

Modul: Osnove bilinogojstva s agrometeorologijom

Agrometeorologija (I dio)

Predavač:

Doc. dr. sc. Bojana Brozović

Obavezna literatura:

Ivan Penzar, Branka Penzar: AGROMETEOROLOGIJA, Školska knjiga, Zagreb, 2000

Dodatna literatura:

❖ Penzar, B. i sur.: Meteorologija za korisnike, Školska knjiga, Hrvatsko meteorološko društvo, Zagreb, 1996

❖ Žugec, I. i sur. Vježbe iz Opće proizvodnje bilja - I dio, Agroklimatski pokazatelji. Interna skripta, str. 1-89, Poljoprivredni fakultet Osijek, 1996

❖ meteo.hr ← web stranice Državnog Hidrometeorološkog Zavoda

1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Vanjski utjecaji na biljku su:

1 **METEOROLOŠKI**

2 geomorfološki

3 edafski

4 biotički

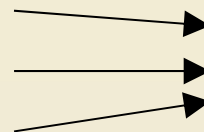
Vrijeme = kratkotrajna atmosferska stanja

Klima = skup svih vremenskih stanja nekog kraja tijekom godine i duže

Za biljku najvažniji meteorološki činitelji:

Zračenja:

Sunčevo zračenje (svjetlost, toplina)
toplinsko zračenje Zemljine površine
atmosfersko protuzračenje



temperatura tla
temperatura zraka

Voda i pretvorbe vode

prijelaz iz vodene pare u kapi vode – kondenzacija
prijelaz iz tekućeg u kruto stanje - kristalizacija



oblaci
oborine

Zračna strujanja:

strujanje usporedno s tlom – vjetar
uzlazne struje – konvekcija
silazne struje - supsidencija

1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Vanjski utjecaji na biljku su:

1 meteorološki

2 GEOMORFOLOŠKI

3 edafski

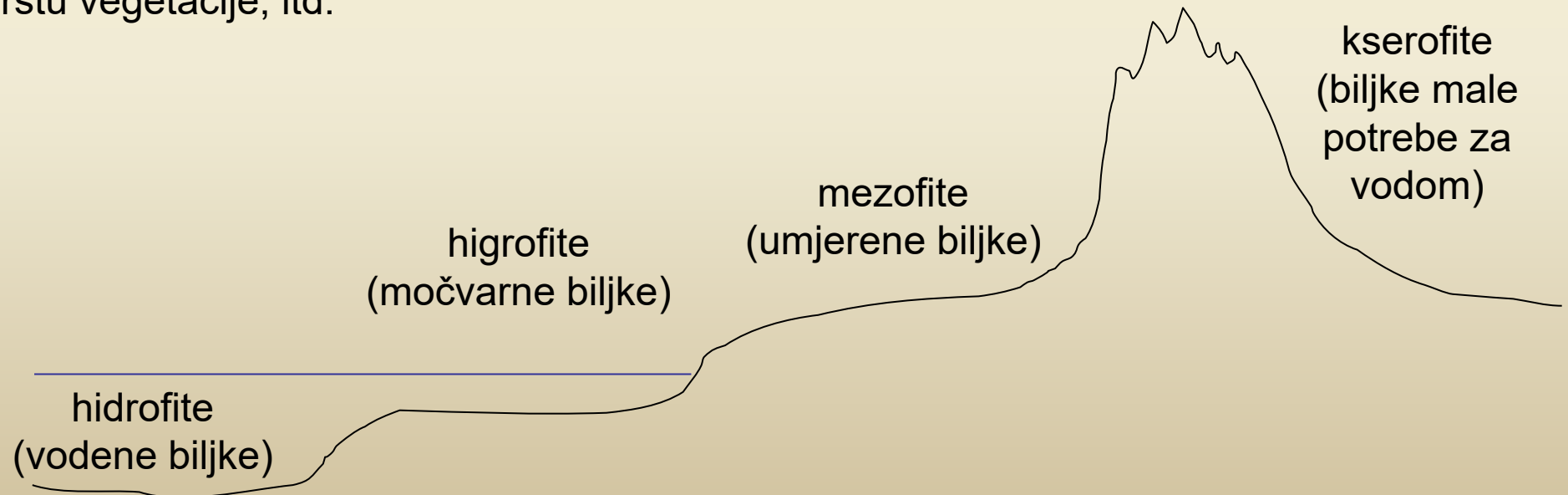
4 biotički

a) Nagib ili inklinacija

b) Izloženost ili ekspozicija djelovanjima vremena i drugih činitelja

c) Orijehtacija nagnutog terena prema određenoj strani svijeta

Utjecaj na eroziju (vodnu i zračnu), distribuciju oborina i vlažnost (ocjeđivanje, sušenje), vrstu vegetacije, itd.

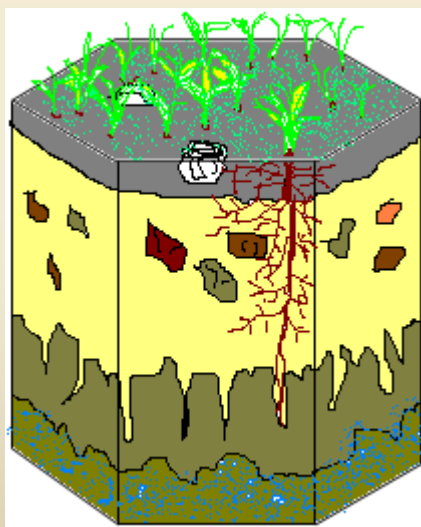


1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Vanjski utjecaji na biljku su:

- 1 meteorološki
- 2 geomorfološki
- 3 **EDAFSKI**
- 4 biotički

Svojstva tla



- tekstura tla

- struktura tla

- kemijska svojstva tla

- fizikalna svojstva tla

- količina humusa i organske tvari

1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Vanjski utjecaji na biljku su:

- 1 meteorološki
- 2 geomorfološki
- 3 edafski
- 4 BIOTIČKI

Utjecaj živih organizama na rast biljaka

Mikroorganizmi:

razlagači – saprofiti

štetočine – paraziti, bolesti

korisni mikroorganizmi – benefitni m.z., simbionti

Fauna:

gujavice/gliste

kukci

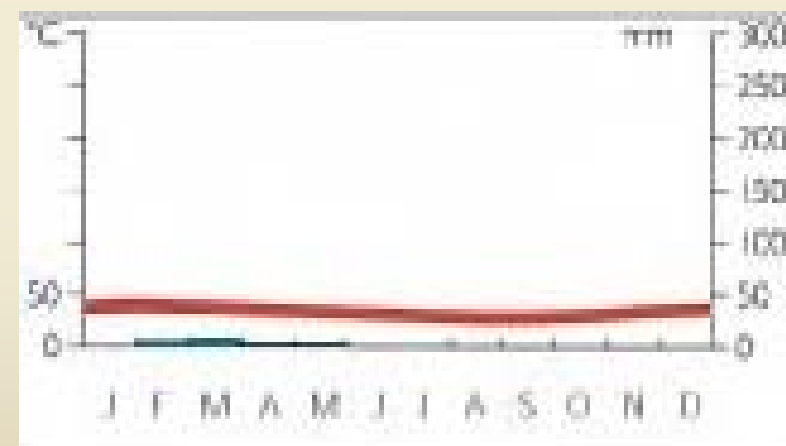
ptice

životinje

1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Prirodni razvoj rastlinja na Zemlji pod navedenim vanjskim utjecajima:

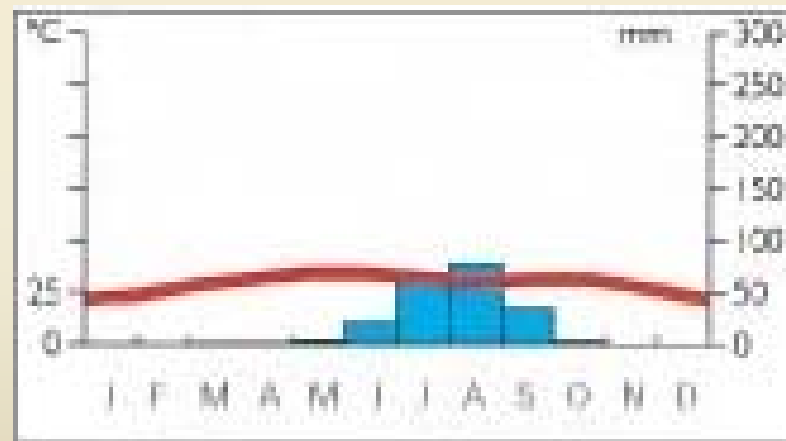
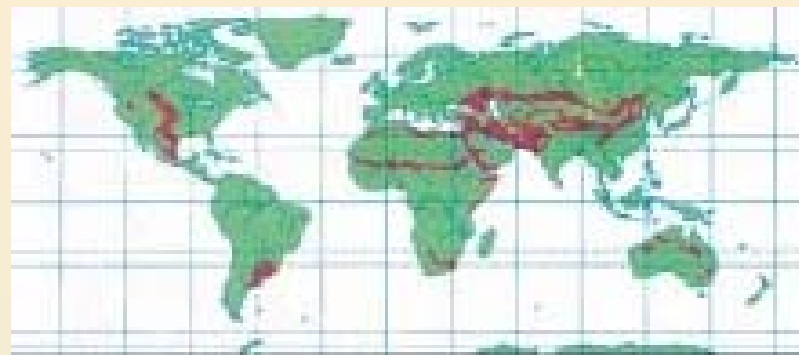
a) **vegetacija suhih ili aridnih, bezvodnih krajeva → pustinje**



1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Prirodni razvoj rastlinja na Zemlji pod navedenim vanjskim utjecajima:

b) travnata vegetacija polusuhih (semiaridnih) predjela → stepe, prerije, tundre



1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Prirodni razvoj rastlinja na Zemlji pod navedenim vanjskim utjecajima:

c) **vegetacija savana: travnjaci s grmolikim drvećem i gdjekojim većim stablom;**
karakteristična izmjena izrazito sušnih razdoblja s kišnim razdobljem



1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Prirodni razvoj rastlinja na Zemlji pod navedenim vanjskim utjecajima:

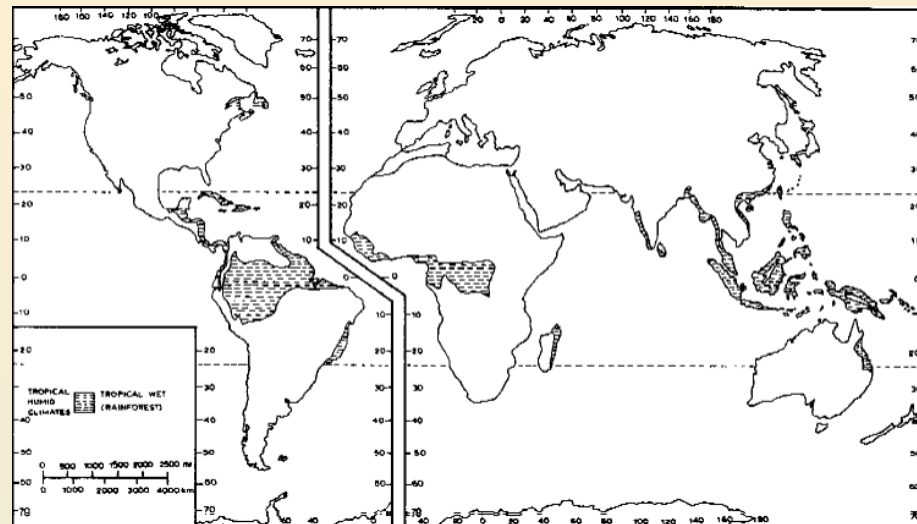
d) **vegetacija vlažnih ili humidnih krajeva → prirodne šume**



1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

Prirodni razvoj rastlinja na Zemlji pod navedenim vanjskim utjecajima:

e) **vegetacija izrazito vlažnih, perhumidnih krajeva → džungle**



1.2. Općenito o utjecaju atmosfere na biljke i životinje

"Neprirodno" raslinje: ratarske kulture

povoljniji utjecaji ⇔ intenzivna poljoprivreda,

nepovoljniji utjecaji ⇔ ekstenzivna poljoprivreda, ili potpuni izostanak poljoprivrede

Najsnažniji utjecaj na poljoprivredu:

- vrućina
- hladnoća
- suhost
- prevlaženost

Ekstremna stanja (oluje, poplave, prodori hladnog zraka)

Nepovoljne vremenske prilike:

- dugotrajne (promjena klime, sušnije i kišnije prilike)
- kratkotrajne (magla, vjetrovitost)

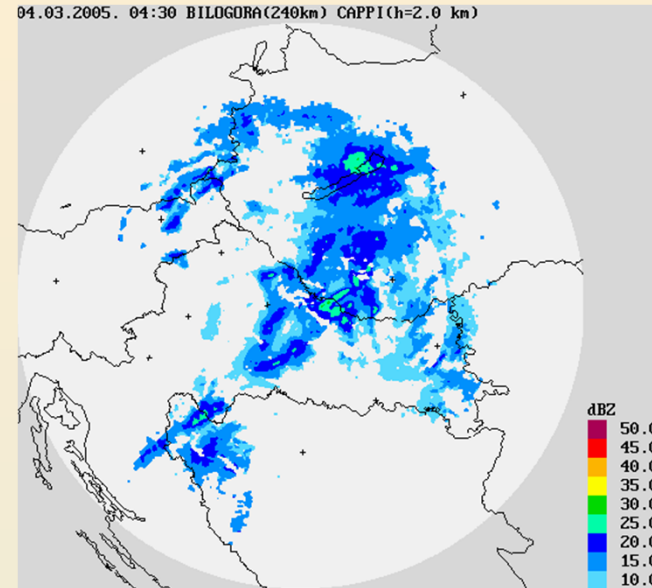
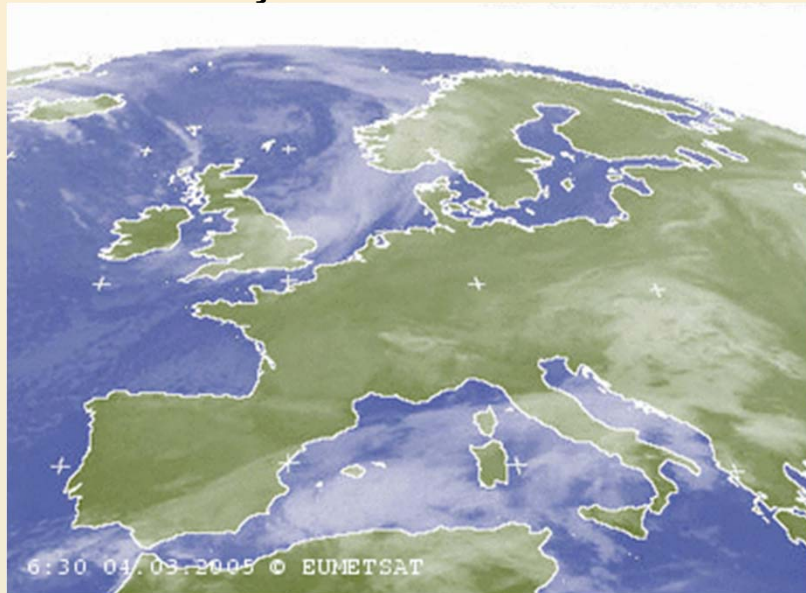
Utjecaj na prirodu, prinos i poljske poslove

Životinje: također podložne utjecajima atmosfere, napose pripitomljene vrste

Proučavanje vremena i klime te njihovih ekstrema ⇔ primjena u poljoprivredi

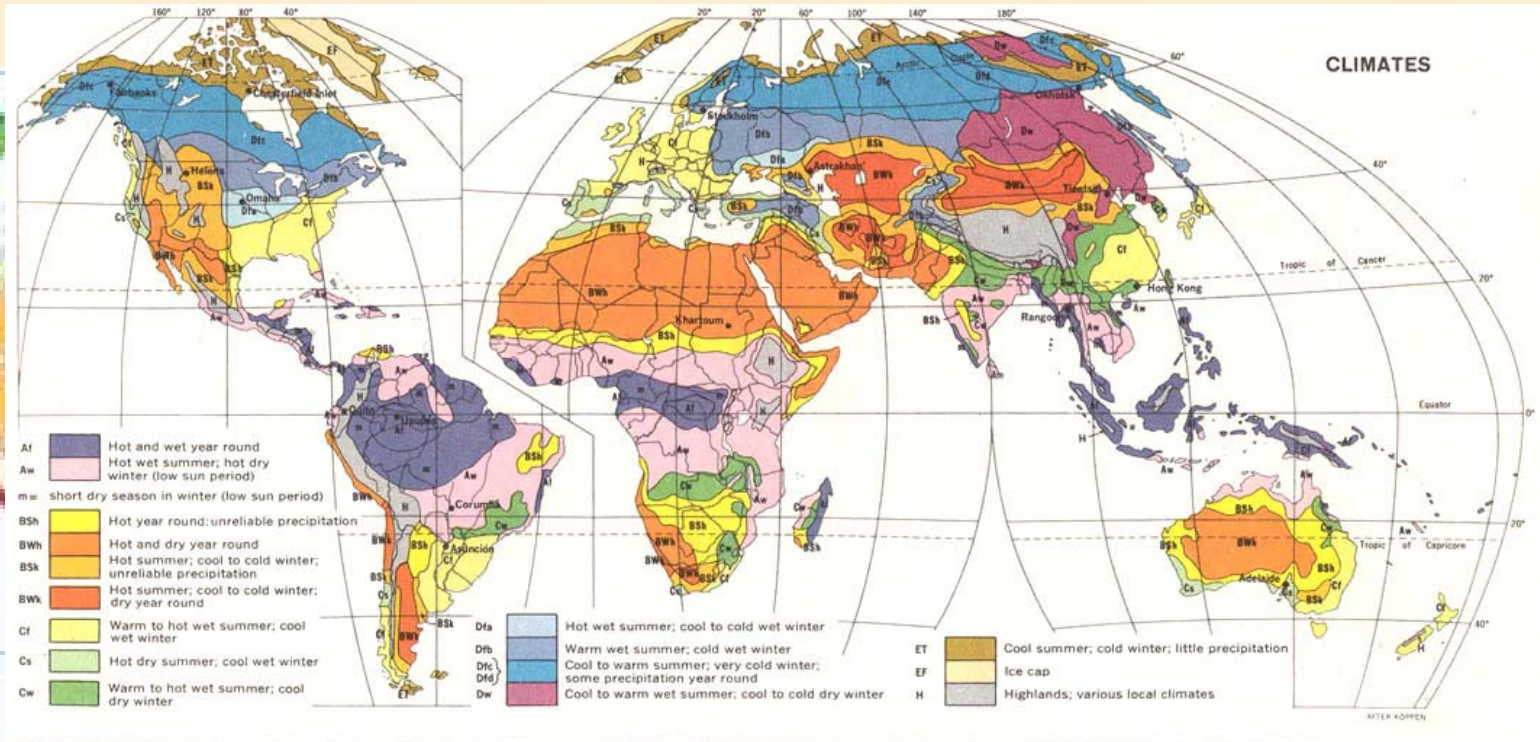
1.3. Vrijeme i klima. Meteorologija

Vrijeme: *ukupnost atmosferskih pojava i stanja atmosfere u određenom času na određenom mjestu*

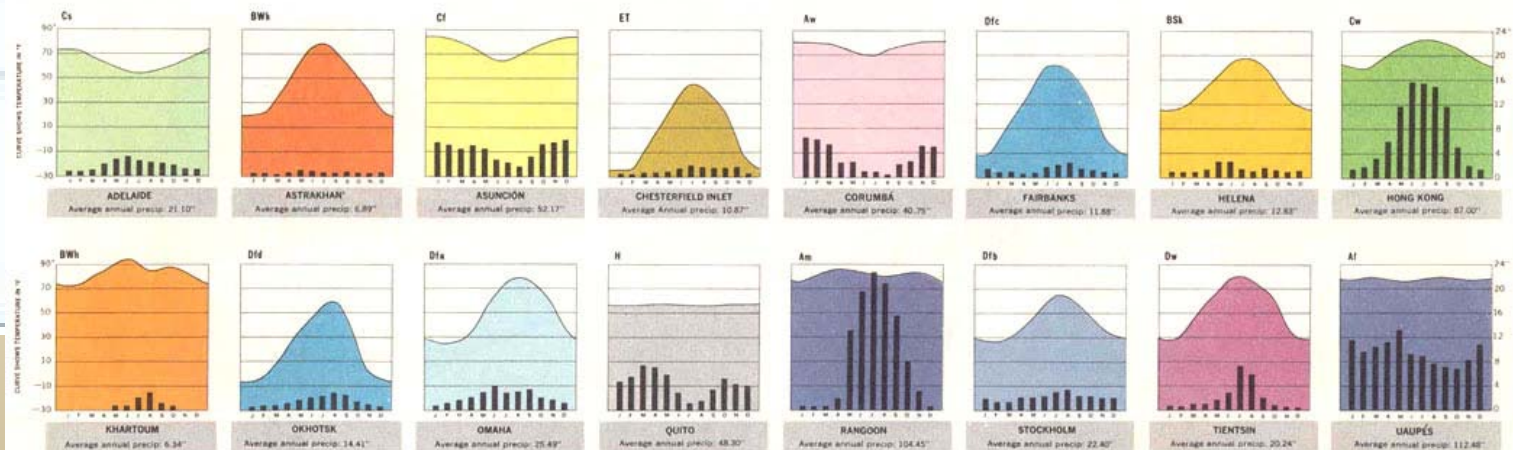


1.3. Vrijeme i klima. Meteorologija

Klima: *preovladavajuće stanje vremena, kao i pravilnost ili nepravilnost ponavljanja vremenskih tipova*

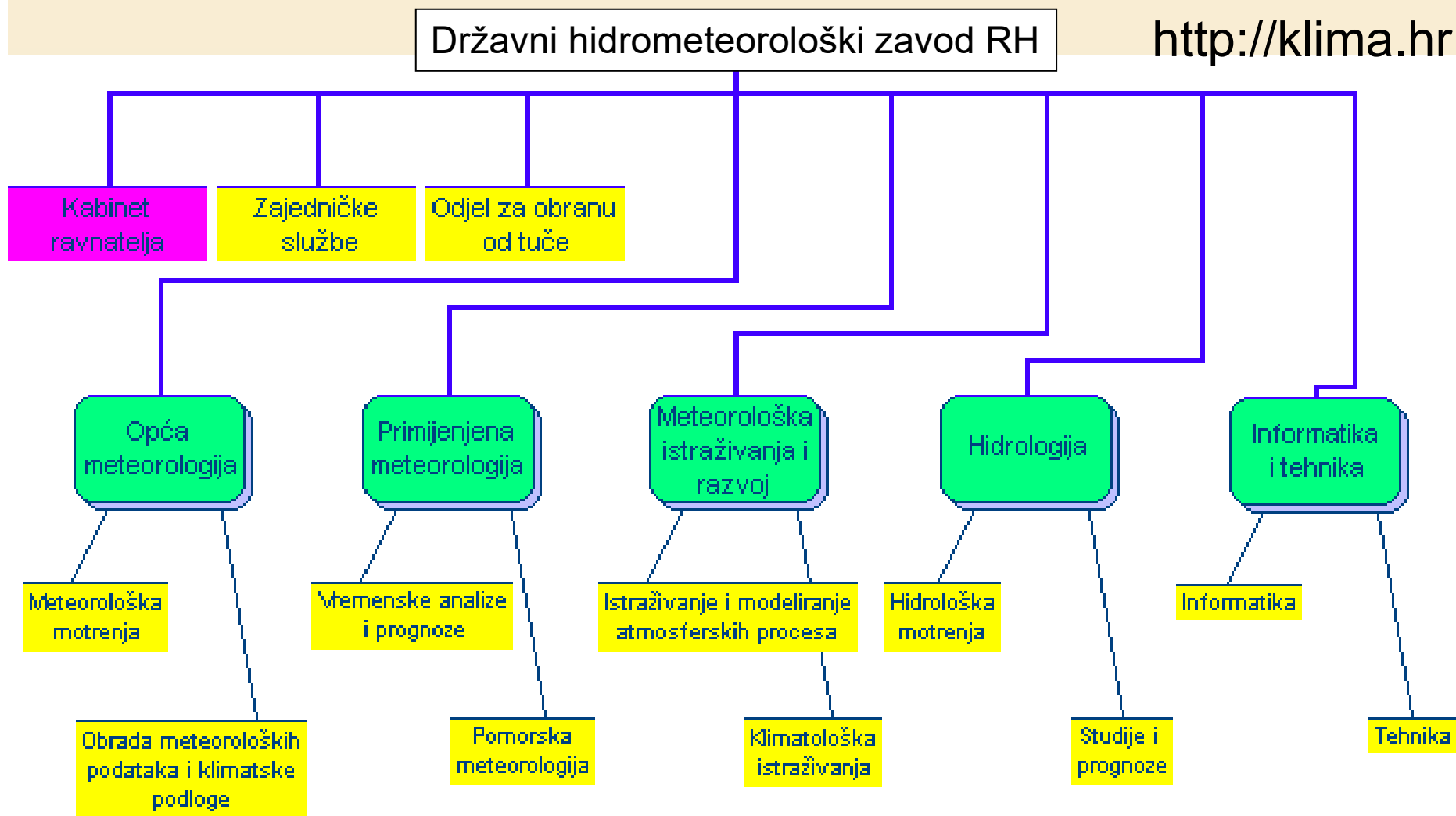


Tropical Climate
 hot and humid;
 dry Climate
 desert and steppe)
 Mild Climate
 warm and humid)
 Continental Climate
 cold and humid)
 Polar Climate
 very cold and dry)
 Mountain Areas
 altitude affects climate)



1.4. Ustroj meteorološke službe

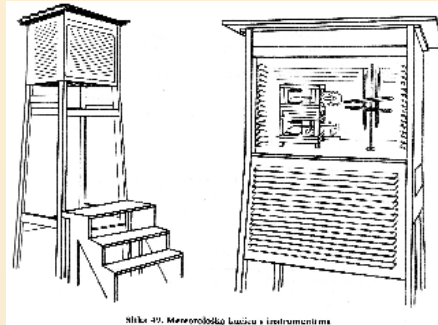
Ujedinjene Nacije - WMO
World Meteorological Organization (*Svjetska meteorološka organizacija*)



1.4. Ustroj meteorološke službe

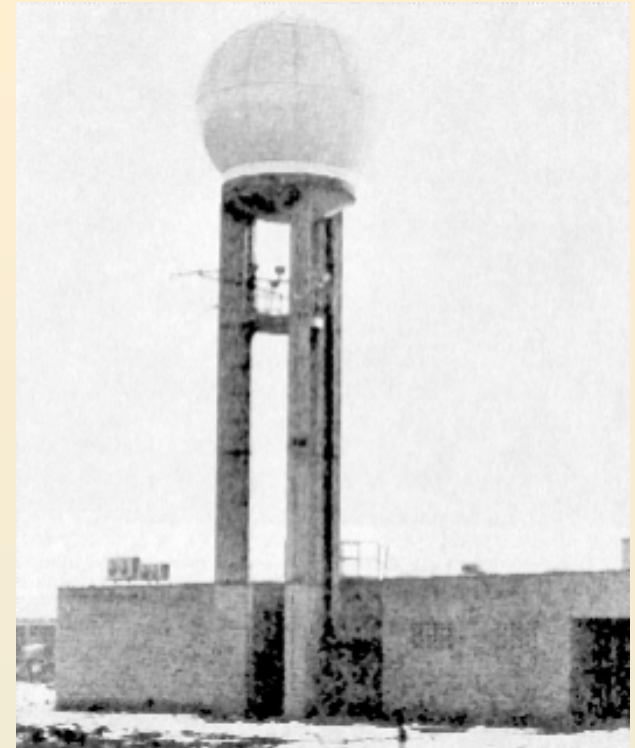
Agrometeorološke stanice

- stacionarne
- mobilne



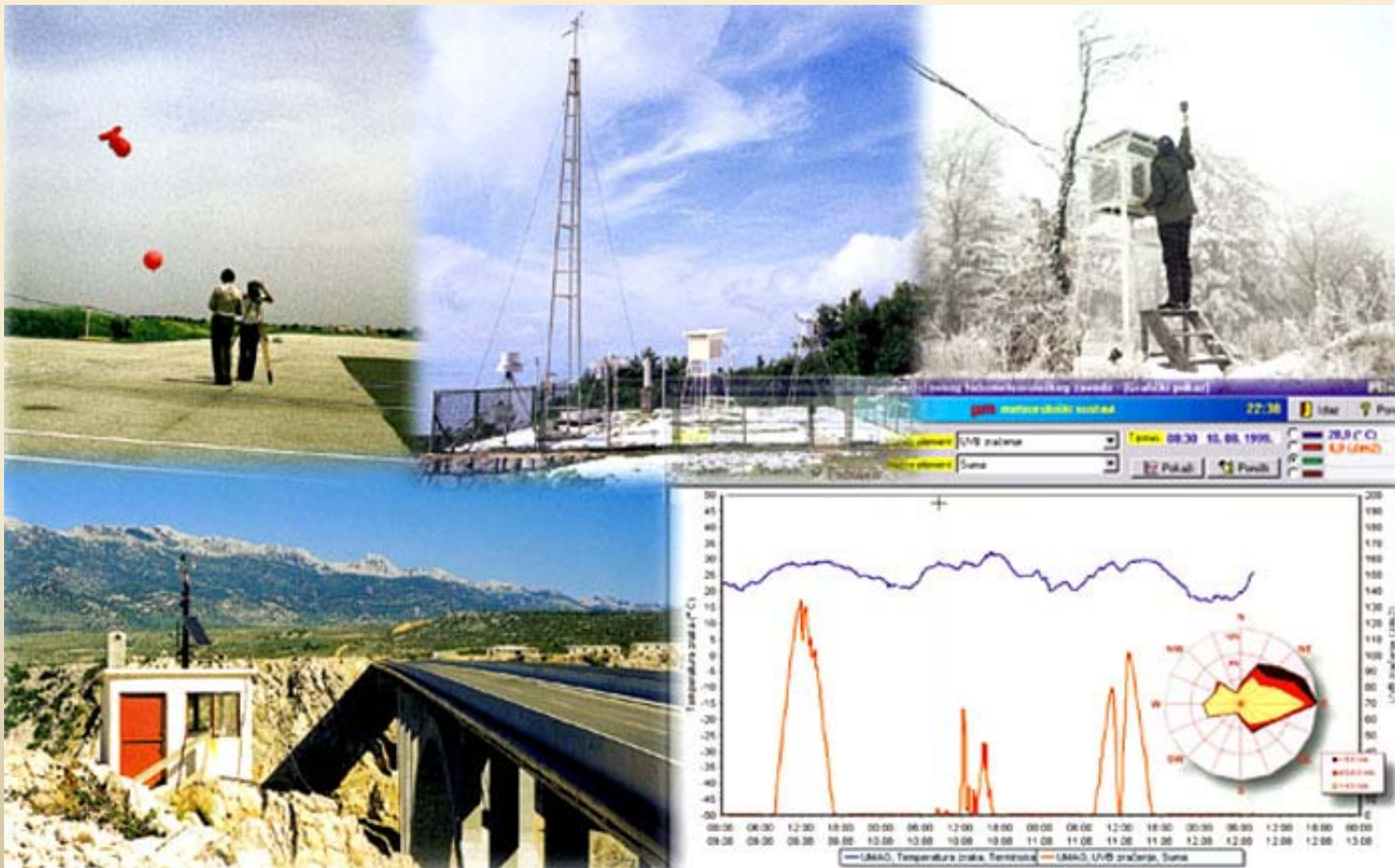
Mjerenja:

- temperatura zraka na različitim visinama
- temperatura tla na različitim dubinama
- visina podzemne vode
- vlaga u površinskom sloju tla
- isparavanje vode iz tla (evaporacija)
- transpiracija bilja
- vlaga u zraku
- vjetar – smjer, jačina, trajanje
- Sunčevo zračenje – jačina, trajanje
- naoblaka
- količina oborina
- visina snježnog pokrivača
- dubina izmrzavanja tla
- pojave (rosa, mraz, inje)



Polja rada DHMZ

METEOROLOŠKA MOTRENJA,
PRIJENOS I OBRADA PODATAKA TE
ISPITIVANJE ISPRAVNOSTI MJERNIH INSTRUMENATA



PROGNOZA VREMENA

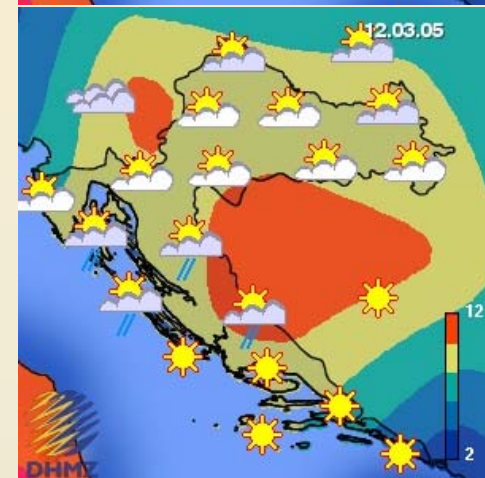
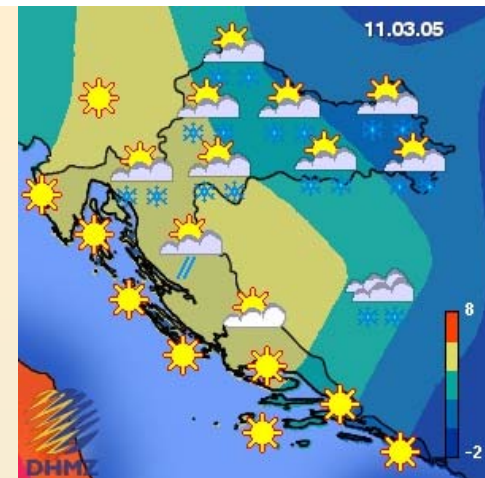
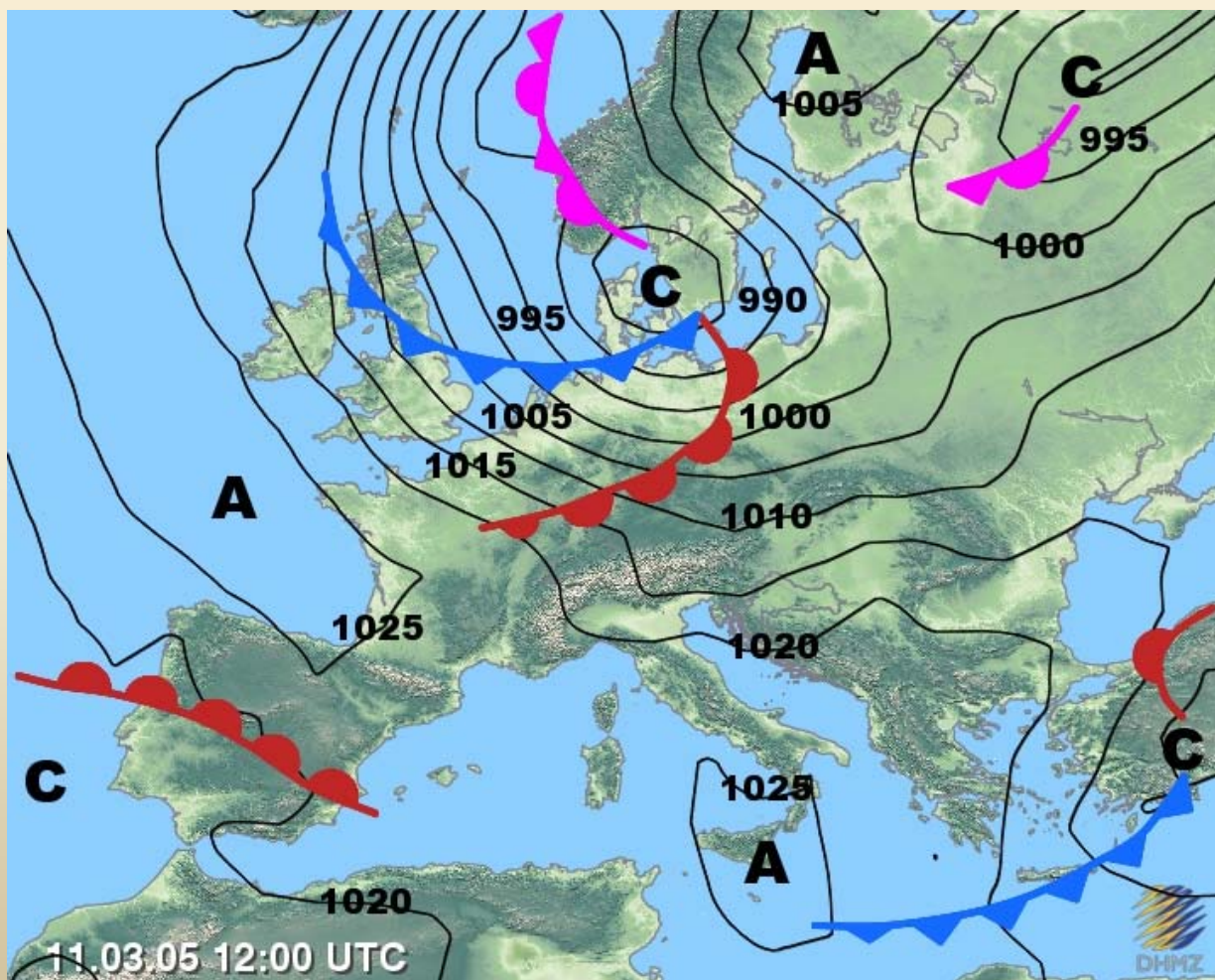
Prognoze:

vrlo kratkoročne (do 12 sati; nowcasting do 3 sata),

kratkoročne (do tri dana unaprijed),

srednjoročne (do deset dana unaprijed),

dugoročne (dulje od deset dana, mjesečne i sezonske).



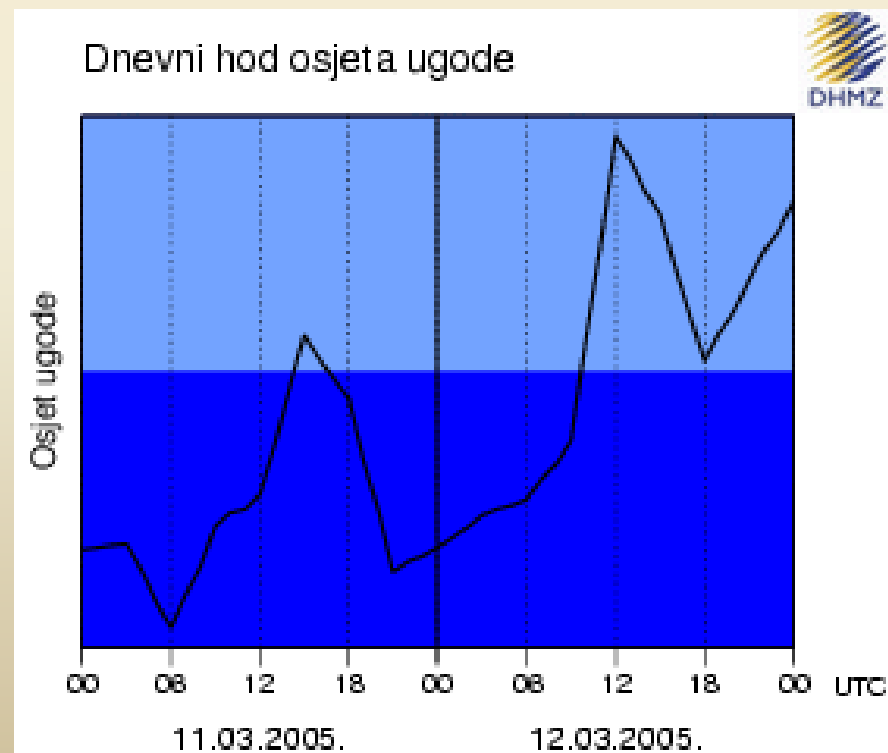
AGROMETEOROLOGIJA I HUMANA METEOROLOGIJA

pored uobičajenih meteoroloških mjerenja:

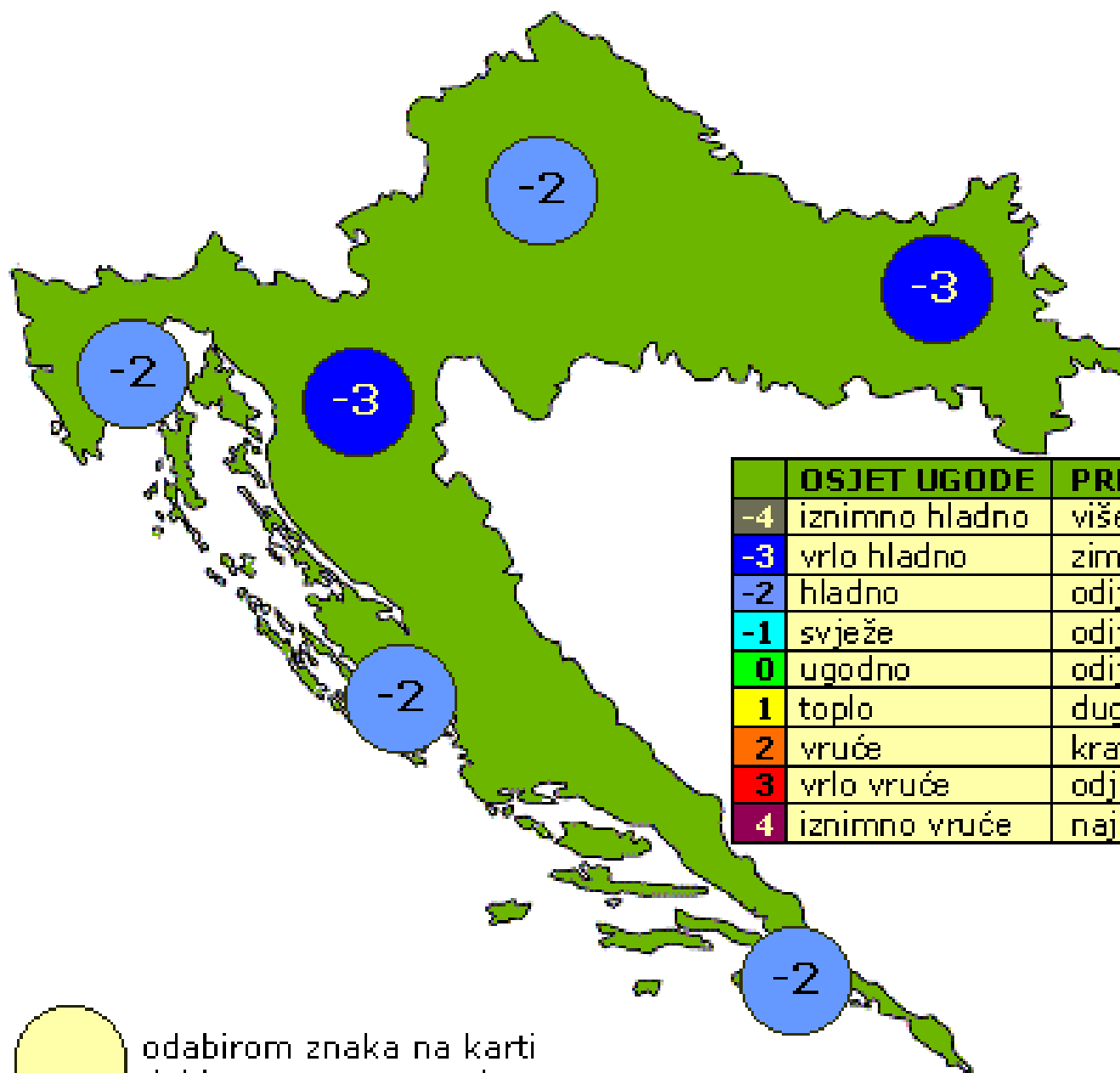
- temperatura i vlažnost tla na različitim dubinama
- fenološka opažanja (praćenje faza razvoja bilja)



Bioproгноza za 11. ožujka 2005.

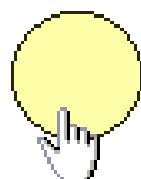


Prognoza osjeta ugone 11.03.2005. u 12 UTC



Lokalno vrijeme:
UTC+1h - zima
UTC+2h - ljeto

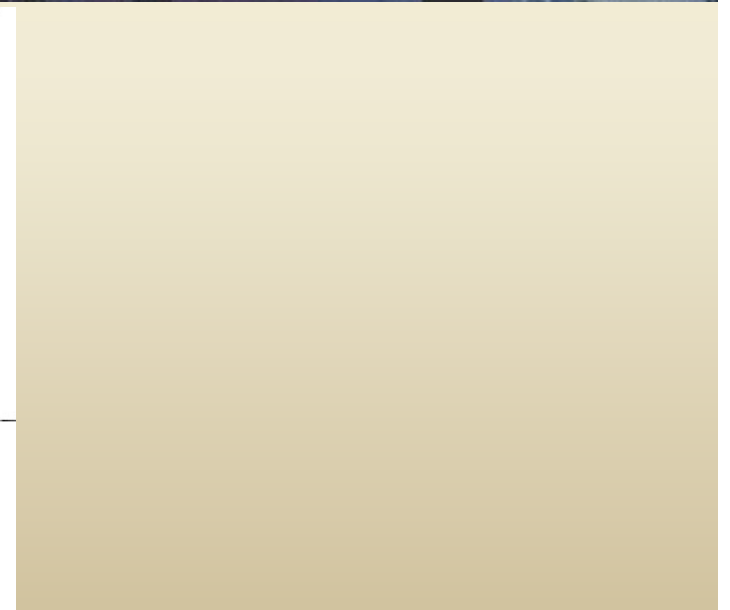
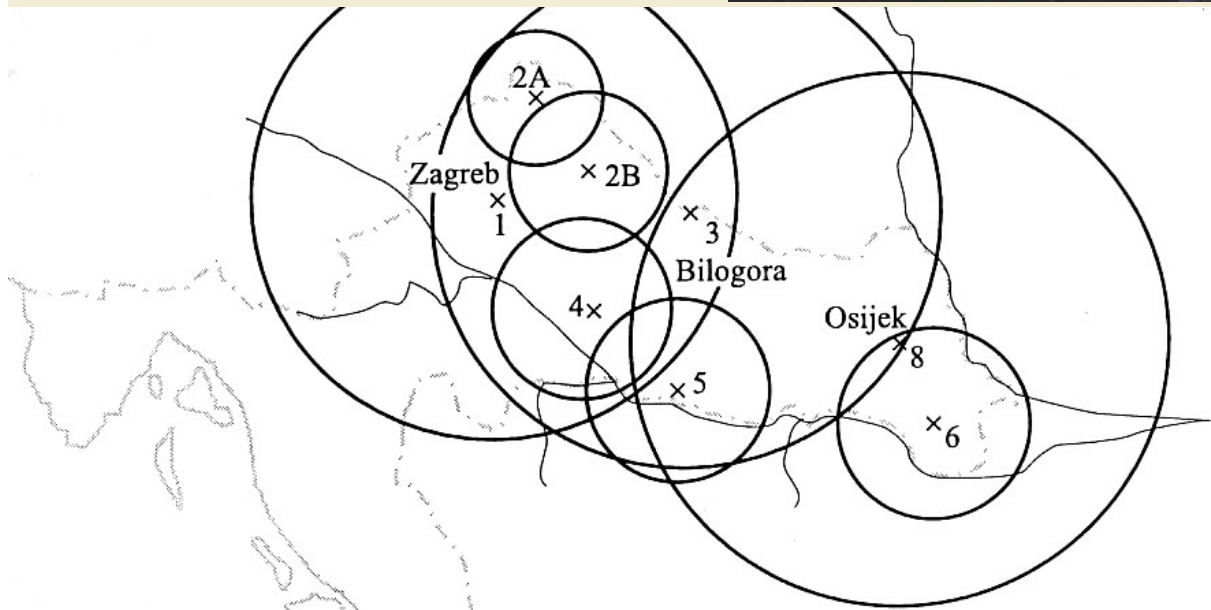
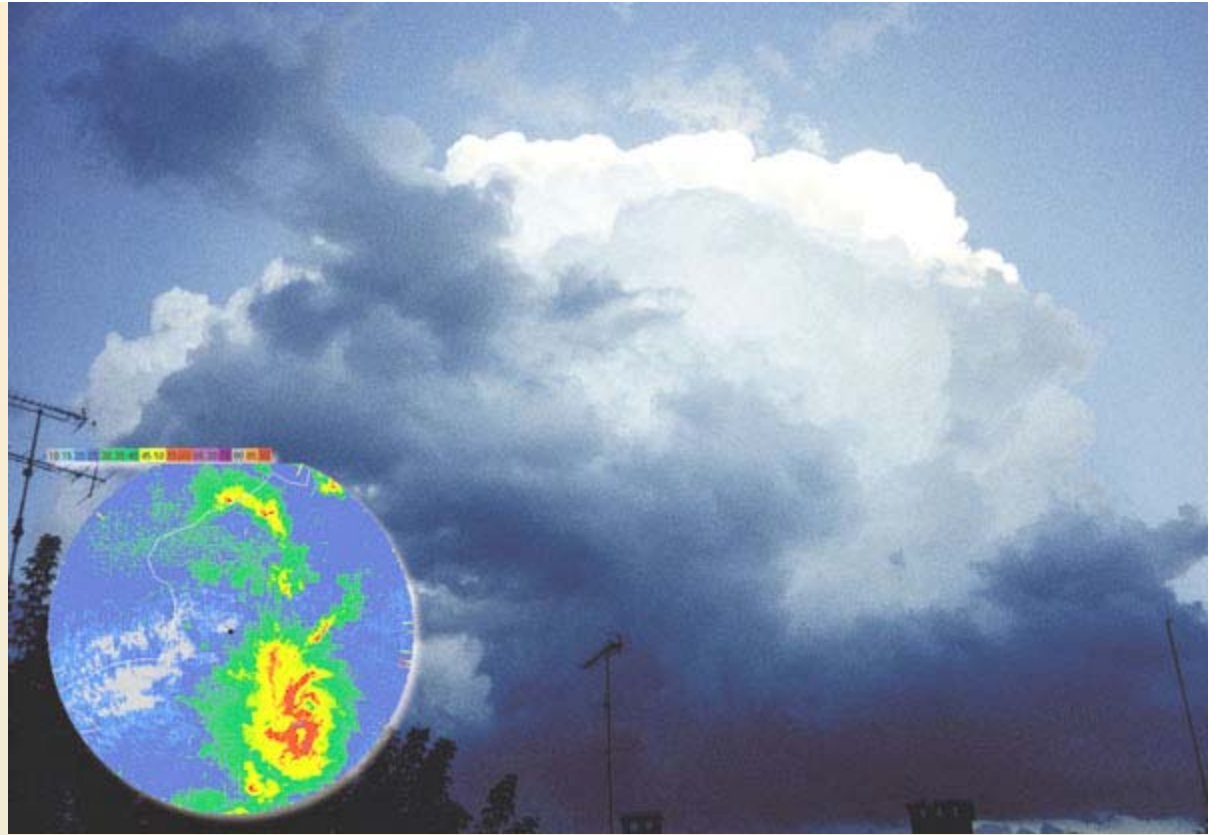
| | OSJET UGODE | PREPORUČENA ODJEĆA |
|----|----------------|---------------------------------------|
| -4 | iznimno hladno | višeslojna, nepropusna odjeća |
| -3 | vrlo hladno | zimsko odijelo i zimski kaput |
| -2 | hladno | odijelo i kaput |
| -1 | svježe | odijelo i ogrtač ili vjetrovka |
| 0 | ugodno | odijelo |
| 1 | toplo | duge hlače, majica ili košulja |
| 2 | vruće | kratke hlače i košulja kratkih rukava |
| 3 | vrlo vruće | odjeće što manje, to bolje! |
| 4 | iznimno vruće | najugodnije bi vam bilo bez odjeće |



odabirom znaka na karti
dobiya se prognoza dnevnog
hoda osjeta ugone za 2 dana

➔ [Više o osjetu ugone](#)

OBRANA PROTIV TUČE



HIDROLOŠKA MJERENJA



VODOSTAJ (cm)
DNEVNA TENDENCIJA (cm)
PROTOK (m³/s)
TEMP. VODE (°C)

| | |
|-------------|--------------------|
| MURA | Mursko Središće |
|-------------|--------------------|

| | |
|--------------|----------|
| SUTLA | Zelenjak |
|--------------|----------|

| | |
|----------------|------------|
| KRAPINA | Kupljenovo |
|----------------|------------|

| | |
|-------------|----------------------|
| KUPA | Radenci |
| | Kamanje |
| | Karlovac |
| | Jamnička Kiselica |

| | |
|------------|------------|
| UNA | Kostajnica |
|------------|------------|

| | |
|----------------|--------|
| NOVČICA | Gospić |
|----------------|--------|

| | |
|-------------|--------------------|
| SAVA | Jesenice |
| | Zagreb |
| | Crnac |
| | Jasenovac |
| | Mačkovac |
| | Davor |
| | Slavonski Brod |
| | Slavonski Šamac |
| Županja | |

| | |
|--------------|---------|
| DUNAV | Batina |
| | Aljmaš |
| | Dalj |
| | Vukovar |
| Ilok | |

| | |
|--------------|-------------------|
| DRAVA | Botovo |
| | Terezino Polje |
| | Donji Miholjac |
| | Osijek |

| | |
|----------------|----------|
| NERETVA | Metković |
|----------------|----------|

POMORSKA
METEOROLOŠKA
SLUŽBA



VRIJEME NA JADRANU U 05:00 SATI:

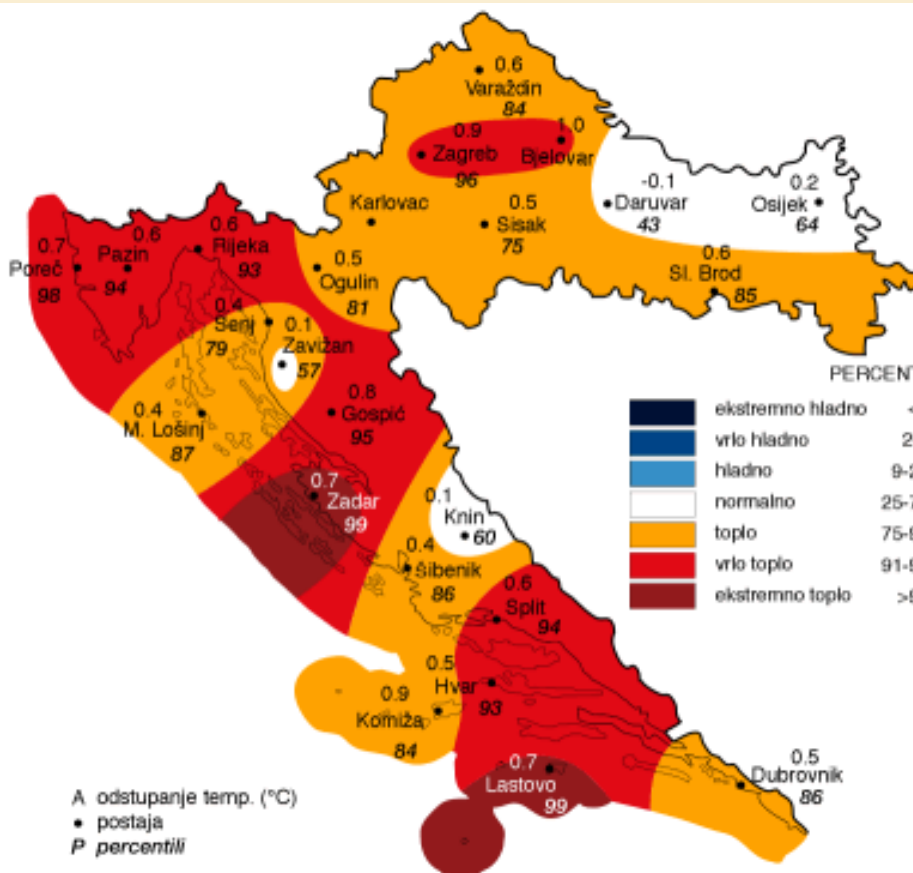
| Mjesto | Smjer vjetra | Brzina vjetra (kn) | Stanje mora | Vidljivost (km) | Pojave | Tlak zraka (hPa) |
|------------------|--------------|--------------------|-------------|-----------------|--------|------------------|
| ROVINJ | E | 6 | 2 | 20 | VEDRO | 1023 |
| M.LOSINJ | NE | 4 | 2 | 25 | 3/4 | 1024 |
| SPLIT | NE | 16 | 2 | 20 | VEDRO | 1024 |
| PALAGRUZA | C | 0 | 3 | 30 | VEDRO | 1024 |
| DUBROVNIK | NE | 10 | 2 | 30 | VEDRO | 1023 |

ZAŠTITA ŠUMA OD POŽARA

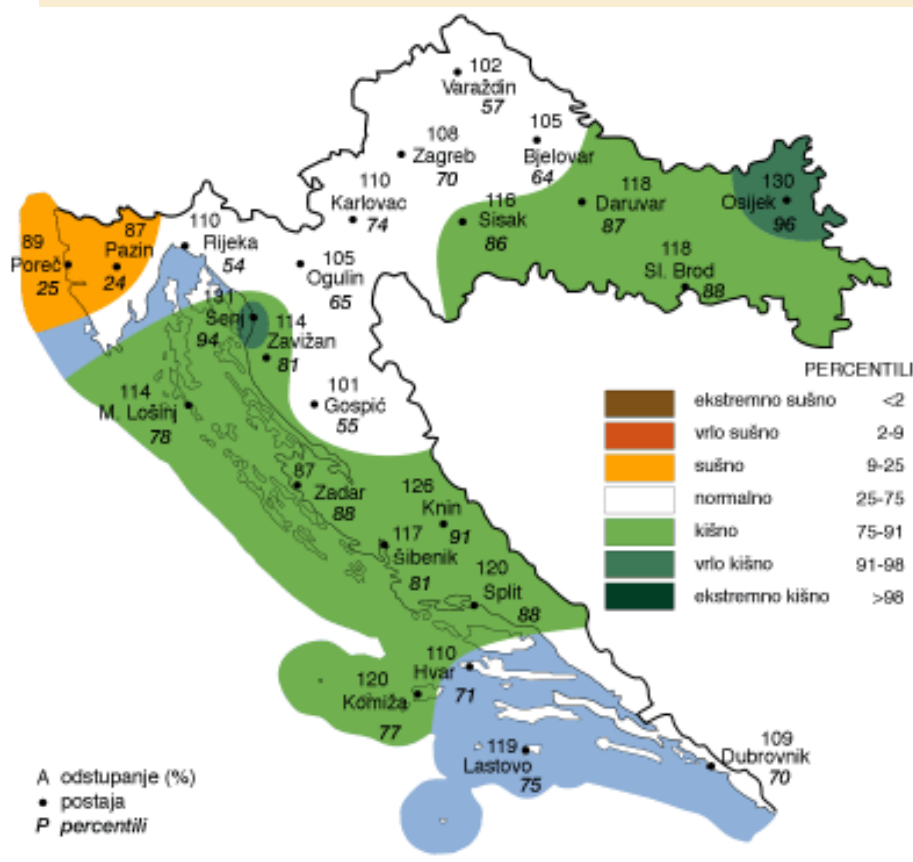


PRAĆENJE KLIME

Primjer: ocjene 2004. godine u odnosu na višegodišnji prosjek (1961-1990)



Temperature



Oborine

TEHNIČKA METEOROLOGIJA



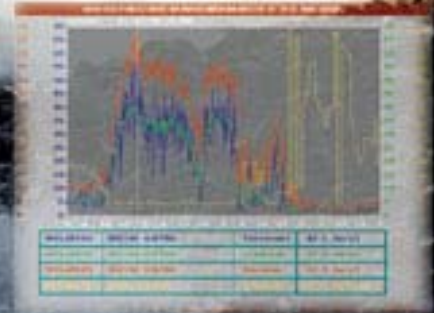
- meteorološka mjerenja potrebna pri izgradnji velikih objekata
niskogradnje - brane, ceste, pruge, tuneli...
objekti – elektrane, tvornice,....

ZAŠTITA ATMOSFERE

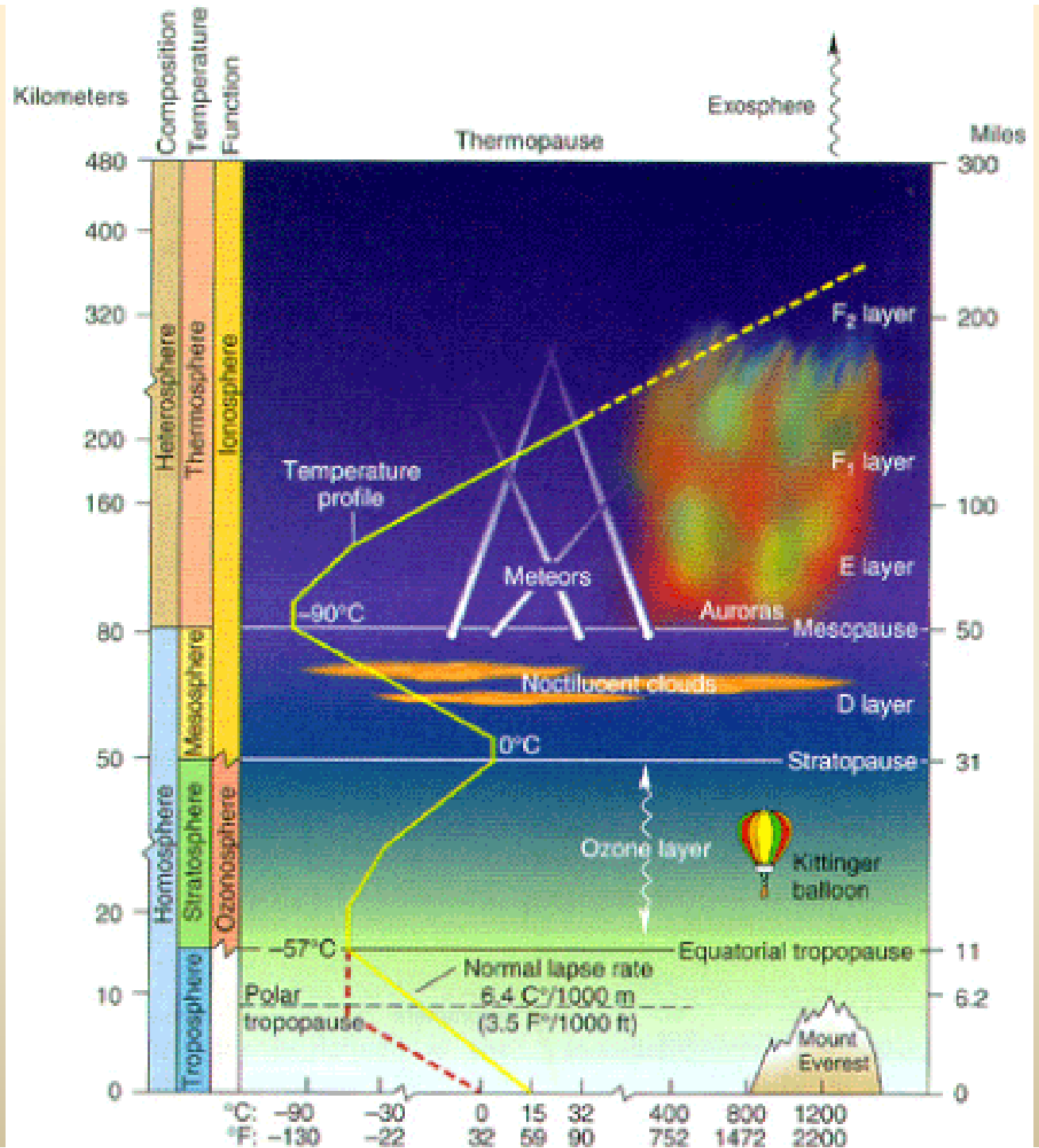


-mjerjenja zagađenosti zraka i sl.

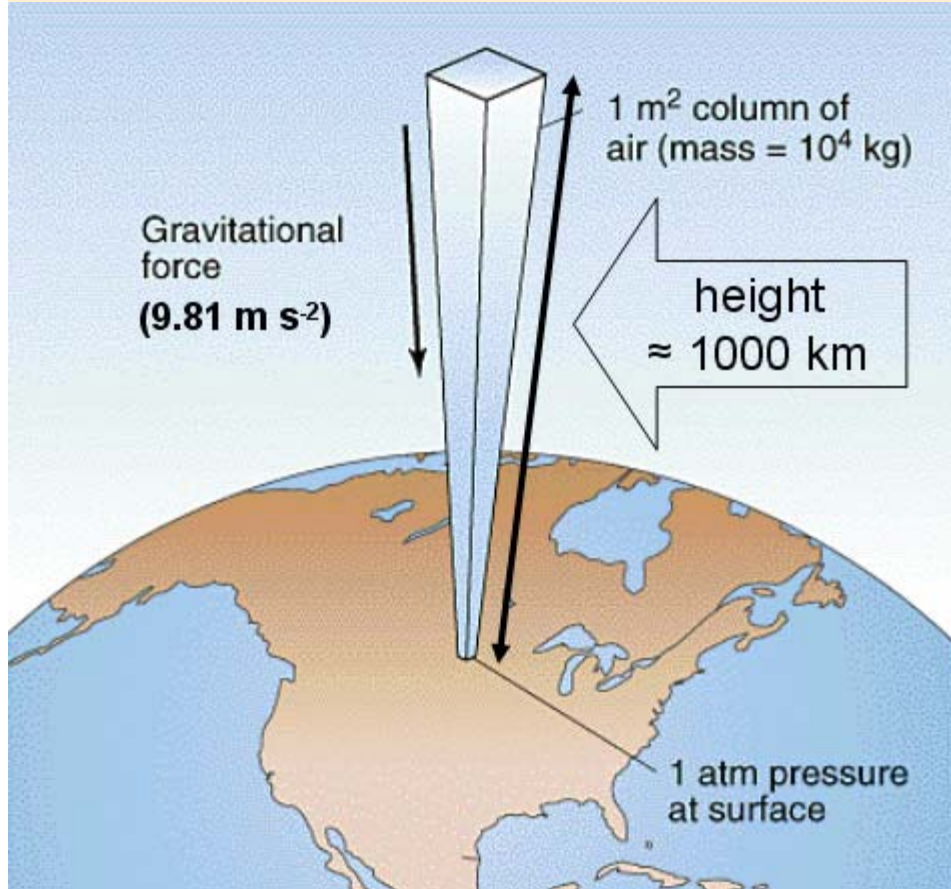
ISTRAŽIVANJA I RAZVOJ ZA BUDUĆNOST



2) ATMOSFERA



2.1. Podjela atmosfere po visini



$$m_{\text{zrak}} = 5,27 \times 10^{18} \text{ kg}$$

$$a_{\text{Zemlje}} = 5,095 \times 10^{18} \text{ cm}^2$$

$$\frac{m_{\text{zrak}}}{a_{\text{Zemlje}}} \approx 1 \text{ kg zraka / cm}^2$$

$$\text{Tlak, } p = \frac{\text{Sila, } F}{\text{Površina, } a} = \frac{m \times g}{1 \text{ cm}^2}$$

$$= \frac{1 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m s}^{-2}}{(10^{-2} \text{ m})^2}$$

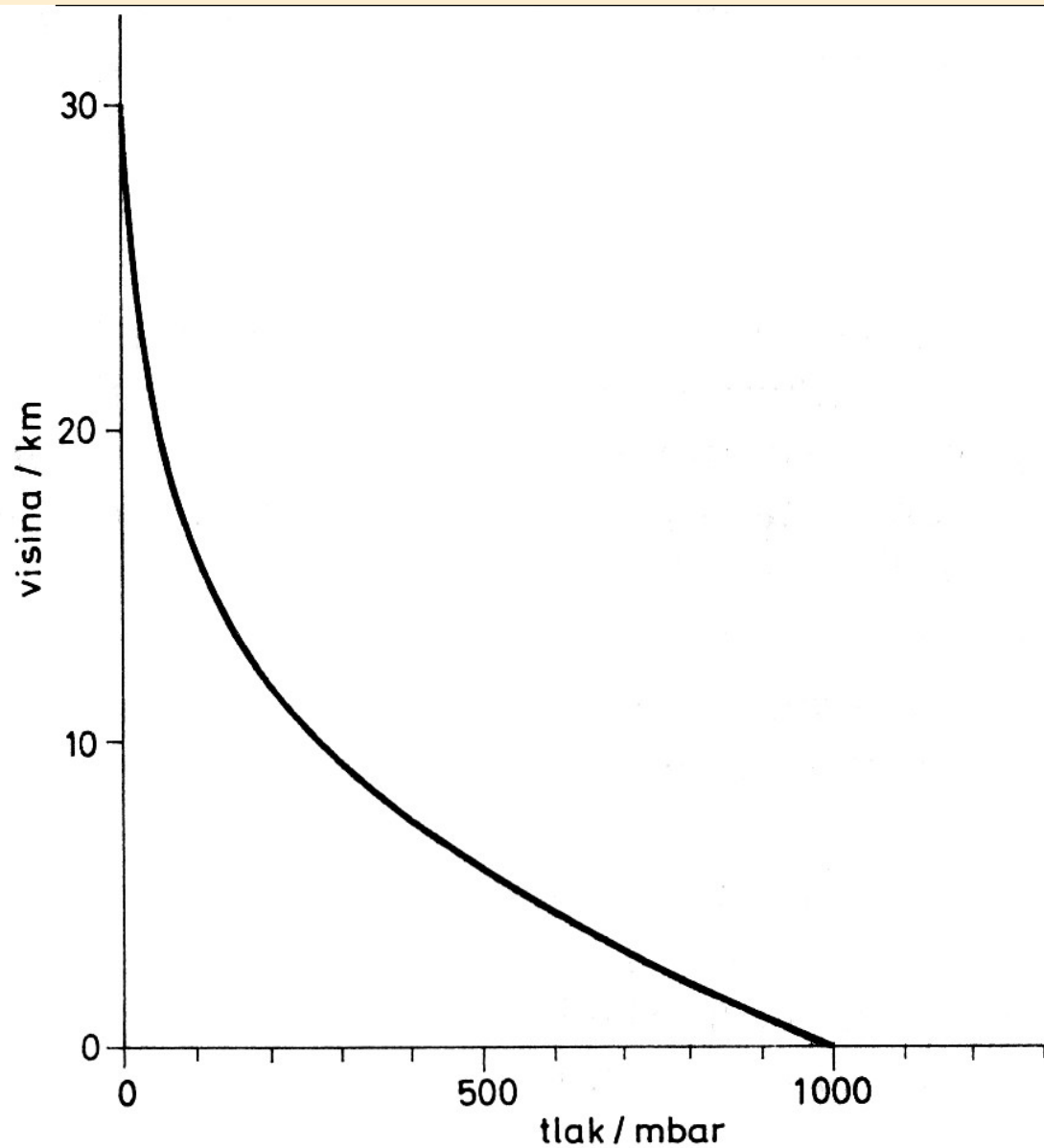
$$= \frac{9.81 \text{ N}}{10^{-4} \text{ m}^2} \approx \frac{10 \text{ N}}{10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$= 10^5 \text{ Pa} = 10^3 \text{ hPa} = 10^3 \text{ mBar}$$

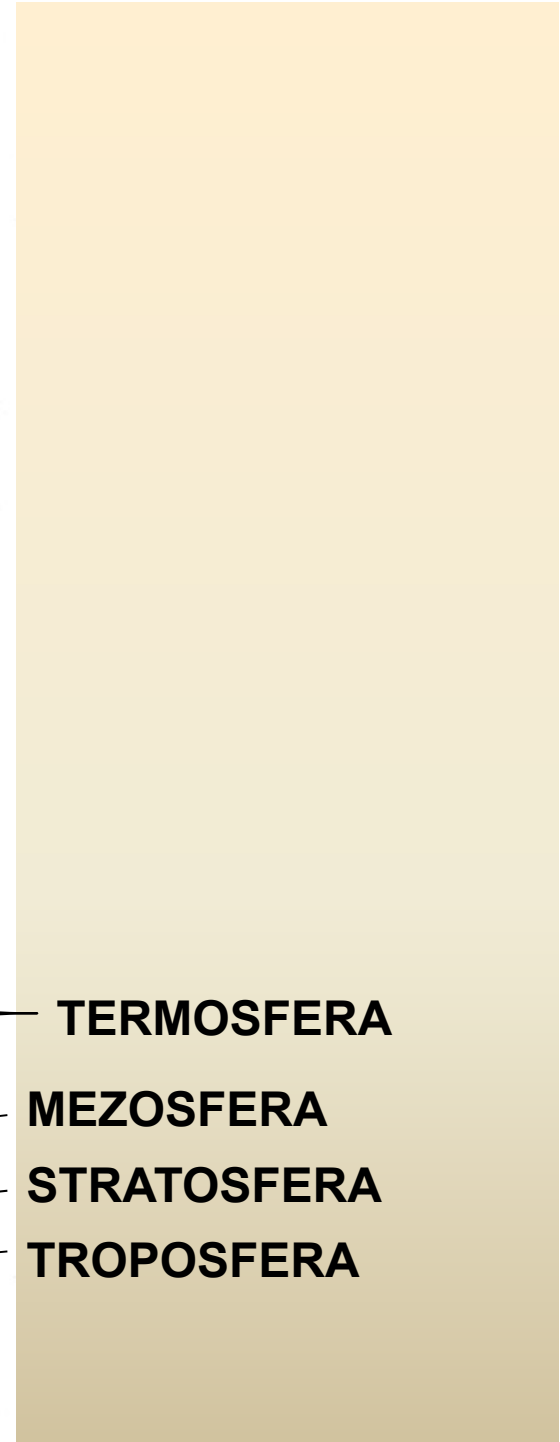
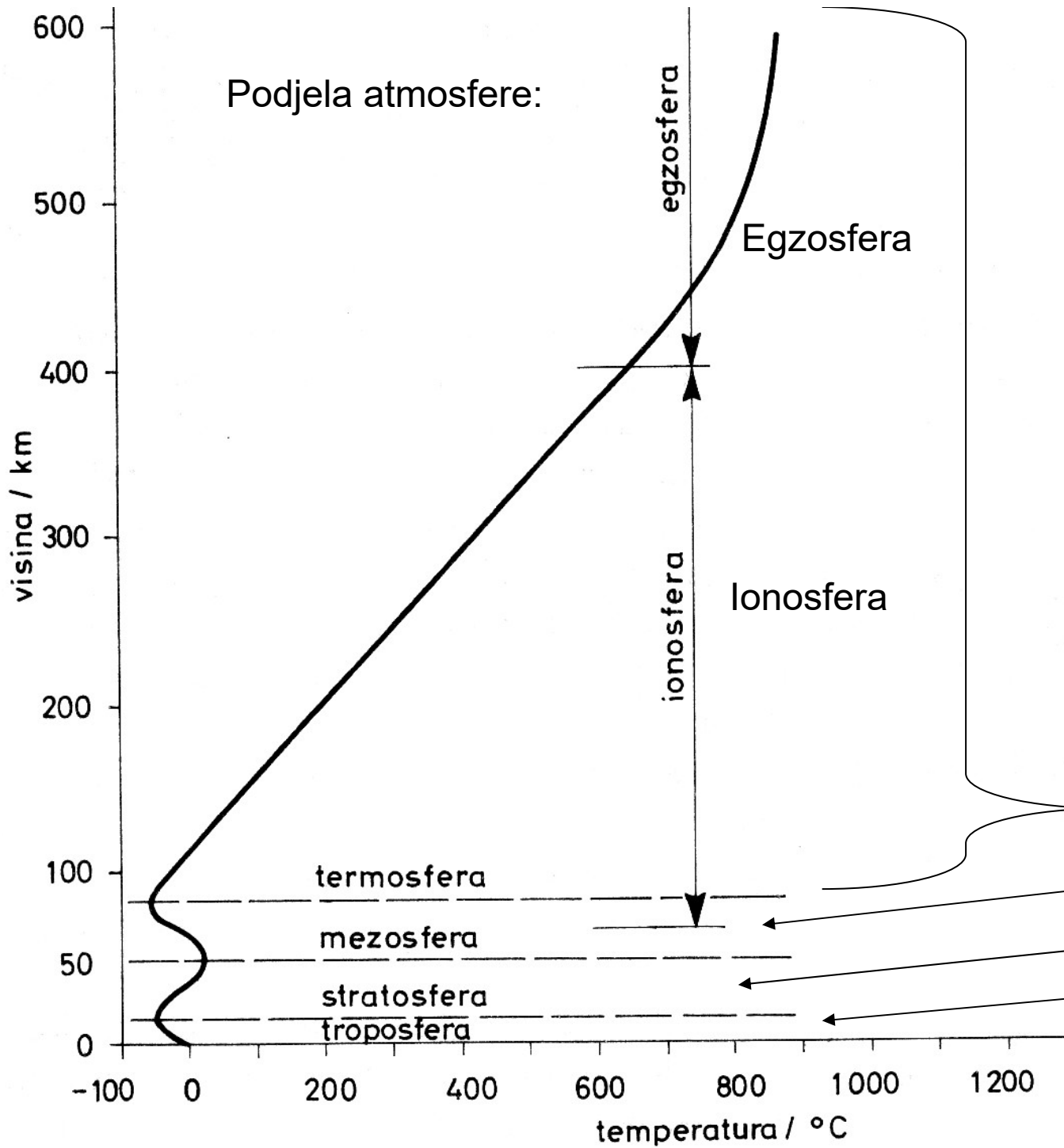
$$1 \text{ Bar} = 10^5 \text{ Pa} \rightarrow 1 \text{ mBar} = 1 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1013 \text{ hPa}$$

2.1. Podjela atmosfere po visini



Slika 4. Smanjenje tlaka zraka s promjenom visine u standardnoj atmosferi



TROPOSFERA

- meteorološke prilike vrlo promjenjive
- u njoj se odvija vrijeme

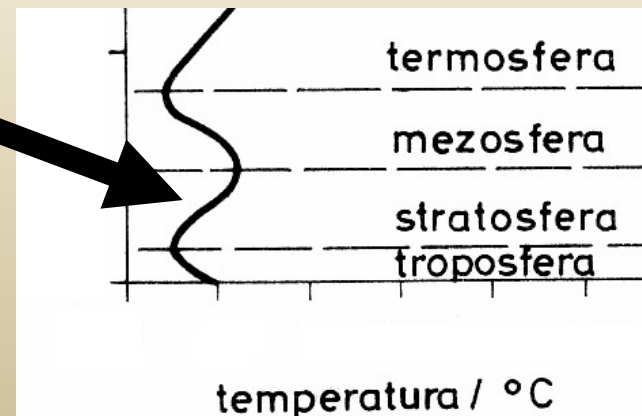
Prizemni sloj: 0-2 m

danju jako grijanje od podloge, noću brzo hlađenje
→ najveće dnevne promjene temperature i gustoće zraka

Planetarni granični sloj: 2 m – 1.5 km visine

dnevne promjene temperature zraka se s visinom postupno gube
vertikalno miješanje zraka: ugrijani zrak se diže, hladni se spušta;
na širenje se troši energija zraka, pa se zrak ohlađuje
ohlađuje se i vodena para → nastaju oblaci

noću: pojava **temperaturne inverzije:**
hladni, gušći zrak ispod
toplog, rjeđeg zraka



Slobodna troposfera: 1,5 – 11 km visine

dnevne promjene zraka iščezavaju, iako mogu nastati:

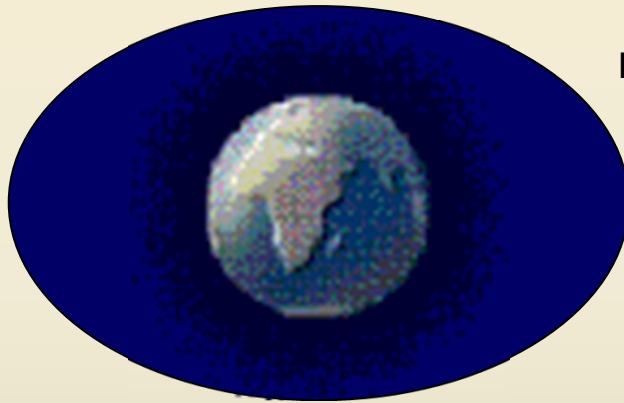
a) uzlazne ili **konvekcijske** struje (nastajanje oblaka)

b) silazne ili **supsidencijske** struje (razvedravanje)

pravilno smanjivanje temperature: za svakih 100 m visine, 0.5-0.6°C manje

Debljina i temperatura troposfere NIJE stalna

na polu svega 8 km i -45°C



na obratnicama oko 11 km, -56°C

na ekvatoru 17 km, te -80°C

Niže iznad ciklone (područja niskog tlaka)

Više iznad anticiklone (područja visokog tlaka)

Tropopauza: prijelaz iz troposfere u stratosferu, debljine nekoliko km

STRATOSFERA: iznad tropopauze, do cca 50 km visine
karakteristične izotermija i slaba inverzija, samo horizontalni vjetrovi

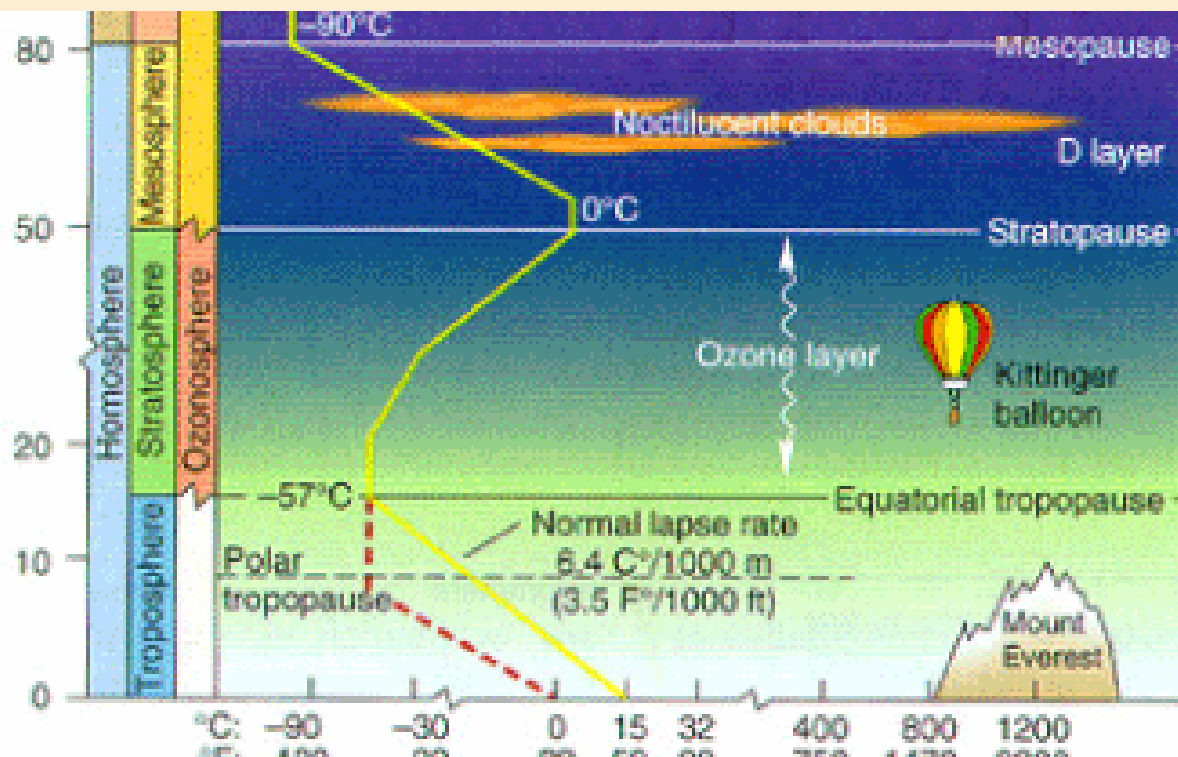
uzrok inverziji: **ozon (O₃)** ← jako upija ultraljubičasto zračenje, čime zagrijava stratosferu skoro do visine temperature na tlu ili više

Ozonosfera: na 20-25 km visine

TROPOSFERA + STRATOSFERA = 99.9% ukupne mase atmosfere

MEZOSFERA: 50-80 km visine

temperatura naglo pada na -70 do -80°C



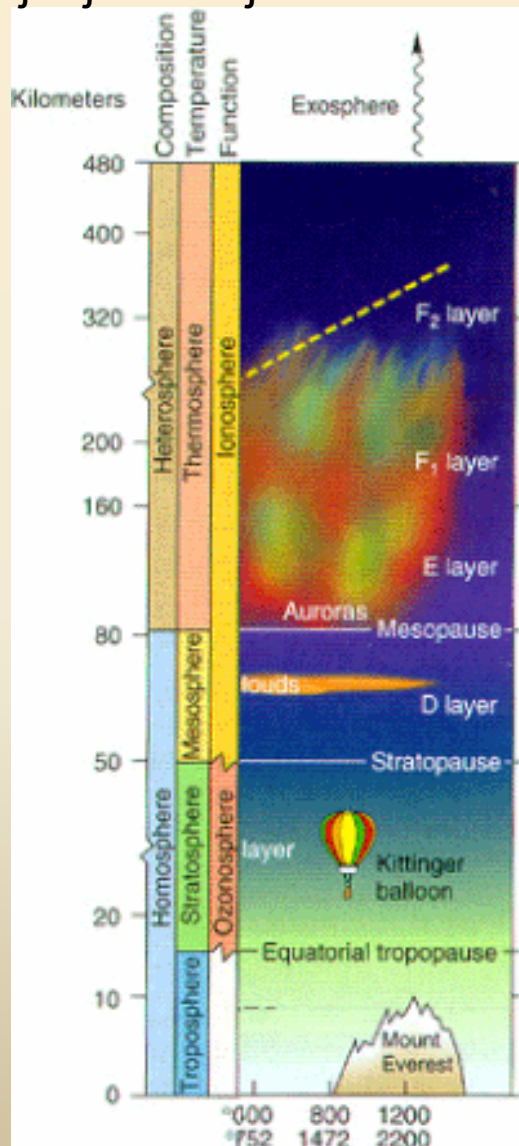
Pojava tzv. noktilucentnih oblaka (*noćni svijetleći oblaci*) prašina omotana ledom, često naročito nakon vulkanskih erupcija
Vidljivi su samo noću, kad je Sunce ispod horizonta



TERMOSFERA: od 90 – 800 km visine

Sunčevo zračenje dominantno → temperature od 2000°C danju do 1000°C noću

upijanje emisije Sunčevih zraka najkraćeg zračenja (UV) → fotokemijske reakcije, ionizacija plinova



Ionosfera

D (60-85 km visine)

E (85-180 km)

F (180-350 km)

Odbijanje radio-valova

Pojava Polarne svjetlosti
(*Aurora borealis*)



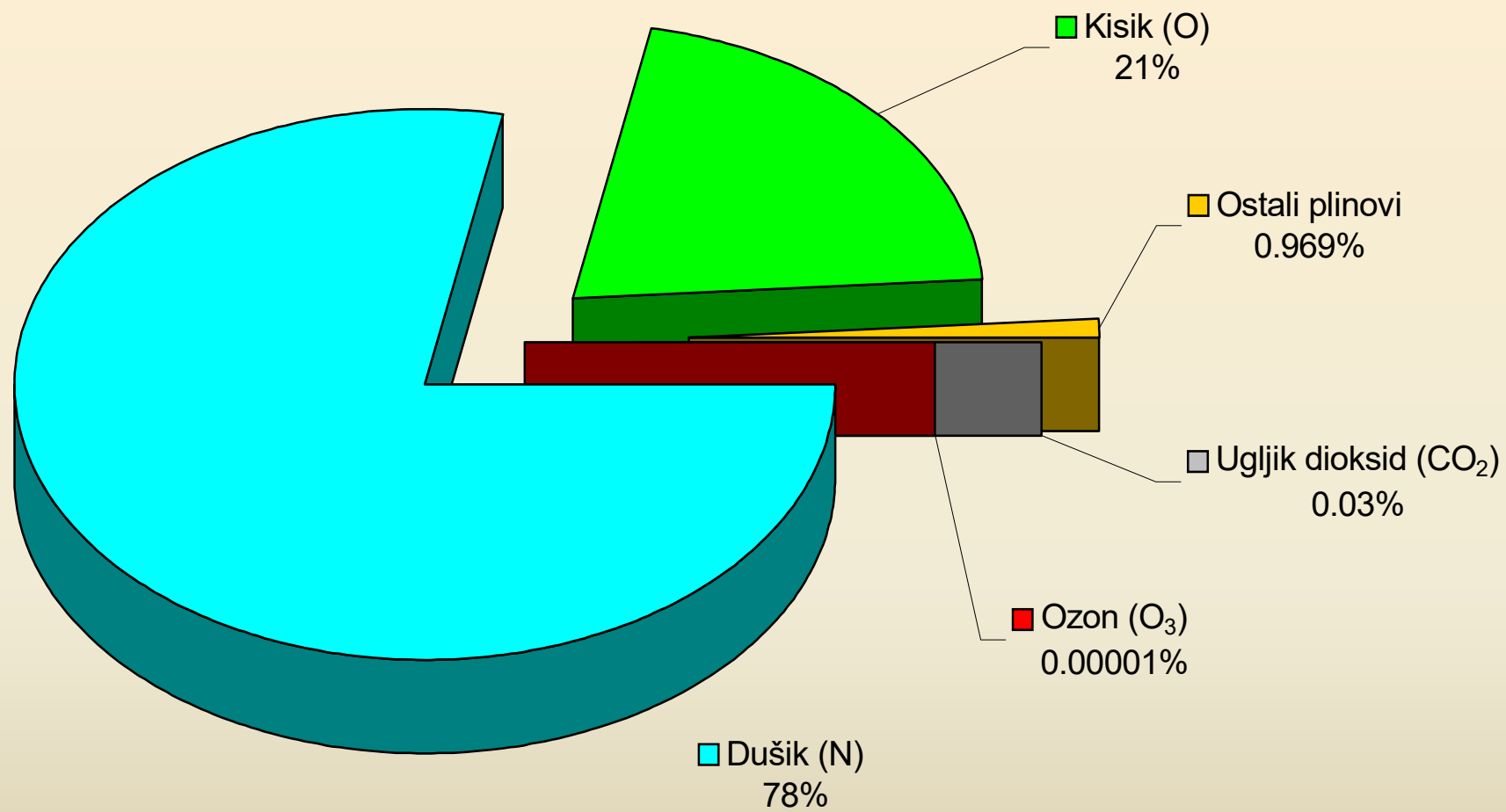
Iznad Ionosfere: Egzosfera ← potpun prestanak

atmosfera,

odlazak čestica plina iz

gravitacijskog polja Zemlje

2.3. Sastav zraka u prirodnim uvjetima



U zraku je prisutno i mnoštvo drugih primjesa:

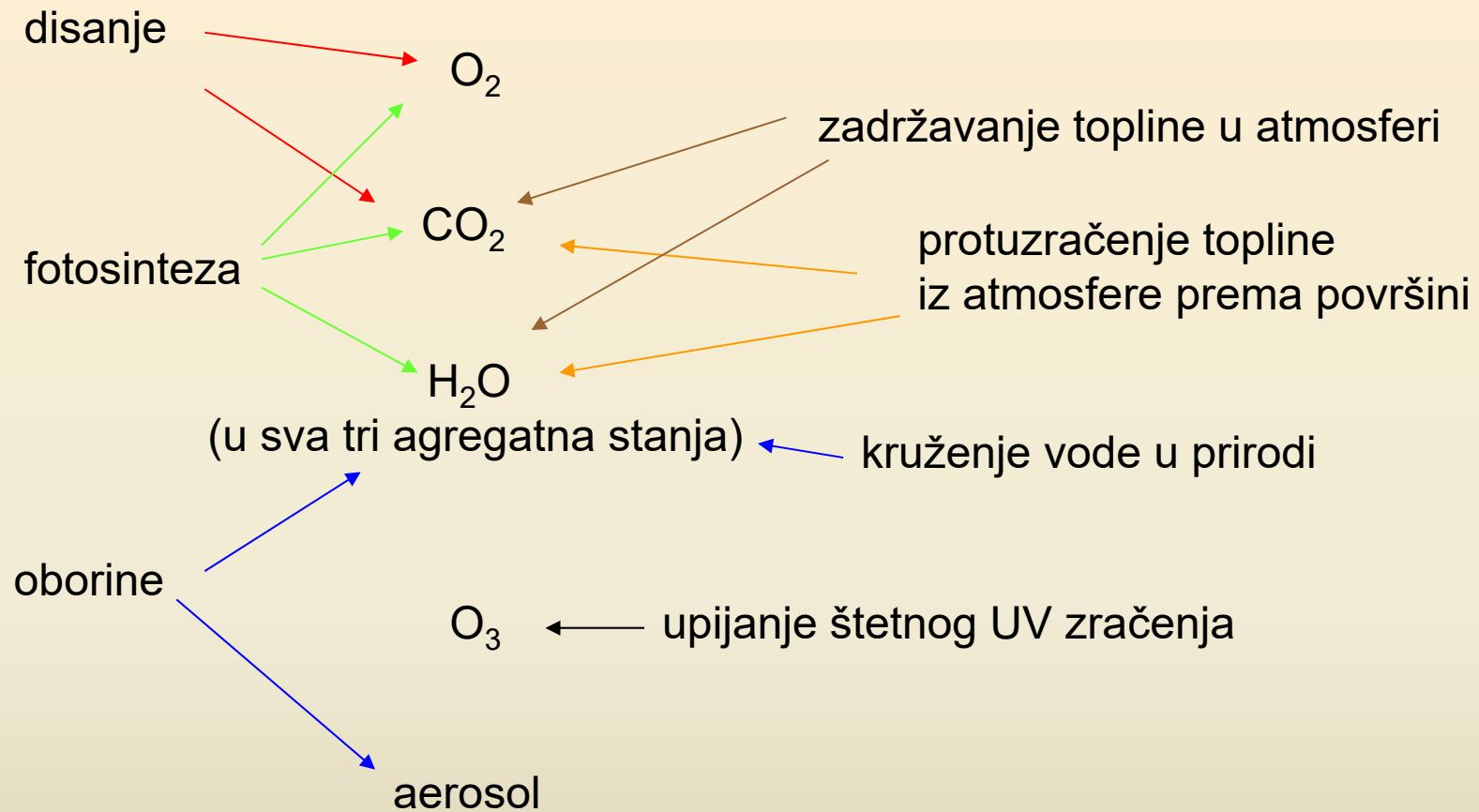
vodena para (udjel čak do 4% vol)

aerosol ← mikroskopski sitne čvrste i tekuće čestice

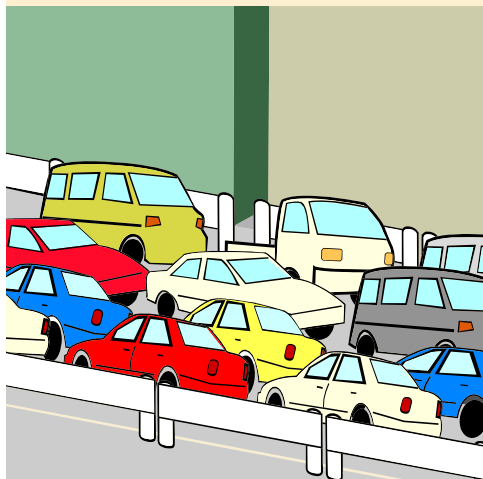
- prašina sa Zemlje i iz svemira
 - kristalići morske soli
 - čestice lave
 - pelud
 - spore
 - bakterije
 - virusi
 - kapljice vode
 - kristalići leda
- } oblaci, magla



Važnost sastojaka zraka za život na Zemlji



2.4. Atmosferske primjese i njihov utjecaj na život



Emisije štetnih plinova i čestica u atmosferu:

SO_2

NO

NO_2

CO

CO_2

H_2S

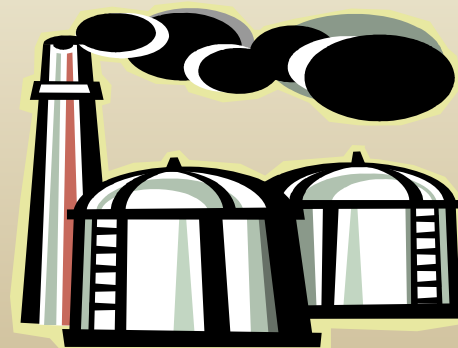
NH_3

C_nH_n

Cl

HF

Pb



Posljedice po ljude, biljke, životinje

$\text{SO}_x, \text{NO}_x \rightarrow$ kisele kiše
smog \rightarrow razaranje tkiva \rightarrow umiranje šuma, plućne bolesti
gubitak mikroorganizama tla \rightarrow gubljenje humusa
oslobađanje teških metala \rightarrow toksičnost
povećana mobilnost hraniva \rightarrow ispiranje iz tla i gubitak
zakišeljavanje voda \rightarrow izumiranje vodenih bića
 \rightarrow gubitak kalcija iz jaja ptica
 \rightarrow toksicitet aluminija raste

Pb iz benzina \rightarrow zabrana uzgoja biljaka i životinja uz prometnice

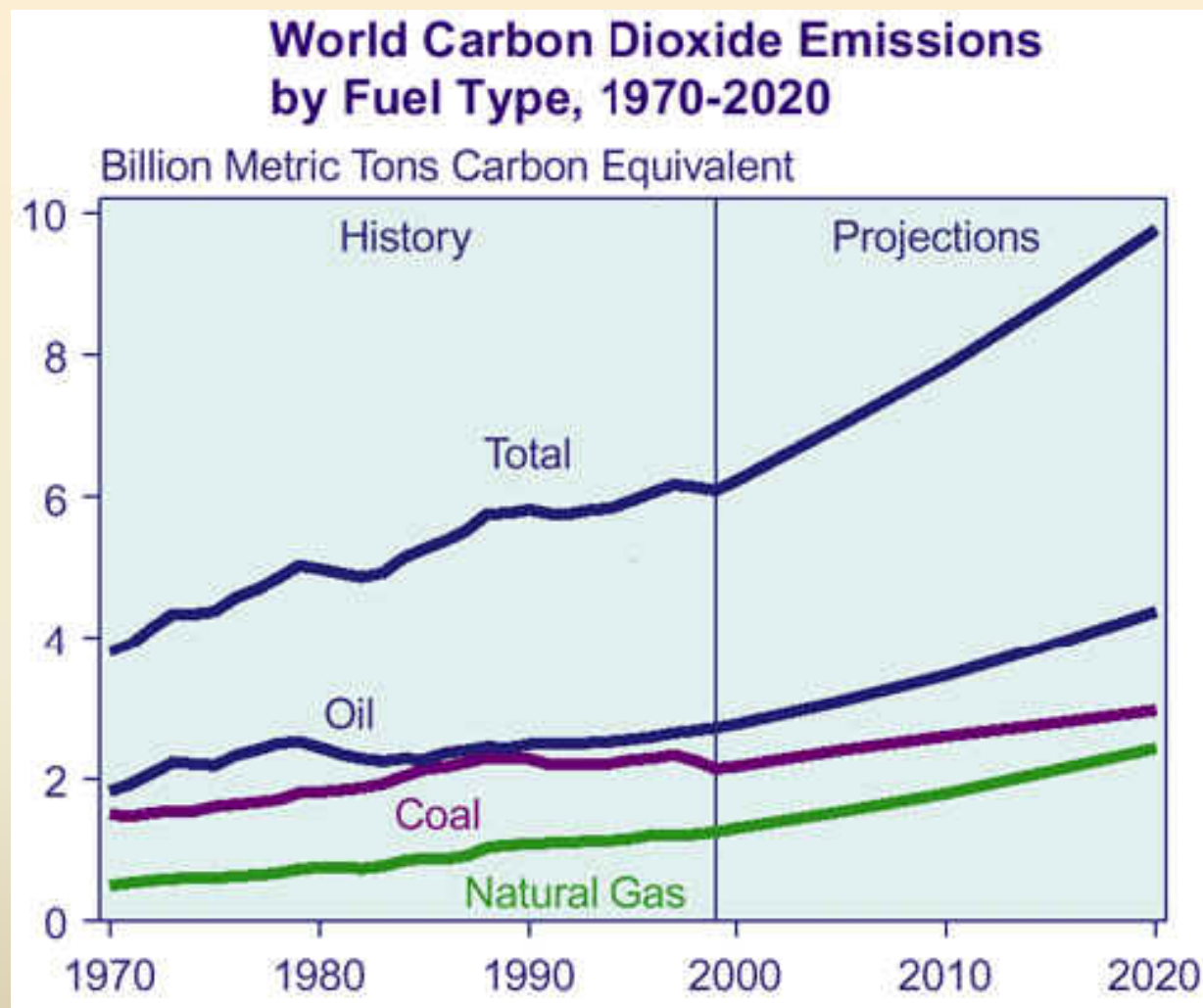
NaCl protiv leda na cestama, morska voda \rightarrow osolica \rightarrow korozije, zaslanjivanje tla

F, Cl \rightarrow oštećenje lisne mase, klorofila, utjecaj na ozon

pesticidi, policiklički aromatski ugljikovodici, azbest, duhanski dim, CO, SO₂

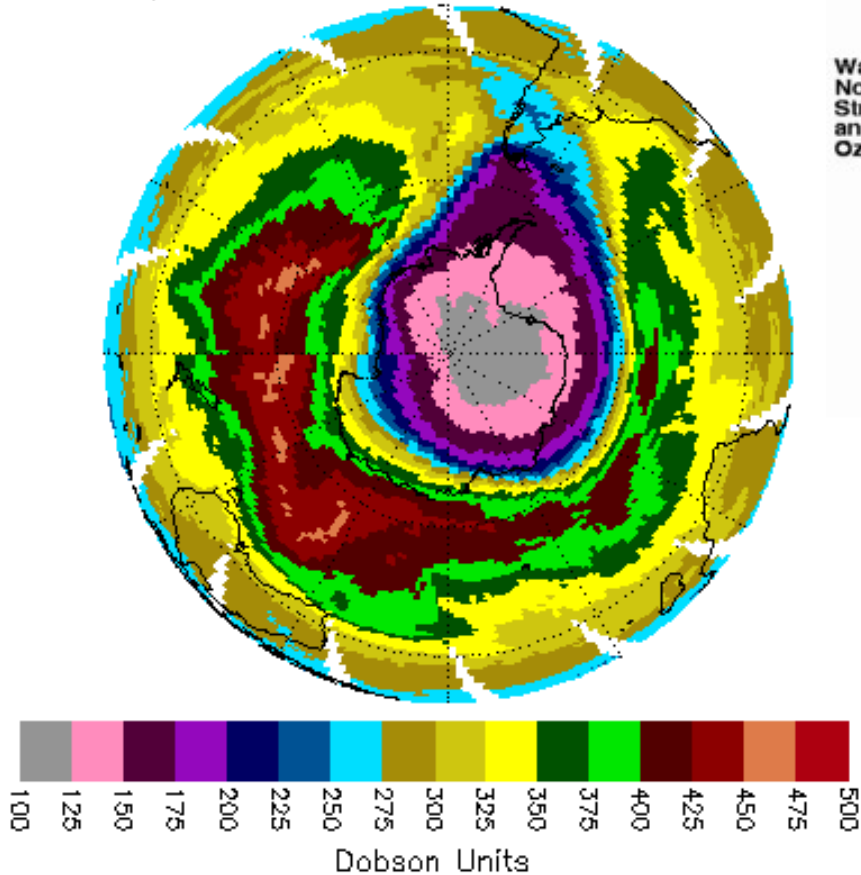
oštećenje tkiva (najčešće pluća)

Rast koncentracije CO₂ u atmosferi → "Efekt staklenika"

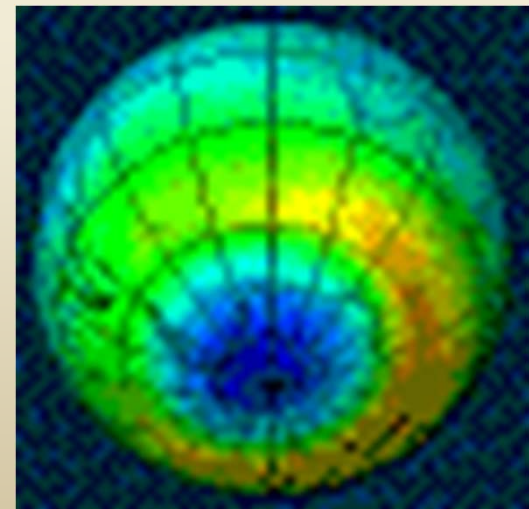
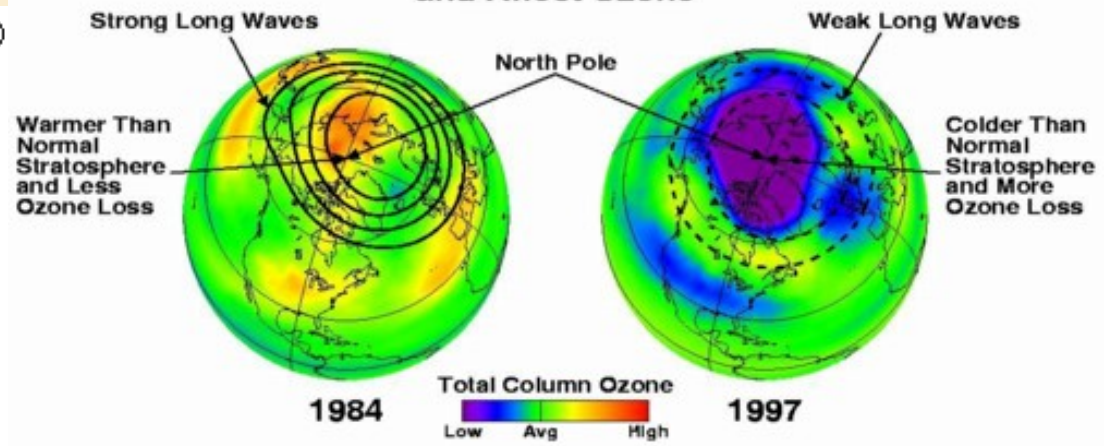


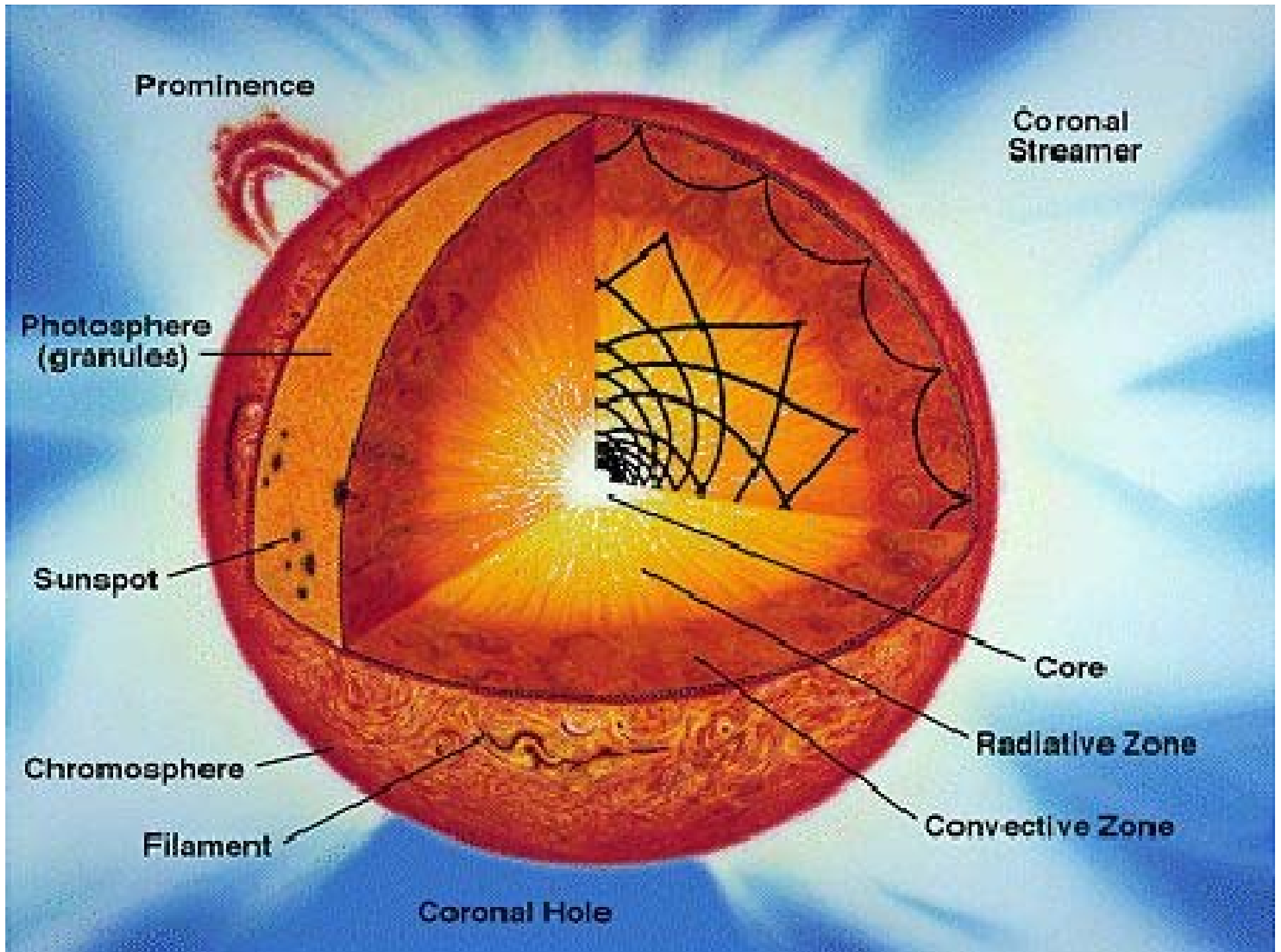
Pitanje ozona (O_3) i "ozonskih rupa"

EP/TOMS Total Ozone for Oct 7, 2000



Planetary Long Waves Drive Polar Temperatures and Affect Ozone

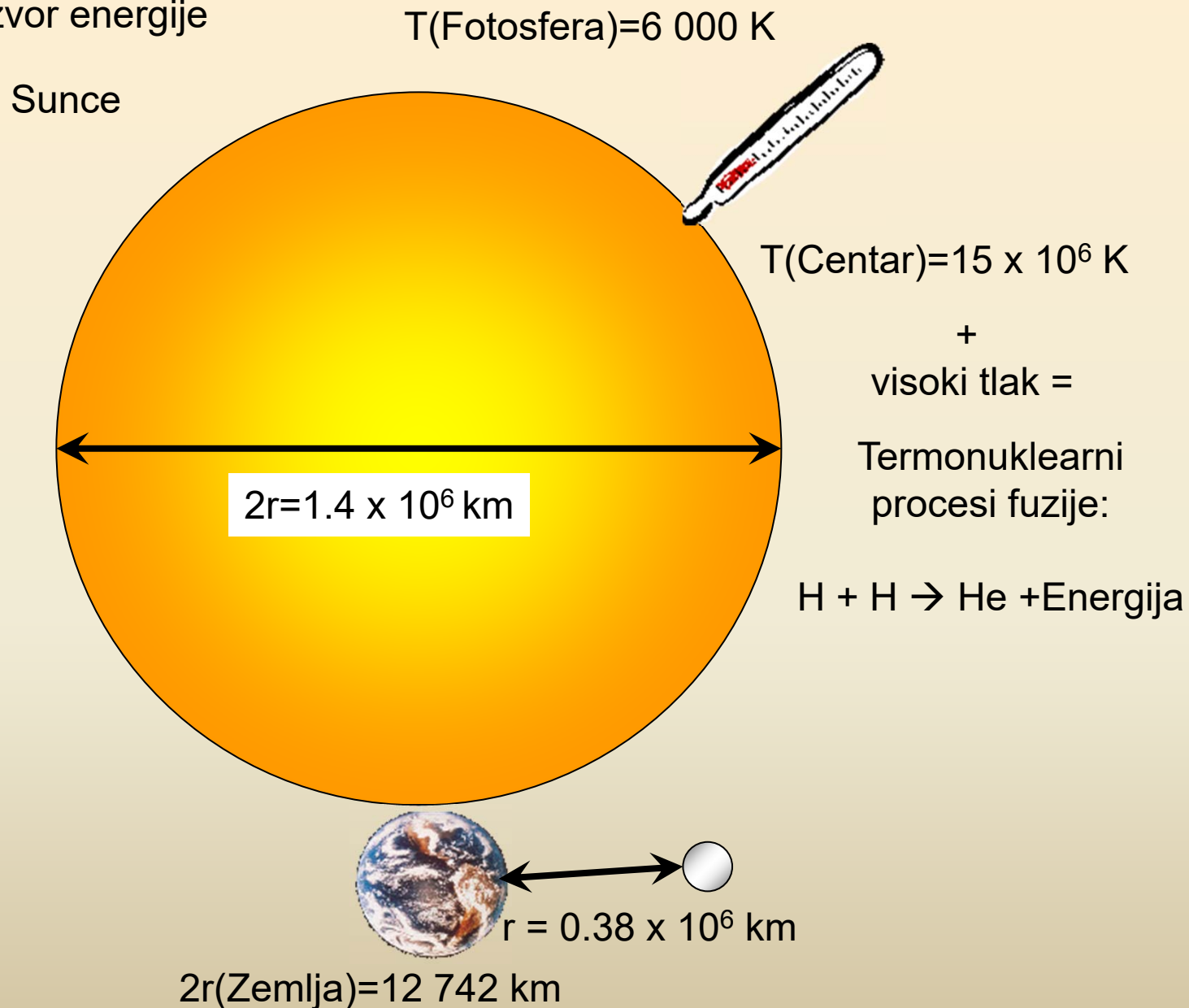




3) SUNČEVO I ZEMLJINO ZRAČENJE

3.1. Sunčevo zračenje

3.1.1. Sunce kao izvor energije



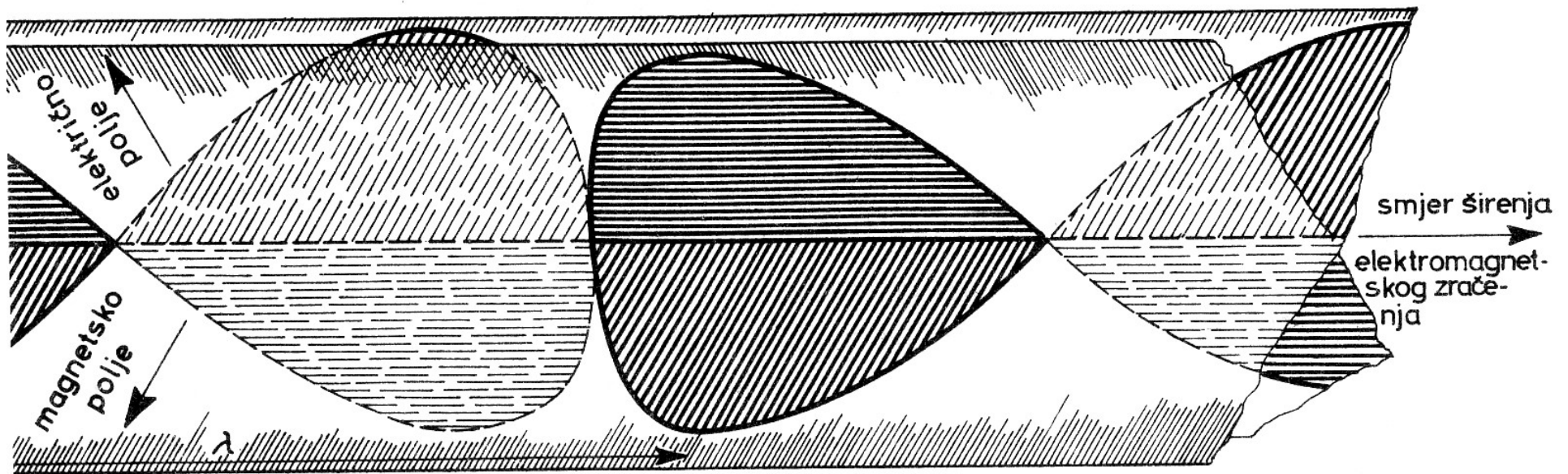
Sunčevo zračenje:

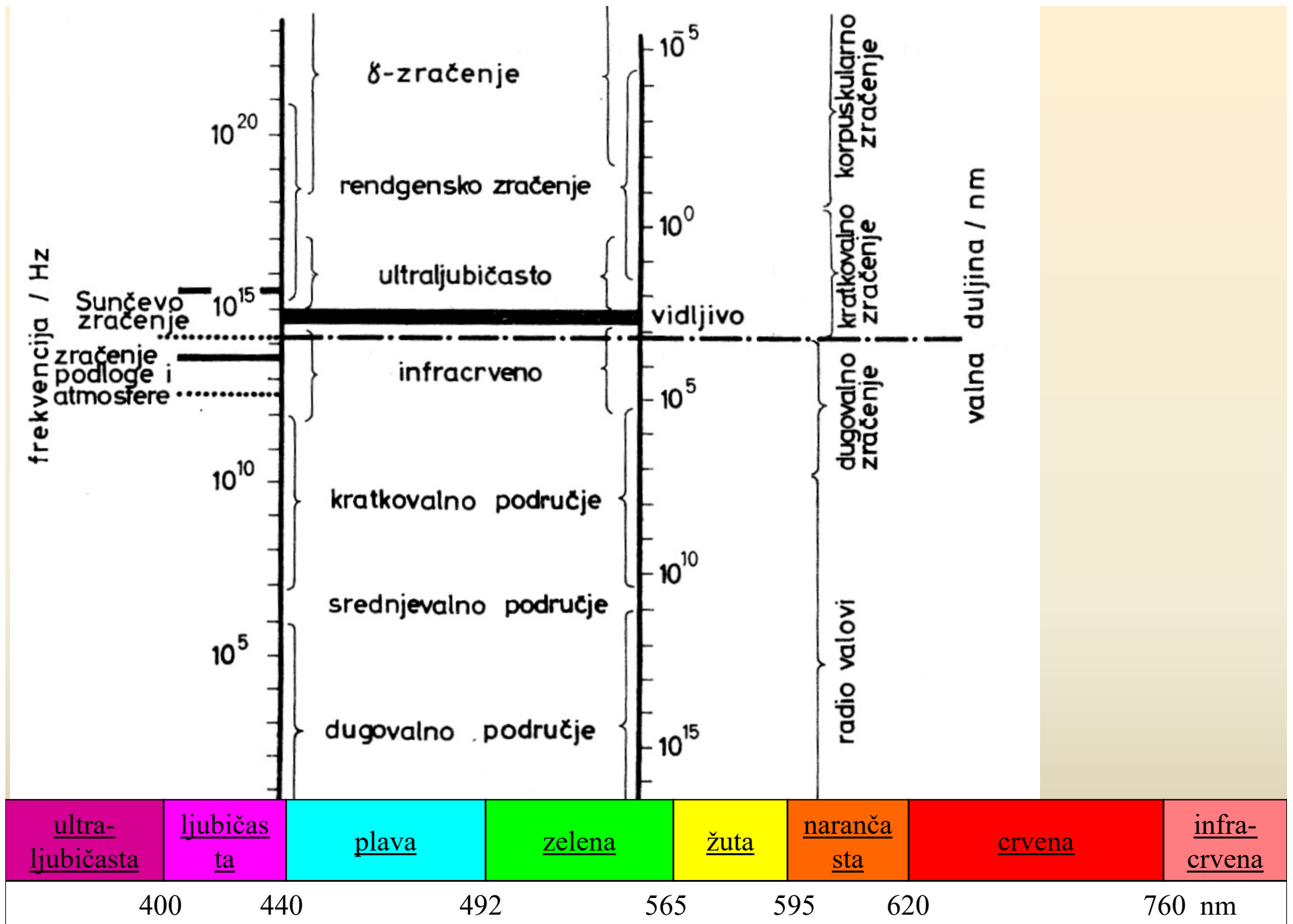
1) Korpuskularno (čestično):

- čestice izbačene iz fotosfere brzinama ($v_{2 \text{ SUNCE}}=620 \text{ km/s} \leftarrow v_{2 \text{ ZEMLJA}}=11,2 \text{ km/s}$)
- ovisi o Sunčevim bakljama i bljeskovima u fotosferi, te o broju Sunčevih pjega
- nejednaka brzina i količina čestica
- energija zanemarivo mala u odnosu na energiju elektromagnetnog zračenja

2) Elektromagnetno

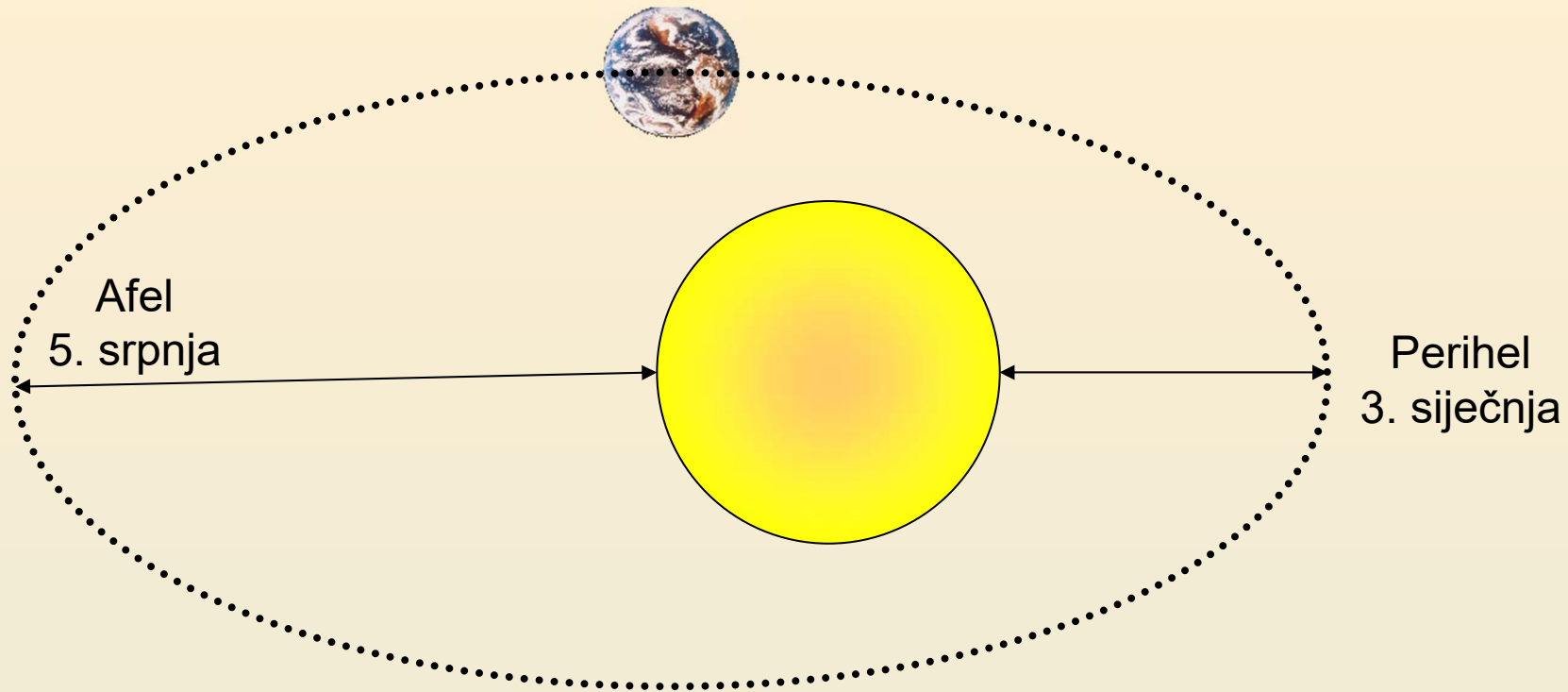
- posljedica titranja elektromagnetskog polja
- neprekidno, uglavnom iste snage i stalne brzine zračenja
- granična $\lambda=4\mu\text{m}$ između kratko- i dugovalnog zračenja





Slika 6. Spektar zračenja prema valnim duljinama i frekvencijama

3.1.2. Sunčevo ozračenje na gornjoj granici atmosfere



putanja Zemlje oko Sunca trenutno NIJE kružnica, nego elipsa (otud i pojam ekliptika)
-točka putanje najbliža Suncu: Perihel (147 Gm ili 147 milijuna km)
-točka putanje najdalja od Sunca: Afel (152 Gm)

Na sjevernoj hemisferi:

Solsticij = suncostaj, prvi dan zime (21. prosinca) i ljeta (21. lipnja)

Ekvinocij = ravnodnevica, prvi dan proljeća (21. ožujka) i jeseni (32. rujna)

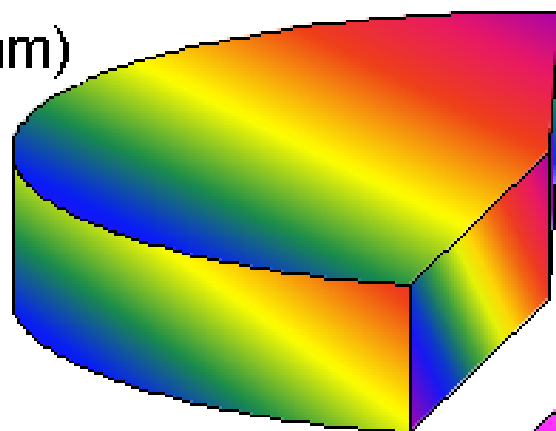
Za koliko svjetlost prevali put od Sunca do Zemlje?

$$v=s/t \rightarrow t= s/v = 150 \text{ Gm} / 0.3 \text{ Gm s}^{-1} = 500 \text{ s} = 8 \text{ minuta}$$

Raspodjela doznačene Sunčeve energije

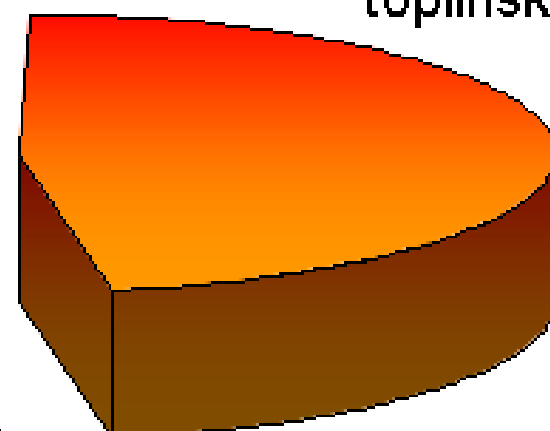
vidljivi spektar
(400-760 nm)

46%



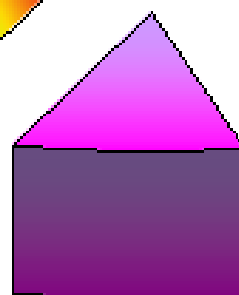
toplinski spektar (IR)
(>760 nm)

47%

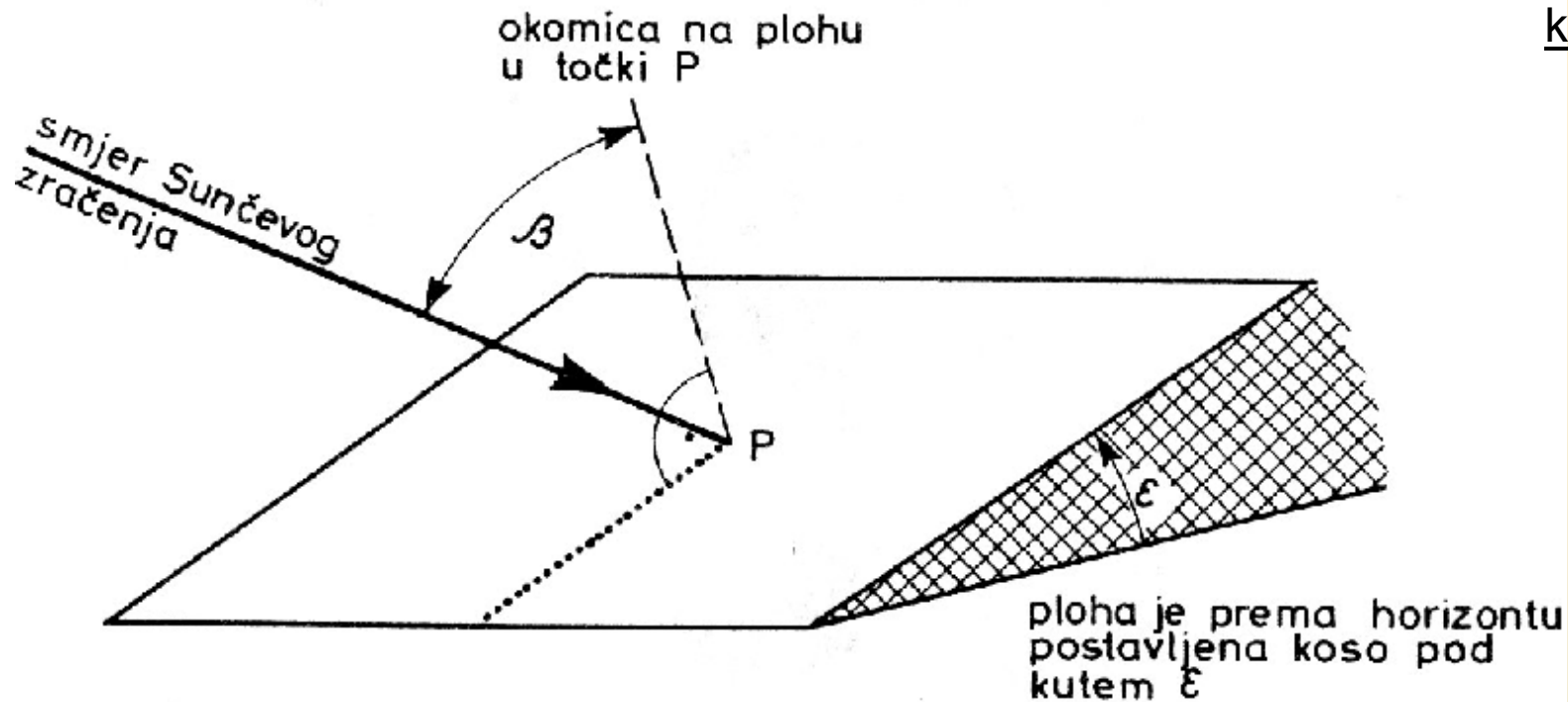


7%

ultraljubičasti (UV) spektar
(200-400 nm)



Obasjavanje kose plohe $i_B = i_0 \cdot \cos \beta$.

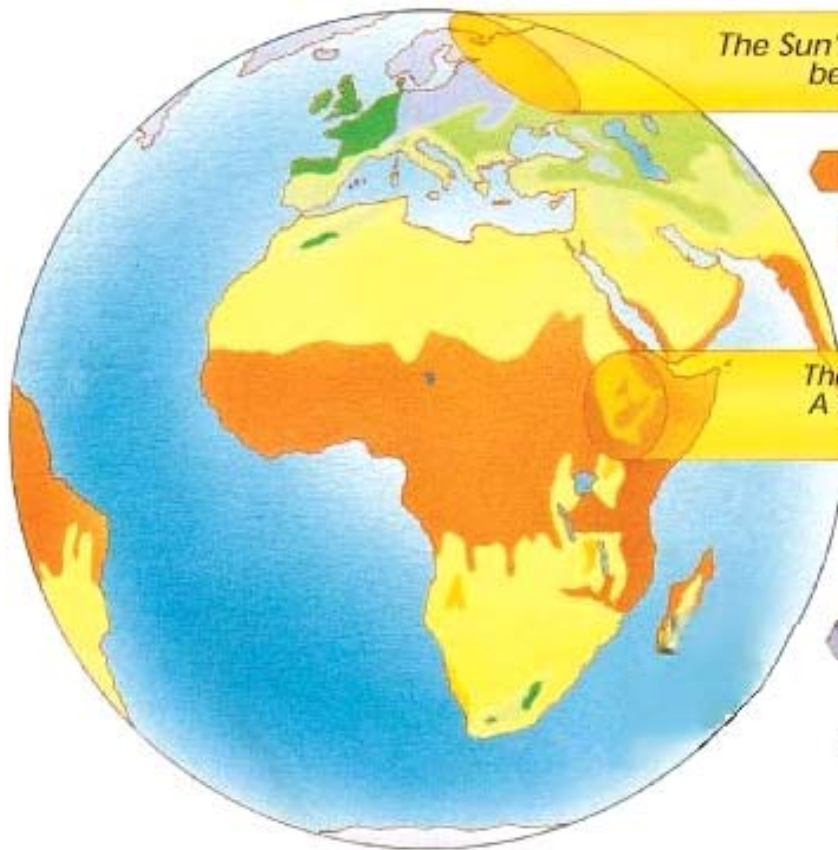


| <u>kut β</u> | <u>cos (β)</u> |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 0 | 1,00 |
| 30 | 0,87 |
| 45 | 0,71 |
| 75 | 0,26 |
| 90 | 0,00 |







kut upada Sunčevog zračenja β : ovisi o zemljopisnoj širini, nagiba (ekliptike) Zemlje

Shodno tome, energija koju tijekom dana prima neka ploha na gornjoj granici atmosfere ovisi o:

- udaljenosti Zemlje od Sunca (*perihel vs. afel*)
- upadnom kutu Sunčevih zraka na plohu (*max za $\beta=0^\circ$*)
- duljini svijetlog dijela dana (*dulji vs. kraći dan*)

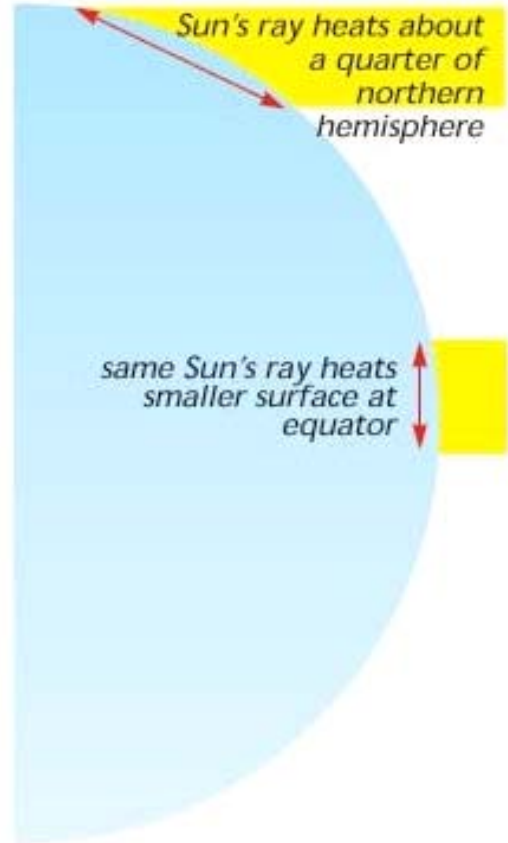


The Sun's rays fall on the poles at an angle because the Earth curves away.

-  Always hot: > 20° C (68° F)
-  Always mild: 10-20°C (50-68°F)
-  Hot summer, mild winter
-  Hot summer, cool winter
-  Hot summer, cold winter
-  Cool: 0-10° C (32-50° F)
summer, cold winter

The Sun's rays fall on the Equator directly. A square metre of Middle Africa receives 1 kW of heat and light each second.

Roughly estimate how many kW fall on 1 m² in North Russia? How many in South Africa?



Sun's ray heats about a quarter of northern hemisphere

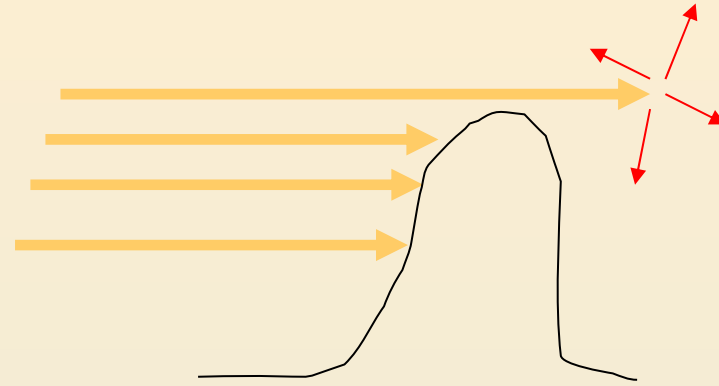
same Sun's ray heats smaller surface at equator

3.1.3. Promjene Sunčeva ozračenja u atmosferi

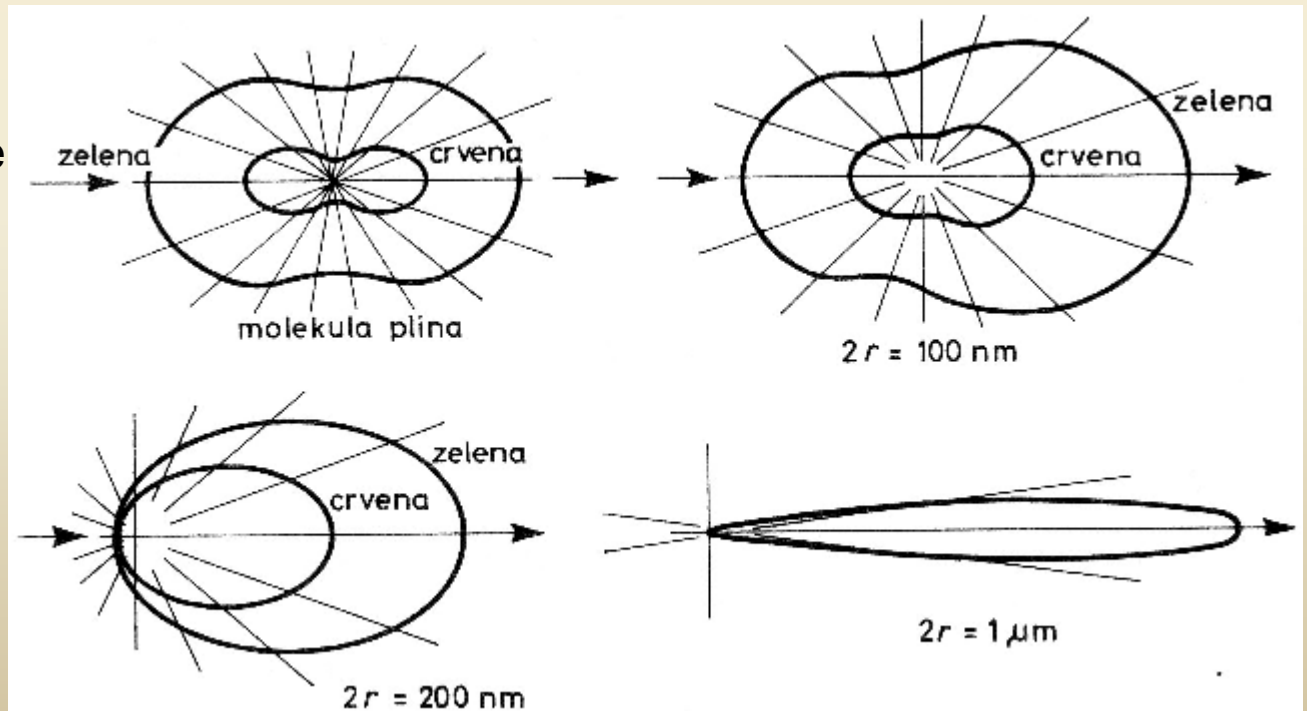
Atmosfera → plinovi → Raspršivanje i upijanje energije

ozračenje:

- izravno ili direktno
- raspršeno ili difuzno ili zračenje neba



Ovisnost veličine čestice i raspršenja dozračenog EM vala



Također, kraće valne duljine se jače raspršuju

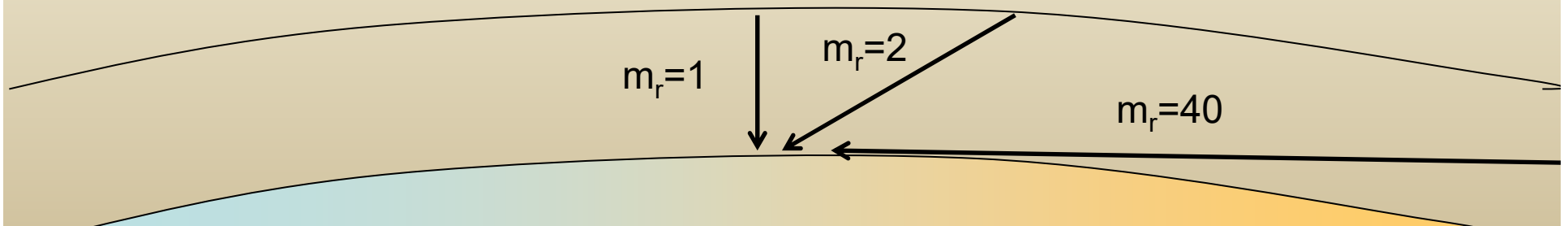
Upijanje EM zračenja od plinova i čestica u atmosferi:

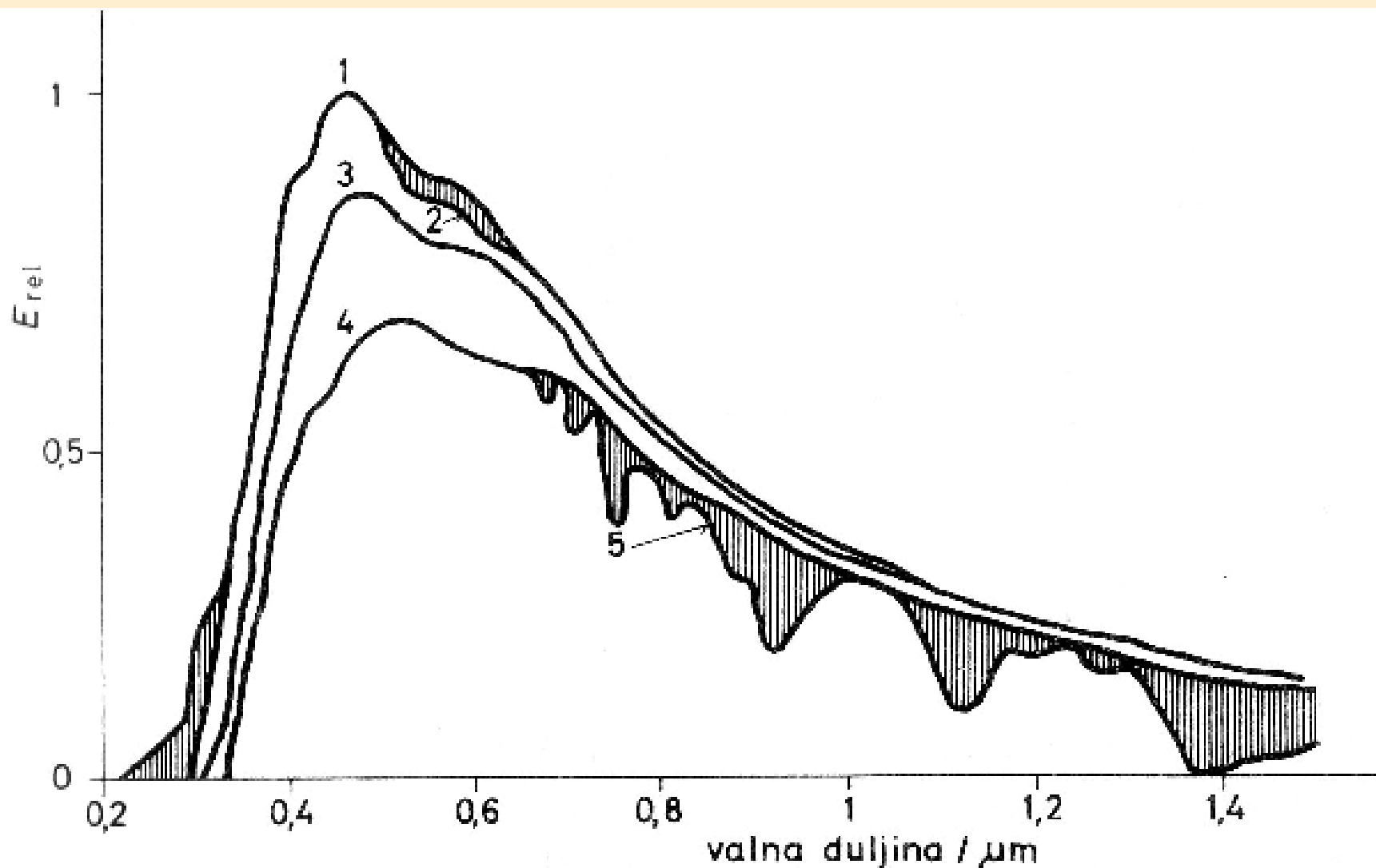
- UV zrake ← ionosfera, ozonosfera
- 430-750 nm ← ozon
- 760-800 nm ← kisik
- IR (3000 nm i više) ← vodena para, CO₂

do tla dopire praktički samo kratkovalno zračenje

Relativna optička masa zraka:

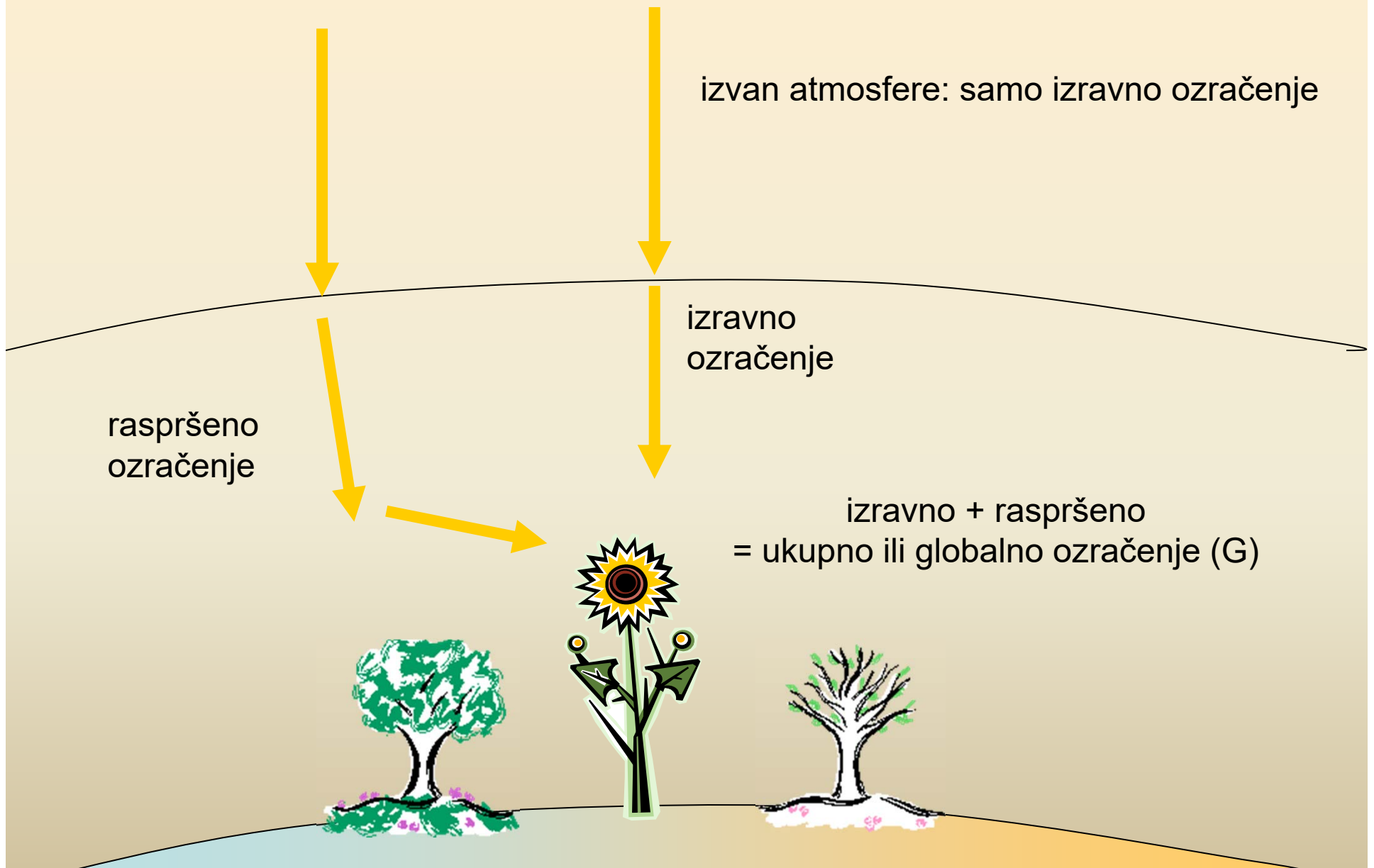
1 za mjesto nadmorske visine 0 kad je Sunce u zenitu, 2 za onu količinu zraka u kojoj zrake putuju 2x duže nego kad je Sunce u zenitu, itd., pa do 40 kad je Sunce na zalazu



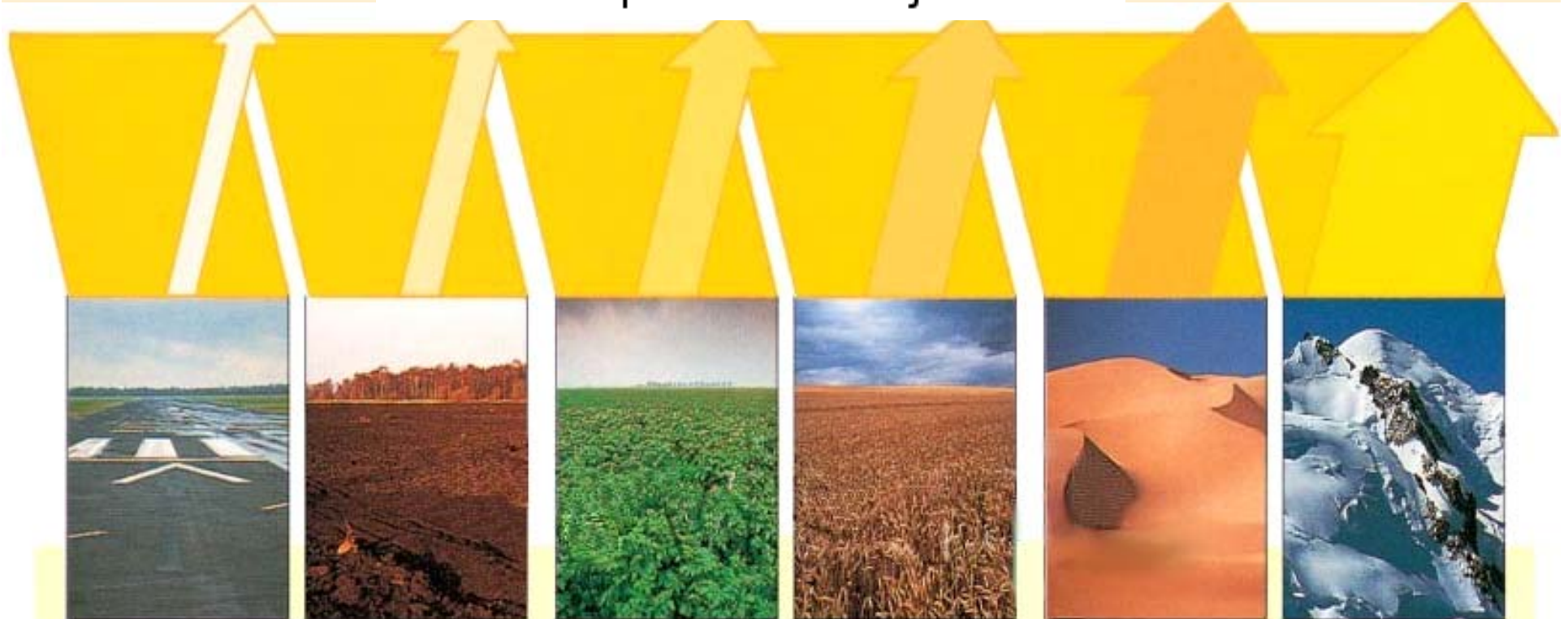


Slika 14. Spektralna raspodjela upadnog Sunčeva zračenja: 1 – na gornjoj granici atmosfere, 2 – nakon apsorpcije u ozonosferi, 3 – još i nakon raspršivanja na molekulama atmosferskih plinova, 4 – još i nakon raspršivanja na aerosolu i 5 – vrijednosti pri tlu pošto je dio zračenja apsorbirala vodena para i ugljik-dioksid

3.1.4. Sunčevo ozračenje na Zemljinoj površini



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



Very low albedo

Black, tarred
airstrip absorbs
heat

5%
reflectance

Low albedo

Uncultivated field
with dark soil and
rough surface

5-10%
reflectance

Low-medium albedo

Cultivated field of
green plants and
uniform surface

15-30%
reflectance

High-medium albedo

Field of rust/red plants
(grain) with flat surface

20-40%
reflectance

High albedo

Light coloured
desert
flat surface

40-60 %
reflectance

Very high albedo

Shiny surfaces
at higher
altitudes

70-85 %
reflectance

što se više energije odbije, manje je ostaje za grijanje Zemljine površine

3.1.5. Osunčavanje i osvjetljenje

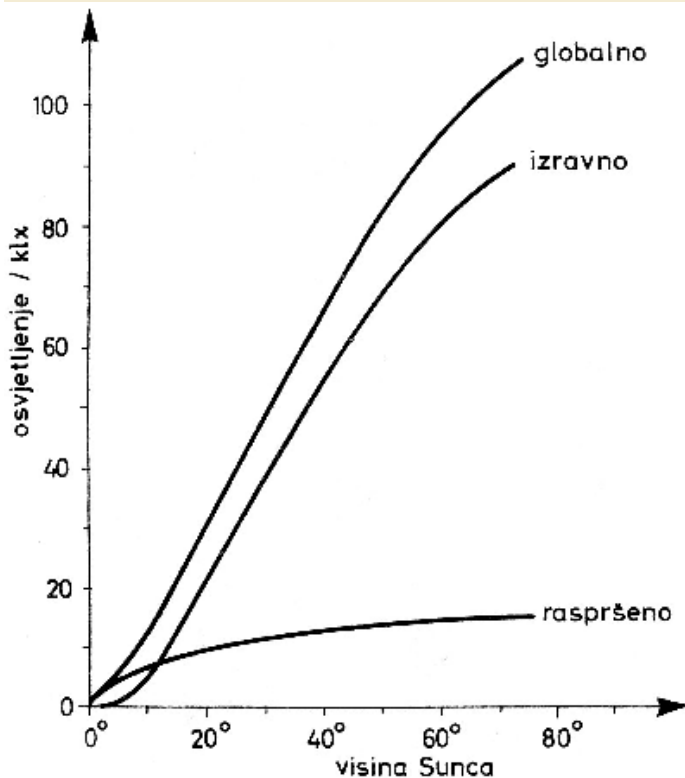
Osunčavanje:

- trajanje sijanja Sunca ili trajanje insolacije
- izražava se vremenskim jedinicama

Stvarno osunčavanje ovisi o:

- otvorenosti vidljivog horizonta
- duljini vidljivog dijela dana (astronomski moguće trajanje insolacije)
- naoblaci

Relativno osunčavanje= stvarno / moguće x 100 [%]



Osvjetljenje (*iluminacija*):

- omjer svjetlosnog toka i plohe na koju svjetlosni tok pada
- jedinica luks [lx]

| | |
|---------------------------|---|
| sunčani dan | 90 000 lx izravno, 15 000 lx raspršeno |
| Sunce na obzoru | 2 000 lx |
| puna mjesečina | 0,2 lx |
| rasvjeta za čitanje, min. | 800 lx |

3.1.7. Utjecaj reljefa na ukupno Sunčevo ozračenje i osunčavanje pri tlu

Ravni tereni: razlika samo zbog godišnjeg doba:

-ljeti, Sunce visoko iznad obzora, jako ozračenje

-zimi, Sunce nisko, slabo ozračenje

Neravni tereni:

- 1) strmija ekspozicija prema jugu → obasjavanje počinje kasnije ujutro i prestaje ranije navečer ← više energije nego u ravnici zbog boljeg upadnog kuta;
Najoptimalnije: južne ekspozicije terena koje su okomite na podnevne ulazne zrake u proljeće i jesen
- 2) istočne ekspozicije → maksimum ozračivanja prijepodne
zapadne ekspozicije → maksimum ozračivanja popodne
no, sveukupno, zbog kraće insolacije, dnevni primitak energije ipak manji od ravne plohe
- 3) sjeverna ekspozicija → najnepovoljnija; obasjavanje samo u toplom dijelu godine, i to samo nakratko nakon izlaska i prije zalaska Sunca

3.2.1. Zračenje Zemljane površine

Zemlja: zrači mnogo manje energije nego Sunce, uglavnom u IR spektru:
3-80 μm (=3 000 – 80 000 nm)

Zračenje Zemljine površine = ižaravanje, oznaka $L_o\uparrow$

kako se mijenja temperatura i insolacija, tako se mijenja i ižaravanje

3.2.2. Protuzračenje atmosfere

Zagrijavanje atmosfere odozgora (kratkovalno, Sunce) i odozdola (dugovalno, Zemlja)

Troposfera:

-kratkovalno uglavnom prolazi bez većeg upijanja

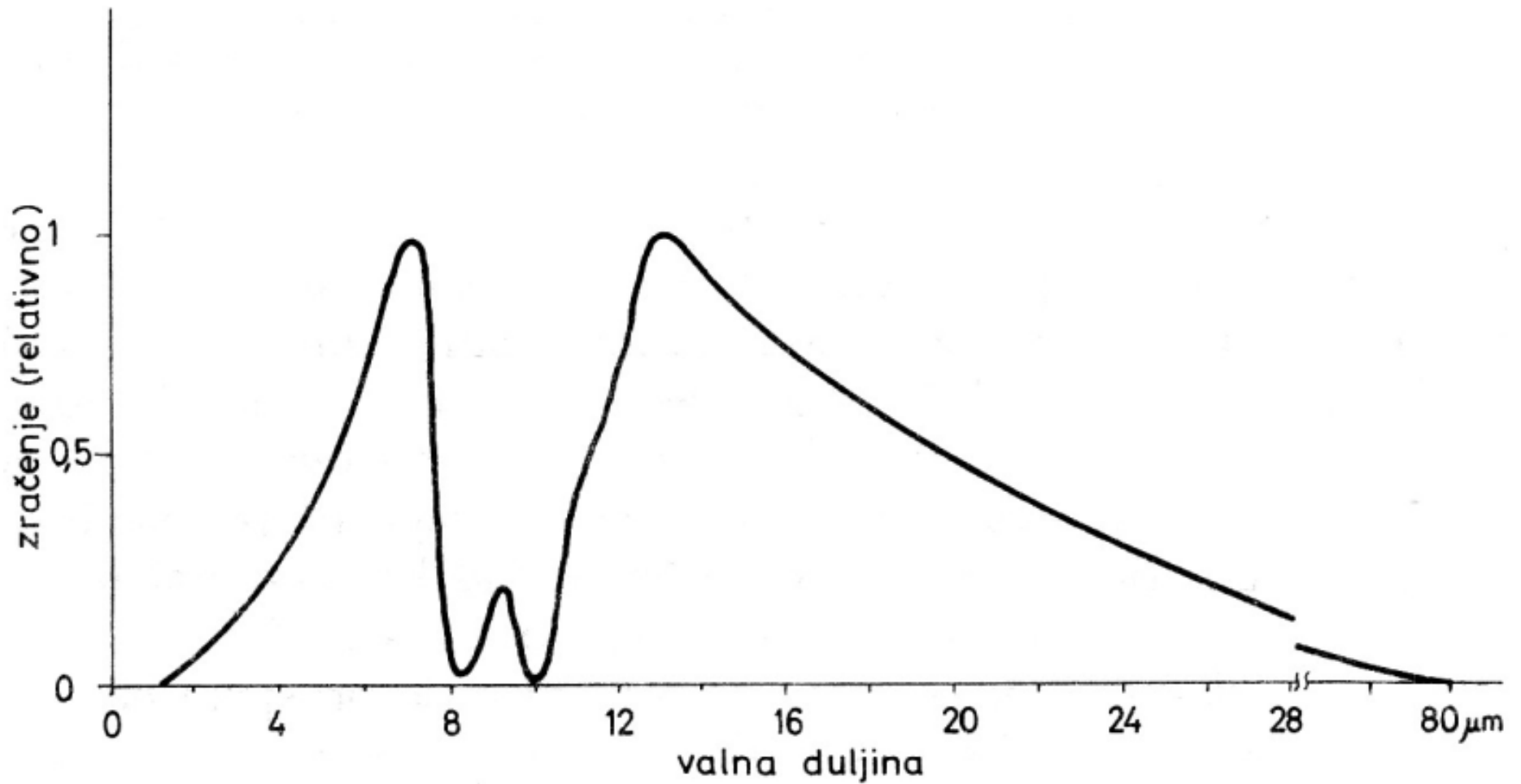
-dugovalno:

vodena para i CO_2 – upijanje IR 5-7 μm , sve $\lambda > 14 \mu\text{m}$
ne upija se za λ : 8.5-11 μm ← gubi se u svemir

Atmosfersko protuzračenje, oznaka $L_o\downarrow$

Protuzračenje veće danju nego noću; najmanje vrijednosti ujutro, najveće popodne, nekoliko sati nakon podneva.

Oblaci i vlaga zraka povećavaju protuzračenje!!!



Spektralna raspodjela gustoće energije koju atmosfera protuzrači prema tlu

razlika izjaravanja i protuzračenja: **efektivno izjaravanje podloge (Zemlje)**

3.3. Energijski obračun

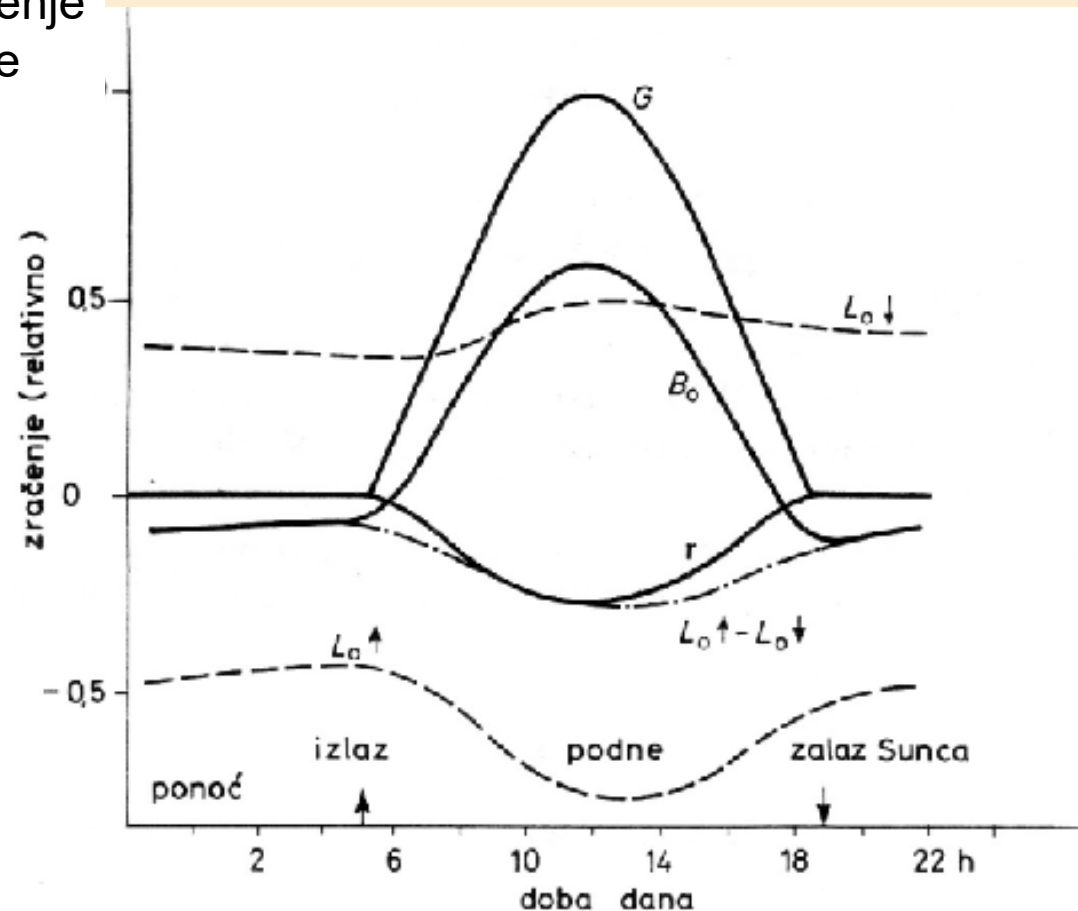
neto-ozračenje, B_o
$$B_o = G(1-\alpha) + L_o\downarrow - L_o\uparrow$$

α – albedo površine

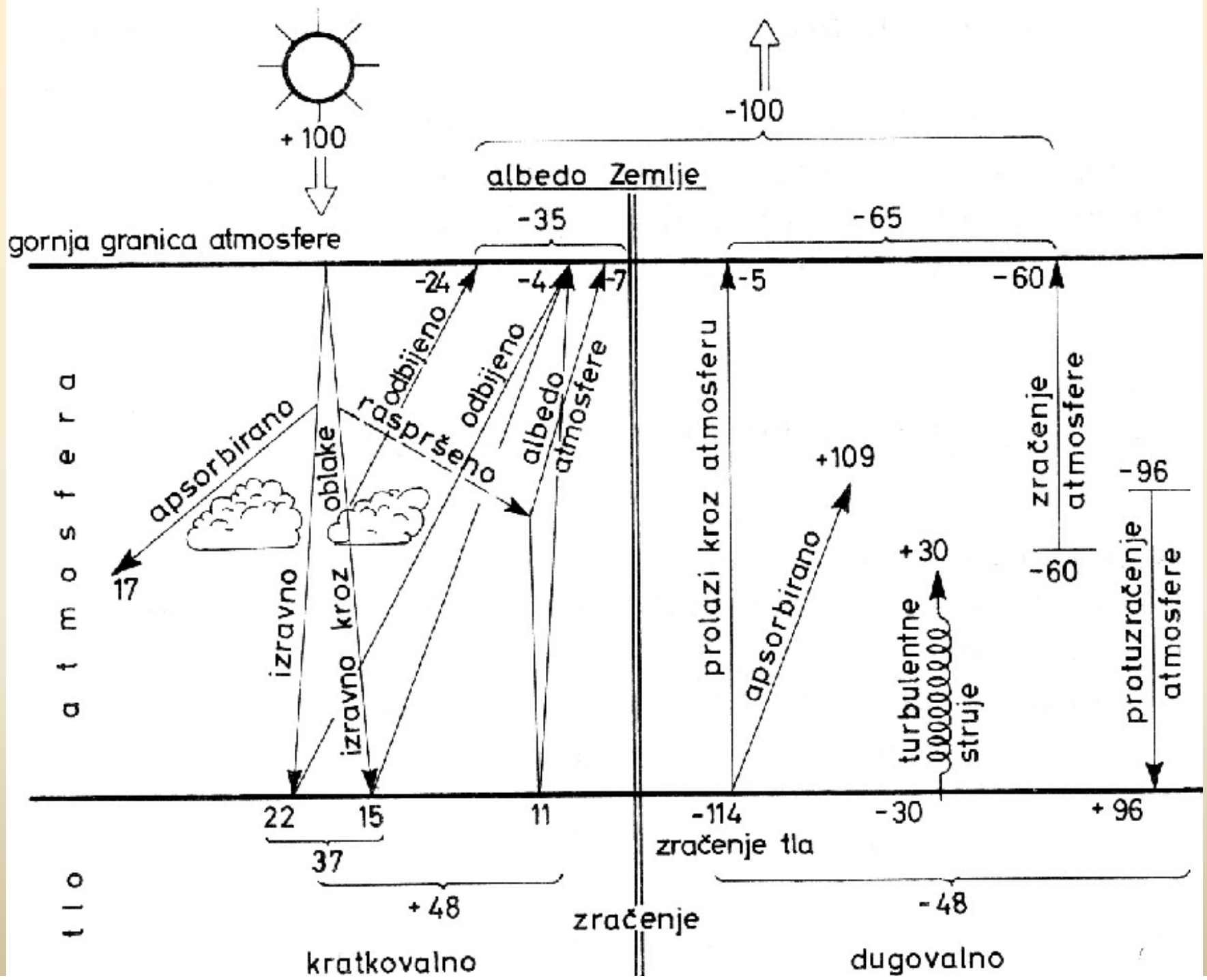
G – globalno Sunčevo ozračenje

$L_o\downarrow$ - protuzračenje atmosfere

$L_o\uparrow$ - izžaravanje Zemlje



Slika 21. Dnevni hod globalnog zračenja (G), odbijenog Sunčeva zračenja (r), dugovalnog zračenja tla ($L_o\uparrow$), protuzračenja atmosfere ($L_o\downarrow$), efektivnog zračenja tla ($L_o\uparrow - L_o\downarrow$) i neto - zračenja (B_o) za vedrog vremena



3.4. Biološko djelovanje energije Sunčeva i Zemljina zračenja

Utjecaj zračenja na organizme:

- ❖ toplina
- ❖ podražaji
- ❖ promjene u tkivu
- ❖ izgradnja tkiva

najkraće valne duljine: 255-305 nm (UV)

-opasne po život → razaraju staničje, ali i viruse i bakterije

- $\lambda < 300$ nm prodire u ljudsku kožu;

-potiče se stvaranje vitamina D – sprječava se rahitis (270-310 nm)

-zgrušavanje bjelančevina (260-285 nm)

-opekline ($\lambda < 315$ nm)

-rak kože, dugoročno (280-285 nm)

-oči naročito osjetljive

-biljke - $\lambda < 320$ nm uglavnom štetne

valne duljine od 320 – 400 nm utječu na oblik biljke (visina, debljina tkiva, itd)

vidljivi dio spektra: 400-760 nm

-produljenje dužine dana u proljeće → poticaj nagona za parenjem
mačke – veljača,
kokoši – intenzivno nešenje jaja u ožujak,
gniježđenje,
povratak ptica selica

-fotoperiodizam – zahtjev pojedinih biljnih vrsta za određenom dužinom i kvalitetom primljenog svjetla

| | |
|-----------------------------|--|
| Biljke kratkog dana: | konoplja, pamuk, soja, kukuruz |
| Biljke dugog dana: | zob, repa, lan, raž, pšenica, crv. djetelina |
| Neutralne biljke: | heljda, suncokret, neki duhan, riža, repica |

Praktično:

biljke kratkog dana prenijete u područje dugog dana forsiraju vegetativnu masu, produžena je vegetacija, pa čak ne mogu prijeći iz vegetativne u generativnu fazu.

biljke dugog dana prenijete u još duži dan skraćuju vegetaciju.

-Fotosinteza:

λ od 610-710 nm pokreće fotosintezu, od 400-510 nm sudjeluje u procesu fotosinteze
EM zračenje između ta dva spektra: 510-610 nm = zelena boja ← biljke ju reflektiraju i zato su zelene

IR spektar

λ od 710 - 1000 nm

- pokreće razvoj generativnih organa biljke
- djeluje na boju biljke
- izaziva fotonastiju – okretanje biljke prema Suncu (Suncokret)



$\lambda > 1000$ nm IR zrake

toplina

- sunčanica
- očni problemi (konjuktivitisi, mrena)
- crvenilo kože

4) TOPLINA I TEMPERATURA

PAZI!!!

-TOPLINA – jedan od oblika energije (jedinica $J = N \cdot m = m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$)

-TEMPERATURA – stupanj zagrijanosti objekta (jedinica $K = ^\circ C + 273.15$)

4.1. Općenito o razmjeni energije u biosferi

razmjena energije između podloge prekrivene biljem i atmosfere: *Aktivni sloj podloge*

Toplinski obračun za aktivni sloj podloge

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

Gdje je:

B_o - 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 bilju)

E – latentna toplina isparavanja/kondenzacije

Q – toplina zagrijavanja/ohlađivanja biljnog pokrova

Razmjena topline između okoline i životinja

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

gdje je

B' – razlika primljene i emitirane energije (B_o , ostale životinje u blizini, zidovi nastambe)

P – toplota razmijenjena između životinje i podloge

A – razmjena topline životinje i atmosfere

M – rezultanta dovoda i odvoda topline do kože unutar tijela

E – latentna toplota 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:

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

gdje je

q – gustoća toka topline

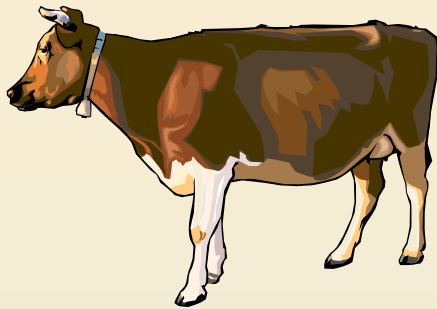
ρ – gustoća zraka

c_p – spec. toplinski kapacitet zraka uz stalni tlak

ΔT – razlika temperature između vanjskog i unutrašnjeg sloja

r – otpor zaštitnog sloja prijenosu topline

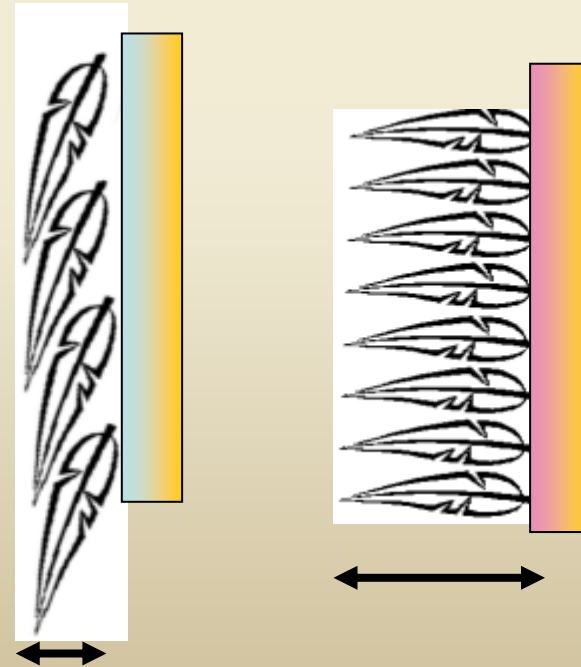
(kratka dlaka oko 200, ovčja vuna i do 1500 $m^{-1} s$)



"Dodatna vrijednost"
krzna/perja:

Kostriješenje:

$$r_1 \ll r_2$$



Voda se sporije grije i sporije 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: život na Zemlji možda ne bi ni nastao (smrzavanje voda "odozgo")

Mjerenje temperature

Jedinice temperature: Kelvin, K, i stupanj Celsiusa, °C

konverzija: **[K]=[°C] + 273.15**

PAZI!!! $\Delta T[K] = \Delta T[°C]$

Voda prelazi iz krute u tekuću fazu na 0°C i iz tekuće u plinovitu fazu na +100°C

SAD: Fahrenheit-ova skala

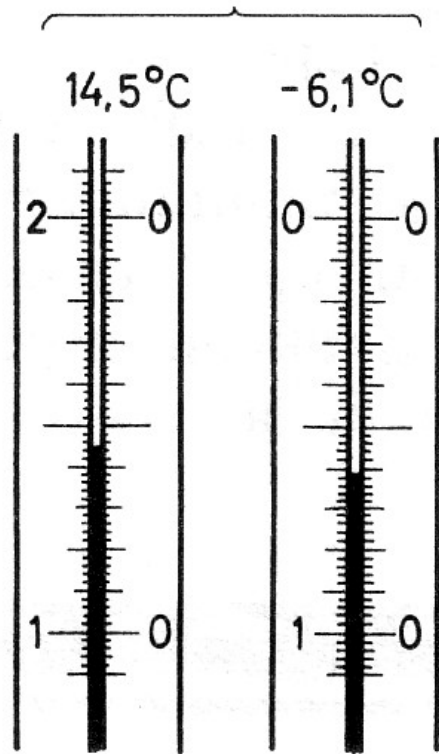
Ledište na 32°F i vrelište na 212°C

$$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$$

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$$



a)



b)



c)



neispravno



ispravno
čitanje



neispravno

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

4.3. Toplina u atmosferi

4.3.2. Temperatura zraka

Vertikalne promjene temperature

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

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

gdje je:

γ – vertikalni temperaturni gradijent [$^{\circ}\text{C}/100$ 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 :

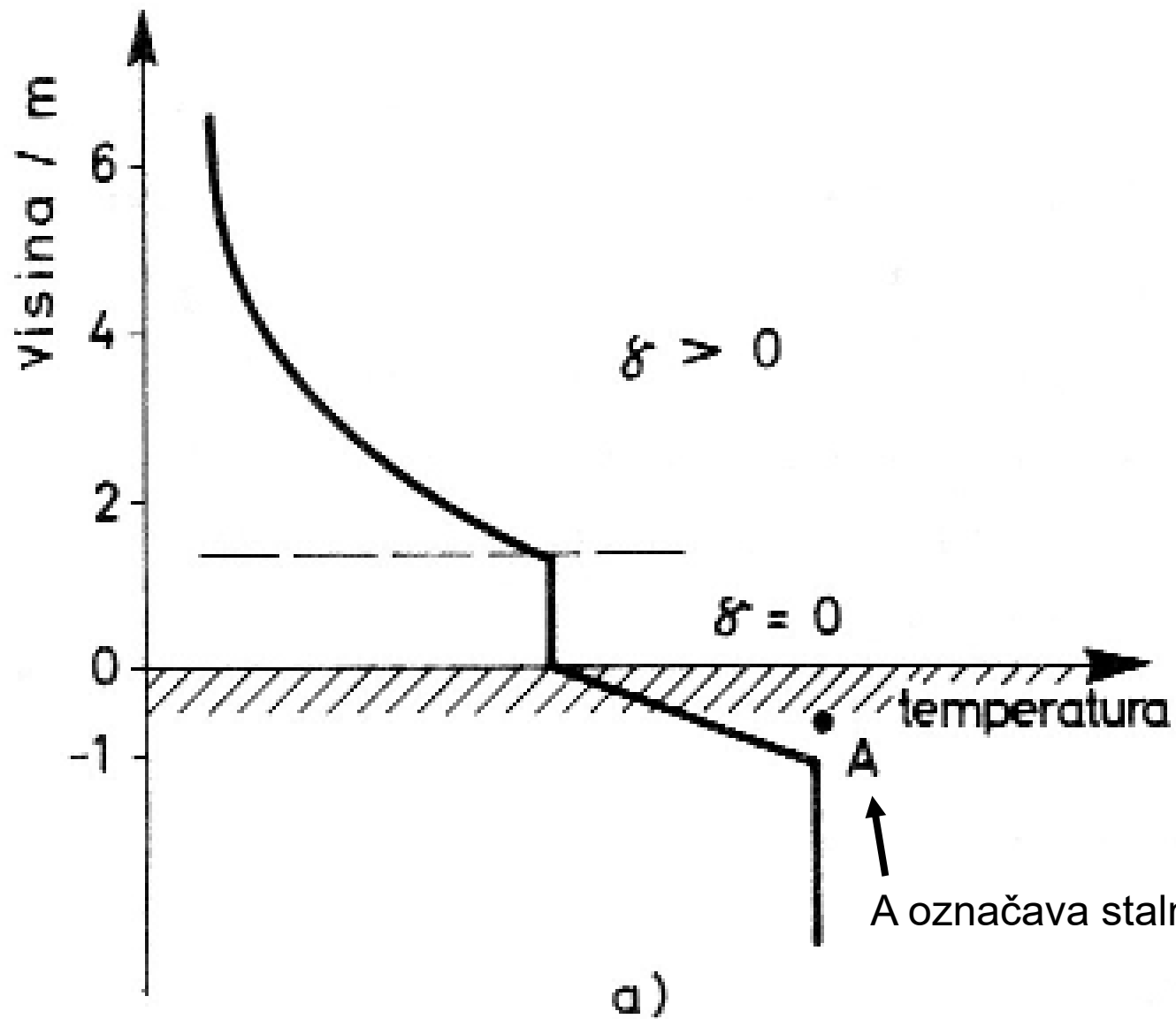
ukoliko temperatura s visinom raste, $\gamma = -[\Delta T/\Delta z < 0] \rightarrow \gamma > 0$

ukoliko temperatura s visinom raste, $\gamma < 0 \rightarrow$ **temperaturna inverzija**

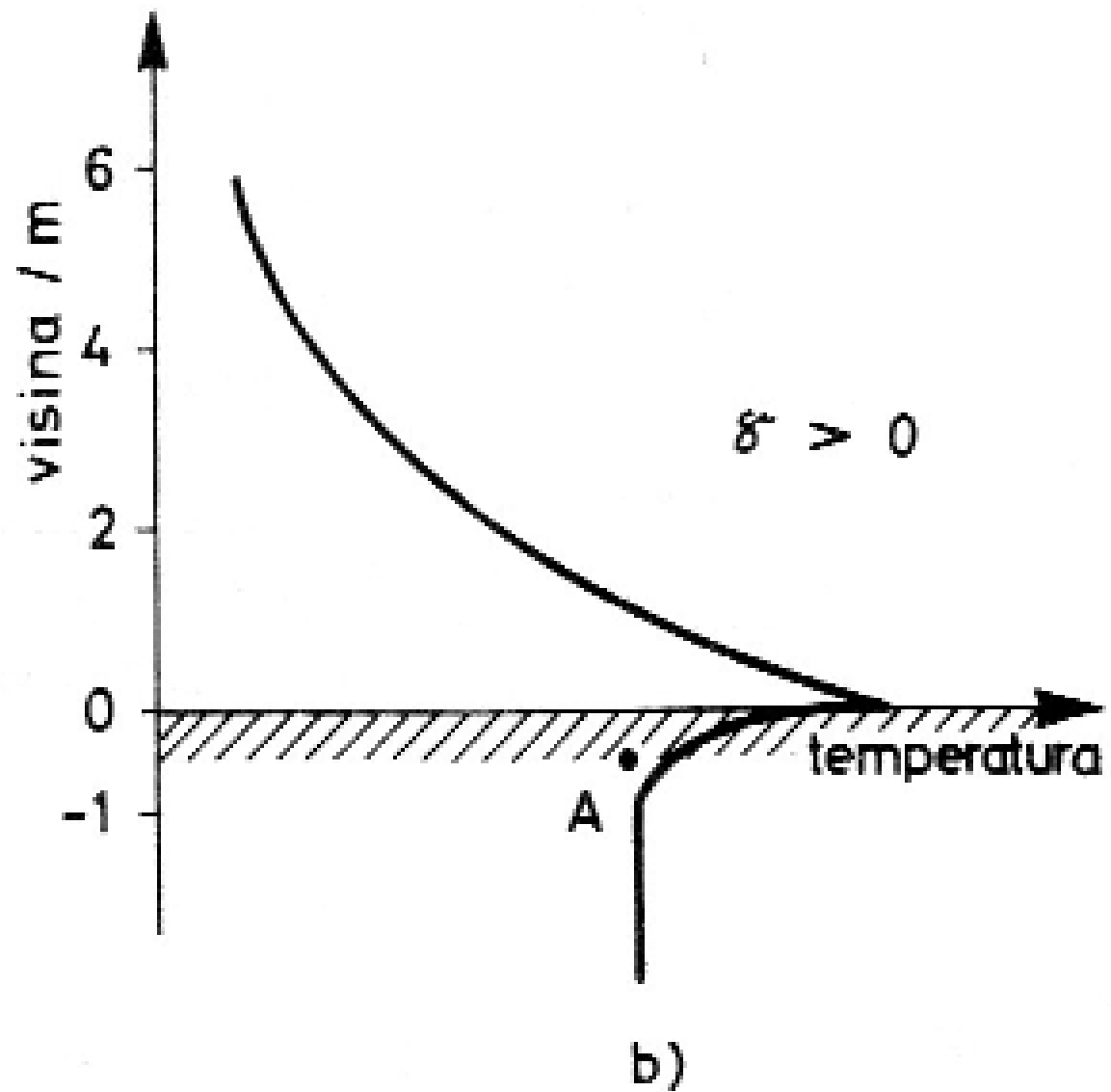
ukoliko se temperatura s visinom ne mijenja, $\gamma = 0 \rightarrow$ **izotermija**

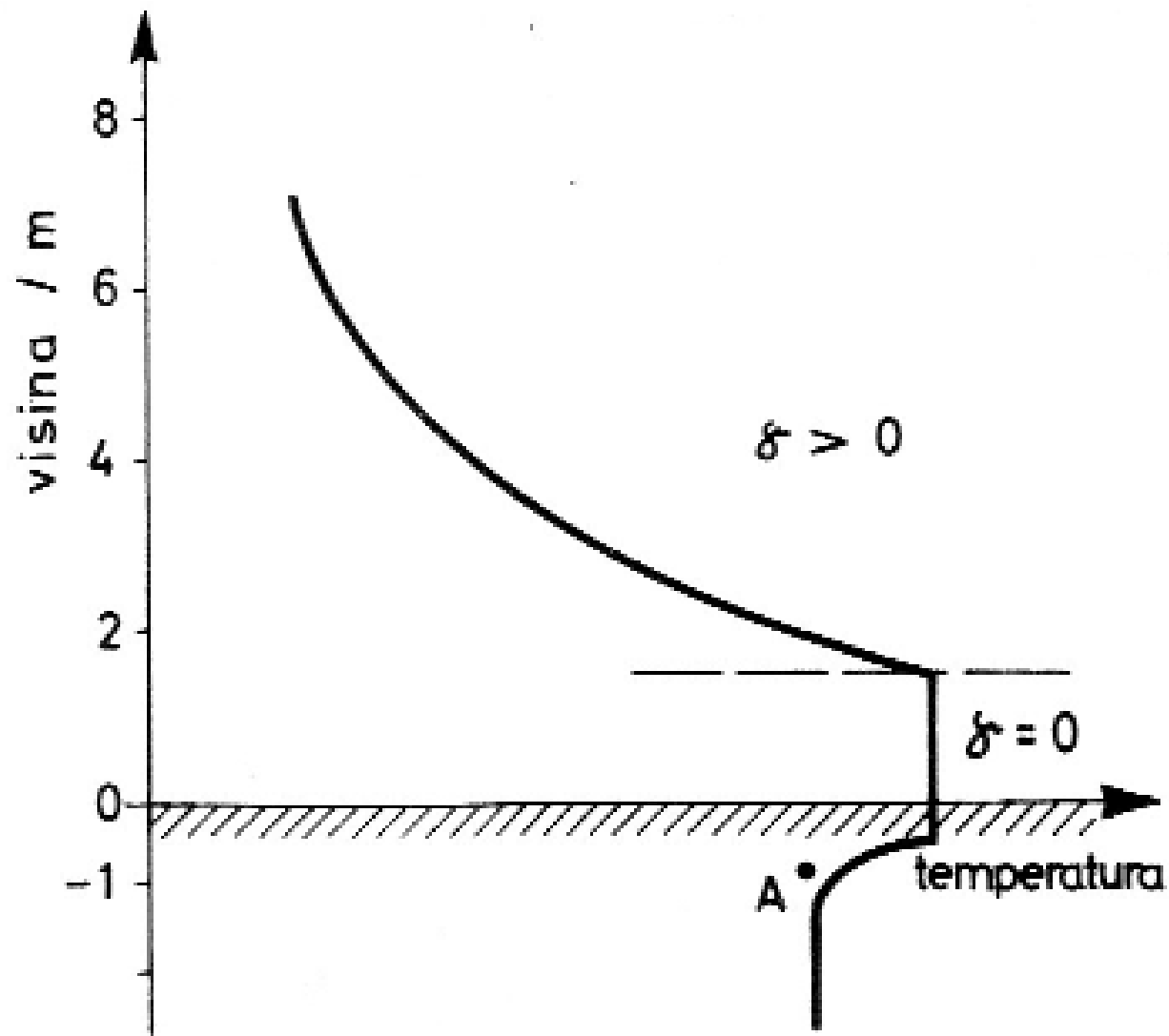
γ u slobodnoj atmosferi između $0,6-0,7^{\circ}\text{C}/100$ m visine;

bliže površini veći, češće su inverzije



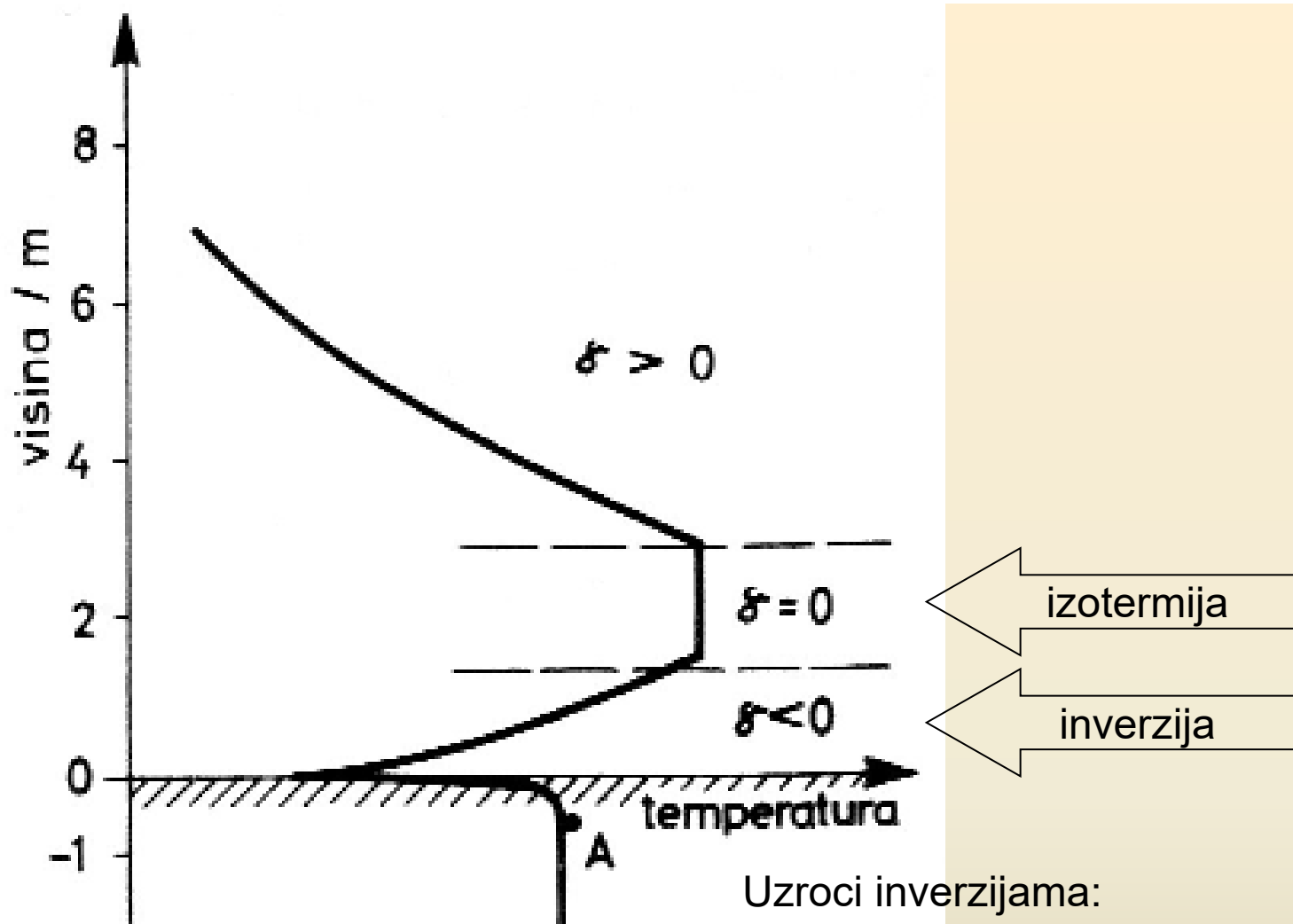
Jutro, 1 h nakon svitanja





c)

1 h iza zalaska Sunca



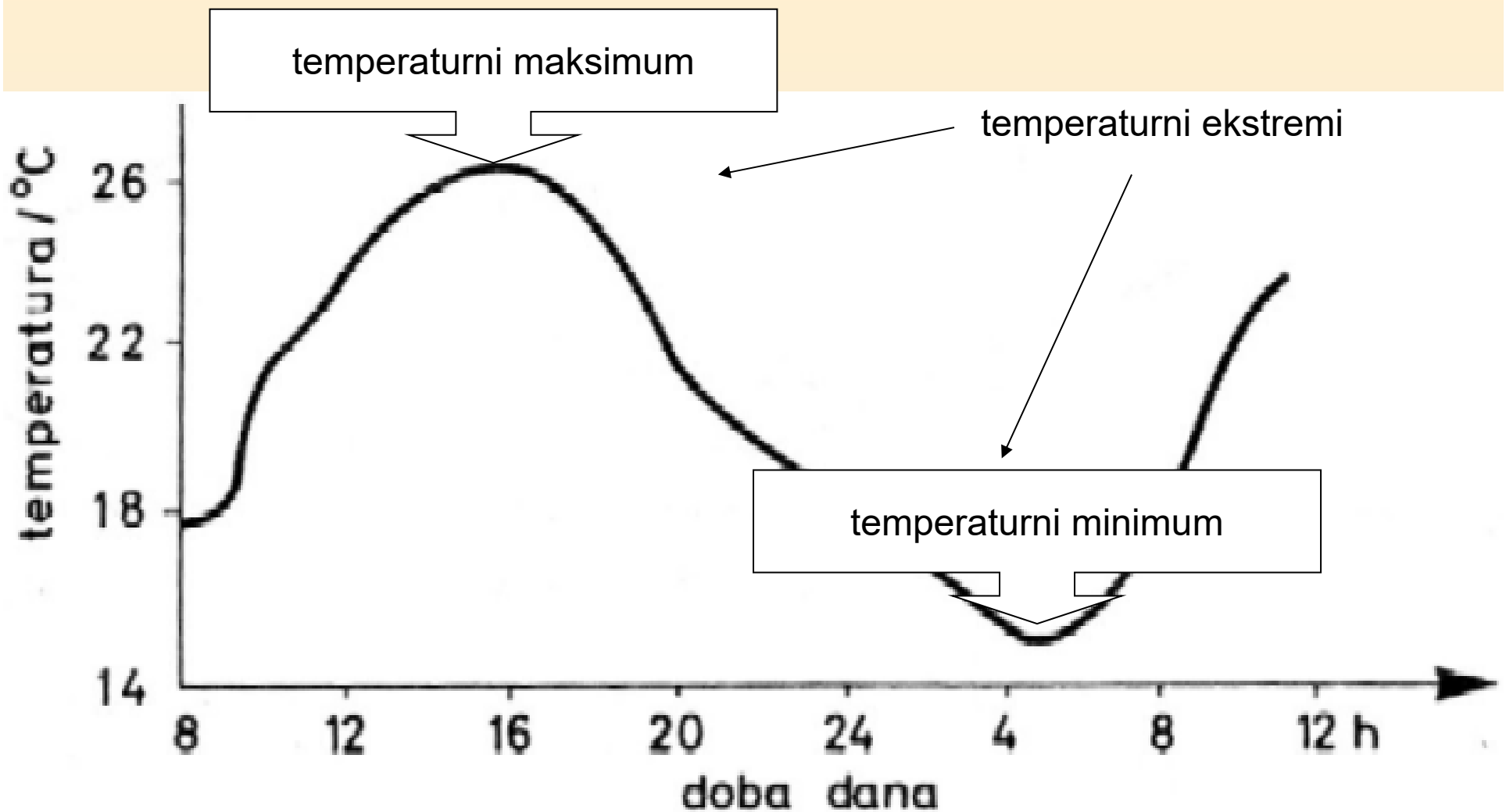
Pred svitanje

Uzroci inverzijama:

- 1) **radijacijska inverzija**: ohlađivanje podloge zbog dugovalnog zračenja
- 2) **advekcijaska inverzija**: dolazak toplog zraka nad hladnu podlogu
- 3) ohlađivanje tla zbog jakog isparavanja nakon kiše ili umjetnog natapanja

Problem s inverzijama: primjer Sarajevske kotline:
topliji zrak iznad hladnijega → zrak se ne giba vertikalno, jer čestice ne idu protiv
gradijenta energije → stabilan sistem → nakupljaju se kondenzacijske jezgre → **magla**
→ + čestice dima i drugi aerosol → **smog** → nakon nekog vremena taloži se →
fumigacija
zimi → česti mrazevi ← **mrazišta**

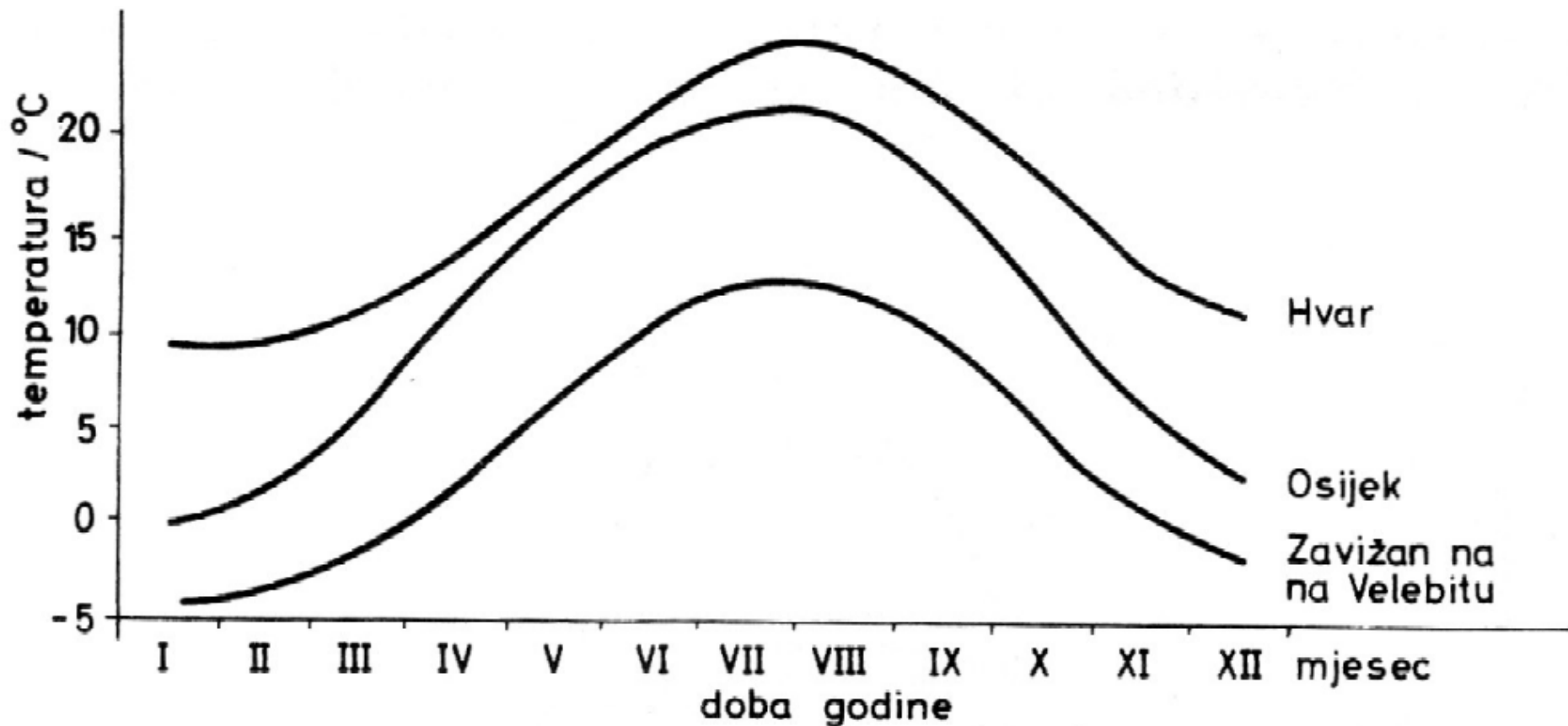




Slika 38. Dnevni hod temperature zraka

1922, El Azizi, Libija → 57.8°C

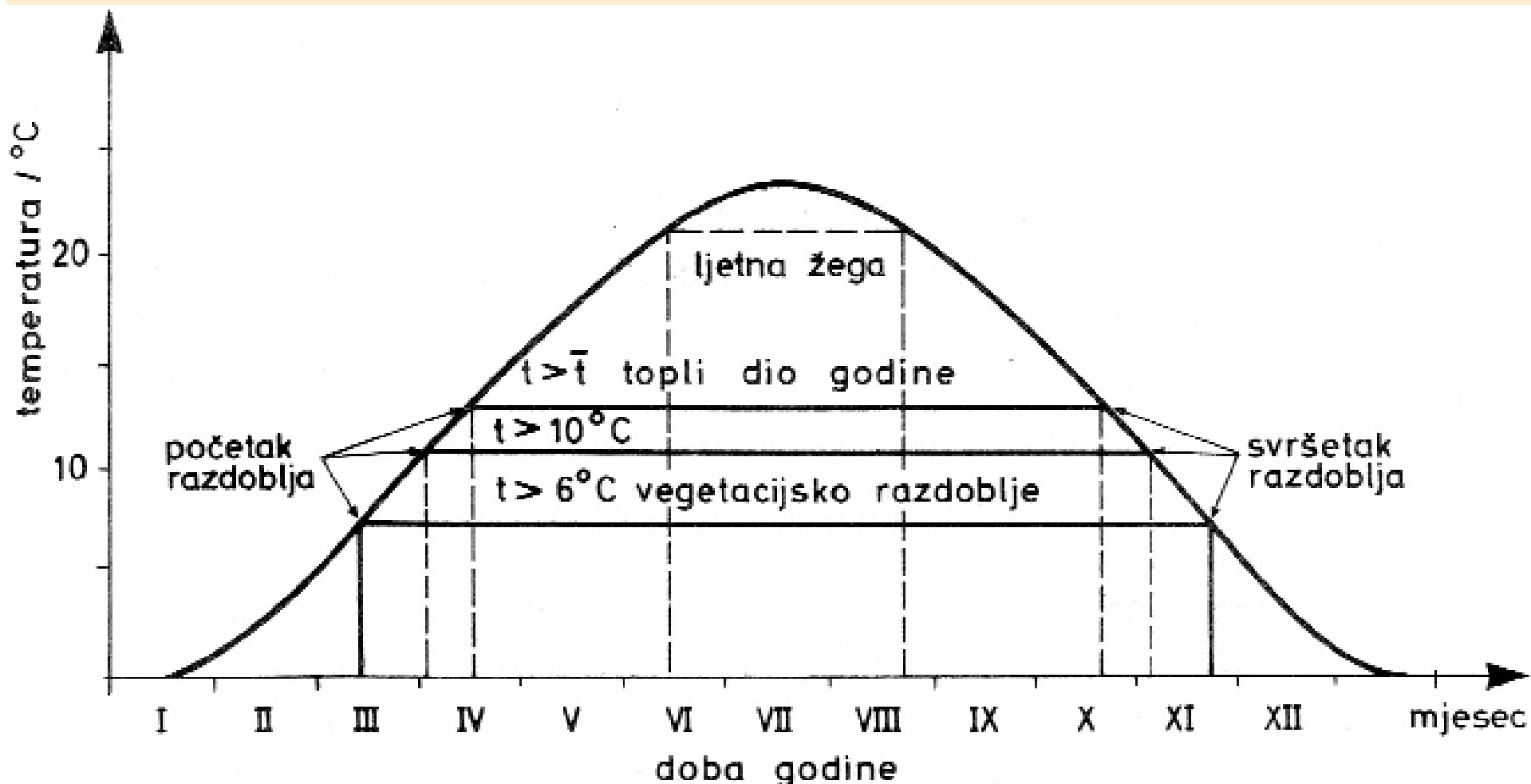
-89.5°C ← 1983, polarna istraživačka stanica Vostok, CCCP



Slika 40. Godišnji hod temperature zraka u nekim našim mjestima

Hladni dani – srednja dnevna temperatura ispod 0°C

Vrući dani – srednja dnevna temperatura 30°C i iznad



Temperaturni pragovi na grafičkom prikazu godišnjeg hoda temperature

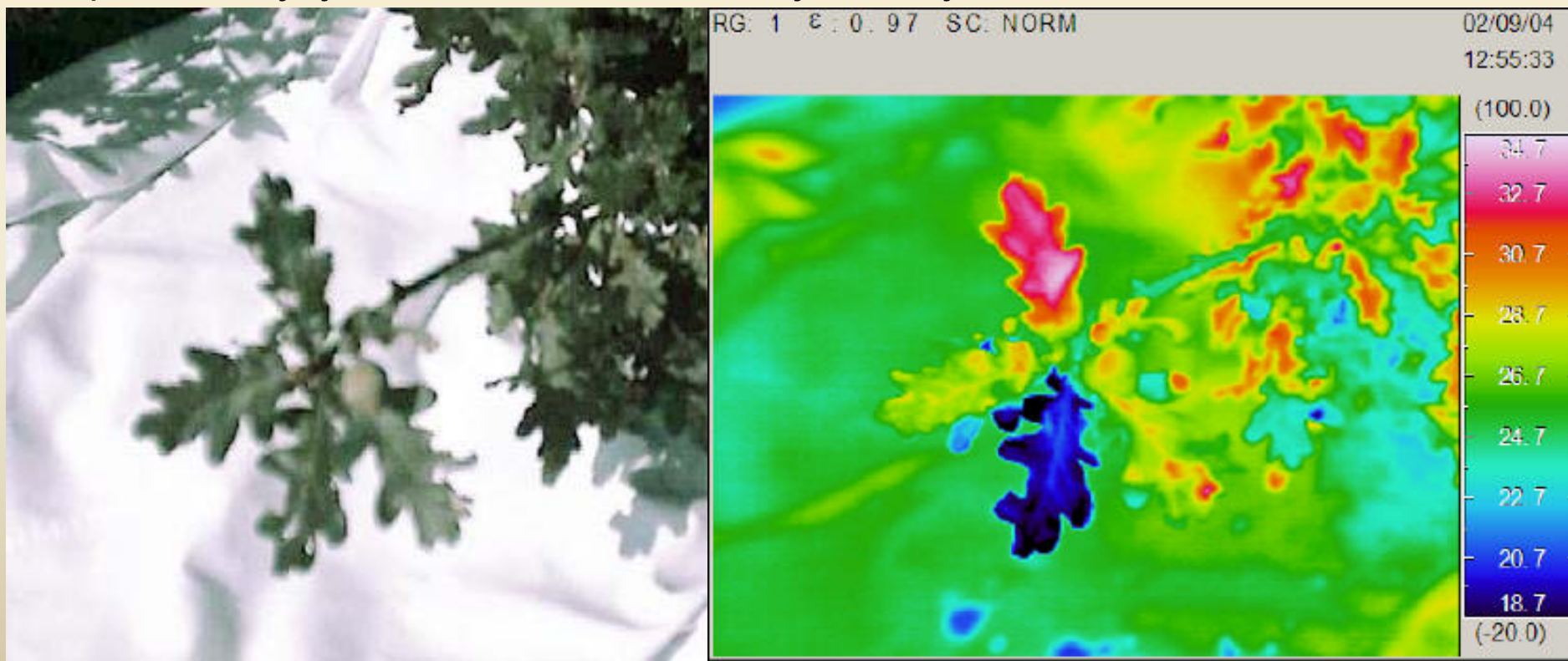
Temperaturni prag: vrijednost temperature ispod koje određena biljka ne raste i ne razvija se

4.4. Važnost vanjske temperature za biljke i životinje

Procesi u biljci ovisni o temperaturi:

- apsorpcija (upijanje vode)
- usvajanje hraniva i plinova (CO_2)
- biokemijski procesi – disanje, fotosinteza
- rast, razvoj i dioba stanica

temperatura nije jednaka u svim stanicama jedne biljke

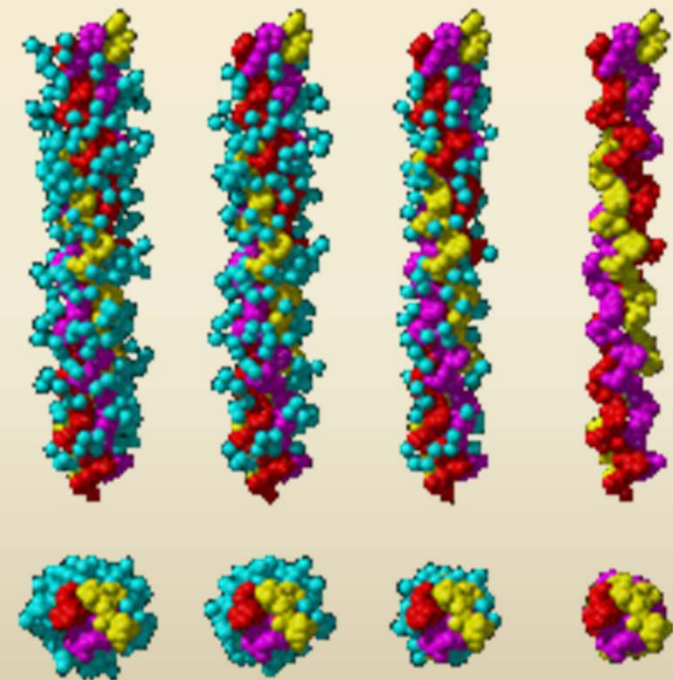
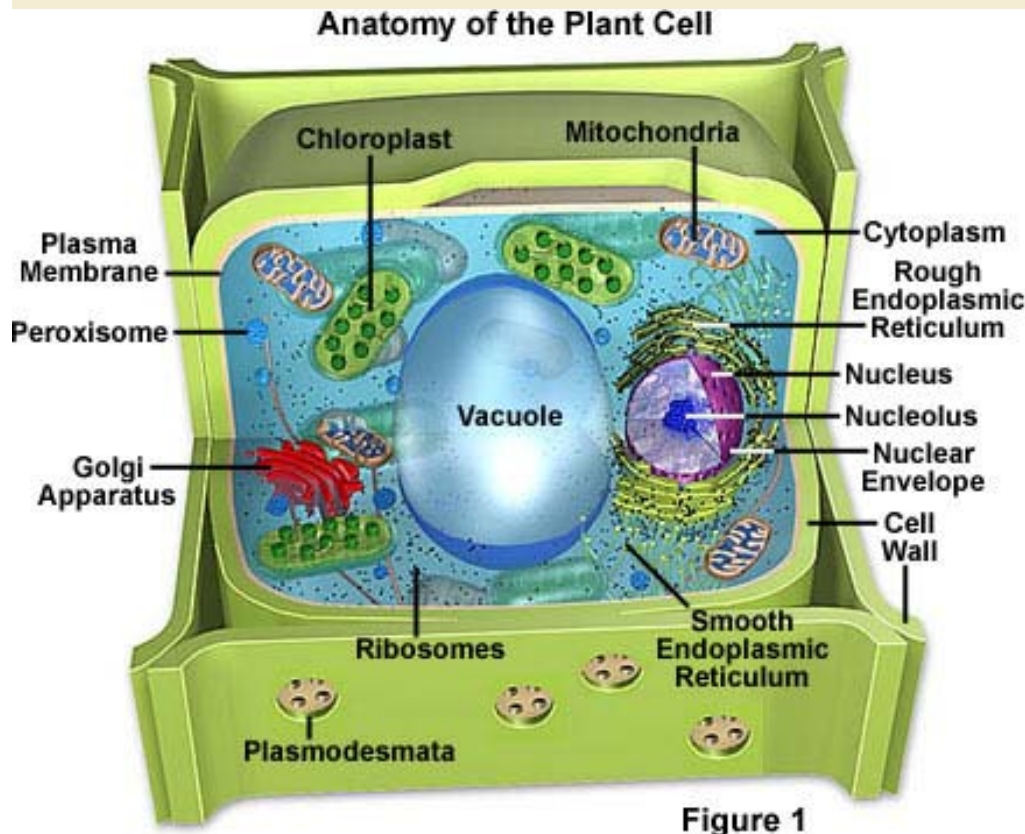


Kardinalne točke za rast i razvoj bilja (ovise o usjevu i njegovoj fenofazi):

1: **Apsolutni minimum preživljavanja**

najniža temperatura na kojoj još biljka živi; ispod nje, smrt/uvenuće biljka umire ne zbog rasta kristala leda u stanici (kako se dugo vjerovalo), nego zato što biljka ispušta vodu iz stanice u međustanični prostor, stanični sok je gušći i time otporniji na smrzavanje;

no, ukoliko izađe previše vode, proteini se mogu presušiti te ireverzibilno promijeniti "Smrzavanje" čaja, banane, kave, itd na temperaturama višim od 0°C



dehidracija proteina u fazama

Kardinalne točke za rast i razvoj bilja (ovise o usjevu i njegovoj fenofazi):

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 proizvode maksimalni prirast biljnih asimilata

4: **Apsolutni maksimum preživljavanja**

isušivanje tkiva zbog:

- akumulacije asimilata u stanicama ← povišenje koncentracije u stanici
- manjka vode za transpiraciju i hlađenje tkiva ← koagulacija proteina u organelama i biljka ugiba od vrućine

vezano uz 4), "prisilna zrioba": naročito štetna u žitarica; tijekom mliječne zriobe; zrno se suši, šećeri prelaze u škrob, oštećuju se proteini (glutein-"ljepilo")

posljedice:

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



| $T_{\text{tlo}} \text{ } ^\circ\text{C}$ | Vrijeme od sjetve do nicanja u danima |
|--|---------------------------------------|
| 18-20 | 6 |
| 10-12 | 14 |
| 5-7 | 22 |



| $T_{\text{tlo}} \text{ } ^\circ\text{C}$ | Vrijeme od sjetve do nicanja u danima |
|--|---------------------------------------|
| 18-20 | 7 |
| 10-12 | 30 |

Po temperaturnim afinitetima, biljke se dijele u:

1) Mikrotermne (kriofilne, frigofilne): biljke hladnijih krajeva

apsolutni minimum: 0-5°C

optimum 25-31°C

apsolutni maksimum 37°C

2) Mezotermne: 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

Utjecaj temperature na životinje

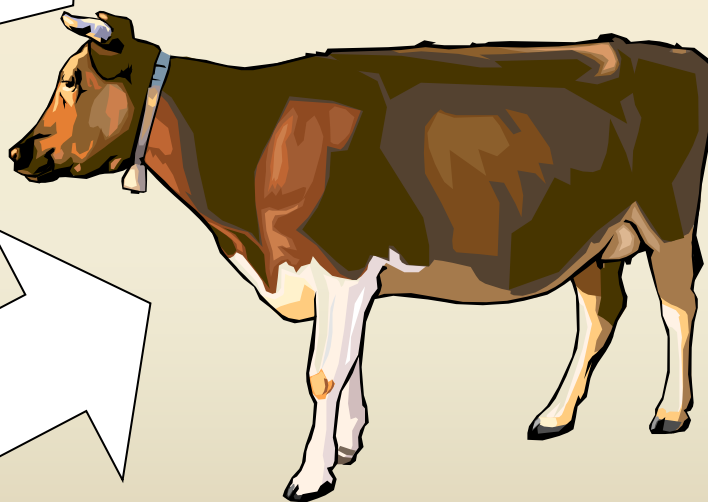
životinje mogu donekle regulirati svoju temperaturu kroz prilagodbe metabolizma, znojenje, izlučivanja druge vrste, kostriješenje, hlađenje preko kože (uši), dahtanje, pijeње vode, itd.

A mogu i poći 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 ide nauštrb prirasta životinje (metabolizam "izgara" kalorije), treba više hrane za istu masu proizvoda; raste zimska dlaka/krzno

Hibernacija – "zimski san": trik nekih životinja (prezimara) da prežive nepovoljnu sezonu ← metabolizam na minimumu, ali izgara mast skupljenu u povoljnoj sezoni, pa životinja gubi na masi i budi se gladna!!!

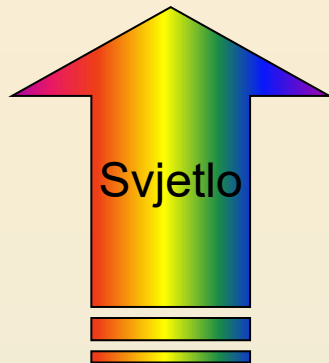
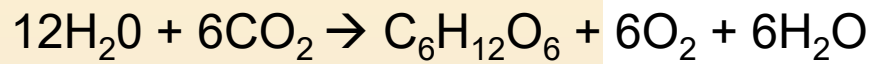


| Životinja | Potrebna temp. zraka u nastambi, °C |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| Krave | 0-15, u rodilištu 10-20 |
| Junad | 6-12 |
| Telad | 7-12 |
| Dojne krmače | 16-22 |
| Bređe krmače, nazimice, nerasti | 15-18 |
| Prasad | 1. tjedan 32-30, 3. tjedan 28-24 |
| Tovljenici | 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 |
| Janjad i jarad | 12-18 |
| Tovni kunići | 8-20 |

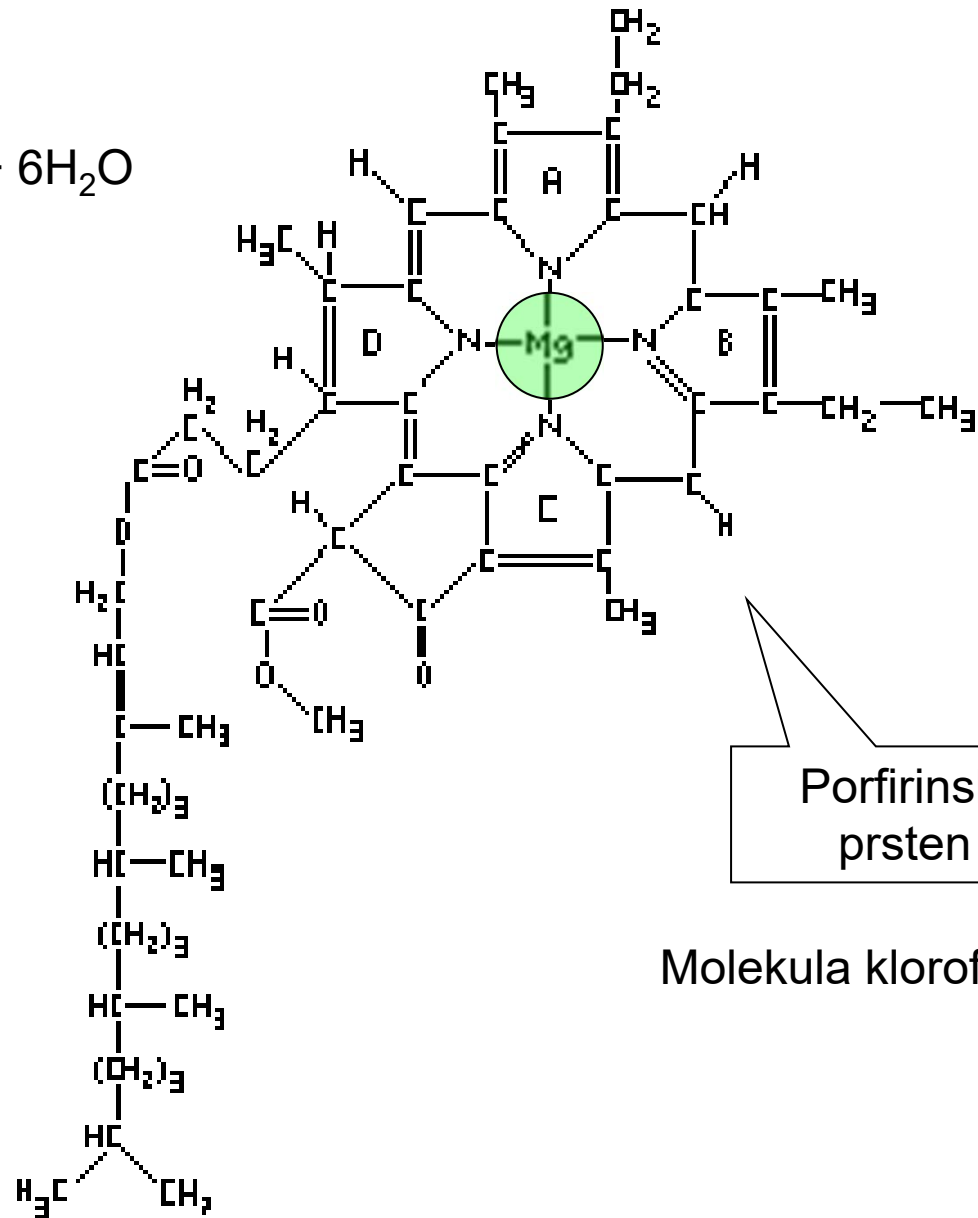
5) OVISNOST METABOLIZMA O ATMOSFERSKIM UTJECAJIMA

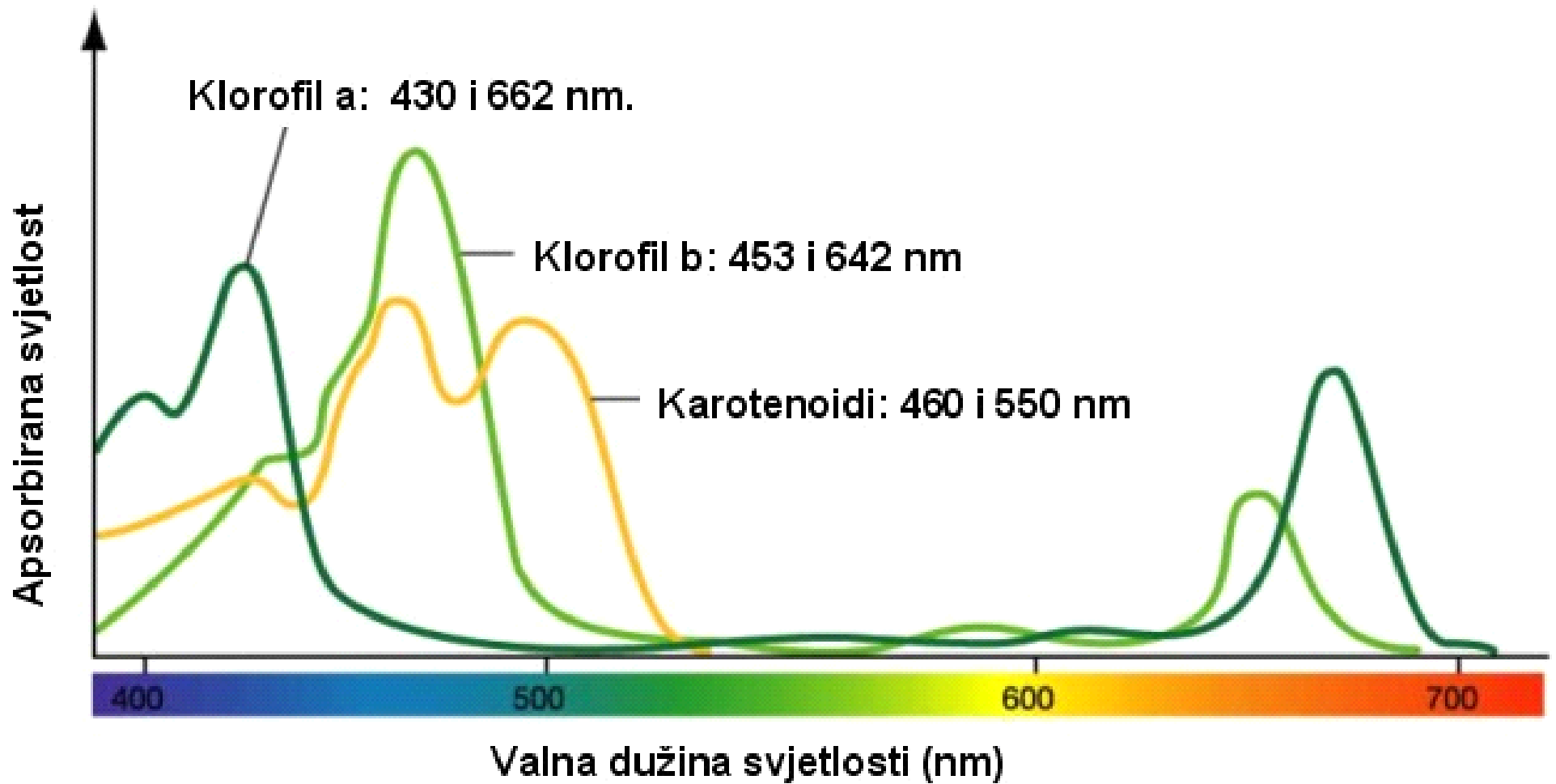
5.1. Utjecaj vremena na fotosintezu i respiraciju

Fotosinteza



Ugljikovodični
"rep"





Dakle, od 46% dozračene energije (vidljivi spektar), svega 20% je pogodno za fotosintezu

Toplinski obračun za aktivni sloj podloge, gdje je F utrošak energije za fotosintezu:

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



$$F = k_i G (1 - \alpha) q$$

gdje su:

k_i – koeficijent stupnja djelovanja energije zračenja (prosječno 0.20)

G – globalno ozračenje

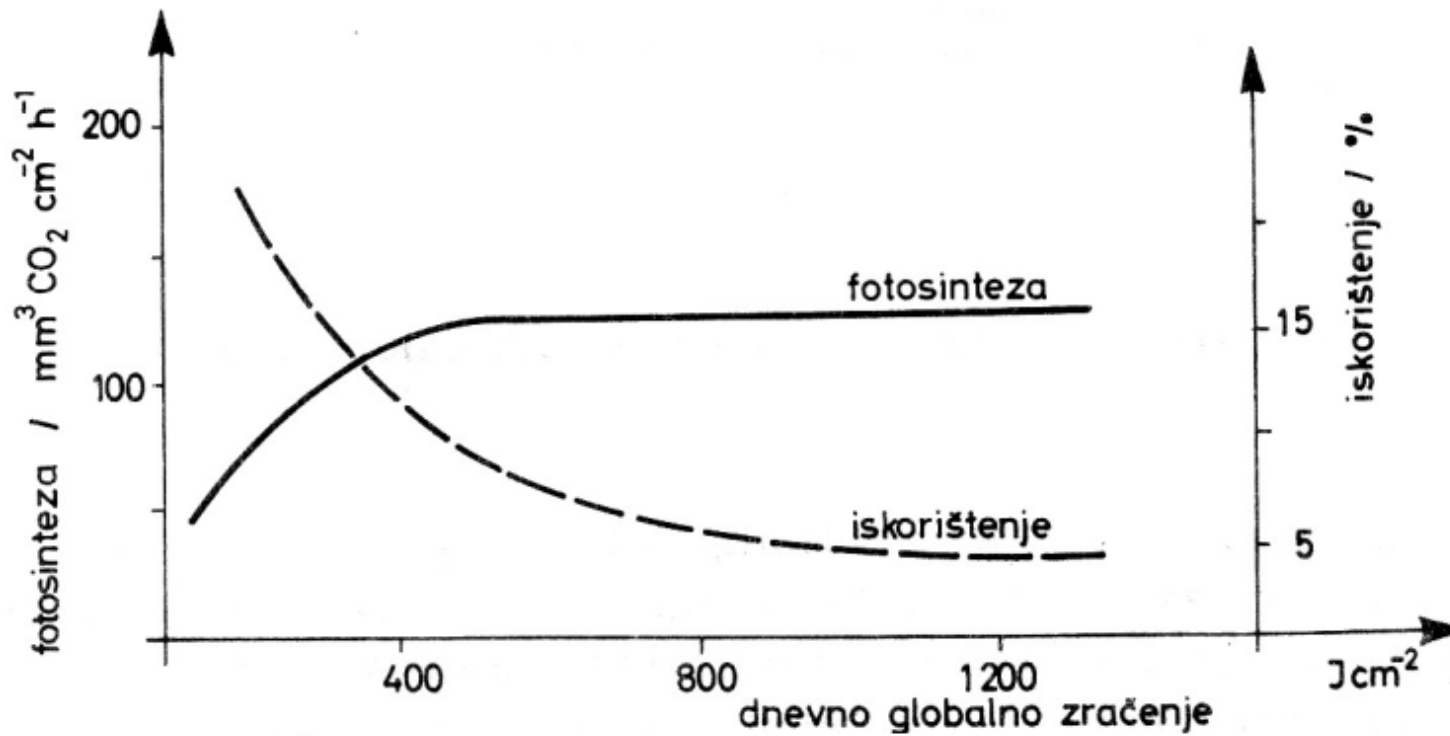
α – albedo lišća (oko 0.15)

q – dio energije utrošen na fotosintezu (cca 0.46)

Iz gornjeg slijedi:

$$F = 0.20 G (1 - 0.15) 0.46 = 0.0782 G \approx \text{svoga } 8\% \text{ Sunčevog ozračenja}$$

ne zvuči mnogo, ali svaki dan se fotosintezom uskladišti oko $3.6 \times 10^{10} \text{ J}$ (=36 GJ)



Opća ovisnost fotosinteze i iskorištenja svjetlosne energije o upadnom globalnom zračenju

Iskorištenje sa zasićenjem fotosintetskog aparata svjetlošću proporcionalno pada!!!

Prosječno zasićenje na 25 klx ← Sunce u zenitu za vedra vremena daje 100-120 klx

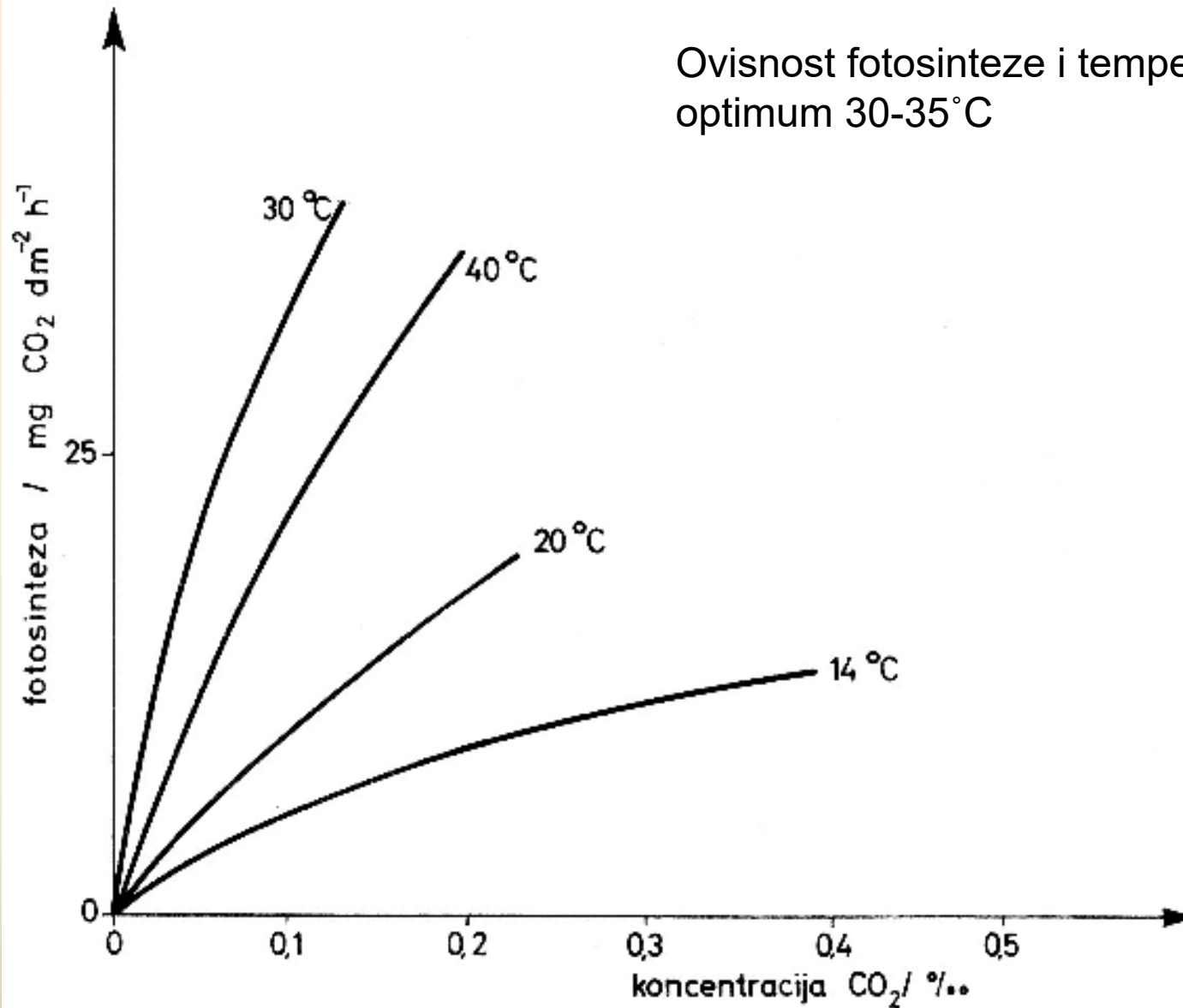
Podjela biljaka po potrebama za svjetlosnom jakošću:

Skiofite: biljke sjene –zasićenje već na 10klx

Heliofite: biljke svjetla – neke traže čak i do 50-60 klx

Mezofite: biljke između

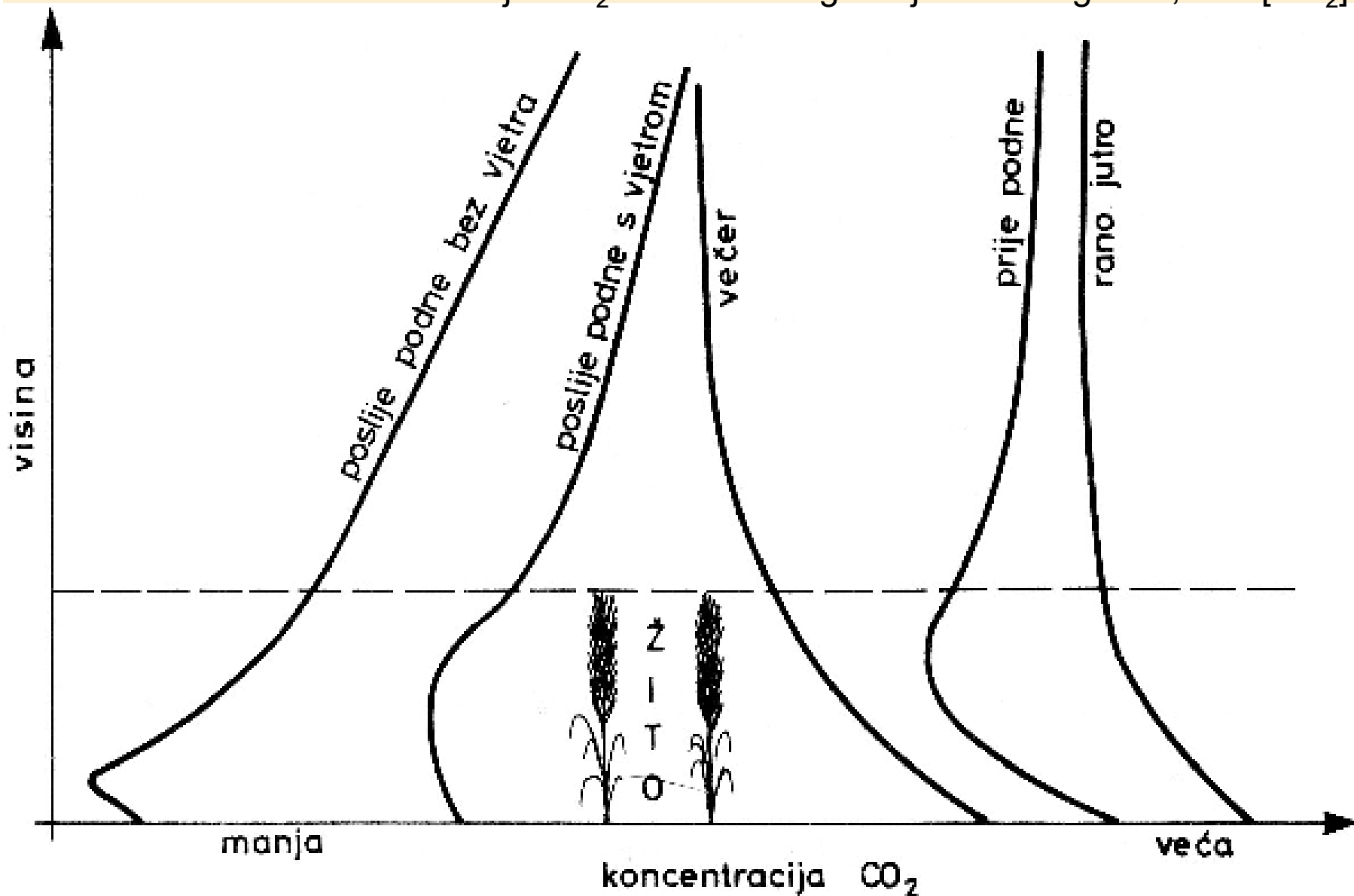
Ovisnost fotosinteze i temperature optimum 30-35°C



Utjecaj temperature zraka na fotosintezu kukuruza

Prejaki vjetar: loše za fotosintezu – pojačana transpiracija ← list se hladi

Fotosinteza i koncentracija CO₂ u zraku ← izgaranje fosilnih goriva, rast [CO₂]



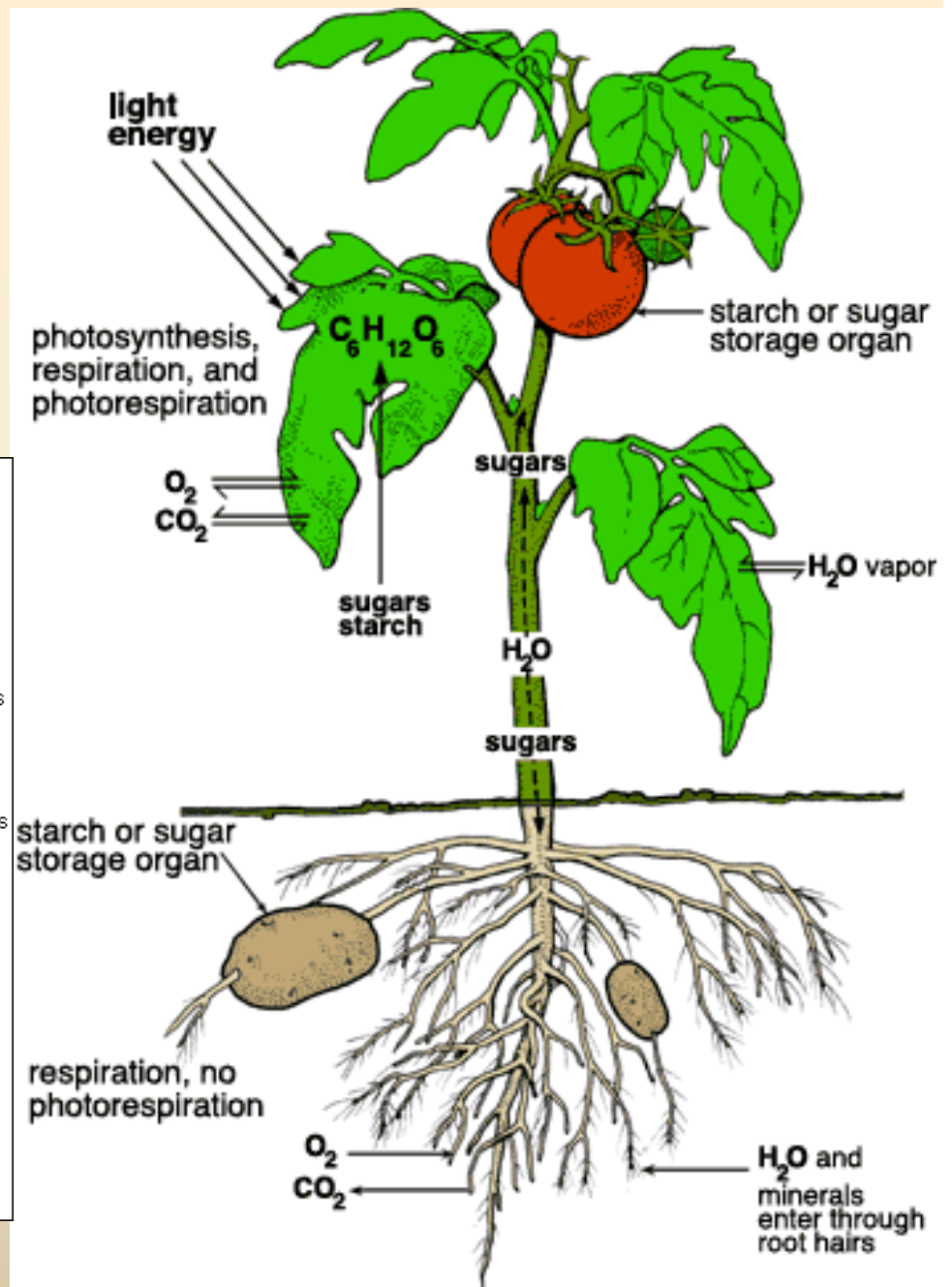
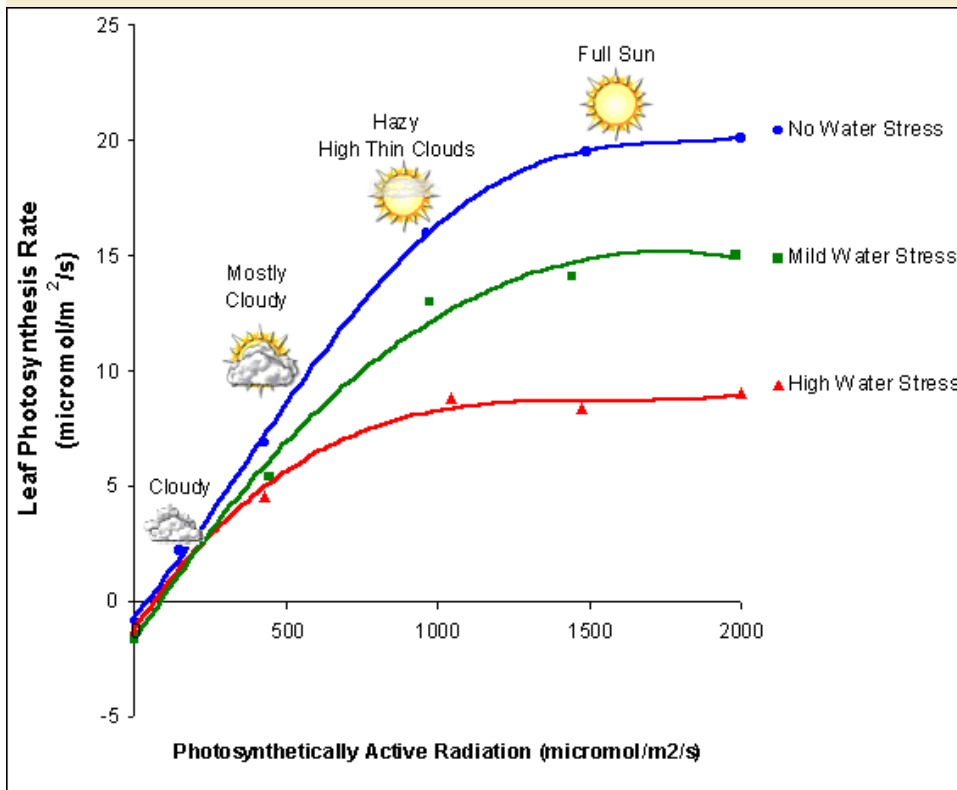
Promjena koncentracije CO₂ s promjenom visine u različitim dijelovima dana

Voda:

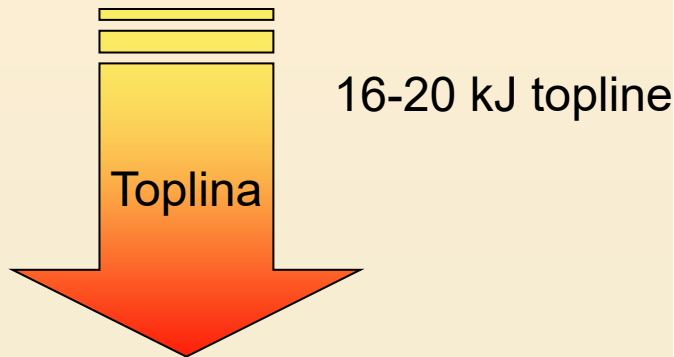
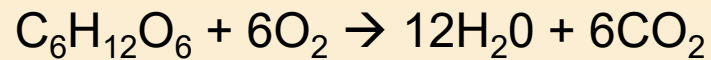
-za fotosintezu treba svega 1% vode u biljci

ALI!!!

ako protolazma izgubi 60% vode, fotosinteza staje ← biljka ne raste

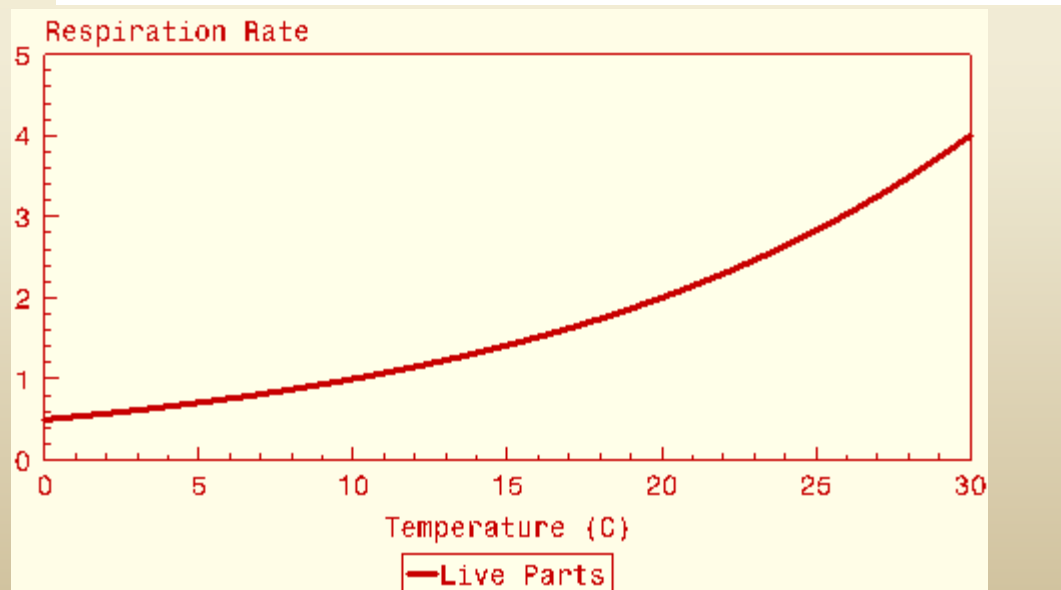
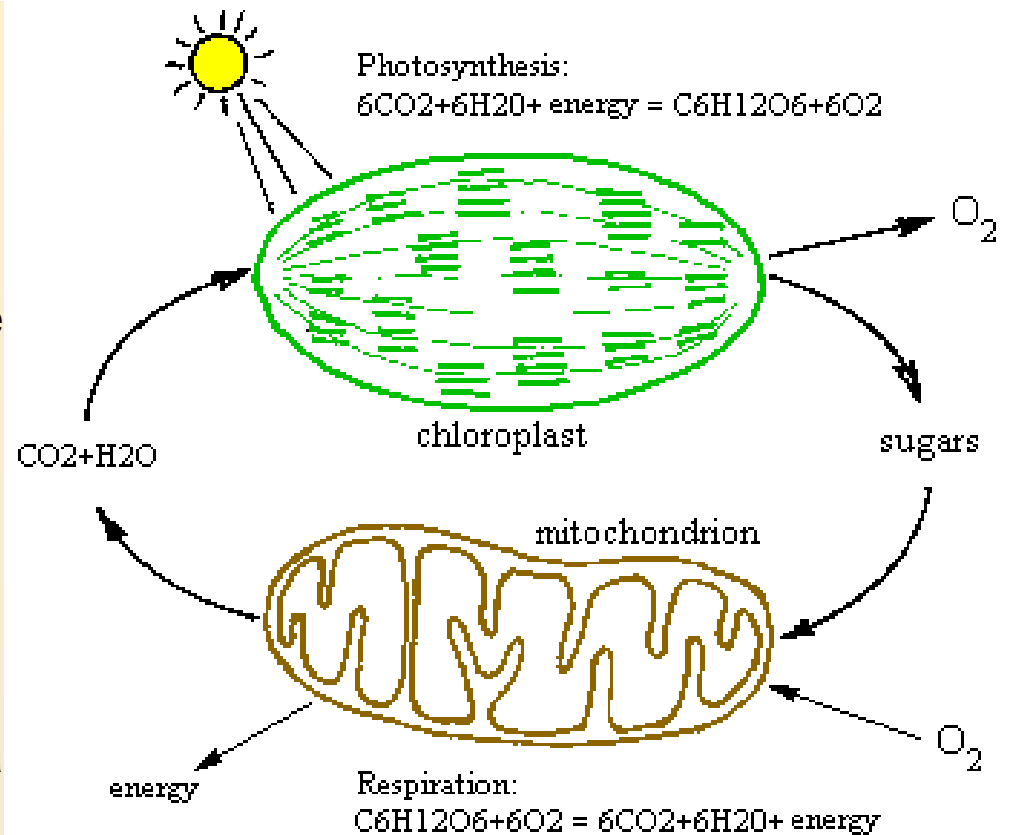


Respiracija ili disimilacija

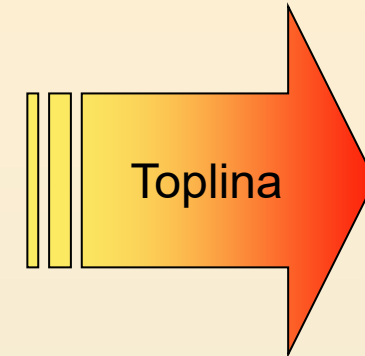
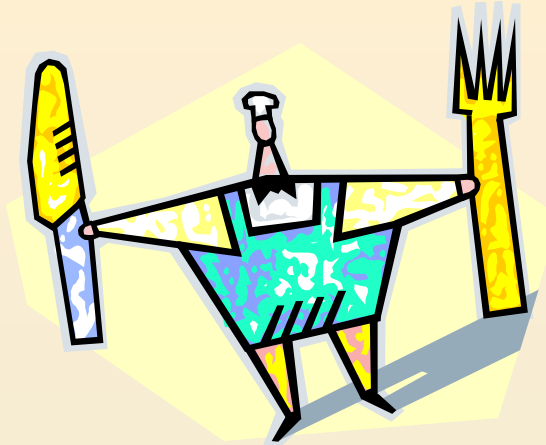


Respiracija traje neprekidno!!!
-dnevno 5-10% stvorene tvari
ravnotežno stanje fotosinteza/respiracija
heliofiti: 1-1.5 klx
skiofiti: 500 lx

Respiracija raste s temperaturom;
za biljku najpovoljniji vrući dani i
svježije noći

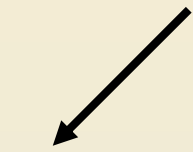


5.2. Metabolizam životinja



Razmjena topline između okoline i životinje:

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



$$M_b = C m^{0.08}$$

gdje je

M_b – gustoća toka metaboličke energije iz organizma za mirovanja istog (bazalni metabolizam)

C – faktor samoregulacije tjelesne temperature

m – masa organizma



C pri $t=20^\circ\text{C}$ između 30 i 50 W m^{-2} ili $\text{J m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Za životinje koje rade, gustoća toka energije M_r



$$M_r = M_b (1 + 9\alpha)$$

gdje je

M_r – gustoća toka metaboličke energije pri radu životinje

M_b – gustoća toka metaboličke energije za mirovanja organizma
(bazalni metabolizam)

α – maksimum životinjske aktivnosti

životinja koja radi s pola uloženog truda, troši 5 x više energije nego kada miruje

Ovisnost rasta o temperaturi

