

HIDROLOGIJA

- **Povijest i definicija.**
- **Meteorologija i klimatologija.** Definicija i podjela atmosfere. Vlaga u atmosferi. Vjetar. Evapotranspiracija.
- **Oborine.** Definicija i način formiranja oborina. Mjerenje oborina. Intenzitet oborine. Definiranje krivulja intenzitet-trajanje-ponavljanje. Prijenos podataka oborina s točke na površinu. Obrada oborina za potrebe inženjerske prakse.
- **Hidrometrija.** Razina vode. Dubina vode. Brzina vode. Mjerenja protoka. Turbulencija u otvorenom riječnom toku i njen utjecaj na točnost i mjerenje brzina. Moderne metode mjerenja protoka.
- Definiranje **krivulja protoka** kad je protok funkcija vodostaja i pada. Ekstrapolacija krivulja protoka.
- **Statističke metode u hidrologiji.** Krivulje trajanja i učestalosti. Korelacijske regresione metode u hidrologiji.
- **Parametarska hidrologija i otjecanje.** Pojam sliva i njegova svojstva. Transformacija ukupne oborine u otjecanje. Principi hidrološke bilance. Velike vode. Genetska i racionalna metoda. Izokrone. Jedinični hidrogram.
- **Krivulje raspodjela** i njihova primjena u hidrologiji. Nizovi prekoračenja i nizovi godišnjih ekstrema. Primjena testova kod izbora optimalne raspodjele.

HIDROLOGIJA

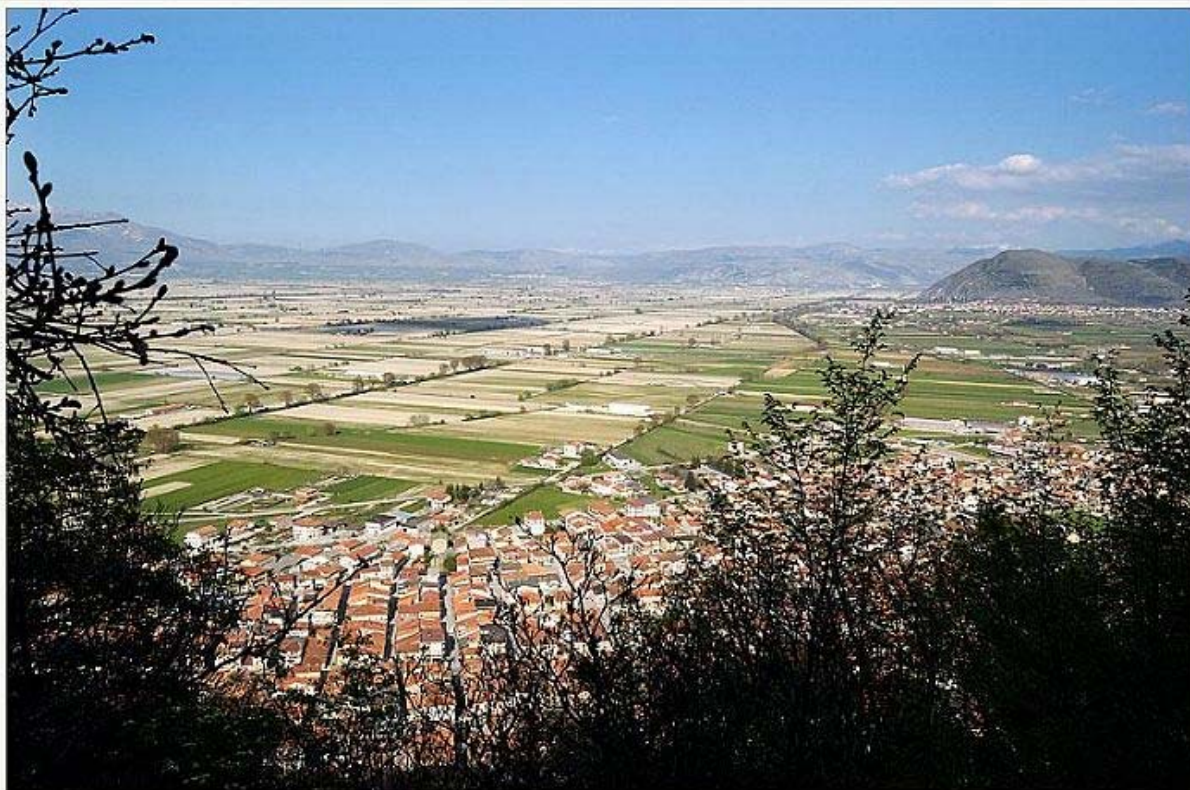
LITERATURA:

- (1) H.Hrelja: Inženjerka hidrologija, Sarajevo, 2007
- (2) R. Žugaj: Hidrologija, Zagreb, 2000
- (3) O.Bonacci: Oborine-glavna ulazna veličina u hidrološki ciklus, Geing, Split, 1994.; (4) O. Bonacci: Meteorološke i hidrološke podloge, Priručnik za hidrotehničke melioracije, I kolo
- (5) O. Bonacci: Odvodnjavanje, Knjiga Podloge, Društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje Hrvatske, Zagreb, 1984., 39-130.;
- (6) S. Jovanović, O. Bonacci, M. Anđelić: Hidrometrija, Građevinski fakultet, Beograd, 1986.;
- (7) O. Bonacci: Hidrometrija, Tehnika enciklopedija 6, Zagreb. 1979

VODA I CIVILIZACIJA



Carski kanal je najduži postojeći kanal ili umjetna rijeka na svijetu. Najstariji dio kanala izgrađen u 5. stoljeće pr. Kr. a različiti dijelovi kanala su konačno dovršeni i povezani u jedan u vrijeme Sui dinastije (581. - 618. godina). Ukupna dužina Carskog kanala je oko 1.770 km širina 300 m Pored transporta, voda iz kanala korištena je i za navodnjavanje.



U srednjoj Italiji je, oko 120. godine prije nove ere, izvršeno isušenje **jezera Fucino** (proboj tunela dužine 5,6 km i poprečnog presjeka 11 m^2) čime je isušeno 50.000 ha zemljišta. Kroz planinu Monte Salviano, radilo 30.000 radnika Originalno jezero 140 km^2 , nakon probijanja tunela 90 km^2 . U 19 st. potpuno isušeno

VODA I CIVILIZACIJA

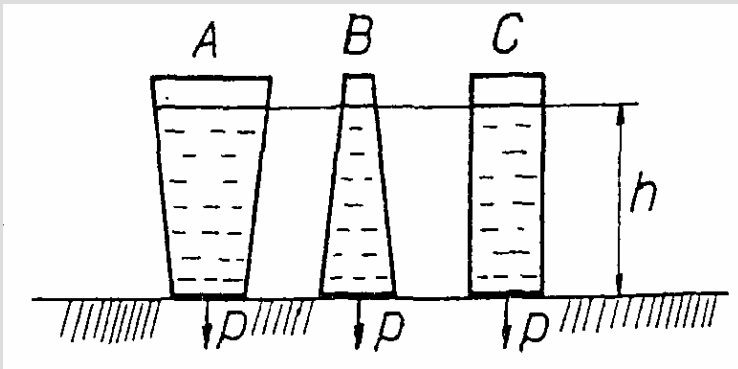


Rimski vodovodi kojih je za vrijeme Frontinusa (97-104 godine nove ere) bilo jedanaest s ukupnom dužinom dovoda od 350 km i kapaciteta oko milion m³ vode dnevno, što je u odnosu na potrošnju po stanovniku znatno iznad današnje.

DEFINICIJA HIDROLOGIJE

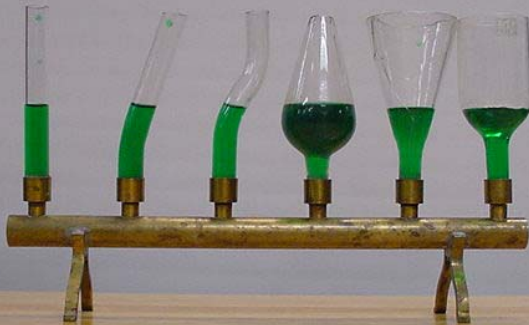
hidro (voda) i logos (znanost)

Posebnost je vode da najveću gustoću ima na temperaturi od $+4^{\circ}\text{C}$, iako bi svako tijelo trebalo imati najveću gustoću u krutom stanju.



U posudama različitog oblika koje tekućina ispunjava do iste visine tlak na dno posude je isti – **hidrostatski paradoks**.

U međusobno spojenim posudama razina tekućine u svim posudama se nalazi na istoj visini – **zakon spojenih posuda**.



DEFINICIJA HIDROLOGIJE

Definicija: (Svjetska meteorološka organizacija - WMO i Organizacija Ujedinjenih nacija za obrazovanje, znanost i kulturu –UNESCO):

➤ **Hidrologija je znanost** koja se bavi izučavanjem vode na površini ili u dubini zemlje, njenom pojavom, raspodjelom, cirkulacijom, kako na površini, tako i po prostoru, njenim biološkim, fizičkim i kemijskim osobinama, njenim uzajamnim djelovanjem s prirodnim okolišem.

➤ **Hidrologija je znanost** koja se bavi procesima upravljanja, mijenjanja i nadopunjavanja vodnih zaliha na Zemlji i tretira različite faze u hidrološkom ciklusu.

Znanstvena hidrologija - akademske aspekte

Inženjerska ili Primijenjena (Korisnička) hidrologija

Inženjerska hidrologija se bavi proučavanjem kvantitativnih i kvalitativnih karakteristika vodnog režima od kojih ovisi svrsishodnost, funkcionalnost i sigurnost inženjerskih objekata

PODJELE HIDROLOGIJE

Prema sredini istraživanja **voda** se dijeli:

- Voda u **atmosfera** – meteorologija
- Voda na **zemljinoj površini**, - patamologija, limnologija, izučavanje močvara, glaciologija, oceanologija
- Voda u **podzemlju** – hidrogeologija, hidrogeologija krša

Način tretiranja hidroloških podataka hidrologija se dijeli:

- **Matematska** hidrologija,
- **Statistička** hidrologija,
- **Stohastička** hidrologija,
- **Sistemska** hidrologija,
- **Empirijska** (iskustvena) hidrologija,
- **Operativna** (praktična) hidrologija,
- **Numerička** hidrologija.

PODJELE HIDROLOGIJE

Pet posebnih poddisciplina hidrologije:

- 1. *Hidrometeorologija* – izučavanje problema koji su zajednički i za hidrologiju i za meteorologiju;
- *Limnologija* – bavi se izučavanjem jezera;
- *Kriologija* – bavi se izučavanjem snijega i leda;
- *Hidrogeologija (geohidrologija)* – izučava podzemne vode; i
- 1. *Potamologija* – bavi se izučavanjem riječnih tokova (riječna hidrologija).

POVIJEST HIDROLOGIJE

Rano razdoblje (do 1400): Zbog veoma malo zabilježenih podataka stari vijek, odnosno taj period razvoja hidrologije često se naziva period nagađanja.

Razdoblje osmatranja (1400 – 1600) – renesansa, Leonardo da Vinci (1452-1519) «O kretanju i mjerenju vode»; Bernard Palissy (1510-1590) «Divan razgovor o prirodi voda i izvora ...»

Razdoblje mjerenja (1600 – 1700): E. Torricceli (1643) postavio je formulu za određivanje brzine istjecanja tekućine iz posude. Engleski fizičar R. Hook razvio je uređaj za mjerenje brzine vode i uređaj za mjerenje dubine mora

Razdoblje eksperimentalnih istraživanja (1700 – 1800) - hidrauličko-hidrološka eksperimentalna istraživanjima. Bernoullijeva jednačina, Venturijev vodomjer, Woltmanovo kolo za mjerenje brzine vode, te Chezyjeva formula iz 1769. godine

Razdoblje modernizacije (1800 – 1900) – hidrometrija, sustavna hidrološka mjerenja i osmatranja (razvoj instrumenata), izvode se brojne praktične formule za proračun protoka vode. Racionalna formula (1847) za proračun maksimalnog otjecanja sa sliva. Hidrologija podzemnih voda.

Razdoblje empirizma (1900 – 1930) - razvoja empirijskih formula i modela u hidrologiji, Instituti, zavodi, uvođenjem hidrologije kao predmeta na sveučilištima početkom 20. st.

POVIJEST HIDROLOGIJE

Razdoblje racionalizacije (1930 – 1950) - Teorija jediničnog hidrograma i Hortonov model infiltracije, Gumbelova raspodjela vjerojatnoće ekstremnih vrijednosti, Penmanova formula za proračun isparavanja, Mayer-Peterova formula za proračun pronosa suspendiranog nanosa, te Einsteinova formula za proračun vučenog nanosa

Razdoblje teorijskog razvoja (1950 – danas) - matematička analiza, upotreba računara, linearna i nelinearna analiza hidroloških sustava, primjena teorije vjerojatnoće i matematske statistike, hidrološki modeli.

Centar za razvoj vodnih resursa (Water Development Centres-WRDS), Svjetska meteorološka organizacija (World Meteorological Organization-WMO) i Međunarodno udruženje za znanstvenu hidrologiju (International Association of Scientific Hydrology-IASH).

ZADACI HIDROLOGIJE

Neke od ključnih činjenica koje treba razmotriti kod planiranja i projektiranja hidrotehničkih objekata za gore navedene inženjerske djelatnosti su:

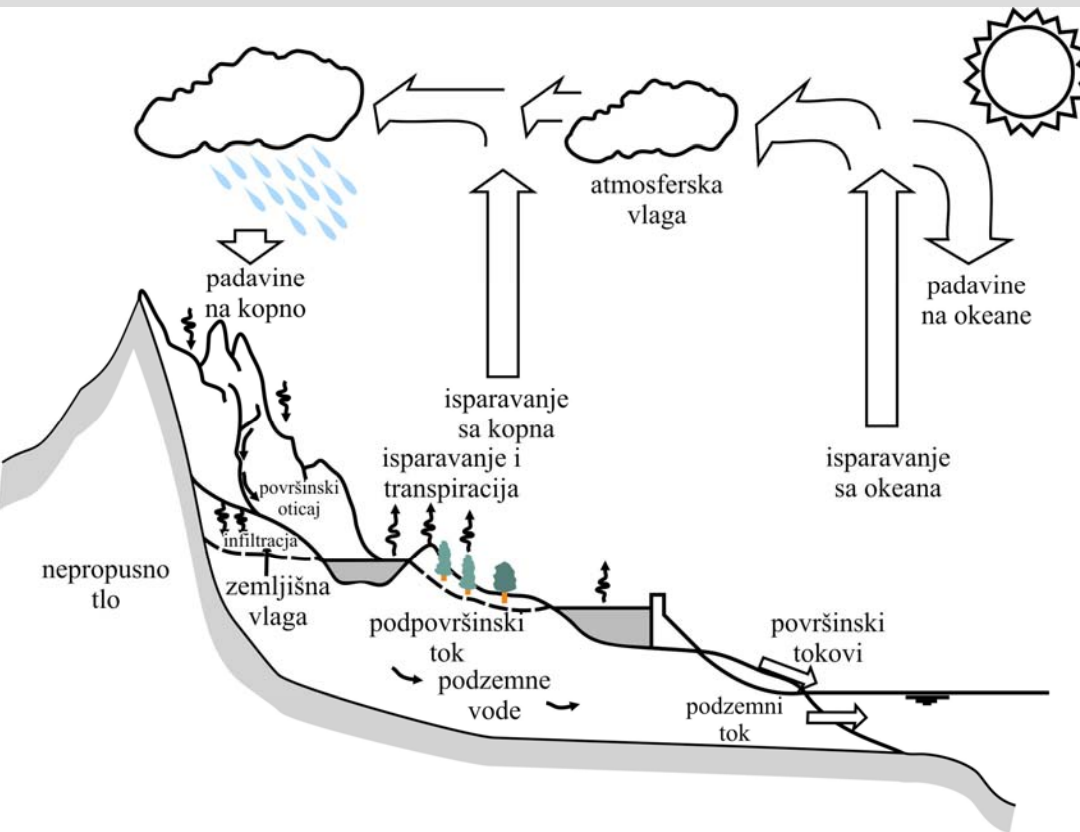
- vrijednosti **maksimalnih protoka** koji se mogu pojaviti (očekivati) na mjestima izgradnje hidrotehničkih objekata,
- vrijednost **minimalne zapremine** akumulacije potrebne za zadovoljenje potreba za vodom svih planiranih korisnika te akumulacije,
- vrijednost **minimalnih protoka** koji se mogu pojaviti tokom nekog sušnog perioda na mjestima izgradnje hidrotehničkih objekata,
- veličina mogućeg **smanjenja poplavnih valova** nizvodno, nakon izgradnje objekata za smanjenje poplava,
- mogućnost **zahvaćanja** određenih količina vode iz neke rijeke za potrebe navodnjavanja, proizvodnju električne energije, opskrba vodom stanovništva i industrije,
- **podobnost** vodotoka za odvijanje plovidbe, uzgajanje riba, rekreaciju, i drugo.
- količine riječnog **nanosa** koje data rijeka pronosi u profilima (lokacijama) od interesa,
- **termički** režim date rijeke na njenim odabranim lokacijama,
- **kvaliteta** voda u profilima (lokacijama) od interesa.

ZADACI HIDROLOGIJE

Hidrologija treba osigurati potrebne podatke i za rješavanje slijedećih praktičnih zadataka:

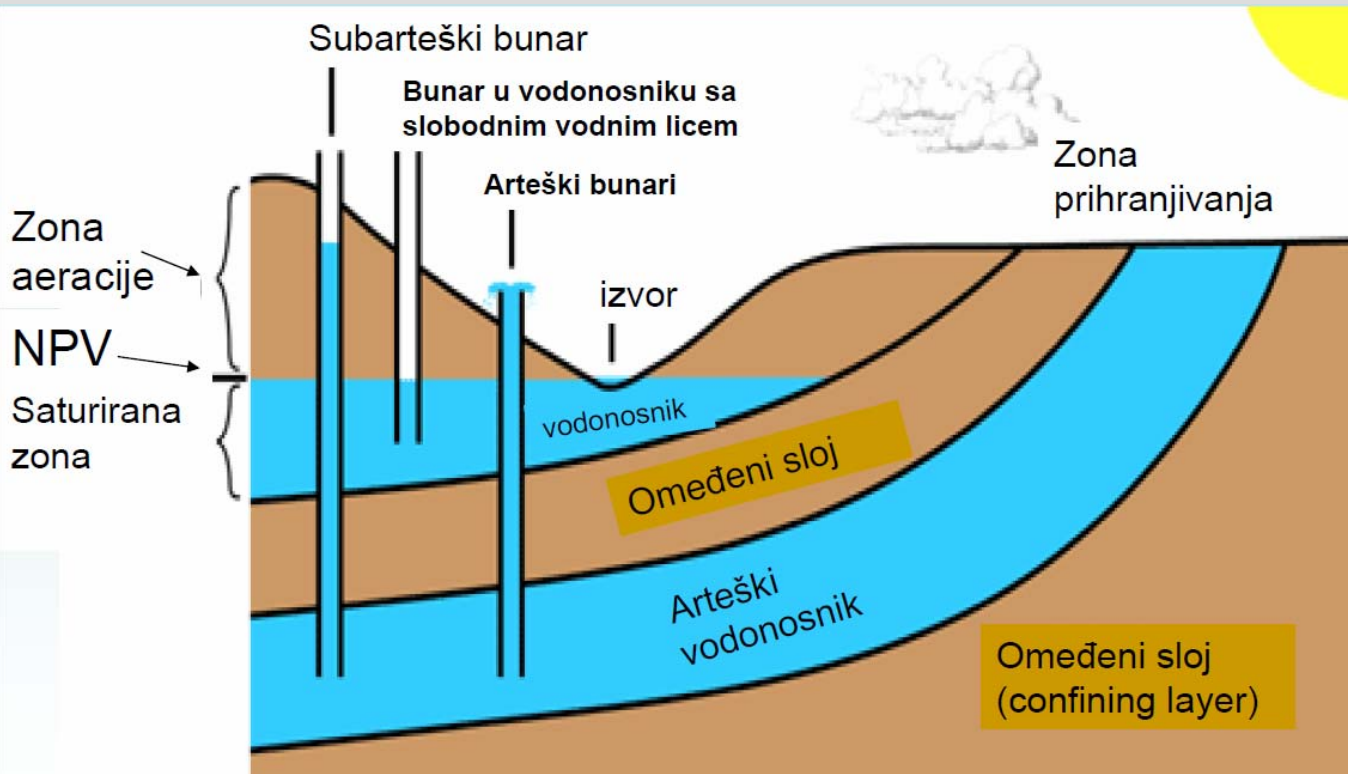
- **prikupljanje i obradu** hidroloških podataka (rezultata osmatranja i mjerenja hidroloških veličina),
- pravilno **vodoprivredno proračunavanje i upravljanje**,
- **ekonomično dimenzioniranje** objekata,
- **procjenu sigurnosti** objekata od velikih voda, od podlokavanja vodom i rušenja,
- **procjenu utjecaja režima** vodotoka, jezera i podzemnih voda na razne tehničke i privredne probleme i objekte,
- **utjecaj objekata** i raznih mjera na režim vodotoka, jezera i podzemnih voda,
- **katastriranje** raspoloživih vodnih resursa,
- izučavanje zakonitosti i iznalaženje metoda za **predviđanje** hidroloških pojava.

HIDROLOŠKI CIKLUS



Najznačajnije **komponente** hidrološkog ciklusa su: isparavanje i transpiracija, oborine, površinsko otjecanje, infiltracija, tok podzemne vode.

Hidrološki ciklus se događa u **atmosfera**, **hidrosferi (na površini)** i **litosferi**. Voda prodire u zemlju prosječno do 1 km, a u atmosferu do 12 km, pa se čitav proces događa u amplitudi od oko 13 km.

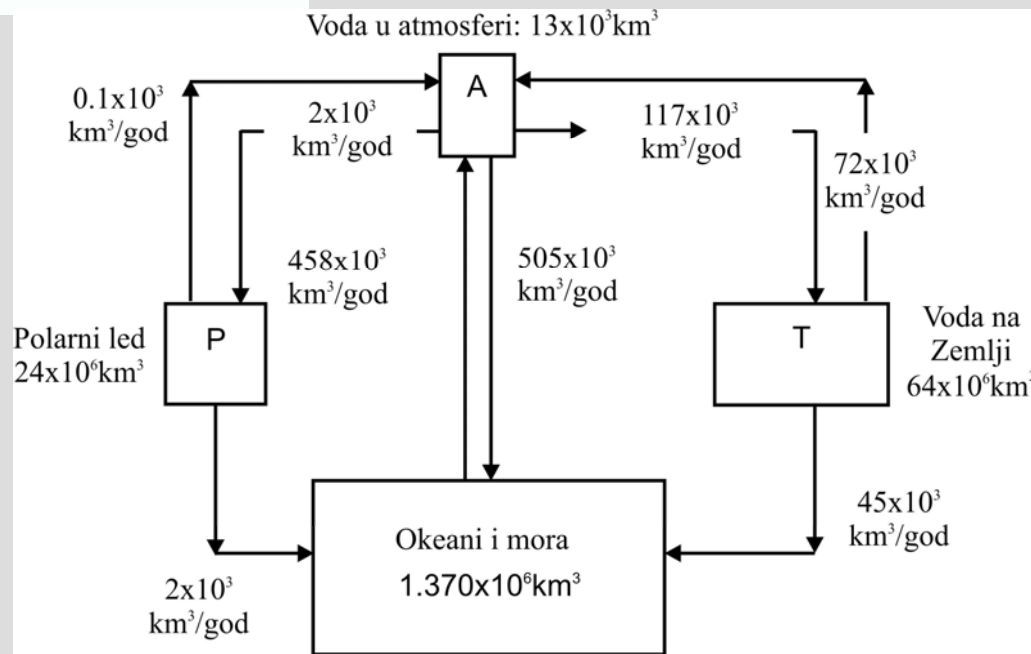


Slojevi tla i druge geološke formacije kroz čije pore i pukotine prolazi voda formiraju cjelinu koja se u hidrologiji zove **vodonosnik** ili **akvifer**. Ovisno o tome da li su u kontaktu s površinom, vodonosnike dijelimo na: **vodonosnike sa slobodnim vodnim licem** i **vodonosnike pod tlakom**. Djelomično zasićena zona u vodonosniku sa slobodnim vodnim licem, koja se nalazi između razine podzemne vode i površine se naziva **vadozna zona**. Voda koja se nalazi u geološkim formacijama odvojenim od površine nepropusnim slojem tvori vodonosnik pod tlakom.

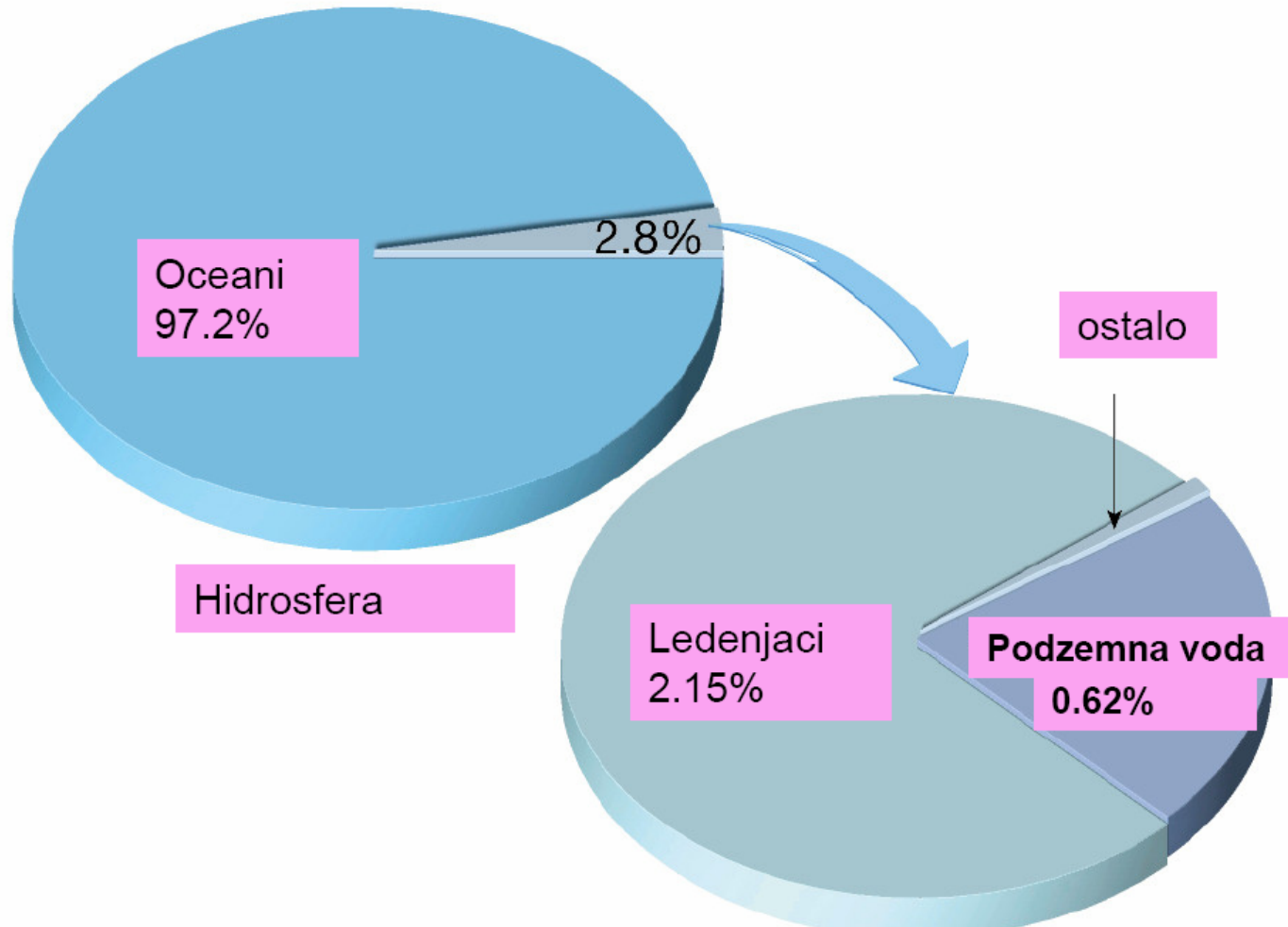
ZEMLJINA HIDROSFERA

RASPODJELA VODE NA ZEMLJI

	VOLUMEN	Postotak ukupnog
OCEANI	$1,350 \times 10^{15} \text{ m}^3$	97.3
KRIOSFERA (ledenjaci, polarni led)	$29 \times 10^{15} \text{ m}^3$	2.1
PODZEMNE VODE (vodonosnici)	$8.4 \times 10^{15} \text{ m}^3$	0.6
JEZERA I RIJEKE	$0.2 \times 10^{15} \text{ m}^3$	0.01
ATMOSFERA	$0.013 \times 10^{15} \text{ m}^3$	0.001
BIOSFERA	$0.0006 \times 10^{15} \text{ m}^3$	4×10^{-5}



Raspodjela vode na Zemlji



Dužina deset najvećih rijeka: **Amazon** (6.480 km), **Nil** (6.450 km), **Misisipi** s pritokom Misuri (6.230 km), **Parana** (4.700 km), **Amur** (4.350 km), **Ob** (4.345 km), **Lena** (4.320 km) **Kongo** (4.320 km), **Volga** (3.690 km) i **Jenisej** (3.350 km).

AMAZONA



Astronaut Douglas Wheelock, član međunarodne svemirske postaje, uslikao je ovu noćnu fotografiju **rijeke Nil** dok je postaja bila iznad tog područja. **Razlika** između područja gdje ima života i područja gdje ga nema je očigledna.



ATMOSFERA



Atmosfera je plinoviti omotač oko Zemlje. Svi planeti Sunčeva sustava pa čak i njihovi sateliti imaju svoju atmosferu. Debljina atmosfere i sadržaj plinova je pritom različit.

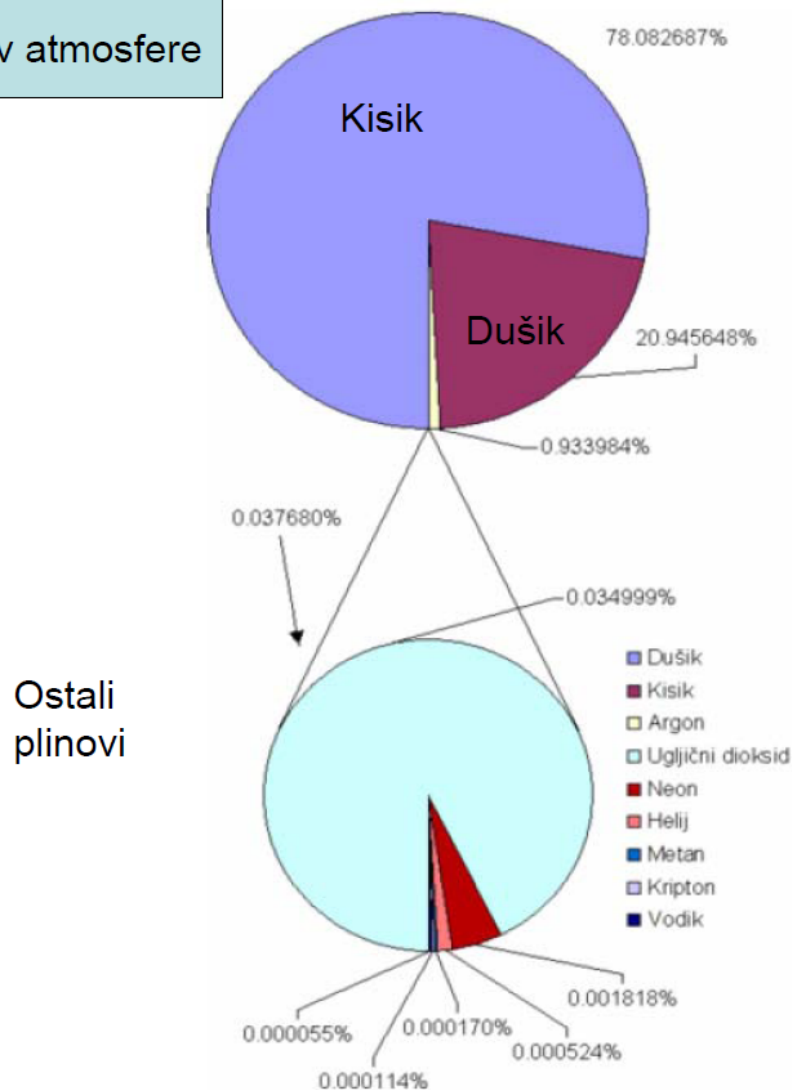
Mars ima vrlo tanak, hladni sloj atmosfere uglavnom sastavljen od ugljik dioksida. S druge strane Venera ima vrlo gustu vruću atmosferu sastavljenu od ugljik dioksida, dušika i vodene pare. Temperatura Marsa pada niže od -130 C , dok je na Veneri dostignuto na površini čak 500 C .

Život na Zemlji je moguć upravo zahvaljujući povoljnim uvjetima koji postoje zbog Zemljine atmosfere.

Oblik Zemljine atmosfere je sličan obliku Zemlje i s njom se neprekidno okreće. Znanost koja proučava sastav i strukturu atmosfere, njezino fizičko stanje, postanak, značenje i razvoj fizičkih meteoroloških pojava koje se javljaju u atmosferi i na Zemljinoj površini naziva se **meteorologija**.

SASTAV ATMOSFERE

Sastav atmosfere



Atmosfera je **smjesa** nekoliko stalnih plinova, kemijskih spojeva i različitih plinovitih, tekućih i čvrstih dodataka.

Postoje zapravo dvije bitno različite grupe plinova.

Prvu grupu plinova čini dušik (78%), kisik (21%), argon (0,9%) zatim ugljik dioksid, neon, helij, kripton, ksenon, vodik i drugi plinovi s manjim udjelom čija je količina stalna.

Drugu grupu čine plinovi čija se gustoća i zastupljenost mijenja ovisno o njihovom položaju i vremenu. U tu grupu ubrajamo ugljik monoksid, ozon i vodenu paru.

SASTAV ATMOSFERE



Vodena para ima odlučujuću ulogu za održanje života na zemlji. Ona dolazi u zrak isparavanjem vode iz mora, jezera, tla te biljnog i životinjskog svijeta. Zadržavajući se u atmosferi zrak čini vlažnim, nastaju oblaci te iz njih oborine.

Osnovni plinovi u nižim slojevima atmosfere jesu **dušik i kisik** (78%, 21%). Ti se postoci odnose na slučaj da je zrak suh i čist što je u prirodi vrlo rijedak slučaj jer sadrži promjenjivu količinu vode u plinovitom ili u drugim agregatnim stanjima. Niži slojevi atmosfere (troposfera) sadrže stanovit postotak **vodene pare te čestice soli i prašine** te razne organske i anorganske sastojke. Volumni udio vodene pare može biti i do 4%.

Vodena para i ugljik dioksid upijaju dugovalno zračenje Sunca.

Ozon upija određeno ultraljubičasto zračenje Sunca pa štiti biosferu od njegova prejakog djelovanja. Najveća količina ozona se nalazi u sloju visine **30-80 km**.

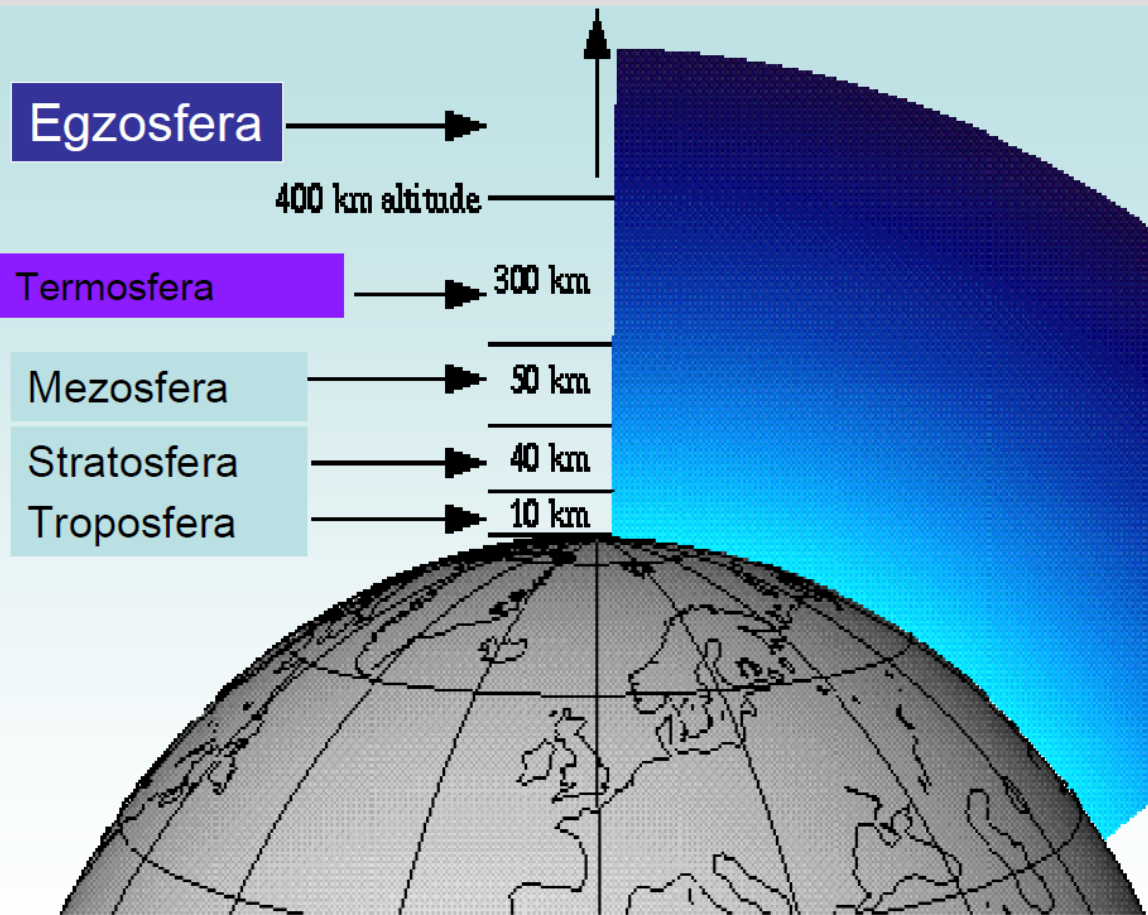
SASTAV ATMOSFERE



Zrak je neophodan za život na Zemlji zbog čega bismo morali nastojati da atmosfera bude što čišća. Prisutno je neprekidno prodiranje nečistoće u vidu krutih tvari, kapljica tekućine i molekule plinova. Jedan dio tih primjesa u zraku zajedničkim imenom zovemo **aerosol** (sol, pepeo, spore). U industrijskim gradovima ljudska aktivnost je glavni izvor zagađenja atmosfere.

Zagađenost zraka se najčešće očituje kao **smog** u klasičnom smislu (industrijski produkti izgaranja su jezgre) ili u obliku otrovnih i zagušljivih plinova (dušični i sumporni spojevi).

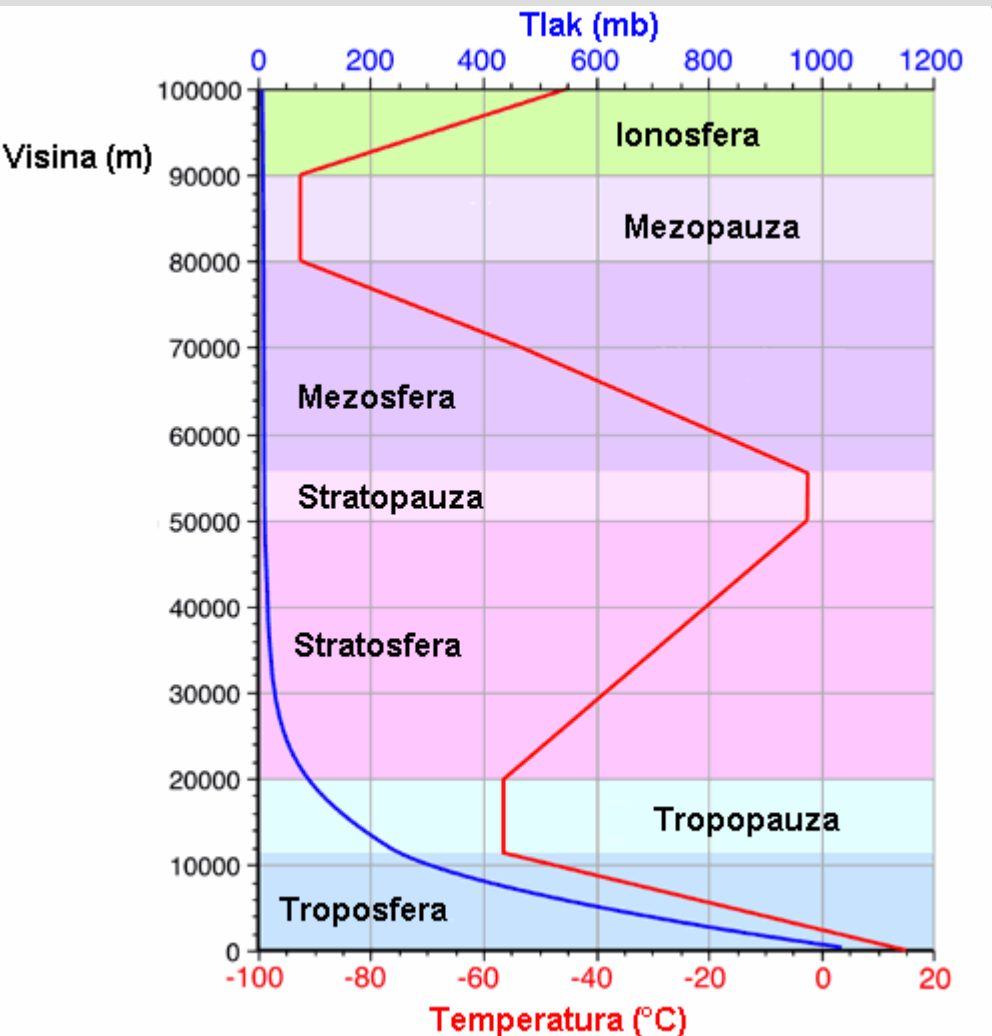
SLOJEVI ATMOSFERE



Troposfera (do 11 km),
Stratosfera (11-40 km),
Mezosfera (40-80 km),
Termosfera (od 80-800 km) i
Egzosfera (iznad 800 km),
granica nije točno definirana.

Tlak, gustoća i temperatura zraka mijenjaju se u slobodnoj atmosferi s porastom visine. Tlak zraka se smanjuje s porastom visine vrlo pravilno za razliku od temperature koja se s porastom visine mijenja vrlo nepravilno.

SLOJEVI ATMOSFERE



Temperatura u **troposferi** opada s porastom visine, ne mijenja se u sloju **tropopauze** tj. dolazi do pojave **izotermije** koja se nastavlja u donjem dijelu stratosfere do 20 km visine. U sloju **stratosfere** (od 20-50 km) dolazi do pojave i **temperaturne inverzije** tj. temperatura raste s visinom. U sloju **mezofere** temperatura naglo pada. U **termosferi** temperatura raste s porastom visine. Između pojedinih slojeva atmosfere nalaze se i međuslojevi: **tropopauza**, **stratopauza**, **mezopauza**. Ti međuslojevi nemaju strogo određene granice.

SLOJEVI ATMOSFERE



TROPOSFERA



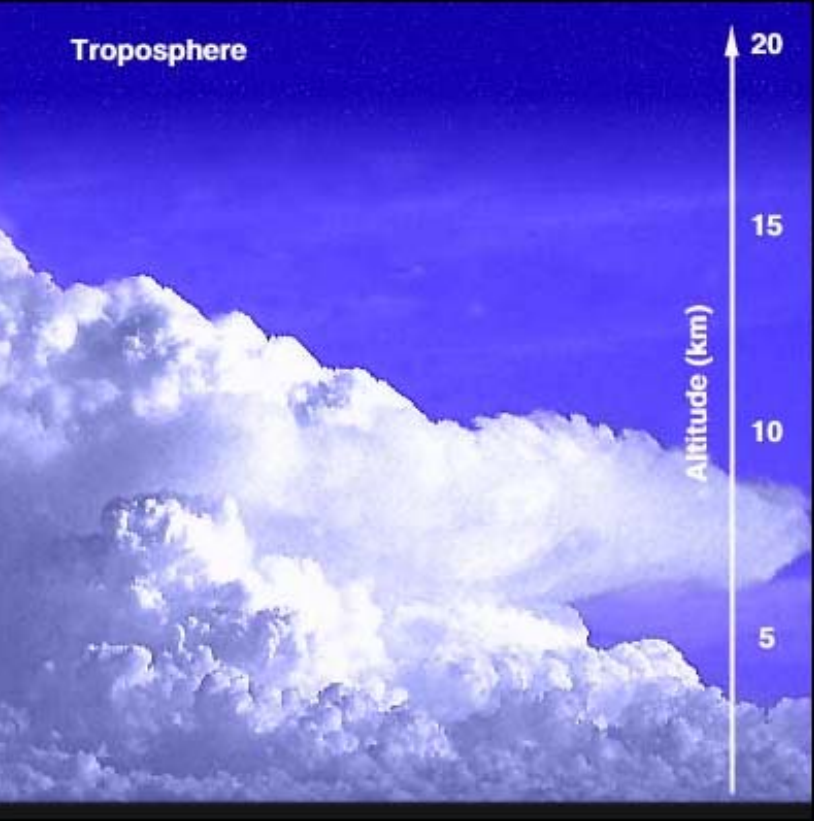
Visina troposfere je različita ovisno o zemljopisnom položaju. Na **ekvatoru** njena visina iznosi oko **18-20 km**, iznad **umjerenih širina 11-14 km**, a na **polovima** samo **8-10 km**. Obuhvaća oko 90% atmosferske mase

Temperatura u troposferi **pada** s visinom prosječno **6 °C po kilometru** tako da na gornjoj granici iznosi oko **-45 °C** nad polom, a **-80 °C** nad ekvatorom.

U troposferi se nalazi gotovo **sva vodena para** i zato se samo u njoj stvaraju oblaci koji daju oborine. **Sve vremenske pojave** koje opažamo zbivaju se u troposferi.

Debljina **tropopauze** je različita i iznosi od nekoliko stotina metara do dva kilometra. U njoj prestaje pad temperature s visinom (izotermija), a dolazi i do porasta temperature (inverzija).

Troposphere



TROPOSFERA

Troposfera se dijeli na **dva sloja**:

Planetarni granični sloj seže od površine Zemlje do visine 1.5 km i unutar njega se zamjećuje utjecaj Zemljine površine i turbulentnog trenja na gibanje zraka. Meteorološki elementi imaju izrazit dnevni hod.

Slobodna troposfera je gornji sloj unutar kojeg je utjecaj Zemljine površine zanemarujući.

U prizemnom sloju troposfere koji seže od tla **do 2 m** visine zrak se od podloge jako zagrijava, a noću hladi pa se tu zbivaju i **najveće dnevne promjene temperature** i **gustoće zraka**.

U višim dijelovima planetarnog graničnog sloja, iznad dva metra visine, dnevne promjene temperature su manje izražene. Prisutno je **vertikalno miješanje zraka** uslijed dnevnog dizanja ugrijanog zraka zbog njegove manje gustoće te spuštanja hladnog. Kako **ugrijani zrak stiže** u područje **nižeg tlaka** povećava mu se **volumen** pri čemu dolazi i do njegovog **hlađenja**. Taj **proces** pogoduje stvaranju **oblaka**.

TROPOSFERA

U prizemnom sloju zraka do stotinjak metara visine, **noćnim se ohlađivanjem** Zemljine površine ohlađuju i donji dijelovi atmosfere pa se za mirnog vremena često stvaraju **temperaturne inverzije**. Inverzija znači da je uz tlo zrak hladniji i gušći, a na visini topliji i rjeđi.

U višim slojevima slobodne troposfere više nema temperaturnih inverzija nego se temperatura smanjuje za 0.5 C do 0.6 C na svakih 100 m nadmorske visine.

Zbog smanjivanja temperature s porastom visine i tu mogu nastati uzlazne ili konvektivne zračne struje ili spuštanje zraka (**supsidencija**). Drugim riječima čitav sloj se povremeno miješa i prevrće.

Sve vremenske pojave javljaju se zbog razlika u temperaturi između pojedinih područja na Zemlji, odnosno u njezinoj atmosferi. Razlike u temperaturi Zemlje nastaju zbog nejednolika zagrijavanja pojedinih područja.

Najveće su razlike u temperaturi između područja na ekvatoru i na polovima i u njima valja tražiti glavne uzroke različitosti klime Zemlje i uzroke opće cirkulacije u atmosferi.

Zbog toga se proučavanju atmosfere pridaje posebna važnost i ono je jedan od **glavnih zadataka meteorologije**.

STRATOSFERA

Stratosfera je dio atmosferskog omotača na visini od **10-50 km** kod kojeg je **izražena temperaturna uslojenost**.




Prijelazni sloj od troposfere u stratosferu naziva se **tropopauza**. Širok je samo nekoliko kilometara. U njemu se **temperatura** porastom visine **više ne mijenja** i takva se pojava naziva **izotermija**.

Izotermija ili slaba inverzija nastavlja se od tropopauze u donji dio stratosfere do 25 km visine.

Donja polovica stratosfere do približno 30-35 km zove se **hladna stratosfera** jer je u njoj temperatura niska i malo se mijenja s visinom.

Gornji sloj je **topla stratosfera** i u njemu temperatura raste s visinom zbog upijanja ultraljubičastog Sunčeva zračenja u sloju ozona. Na tim se visinama zbog utjecaja Sunčeva zračenja stvara ozon jače nego drugdje pa se taj sloj naziva i **ozonosfera**. **Na vrhu** stratosfere temperatura zraka je **kao na tlu**. Kako u stratosferi postoji izotermija ili slaba inverzija, zrak je stabilan, **pušu samo horizontalni vjetrovi**.

MEZOSFERA, TERMOSFERA, EGZOSFERA



Mezosfera seže od oko 50 km do oko 80 km visine. U tom sloju se temperatura naglo smanjuje s visinom tako da na gornjoj granici mezosfere iznosi -70 do -80 C. Mezosfera završava mezopauzom. U višim slojevima mezosferese pojavljuju najviši oblaci (nakon vulkanskih erupcija).

Termosfera je najviši dio atmosfere od 90 km do oko 600 km visine. U tom sloju temperatura ponovo raste paralelno s porastom visine. Dnevna kolebanja temperature su vrlo velika. Na toj visini temperatura zraka se povećava na više od 2000 C a noću se kreće oko 1000 C. Molekule plinova apsorbiraju Sunčevo zračenje, dolazi do fotokemijskih procesa i ionizacije plinova pa se taj sloj često naziva i **ionosfera**. Ionosferski slojevi leže između 60 i 85 km visine.

Egzosfera je područje u kojem se atmosfera postupno gubi. Kroz nju u međuplanetarni prostor odlaze molekule koje su se uspjele otrgnuti djelovanju sile teže. Ovdje temperatura doseže i do 4000 C.

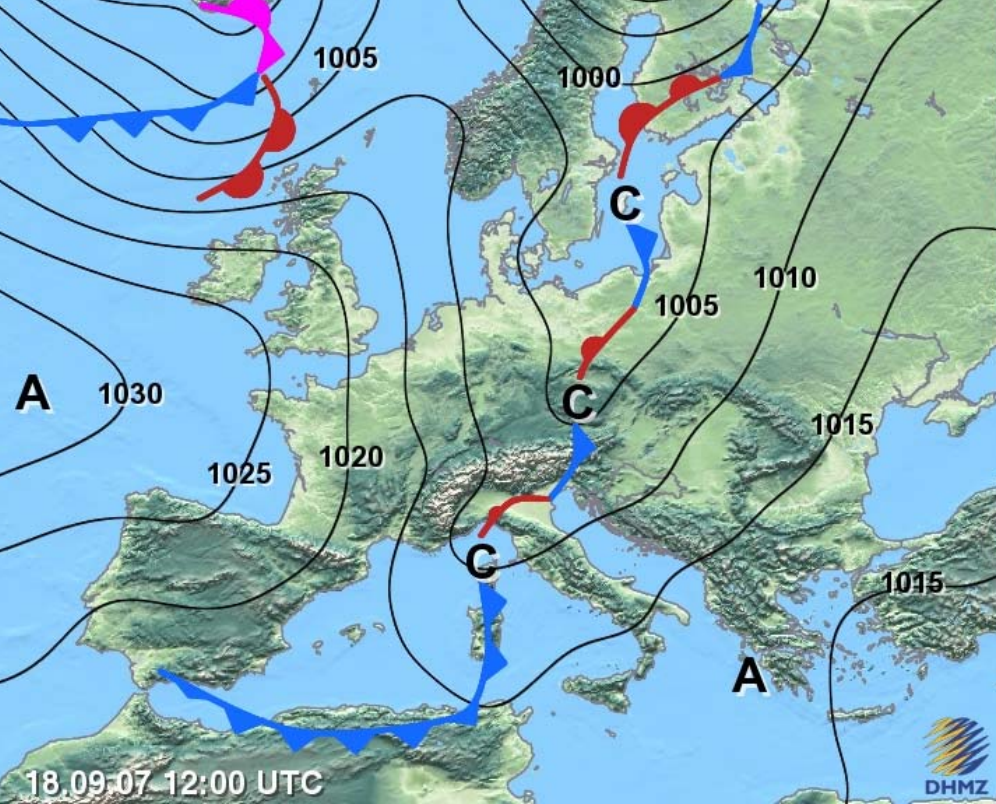
STANDARDNA ATMOSFERA

Standardna atmosfera je određena kao **idealizirani model atmosfere**.

Polazni elementi su određeni za **srednju morsku razinu na zemljopisnoj širini 45°**:

- sila teža 9.80565 ms^{-2} ,
- atmosferski tlak $1013,25 \text{ hPa}$,
- temperatura zraka $288,15 \text{ K}$ ili 15 °C ,
- gustoća zraka 1.225 kgm^{-3} ,
- ledište 273.15 K (0).

VRIJEME



Fizičko stanje atmosfere nad nekim mjestom u određenom trenutku naziva se **vrijeme** (meteorološko vrijeme).

Stanje atmosfere je skup njenih fizičkih osobina koje određuju meteorološki elementi.

U osnovne **meteorološke elemente** ubrajamo:

temperaturu zraka i gornjih slojeva Zemlje, atmosferski tlak, vjetar, gustoću i vlažnost zraka, isparavanje, oblake i oborine, optičke i električne pojave u atmosferi, vidljivost i dr.

Fizički procesi u atmosferi izazivaju promjene meteoroloških elemenata pa se njihove vrijednosti mijenjaju od mjesta do mjesta.

KLIMA

Klima je prosječno stanje atmosfere nad određenim mjestom u određenom vremenskom razdoblju (30 godina) uzimajući u obzir i prosječna ekstremna odstupanja.

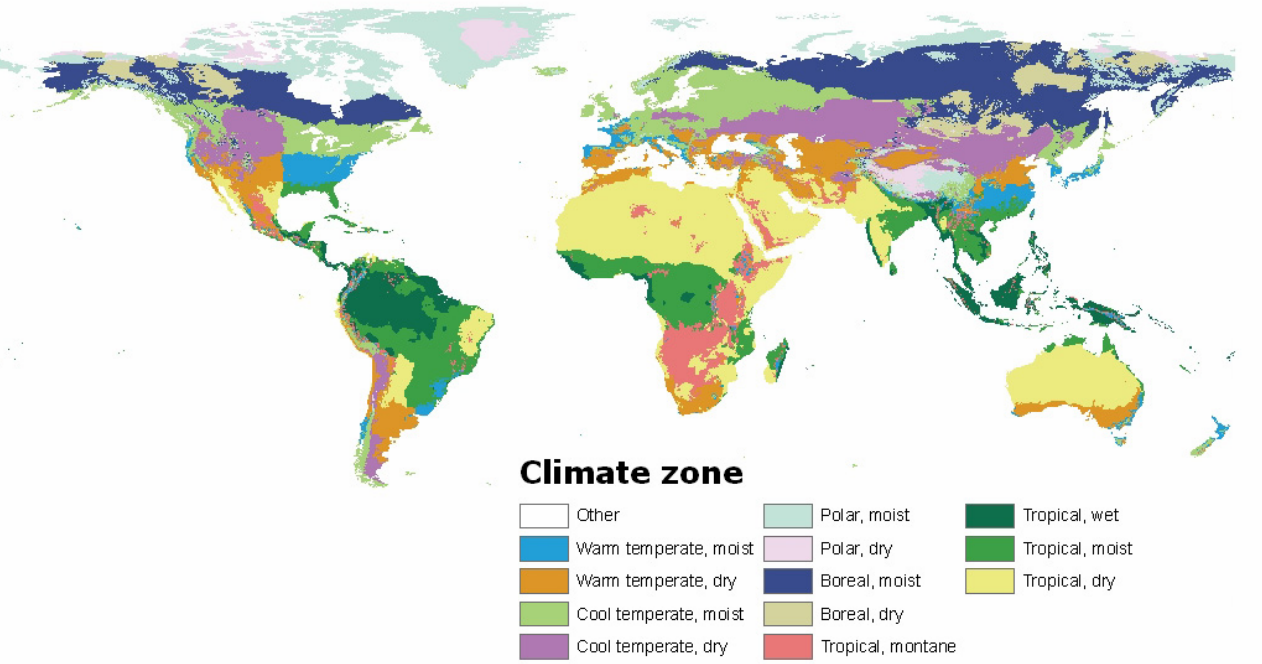


Vrijednosti meteoroloških elemenata određuju se **mjerenjem i motrenjem** na meteorološkoj postaji.

Meteorologija proučava sve elemente i pojave koje za određeni trenutak označavaju fizičko stanje atmosfere, odnosno tip vremena, ali je njezin krajnji cilj prognoza vremena.

Climate Zones

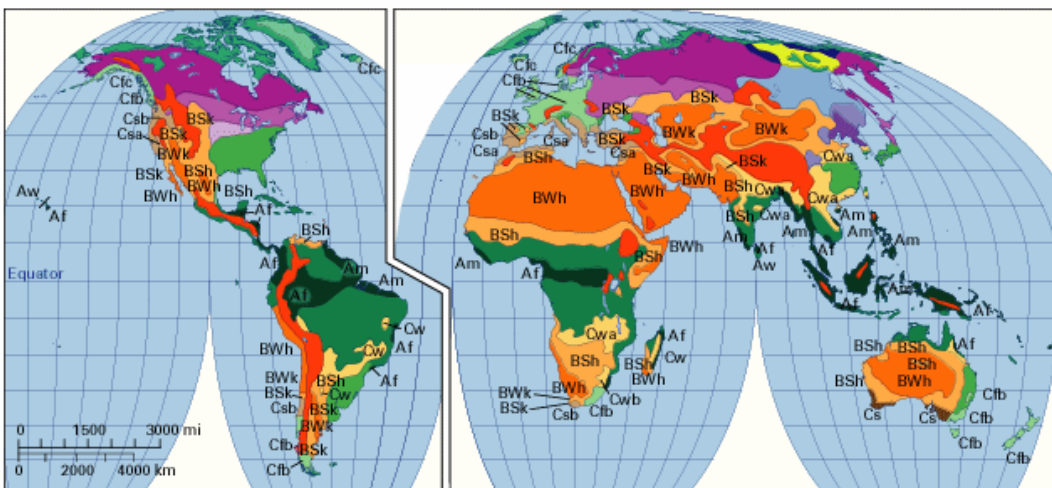
KLIMA



Prva podjela Zemljine površine na klimatske zone su izvršili **antički Grci**.

Podjela je polazila od pretpostavke da je Zemlja homogena. Nije se uočavala razlika između kopna i mora.

Podjela na **tropski, sjeverni i južni umjereni pojas** je i do danas očuvan s tim da je točnije određen.



Individual Climatic Zones Classified by Type

Type A Tropical humid Af, Am Aw	Type B Dry BSk, BSh BWh, BWk	Type C Humid subtropical Cf Cfa Cw, Cwa, Cwb	Type C Mediterranean Cs Csa, Csb	Type C Marine west coast Cfb, Cfc	Type D Humid continental Dfa Dfb Dwa Dwb
Type D Continental subarctic Dfc Dfd Dwc Dwd	Type E, H Polar ET-Tundra EF-Snow and ice Highland H				

© 2007 EB Inc.

Razlikuju se
klima atmosfere (solarnu i fizičku)
klima zemljišta.

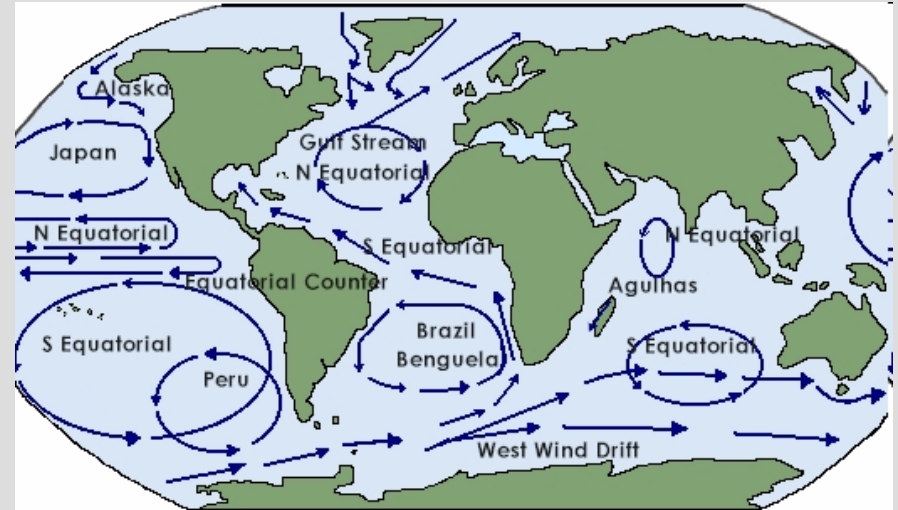
Solarna klima je klima koja bi vladala na Zemlji pod uvjetom da je Zemlja homogena i da nema razlike u visini odnosno da je Zemlja idealna kugla. Sva mjesta iste širine imala bi istu klimu koja bi bila uvjetovana Sunčevim zračenjem i Zemljinim izračivanjem.

Fizička klima ovisi o **klimatskim modifikatorima** ili klimatskim faktorima koji modificiraju solarnu klimu i stvaraju fizičku.

KLIMATSKI MODIFIKATORI

I REDA

- nejednolika podjela kopna i mora
- veličina, oblik i razvedenost kontinenata
- tople i hladne morske struje
- procesi u atmosferi



II REDA

- visina i pravac pružanja planinskih lanaca
- reljef zemljišta i položaj mjesta prema Sunčevim zrakama

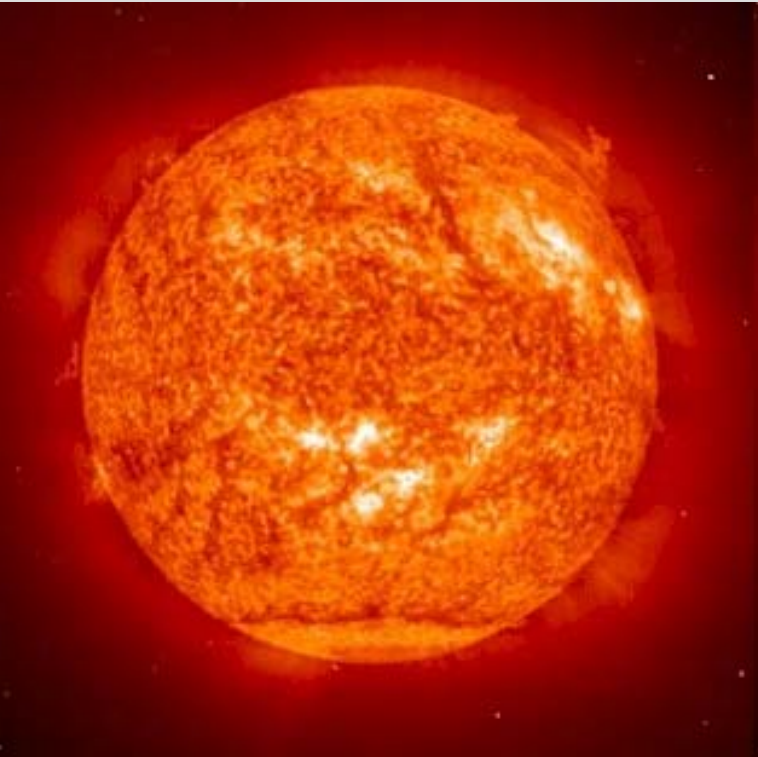


III REDA

- vegetacija
- jezera
- gradovi
- snježni pokrivač



SUNČEVO ZRAČENJE

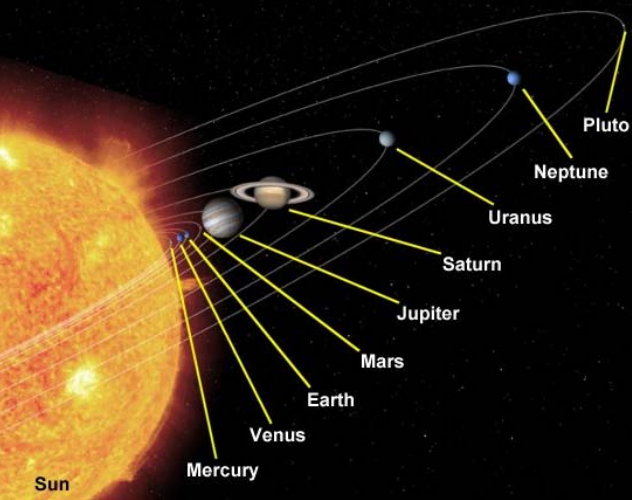


Promjer:	1.4×10^6 km
Starost:	4.5×10^9 godina
Masa:	330,000 x Zemlja
Udaljenost od Zemlje:	149.6×10^6 km
Gustoća:	1.41 g/cm^3
Udaljenost od najbliže zvijezde:	$9.46 * 10^{12}$ km
Brzina sunčanog vijetra:	3×10^6 km/sat
Snaga isijavanja:	$390 * 10^{18}$ MW
Temperatura pri površini:	5,500 C
Temperatura jezgre:	14×10^6 C
Temperatura na pjegama:	4,000 C
Period rotacije na ekvatoru:	25 zemaljski dana
Period rotacije na polovima:	35 zemaljskih dana

Najvažniji izvor energije koju dobija površina Zemlje je energija zračenja od Sunca (sunčevo zračenje). Budući da Sunce svoju energiju emitira radijalno, sunčevo se zračenje često naziva **radijacija**. Energija zračenja od Sunca je rezultat odvijanja termonuklearnih procesa na toj planeti usljed specifičnih fizičkih uvjeta, a primarno visokog tlaka i temperature. Sunce zrači u svemir u dva tipa zračenja:

- (i) zračenje čestica ili **korpuskularno zračenje** i
- (ii) **elektromagnetsko zračenje**

SUNČEVO ZRAČENJE



Od ukupne energije koju Sunce emitira na Zemlju dolazi tek vrlo mali dio koji iznosi **5×10^{-10} %** od ukupne emisije Sunčeve energije.

Ukupna solarna radijacija u jedinici vremena na granici atmosfere, pod pravim kutom u odnosu na sunčeve zrake i na srednjoj udaljenosti Zemlje od Sunca iznosi **$1,39 \text{ kW/m}^2$** i naziva se ***solarna konstanta***.

Samo jedan dio energije Sunca dopijeva do površine Zemlje kao direktna radijacija, dok preostalu energiju reflektira, rasipa ili apsorbira atmosfera ili površina Zemlje. Količina primljene energije ovisi o prirodi Zemljine površine i osobine atmosfere.

U prosječnim uvjetima (oblačnost 52%), 42% energije se rasipa i reflektira (u svemir), 15% apsorbira vodena para i ostali plinovi, a 43% sunčeve energije (direktna i rasuta) dopijeva do Zemljine površine.

Procenat reflektirane radijacije od neke površine se naziva ***albedo***. Prosječni albedo na Zemlji je 0,42 (za vedar dan je albedo 0,21, a za oblačno nebo 0,75).

SUNČEVO ZRAČENJE

Površina tla	Albedo
Gusta i tamna šuma	0,05
Hrastova šuma	0,18
Jelova šuma	0,14
Trava, povrće	0,26
Golo zemljište	0,10-0,20
Snijeg	0,46-0,81
Vodena površina (zavisno od ugla zračenja)	0,04-0,39

Albedo za neke karakteristične površine

Zemljopisna širina	Mjesec											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
50 ⁰	8,5	10,0	11,8	13,7	15,3	16,3	15,9	14,4	12,6	10,7	9,0	8,1
48 ⁰	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46 ⁰	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44 ⁰	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42 ⁰	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,6	11,1	9,8	9,1
40 ⁰	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35 ⁰	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8

*Srednje dnevno trajanje
maksimalnog mogućeg
zračenja
sunca u satima*

SUNČEVO ZRAČENJE

Na temelju položaja Zemlje u njenoj orbiti i tzv. solarne konstante može se **izračunati sunčevo zračenje** na površinu Zemlje R_c , u funkciji inteziteta sunčevog zračenja na granici atmosfere R_a , kao:

$$R_c = R_a \left(a + b \frac{n}{N} \right)$$

gdje vrijednosti koeficijenata a i b variraju s zemljopisnom širinom i sezonom (u prvoj aproksimaciji $a=0,2$ i $b=0,5$), n je stvarno trajanje sunčevog sjaja, N je moguće trajanje sunčevog sjaja, vrijednost inteziteta sunčevog zračenja na granici atmosfere R_a iz tablice

Geografska širina	Mjesec											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
50°	3,7	6,0	9,2	12,7	15,5	16,6	16,1	13,7	10,4	7,1	4,4	3,1
46°	4,7	7,0	10,3	13,4	15,8	16,7	16,0	14,0	11,0	7,8	5,1	4,0
45°	5,0	7,2	10,5	13,4	15,8	16,7	16,1	14,1	11,2	8,0	5,4	4,3
44°	5,2	7,5	10,7	13,7	15,8	16,7	16,1	14,1	11,3	8,2	5,6	4,5
43°	5,4	7,7	10,8	13,7	15,9	16,7	16,1	14,2	11,5	8,4	5,9	4,8
40°	6,2	8,4	11,1	13,8	15,9	16,7	16,3	14,7	12,1	9,3	6,8	5,6
30°	8,1	10,5	12,8	14,7	16,1	16,5	16,2	15,2	13,5	11,2	9,1	7,9

Sunčevo zračenje na gornjoj granici atmosfere R_a (mm/dan),

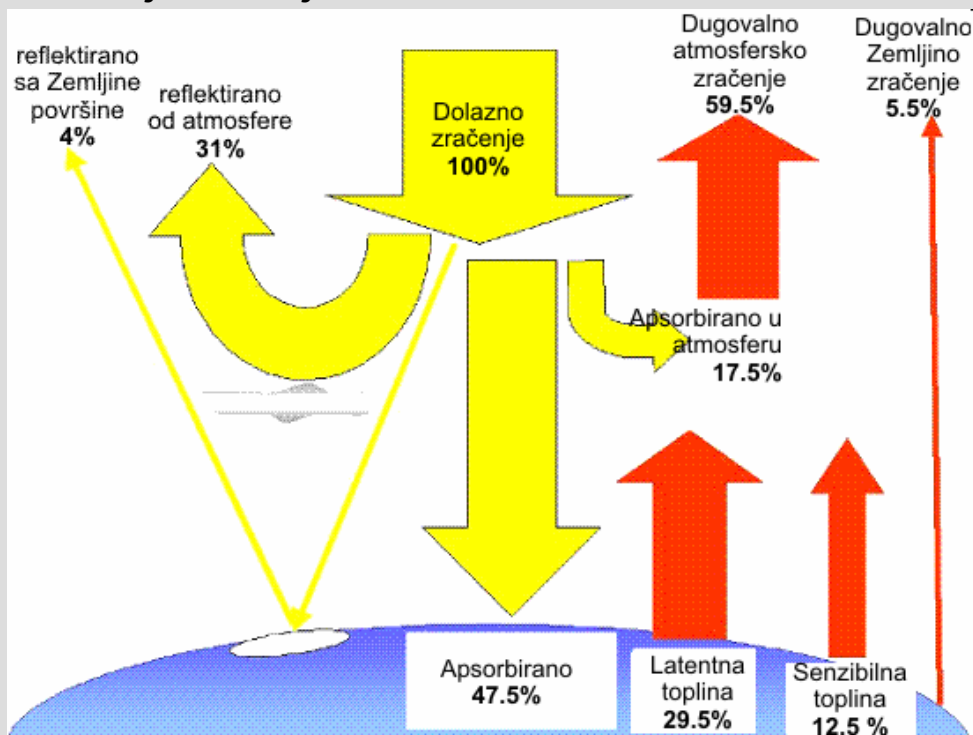
SUNČEVO ZRAČENJE

Ako se uzme u obzir **albedo** r , količina zračenja koja dopijeva do površine Zemlje (dolazeća energija) je:

$$R_d = R_c(1 - r)$$

Međutim, treba imati u vidu da Zemlja zrači kao **crno tijelo** i koje zavisi od srednje temperature vazduha, oblačnosti i, u manjoj mjeri, vodene pare u vazduhu. To znači da postoji i tzv. *odlazeća radijacija* (zračenje Zemlje), što onda zahtijeva i uvođenje pojma *neto zračenja* R_n , kao razlike između dolazeće radijacije (sunčevog zračenja na površinu Zemlje) R_d i zračenja Zemlje R_b :

$$R_n = R_d - R_b = R_c(1 - r) - R_b$$



Zračenje Zemlje R_b može se izračunati preko izraza

$$R_b = \sigma T_a^4 \left(0,56 - 0,078 \sqrt{e_d} \right) \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N} \right)$$

σT_a^4 teorijska radijacija crnog tijela, koja se modificira funkcijom vlažnosti zraka (e_d) i stupanj naoblake (n/N).

σ je tzv. Stefan-Boltzmanova konstanta ($\sigma=117,74 \times 10^{-9}$ cal/cm²dan, odnosno $\sigma=2,01 \times 10^{-9}$ mm/dan, pri čemu 59 cal/cm²dan isparava 1 mm/dan vode, dok se za istu visinu isparene vode troši 247 J/dan – 1 cal/cm²dan = 4,19 J/cm²dan),

$e_d=e$ je stvarni tlak vodene pare u mb,

$T_a = (t \text{ } ^\circ\text{C} + 273)$ – prosječna temperatura zraka u ⁰K.

SUNČEVO ZRAČENJE

Trajanje sunčevog zračenja mjeri se pomoću instrumenta koji se naziva **heliograf** i koji se sastoji od staklene kugle prečnika 10 cm. Sunčevi zraci fokusiraju se kroz kuglu i spaljuju crni papir na kome je označeno vrijeme. Na bazi ovoga se određuje dužina trajanja sisanja Sunca u dotičnom danu.

