju toplotu od insolacije i gube je radijacijom. Poslije izvjesnog vremena se uspostavi ravnoteža pri kojem je primanju toplote jednako odavanju toplote. Termometar sa crnim rezervoarom za vrijeme insolacije zbog jače apsorpcije pokazuje više vrijednosti u odnosu na drugi sa sjajnim rezervoarom. Razlika temperatura ova dva termometra je proporcionalna intenzitetu zračenja, odnosno sumi navedena tri zračenja. Množenjem ove razlike temperatura određenim koeficijentom dobija se intenzitet zračenja u apsolutnim jedinicama ( $Wm^{-2}$ ).

Da bi se odstranio uticaj reflektovanog zračenja sa zemljine površine, **Kalitin** (slika b) je poboljšao aktinometar Arago-Devy. Njegovi termometri imaju poluloptaste rezervoare sa živom, od kojih je jedana pocrnjen, ali ne čitav već samo njegova gornja

površina (c). Oba termometra se postavljaju vertikalno sa rezervoarima uvis prema sunčevom zračenju, pa je uticaj reflektovanog zračenja isti na oba termometra. Koeficijent kojim se množi razlika temperatura obično se dobija iz fabrike prilikom nabavke aktinometra. On se može odrediti i u svakoj meteorološkoj stanici gdje postoje aktinometri za mjerenje intenziteta zračenja u apsolutnim jedinicama.

**Pirheliometar K. Angstroma** – 1893. godine je nastao ovaj tzv kompenzacioni pirheliometar koji se i danas smatra dobrim instrumentom za mjerenje globalnog sunčevog zračenja. Prijemnik se sastoji od dvije potpuno iste ploče od manganina, dimenzija  $0,01 \times 2 \times 20 \text{ mm}^3$  postavljene blizu jedna uz drugu. Jedna strana pločica je pocrnjena, a temperaturna razlika se određuje pomoću termoelemenata a i b koji su pričvršćeni sa zadnje strane



ploča i u čije kolo je vezan jedan galvanometar. Jedna od pločica je povezana na izvor električne energije iz baterije. U ovom kolu se nalazi i galvanometar i reostat (R) za regulisanje otpora u električnom kolu, tj. za regulisanje jačine struje. Postoji mogućnost da se naizmjenično jedna od pločica zakloni od dejstva sunčevog zračenja, tj. da bude u sjenci. Dok se pločica S zagrijava sunčevim zracima, pločica C se

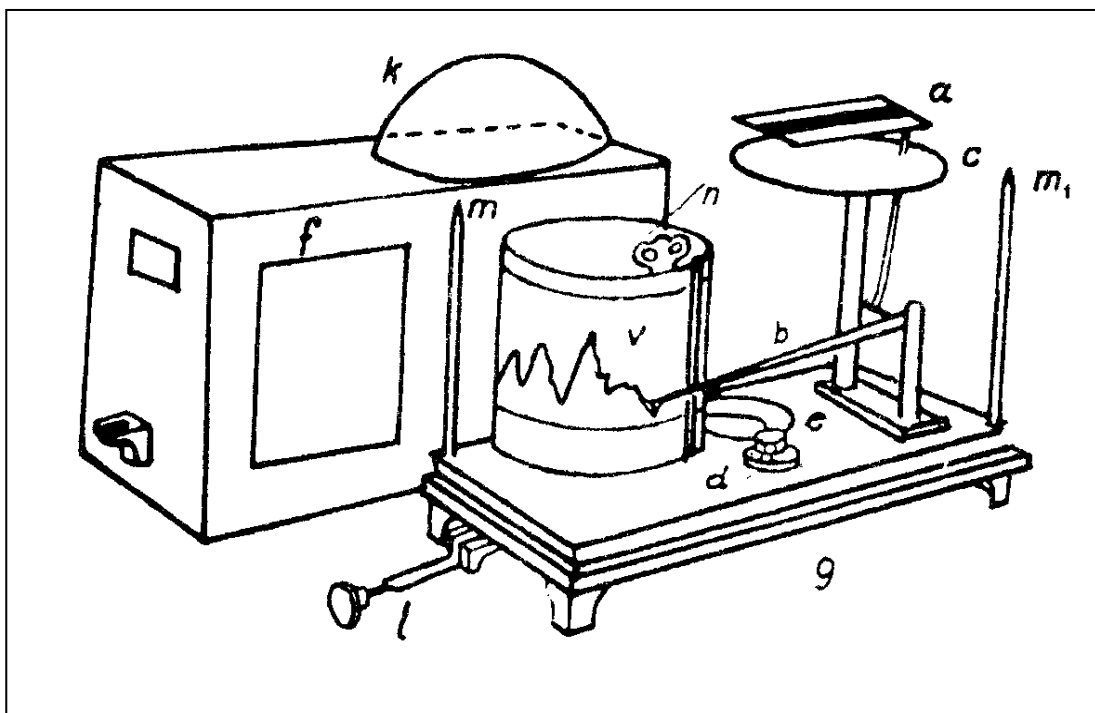
zagrijava električnom energijom iz akumulatora. Pomoću reostata se podešava jačina struje sve dok se galvanometar ne dovede u položaj da ne pokazuje nikakvo stanje. Tada obje pločice imaju istu temperaturu. Znači da je zagrijavanje pločice od sunca i električnom energijom isto.

Intenzitet sunčevog zračenja se izračunava na osnovu zakona Joule-Lenza, odnsono na osnovu formule

$$J = i^2 \Omega \cdot 9992,5 / f \text{ (Wm}^2\text{)}$$

u kojoj je i srednja jačina struje u amperima,  $\Omega$  je otpor pločica T i S i f je površina pločica.

**Aktinograf Robitzscha** – je instrument pomoću koga se određuje intenzitet globalnog zračenja, tj. zbir direktnog sunčevog zračenja i difiuznog nebeskog zračenja. Ovaj aktinograf ima kao element tri bimetalne pločice površine  $1,5 \times 8,5 \text{ cm}^2$ , od kojih su dvije bijele a jedna crne boje. Pločice su postavljene horizontalno i crna pločica je u sredini. Pločice su međusobno povezane tako da instrument bude nezavisan od temperature okolnog vazduha. On reaguje samo na povišenje temperature proizvedene neposredno



Aktinograf od Robitzcsa

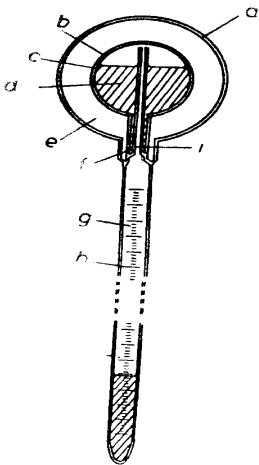
sunčevim zracima. Crna pločica apsorbira cjelokupno zračenje i zagrijava se dok bijele pločice većinu zračenja reflektuju nazad u atmosferu. Crna pločica se usljed zagrijavanja savija i to se pomoću poluge koja na kraju ima pero prenosi na papir koji je postavljen na valjku. Ispod bimetalnih pločica se nalazi jedna zaštitna pločica bijele boje koja štiti prenosni mehanizam od zagrijavanja. Kompletan ovaj dio je ispod staklene kupole koja štiti pločice od kiše, snijega, vjetrova i tamnog dugotalasnog protivzračenja atmosfere.

Aktinograf se postavlja tako da pločice leže u pravcu zapad-istok a prozorče kroz koji se vidi traka prema sjeveru na sjevernoj polulopti, a na južnoj na jugu.

**Piranometar Bellanija** - naziva se još i „destilacioni piranometar od Bellanija. Pogodan je za bioklimatske potrebe jer može da se koristi za mjerenje intenziteta zračenja u raznim biljnim sastojinama. Ovaj instrument mjeri ukupno zračenje koje padne na  $1 \text{ m}^2$  sferne površine, i predstavljaju zbir direktnog sunčevog zračenja, difuznog nebeskog zračenja, kratkotalasnog zračenja reflektovanog sa okoline. Ovaj piranometar se sastoji iz dvije koncentrične staklene lopte, od kojih spoljašnja (a) ima prečnik 8 cm, a unutrašnja (b) 5 cm. Unutrašnja lopta je presvučena metalnim omotačem (c) i napunjena metil-alkoholom. Prostor između obje staklene lopte je bezvazdušan da bi se alkohol zaštitio od prenosa toplote sa okolnog vazduha. Na unutrašnju staklenu cijev se nadovezuje kratka staklena cijev (f) koja se dolje produžava u jednu jednu širu cijev (g) dugačku oko 50 cm i koja ima graduisanu podjelu (h) u cm i mm, od 0 do 37 cm. Staklena cijev g se produžava na gornjem dijelu jednom užom staklenom cjevčicom (i) koja prolazi

kroz spoljašnju loptu i ulazi u unutrašnju loptu do iznad alkohola. Graduisana cijev (g) je sa donje strane zatvorena i ima oblik konusa.

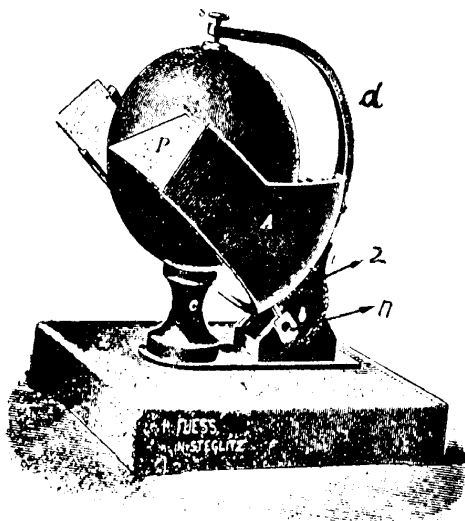
Princip rada instrumenta – Sunčevi zraci padaju na spoljašnju staklenu loptu (a) i prolaze kroz nju, pa zatim padaju na metalni omotač (c) unutrašnje staklene cijevi gdje bivaju apsorbirani. Usljed toga se unutrašnja staklena lopta i alkohol zagriju. Alkohol tada isparava i njegova para se kroz uzanu cijev i spušta u staklenu cijev g gdje se pri dnu cijevi ponovo kondenzuje i ispunjava cijev. Na skali h čita se visina stuba predestilovanog alkohola u toku jednog dana, i ta se visina pomnoži sa koeficijentom koji se dobija prilikom baždarenja instrumenta. Ovaj proizvod predstavlja sumu toplotne energije koja je pala tokom dana na 1 m<sup>2</sup> sferne površine.



Instrument se postavlja na što otvorenijem mjestu, gdje je od izlaska do zalaska sunca izložen zračenju. Može se postaviti i u biljnu sastojinu prema specifičnim uslovima ako se želi ispitati nivo zračenja u specifičnim uslovima. Čitanje visine alkoholnog stuba u staklenoj cijevi se vrši od 16.X do 28.II jedanput dnevno i to uveče po zalasku sunca. U vremenu od 1.III do 15.X očitavanje se vrši dva puta dnevno pri vedrom vremenu a jednom pri oblačnom. Ako se rade dva čitanja, onda je jedno oko podne, a drugo uveče poslije zalaska sunca. Dva puta se očitava jer je kapacitet lopte dosta mali, te u danima sa jakim suncem ispari skoro sva količina alkohola.

### Mjerenje trajanja sunčevog sjaja

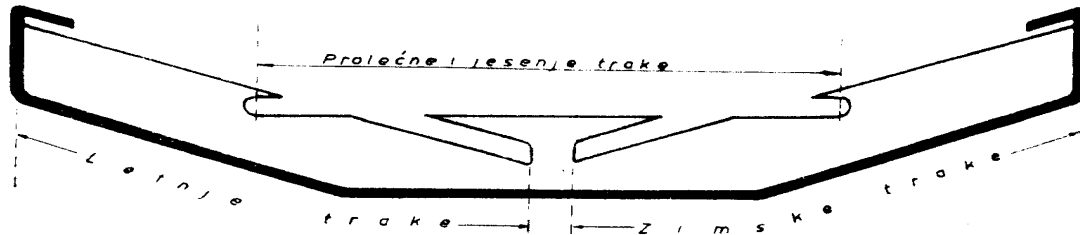
Trajanje sunčevog sjaja određuje se pomoću insolacionih autografa tzv. heliografa. Kod nas se najčešće u upotrebi *heliograf Campbell-Stokesa*. Ovaj heliograf se sastoji iz



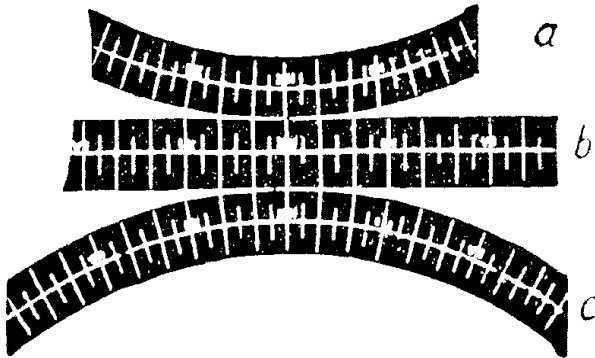
staklene kugle koja se nalazi na držaču. Staklena kugla je orijentisana prema jugu i služi kao sabirno sočivo. Okolo kugle je postavljena metalni oklop na čijoj su unutrašnjoj strani urezani žljebovi u koju se sa unutrašnje strane uvlače papirne trake. Ovih žljebova ima tri para: jedan je za najkraće zimske trake (od 15.10. do 28./29.02.), drugi za srednje proljetne i jesenje trake (1.III do 12.IV i 1.IX do 14.X) i treći za najduže ljetnje trake (13.IV do 31.VIII).

Na trakama se nalaze duže i kraće bijele crte, od kojih duže predstavljaju cijele časove, a kraće polučasove. Trake su napravljene od posebne plave

hartije i kada



se postave u žljebove budu u žiži sabirnog sočiva. Sunčevi zraci prolaskom kroz kuglu budu skoncentrisani u žiži i progorevaju papirnu traku.

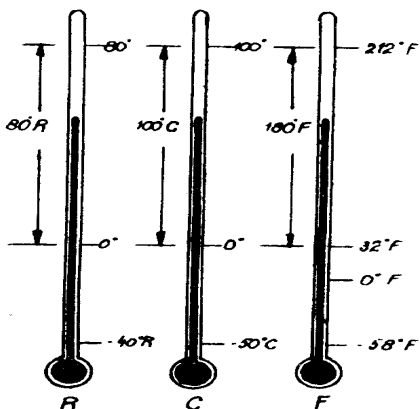


Dužina progorelog traga pokazuje trajanje sunčevog sjaja tokom dana. Prilikom postavljanja heliografa, treba voditi računa da lučni držač bude okrenut sjeveru, a instrument da se postavi na što otvorenije mjesto. Trake se mijenjaju svakog dana bez obzira da li je toga dana sunce sijalo, i zabilježi se na njima datum.

### Mjerenje temperature

U ovu svrhu se koriste termometri i termografi. Termometri u zavisnosti od svrhe za koju se koriste imaju razne oblike izrade. Mogu biti sa tečnošću (alkohol ili živa), metalni, odnosno bimetalni, gasni i električni.

Krajem 17 vijeka Römer je za ključne tačke na termometru izabrao tačku ključanja i tačku mržnjenja vode. Reaumur je kasnije ovaj raspon podijelio na 80 dijelova. Fahrenheit je 1724. godine izradio prvi stvarni termometar sa živom. Za nultu tačku je uzeo temperaturu snijega i nišadora, a za gornju granicu temperaturu čovječijeg tijela.



Celzijus je za ključne tačke uzeo temperature na kojima se voda mrzne i

na kojima ključa, i tu skalu podijelio na 100 dijelova. On je tačku mržnjenja odredio za 100<sup>0</sup> a tačku ključanja za 0<sup>0</sup>. Kasnije su Linne i Strömer ove tačke obrnuli.

Vrjednosti temperatura se preračunavaju iz jednih u druge po odnosu

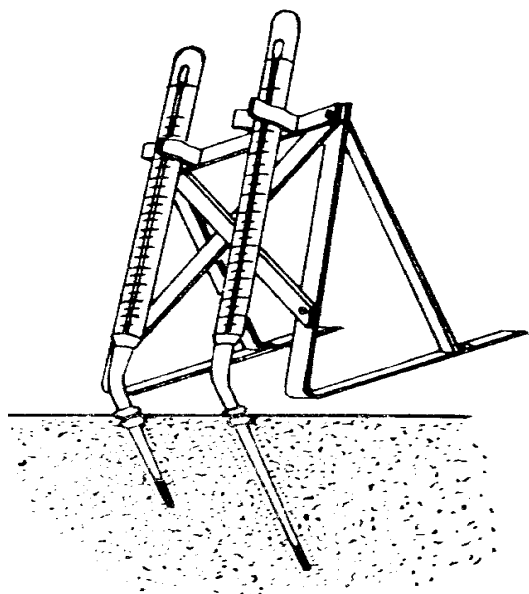
$$^{\circ}\text{C} = 5/9(^{\circ}\text{F} - 32)$$



Jedan od najčešćih termometara ima za termoelement živu. Sastoji se iz kapilarne cijevi kojoj je na dnu izduvan balon koji služi kao rezervoar za živu. Rezervoar i dio kapilarne cijevi se napune živom i zatim se balon zagrijava sve dok živa ne dopre do vrha kapilare. Tada se vrh kapilare zatopi te na taj način u cijevi ne ostane nimalo vazduha.

### Mjerenje temperature zemljišta.

Za poljoprivrednu proizvodnju je ponekad neophodno poznavanje temperature zemljišta i niskog prizemnog vazdušnog sloja. Temperaturu zemljišta je moguće mjeriti na samoj površini kao i na raznim dubinama, najčešće do 1 metra.



Za mjerenje temperature na samoj površini zemljišta temperatura se mjeri običnim termometrom, koji se postavi tako da mu donja polovina rezervoar bude u tlu a gornja polovina ostane iznad zemlje. Ovakav način ne daje pouzdane rezultate ali se često koristi. U zadnje vrijeme se koriste električni termometri.

Za mjerenje u dubini se koriste razne vrste termometara, koji se još zovu i geotermometri. Izvedba ovih termometara može biti različita kao i dubina na kojoj se mjeri temperatura.

### Mjerenje temperature vazduha

Pod temperaturom vazduha podrazumijeva se temperatura slobodnog vazduha na 2 metra visine. Mjeri se termometrom koji je zaštićen od neposrednog zračenja sunca u tzv. termometraskom zaklonu kroz koji je omogućena slobodna cirkulacija vazduha. Zaklon je drvena kućica obojena u bijelu boju, koja se postavlja na travnatu površinu što dalje od objekata, ili betonskih površina, bazena sa vodom i sl. Vrata zaklona su okrenuta sjeveru. Rezervoar sa živom nakon postavljanja treba da je na 2 m visine od površine. U ove zaklone se postavljaju i drugi instrumenti. Kod nas se uglavnom koriste živini termometri, dok je u hladnijim predjelima u upotrebi alkoholni termometar, jer živa mrzne na  $-39^{\circ}\text{C}$ . Prilikom očitavanja prvo se čitaju deseti dijelovi stepena, pa onda cijeli. Ovo stoga jer na termometar može uticati toplota tijela osmatrača, kao i njegov dah.

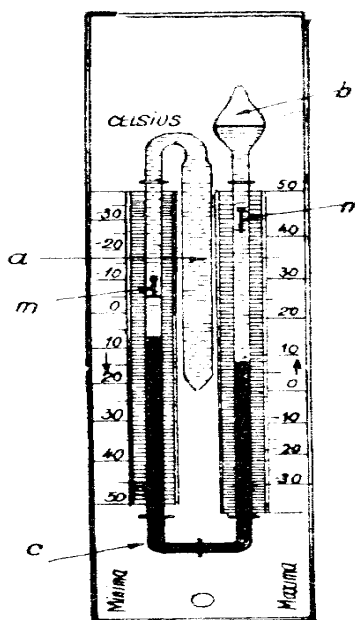
Na meteorološkim stanicama postoje i termometri koji prate ekstremne temperature vazduha - apsolutno najvišu i apsolutno najnižu – maksimalni i minimalni termometri.

**Maksimalni termometar** služi za određivanje najviše temperature u toku 24 sata. To je živin termometar, čija je kapilarna cijev sužena neposredno poslije rezervoara.

Porastom temperature živa se širi i izdiže u kapilari. Pošto dostigne maksimum, kada temperatura počne da opada, nit žive se prekine i ne može da se vrati u rezervoar, jer kohezija same žive nije jača od sila trenja kroz kapilaru. Nit žive tako ostane u položaju najviše temperature. Ovaj termometar se čita u 7 i 21 čas i po čitanju u 21 sat se još i strese da bi se živa vratila u rezervoar.

**Minimalni termometar** služi za mjerenje najniže temperature u toku 24 sata. Njegov rezervoar je u obliku viljuške i napunjen je alkoholom, a oblik je viljuškast da bi površina koja se izlaže temperaturnim promjenama bila što veća. Postavlja se u horizontalan položaj. U kapilari leži mala staklena šipka pored koje alkohol može slobodno da prolazi kada temperatura raste. Kada temperatura opada, povlači sa sobom šipku prema rezervoaru i nižim vrijednostima na skali. U slučaju porasta temperature alkohol ponovo raste, ali šipka ostaje na mjestu najniže temperature. Očitavanje se vrši u 7 i 21 sat, a u 21 čas se vrši doterivanje šipke do kraja alkohola. Ovo se postiže uspravljanjem termometra vertikalno tako da mu rezervoar bude uvis, pa šipka pod dejstvom sopstvene težine vrati do kraja alkohola.

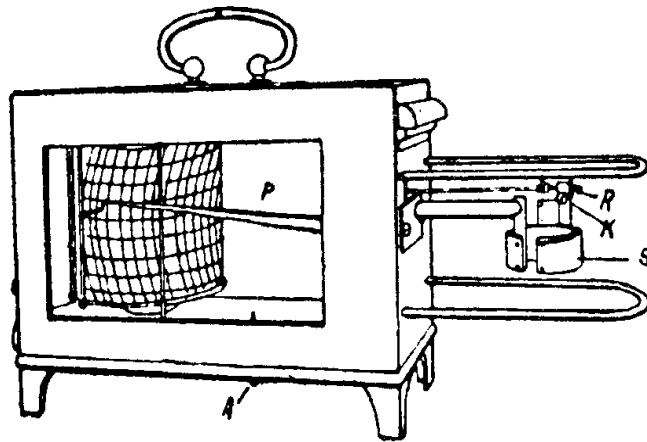
**Udvojeni minimalni i maksimalni termometar** - Ovaj termometar je izgrađen od kapilarne cijevi koja je savijena u obliku slova U. Na lijevom kraju cijevi se nalazi proširena savijena cijev (a), a na desnom kraju prošireni dio (b). U donjem savijenom dijelu kapilare (c) nalazi se nit žive a u oba kraka iznad žive je alkohol ili bukovi kreozot. Lijevi prošireni kraj je napunjen alkoholom do kraja, a desni samo do polovine. Iznad žive u alkoholu u oba kraja kapilare je po jedna metalna šipčica (m i n). Ove šipke usljed trenja o zidove kapilare ne mogu same od sebe da se spuštaju nadole, a alkohol istovremeno može pored njih da prolazi. Termoelement u ovom slučaju je alkohol u savijenoj cijevi a dok alkohol u cijevi b služi da bi održao ravnotežu.



Kada temperatura raste, alkohol u cijevi a se širi, prolazi pored šipke m i potiskuje živinu nit. Živa se u desnom kraku diže i gura šipku n. Kada temperatura pada, alkohol u cijevi a se povlači, gura živu u lijevom kraku, koja pred sobom gura šipku m. Šipka n u desnom kraku ostaje na svom mjestu u položaju do tada maksimalne temperature. Minimalna temperatura se čita na donjem kraju šipke m, a maksimalna na donjem kraju šipke n. Poslije očitavanja obje šipke se spuste do žive pomoću magneta. Kod lijevog kraka koji pokazuje minimalne temperature negativna skala je od 0<sup>0</sup> naviše, a pozitivne od 0<sup>0</sup> pa nadole. Na desnom kraku je obratno.

**Termograf** - je uređaj koji služi za neprekidno registrovanje promjena temperature vazduha. Termoelement kod ovog uređaja je spljoštena burdonova cijev (s),

koja je ispunjena alkoholom i savijena u vidu prstena. Može da se koristi i bimetalni prsten od bakra i čelika. Promjenom temperature bimetal se isteže ili skuplja, što se preko poluge koja na svom kraju ima pero prenosi na termografsku traku koju dira pero. Traka je namotana na valjku sa satnim mehanizmom koji se stalno okreće. Traka se mijenja svakih 7 dana kada se vrši i navijanje satnog mehanizma. Kod ovog uređaja su moguće korekcije i on nije nikada precizan kao termometri.

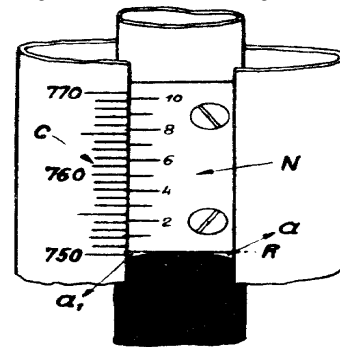


### Mjerenje vazdušnog pritiska

Za mjerenje vazdušnog pritiska koriste se: živin barometar, metalni barometar (aneroid) i barograf.

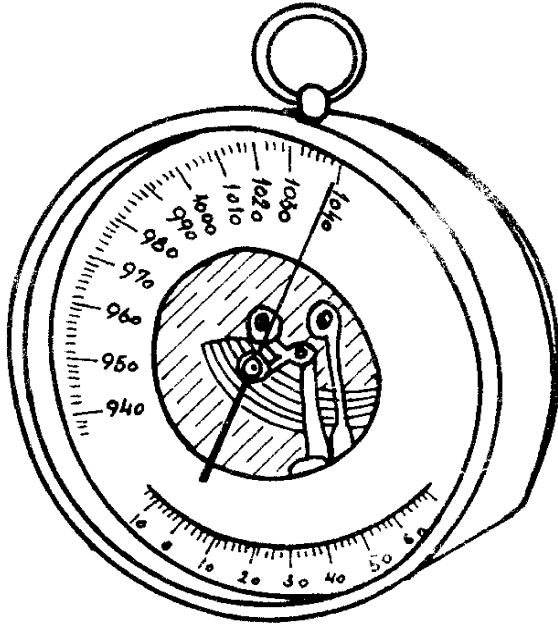


Živin barometar se sastoji od staklene cijevi duge oko 90 cm i prečnika 7-8 mm, i gvozdenog suda koji služi kao rezervoar. Staklena cijev je sa gornje strane zatvorena, napuni se živom, a donjim dijelom je potopljena u gvozdeni sud. Živa se tada spusti do određene visine, tako da stub žive u cijevi drži ravnotežu sa pritiskom okolnog vazduha. Iznad žive u cijevi je bezvazdušan prostor koji se naziva Toričelijev vakuum. Rastojanje u cijevi od gornjeg meniskusa žive do rezervoara se naziva barometarsko stanje, i na osnovu njega se određuje vazdušni pritisak u mb. Stanični barometar je da se pojednostavi očitavanje i izbjegne preračunavanje podešen (skala je baždarena) tako da se lakše očitava. Uz barometar se uvijek nalazi i termometar koji pokazuje stanje temperature. Za precizno čitanje destih dijelova milimetra koristi se



pokretni nonijus (slika desno). Vazdušni pritisak se izražava u mb, a dobija se množenjem dužine živinog stuba u mm sa 1,33322.

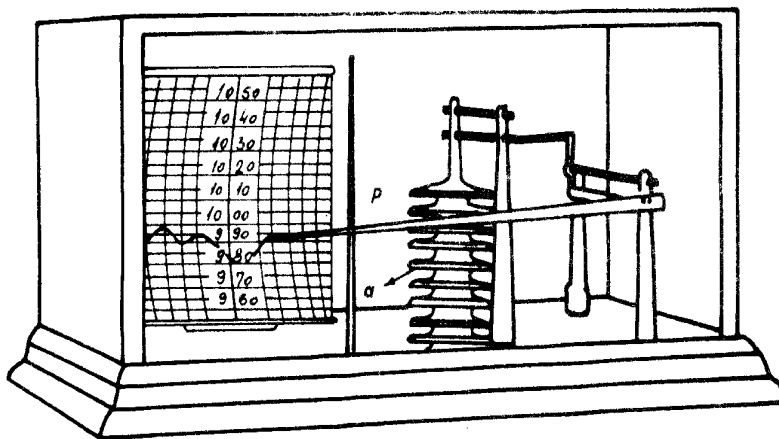
Metalni barometar (aneroid) ima za glavni dio jednu ili više metalnih kutija sa



tankim i elastičnim zidovima. Kutije su potpuno zatvorene i u njima nema vazduha ili je najčešće vazduh potpuno razrijeđen do pritiska od 0,013 mb. Unutar kutije u bezvazdušnom prostoru je postavljena metalna opruga koja rasteže zidove kutije silom koja je jednaka srednjem atmosferskom pritisku. Zidovi kutije imaju talasasti oblik radi bolje elastičnosti. Pri promjeni pritiska zidovi kutije se deformišu, tj. pri povećanom pritisku zidovi se ulupljuju, a pri nižem ispupče. Te promjene se sistemom poluga prenose na kazaljku koja na skali pokazuje pritisak vazduha. Razrijeđeni vazduh se ostavlja u kutijama da bi se kompenzovao uticaj

temperature na osobine metalnih kutija. Metalni barometar se uvijek mora korigovati sa živinim barometrom. Prednosti su mu što su nema tečnosti, lagani su, laki za rukovanje, pokazuje promjene pritiska i za vrijeme kretanja, jeftin je itd. Za ovakve barometre je potrebno uvijek vršiti popravke za skalu, za temperaturu i vremensku popravku. Aneroidi se mogu koristiti za približno određivanje nadmorske visine ili relativne visine nekog brda. Princip se zasniva na zakonu opadanja pritiska sa nadmorskom visinom. Pojedini aneroidi imaju umjesto skale za pritisak izvedenu skalu za nadmorsku visinu.

**Barograf** radi na principu barometar-aneroida, i služi za registrovanje promjene



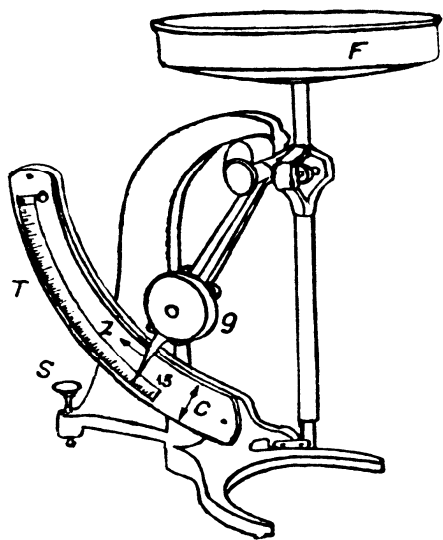
pritiska tokom dana. Glavni dio mu je niz zatvorenih kutija koje su nešto manje nego kod aneroida. Veći broj kutija povećava osjetljivost ovog uređaja. Deformacije izazvane vazdušnim pritiskom se prenose na polugu koja na kraju ima pero koje to registruje na pokretnoj traci kao kod termografa. Barograf ne daje

tačne podatke i stoga ga treba korigovati sa živinim barometrom.

## Mjerenje isparavanja vode

Za mjerenje količine isparene vode koriste se različiti instrumenti i razni metodi u zavisnosti da li se želi ispitati o kakvom se isparavanju radi: sa slobodne vodene površine, sa površine kopna ili sa vegetacionog pokrivača. Poznavanje ovih vrijednosti ima veliki značaj za poljoprivrednu proizvodnju. Instrumenti koji se upotrebljavaju za ova mjerenja se najčešće nazivaju isparitelji ili evaporimetri.

Postoji više vrsta isparitelja za mjerenje isparavanja sa slobodne vodene površine, ali je najčešće u upotrebi tzv. **Wildov evaporimetar**.



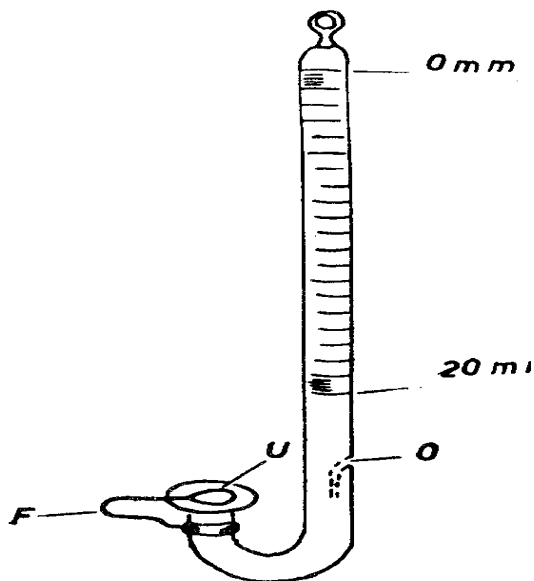
Na vagu je postavljen limeni sud površine  $250 \text{ cm}^2$ , a dubine  $2,5 \text{ cm}$ . Preko poluge je spregnut sa kazaljkom koja ima skalu koja je baždarena. Kada je sud prazan kazaljka treba da pokazuje na skali položaj C. Evaporimetar se postavlja u termometarski zaklon ali poseban, ne sa termometrima i napuni vodom (najbolje kišnicom) dok kazaljka ne pokaže  $0 \text{ mm}$ . Kada počne isparavanje, nivo vode se smanjuje u zavisnosti od količine isparene vode i to se preko poluge prenosi na kazaljku koja to pokazuje na skali. Na skali se čitaju vrijednosti  $0,2 \text{ mm}$  a  $0,1 \text{ mm}$  se čita odoka.

Za očitani ispareni  $1 \text{ mm}$  iz isparitelja zaključujemo da je ispario  $1 \text{ liter}$  sa  $1 \text{ m}^2$ . Čitanje se vrši u  $7$  i  $21$  sat, a za količinu isparene vode se uzima količina isparene vode od sinoć u  $21 \text{ h}$  do noćas u  $21$  sat. Pošto se ovi isparivači stavljaju u termometarski zaklon dobijeni podaci su relativni i ljeti pokazuju manje vrijednosti za oko  $40 \%$  u odnosu na isparavanje sa otvorenog polja.

**Picheov isparitelj** - je podesan za primjenu u poljoprivredi, posebno za mikroklimatska ispitivanja. Njegove prednosti prevazilaze nedostatke, pa se preporučuje posebno zbog jednostavne upotrebe. On pokazuje relativno isparavanje u atmosferi, bilo iznad zemljine površine ili iznad biljaka. Dobijeni podaci sa ovog isparitelja obuhvataju čisto meteorološko-fizičku starnu isparavanja, bez obzira na dejstvo biljaka ili količinu vode u zemljištu.



Isparitelj se sastoji iz jedne savijene cijevi prečnika 12 mm i dužine oko 30 cm. Na cijevi se nalazi skala od 0 do 20 i ovo su vrijednosti iparene vode. Između cijelih

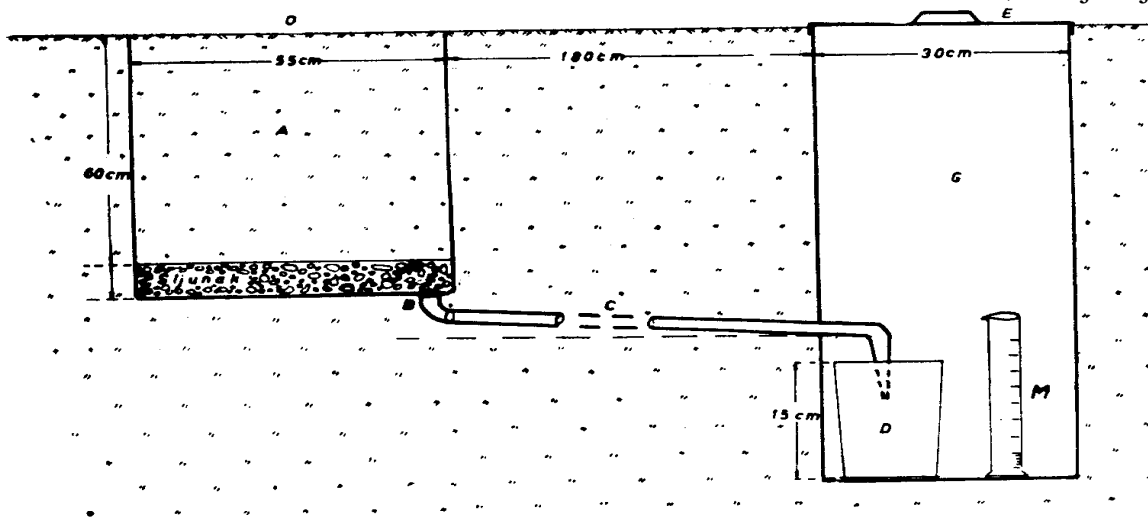


brojeva koji su označeni dužim crtama, gravirane su po 4 kraće koje označavaju 0,2 mm. 0,1 mm se očitava odoka. Gornji kraj cijevi je zatvoren i ima kuku za vješanje, dok je donji otvoren i na njega se stavi krug od upijajuće hartije koju pridrži mesingana opruga. Na savijenoj cijevi se nalazi i mali otvor za prolazak vazduha. Isparitelj se puni destilovanom vodom tako da se cijev postavi u skoro vodoravan položaj tako da savijeni dio bude okrenut nagore. Voda (destilovana ili kišnica) se dodaje iz kruške pod pritiskom dok se cijev ne napuni vodom. Onda se cijev ispravi i ako ima viška lagano se lupka da višak izađe na otvor dok god nivo vode ne dođe do 0 mm. Potom se stavi papir i pritisne

mesinganom oprugom. Očitavanje se vrši u 7 i 21 čas, a dolivanje vode se vrši u 7 sati. Pri svakom dolivanju se mijenja upijajući papir. Za vrijeme vreljih ljetnjih dana, potrebno je očitavati i u 14 sati i tom prilikom ako je jaka evaporacija, potrebno je doliti vodu. Nedostaci ovog isparitelja su što se često ne može koristiti ako su tokom dana česti pljuskovi koji mogu da oštete upijajući papir ili je pojava grada izazvala ista oštećenja. Neupotrebljiv je i za vrijeme niskih temperatura, jer se voda smrzava i može da ošteti cijev. Ponekad se može desiti da je nivo vode viši ujutro nego prethodnog dana u 21 sat. Ovo je posljedica nakupljanja rose ili kondenzacije vodene pare u cijevi iznad nivoa vode usljed sniženja temperature. Potrebno je obratiti pažnju na postavljenje isparitelja u zavisnosti od uticaja vjetrova, gdje često nestručan rad može dati krive rezultate. Picheov isparitelj je pogodan za razna mikroklimatska ispitivanja, pa se može postaviti i u vegetaciju na različite visine.

**Garnierov isparitelj** - je isparitelj pomoću kojega može da se odredi evapotranspiracija - to je ukupno isparavanje sa jedinice zemljine površine koja je pokrivena nekim biljnim pokrivačem. Postoje stvarna i potencijalna evapotranspiracija. Stvarna evapotranspiracija zavisi u velikoj mjeri od: vrste zemljišta, količine vode u tlu, meteoroloških faktora i gustine i vrste biljnog pokrivača. Potencijalna evapotranspiracija predstavlja isparenu vodu sa zemljišta i biljaka kada je zemljište potpuno zasićeno vodom i kada je vegetacioni pokrivač u normalnom razviću, tj. potpuno pokriva površinu zemljišta. Potencijalna evapotranspiracija zavisi od meteoroloških elemenata i od dužine dana. Garnierovim ispariteljem moguće je mjeriti potencijalno isparavanje sa površine zemljišta i i potencijalnu evapotranspiraciju sa zemljišta i vegetacije.

Instrument je jednostavan i sastoji se od cilindričnog suda visine oko 60 cm i prečnika oko 55 cm. Obično se koristi neko metalno bure, koje je sa



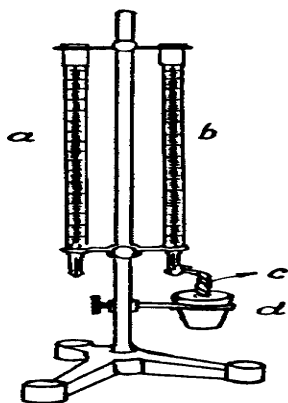
gornje strane potpuno otvoreno, dok pri dnu ima rupu iz koje je izvedena cijev sprovedena u posebnu komoru koja je nižeg nivoa od bureta i pokrivena. U bure se naspe sloj šljunka (oko 7-8 cm) a iznad zemlja istog tipa kao i okolnog zemljište. Obično se postavljaju dva ovakva isparitelja, od kojih je jedan bez a drugi pod željenom vegetacijom.

Prije početka upotrebe potrebno je zemlju u isparitelju potpuno zasititi vodom. Voda se postepeno naliva sve dok ne počne da kaplje u odlivni sud u komori. Prvi put se sipa veća količina vode obično dva dana prije počerka mjerenja. Kasnija dolivanja će zahtijevati manju količinu vode. Isparavanje se određuje na osnovu formule:

$$E = R + Q - Z$$

gdje su  $R$  = visina padavina u mm ili  $\text{cm}^3$ ,  $Q$  = količina dolivene vode u mm ili  $\text{cm}^3$ ,  $Z$  = količina procijeđene u vode za 24 sata u mm ili  $\text{cm}^3$ .

### Mjerenje vlažnosti vazduha



Za mjerenje vlažnosti vazduha koriste se: psihometri, higrometar, polimetar i higrograf. Psihometri mogu biti sa fitiljem i aspiratorom.

*Psihrometar sa fitiljem po Augustu* – sastoji se iz dva obična termometra postavljena na stativu jedan pored drugog. Lijevi termometar je suvi termometar i služi za mjerenje temperature okolnog vazduha u momentu

osmatranja. Rezervoar sa živom drugog termometra obacijen je naročitim platnom (muselinskim) i preko pamučnog fitilja je umočen u destilovanu vodu. Ovo je vlažni ili mokri termometar. Preko fitilja se platno stalno kvasi, tako da je krpica uvijek vlažna. Sa krpice voda isparava i tom prilikom hladi termometar. Što je vazduh suvlji, isparavanje će biti veće, a time i niža temperatura na vlažnom u odnosu na suvi termometar. Kada je vazduh zasićen vodenom parom temperature oba termometra će biti iste. Pomoću temperature suvog i vlažnog termometra se mogu odrediti *napon vodene pare, relativna vlažnost vazduha*, a mogu se još izračunati i *apsolutna vlaga, deficit zasićenosti, i temperatura rosne tačke*.

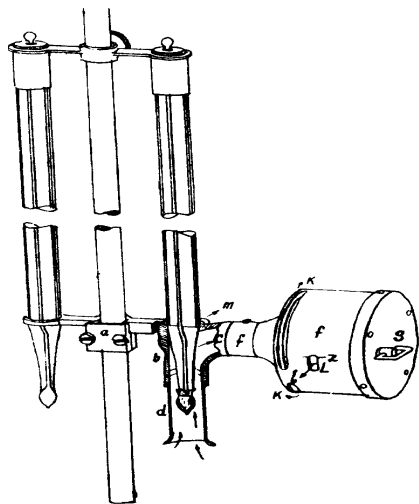
Za određivanje relativne vlažnosti vazduha se koristi formula

$$e = E_1 - 0,0007947 (t-t_1)p$$

$$U = e/E100 = \% \text{ vlažnosti vazduha}$$

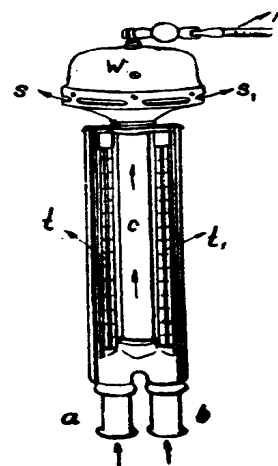
gdje su  $e$  - napon pare u mb,  $t$  i  $t_1$  temperature vazduha na suvom i vlažnom termometru i  $E$  i  $E_1$  maksimalni pritisci vodene pare u mb koji odgovaraju temperaturama  $t$  i  $t_1$ .

Ukoliko je temperatura niža od  $-5^{\circ}\text{C}$ , osmatranje na ovom psihrometru se prekida, a čašica se isprazni i sklanja. Osmatra se samo na suvom termometru. Psihrometar se postavlja u termometarski zaklon. Krpica se mijenja kada se isprlja, a najmanje svakih mjesec dana. Fitelj ne treba da bude duži od 5 cm, jer ako je suviše dugačak, voda isparava u većoj mjeri i krpica nije dovoljno mokra, tako da se ne dobiju tačni podaci.



vlažnost vazduha.

***Psihrometar sa vještačkom ventilacijom*** (sa aspiratorom) – Rezervoar sa krpicom vlažnog termometra (bez ikakvog fitilja ) stavlja se u zaštitnu cijev od stakla, koji je povezan sa aspiratorom. Kada se krpica navlaži, uključi se ventilator koji pospješuje isparavanje. Usljed toga temperatura na vlažnom termometru opada dosta brzo, sve dok se ne uspostavi ravnoteža između gubljenja toplote na isparavanje i priliva toplote okolnog vazduha. Iz razlika temperatura donekle slično prethodnom psihrometru izračunava se relativna

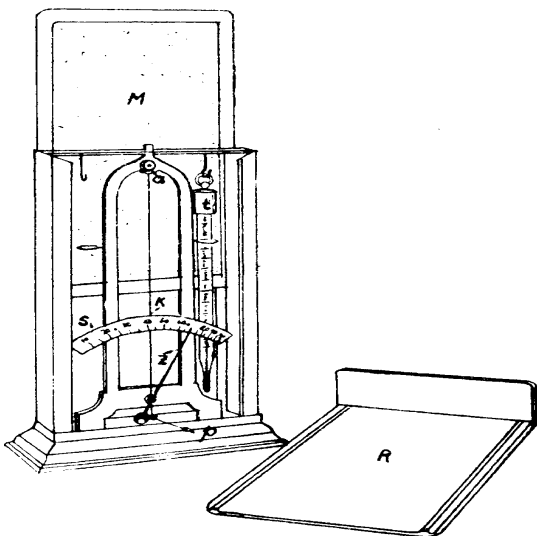


***Aspiracioni psihrometar po Assmanu*** – je instrument koji se, takođe sastoji od dva termometra, od kojih je jedan suvi a drugi vlažni. Termometri ovog uređaja su zaštićeni od

direktnog sunčevog zračenja pomoću poniklovanog metalnog oklopa. Rezervoari termometra imaju duguljast oblik i stavljani su u poniklovane cijevi sa duplim zidovima između kojih je vazduh. Cijevi u kojima se nalaze rezervoari termometara sjedinjuju se u zajedničku metalnu cijev na čijem je kraju ventilator.

Prednost ovog aspiratora je što se može postaviti na otvorenom polju bez ikakvog zaklona, i može se mjeriti i temperatura i vlažnost vazduha u nekoj vegetaciji. U zimsko doba ovaj uređaj može da se koristi do  $-10^{\circ}\text{C}$ .

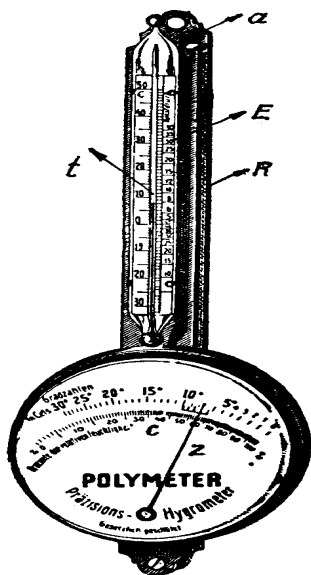
**Higrometar od Koppea** – glavni dio na ovom instrumentu koji se koristi za



mjerenje relativne vlage vazduha je čovječija kosa. Kosa je higroskopna i upija vlagu iz vazduha i pri tome se izdužuje. Ova osobina skupljanja i izduživanja kose u zavisnosti od vlažnosti vazduha se koristi za određivanje relativne vlažnosti vazduha. Promjene u dužini vlasi kose se prenose preko mehanizma na skalu koja pokazuje vlažnost u %. Kosa koja se koristi za ovo mora biti preparirana i iz nje mora biti odstranjena sva masnoća. Higrometar se koristi kao dopuna i kontrola psihrometara, naročito zimi. Svaki higrometar je opremljen i jednim termometrom koji služi i za istovremeno određivanje temperature vazduha.

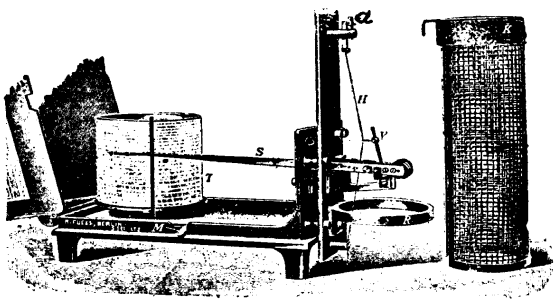
Iz podataka relativne vlažnosti i temperature je moguće izračunati i pritisak vodene pare i temperaturu rosne tačke.

Higrometar se postavlja u termometarski zaklon i to tako da vazduh slobodno struji oko vlasi. Higrometar se koriguje vrijednostima dobijenim na psihrometru, a ako ga nema test se radi pomoću vlažnog muselinskog platna koje se ubaci u zatvoren higrometar. Vrijednost vlažnosti treba da bude oko 96 %.



**Polimetar** – je kombinacija termometra i higrometra sa kosom. Element za mjerenje relativne vlage u vazduhu je i kod ovog instrumenta snop kose koji je zategnut na mesinganom ramu. Na polimetru se nalazi termometar koji ima dvije skale: lijevu za temperaturu i desnu za odgovarajuće maksimalne pritiske vodene pare. Na donjem dijelu se nalaze dvije lučne skale. Donja od ove dvije skale pokazuje relativnu vlažnost vazduha u %, a gornja skala u stepenima koja služi da se odredi za koliko bi stepeni trenutna temperatura trebala da se snizi da dođe do kondenzacije vodene pare. Dakle, polimetar služi da se

odredi relativna vlažnost vazduha, temperatura vazduha i temperatura rosne tačke.



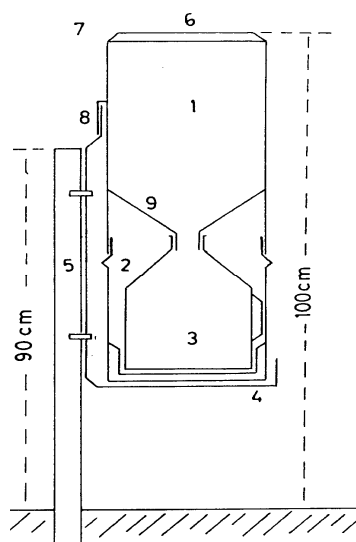
na kraju ima pero prenose i registruju na traku koja je postavljena na valjku koji se okreće.

Higrograf se upoređuje sa vrijednostima koje se očitavaju u istom momentu i na psihrometru. U slučaju velikih odstupanja, higrograf se koriguje dodatnim zatezanjem ili opuštanjem vlasi kose.

### Mjerenje padavina iz oblaka

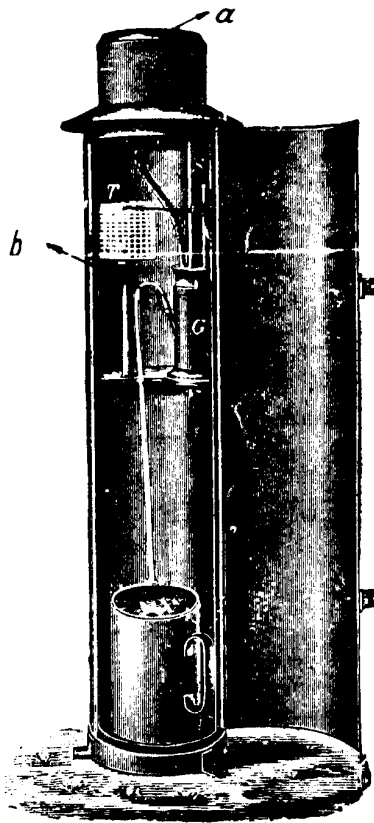
Mjerenje padavina iz oblaka, koje padnu na zemlju, bilo u tečnom ili u čvrstom stanju, vrši se mjerenjem visine sloja vode u mm, koje u određenom vremenu padne na neku površinu. Količina čvrstih padavina se određuje pošto se one prethodno istope.

Za mjerenje padavina se koriste: kišomjer, pluviograf i totalizator.

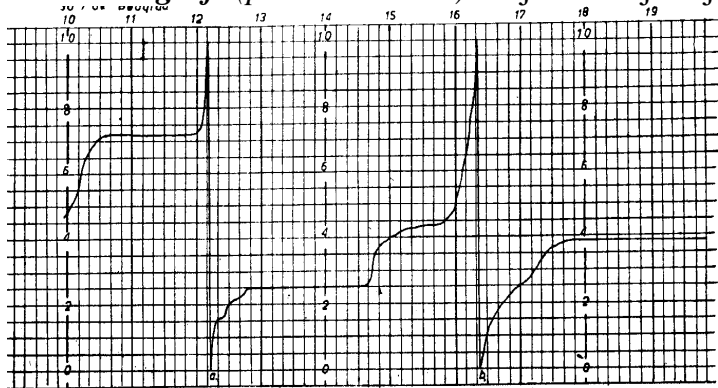


**Kišomjer** – je običan cilindričan sud od cinkovog pleha, čiji je otvor prečnika 160 mm, a površine  $200 \text{ cm}^2$ . Sastoji se iz tri dijela; gornjeg, donjeg i kantice. Na gornjem dijelu je mesingani prsten koji ima oštru ivicu, kako bi se kapi koje padaju na gornju ivicu sjekle i u unutrašnjost suda padale samo one količine koje padnu na tu površinu. On se poslije sužava u lijevak na čijem donjem dijelu je kantica za skupljanje vode.

Kišomjer se postavlja na što otvorenije mjesto, tako da mu gornji dio bude na visini od 1 metar. Voda se potom izlije u menzuru koja je gradirana u mm. Mjerenje padavina se vrši u 7 sati ujutro i određuje se količina padavina za taj dan. Kada je u pitanju određivanje količine palog snijega, onda se kišomjer unosi u zagrijanu prostoriju i čeka da se snijeg otopi. Uvijek treba imati dva kišomjera, kako bi se jedan uvijek nalazio napolju. Visina od 1 mm padavina odgovara 1 litru vode na  $1 \text{ m}^2$ .



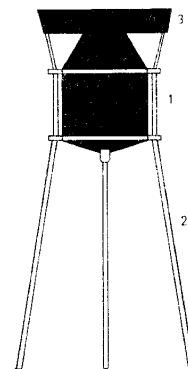
**Pluviograf (po Hellmannu)** – je uređaj kojim se



registruje dianmika padavina tokom 24 sata. Gornji dio je praktično kišomjer, koji sakupljenu vodu provodi do suda G u kojem je plovak koji registruje promjene preko poluge sa perom na kraju i to se ocrtava na pokretnu papirnu traku. Posuda G je savijenom staklenom cijevi spojena sa odlivnim sudom na dnu pluviografa. Kada se nivo vode u sudu g podigne do maksimalne tačke, voda se po zakonu o spojenim posudama sva prelije u odlivni sud (čim se nakupi 10 mm ) i pero opet piše od početka (nule). Valjak se okrene (*Pluviograf lijevo, pluviografska traka gore*) jednom u 24 sata, a traka se mijenja u 7 sati ujutru. Ako

nije bilo padavina ista traka se može koristiti više dana. Pluviograf se upotrebljava samo kada su temperature iznad  $0^{\circ}\text{C}$ . Bilo je pokušaja da se posebnim grijačaima omogući njegova upotreba i u hladnim danima, ali rezultati nisu bili zadovoljavajući. Električni grijači su se pokazali korisnim samo u prelaznim dobima kada je moguća periodična pojava niskih temperatura.

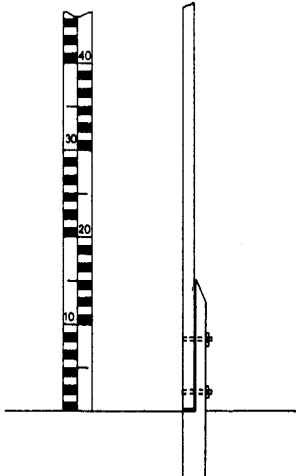
**Totalizator** – služi za mjerenje visine padavina u planinskim predjelima gdje nije stalno moguće doći do mjenog instrumenta. Totalizator ima otvor kao kišomjer ali mu je rezervoar veće zapremine, tako da može da uhvati do 100 litara vode. Gornji dio gdje padavine upadaju u totalizator je lijevkom zaštićen od vjetra (3). U unutrašnjost totalizatora se uspe kalcijum hlorid (4 kg + 7 litara vode) koji služi za topljenje snijega i održavanje vode u tečnom stanju na niskim temperaturama. Ovakva smješa može da bude u tečnom stanju do  $-40^{\circ}\text{C}$ . Uspe se i 0,6 kg vazelinskog ulja koje kao specifično lakše pliva po površini vode i sprečava isparavanje. Mjerenje se vrši jednom mjesečno, ili jednom u 6 mjeseci, a ponekad i





jednom godišnje ako je nemoguće prići instrumentu. Mjerenje se vrši bilo po težini bilo po zapremini.

## Mjerenje visine snježnog pokrivača i gustine snijega

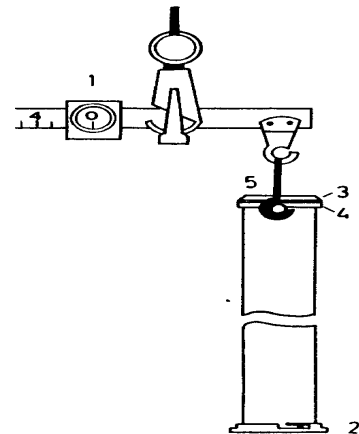


*Visina snježnog pokrivača* se izražava u cm i mjeri se snjegomjernim lenjirom svakog dana dok ima snijega. Poželjno je da se mjerenje vrši na dva izabrana mjesta oko meteorološke stanice. Lenjir je od drveta, visine 180 cm, širine 6 cm i debljine 2,5 cm. Na njemu je iscrtana podjela u cm, a nulti podjeljak je ravan sa zemljom. Na svakom određenom mjestu za mjerenje snijega postavljaju se po tri takva lenjira sa rastojanjem od po 10 m u obliku trougala. Čitanje se vrši ujutru, a za visinu se uzima prosjek čitanja sa svih mjesta.

Mjerenje *gustine snijega* se određuje snjegomjernom vagom, takođe na dva određena mjesta, na kojima se vrši i određivanje visine snježnog pokrivača. Na osnovu visine snježnog pokrivača i gustine snijega moguće je odrediti i:

- količnu vode koju snijeg sadrži u sebi i koja po otapanju snijega nakvasi zemlju,
- zaštitne osobine snježnog pokrivača.

Prema gustini snijega mijenja se i njegova toplotna provodljivost, tako da od toga i zavisi njegova sposobnost da štiti zemljište od smrzavanja. Snijeg manje gustine slabije provodi toplotu te samim tim štiti bolje zemljište od smrzavanja. Za mjerenje gustine snijega se odaberu dva mjesta, od kojih je jedno zaklonjeno od vjetra, a drugo je potpuno otvoreno. Gustina snijega se određuje vaganjem uzorka snijega koji se isijeca pomoću instrumenta poznatih dimenzija (površina poprečnog presjeka i visina stuba snijega). Vaga se sastoji iz cilindra, lopatice i rimske vage. Metalni cilindar je visine 60 cm i ima na vrhu deblji, oštar prsten za usijecanje u snijeg. Površina otvora je 50 cm<sup>2</sup>. Spolja na cilindru je skala u cm za mjerenje isječka, a nula je na početku prstena. Posto se isječak izvadi izvaga se težina snijega. Vaga se prije mjerenja iznosi napolje da se ohladi na spoljnu temperaturu da se snijeg ne bi lijepio za zidove cilindra. Gustina se izračunava iz odnosa mase i zapremine dotičnog tijela.



$$\rho = m / V$$

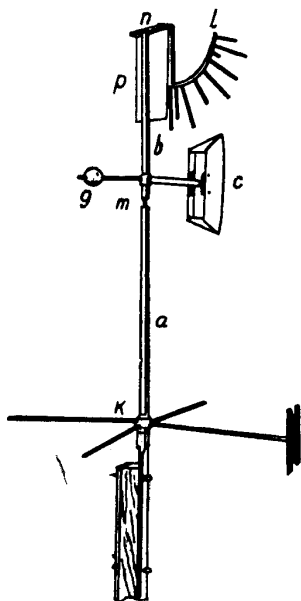
Ako je poznata gustina snijega i visina snježnog pokrivača, može se odrediti visina vode u mm dotičnog snježnog pokrivača. Ako je visina snijega npr. 25 cm ili 250 mm, a gustina snijega je određena 0,2, onda je visina vode od istopljenog snijega ( $r$ )

$$r = 250 \times 0,2 = 50 \text{ mm.}$$

Gustina snijega se mjeri svakog petog dana u mjesecu i mjeri se ako je visina pokrivača veća od 10 cm.

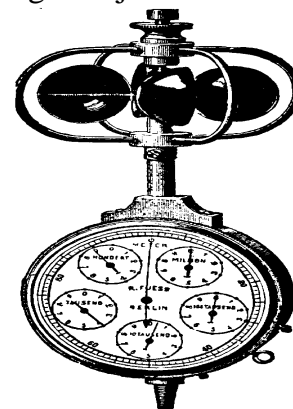
### Određivanje pravca i brzine vjetra

Pri osmatranju vjetra mora se odrediti pravac iz kojeg vjetar duva i njegova brzina (jačina).



Za određivanje pravca vjetra koristi se **vjetrokaz**. U našoj zemlji je u upotrebi Wildov vjetrokaz. Sastoji se iz nepokretne šipke koja je učvršćena na drveni stub. Na šipku se učvrsti krst sa stranama svijeta. Na ovu šipku je navučena šira cijev na koju su učvršćeni limena ploča, luk sa 8 zubaca i metalna krilca sa kuglom. Ovo je pokretni dio vjetrokaza. Krilca sa kuglom služe za određivanje pravca vjetra i pri duvanju vjetra zauzimaju uvijek položaj da je kugla usmjerena u pravcu odakle vjetar duva. Vjetrokaz se postavlja na otvoreno i treba da bude na visini od 10 m.

**Anemometar** - Ručni anemometar služi za određivanje srednje brzine vjetra. Glavni dio ovog uređaja su 4 šuplje metalne polukugle koje se nalaze na kracima krsta. Šupljina jedne kugle je uvijek postavljena prema ispučenju kugle ispred nje. U zavisnosti od brzine duvanja vjetra okreću se i ove kugle proporcionalnom brzinom. Preko beskrajnog vijka obrtaji se prenose na mehanizam koji pokazuje broj pređenih metara u određenom vremenskom intervalu. Poslije toga se vrši obračun brzine u tom vremenskom intervalu. Zato je to prosječna brzina za određeno vrijeme. Ako je npr. za jedan minut pročitano na anemometru 474 metra, onda je prosječna brzina vjetra bila  $474:60 = 7,9 \text{ m/s}$ .



**Anemograf** je instrument koji registruje pravac i brzinu vjetra. Mogu raditi na aerodinačnom principu i tada se koristi "pito" cijev. Postoje i uređaji koji mogu raditi i na električnom principu, pa nije potrebno da uređaj ima polukugle.

Boforova skala – Jačina vjetra može da se određuje i pomoću Boforove skale. Skala ima 13 podjeljaka (0 do 12) koja je bazirana na osnovu dejstva vjetra na predmete.

Boforova skala

Jačina vjetra	Karakteristika	Dejstvo koje vjetar proizvodi na izvjesnim predmetima na kopnu i na jezerima u unutrašnjosti kopna
0	Tišina	Potpuno tiho, dim se diže usparvno
1	Vjetrić	Pravac vjetra se primjećuje samo po kretanju vjetra, ali ne i po vjtrokazu
2	Vrlo slab vjetar	Osjeća se na licu, lišće šušti, okreće laku zastavu, pomjera običan vjetrokaz, zatalasa površinu stajaće vode.
3	Slab vjetar	Lišće i grančice u neprekidnom kretanju, razvija zastavu, stvara manje talase na stajaćoj vodi
4	Umjeren vjetar	Podiže prašinu i parčiće papira, pokreće grane i grančice, stvara izrazite talase na stajaćoj vodenoj površini
5	Umjereno jak vjetar	Manje lisnato drveće počinje da se klata, pokreće zastave, baca talase na stajaćim vodama
6	Jak vjetar	Pokreće velike grane, telegrafske žice zuje, čuju se šumovi iznad i pored kuća i predmeta, otvoreni kišobrani se teško drže
7	Vrlo jak vjetar	Ljujaju se cijela stabla kretanje u suprotnom smjeru je otežano, na stajaćim vodama baca velike zapjenušane talase
8	Olujni vjetar	Lome se grane na drveću, znatno otežava hod na slobodnom prostoru
9	Oluja	Prouzrokuje manje kvarove na kućama, ruše se dimnjaci, i pada crijep sa krovova
10	Jaka oluja	Lomi drveće ili ga čupa sa korijenom, pričinjava znatne štete na zgradama
11	Oluja slična orkanu	Prouzrokuje velika oštećenja, ruši krovove zgrada
12	orkan	Ima uništavajuće dejstvo

Pri procjeni jačine vjetra po ovoj skali treba izbjegavati da se koriste međustepeni 1-2 itd.

Međunarodni meteorološki komitet (1946) preporučio je da se kao visina na kojoj se mjeri brzina vjetra bude 10 metara. Sem toga komitet je dao odgovarajuće vrijednosti u m/s i km/s za svaki stupanj Boforove skale. Te vrijednosti su predstavljene u tabeli:

Jačina po Boforu	Brzina m/s	Brzina km/h
0	0	0
1	0,9	3
2	2,4	9
3	4,4	16
4	6,7	24
5	9,3	34
6	12,3	44
7	15,5	55
8	18,9	68
9	22,6	82
10	26,4	96
11	30,5	110
12	34,8	125