


4 Toplina i temperatura

-**TOPLINA** - jedan od oblika energije (jedinica $J = N \cdot m = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$)
 -**TEMPERATURA** - stupanj zagrijanosti objekta (jedinica $K = ^\circ C + 273,15$)

Izvor topline na Zemlji je sunce



Toplina - prijelazni oblik energije koji se prenosi između dva tijela kao rezultat razlika njihovih temperatura

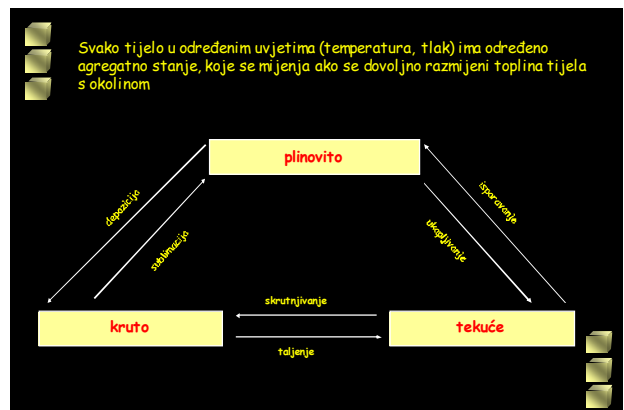
Temperatura - mjera za toplinu kao energijsko stanje neke tvari

Trojna točka vode - stanje s određenom temperaturom i tlakom u kojem su sve tri faze (para, voda, led) u ravnoteži

Prikaz nekih često korištenih temperatura s vrijednostima izraženim na raznim temperaturnim ljestvicama:

Opis	Kelvinova	Celzijeva	Fahrenheitova	Raankineov	Delisleova	Newtonova	Réaumurova	Ramerova
Apsolutna nula	0	-273,15	-459,67	0	559,725	-90,14	-218,52	-135,90
Ledište vode	273,15	0	32	491,67	150	0	0	7,5
Vrelište vode	373,15	100	212	671,67	0	33	80	60

$T (K) = t (^\circ C) + 273,15$
 $T (^\circ C) = 5/9 \cdot (^\circ F - 32)$



Razmjena energije u biosferi

Aktivni sloj podloge - mjesto razmjene energije između podloge prekrivene biljem i atmosfere

Toplinski obračun za aktivni sloj podloge

$$B_0 + P + A + F + E + Q = 0$$

Gdje je:

- B_0 - neto zračenje (Sunce, protuzračenje atmosfere i tla)
- P - toplina razmijenjena između aktivnog sloja i unutrašnjosti podloge
- A - razmjena topline aktivnog sloja i atmosfere
- F - "svjetlosna energija" (fotosinteza, respiracija u biljkama)
- E - latentna toplina isparavanja/kondenzacije
- Q - toplina zagrijavanja/ohlađivanja biljnog pokriva

Razmjena topline između okoline i životinja

$$B' + P + A + M + E = 0$$

B' - razlika primljene i emitirane energije (B_0 , ostale životinje u blizini, zidovi nastambe)
 P - toplina razmijenjena između životinje i podloge
 A - razmjena topline životinje i atmosfere
 M - rezultanta dovoda i odvoda topline do kože unutar tijela
 E - latentna toplina isparavanja/kondenzacije



$P > 0$ za topli pijesak
 $P < 0$ za hladni beton
 $P \approx 0$ za životinju koja stoji

$A < 0$, uglavnom (atmosfera hladnija od toplokrvnih životinja)

Prijenos topline kroz zaštitni sloj perja ili krzna:

$$q = \frac{\rho c_p \Delta T}{r}$$

q - gustoća toka topline
 ρ - gustoća zraka
 c_p - spec. toplinski kapacitet zraka uz stalni tlak
 ΔT - razlika temperature između vanjskog i unutrašnjeg sloja
 r - otpor zaštitnog sloja prijenosu topline (kratka dlaka oko 200, ovčja vunai do 1500 m²s)

"Dodatna vrijednost" krzna/perja:

Kostriješćenje: $r_1 + r_2$

Voda se spori je grije i spori je hladi od kopna:

- 1) Specifični toplinski kapacitet vode 4 x veći od spec. toplinskog kapaciteta tla
- 2) Vođenje topline u vodi je bolje nego u tlu
- 3) Apsorpcija i transmisija kratko- i dugovalnog zračenja
- 4) Miješanje vode:
 - toplinsko miješanje
 - horizontalna vodena strujanja (termalna konvekcija: hladna voda dolje, topla gore)
 - vjetar, valovi

Razlike između slane i slatke vode: slana je gušća, niže ledište

"Anomalija vode": nije najgušća kao krutina/led, dakle, na 0°C, nego na +4°C

Implikacije: životna Zemlji možda ne bi ni nastao (smrzavanje voda "odozgo")

Toplina u tlu i vodi

Grijanje i hlađenje kapna i vode

Razlika temperatura između dva objekta uzrokuje prijenos topline, tzv. toplinski tok

$$P = -k_i \frac{t_2 - t_1}{z_2 - z_1}$$

gdje je
 P - toplinski tok
 k_i - koeficijent toplinske vodljivosti
 t_1 - temperatura na dubini z_1
 t_2 - temperatura na dubini z_2

k_i ovisi o materijalu, veličini čestica, poroznosti, vlazi.

Podloga	k_i
Zrak	0,00025
Rahli snijeg	0,00075
Srednje zbijeni snijeg	0,0063
Jako zbijeni snijeg	0,0226
Voda na 0°C	0,0059
Led na -10°C	0,023
Sušto tlo	0,0017-0,0034
Vlažno tlo	0,013-0,034
Granit	0,027
željezo	0,67

Atmosfera se vrlo malo zagrijava od izravnog Sunčevog zračenja

Grijanje atmosfere - posredno, tj. prima energiju od podloge

Atmosfera (troposfera) - najtoplija je pri dnu, a s visinom temperatura opada

Svi dijelovi Zemlje ne griju se jednako

Toplinska vodljivost tla ovisi o: sastavu tla, količini zraka, vode ili leda u šupljinama

Širenje topline u dublje slojeve ovisi o toplinskoj vodljivosti tijela

Sušto sitnjeno tlo - manja toplinska vodljivost - jače zagrijavanje

Mokro zbijeno tlo - veća toplinska vodljivost - slabije zagrijavanje

Ljeto: Pješčano tlo (•) humus (•) travnati pokrov

Temperature nad različitim podlogama kolebaju od 4 do 7 °C

Dnevni hod gustoće toka topline u tlu:
 a - u srpnju, b - u siječnju

Dnevni hod upadnog zračenja i zračenja tla ekstremni površinske temperature tla nastupaju u vrijeme kad se krivulje presjecaju

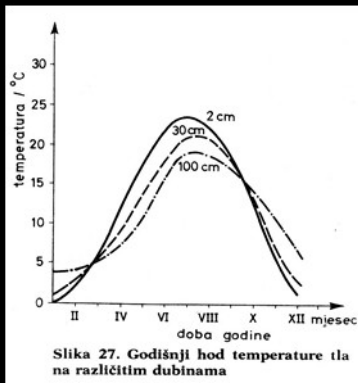
Temperatura tla

-raspon temperatura smanjuje se s dubinom

-najniže temperature površine tla su zimi, dok su ljeti najniže temperature na dubinama od 8-10 m

Dnevni hod temperature tla na različitim dubinama

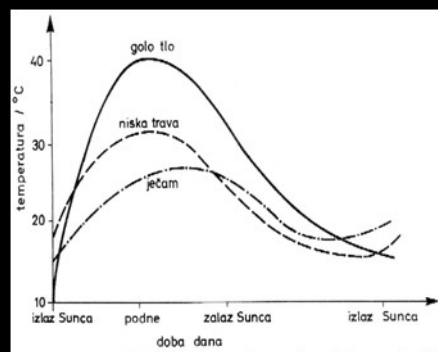
godišnji raspon temperatura u našem području prodiru u dubinu tla 8-15 m, a dnevni do 70 cm



Slika 27. Godišnji hod temperature tla na različitim dubinama

Gola tlo - veće temperaturne oscilacije

Tlo obraslo vegetacijom - manje temperaturne oscilacije



Slika 28. Dnevni hod temperature tla na golom tlu i u vegetaciji

Snježni pokrivač ima važan utjecaj na temperaturu tla (ozimine - snijeg kao toplinski izolator)

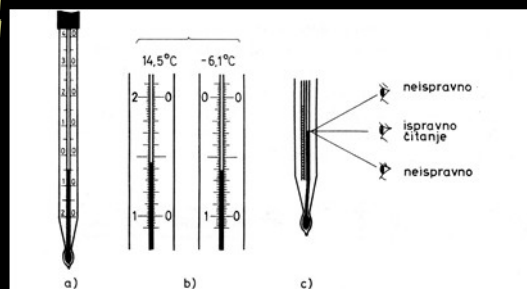
Vodne površine se zagrijevaju/hlade prijenosom toplinske energije procesima zračenja, vođenja i prenošenja (konvekcije)

Termička konvekcija - proces prenošenja topline uvjetovan gibanjem vode zbog razlika u gustoći vode, jer gušća voda tone, a rjeđa se uzdiže (salinitet - premještanje slojeva vode)

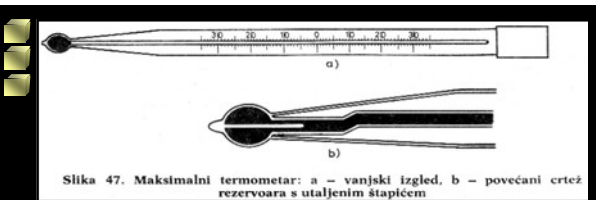
Dinamička konvekcija - proces prenošenja topline uvjetovan gibanjem vode zbog djelovanja vjetrova koji stvaraju valove, zatimplime i oseke, te morskih struja

Velike vodene mase (oceani, mora, velika jezera) - polako mijenjaju svoju temperaturu. Promjene temperature morske površine su male (0,5 °C), kao i godišnji rasponi (2,5 - 5 - 8 °C)

Mjerenje temperature



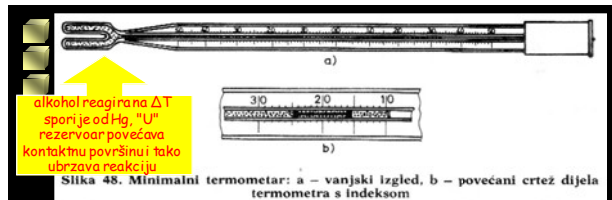
Slika 46. Obični termometar: a - vanjski izgled, b - stanje termometra kad je temperatura 14,5 i -6,1 °C, c - položaj oka pri očitavanju



Slika 47. Maksimalni termometar: a - vanjski izgled, b - povećani crtež rezervoara s utaljenim štapićem

Zagrijavanje: živa (Hg) izlazi iz rezervoara kraj utaljenog štapića

Hladenje: Hg se skuplja i vraća se u rezervoar, no, zbog utaljenog štapića, kapilaritet je prekinut, napetost stupca Hg se prekida, i stupac Hg ostaje u baždarenoj cijevici pokazivati maximum

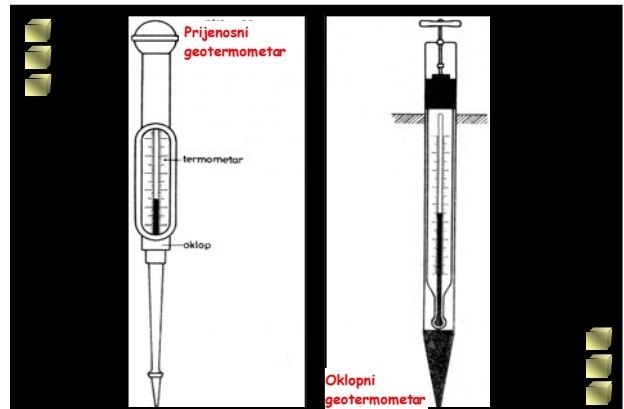
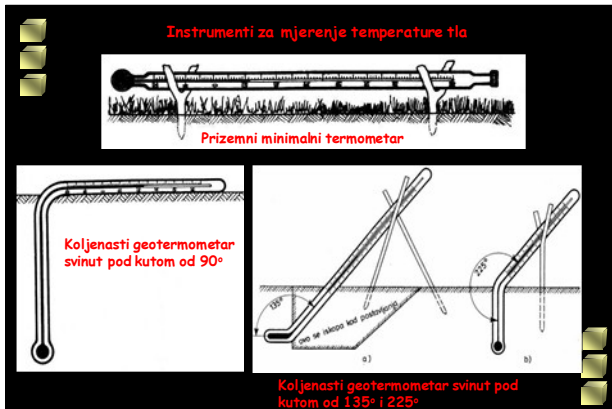


Slika 48. Minimalni termometar: a - vanjski izgled, b - povećani crtež dijela termometra s indeksom

alkohol reagira na ΔT sporije od Hg, "U" rezervoar povećava kontaktnu površinu i tako ubrzava reakciju

kraj indeksa koji pokazuje minimalnu temperaturu

meniskus: gura index prema rezervoaru pri povlačenju alkohola u rezervoar



Toplina u atmosferi

Temperatura zraka

Vertikalne promjene temperature

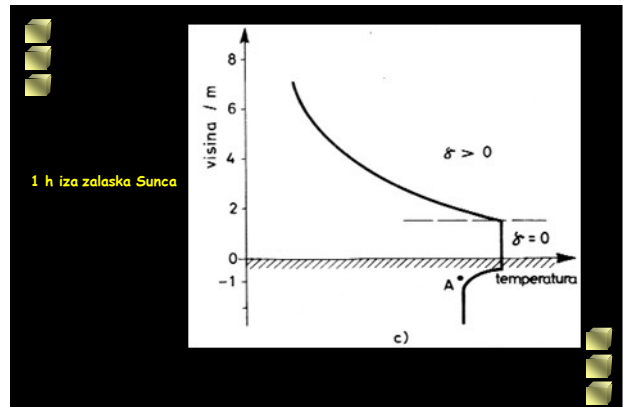
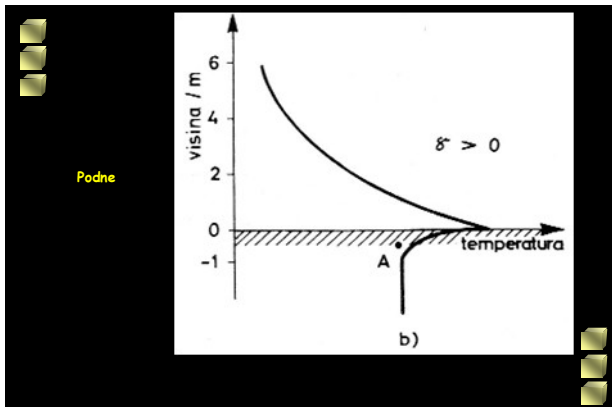
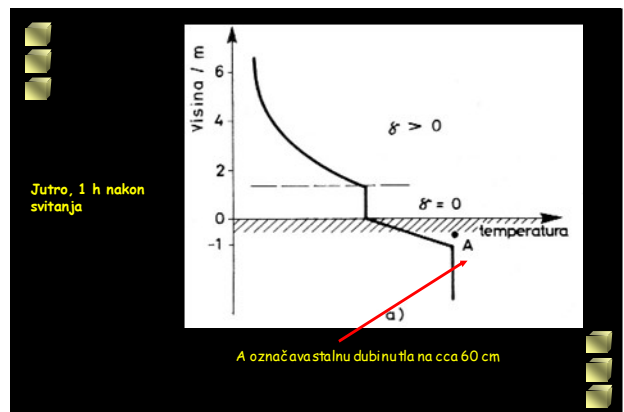
$$\frac{(T_2 - T_1)}{z_2 - z_1} = \frac{\Delta T}{\Delta z}$$

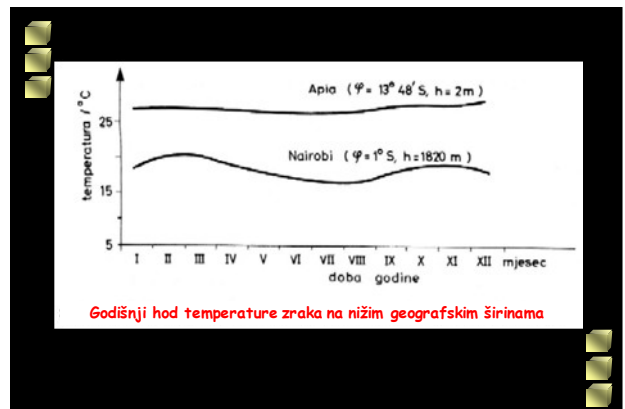
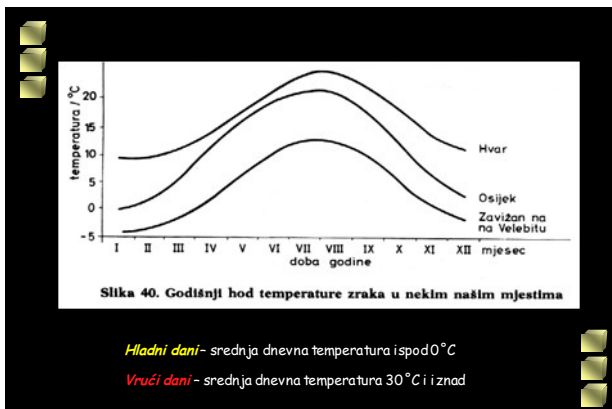
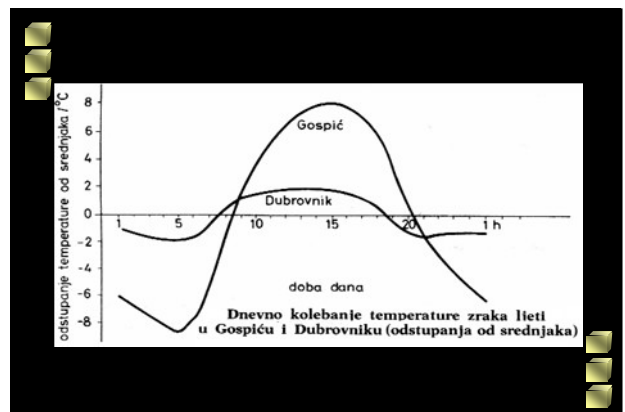
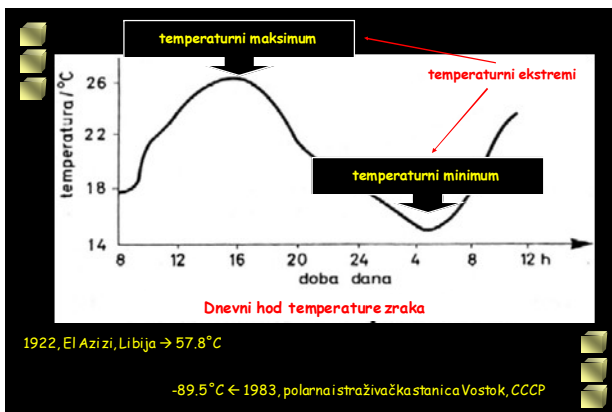
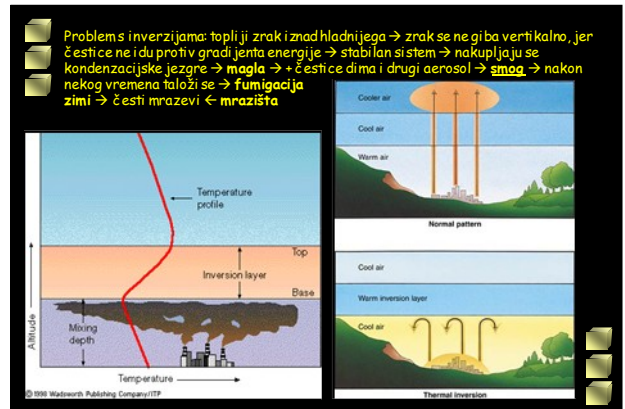
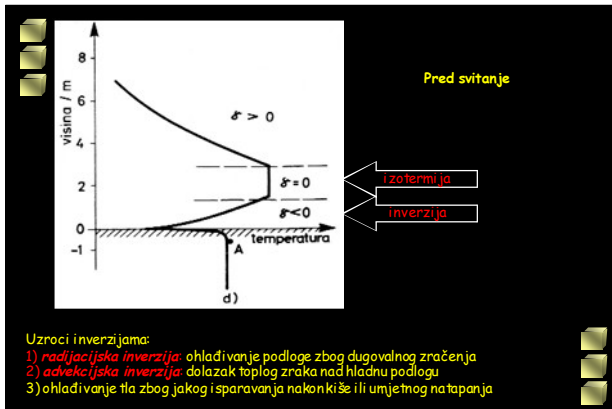
$$\gamma = -\frac{\Delta T}{\Delta z}$$

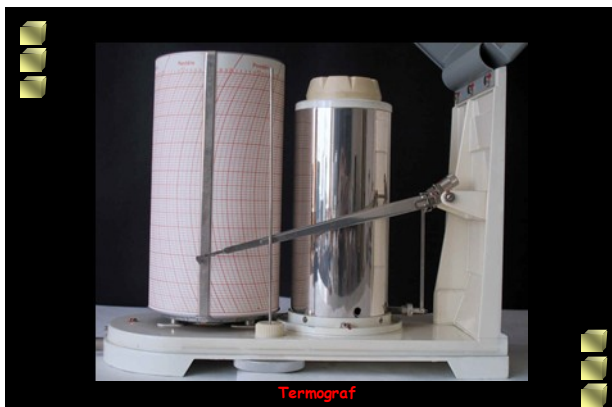
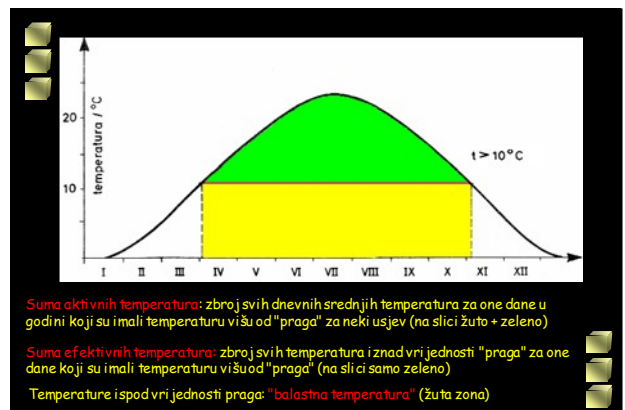
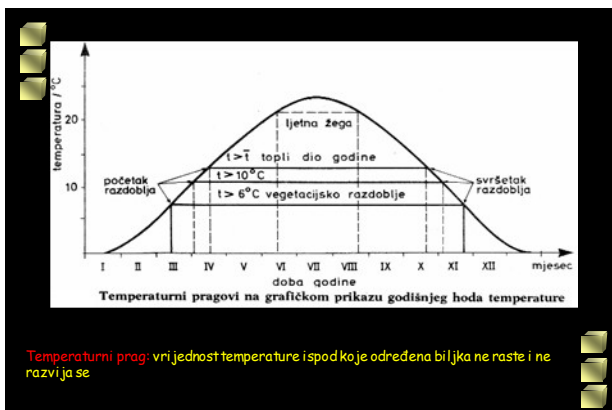
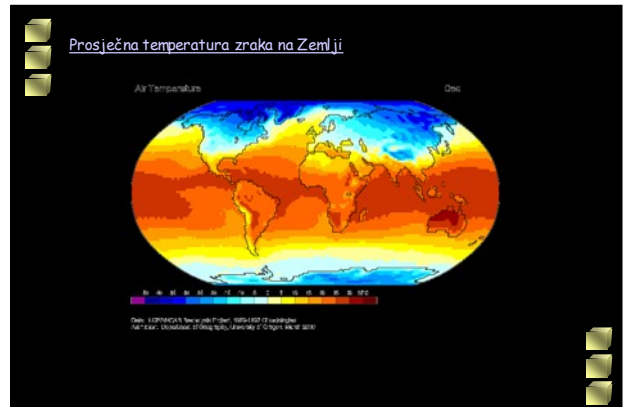
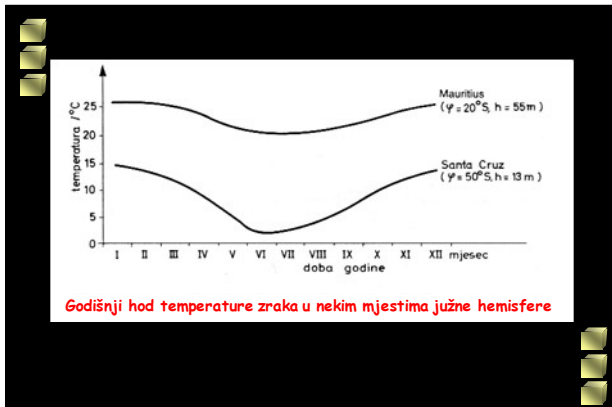
γ - vertikalni temperaturni gradijent [$^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ visine]
 T_1, z_1 - temperatura T_1 na visini z_1
 T_2, z_2 - temperatura T_2 na visini z_2

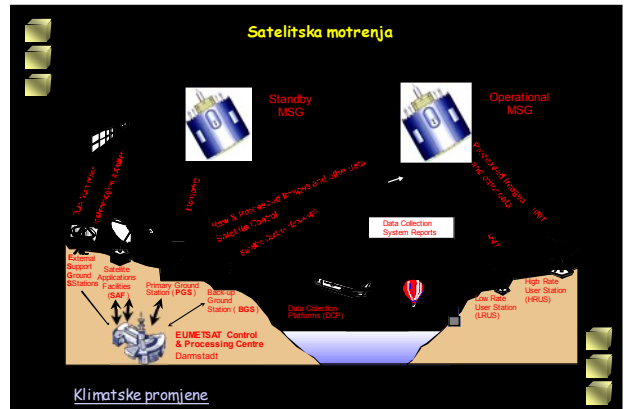
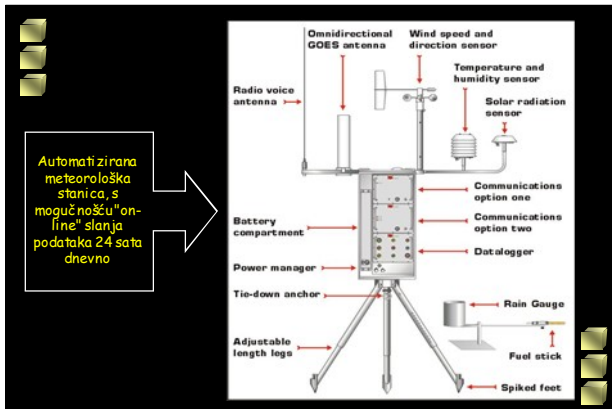
$\Delta T/\Delta z$ najčešće negativan, jer s porastom visine temperatura najčešće opada; stoga se obično razmatra veličina γ ;
 ukoliko temperatura s visinom opada, $\gamma = -[\Delta T/\Delta z > 0] \rightarrow \gamma > 0$
 ukoliko temperatura s visinom raste, $\gamma < 0 \rightarrow$ **temperaturna inverzija**
 ukoliko se temperatura s visinom ne mijenja, $\gamma = 0 \rightarrow$ **izotermija**

γ u slobodnoj atmosferi i između 0,6-0,7 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ visine; bliže površini veći, češće su inverzije









Važnost vanjske temperature za biljke i životinje

Procesi u biljci ovisni o temperaturi:

- apsorpcija (upijanje vode)
- usvajanje hraniva i plinova (CO₂)
- biokemijski procesi - dišanje, fotosinteza
- rast, razvoji i oba stanica

temperatura nije jednaka u svim stanicama jedne biljke

Temperatura dijelova biljke ovisi o:

- temperaturi okolnog medija
- gibanju zraka
- apsorpciji i emisiji zračenja
- njihovoj latentnoj toplini
- usklađenoj toplini
- otporu prijenosu topline (Koeff. k.)

Kardinalne točke za rasti razvoj biljaka (ovise o usjevu i njegovoj fenofazi):

- 1: Apsolutni minimum preživljavanja**
najniža temperatura na kojoj još biljka živi; ispod nje - smrt/uvencuće biljka umire ne zbog rasta kristala leda u staniči (kakose dugo vjerovalo), nego zato što biljka ispušta vodu iz stanice u međustanični prostor, stanični sok je gušći i ti me otporniji na smrzavanje; no, ukoliko i zađe previše vode, proteini mogu presušiti te i reverzibilno promijeniti "Smrzavanje" čaja, banane, kave, itd. na temperaturama višim od 0°C



dehidracija proteina u fazama

- 2: Vegetacijska nulta točka**
temperatura do koje biljka ne raste i ne razvija se, neto proizvodnja = 0
- 3: Optimum ili najpovoljnija temperatura**
temperatura na kojoj procesi usvajanja i asimilacije rezultiraju maksimalnim prirastom biljnih asimilata
- 4: Apsolutni maksimum preživljavanja**
isušivanje tkiva zbog:
 - akumulacije asimilata u staničama ← povišene koncentracije u staničama
 - manjka vode za transpiraciju hlađenje tkiva ← koagulacija proteina u organelama i biljka ugiba od vrućine

vezano uz 4), "prisilna zrioba": naročito štetna u žitaricama; tijekom mladije zrna se suši, šećeri prelaze u škrob, oštećuju se proteini (glutein-"ljepilo") posljedice:

- zrno ne može više rasti ← malo, nenapunjeno, šturo
- zalihe škroba u zrnu male → manje hrane za mladu klicu i duće generacije
- kvaliteta škroba/brašna vrlo niska ← nema gluteina, "dizanje" ti jesta i pecivost je slaba

Ozime **Jarine**

T ₁₀ °C	Vrijeme od sjetve do nicanja u danima
18-20	6
10-12	14
5-7	22

T ₁₀ °C	Vrijeme od sjetve do nicanja u danima
18-20	7
10-12	30

Po temperaturnim afinitetima, biljke se dijele u:

- 1) Mikrotermne (kriofilne, frigidofilne):** biljke hladnijih krajeva
apsolutni minimum: 0-5 °C
optimum 25-31 °C
apsolutni maksimum 37 °C
- 2) Mezo-termne:** biljke umjerenih krajeva
povoljni raspon od 6-40 °C
- 3) Megatermne (termofilne):** biljke vrućih krajeva
vegetacijska nulta točka oko 15 °C
optimum 37 °C
apsolutni maksimum 50 °C

Usjev	Nicanje i oblikovanje vegetativnih organa, °C	Oblikovanje generativnih (plodnosnih) organa, °C
Pšenica	4-5	10-12
Raž	4-5	10-12
Ječam	4-5	10-12
Zob	4-5	10-12
Kukuruz	10-13	12-15
Grah	12-13	15-18
Suncokret	7-8	12-15
Soja	10-11	15-18
Pamuk	14-15	15-20
Riža	14-15	18-20

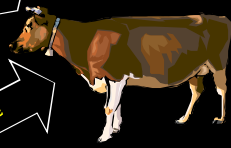
Utjecaj temperature na životinje

Životinje mogu donekle regulirati svoju temperaturu kroz prilagodbe metaboličma, znojenje, i zlučivanja druge vrste, kostri ješenje, hlađenje preko kože (uši), dahtanje, pijenje vode, itd.
A mogu i počiti u potragu za boljom okolinom (sjena, blatna kupka, voda)
Ukoliko su izložene ekstremima predugo...

Utjecaj vremena →

unos energije →

gubljenje energije metabolizmom →



Ukoliko su temperature niže od termoneutralnih, konverzija hrane i de nauštrb prirasta životinje (metaboli zam "i zgara" kalorije), treba više hrane za istu masu proizvoda; raste zimska dlaka/krzno
Hibernacija - "zimski san": trik nekih životinja da prežive nepovoljnu sezonu ← metaboli zam na minimumu, ali i zgara mast skupljenu u povoljnoj sezoni, pa životinja gubi na masi i budi se gladna!!!




Životinja	Potrebna temp. zraka u nastambi, °C
Krave	0-15, u rodilištu 10-20
Junad	6-12
Telad	7-12
Dojne krmače	16-22
Brede krmače, nazimice, nerasti	15-18
Prasad	1. tjedan 32-30, 3. tjedan 28-24
Tavljenici	12-18
Kokoši nesilice	14-24
Brojleri	16-26
Pilići	1. tjedan 32, 3. tjedan 28-25
Radni konji	7-15
Trkaći konji, ždrebad	10-18
Ovce i koze	6-15
Janjadi jarad	12-18
Tovni kunići	8-20