

VODNI RESURSI ZEMLJE

**Prof. dr. sc. Ognjen BONACCI
Građevinsko-arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Splitu**

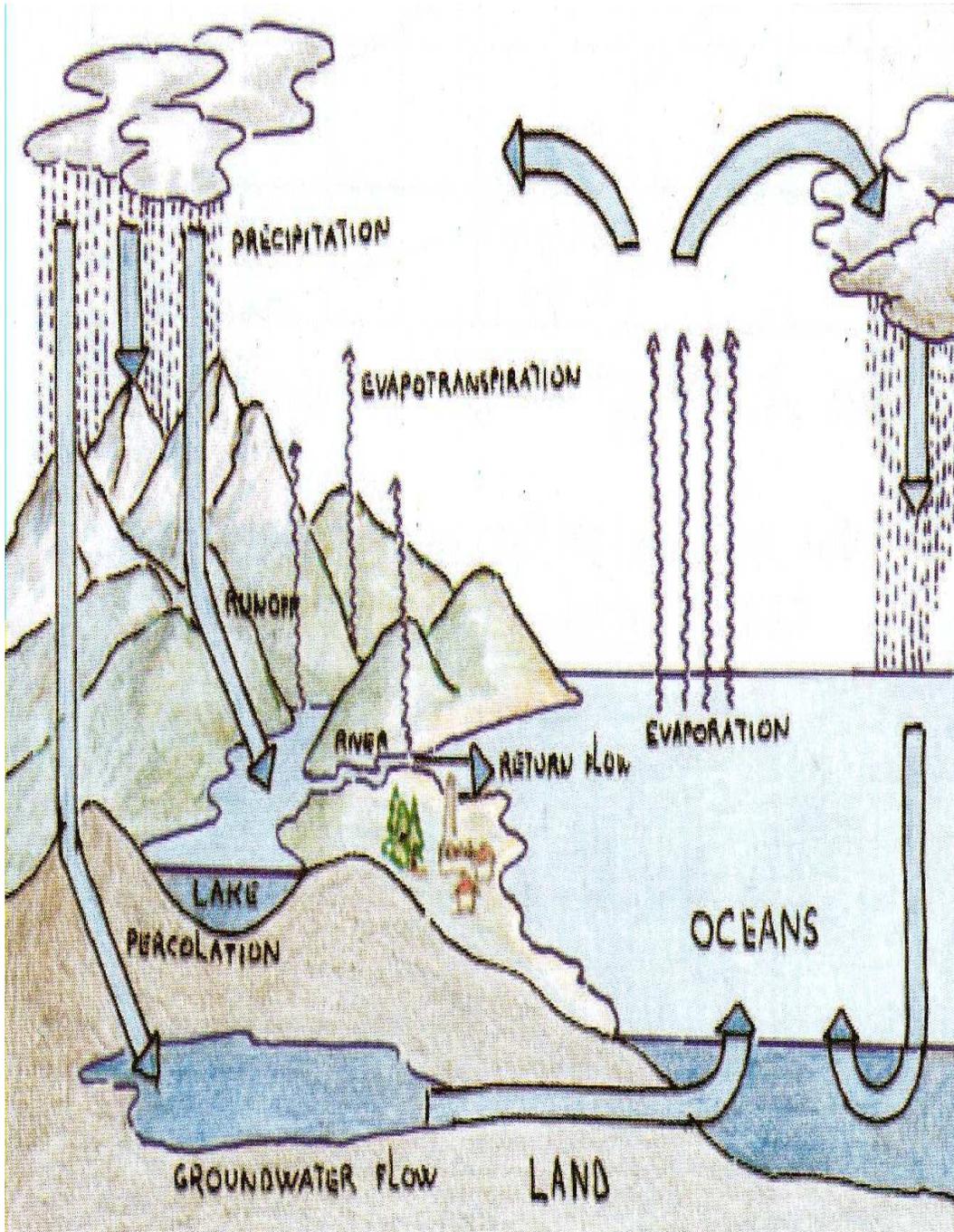


Table 1. World water resources; renewable periods are calculated as the mean volume divided by the mean flux (from data from UNESCO, 2006).

Location	Volume (10 ³ km ³)	% of total volume in hydrosphere	% of fresh water	Volume recycled annually (km ³)	Renewal period (years)
Ocean	1,338,000	96.5		505,000	2,500
Groundwater (gravity and capillary)	23,4001	1.7		16,700	1,400
Predominantly fresh groundwater	10,530	0.76	30.1		
Soil moisture	16.5	0.001	0.05	16,500	1
Glaziers and permanent snow cover:	24,064	1.47	68.7		
* Antarctica	21,600	1.56	61.7		
* Greenland	2,340	0.17	6.68	2,477	9,700
* Arctic islands	83.5	0.006	0.24		
* Mountainous regions	40.6	0.003	0.12	25	1,600
* Ground ice (permafrost)	300	0.022	0.86	30	10,000
Water in lakes:	176.4	0.013	-	10,376	17
* Fresh	91.0	0.007	0.26		
* Salt	85.4	0.006	-		
Marshes and swamps	11.5	0.0008	0.03	2,294	5
River water	2.12	0.0002	0.006	4,300	16 days
Biological water	1.12	0.0001	0.003		-
Water in the Atmosphere	12.9	0.001	0.04	600,000	8 days
Total volume in the hydrosphere	1,386,000	100	-		
Total fresh water	35,0029	2.53	100		

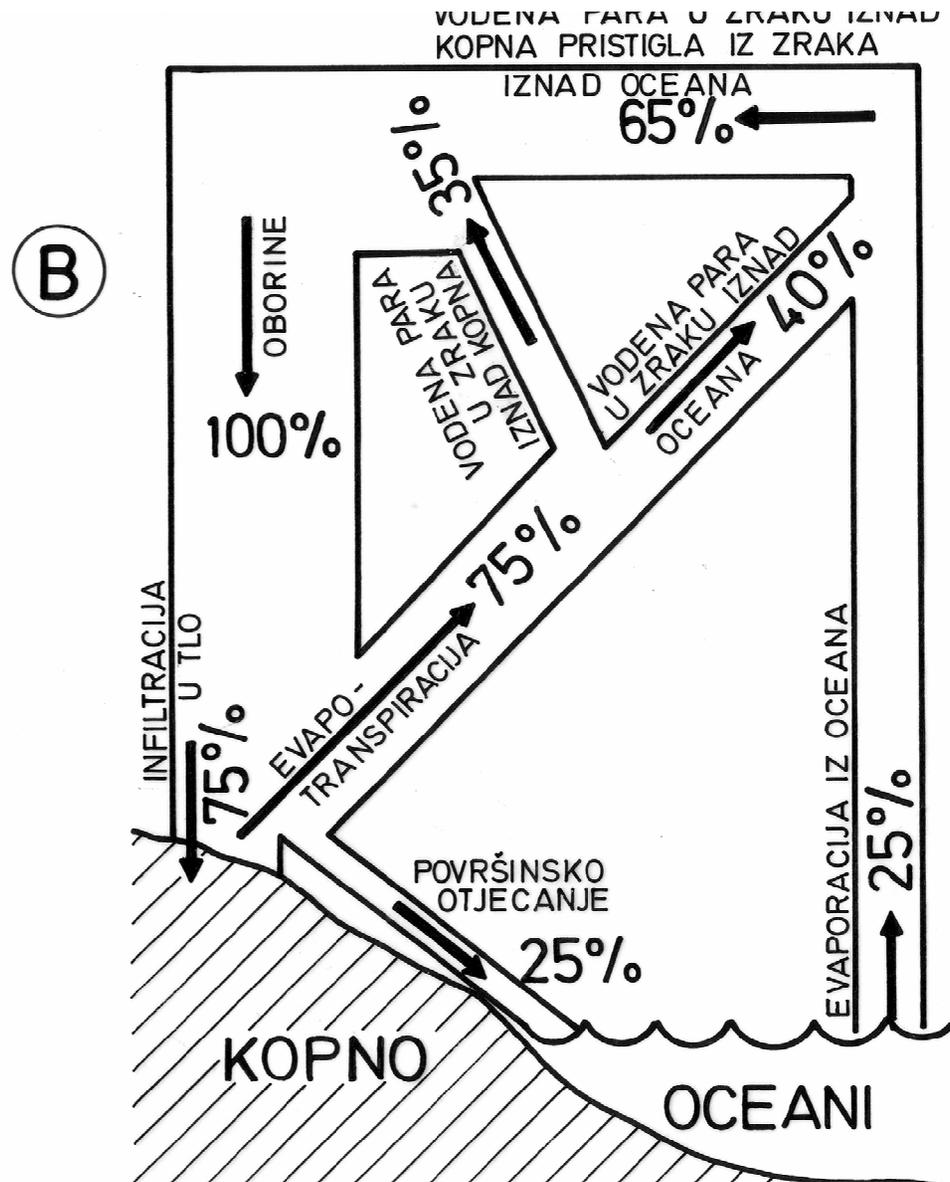
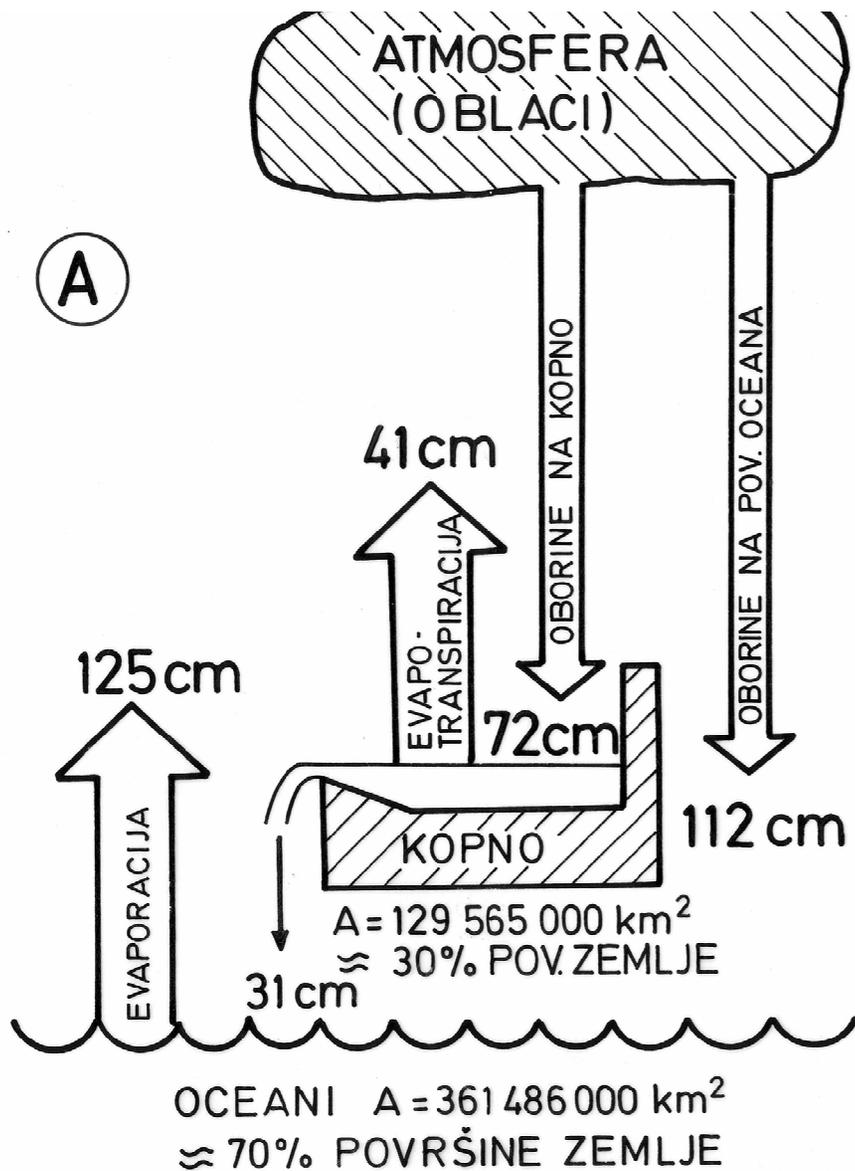
¹ Excluding groundwater in the Antarctic estimated at 2 million km³, including predominantly fresh water of about 1 million km³.

RESERVOIRS OF AVAILABLE WATER ON EARTH

Reservoirs	Volume (10 ⁶ km ³)	% of total
Oceans	1350	97.3
Glaciers	29	2.1
Aquifers	8	0.6
Lakes and rivers	0.1	-
Soil moisture	0.1	-
Atmosphere	0.013	-
Living biosphere	0.001	-

LOKACIJA	POVRŠINA [10 ³ km ²]	VOLUMEN VODE [10 ³ km ³]	POSTOTAK OD UKUPNE MASE VODE [%]
POVRŠINSKE VODE			
SLATKOVODNA JEZERA	855	120.0	0.00912
SLANA JEZERA I KOPNENA MORA	700	105.0	0.00798
POVRŠINSKI TOKOVI		1.4	0.00011
PODPOVRŠINSKE VODE			
PODZ. VODE (H≤800 m)	130 000	4 100.0	0.31155
PODZ. VODE (H≥800 m)	130 000	4 100.0	0.31155
VLAGA U TLU	130 000	70.0	0.00532
LEDENJACI I SNIJEG	17 900	7 500.0	0.56990
VLAGA U ATMOSFERI	510 486	14.5	0.00110
OCEANI	361 486	1 300 000.0	98.78329
VLAGA U FLORI I FAUNI		1.1	0.00008
PRIBLIŽNO UKUPNO		1 316 012.0	100.00000

Uloga vlage u atmosferi mnogo je veća nego se to može zaključiti na osnovi njene zapremine u atmosferi koja je procijenjena na samo oko 14500 km³. Pošto prosječna godišnja oborina koja padne na Zemlju iznosi oko 1000 mm to znači da se iz atmosfere godišnje izluči oko 510 000 km³ vode, što je oko 35 puta više od njene količine u atmosferi. Na osnovi toga može se zaključiti da se vlaga u atmosferi obnavlja otprilike svako deset dana ili da vlaga u atmosferi boravi prosječno deset dana, tj. da se obnavlja oko 35 puta godišnje.



**RASPODJELA GLOBALNE PROSJEČNE
 GODIŠNJE OBORINE NA ZEMLJI**

**GLOBALNA PROSJEČNA GODIŠNJA
 BILANCA OBORINA I
 EVAPOTRANSPIRACIJE
 IZNAD KOPNA**

KRETANJE ZEMLJE OKO SUNCA

**Prof. dr. sc. Ognjen BONACCI
Građevinsko-arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Splitu**

Hidrološki ciklus je kontinuirano pokretan energijom koja na Zemlju dolazi s njoj najbliže zvijezde Sunca. Temperatura sunčeve površine je oko 6000 °K. Prema unutrašnjosti Sunca temperatura raste i u njegovom središtu iznosi 15×10^6 K.

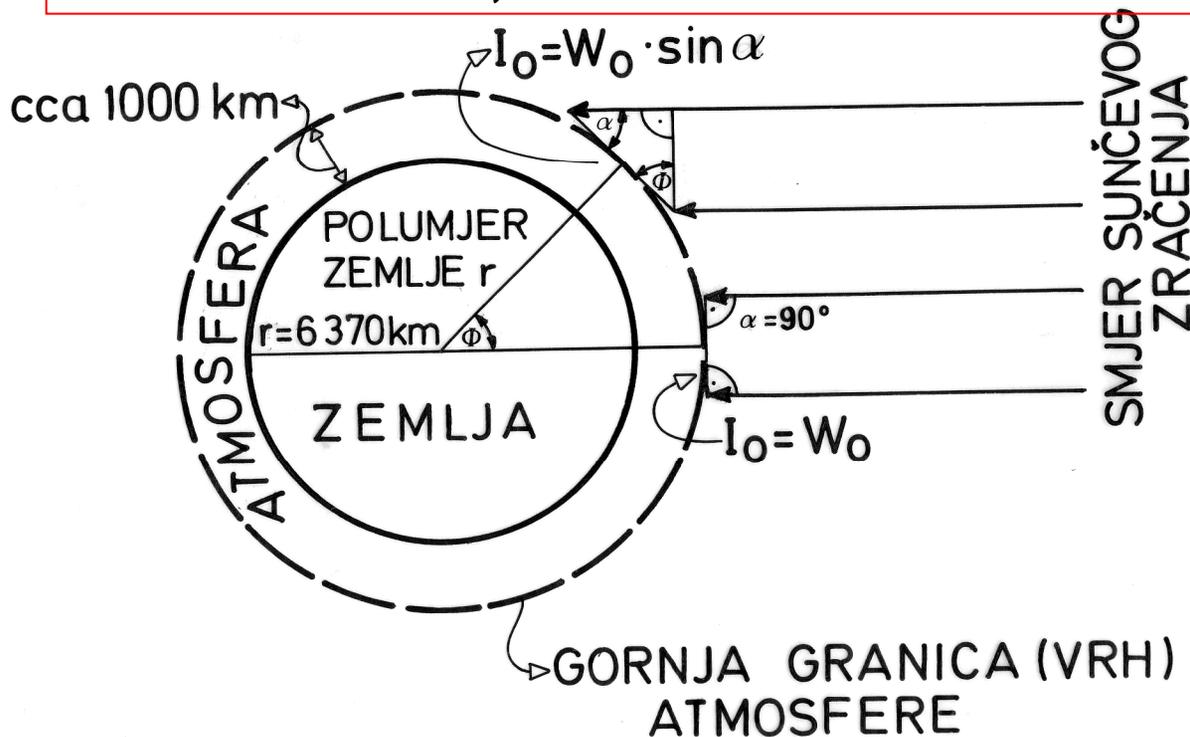
$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

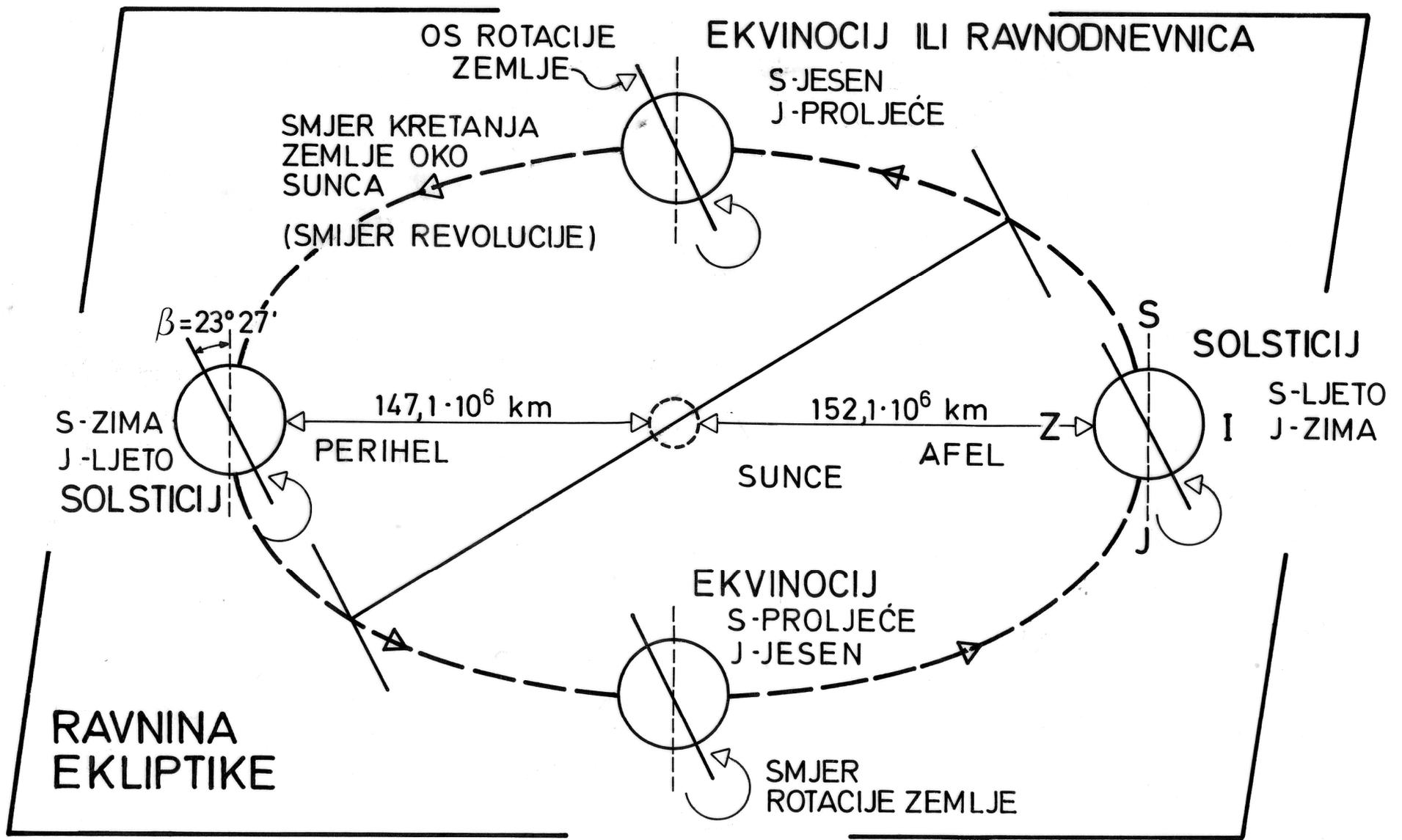
Sunce energiju zrači u svemir. Energija elektromagnetskog zračenja je približno istog intenziteta i konstantne brzine širenja. Od ukupne energije koju Sunce emitira u svemir na Zemlju dođe tek oko 5×10^{-10} % od ukupne emisije.

I_0 – intenzitet
efektivne radijacije
u analiziranoj točki
 α – solarna visina

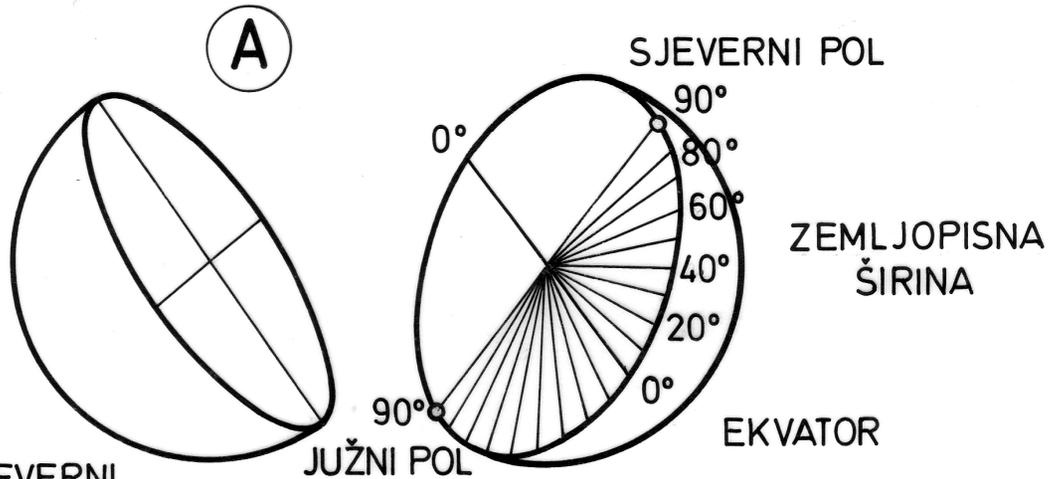
$$W_0 - \text{SOLARNA KONSTANTA} = 83,0 \text{ kJ m}^{-2}\text{min}^{-1}$$

$$2 \pm 0,004 \text{ cal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$$

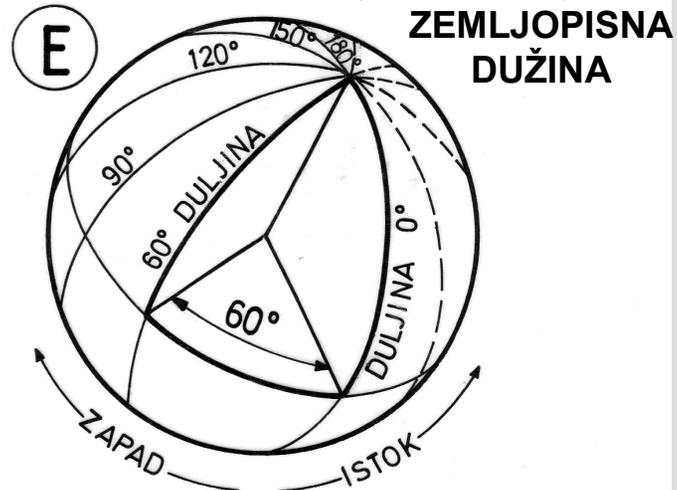
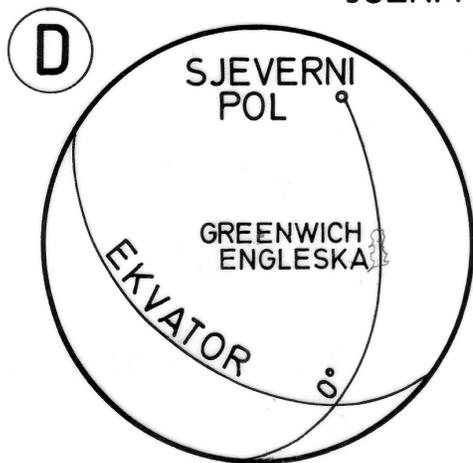
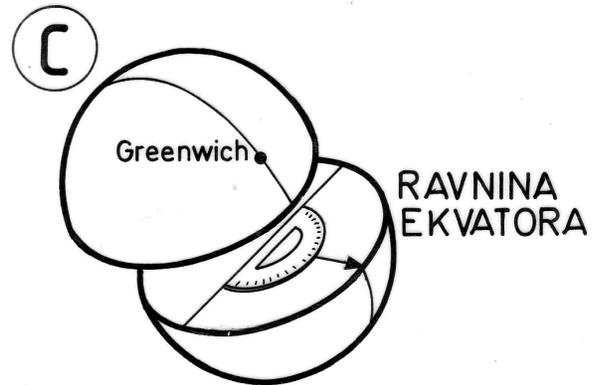
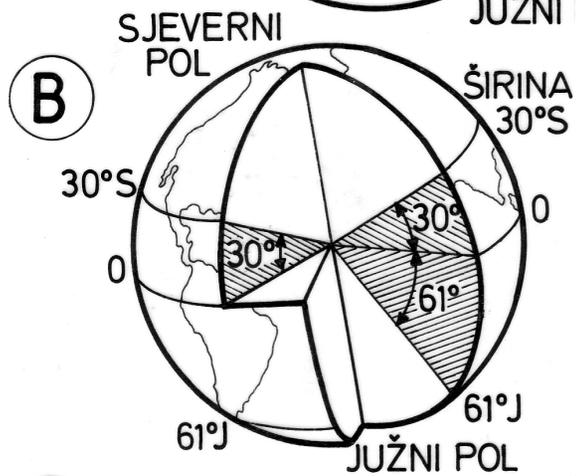




S – sjeverna polukugla; J – južna polukugla

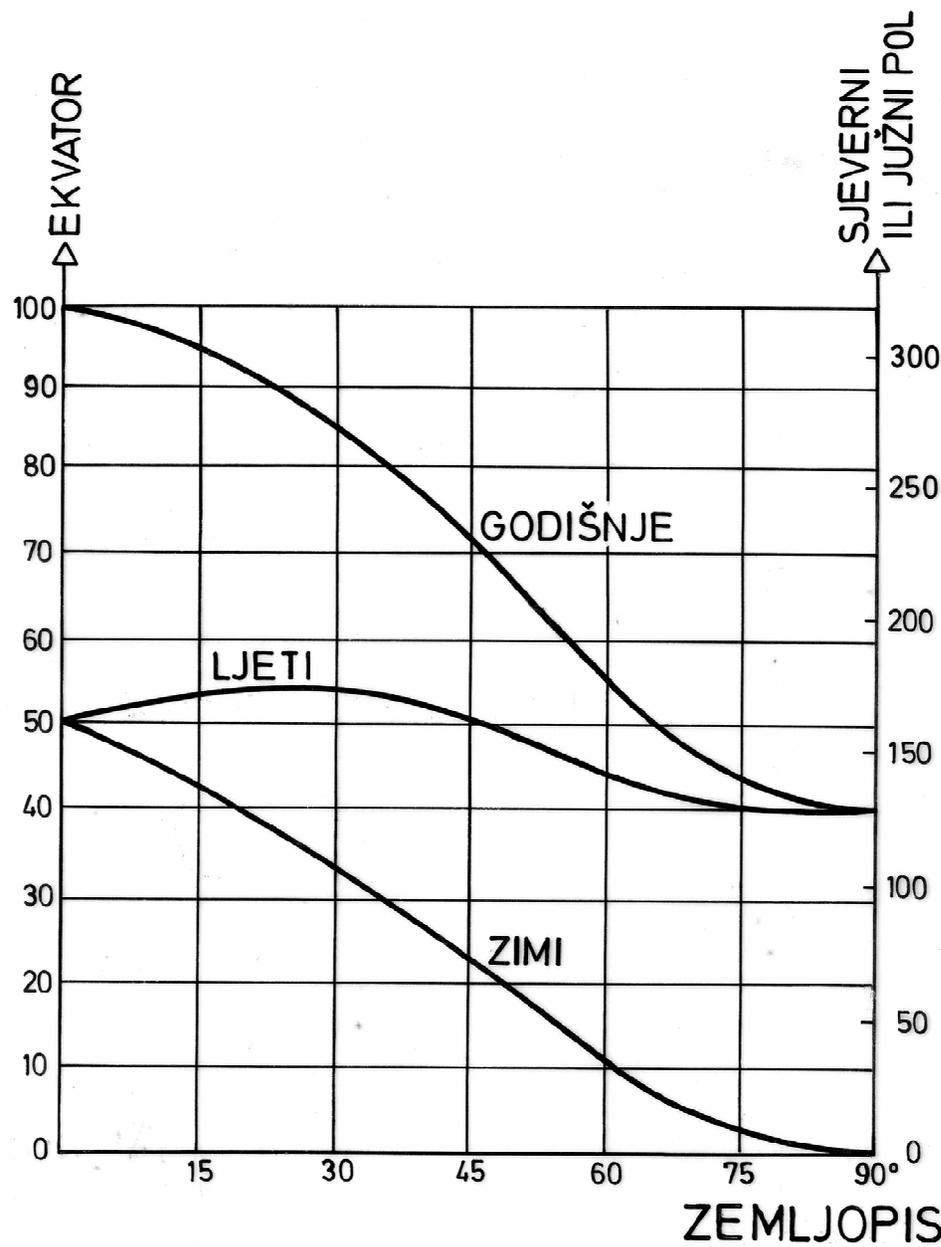


(PARALELE)



(MERIDIJANI)

SUNČEVA
RADIJACIJA U
POSTOTCIMA
OD UKUPNE



SUNČEVA
RADIJACIJA
[10^3 cal cm^{-2} po sezoni]

ZEMLJOPISNA ŠIRINA

PROMJENE GODIŠNJEG, LJETNOG I ZIMSKOG ZRAČENJA SUNCA NA GORNJOJ GRANICI ATMOSFERE U FUNKCIJI ZEMLJOPISNE ŠIRINE

UKUPNO SUNČEVO ZRAČENJE R_c ($\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dan}^{-1}$) NA VRHU ATMOSFERE

ZEMLJOPISNA ŠIRINA [stupnjevi]		DAN U GODINI															
		21. III	13. IV	6. V	29. V	22. VI	15. VII	8. VIII	31. VIII	23. IX	16. X	8. XI	30. XI	22. XII	13. XI	4. II	26. II
s j e v e r	90°		436	795	1029	1109	1024	788	431								
	80°	160	436	783	1014	1092	1009	777	431	158	7						7
	70°	316	541	771	967	1042	962	764	535	312	133	25				25	135
	60°	460	654	833	962	1008	957	825	648	455	281	150	74	50	75	150	284
	50°	592	754	893	987	1019	983	885	747	585	426	295	210	181	211	298	432
	40°	707	831	937	1001	1021	996	928	822	697	561	442	358	326	361	447	570
	30°	798	891	957	996	1004	989	949	882	788	683	581	507	480	509	585	690
	20°	866	921	951	963	963	958	943	911	856	783	706	646	623	649	712	792
	10°	908	924	920	907	899	903	913	914	897	860	813	770	755	775	819	870
0°	922	899	862	828	814	824	855	889	912	913	898	877	868	881	904	923	
j u g	10°	908	849	783	728	708	725	776	838	897	937	954	959	961	964	964	949
	20°	866	773	680	611	584	608	674	763	856	934	987	1017	1029	1023	997	946
	30°	798	674	559	479	449	477	554	665	788	903	993	1051	1072	1056	1002	915
	40°	707	554	425	339	306	338	421	549	697	844	972	1058	1091	1063	982	853
	50°	592	420	284	199	170	198	282	416	585	765	928	1044	1088	1048	936	775
	60°	460	277	144	70	48	70	143	274	455	663	865	1113	1077	1022	872	672
	70°	316	131	24				24	130	312	548	801	1023	1113	1028	809	555
	80°	166	7						7	158	442	814	1072	1166	1077	820	447
	90°											825	1088	1183	1094	833	447

Vrijeme i klima na raznim područjima Zemlje snažno i izravno zavise o doznačenoj sunčevoj energiji. Taj činilac formira tzv. **solarnu klimu**. **Realna klima** predstavlja modificiranu solarnu klimu formiranu pod utjecajem klimatskih činilaca ili modifikatora prvog, drugog i trećeg reda kao i posebnih činilaca.

MODIFIKATORI PRVOG REDA SU: 1) Proces i u atmosferi; 2) Nejednolika raspodjela kopna i mora na površini Zemlje; 3) Veličina, oblik i razvedenost kontinenata; 4) Tople i hladne morske struje.

MODIFIKATORI DRUGOG REDA SU: 1) Visina i smjer pružanja planinskih lanaca; 2) Reljef terena i položaj mjesta u odnosu na sunce.

MODIFIKATORI TREĆEG REDA SU: 1) Vegetacija; 2) Jezera; 3) Gradovi; 4) Snježni pokrivač.

POSEBNI ČINIOCI SU: 1) Atmosfera; 2) Rotacija Zemlje

ZRAČENJE SUNCA I ZEMLJE

Prof. dr. sc. Ognjen BONACCI
Građevinsko-arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Splitu

Elektromagnetsko zračenje sunca traje neprekidno i uglavnom je istog intenziteta i konstantne brzine širenja. Prema Planckovom zakonu spektralna gustoća energije zračenja mijenja se s promjenom valne duljine te je funkcija temperature tijela koje zrači. Maksimalna valna duljina zračenja λ_{\max} izražena u μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-4} \text{cm}$) za koju je spektralna gustoća zračenja $E_{\lambda}(T)$ najveća, obrnuto je proporcionalna termodinamičkoj temperaturi T tijela koje zrači, izraženoj u stupnjevima Kelvina). Shodno Wienovom zakonu koji glasi:

$$\lambda_{\max} = (C/T) = (2897/T)$$

$C = 2897 \mu\text{m} \cdot ^{\circ}\text{K}$ – konstanta; T - termodinamička temperatura tijela u $^{\circ}\text{K}$.

Sunce zrači najviše energije u području valne duljine $\lambda=0,48 \mu\text{m}$ pošto njegova temperatura na površini iznosi oko $6000 ^{\circ}\text{K}$. Prosječna temperatura Zemlje iznosi oko $288 ^{\circ}\text{K}$ pa Zemlja zrači najviše energije u području valnih duljina od oko $10 \mu\text{m}$.

Kao granica između kratkovalnog i dugovalnog zračenja uzima se $4 \mu\text{m}$.

Ultraljubičasto $\lambda < 0,36 \mu\text{m}$

Vidljivo svjetlo (ljubičasto) $\lambda = 0,36 - 0,76 \mu\text{m}$

Infracrveno $\lambda > 0,76 \mu\text{m}$

ZRAČENJE SUNCA

Sunce većinom zrači u kratkovalnom dijelu spektra. Oko 99 % njegove energije zrači se unutar valnih duljina od 0,17 do 4 μm , 0,9 % od 4 do 24 μm , a ostalih 0,1 % iznad 24 μm .

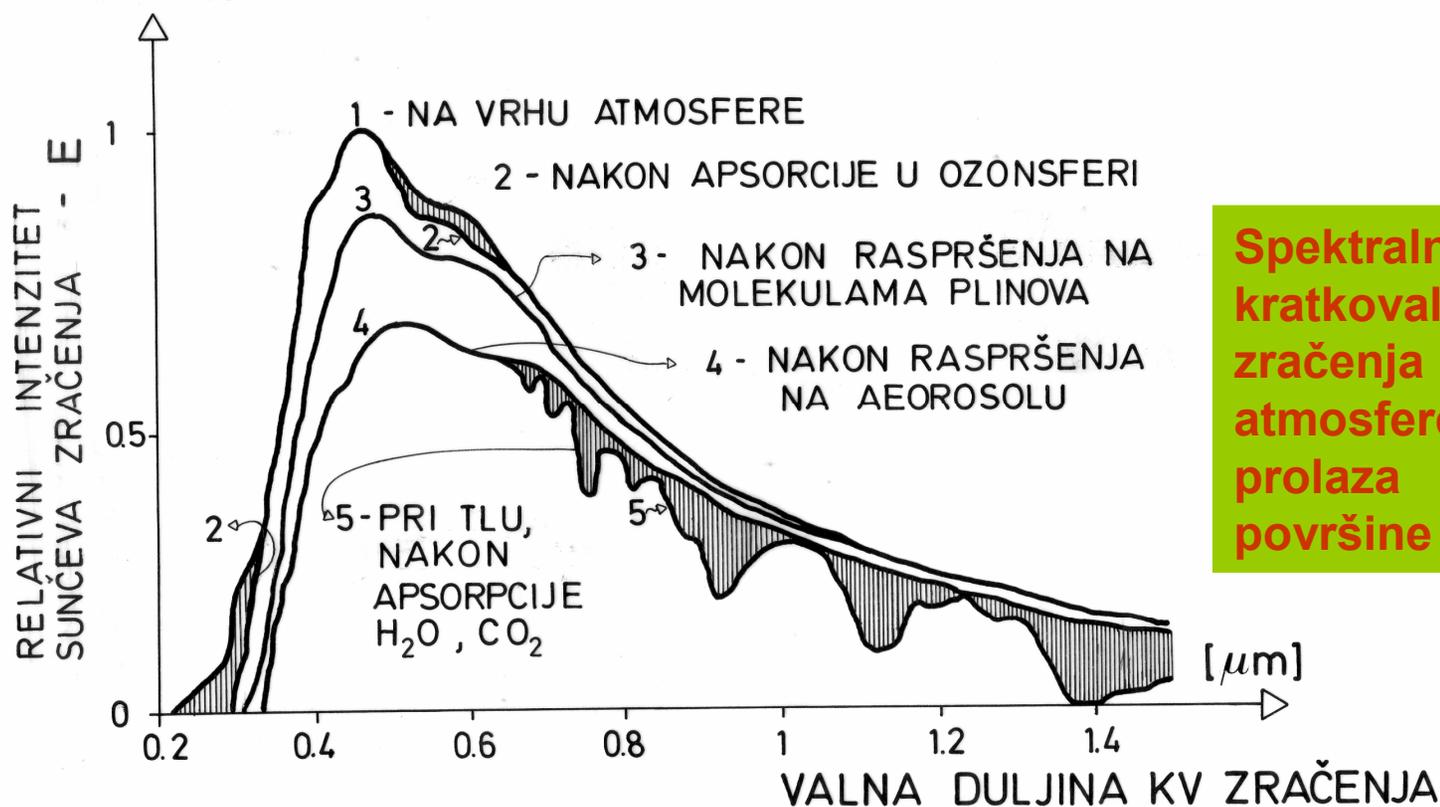
Atmosfera selektivno apsorbira elektromagnetske valove s tim da u tom procesu ključnu ulogu igraju vodena para i ugljični dioksid. U prosjeku vodena para apsorbira oko 11 %, a svi ostali plinovi oko 4 % direktnog sunčevog zračenja. Od na vrh atmosfere dozračene energije sunca do površinu Zemlje direktnim sunčevim zračenjem prodre samo jedan dio. Preostala energija bude reflektirana, apsorbirana i/ili difungirana (rasuta). Dio te energije bude emitiran natrag u atmosferu, a dio nje stigne do površine Zemlje.

RASPODJELA [%]	STANJE NAOBLAKE POKRIVENOST NEBA $0 < N < 10$		
	VEDRO N=0	POLUOBLAČNO N=5	OBLAČNO N=10
REFLEKTIRANO ILI RASUTO (DIFUNGIRANO) NATRAG U SVEMIR	21	42	75
APSORBIRANO VODENOM PAROM	11	11	3
APSORBIRANO PLINOVIMA	2	4	
DOSPIJE NA POVRŠINU ZEMLJE DIREKTNIM ILI DIFUZNIM ZRAČENJEM	66	43	22
Σ	100%	100%	100%

RASPODJELA SUNČEVE ENERGIJE UŠLE U ATMOSFERU

ALBEDO - a predstavlja odnos odbijene (reflektirane) sunčeve radijacije prema ukupnoj upadnoj kratkovalnoj radijaciji koja dopiže do površine Zemlje. Albedo je relativni i bezdimenzionalni odnos pokazuje dio energije koji se s površine Zemlje gubi reflektiranjem s različitih predmeta koji tvore ili leže na površini.

Albedo s vodene površine se kreće od 0,04 do 0,30 što zavisi od upadnog kuta zraka na površinu vode. Albedo na površini snijega varira od 0,40 do 0,85 u zavisnosti od stanja snježnog pokrivača. S golih stijena albedo se kreće od 0,12 do 0,15 a s površina pokrivenih zelenom travom iznosi 0,26.



Spektralna raspodjela kratkovalnog sunčevog zračenja na vrhu atmosfere te nakon prolaza kroz nju do površine Zemlje

ZRAČENJE ZEMLJE

R_C – vrijednost ukupnog zračenja Sunca koja dopiye na vrh atmosfere (zavisi od zemljopisne širine i dana u godini);

R_Z – dio energije koji dopiye do površine Zemlje ($R_Z < R_C$);

$$R_Z = R_C \times (0,803 - 0,340 \times C - 0,458 \times C^2)$$

C – dio neba pokriven oblacima izražen u dijelovima jedinice

R_E – energija koju tijelo na površini Zemlje primi

$$R_E = R_Z \times (1 - a)$$

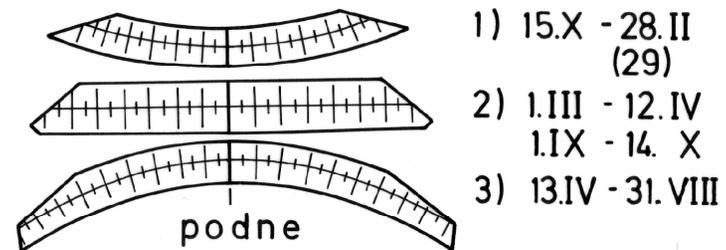
a - albedo

Zemlja i predmeti na njoj prime tek dio od ukupne sunčeve energije (R_E) pristigle na vrh atmosfere (R_C). Zemlja zrači energiju približno kao crno tijelo. Najviše energije zrači u području valnih duljina od oko 10 μm dok cijeli spektar zračenja spada gotovo isključivo u rasponu od 4 μm do 80 μm .

Dugovalna radijacija je od strane plinova atmosfere mnogo bolje apsorbirana od kratkovalne radijacije. U tom smislu dominantnu ulogu igra vodena para koja naročito apsorbira zrake duljine od 5,5 μm do 7 μm i one iznad 27 μm , a propušta valove između 8 μm i 13 μm . Bez atmosfere temperatura na Zemlji bila bi niža za približno 30 $^{\circ}\text{C}$ do 40 $^{\circ}\text{C}$. Prizemni sloj zraka grije se i hladi od strane dugovalnog zračenja s površine Zemlje.



TRAKE OBIČNOG HELIOGRAFA

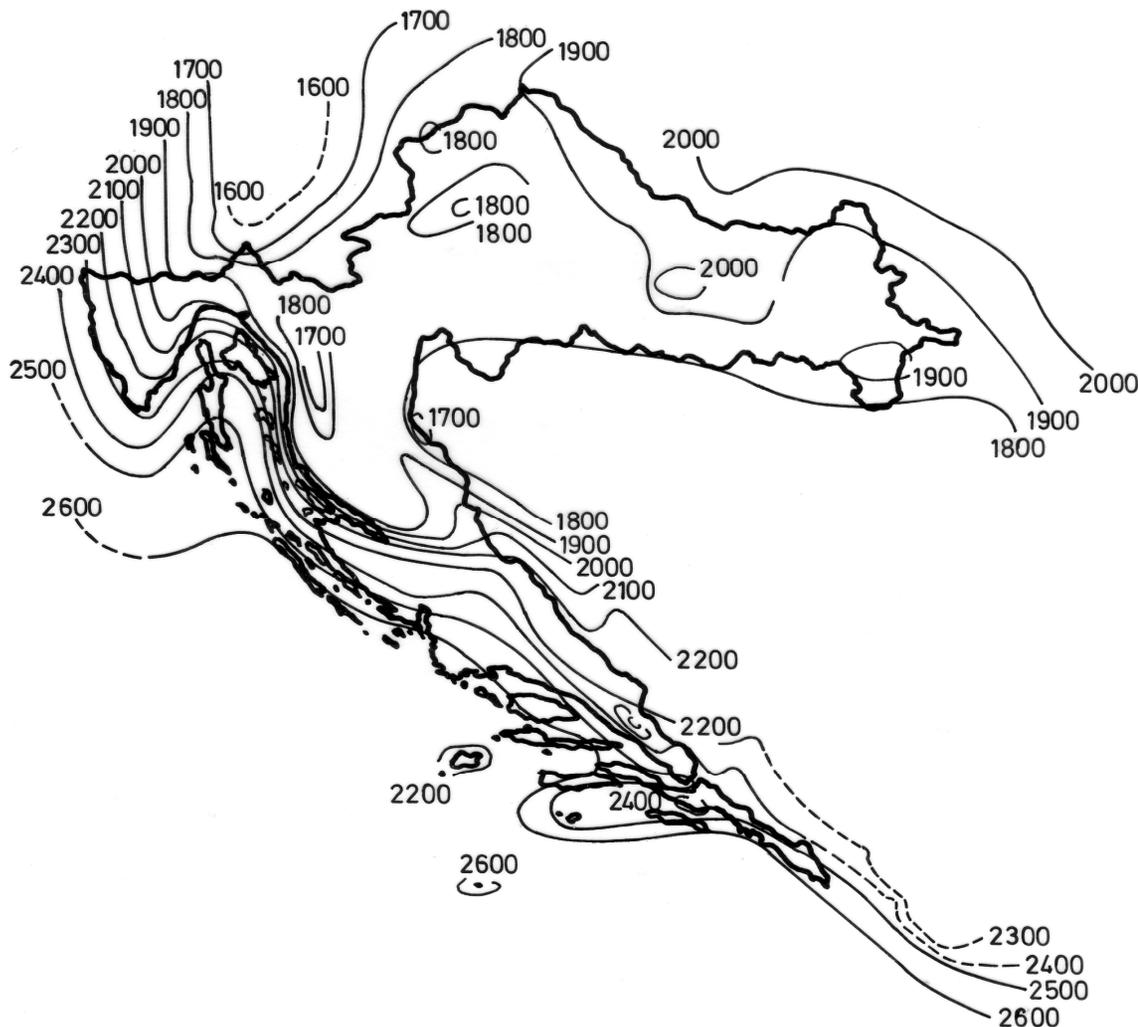


- 1) ZIMSKA TRAKA
- 2) PROLJETNA I JESENSKA TRAKA
- 3) LJETNA TRAKA

**CAMPBELL-STOKESOV
HELIOGRAF
za mjerenje trajanja
sijanja sunca**



**HORO-ALELTU (ETIOPIJA)
4. lipnja**



**IZOLINIJE
GODIŠNJIH
SIJANJA
PODRUČJU
ODREĐENE
MJERENJA U RAZDOBLJU
1961.-1980.**

**PROSJEČNIH
TRAJANJA
SUNCA
NA
HRVATSKE
NA OSNOVI
U RAZDOBLJU
1961.-1980.**

SPLIT - MARJAN

PROSJEČNI BROJ SATI SIJANJA SUNCA

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godina	
36.5	47.3	124.8	156.0	205.2	242.5	296.3	253.1	208.5	108.1	80.7	61.6	2163.9	min.
122.5	135.6	183.8	220.5	268.7	308.4	350.7	324.4	246.9	198.2	122.7	108.2	2590.6	sr.
193.0	216.7	295.9	292.7	331.6	373.3	384.5	376.5	319.1	272.3	200.7	160.7	2825.6	max.

SREDNJA VRIJEDNOST SIJANJA SUNCA NA DAN

4.0	4.8	5.9	7.4	8.7	10.3	11.3	10.5	8.2	6.4	4.1	3.5	7.1
-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----



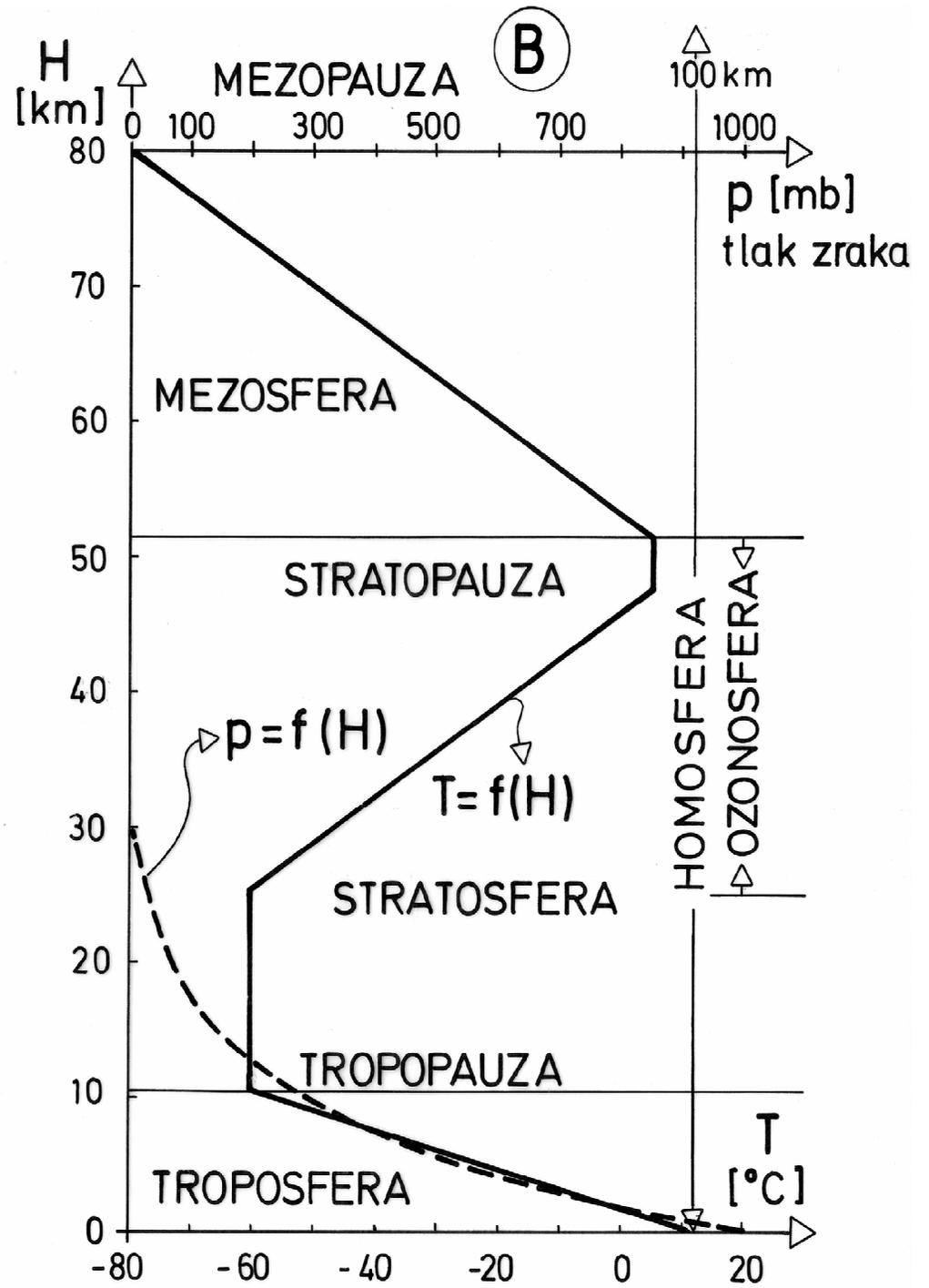
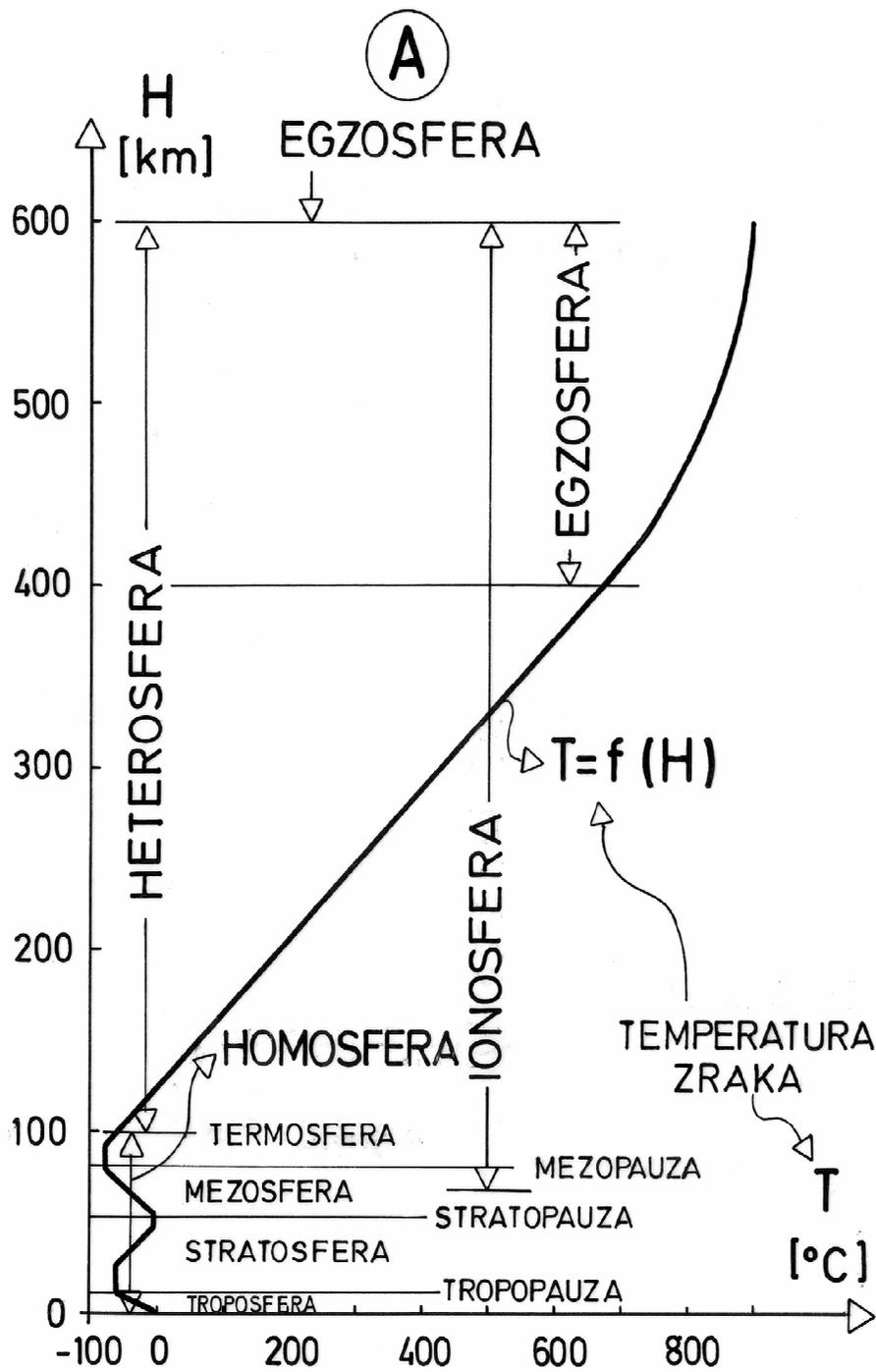
Količina zračenja se mjeri jedinicom količine energije pristigle na jedinicu površine. izražava se u cal/cm^2 . **Intenzitet zračenja** je količina zračenja pristigla u jedinici vremena na jediničnu plohu, a izražava se u $\text{cal/cm}^2 \text{ min}$.

Postoje brojni instrumenti za mjerenje količine i intenziteta zračenja. WMO ih je klasificirala kao: pirheliometar, piranometar, pirgeometar, pirradiometar i neto pirradiometar.

Općenito i pojednostavljeno uzeto ovi instrumenti mjere razlike temperatura između apsorpcijskih pločica od kojih je jedna izložena nekoj od komponenti zračenja i pasivne pločice koja ima temperaturu zraka i nije izložena zračenju. Apsorpcione pločice su crne boje, a pasivne su smještene u zaklonjeni dio instrumenta. Na pr. za mjerenje komponente samo kratkovalnog zračenja na prijemni dio instrumenta montira se staklena kupola jer staklo ne propušta veće valne duljine od $3 \mu\text{m}$. Želi li se mjeriti samo komponenta difuznog zračenja na instrument se mora postaviti sjenilo koje se mora pomicati tijekom dana u zavisnosti od kuta upada direktnih sunčevih zraka.

ATMOSFERA

**Prof. dr. sc. Ognjen BONACCI
Građevinsko-arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Splitu**



Atmosfera je plinoviti omotač oko Zemlje. Granica atmosfere uvjetovana je činjenicom da se udaljavanjem od površine Zemlje sve više razrjeđuju i neprimjetno prelaze u interplanetarni prostor. Za formiranje klime ključnu ulogu igra donji gušći sloj debljine oko 50 km u kojem je skoncentrirano 99 % mase atmosfere i unutar kojeg se odvija gotovo cjelokupni transfer energije.

Troposfera je sloj atmosfere u izravnom kontaktu s površinom Zemlje. Unutar tog sloja formiraju se oborine i vjetrovi što meteorološke procese u njemu čini promjenjivim kako u prostoru tako i tijekom vremena. Debljina troposfere je promjenjiva. Na polovima iznosi oko 8 km do 9 km, a na ekvatoru doseže 16 km i 17 km. Na gornjoj granici troposfere iznad polova temperatura zraka iznosi -45°C , dok iznad ekvatora pada na -80°C .

Gradijent smanjenja tlaka zraka uvjetovan je promjenom gustoće atmosfere. U prvih 5 km koncentrirano je oko 50 %, a u prvih 10 km oko 75 % mase atmosfere. Vлага i suspendirane čestice relativno su pravilno raspoređene u troposferi, a koncentracija im se u principu smanjuje s visinom.

Tropopauza predstavlja prelazni sloj između troposfere i stratosfere čija debljina iznosi između 1 km i 3 km. U ovom sloju vlada izotermija.

U sloju **stratosfere** od 25 km do 50 km skoncentrirana je najveća količina ozona pa se taj sloj naziva **ozonosferom**. Ozon apsorbira najveći dio ultraljubičastog zračenja opasnog za život na Zemlji.

Sa stanovišta vodene pare, a time i hidrologije atmosfera je:

- 1) **Golemi rezervoar vodene pare;**
- 2) **Prostrani sustav transporta vode u svim agregatnim stanjima;**
- 3) **Kolektor apsorbirane sunčeve energije primarno od vodene pare.**

PLIN	% VOLUMENA U ATMOSFERI	PRIMJEDBA
STALNI PLINOVI		
DUŠIK (N ₂)	78.084	
KISIK (O ₂)	20.949	RAZVIJAO SE EVOLUCIJOM FLORE U POSLJEDNJIH MILIJARDU GODINA
ARGON (A)	0.934	
UGLJIČNI DIOKSID (CO ₂)	0.033	U XIX STOLJEĆU BILO GA JE 0.029%. APSORBIRA DUGOVALNO ZRAČENJE 1-5 μm; 12-14 μm
NEON (Ne)	0.00182	
HELIJ (He)	0.000524	
METAN (CH ₄)	0.00016	
KRIPTON (Kr)	0.00014	
VODIK (H ₂)	0.00005	
DUŠIČNI OKSID (N ₂ O)	0.000035	APSORBIRA ZRAČENJE IZNAD 1μm
VAŽNIJI VARIJABILNI PLINOVI		
VODENA PARA H ₂ O	0-4	APSORBIRA ZRAČENJE 0.85-7.0 μm I DUŽE OD 18 μm
OZON (O ₃)	0-0.000007 PRI TLU 0.00001-0.00002 U MEZO I STRATOSFERI	APSORBIRA ULTRALJUBIČASTE ZRAKE (< 0.36 μm) U GORNJEM DIJELU ATMOSFERE

SASTAV ATMOSFERE

ZRAČNE MASE I FRONTE

**Mr. sc. Ivana Gabrić
Građevinsko-arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Splitu**

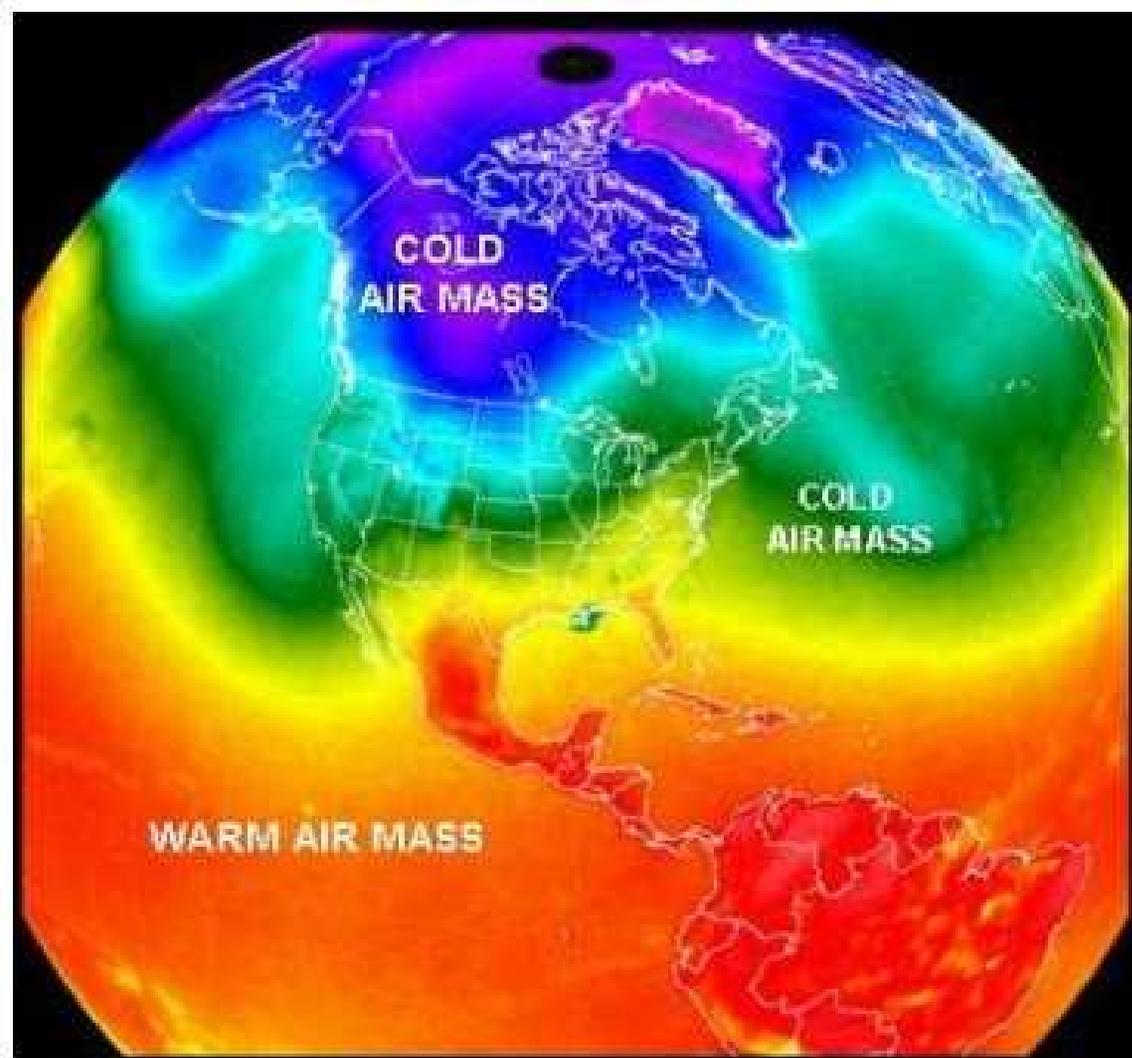
**Prof. dr. sc. Ognjen BONACCI
Građevinsko-arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Splitu**

Na formiranje klime na Zemlji ključan utjecaj imaju procesi cirkulacije u atmosferi. ZRAČNE MASE, CIKLONE, ANTICIKLONE i FRONTE bitni su elementi složenog procesa cirkulacije atmosfere s ključnim utjecajem na postanak, prijenos i svojstva (količine, intenzitet, vrijeme pojavljivanja) oborina.

ZRAČNE MASE

- Veliki volumeni zraka, gotovo homogenih svojstava (temperatura, vlaga, vidljivost, itd);
- Zračna masa nastaje kao rezultat dužeg boravka zraka (stacioniranja) iznad jednolikog kopna ili vodene površine, tj. izvorišne površine;
- Horizontalnog su promjera od 500 do nekoliko 1000 km, a visoke su do 12 km (dosežu granicu troposfere);
- Zrak u atmosferi ne miruje, a sva njegova gibanja u svim smjerovima nazivaju se strujanja;
- Strujanje zraka posljedica je postojanja nejednolikog tlaka u horizontalnoj ravnini (različita brzina grijanja ili hlađenja zraka nad nehomogenom podlogom Zemlje);
- Promjena temperature zraka je manje uvjetovana lokalnim grijanjem ili hlađenjem izazvanim Sunčevim ili Zemaljskim zračenjem, a prvenstveno su rezultat dolaska nove zračne mase s drugačijim karakteristikama na analizirano područje.

ZRAČNE MASE PREMA TERMIČKOM STANJU



topla zračna masa
hladna zračna masa

ZRAČNE MASE PREMA IZVORIŠNOM PODRUČJU

- **Arktička zračna masa** – nastaje u području iznad 70° sjeverne geografske širine pa je i najhladnija (oznaka A);
- **Polarna zračna masa** – formira se u umjerenim geografskim širinama (oznaka P);
- **Tropska zračna masa** – nastaje u suptropskom pojasu. Karakteriziraju je najviše temperature zraka (oznaka T);
- **Ekvatorijalna zračna masa** – ova topla zračna masa formira se u ekvatorijalnom pojasu (oznaka E).

- **Kontinentalna zračna masa** – zračna masa koja je nastala nad kontinentom (c);
- **Maritimna zračna masa** – zračna masa koja je nastala nad morem (m).

ZRAČNE MASE PREMA STABILNOSTI

- **stabilne;**
- **labilne.**

**Karakteristike vremena ovise o
stabilnosti zračnih masa.**

Magla u stabilnoj zračnoj masi



ATMOSFERSKE FRONTE

- **Atmosferska fronta predstavlja granica između dviju različitih zračnih masa na kojoj postoje nagle promjene meteoroloških elemenata.**
- **Linija presjeka frontalne plohe s površinom Zemlje zove se fronta.**
- **Pri prolazu fronte preko nekog mjesta na tlu dolazi do naglih promjena meteoroloških elemenata (temperature zraka, vjetra, vlažnost, tlak, naoblaka, vidljivost itd).**
- **Budući da prolaz fronte uzrokuje naglu promjenu vremena, to su fronte jedan od glavnih faktora u analizi prizemnih sinoptičkih karata i u prognozi vremena.**
- **Pod pojmom stvaranja fronte ili frontogeneze podrazumijeva se proces oblikovanja i nastajanja toplih i hladnih fronta;**

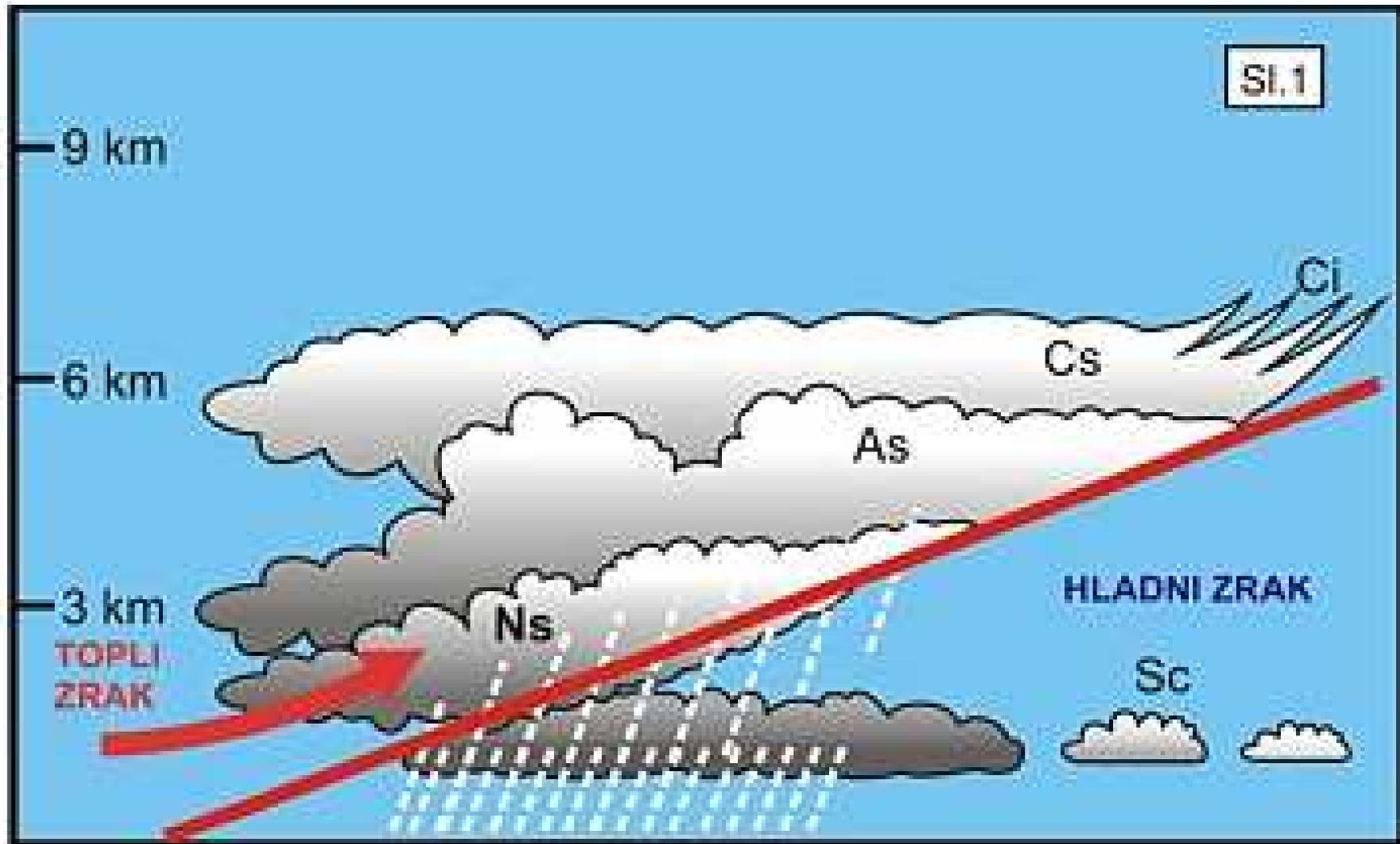
KARAKTERISTIKE FRONTALNE PLOHE

- **Dimenzije joj mogu iznositi više tisuća kilometara u smjeru kretanja.**
- **Debljina joj iznosi oko 1 km, širine je ne veće od 100 km, a po visini se može protezati od površine Zemlje pa do tropopauze (oko 11 km).**
- **Frontalna ploha je prostoru uvijek koso položena, tako da je nagnuta (pod oštrim kutom) prema hladnom zraku pod kutom od 0,5 do 1,5°.**

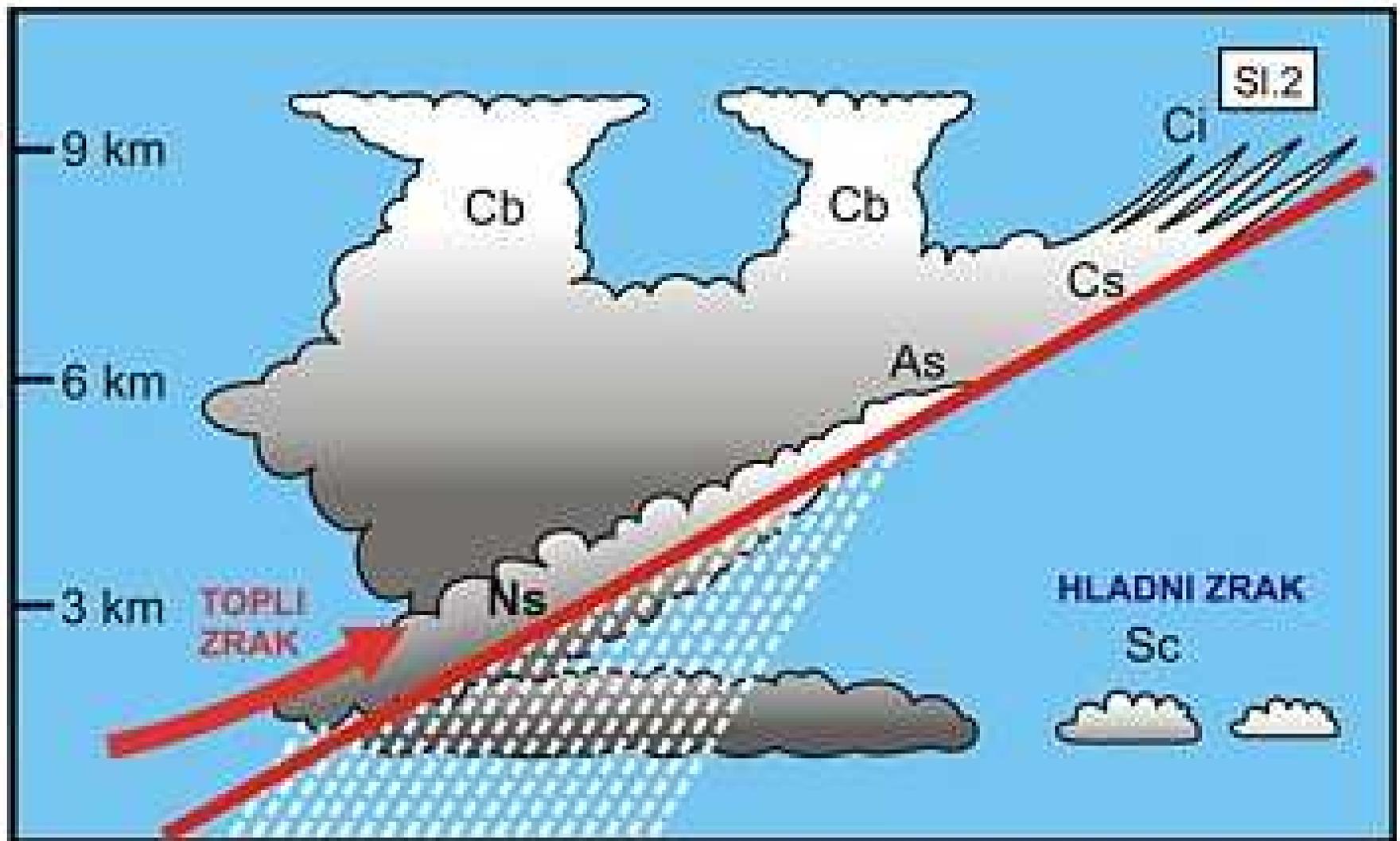
FRONTE PREMA TERMIČKIM SVOJSTVIMA I SMJERU NAPREDOVANJA

- **tope fronte** – dijelovi fronte koji se premještaju u stranu relativno hladnije zračne mase. Iza tope fronte premješta se toplija zračna masa koja potiskuje hladniju zračnu masu;
- **hladne fronte** – hladne fronte su dijelovi fronte koji se pomiču relativno prema toplijoj zračnoj masi. Iza hladne fronte nastupa hladna zračna masa.

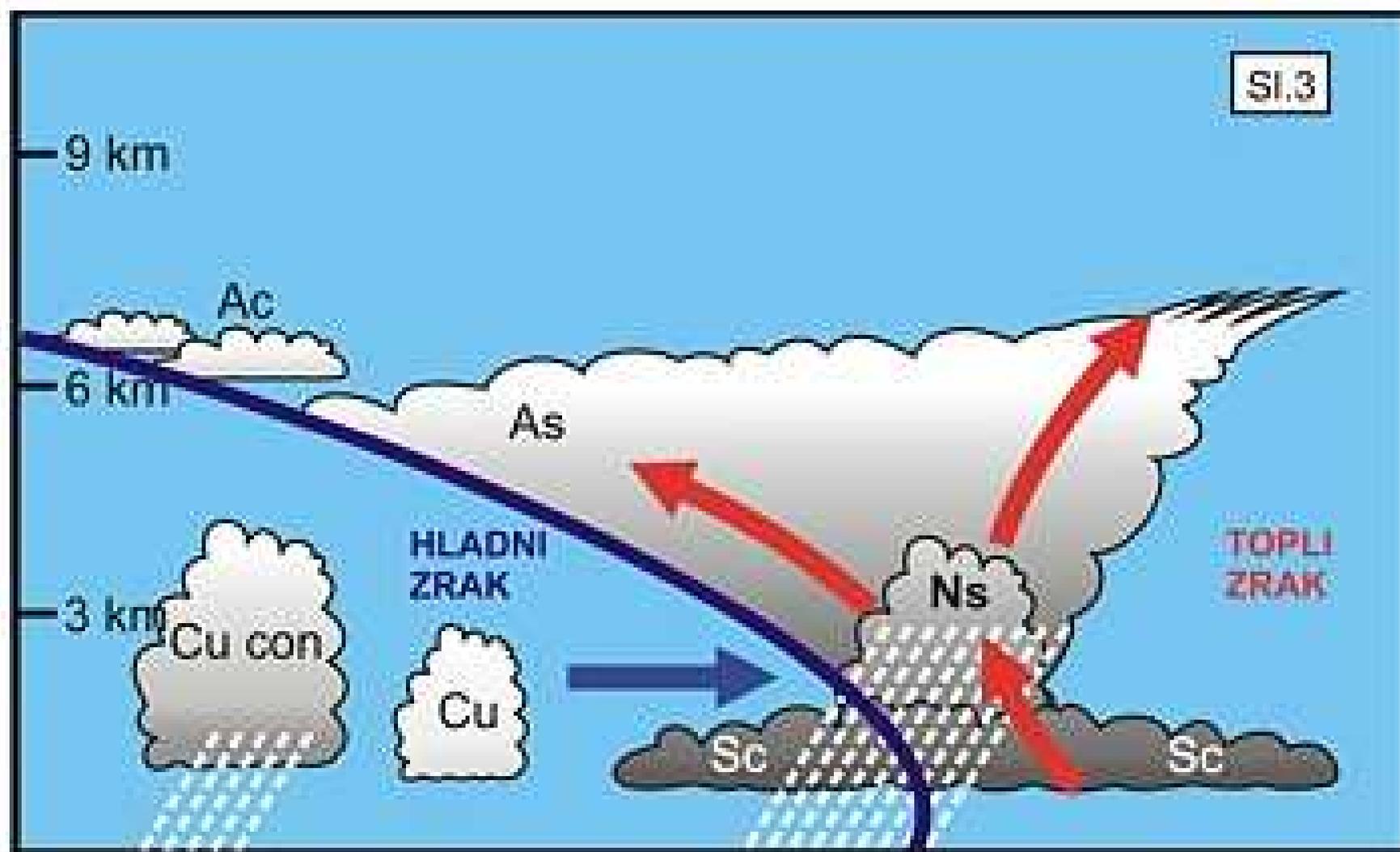
TOPLA FRONTA SA STABILNIM TOPLIM ZRAKOM



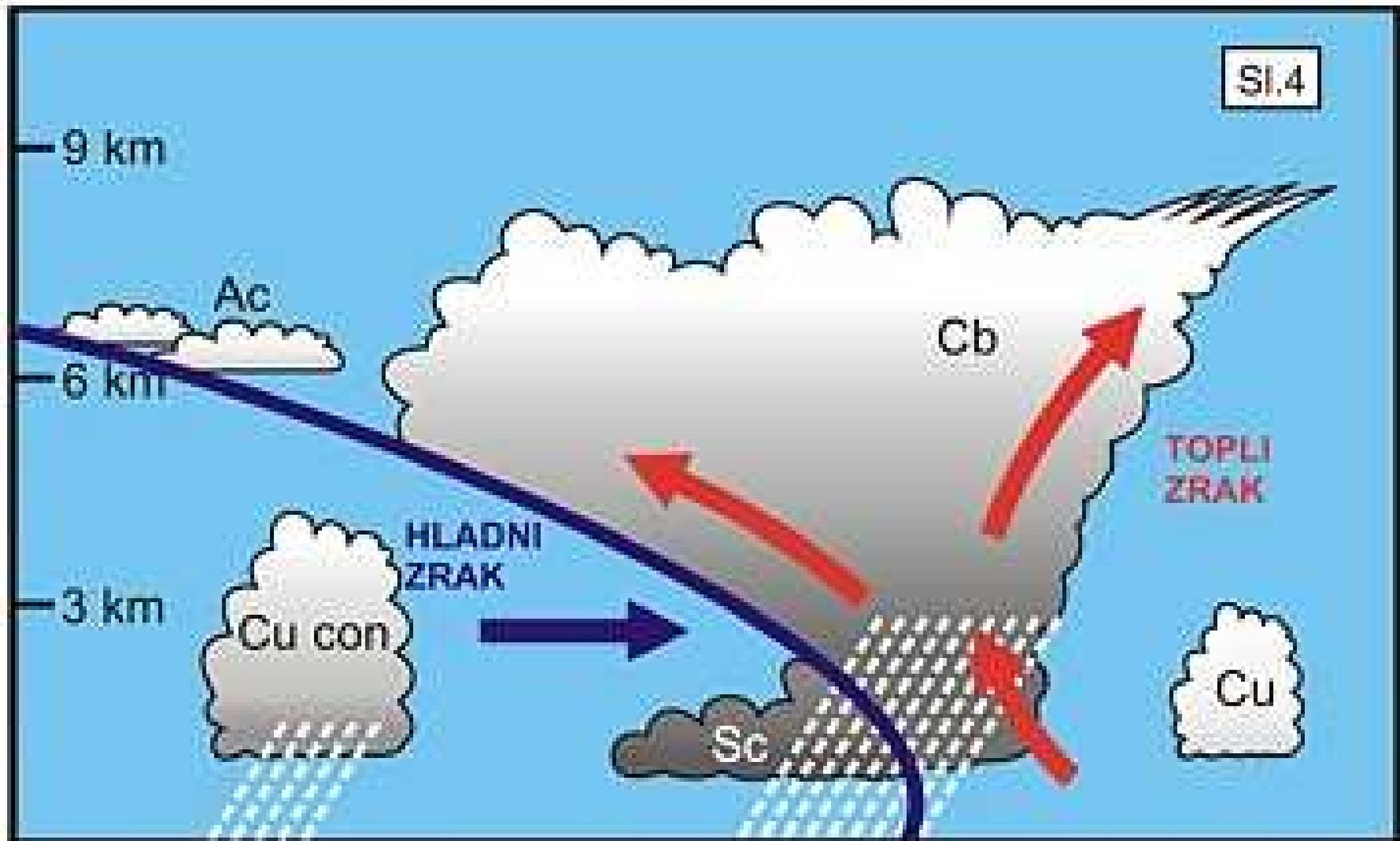
TOPLA FRONTA S NESTABILNIM TOPLIM ZRAKOM



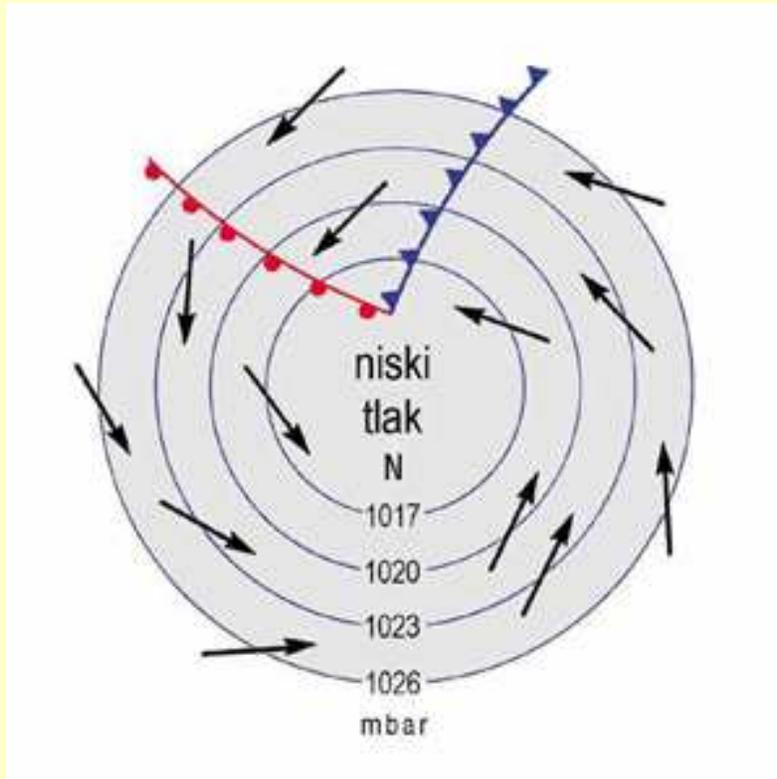
HLADNE FRONTE SA STABILNIM TOPLIM ZRAKOM



HLADNE FRONTE S NESTABILNIM TOPLIM ZRAKOM

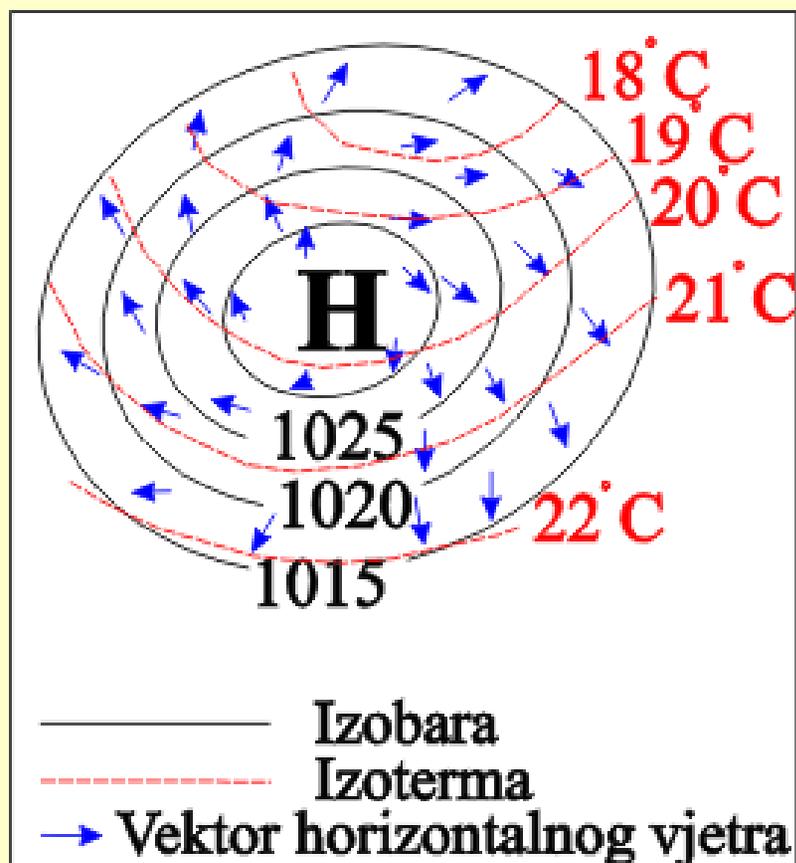


CIKLONA POLJE NISKOGL TLAKA S MINIMUMOM U SREDIŠTU



- Ciklona predstavlja zračni vrtlog sniženog tlaka u kojem se čestice zraka na sjevernoj hemisferi gibaju u mjeru suprotnom kazaljci na satu, a na južnoj hemisferi u smjeru kazaljke na satu;
- Horizontalni promjer ciklone iznosi 100 do 3000 km, a vertikalno se ciklona prostire katkada i do visine 15 do 20 km;
- Tlak u središtu ciklone se mijenja od 950 do 1030 mbar;
- Uloga ciklone bitna je za prijenos vlage i postanak oborina;
- Život ciklone od njenog formiranja do raspada traje reda veličine desetak ili nešto duže dana.

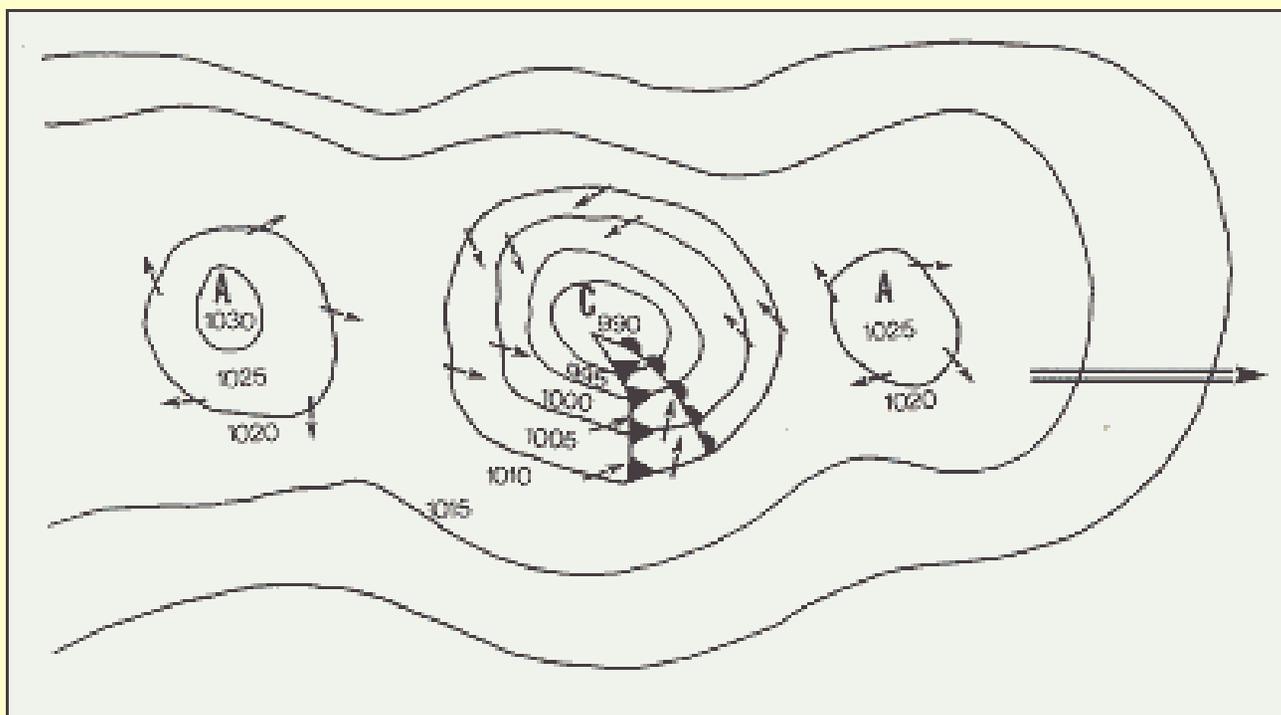
ANTICIKLONA



Anticiklona je područje povišenog atmosferskog tlaka u odnosu na okolinu.

Zrak u tom polju struji od središta prema rubovima i iz gornjih slojeva troposfere prema površini zemlje.

Pri spuštanju zrak se grije. Anticiklona donosi suho i vrlo često sunčano vrijeme.



Ciklone i anticiklone nisu odvojeni sustavi. Jedni bez drugih ne bi postojali. Zrak koji istječe iz anticiklone direktno ulazi u središte ciklone. Ovaj se proces stalno odvija.

TROPSKI CIKLONI

- harikeni, tajfuni, willy-willies...



Područja na Zemlji u kojima nastaju tropski cikloni



Satelitska snimka harikena Floyd iz rujna 1999.



Hariken Katrina (kolovoz 2005.)



Posljedice harikena Katrina - potopljene ulice New Orleans-a

TLAK ZRAKA

**Prof. dr. sc. Ognjen BONACCI
Građevinsko-arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Splitu**

Atmosfera predstavlja mehaničku smjesu plinova kod koje je u cijelosti primjenjiv Daltonov zakon koji glasi: **Tlak ,p, smjese plinova jednak je sumi tlakova plinova koji čine tu smjesu.**

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum p_i$$

Tlakovi , p_i , se nazivaju parcijalnim tlakovima. Zakon je primjenjiv ako plinovi smjese ne djeluju kemijski jedan na drugog, te kada se miješanje vrši bez promjene zapremine smjese.

Pošto atmosfera predstavlja mehaničku smjesu zraka s vodenom parom (kao najvažnijom komponentom hidrološkog ciklusa) tlak ,B, atmosferskog zraka jednak je sumi tlakova suhog zraka , B_a , i tlaka vodene pare , p_v ,:

$$B = B_a + p_v$$

Istovremeno važi i Pascalov zakon: **Pritisak koji vršimo na neki plin ili tekućinu na bilo kojem mjestu, širi se u njima u svim smjerovima jednoliko i s jednakim silama.**

JEDINICE ZA MJERENJE TLAKA

1 bar = 10^6 Pascala = 1000 milibara

Atmosferski se pritisak dugo vremena izražavao visinom živinog stupca čiju težinu drži u ravnoteži, pošto su mjerenja bila vršena (vrše se i danas) živinim barometrima.

Kao normalni pritisak na razini mora, na geografskoj širini od 45° i pri temperaturi zraka od 15°C , te temperaturi žive od 0°C smatra se težina stupca žive visokog 760 mm.

$760\text{ mm Hg} = 1013\text{ mb} = 1,013 \times 10^6\text{ Pa} = 1013\text{ kPa}$

Visoki atmosferski pritisak javlja se tijekom anticiklona, a niski tijekom ciklona.

Atmosferski pritisak opada nejednoliko (sve sporije i sporije) s nadmorskom visinom. **Barička ili barometarska stopa** je visinska udaljenost za koju se treba dignuti ili spustiti da bi se atmosferski pritisak promijenio za 1 mmHg.

0 km	–	760 mmHg	=	1013 mb
1 km	-	670 mmHg	=	893 mb
2 km	-	591 mmHg	=	788 mb
5 km	-	406 mmHg	=	541 mb
10 km	-	217 mmHg	=	290 mb
20 km	-	62 mmHg	=	83 mb
40 km	-	12 mmHg	=	16 mb

Pritisak se mjeri živinim barometrima, altimetrima i aneroidima.

Prijemni elementi aneroida su limene okrugle kutije iz kojih je isisan zrak. Povećanjem pritiska kutije se stišću jer su izrađene od elastičnog materijala. Problem utjecaja topline na širenje i/ili stiskanje kutija rješava se kompenzacijskim pločicama od bimetala.

Tlak zraka utječe na nivoe podzemnih voda i na promjene razina mora.

Najviše naseljeno mjesto u svijetu je St. Vincente u Boliviji izgrađeno na nadmorskoj visini od 4880 mnm u kojem normalni atmosferski pritisak iznosi 426 mmHg ili 568 mb.

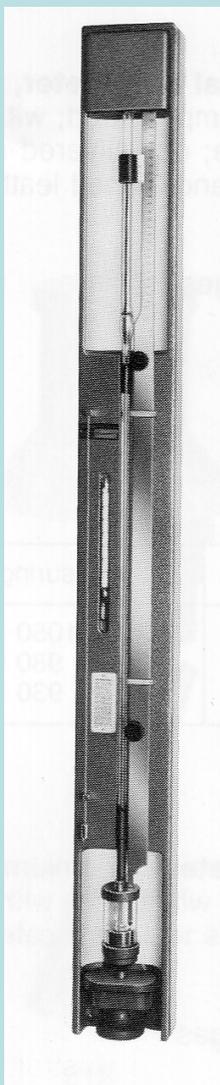
Ekstremni tlak zraka izmjereno je u Hrvatskoj 2. prosinca 1976. između 16 i 21 sat.

Split (aerodrom) - 19 mnm - 727, 0 mmHg

Split (Marjan) - 122 mnm - 717,3 mmHg

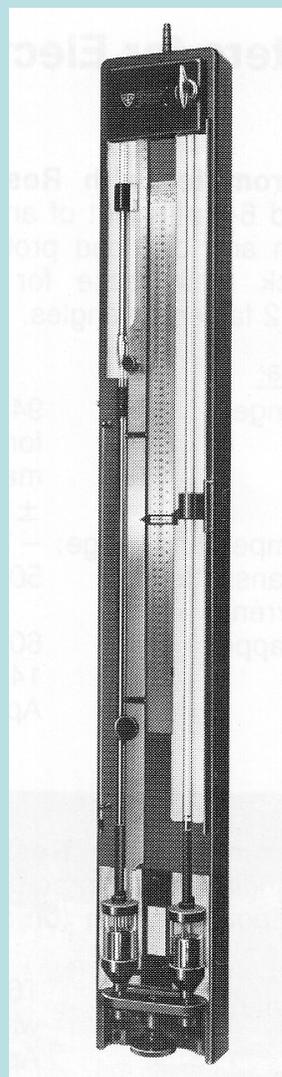
Zavižan - 1594 mnm – 597,6 mmHg.

ŽIVIN BAROMETAR



**RASPON MJERENJA
od 840 mb do 1050 mb**

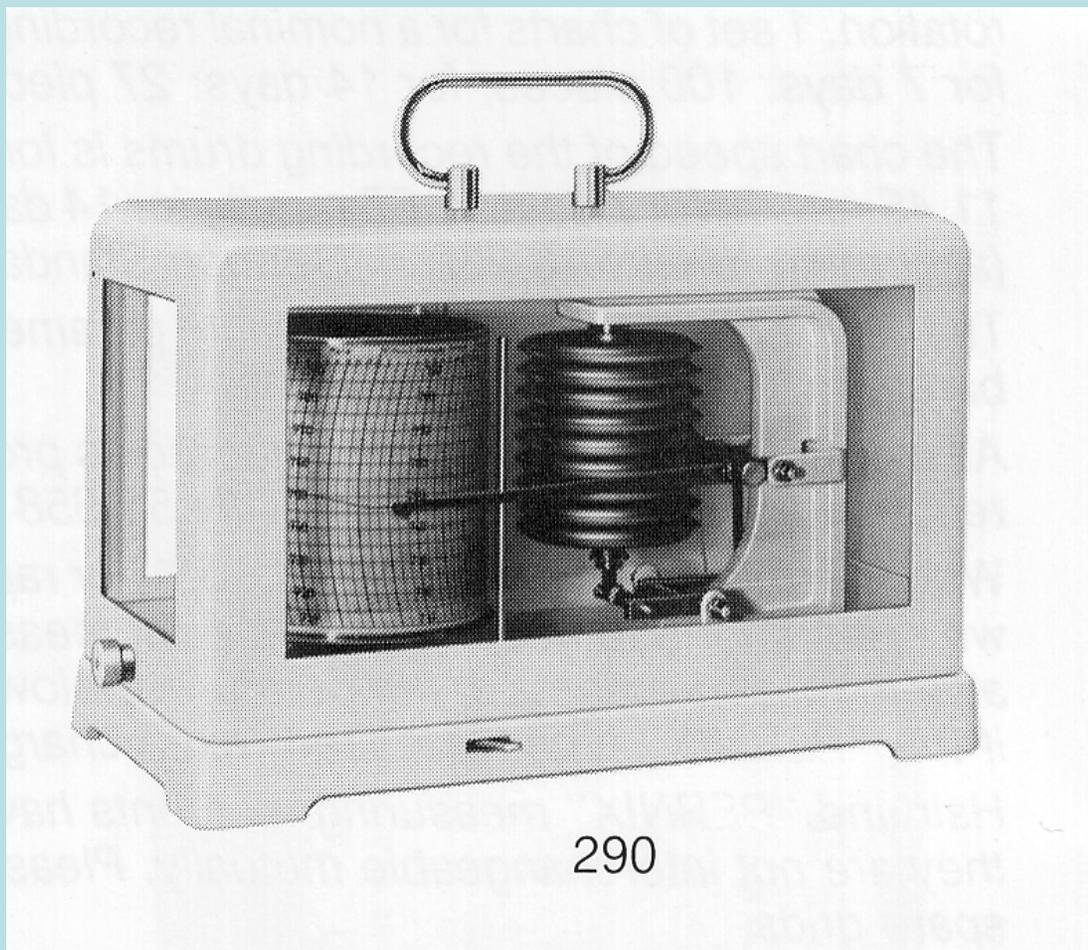
ŽIVIN BARO-VAKUUM METAR



**RASPON MJERENJA
od 840 mb do 1040 mb**

**pojmovi
“metar” - “graf”**

ANEROID BAROGRAF (Lambrecht)



RASPON MJERENJA
705 mb do 1241,7 mb

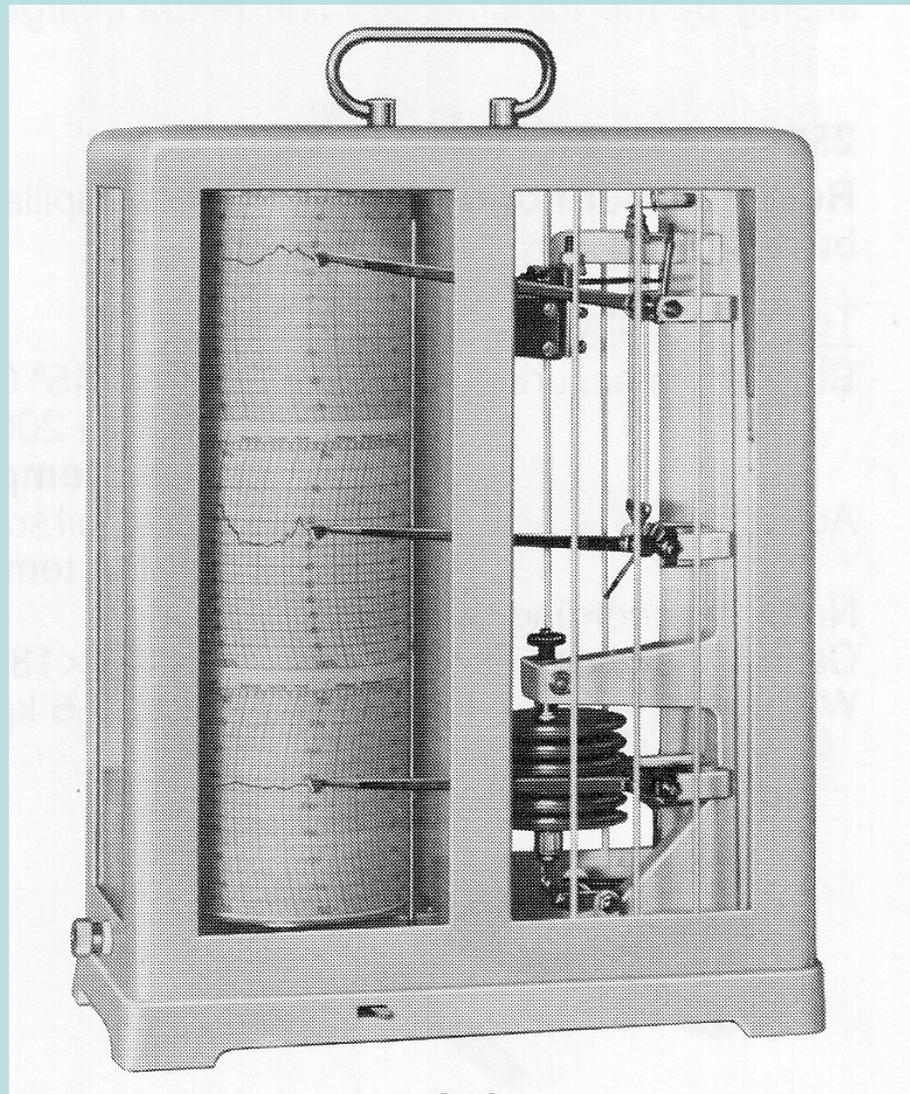
BAROGRAFI (Casella)



METEOROGRAF (Lambrecht)

- atmosferski pritisak
- temperatura zraka
- vlaga u zraku

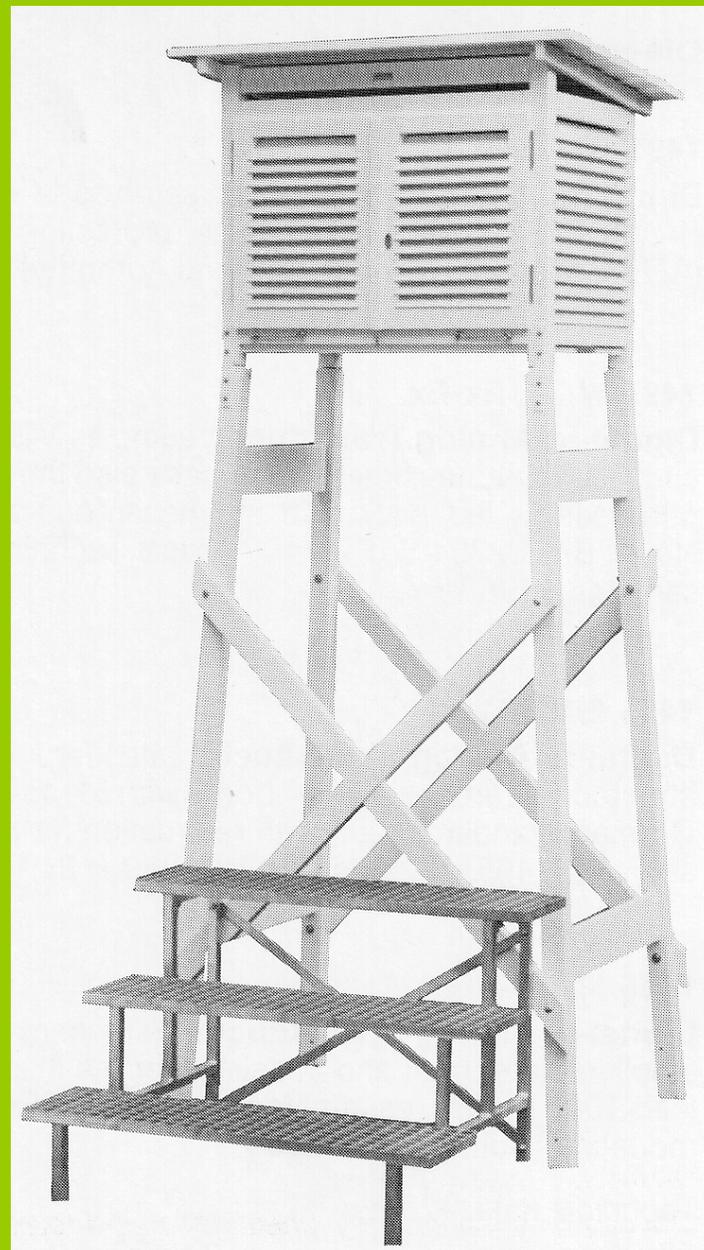
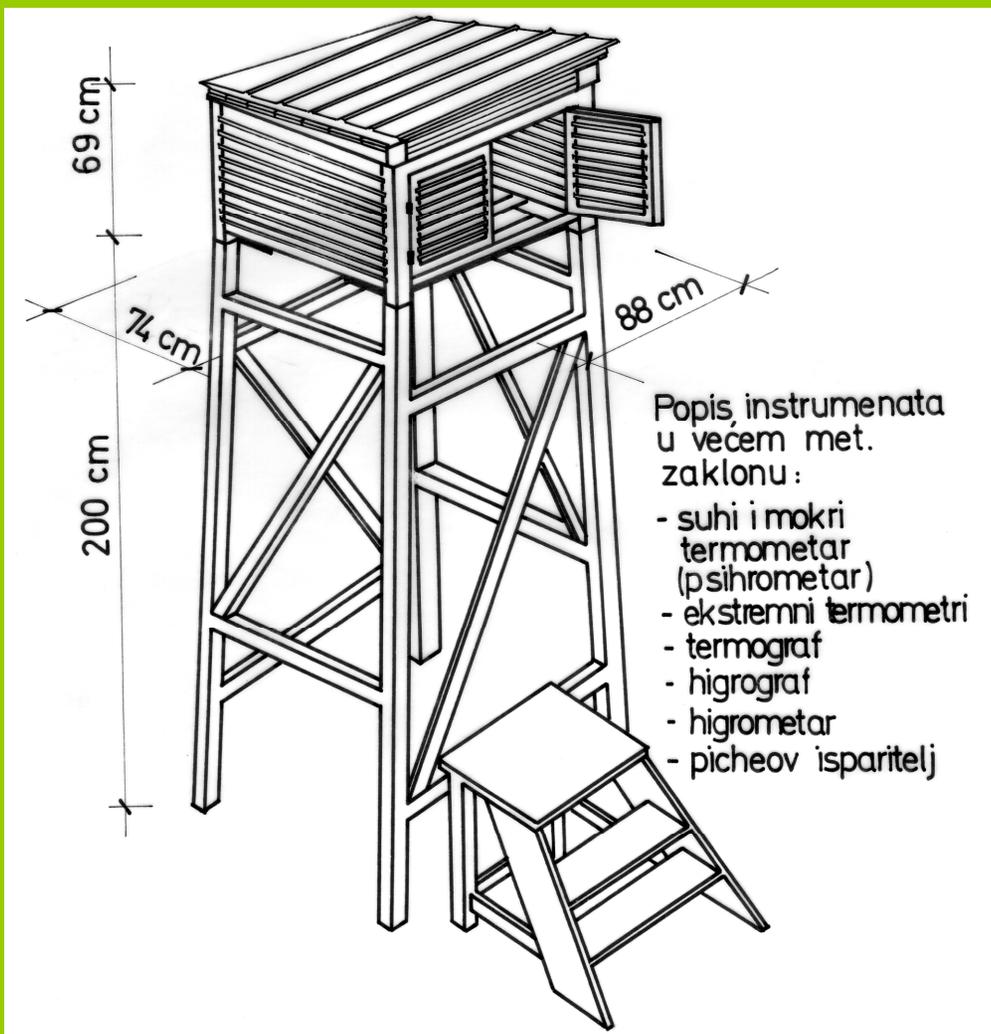
RASPON MJERENJA
od -35 °C do +45 °C
5 % do 100 %
945 mb do 151,7 mb



TEMPERATURA ZRAKA, TLA I VODE

**Prof. dr. sc. Ognjen BONACCI
Građevinsko-arhitektonski fakultet
Sveučilišta u Splitu**

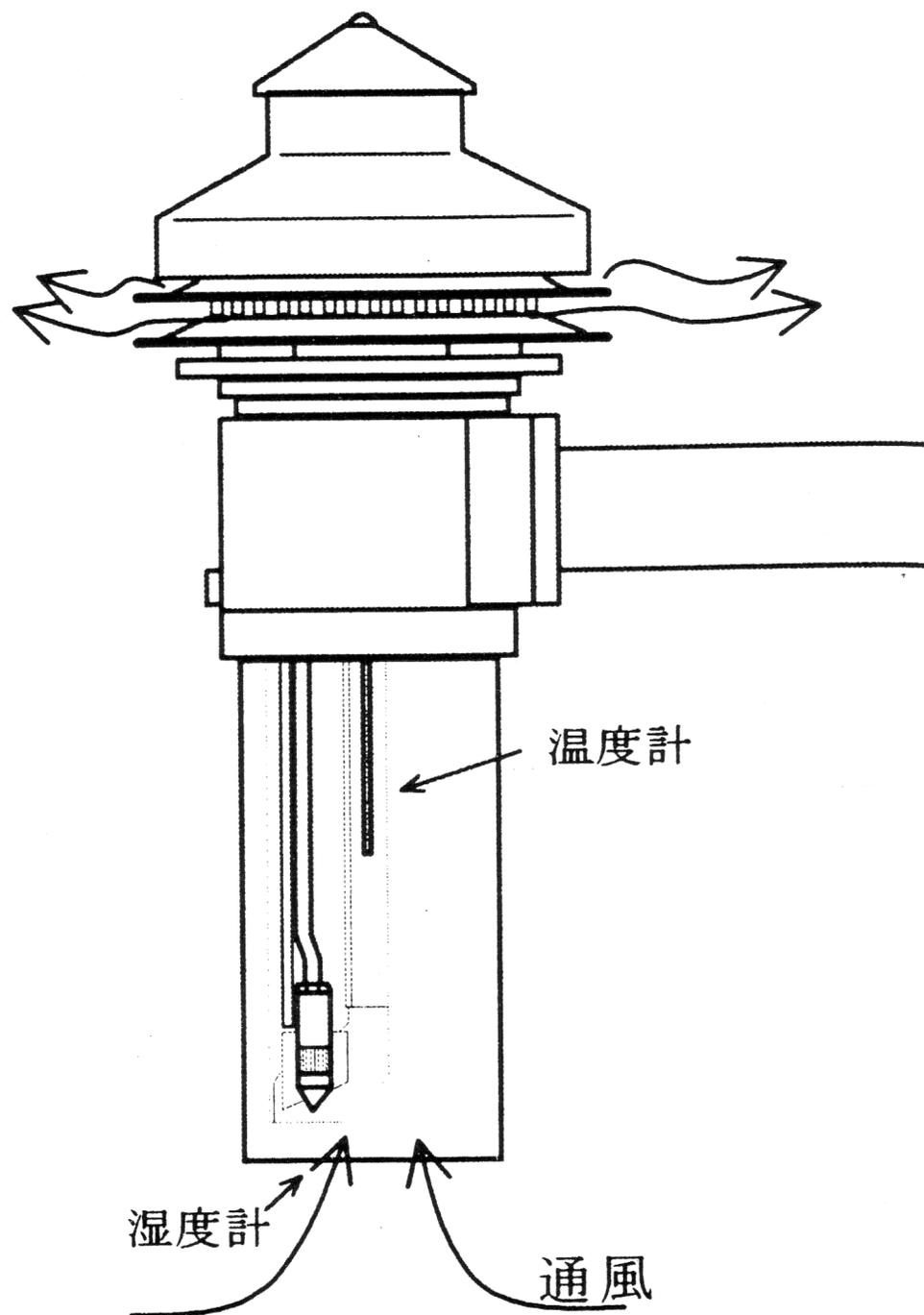
METEOROLOŠKI ZAKLON



JAPANSKI METEOROLOŠKI ZAKLON

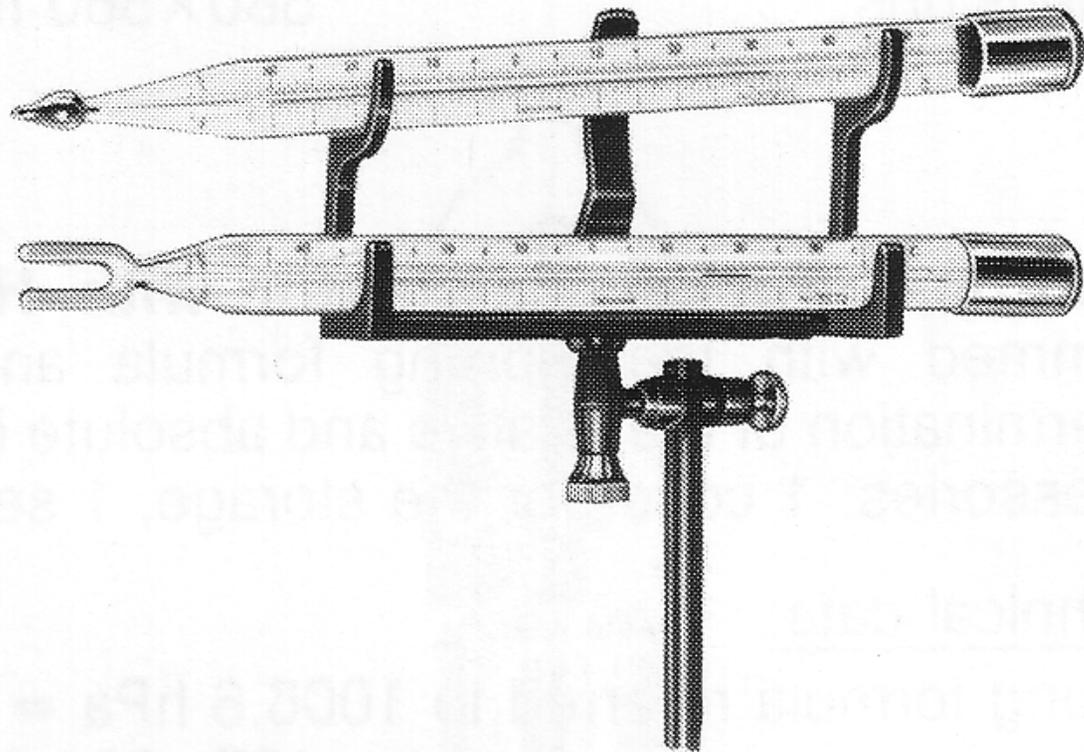
NALAZI SE 1,5 m
UDALJEN OD TLA

U NJEMU SU SMJEŠTENI
UREĐAJI ZA MJERENJE
TEMPERATURE ZRAKA
I VLAGE U ZRAKU



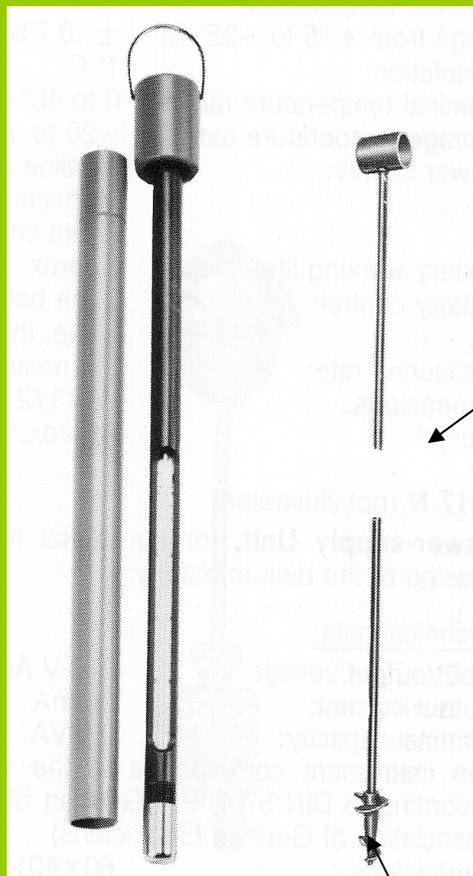
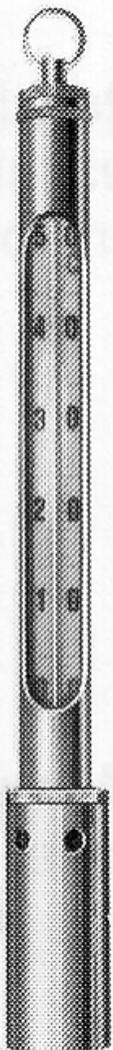
EKSTREMNI TERMOMETRI (živin i alkoholni) (Lambrecht)

RASPON MJERENJA
-30 °C do + 50 °C

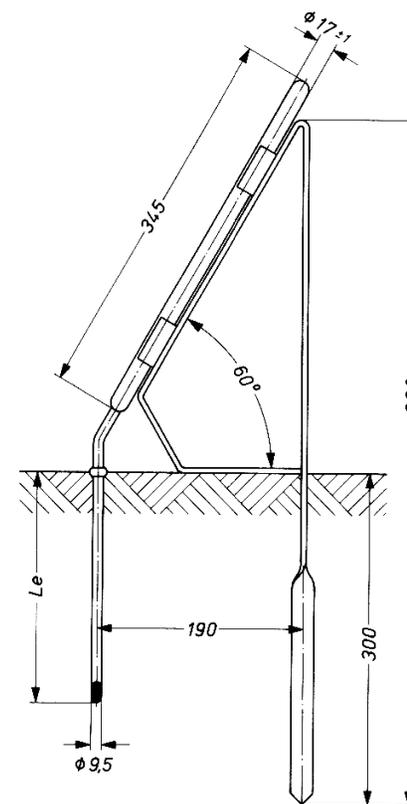
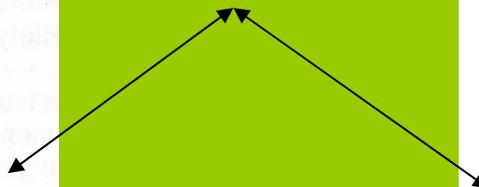


TERMOMETRI ZA MJERENJE

TEMPERATURE
VODE



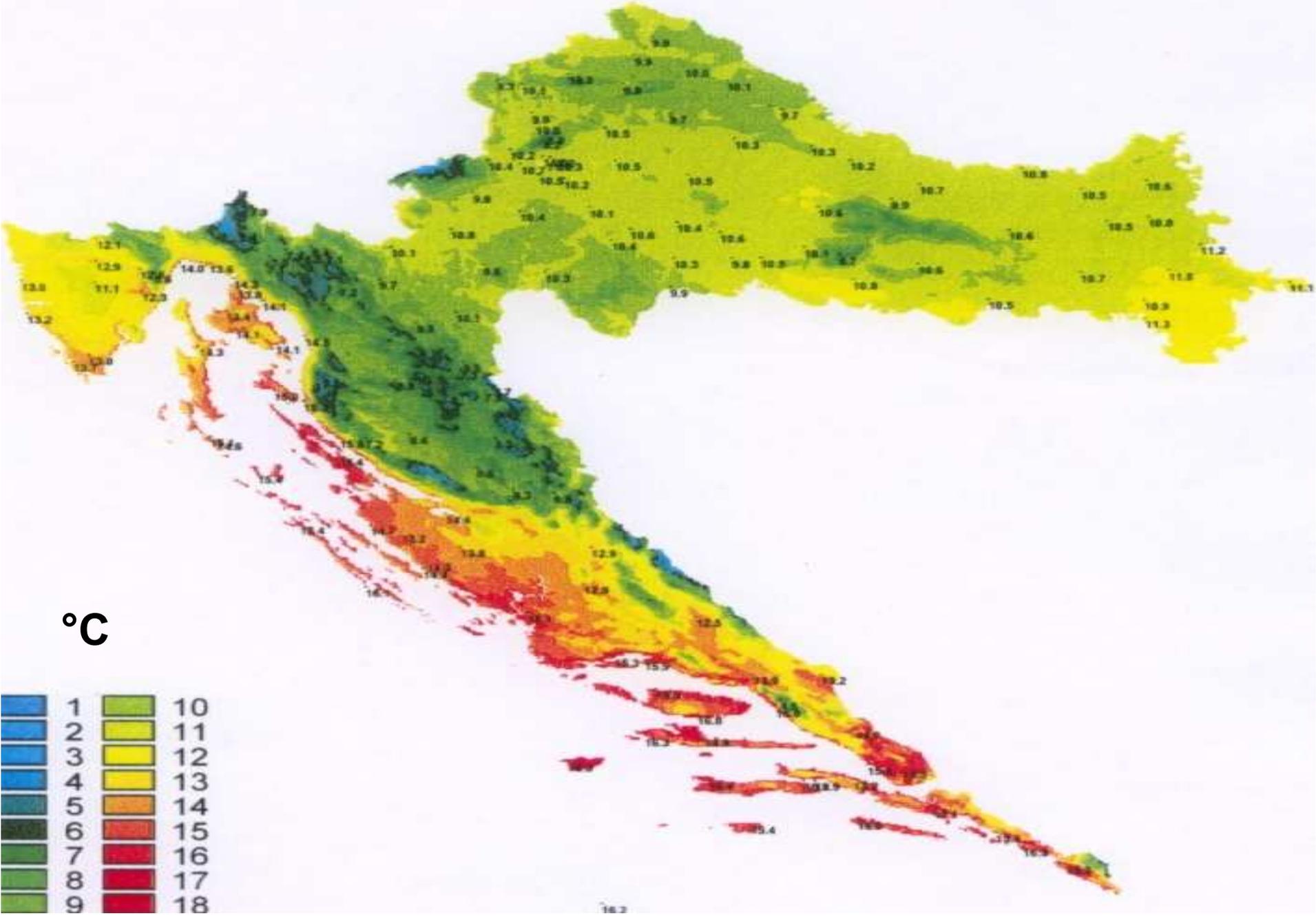
TEMPERATURE
TLA



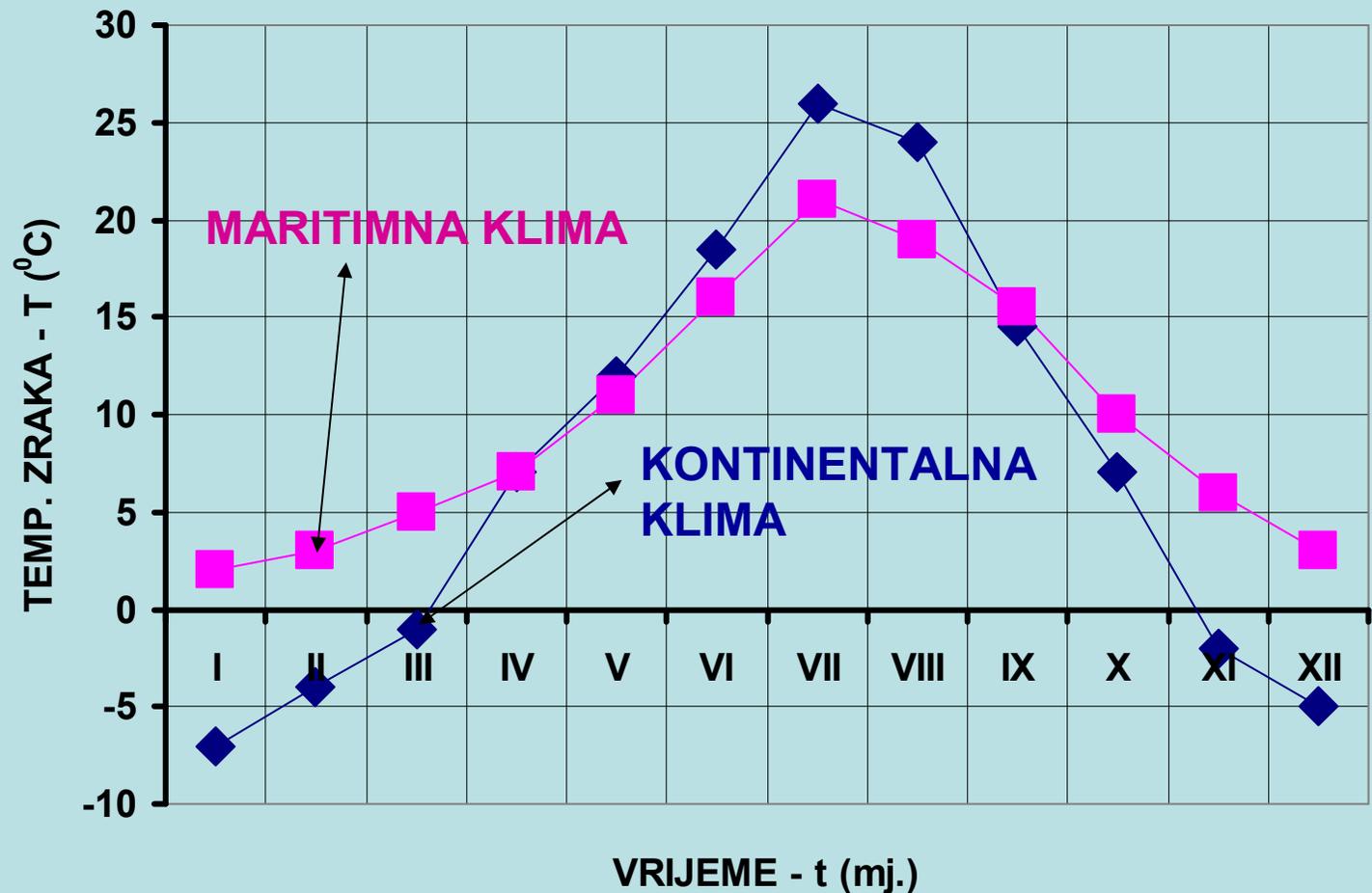
SVRDLO



Average annual temperature (1961-1990)

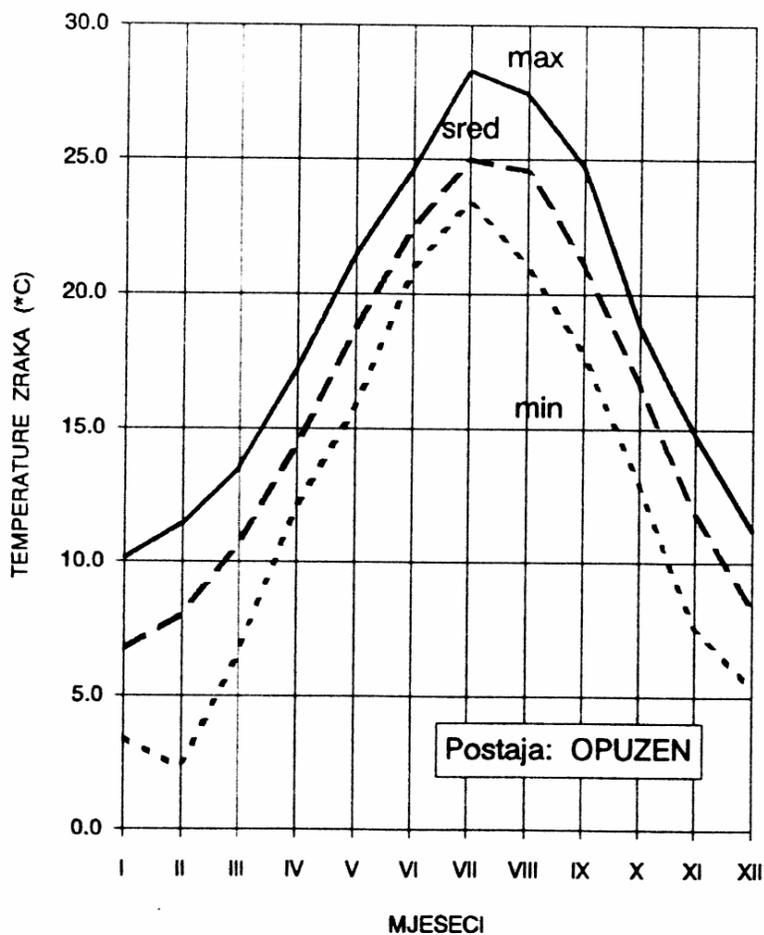


Do ovoga dolazi stoga jer se more pod utjecajem insolacije sporije i manje zagrijava od kopna pošto je specifična toplina vode veća 2 do 5 puta od specifične topline kopna. Zrake sunca jače se reflektiraju s vode nego s kopna. Dio toplinske energije koji dopre do mora potroši se na isparavanje sa slobodne vodene površine. Voda pokriva mnogo veću površinu Zemlje nego kopno. Sve navedeno uzrokom je da se voda sporije zagrijava, ali i sporije hladi od kopna utječući na klimu.

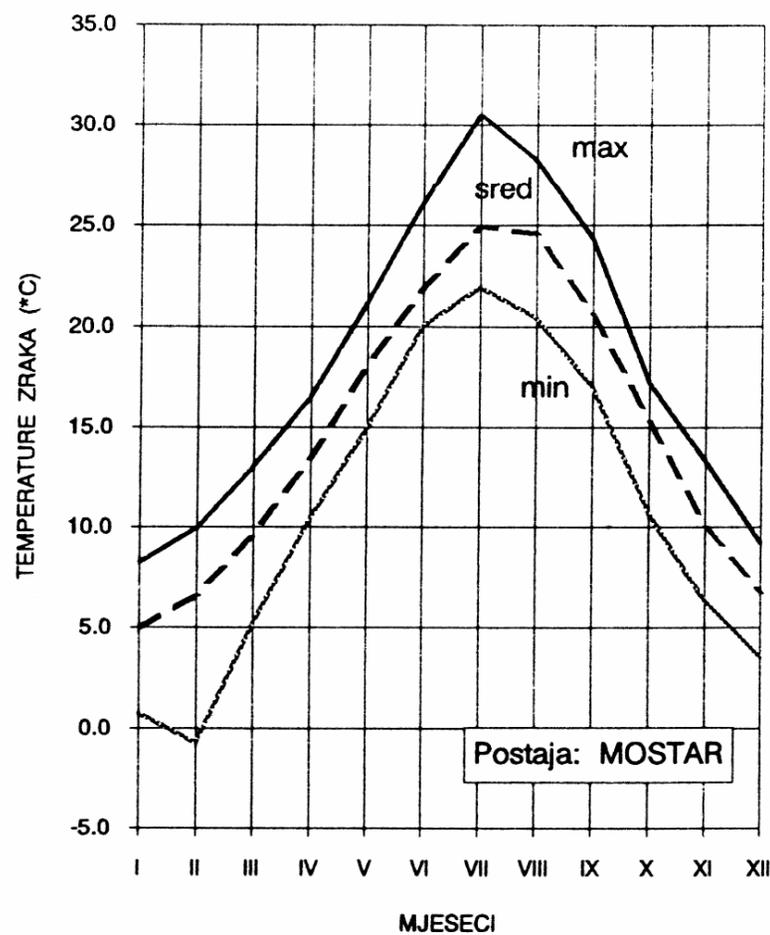


MAKSIMALNE, PROSJEČNE I MINIMALNE SREDNJE MJESEČNE VRIJEDNOSTI TEMPERATURA ZRAKA IZMJERENE NA DVIJE METEOROLOŠKE STANICE

HOD KARAKTERISTIČNIH TEMPERATURA
(1948.-1993.)



HOD KARAKTERISTIČNIH TEMPERATURA
(1950.-1989.)

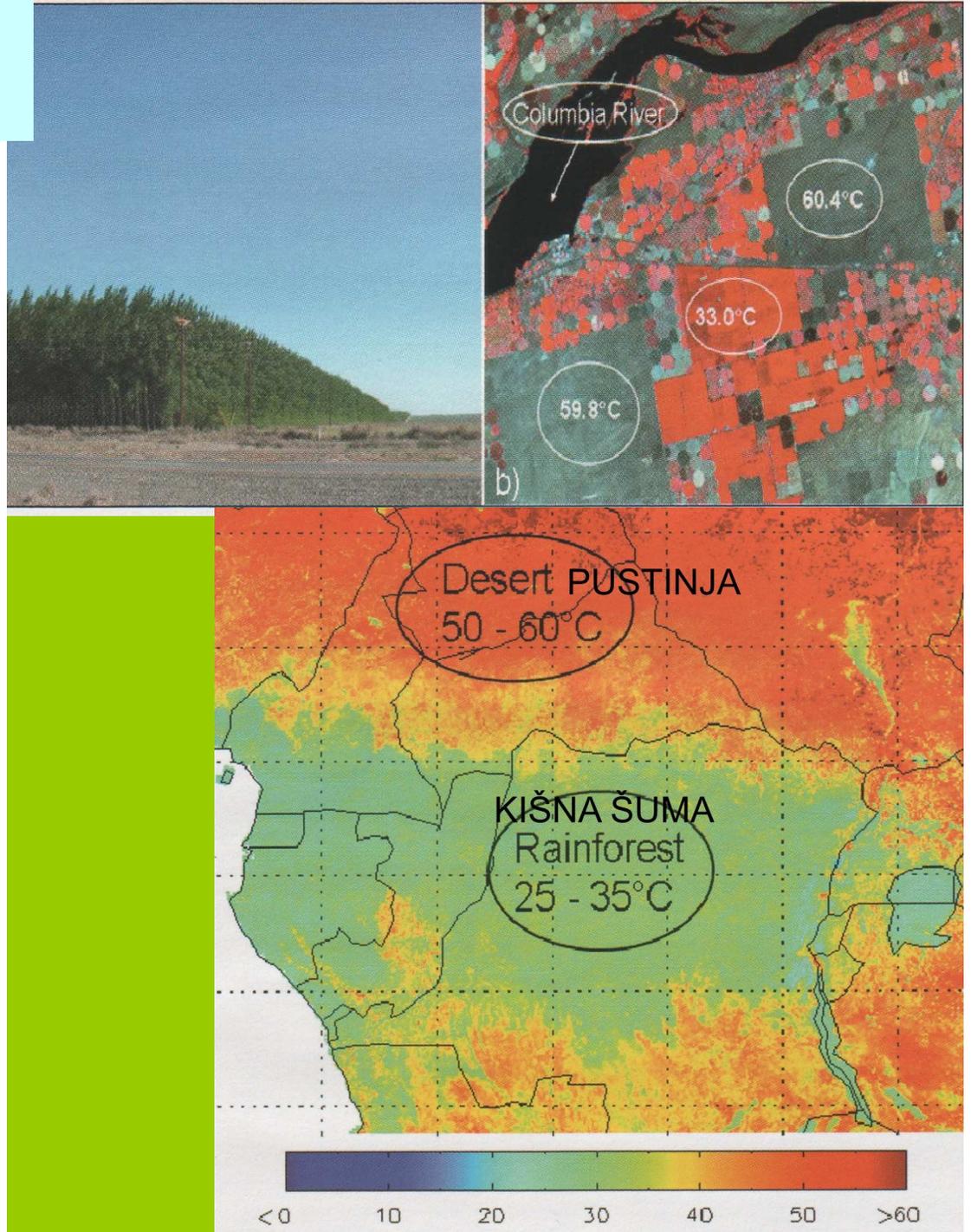


EKSTREMNE MINIMALNE, PROSJEČNE I EKSTREMNE MAKSIMALNE MJESEČNE I GODIŠNJE TEMPERATURE ZRAKA OSIJEKA (1901.-1990.)

MJESEC	TEMPERATURA ZRAKA [°C]		
	SREDNJAK	MIN	MAX
I	-1.0	-27.1	19.0
II	1.1	-26.0	23.0
III	6.1	-21.0	26.9
IV	11.4	-5.8	30.9
V	16.5	-3.0	36.0
VI	19.7	1.0	39.6
VII	21.6	4.6	40.3
VIII	20.7	5.1	39.0
IX	16.8	-1.2	36.5
X	11.3	-8.6	30.5
XI	5.6	-15.7	25.8
XII	1.2	-23.2	20.0
GOD.	10.9	-27.1	40.3

MJERENJA IZ SATELITA I RADIOSONDAMA

"Land surface temperatures" (LST) ili temperatura površine terena je definirana kao radijacija emitirana s površine terena, a može biti opisna kao temperatura koju će osjetiti osoba kad dotakne površinu terena. Površina terena se odnosi na vrh krošnji stabala, grmolikog bilja ili bilo koje druge vegetacije na području pokrivenom vegetacijom ili na samu površinu terena kod golog tla bez vegetacije. Zbog činjenice što je zrak loš vodič temperature LST u sredini najvrućeg ljeta može biti 30 do 40 °C viša od temperature zraka mjerena 1,5 ili 2 m iznad površine terena.



**UTJECAJ
URBANIZACIJE
NA TRENDOVE
PORASTA
TEMPERATURA
ZRAKA U
RAZDOBLJU
1909.-1994. U
KALIFORNIJI (SAD)**

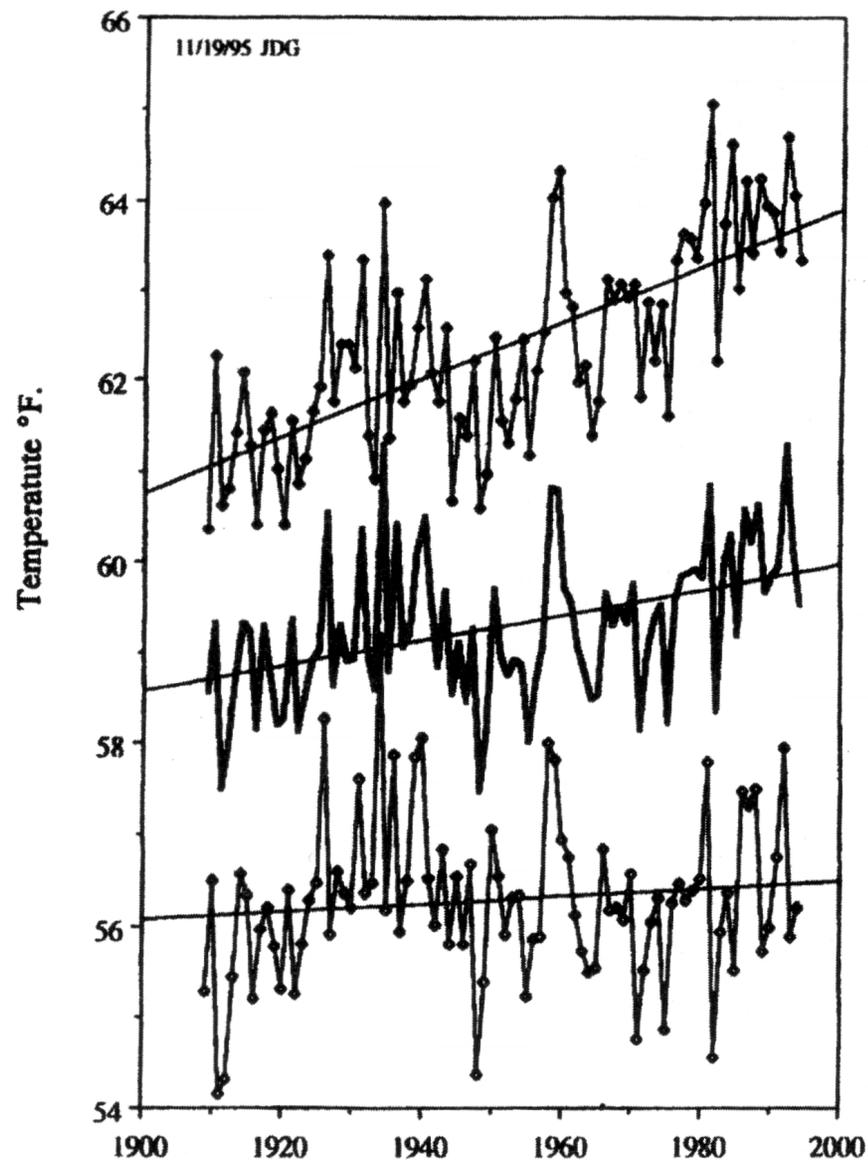
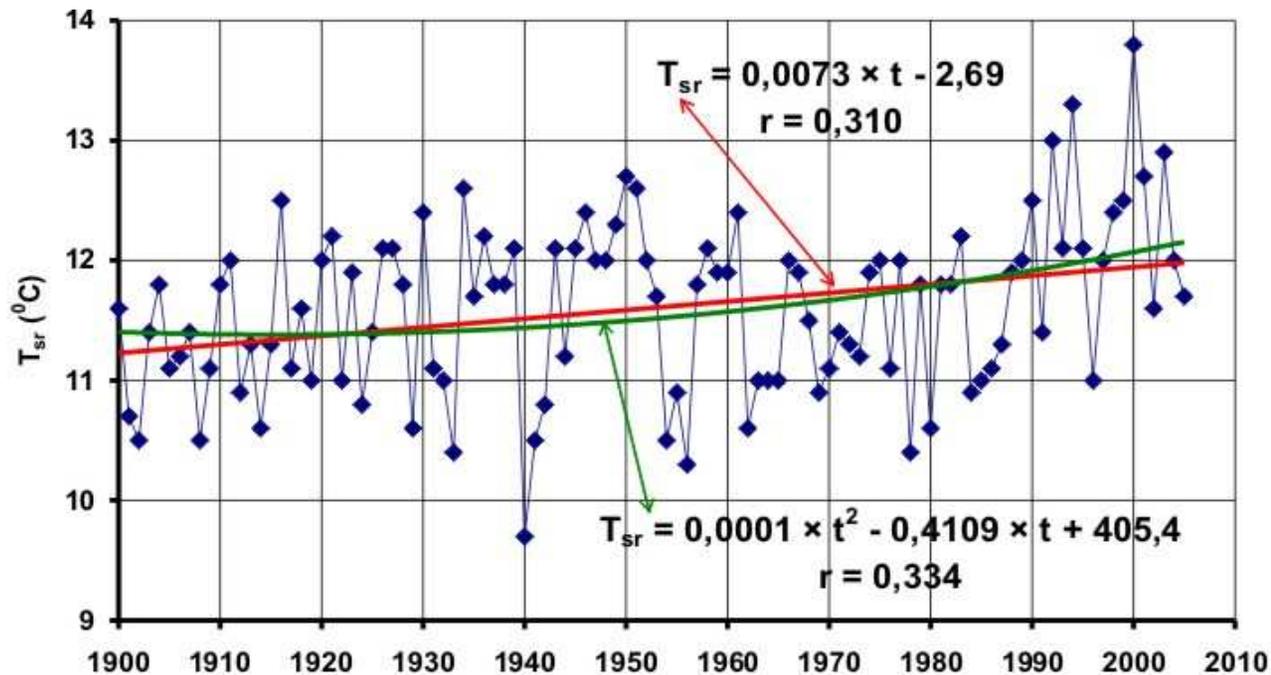
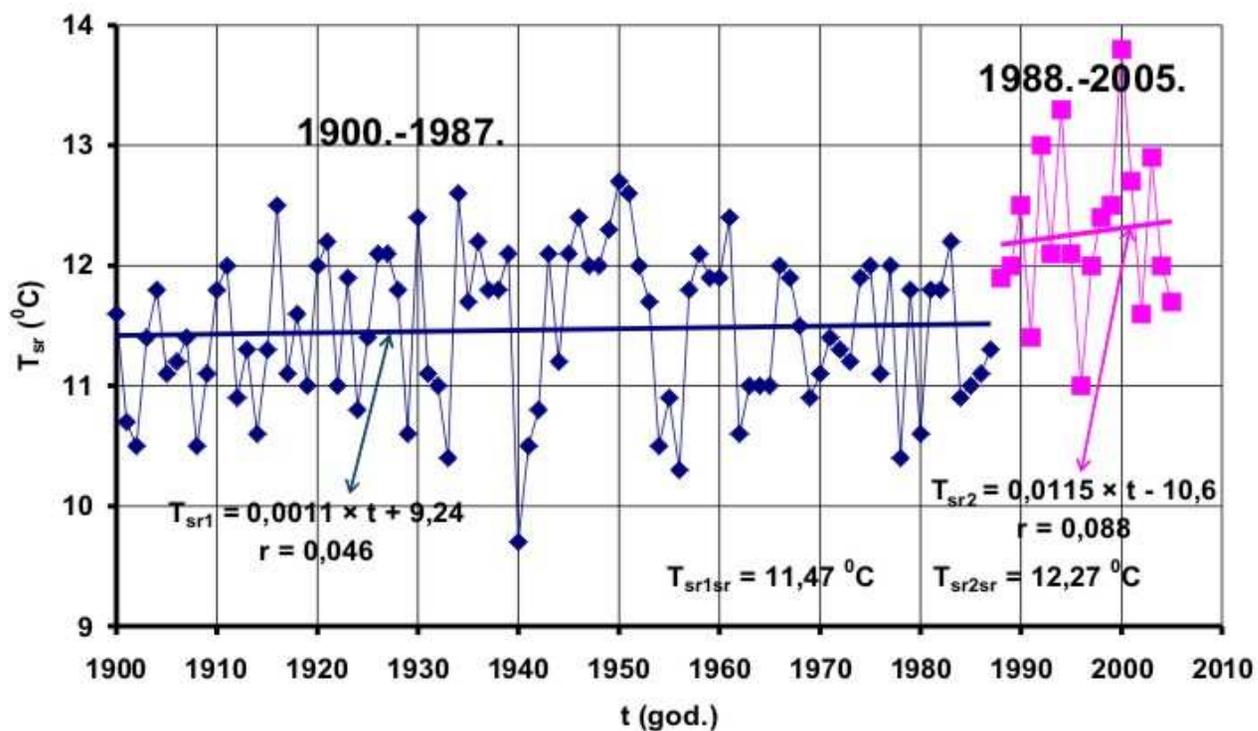


Figure 48. Temperature trends at 107 stations in California for the period 1909–1994. (*top*) Average of 29 stations in large counties of more than 1 million people. (*middle*) Average of 51 stations in mid-sized counties of 100,000 to 1,000,000 people. (*bottom*) Average of 27 stations in small counties of less than 100,000 people. (Note that temperatures are in °F.)
From Goodridge (1996).



ZAGREB-GRIČ
SREDNJE GODIŠNJE
TEMPERATURE ZRAKA
1900.-2005.



Zemlja se zagrijava od Sunca, ali i od geotermalne topline koja potječe iz njezinog užarenog središta. Temperatura unutrašnje kore Zemlje (“inner core”) iznosi oko 6600 °C.

Tlo se značajnije zagrijava od strane sunca do dubine od oko 2 m što zavisi o njegovom geološkom i pedološkom sastavu. Do dubine neutralnog sloja zagrijavanje se vrši odozdo od strane geotermalne topline. Položaj neutralnog sloja promjenjiv je na različitim područjima Zemlje. Uobičajeno se kreće na dubini od 15 m do 30 m. Temperatura na toj dubini iznosi najčešće između 12 °C i 13 °C. Ispod te dubine temperatura raste, a temperaturni gradijent iznosi prosječno oko 30 °C na 1 km. U Dinarskom kršu Hrvatske on je niži i iznosi 15 °C na 1 km.

FAHRENHEIT, CELSIUS & KELVIN

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times 0,555$$

$$^{\circ}\text{F} = (1,8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$