

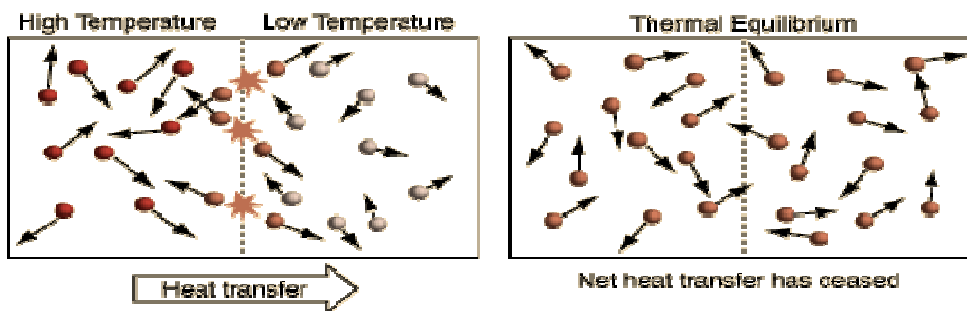
# Mjerenje temperature zraka, tla i vode

GLOBE seminar  
Zagreb 22.-24. listopada 2009.  
Marina Grčić  
marinagrcic@karlovac.hr

**Mjerenje temperature** je zadatak koji je potrebno obaviti u svim GLOBE protokolima. Da bi se bolje razumio princip rada instrumenata, način održavanja, uzroci pogrešaka, odnosno dobro obavila mjerenja, potrebno je da GLOBE voditelji i učenici ponove i osnovna znanja iz fizike povezana s toplinom i temperaturom.

Pored toga GLOBE protokoli zahtijevaju razumijevanje koncepta očuvanja energije u sustavu Zemlja-atmosfera-hidrosfera-tlo-biosfera. Stoga je iznimno važno da se stalno podsjećamo na ove sadržaje.

# Temperatura



- Stupanj zagrijanosti tijela
- Sposobnost tijela da spontano predaje energiju ako je u kontaktu s tijelom niže temperature
- Proporcionalna je kinetičkoj energiji gibanja molekula i atoma

Temperatura je veličina koju relativno jednostavno možemo izmjeriti, ali je na razini osnovnoškolskog i srednješkolskog znanja fizike teško možemo pravilno definirati. Ovo su samo neke od definicija koje susrećemo u udžbenicima.

Evo nekoliko primjera različitih temperatura u prirodi:

temperatura svemira  $-271\text{C}^{\circ} = 2\text{K}$

ledište destilirane vode pri normalnom tlaku  $0\text{C}^{\circ} = 273\text{K}$

temperatura površine Sunca  $5500\text{K}$

Prosječna godišnja temperatura zraka na Zemlji  $15\text{C}^{\circ}$

prosječna unutarnja temperatura tijela  $37\text{C}^{\circ}$

temperatura tijela vatrogasca na zadatku  $38\text{C}^{\circ}$

zdravstveni problemi počinju pri  $39\text{C}^{\circ}$

trenutno uništenje ljudske kože  $72\text{C}^{\circ}$

## Mjerenje temperature

sredstvo	zrak	voda	tlo
podatak	<i>trenutna temperatura</i> <i>minimalna temperatura</i> <i>maksimalna temperatura</i>		
Termin i mjesto mjerenja	<b>temperatura zraka</b> : svaki dan u podne Na visini 1.5 m od tla <b>temperatura tla</b> : jednom tjedno ili jednom dnevno u vrijeme atmosferskih mjerenja; jednom u sezoni mjeriti svaki sat tijekom dana-dnevni hod Na dubini 5 cm, 10 cm <b>temperatura vode</b> : jednom tjedno ili dnevno površinski sloj od 20 cm		

Podaci o **temperaturi zraka** se u GLOBE programu obavljaju jednom dnevno , u vrijeme lokalnog solarnog podneva. Mjeri se univerzalnim termometrom koji pokazuje trenutnu, minimalnu i maksimalnu temperaturu zraka ili digitalnim termometrima koji pokazuju navedene veličine.

Minimalnu i maksimalnu temperaturu zraka nazivamo još i ekstremne temperature. Minimalna temperatura zraka je najniža temperatura izmjerena u protekla 24 sata.

Maksimalna temperatura je najviša temperatura izmjerena u protekla 24 sata.

**Mjeriti treba redovito, svakoga dana, što znači i tijekom vikenda i praznika.**

**Temperaturu tla** mjerimo na dubini 5cm i 10 cm. Najčešće koristimo termometar s metalnom sondom. Temperaturu tla možemo mjeriti jednom dnevno (obično u vrijeme kad mjerimo i temperaturu zraka), jednom tjedno ili barem dva puta mjesečno. Preporuča se također da četiri puta godišnje mjerimo dnevni hod temperature tla odnosno da tijekom jednog dana mjerimo temperaturu svakog sata. Treba odabrati mjesece koji su tipični predstavnici godišnjih doba i mjeriti u dane kada je mirno, stabilno, sunčano i vedro (obavezno provjerite prije mjerenja vremensku prognozu).

Temperaturu površinskog sloja vode (20 cm) treba mjeriti jednom dnevno, jednom tjedno ili čak jednom mjesečno. Koristimo termometar za vodu kod kojeg je spremnik alkohola u metalnom ili plastičnom kućištu.

**Više o odabiru mjernog mjesta i postupcima pri mjerenju ćete pronaći u GLOBE priručniku.**

## Mjerenje temperature – metode mjerenja

- “In situ” instrument je u dodiru sa sredstvom
- daljinska mjerenjima (EM ili UV valovi).
  
- temperaturu mjerimo **posrednim** metodama, jer **mjerimo promjene koje uzrokuje promjena temperature**
  - **promjenu duljine niti žive** u termometru
  - **promjenu električnog otpora** i sl.
  
- instrument mora biti dovoljno precizan, ali i konstruiran tako da podnese boravak na otvorenom i svakodnevni dnevni rad s instrumentom

Mjerenja možemo razvrstati ovisno o razini kontakta između mjernog uređaja i medija u kojem vršimo mjerenja na mjerenja „in situ“ i daljinska mjerenja. In situ mjerimo na pr. temperaturu zraka, jer su termometar i zrak u neposrednom dodiru, a temperatura površine tla se može mjeriti posredno EM zračenjem koje od tla dolazi do prijavnika odnosno mjerimo na daljinu.

Mjeriti znači uspoređivati mjerenu veličinu s nekom dogovorenim jedinicom. Tako udaljenost iskazujemo u metrima, stopama, km, ili koracima, jer smo mjerenu udaljenost usporedili s odabranom mjerom. Masu možemo mjeriti tako da usporedimo uzorak i dogovorenu jedinicu (broj utega od 1 kg, broj punih limenki Coca-cola i sl.). Ovo su primjeri jednostavnijih mjerenja, jer uspoređujemo istovrsne veličine.

Međutim da bismo izmjerili temperaturu zraka, vode ili tla vode koristimo fizikalne pojave, procese i svojstva koji se mijenjaju promjenom temperature.

Živin termometar za mjerenje temperature zraka je primjer takovog složenog mjerenja, jer mjerimo promjenu volumena žive nastalu uslijed promjene temperature zraka.

Proces mjerenja-mehanizam rada termometra pretpostavlja da se prijenos topline između zraka, stakla i žive odvija nesmetano te da su svi drugi procesi prijenosa topline zanemarivi. U uvjetima kad je instrument-termometar potpuno ispravan ipak može doći do pogrešaka pri mjerenju, ako nisu ostvarene osnovne pretpostavke za njegov način rada. Tako na primjer ako je staklo termometra prljavo, mokro, ako je termometar u neposrednom dodiru s izvorom topline, ako se u blizini nalazi izvor EM zračenja, ako je termometar pod utjecajem mikrovibracija (u blizini prometnice) može doći do pogrešaka mjerenja.

Ako poznajemo mehanizam rada mjernog uređaja tada ćemo razumjeti zašto su pri mjerenjima potrebni određeni postupci- GLOBE protokoli, a naravno moći ćemo i lakše izbjeći određene pogreške mjerenja.

## Svojstva instrumenta

- **Vrijeme odgovora instrumenta** - ovisi u kojem sredstvu mjerimo temperaturu (promjena u zraku može biti čitav stupanj u nekoliko sekundi. Predugo vrijeme - značilo bi da instrument daje neku srednju vrijednost, a prekratko vrijeme onemogućava očitavanje termometra ako se vrijednosti stalno mijenjaju)
- **Raspon skale**
- **Razlučivost ili preciznost** (najmanji dio skale koji možemo odrediti, pročitati na instrumentu)
- **Točnost** (određena je najvećom dozvoljenom pogreškom i mjernim opsegom – *certifikat proizvođača*)

Raspon skale treba odgovarati očekivanim uvjetima koji se mogu javiti tijekom mjerenja.

**Preciznost** je mjera pouzdanosti mjernog [uređaja](#) ili pomagala kojim se služimo pri mjerenju. Ukoliko [duljinu](#) procjenjujemo preko vizualnog dojma, preciznost nije velika, ali kad koristimo [ravnalo](#) preciznost je veća.

**Preciznost** i **točnost** nisu sinonimi, a često ih pogrešno koristimo kao da imaju jednako značenje.

**Točnost** opisuje odstupanje izmjerene veličine od njene stvarne vrijednosti. Da bismo odredili točnost potrebno je usporediti mjerenja na našem uređaju s mjerenjima instrumenta koji je precizniji. Točnost svakog uređaja je potrebno redovito provjeravati (umjeravati uređaj).

---

## NE ZABORAVITE :

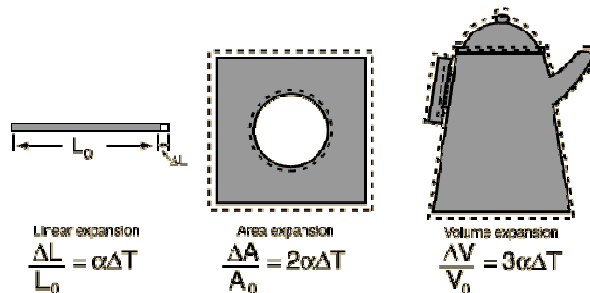
### Način mjerenja, vrijeme, mjesto i postupci moraju biti usporedivi

- **Točnost** opisuje odstupanje izmjerene veličine od njene stvarne vrijednosti. Da bismo odredili točnost potrebno je usporediti mjerenja na našem uređaju s mjerenjima instrumenta koji je precizniji. Točnost svakog uređaja je potrebno redovito provjeravati (umjeravanje, kalibriranje)
  
  - **Uspoređivati rezultate mjerenja i donositi zaključke** možemo samo ako mjerimo:
    - istovrsnim uređajem (jednake preciznosti i točnosti)
    - na točno utvrđen jednak način (slijediti upute/protokole za mjerenje).
-

# Termometri

Princip rada:

- 1. volumno širenje
  - stakleni (alkoholni, živini)
  - bimetalni
- 2. promjena električnih svojstava



**Najčešći princip rada termometara:**

1. Volumen tijela koji se mijenja s temperaturom (npr. volumen žive u živinom termometru)
2. Električna svojstva koja ovise o temperaturi:
  - električni otpor vodiča koji se mijenja s temperaturom,
  - elektromotorna sila koja se javlja na spoju dvaju različitih metala, a čiji iznos ovisi o temperaturi.
3. Mjerenje iznosa i raspodjele po spektru energije koju odzračuje tijelo čiju temperaturu mjerimo

## Provjera točnosti termometra

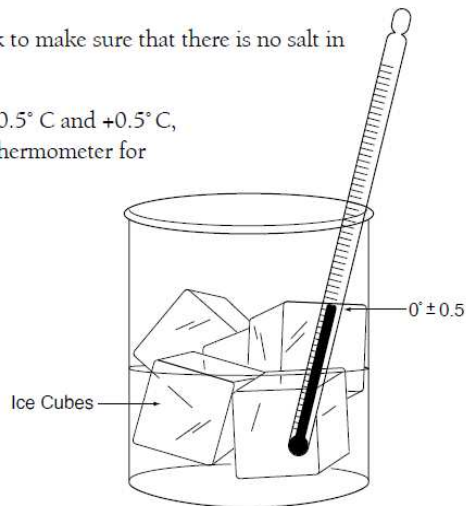
Kalibracijski termometar-  
točnost barem  $0,5\text{C}^{\circ}$

Provjera:

- Ledena kupka
  - 100 ml vode i 400 ml zdrobljenog leda
- Topla kupka
  - Voda tjelesne temperature, medicinski termometar

to make sure that there is no salt in

$0,5^{\circ}\text{C}$  and  $+0,5^{\circ}\text{C}$ ,  
thermometer for



Točnost svih termometara kojima se služimo pri GLOBE mjerenjima treba redovito provjeravati. Točnost provjeravamo tako da usporedimo vrijednost temperature koju pokazuje kalibracijski termometar s vrijednosti na našem instrumentu.

Međutim i **kalibracijski termometar treba prije prve upotrebe i zatim svakih šest mjeseci provjeriti**. Redovito vodite bilješke o izmjerenim vrijednostima.



## Provjera točnosti termometra

- Uspoređujemo vrijednosti na kalibracijskom termometru i termometru koji provjeravamo
- Provjeravamo točnost instrumenata svakih 6 mjeseci
- Nekoliko puta tijekom dana očitamo vrijednosti s oba termometra

Točnost termometara treba biti 1 C°, a preciznost 0.5°. (termometri za vodu i tlo mogu imati preciznost 1C). To znači da sa skale trebamo moći očitati temperaturu barem na pola stupnja (odnosno 1 stupanj kod mjerenja vode i tla).

Kalibracijski termometar stavimo u kućicu i nekoliko puta tijekom dana očitamo vrijednosti na kalibracijskom termometru i na U termometru (digitalnom termometru).

Termometar za tlo i vodu možemo provjeravati tako da ih zajedno s kalibracijskim termometrom uronimo u posudu s vodom ili ostavimo na sobnoj temperaturi.

**Pripazite!** 12 C znači da raspolažemo instrumentom koji može mjeriti samo cijele stupnjeve dok 12,0 znači da je naš instrument precizniji, mjeri desetinke stupnja, ali je tada bilo baš dvanaest stupnjeva. Učenici, čak i starijih dobnih skupina, često u ovome griješe misleći da ako nema desetinki stupnja to nije niti potrebno napisati. Navikavanje učenika na pravilno mjerenje, bilježenje i uočavanje je izuzetno važno ne samo u GLOBE programu nego općenito za usvajanje znanja i vještina u prirodoslovlju pa ovom dijelu treba posvetiti naročitu pažnju. GLOBE protokolima je uglavnom definirana točnost kojom morate mjeriti određene veličine, ali će to ovisiti i o instrumentu kojim raspolažete. Stoga treba provjeriti podatke o instrumentu.

**Točnost termometara ćete provjeriti uvijek kada nabavite novi uređaj i planirate ga koristiti za GLOBE mjerenja, uvijek kada duže vrijeme iz nekog razloga niste koristili instrument i barem dva puta godišnje ako je instrument u stalnoj upotrebi.**

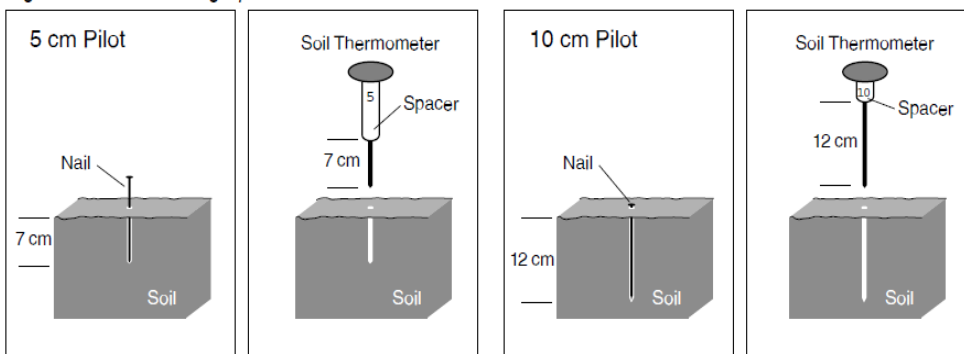
Ako se termometar "čudno ponaša" provjerit ćete ga nekoliko puta tijekom dana i u različitim temperaturnim uvjetima. Podsjetite se kako se obrađuju podaci o mjerenjima, računaju apsolutne i relativne greške. Nekoliko učenika može biti zaduženo samo za obavljanje redovite provjere točnosti svih instrumenata.

## Mjerenje temperature tla



Osjetnik je obično 2 cm od vrha sonde (provjeriti)

Figure SO-TE-1: Making Spacers for Your Soil Thermometer



Pri mjerenju temperature tla je važno da osjetnik termometra bude u neposrednom dodiru s tlom. Termometar za tlo može stajati neprestano u tlu ili ga stavljamo samo za vrijeme mjerenja. Tada svaki puta moramo postaviti termometar u tlo do određene dubine pazeći da je osjetnik u neposrednom dodiru s tlom. Ovisno o strukturi tla treba pronaći najbolji način postavljanja termometra. Bez obzira da li koristimo “zvijezdu” ili “liniju” kao način postavljanja termometra važno je da planiramo dovoljno veliku plohu kako bismo svaki puta termometar mogli postaviti na mjesto koje nije narušeno prethodnim mjerenjem.

Osjetnik za temperaturu je najčešće postavljen 2 cm od vrha sonde. Međutim obavezno provjerite prije prvog mjerenja gdje se nalazi osjetnik tako da polako pomičete prste duž sonde. Čim prsti dotaknu osjetnik, skala termometra će pokazivati promjenu, jer će vaša tjelesna toplina prelaziti na sondu termometra.

Temperatura tla se obično mjeri u neposrednoj blizini meteorološke kućice, na ravnoj površini s koje je skinuta vegetacija. Preporuča se mjeriti u isto vrijeme kada mjerite i temperaturu zraka. Međutim ako ne obavljate meteorološka mjerenja možete odabrati i neko drugo mjerno mjesto i termin. Mjerenja možete obavljati dnevno, tjedno, proučavati kako se temperatura mijenja tijekom dana, uspoređivati temperaturu tla prije i nakon što je pala oborina i sl.

## Mjerenje temperature vode



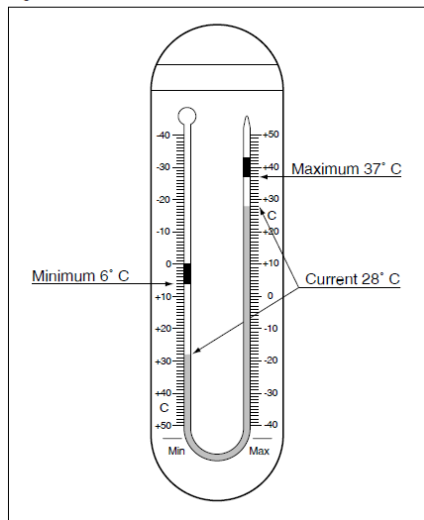
GLOBE protokolom je određeno da mjerimo temperaturu sloja vode u gornjih 20 cm. Mjerenje obavljamo tako da termometar stavimo u vodu ili uzmemo u kanticu uzorak vode iz tog sloja. Pri mjerenju uzorka treba pripaziti da mjerenje obavimo što brže, ali vodeći računa o vremenu odgovora termometra. Posebno treba pripaziti ako je temperatura vode i zraka različita, jer će tada doći do prijenosa topline između kante s vodom i zraka. Da bismo to spriječili dobro je da kanta ima veći volumen (2l i više, da je plastična, svjetla kako ne bi manje apsorbirala sunčevo zračenje). Obično mjerimo tri puta (neposredno u vodi ili uzimamo tri uzorka). Ukoliko se rezultati mjerenja razlikuju za više od jednog stupnja mjerenje treba ponoviti.

Termometri za vodu su zaštićeni metalnim ili plastičnim oklopom u kojem ostane određeni volumen vode oko spremnika kako bi se osigurao neposredni dodir spremnika i vode. Nakon svakog mjerenja obavezno obrišite i osušite termometar te povremeno provjerite da se na termometru ne bi taložio kamenac ili nečistoće.

Temperaturu vode mjerimo svaki dan, tjedno ili mjesečno što ovisi uvelike o svojstvima rijeke, jezera odnosno vodene površine i dobu godine u kojem vršimo mjerenja. Pokušajte povremeno organizirati mjerenja vode tijekom dana ili mjerite nekoliko dana uzastopce prateći pri tome vremensku situaciju.

## Mjerenje temperature zraka

Figure AT-MM-1: Maximum/Minimum Thermometer



Izmjerene vrijednosti temperature zraka trebaju biti reprezentativne za vaše istraživačko područje, a ne samo za mjesto na kojem se nalazi termometar. Da bismo to postigli stavljamo termometar u meteorološku kućicu (nacrt u priručniku). Osigurajte da oko termometra može strujati zrak tj. objesite ga tako da ne dodiruje stjenke kućice. Prije mjerenja pokušajte procijeniti kolika je temperatura zraka, a možete i provjeriti u medijima službene podatke. Tako ćete izbjeći grube pogreške pri očitavanju termometra. Tijekom mjerenja najprije otvorite vrata kućice i sačekajte nekoliko minuta da se zrak u kućici izmiješa sa zrakom izvan. Mjerenje obavite brzo, pazeći da ne pušete u smjeru termometra (temperatura vašeg daha je oko 37 C i pogotovo za hladnog vremena će utjecati na rezultat mjerenja ).

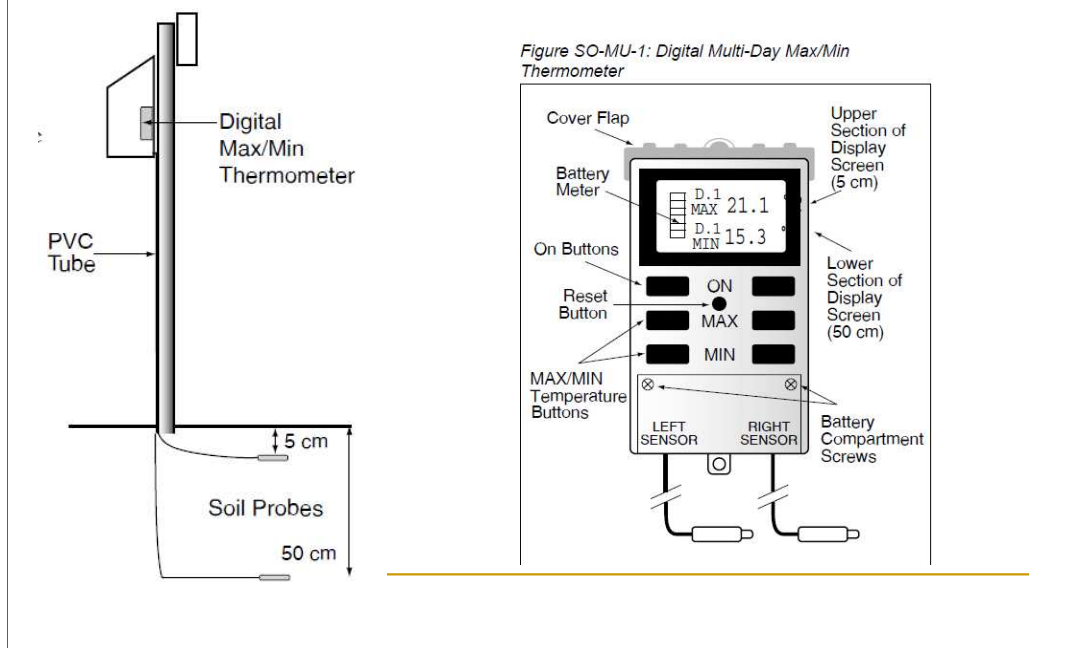
Trenutnu temperaturu očitajte na desnom kraju termometra. Budući da nisu brojevima označeni svi stupnjevi pripazite na kojem dijelu skale se nalazi vrh žive. Na primjer "Vrh žive je tri i pol crtice iznad oznake za 15 stupnjeva. Dakle temperatura zraka je 18.5 stupnjeva." Dobro je da učenik koji vrši mjerenja naglas svaki puta kaže broj podioka iznad glavne oznake na termometru.

Maksimalnu temperaturu pokazuje donji rub desnog štipača. Minimalnu temperaturu pokazuje donji rib lijevog štipača. OPREZ : Na vrhu skale na lijevoj strani su označene niže temperature, odnosno skala "raste" prema dolje, obratno nego smo naviknuti.

Kada ste obavili mjerenja vratite štipače u dodir sa živom.

Ako je termometar vlažan, orošen, prije mjerenja ga lahano obrišite papirnom maramicom.

## Mjerenje temperature zraka i tla



Mjerenje temperature zraka i tla možete vršiti i pomoću digitalnih uređaja. Osjetnik za zrak se tada postavlja u kućicu tako da zrak može strujati oko sonde. Osjetnici za tlo se postavljaju na određenu dubinu u tlu. I ovaj uređaj je prije prvog mjerenja i svakih šest mjeseci potrebno provjeriti pomoću kalibracijskog termometra.

## Termometri

### Stakleni termometri:

- Zrak struji oko spremnika termometra, energija se prenosi sa zraka na staklo, zatim sa stakla na tekućinu.
- Zagrijavanjem se aktivna tekućina rasteže, ali se rasteže i kapilara, oklop i spremnik odnosno stakleni dijelovi.
- Kvaliteta instrumenta ovisi o kvaliteti stakla i skale (staklo se mora jednako rastezati u cijelom području mjerenja)

### Elektronski instrumenti

Kvaliteta instrumenta određuna je kvalitetom osjetnika  
(konstruiran da podnosi vanjske utjecaje – **OUTDOOR** )

Na tržištu ima veliki broj digitalnih termometara. Važno je provjeriti da li su namijenjeni za vanjske ili sobne uvjete. Na uređaju je obično naznačeno u kojem rasponu relativne vlažnosti zraka uređaj može raditi. Sjetite se da je u situacijama s maglom, oborinama i rosom relativna vlažnost zraka najčešće 100%.

**OBAVEZNO** prije kupnje provjerite da li svojstva instrumenta odgovaraju **GLOBE** uvjetima (raspon skale, vrijeme odgovora, preciznost i točnost) i vremenske uvjete u kojima uređaj može raditi.

## Uzroci grešaka pri mjerenju

- postavljanje instrumenta (ovisno o principu rada i osjetljivosti instrumenta (reprezentativno područje, daleko od izvora zračenja, u dodiru s medijem, zaštiti od direktnog zračenja)
- greške motritelja (paralaksa, toplina motritelja može poremetiti mjerenje, greška očitavanja-budući da nisu svi stupnjevi označeni motritelj lako može pogriješiti za 5 ili 10 st.)
- konstrukcija i materijali (Širenje stakla se ne može zanemariti pri točnosti koju tražimo – kvaliteta stakla, el. Osjetljivi na vlažnost i ekstremne vremenske uvjete)

**Sistematske pogreške** prouzročene su poznatim uzrocima i u načelu mogu biti uklonjene. Pogreške ovog tipa rezultiraju izmjerenim vrijednostima koje su konzistentno previsoke ili pak preniske. Dijelimo ih u 4 vrste prema uzroku.

•**Instrument:** Loše baždaren instrument, npr. termometar koji pokazuje 102°C u kipu čoj, a 2°C u zaleđenoj vodi pri normiranom atmosferskom tlaku. Takav instrument pokazivat će izmjerene vrijednosti koje su konzistentno previsoke.

•**Opazrač:** Npr. očitavanje skale metra pod nekim kutem.

•**Okolina:** Npr. pad napona u gradskoj mreži uslijed kojeg će izmjerene struje biti stalno preniske.

•**Teorija:** Uslijed pojednostavljenja modela ili aproksimacija u jednadžbama koje ga opisuju. Npr. ako prema teoriji temperatura okoline ne utječe na očitavanja, a u stvarnosti utječe, taj će faktor predstavljati izvor pogreške.

**Slučajne pogreške** su pozitivne i negativne fluktuacije koje čine otprilike polovinu mjerenih vrijednosti preniskim, a polovinu previsokim. Uzroci slučajnih pogreški ne mogu uvijek biti identificirani. Mogući uzroci su sljedeći:

•**Opazrač:** Npr. greška u prosudbi opažrača kad očitava vrijednosti na najmanjem podjeljku skale.

•**Okolina:** Npr. nepredvidive fluktuacije mrežnog napona, temperature ili mehaničkih vibracija uređaja.

**Gruba pogreška** nema veze ni s jednim od gore navedenih čimbenika, već je rezultat grubog, subjektivno uvjetovanog propusta u mjernom postupku. Opažrač može zabilježiti krivu vrijednost, krivo očitati sa skale, zaboraviti znamenku prilikom očitavanja sa skale ili učiniti drugi sličan propust. Rezultati s ovakvim pogreškama trebali bi vidljivo odskakati od ostalih, ako je učinjeno više mjerenja ili ako jedna osoba provjerava rad druge. Oni se ne bi smjeli uključiti u analizu podataka.

## Postupak pri mjerenju

- prvo procijeniti desetinke ( prije nego termometar reagira na našu prisutnost)
- očitati pune stupnjeve
- provjeriti očitavanje
- Osigurati dodir medija (vode ili tla) uz osjetnik termometra

Da bismo izbjegli grube i slučajne pogreške potrebno je pridržavati se uputa pri mjerenju, dobro poznavati instrument kojim se služimo i razumjeti fizikalni princip na osnovu kojeg instrument radi.

Osim toga je važno redovito održavati instrument i provjeravati njegovu točnost.



## Postupci pri mjerenju

- METADATA – podaci o uvjetima tijekom mjerenja, promjeni okoline, neobičnim pojavama
- Temperatura je meteorološki element koji je posebno osjetljiv na način izlaganja instrumenta. Sjetite se da se toplina prenosi vođenjem, miješanjem i zračenjem
- “grubo”rukovanje i nagle promjene temperature mogu razdvojiti nit
- Vlaga je posebno “opasna” za elektroničke uređaje

## Održavanje instrumenta

- Redovito kalibrirati – provjeravati točnost
- ne izlagati naglim promjenama temperature, tresi, premještati

stakleni termometar - ne dodirivati prstima, redovito čistiti destiliranom vodom

- metalni termometar - osušiti, očistiti od čestica tla
- Elektronski – osušiti i očistiti sonde, redovito mijenjati baterije, ne izlagati niskim temperaturama i velikoj vlazi

---

Puno uspjeha u GLOBE aktivnostima

*Hvala na pažnji*

---