



ZEMLJA KAO SUSTAV

UVOD

Zašto istraživati ?

Procesi koji se događaju u globalnom okolišu međusobno su povezani. Važne promjene u globalnom okolišu potaknule su znanstvenike na istraživanje te povezanosti na globalnoj razini - da bi razumjeli Zemlju kao sustav.

Istraživanje startosferskog ozona uključuje pitanja o stvaranju i nestajanju ozonskog sloja. Različite tvari, prisutne u zraku tek u tragovima, kontroliraju količinu ozona u atmosferi. Izvori tih tvari su mikroorganizmi iz tla i vode, biljnog pokrova, čak i neke životinje. Znanstvenici su došli do spoznaje da je ozon, koji se nalazi na oko 25 km iznad površine Zemlje, povezan s biološkim aktivnostima koje se događaju ispod njezine površine.

Istraživanje promjene klime također prisiljava znanstvenike na traženje međusobne povezanosti pojedinih dijelova sustava. Pojedini plinovi koji se u tragovima nalaze u atmosferi otežavaju povratak topline s površine Zemlje natrag u svemir. Količine tih stakleničkih plinova pronađenih u atmosferi povezane su s fizikalnim, kemijskim i biološkim procesima u tlu, vodi i na samoj površini Zemlje. Na njih također utječe i gibanje u oceanima i u atmosferi. Da bi se predvidjelo što će se događati s klimom u budućnosti, potrebno je detaljno poznavati povezanost pojedinih dijelova sustava i njihov međusobi utjecaj jednih na druge.

Ekologe uvijek zanimaju najvažniji komponente eko sustava koji istražuju. Živi i neživi dijelovi ekosustava međusobno su povezani. U nekim slučajevima međusobna ovisnost je tako jaka da se različite biljke i životinje ne mogu razmnožavati, ili čak uopće postojati, jedne bez drugih. Ako se bilo koji dio sustava promijeni, promjene će se dogoditi u cijelom sustavu.

Znanstvenici danas još neznaju sve o pojedinim dijelovima ovog sustava i njihovoj međusobnoj povezanosti, ali istraživanja se nastavljaju. U tim istraživanjima mogu pomoći i podaci prikupljeni u GLOBE programu širom svijeta. Radeći zajedno, znanstvenici i GLOBE učenici, mogu poboljšati i unaprijediti naše znanje o Zemlji kao sustavu.

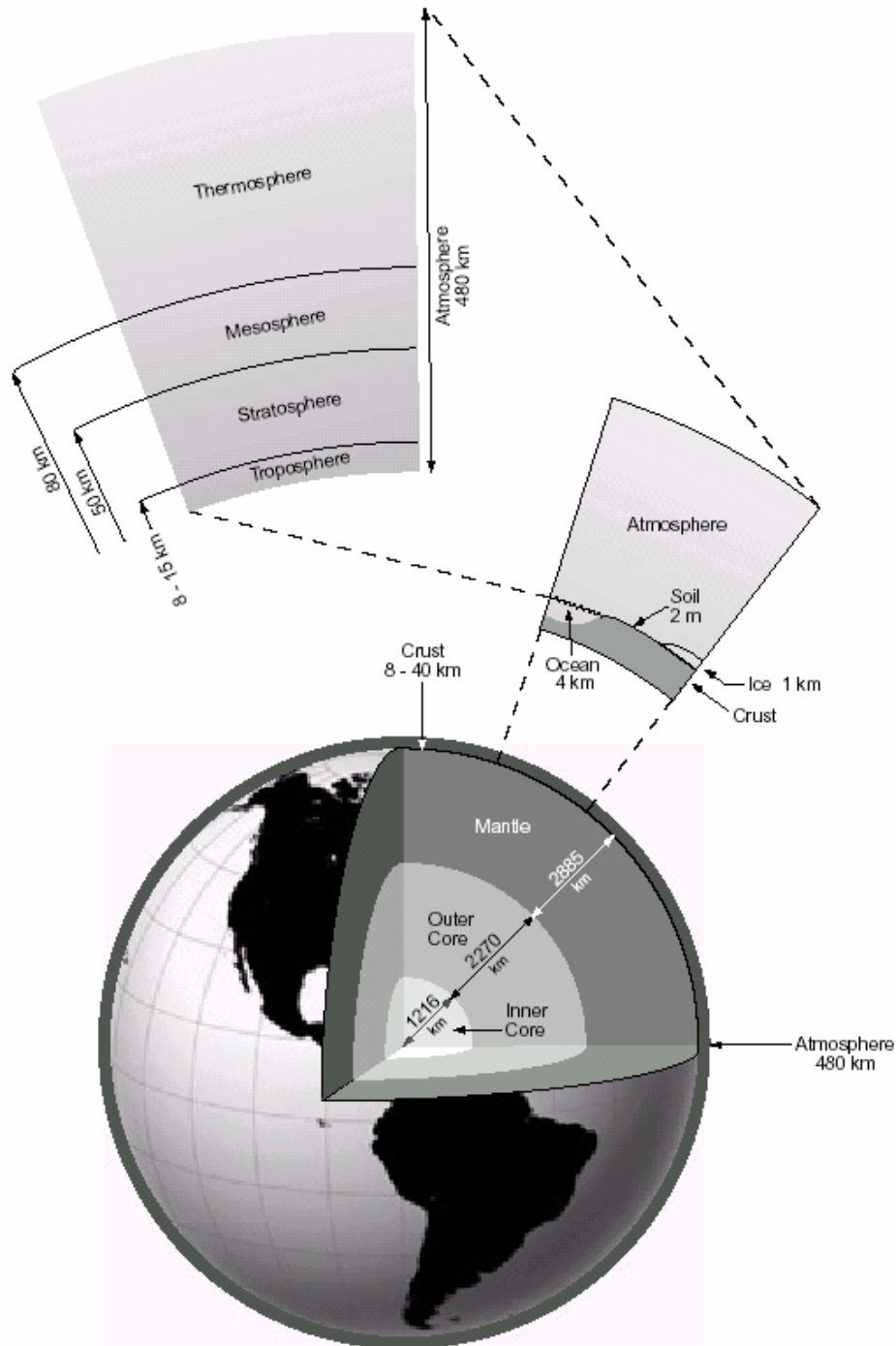
Općeniti pojmovi o Zemlji kao sustavu

Doživljavanje Zemlje kao sustava počinje kad prvi put osjetimo sunčevu toplinu ili pokisnemo stojeći na kiši. Razumijevanje Zemlje kao sustava, zahtijeva mjerenja i istraživanja međusobne povezanosti svih dijelova sustava. Mjerenja i podaci iz GLOBE programa, omogućit će učenicima početak istraživanja koje će provoditi za sebe, a rezultate mogu razmijenjivati s drugima.

Dijelovi Zemlje su jezgra, plašt, kora, površinski sloj tla, oceani i slatka tekuća voda (rijeke, jezera), led i atmosfera (sl. 1). Procese među spomenutim dijelovima i njihovu međusobnu povezanost proučavaju fizika, kemija i biologija. Znanosti koje se bave zemljom kao sustavom fokusiraju se na procese koji se događaju u atmosferi, oceanima, slatkim vodama, ledu, tlu (pedosfera) i površinskoj vegetaciji, koja povezuje tlo i atmosferu. Uz to bave se i energijom od Sunca koja pokreće sve te



proces, kao i plinovima i česticama koje dolaze u atmosferu i oceane iz svemira ili s čvrste površine Zemlje (litosfera). Mnogi od ovih procesa uključuju i žive organizme, pa mnogi znanstvenici govore i o biosferi - mjestu na Zemlji gdje organizmi žive.

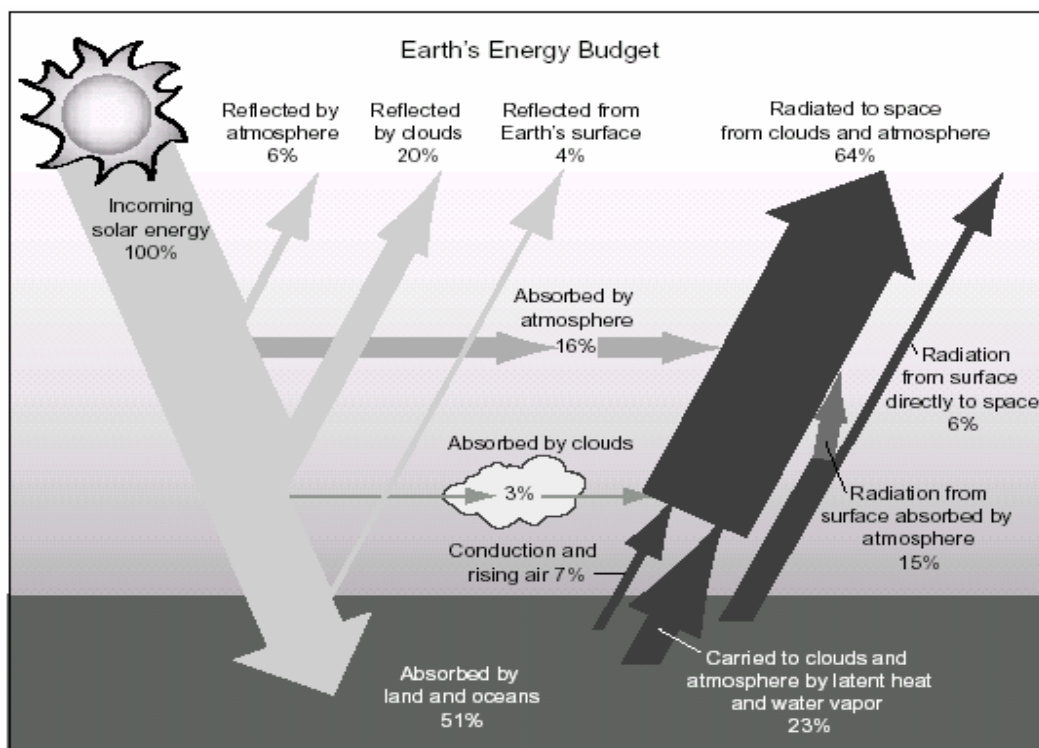


Slika 1. Shematski prikaz Zemlje kao sustava od središta do 480 km visine



Umjesto da se istražuju pojedini dijelovi Zemlje, bolje je istraživati cikluse koji povezuje te dijelove. To su ciklusi energije, vode i pojedinih kemijskih elemenata (na pr. ugljika). U svakom pojedinom ciklusu postoje mjesta gdje su energija, voda ili pojedini kemijski elementi uskladišteni na neko vrijeme. Oblici u kojima su uskladišteni različiti su (kemijska energija, morski led ili ugljikov dioksid). Postoje i procesi koji mijenjaju oblik energije, vode ili kemijskih elemenata (na pr. fotosinteza, kondenzacija ili vatra) ili ih pomiču s jednog mjesta na drugo (oborina, transpiracija, oceanske struje, vjetar, riječni tokovi). Znanstvenici žele znati sve o veličini rezervoara i strujanjima kojima se premještaju, i razumjeti procese koji ih kontroliraju. GLOBE mjerenja tako su napravljena da omogućavaju određivanje veličine tih rezervoara i spoznaje o strujanjima među njima.

Sunčeva energija struji kroz okoliš, zagrijavajući atmosferu, oceane i tlo i opskrbljuje gorivom veći dio biosfere (sl. 2).



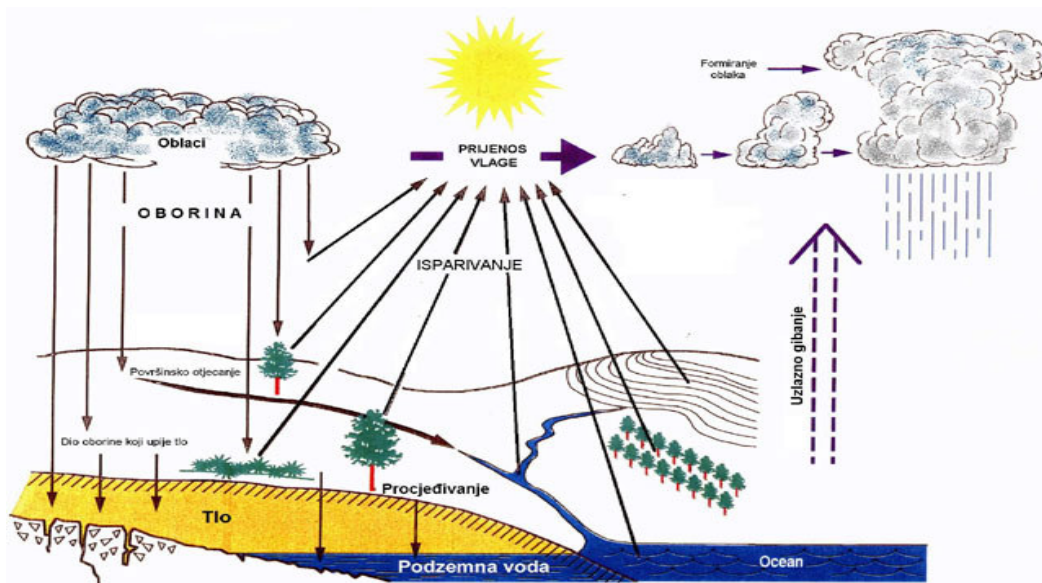
Slika 2. Shematski prikaz energetske bilance Zemlje

Različite količine upijene (apsorbirane) energije na različitim mjestima pokreću atmosferu i oceane i pomažu u određivanju njihove opće strukture. Ta strujanja preraspodjelju energiju u okoliš. Na kraju ciklusa, energija koja je na početku došla sa Sunca, napušta planetu kao zračenje Zemlje (u obliku svjetla koje reflektira atmosfera i površina Zemlje) i vraća ih u svemir, kao i u obliku infracrvenog zračenja (topline), koje emitiraju svi dijelovi planete i koje doseže do vrha atmosfere. Ovaj protok



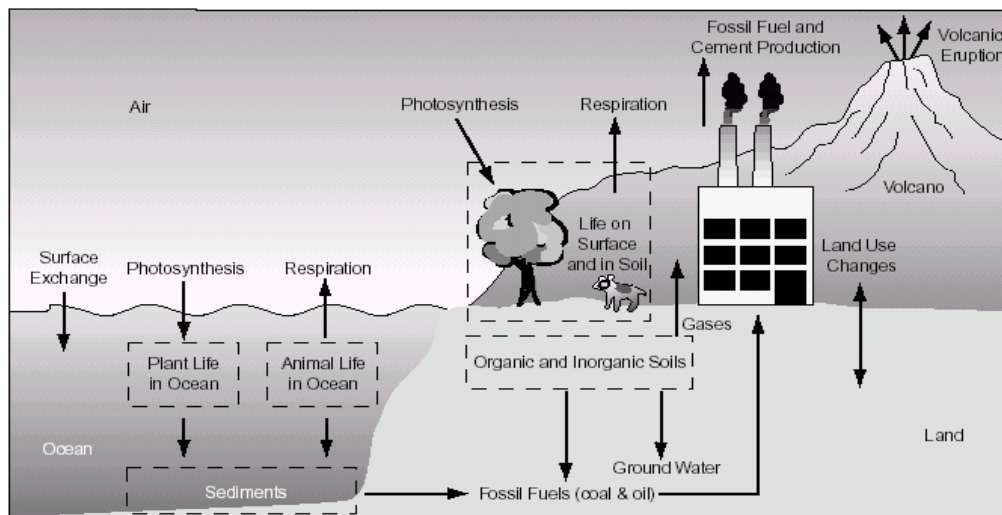
energije od Sunca do Zemlje i natrag, najvažnija je veza u Zemljinom sustavu i ona određuje klimu na Zemlji.

Voda i kemijski elementi također imaju svoje cikluse, odnosno kruženja. Voda isparava, kondenzira se, zamrzava i topi, i miče se s jednog na drugo mjesto u atmosferi i oceanima, kroz površinu Zemlje, kroz tlo i stijene. Te promjene agregatnog stanja (kruto, tekuće i plinovito) iz jednog u drugo i premještanje s jednog mjesta na drugo zovemo kruženje vode u atmosferi ili hidrološki ciklus (sl. 3).



Slika 3. Hidrološki ciklus

Gotovo svi kemijski elementi podložni su kemijskim reakcijama, ali su ukupne količine svakog od njih na Zemlji uglavnom stalne. Izuzeci su transformacije povezane s nuklearnom energijom i radioaktivnošću, kao i gubitak malih količina vodika s gornjeg vrha atmosfere u svemir. Slično kao i kod vode i ovdje se govori o ciklusima ili kruženju pojedinih elemenata, pa tako govorimo o ciklusu ugljika, dušika, fosfora i sl. Budući su ciklusi pojedinih elemenata povezani s životom na Zemlji poznati su pod općim nazivom biološko-geološko kemijski ciklusi. Na slici 4. prikazan je ciklus ili kruženje ugljika.



Slika 4. Ugljikov ciklus

Dijelovi Zemljinog sustava

U GLOBE programu učenici mjere pojedine komponente Zemljinog sustava prikazanog u donjoj tablici. Ona pokazuje povezanost GLOBE istraživanja s pojedinim komponentama tog sustava.

<i>Dijelovi Zemljinog sustava</i>	<i>GLOBE istraživanje</i>
Atmosfera (zrak)	Atmosferska mjerenja i istraživanja
Oceani i slatka voda	Hidrološka mjerenja i istraživanja
Led	Atmosferska mjerenja krute oborine i hidrološka mjerenja - smrznuta voda
Tlo	Mjerenja i istraživanja svojstava tla
Vegetacija	Istraživanja površinskog tla i fenološka mjerenja i istraživanja



Ciklusi Zemljinog sustava

Energija se u sustavu može pojaviti u obliku zračenja (kratkovalnog i dugovalnog), topline (toplinska energija), latentne topline (toplina povezana s pretvorbama vode iz plinovitog u tekuće ili kruto stanje), kinetičke energije (energija zbog gibanja uključujući vjetar, plimu i oceanske struje), potencijalne energije (uskладиštene energije) i kemijske energije (energije koja se troši ili oslobađa kemijskim reakcijama). Znanstvenici žele upoznati kako sustav radi i predvidjeti količine energije u svakom pojedinom dijelu sustava. Žele znati kako se razmjenjuje između pojedinih dijelova sustava, te kako se giba s jednog mjesta na drugo u svakom pojedinom dijelu. Energetski ciklus povezan je s hidrološkim ciklusom. Dio energije od Sunca koji dopire do površine Zemlje uzrokuje isparavanje s vodene površine i tla. Atmosfera prenosi nastalu vodenu paru dok se ne kondenzira u oblake, oslobađajući energiju pri tom procesu. Vodene kapljice i kristalići leda u oblacima rastu dok ne formiraju oborinu, koja pada na površinu zemlje u obliku kiše, snijega ledenih iglica ili tuče. Kad oborina padne, u zaleđenom obliku može ostati neko vrijeme na površini zemlje dok se ponovo ne otopi, jedan dio ponovo ispari, dio upije tlo, dio upije vegetacija i popiju životinje, dio odlazi u podzemne tokove, dio otječe površinski u rijeke i jezera, a znatan dio u oceane. Snježni pokrivač i led reflektiraju više sunčevog svjetla natrag u svemir nego površine oceana ili većina drugih tipova pokrivača na zemlji. Tako veličina snijegom i ledom pokrivena tla utječe na energetski ciklus. Zajednički, energetski i hidrološki ciklus utječu na biološko-geološko-kemijske cikluse. U atmosferi, kemijske reakcije koje pokreće sunčeva svjetlost stvaraju i razaraju različite kemijske spojeve, uključujući i ozon. Neki od tih kemijskih spojeva zajedno s vodom tvore aerosol - tekuće i krute čestice koje lebde u zraku. Atmosferski kemijski spojevi zajedno s aerosolom spajaju se s kapljicama vode ili kristalićima leda i zajedno s oborinom dolaze na površinu zemlje. Mikroorganizmi u tlu i površinskim vodama, biljke i životinje, svi uzimaju kemijske spojeve iz zraka i vode oko njih, ali i otpuštaju druge kemijske spojeve u atmosferu, površinske vode i oceane. Vjetar raznosi vodene kapljice i čestice tla s površine zemlje i one postaju aerosol. Količina i razdioba plinova u atmosferi kao što su vodena para, ugljikov dioksid, dušikov oksid i metan određuju koliko će infracrvene radijacije biti apsorbirano i propušteno između površine Zemlje i svemira. To utječe na temperaturu atmosfere i površinskog sloja Zemlje. Postoje i mnogi drugi primjeri međusobnog utjecaja spomenutih ciklusa daleko više no što je opisano ovdje.

Kako GLOBE mjerenja doprinose istraživanju Zemljinog sustava

GLOBE mjerenja temperature zraka, vode i tla pomažu pri određivanju energetskog ciklusa. Učenici također procjenjuju naoblaku i vrste oblaka, pojavu magle i sumaglice, prozirnosti vode i biljni pokrivač. Svako od tih opažanja i mjerenja pomaže znanstvenicima odrediti što se događa sa zračenjem. Koliki dio se reflektira ili apsorbira zbog oblaka, a koliki s površine zemlje.



GLOBE mjerenja tekuće i krute oborine, relativne vlažnosti zraka, vlažnosti tla, vegetacije i dominantne vrste drveća pomaže pri određivanju hidrološkog ciklusa. Poznavanje profila gornjeg sloja tla i njegove infiltracijske karakteristike omogućavaju znanstvenicima proračun koliko će vode ući u tlo i proći kroz njega. Mjerenje površinske temperature vode, vlažnosti i temperature tla omogućava procjenu isparavanja. Ova mjerenja također pomažu odgovoriti na neka pitanja poput ovih: Koliko oborine pada na površinu zemlje? Događaju li se promjene u hidrološkom ciklusu?

GLOBE mjerenja doprinose i istraživanju biološko-geološko-kemijskih ciklusa. Mjerenje pH oborine, tla i površinskih voda neobično je važno jer pH utječe na različite kemijske elemente i njihovo međusobno djelovanje s vodom prolazeći okolišem. Vegetacija je važno skladište u ugljikovom ciklusu.

Otvoreni i zatvoreni sustavi

Ako Zemlju gledamo iz svemira, ona je uglavnom zatvoren sustav. Zatvoren sustav je onaj u kojem ništa važno ne ulazi unutra niti izlazi van. (Izolirani sustav je onaj u kojem ništa važno ne ulazi ili izlazi, uključujući i energiju). Osim malih količina plinova i čestica koje ulaze u atmosferu, ostali dijelovi zadržavaju se na Zemlji bez novih dodataka. Kad proučavamo Zemlju kao cjelinu, obično ne treba razmatrati ulazne i izlazne komponente, osim zračenja.

Manji sustavi mogu se smjestiti unutar većih. Na primjer, ako istražujete jedan sliv - područje s kojeg sva površinska voda otječe u jedno jezero ili more. Po veličini slivovi mogu biti veliki ili mali. Primjer malog sliva je ako proučavate samo utjecanje jedne rijeke u drugu. Primjer velikog sliva je ako proučavate sve rijeke koje utječu u more ili pojedini ocean.

Bilo koji sustav unutar Zemljinog sustava, kao na primjer sliv, je otvoren sustav. Voda i kemijski elementi kao i energija ulaze i izlaze preko granice sustava. Iako komponente otvorenog sustava mogu biti čvršće međusobno povezane nego što je razmjena sustava i njegovog okruženje, ali ono što ulazi i izlazi može biti važno za razumijevanje dinamike sustava koji se istražuje.

Prostorno vremenska skala

Svi procesi u Zemljinom sustavu događaju se u određenom vremenu i prostoru. Neki se događaju na tako maloj skali da ih ljudsko oko ne vidi, dok se drugi događaju na pojedinim kontinentima ili čak na cijeloj Zemlji. Slična situacija je i na vremenskoj skali. Neke atmosferske kemijske reakcije događaju se u djeliću skunde. Nastajanje tla s međusobnim utjecajem fizikalnih, kemijski i bioloških faktora događaju se lokoalno, tijekom mnogo godina (općenito se smatra da je za stvaranje 1 cm tla potrebno jedno stoljeće). Veliki vremenski sustavi kao što su ciklone i anticiklone, uključujući i tornada, razvijaju se i nestaju unutar jednog ili dva tjedna i pokrivaju stotine kvadratnih kilometara.



Pojedini dijelovi različitih ciklusa na Zemlji mogu se mjeriti i događati lokalno, i trajati relativno kratko vrijeme, mjereno sekundama ili danima. U drugim slučajevima, moraju se desetljećima proučavati karakteristike cijelog sustava da bi se testirale razne teorije, razumjeli procesi i steklo opće znanje o sustavu.

Ključne stvari

Iz dosadašnjeg razmatranja Zemlje kao cjeline ili sustava, treba razumjeti nekoliko ključnih stvari. To su:

- Zemlja je cjelina ili sustav i sastoji se od nekoliko dijelova ili komponenata.
- Dijelovi ili komponente djeluju međusobno kroz različite procese.
- Proces se događaju u nekom vremenu i prostoru.
- Povezanost među procesima može se ustanoviti kroz ciklus energije, hidrološki i biološko-geološko-kemijski ciklus.
- Energija, voda i kemijski elementi uskladišteni su na različitim mjestima i oblicima i premještaju se i mijenjaju različitim događanjima i procesima.



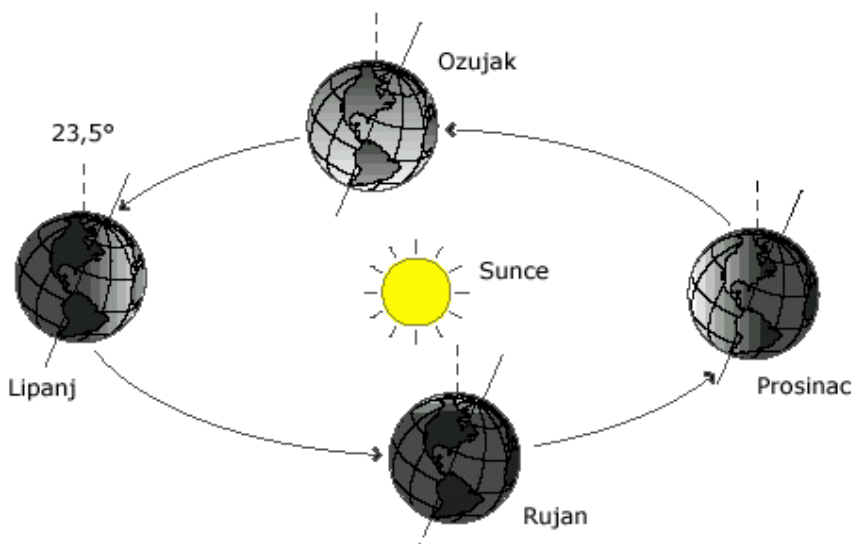
ZEMLJA KAO SUSTAV

Sezonski ciklusi

Zašto postoje sezonski ciklusi - godišnja doba?

Kao što se plima i oseka redoviti pojavljuju na obalama mora i oceana, tako i godišnja doba dolaze i odlaze mijenjajući površinu zemlje i ritam naših života. Bez obzira dolaze li promjene u obliku snježne oluje, monsunskih kiša ili ljetnih vrućina, naš okoliš stalno se mijenja i te se promjene događaju u relativno kratko vrijeme. Ono što pomaže razumijevanju tih velikih, složenih promjena je, da se one ponavljaju na predvidiv način. Mnogi stari narodi i civilizacije, opazili su da se položaj Sunca na nebu mijenja tokom godine i bili su sposobni napraviti kalendar i predvidjeti promjene na temelju vlastitih promatranja.

Promjene godišnjih doba uzrokovane su promjenama intenziteta Sunčeva zračenja koje dopire do zemljine površine (tj. količinom insolacije). Na primjer, više primljene energije dovodi do povećanja temperature. Povećana temperatura znači više isparene vode, a to dovodi do povećanja količine oborine, koja omogućava rast biljaka. Ovakav slijed događaja opisuje proljeće u mnogim mjestima umjerenih geografskih širina, u koje pripadaju i naši krajevi. Budući da je vidljivi dio glavni oblik sunčeve energije koja dolazi na površinu zemlje, duljina dana je dovoljno točan način određivanja razine insolacije i već se dugo koristi za određivanje prestanka jednog godišnjeg doba, i dolazak drugog. Na primjer, prvi dan ljeta, ljetni solsticij, najdulji je dan u godini. Zima počinje najkraćim danom u godini, zimskim solsticijem. Prvi dani proljeća i jeseni su dani kad su dan i noć podjednake duljine, otprilike svaki traje po 12 sati. Ovi dani zovu se proljetni i jesenski ekvinocij.

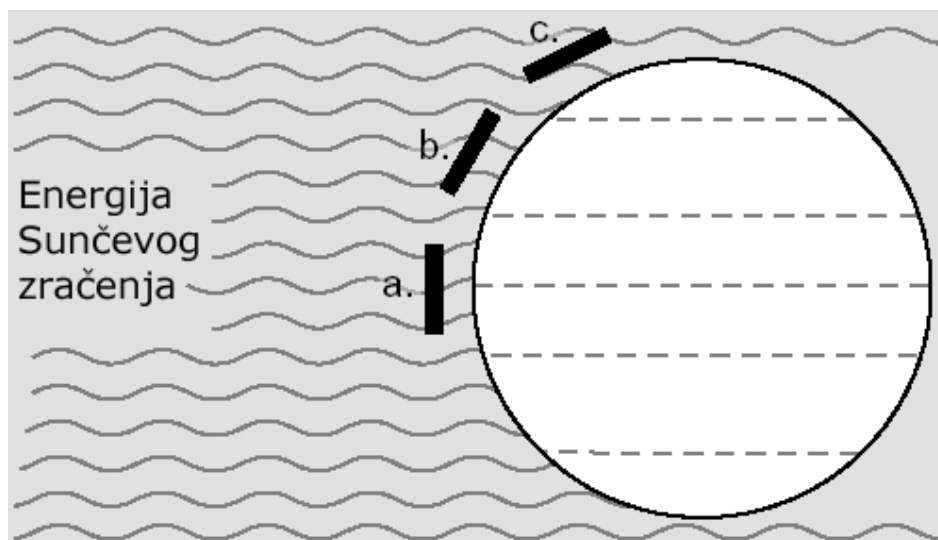


Slika 5. Nagnutost Zemljine osi



Promjene duljine dana upućuju na to da je Zemljina os rotacije nagnuta s obzirom na ravninu njezine putanje oko Sunca. Već su stari Grci znali da je taj nagib $23,5^\circ$. Slika 5 pokazuje nagnutost Zemlje u različitim položajima na njezinoj putanji oko Sunca. Može se primjetiti da je u točkama solsticija jedan pol okrenut prema Suncu, a drugi od njega. Pol okrenut prema Suncu prima sunčevo svjetlo 24 sata neprekidno, a drugi je 24 sata u tami. U ekvinocijskim točkama Zemlja je tako nagnuta da svaki pol prima jednaku količinu sunčeva svjetla. Osvrnuli smo se na situaciju na polovima jer oni pokazuju najveće, ekstremne razlike, u primljenoj insolaciji. Zbog nagnutosti Zemljine osi, razina insolacije na svakoj točki na Zemlji stalno se mijenja. Sveukupne efekte ovih promjena nazivamo sezonskim promjenama.

Nagnutost Zemljine rotacijske osi ima i dodatni efekt koji pojačava efektivno trajanje dana. Na svakoj geografskoj širini, Zemljina površina je pod drugačijim kutom s obzirom na ulaznu svjetlost (slika 6). Kad je površina okomita na sunčevo svjetlo, Sunce je ravno iznad glave, a količina sunčevog svjetla koje pada na određenu površinu je maksimalna. Kako se taj kut između Zemljine površine i Sunca mijenja, i Sunce je sve niže na nebu, količina sunčeve svjetlosti koja dolazi na istu površinu postaje sve manja. Ljeti je Sunce oko lokalnog podneva, bliže okomitom položaju nego zimi, osim u blizini ekvatora. Tako, ne samo da su dani dulji ljeti nego zimi, nego i Sunce doznacava više energije na jedinicu površine na hemisferi na kojoj je ljeto.

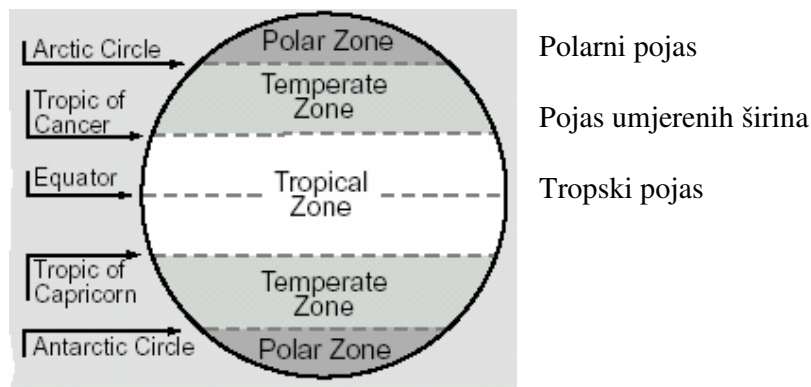


Slika 6. Utjecaj geografske širine na količinu ulazne energije od Sunca

Faktori koji utječu na modifikaciju klime

Geografska širina

Insolacije se mijenja s geografskom širinom tokom godine. Zbog tih promjena, geografska širina jako utječe na uvjete koji se javljaju tijekom sezone i godine na važne meteorološke elemente kao što su oborina i temperatura, ali i na okoliš u cjelini.

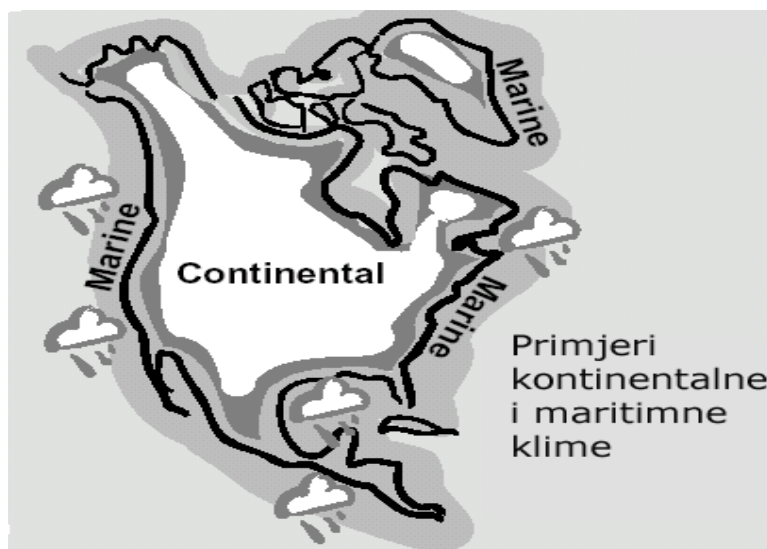


Slika 7. Globalne klimatske zone

Zbog tih razlika u trajanju i kutu upada insolacije, Zemlja se može podijeliti na pojaseve kako je prikazano na slici 7. Isto godišnje doba može biti posve drugačije u tropskom, umjerenom ili polarnom pojasu.

Kontinentalna i maritimna klima

Kad sunčevo svjetlo dođe do vodena površine događaju se dvije stvari zbog kojih se vodena površina manje zagrijava od kopna. Prva je da dio svjetlosti prodire u dubinu vode. Zbog tog rasprostiranja ulazne energije u dubinu vode, površina se manje zagrijava. Osim toga, hladnija voda iz dubina, miješa se s površinskom i smanjuje temperaturne razlike. Druga, još važnija stvar je, da se zagrijavanjem vodene površine pojačava isparavanje. Za isparavanje se troši energija, i hladi vodenu površinu, te se ona manje zagrijava od kopna.



Slika 8. Kontinentalna i maritimna klima

Kopno, u blizini velikih vodenih površina koje se zimi ne smrzavaju, ima maritimnu klimu. Osnovno je obilježje tih tipova klime je da imaju veću količinu vlage u zraku i



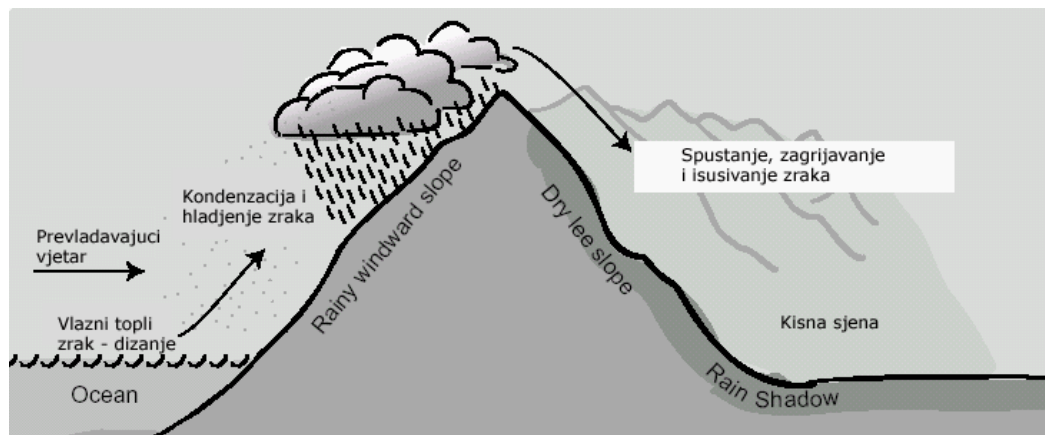
manje temperaturne razlike između ljeta i zime nego kontinentalne klime. Veličina kontinenta također utječe na temperaturne razlike i količinu vlage u zraku u unutrašnjosti kontinenta. Što je veći kontinent, i veća udaljenost od oceana, veće su i razlike između ljeta i zime (slika 8).

Smjer vjetra

Prevladavajući smjer vjetra također može utjecati na klimu. Ako je područje smješteno u smjeru puhanja vjetrova (zapadne obale kontinenta u umjerenim širinama), na klimu jako utječe blizina oceana, na ranije opisan način. Ako vjetrovi pušu iz unutrašnjosti kontinenta, oni sa sobom donose suši zrak i veće temperaturne razlike između ljeta i zime. Općenito, prevladavajući vjetrovi povezuju lokalnu klimu sa smjerom njihovog puhanja. Prevladavajući vjetrovi mogu ublažavati ili povećavati kontraste između pojedinih godišnjih doba.

Utjecaj reljefa

Planine i planinski lanci mogu znatno utjecati na okolno područje i klimu. Na primjer, planinski lanci mogu uzrokovati dizanje vlažnog zraka i taloženje gotovo sve njegove vlage. Kad se suhi zrak spušta niz planinski lanac nedostaje mu vlage za obilnije oborine. Na taj način planinski lanci stvaraju tzv. kišnu sjenu (slika 9). Mnoge pustinje nalaze se upravo u takvim kišnim sjenama.



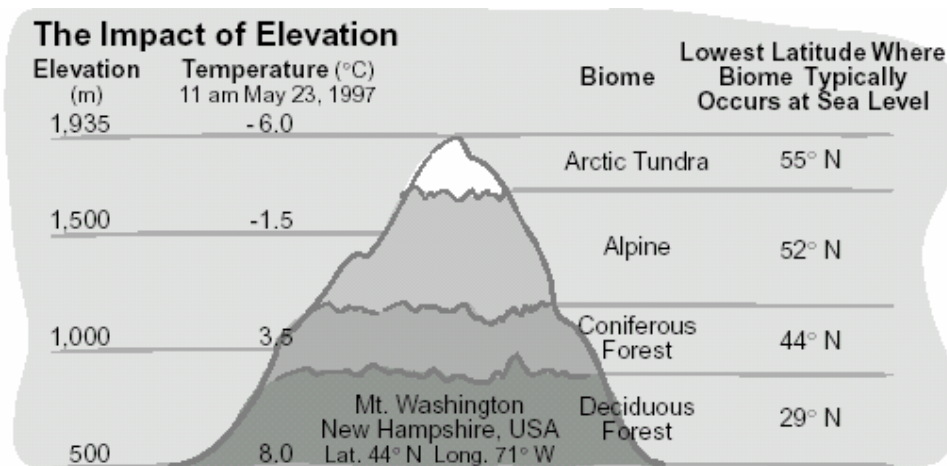
Slika 9. Planine uzrokuju tzv. efekt kišne sjene

Uz to, u sušnim područjima, tipičnim pustinjskim područjima, nedostatak vlage u zraku znači da nedostaje izolator između Zemlje i svemira (voda je najvažniji staklenički plin). Zato sušna područja lakše zrače svoju toplinsku energiju u svemir, pa su značajne razlike u temperaturi između dana i noći.

Nadmorska visina također može utjecati na klimu. Promjene nadmorske visine mogu utjecati na okoliš jednako kao i promjene geografske širine (slika 10). Srednja temperatura zraka pada približno 1°C pri porastu nadmorske visine za 150 m. Drugim riječima, s obzirom na vegetacijsku sezonu, povećanje nadmorske visine od 300 m

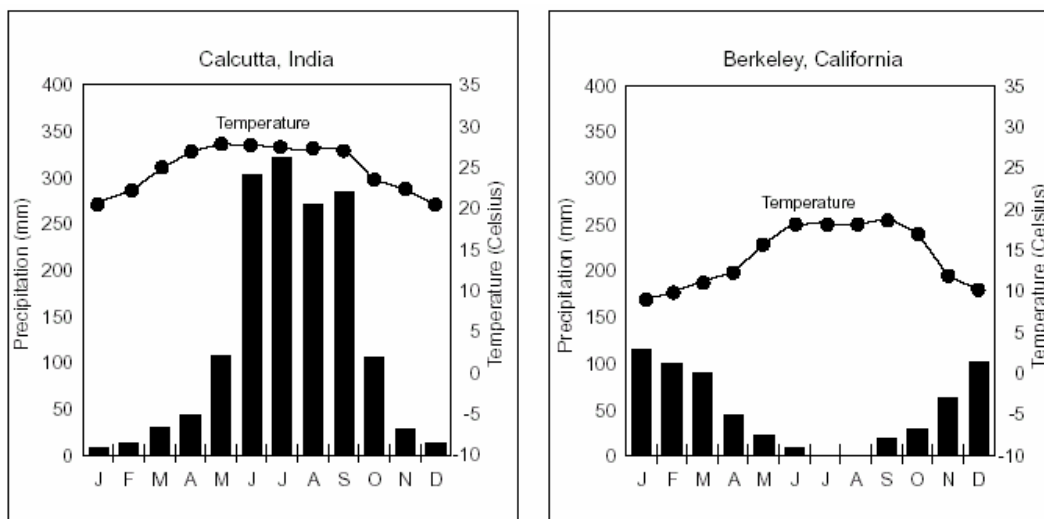


približno odgovara pomaku prema polarnom pojasu za 400 do 500 km (približno 5 do 6 stupnjeva geografske širine).



Slika 10 Utjecaj nadmorske visine na klimatske zone

GLOBE učenici mogu proučavati svaki od gore spomenutih utjecaja koristeći GLOBE podatke širom svijeta. Na jednom dijagramu mogu se prikazati srednje mjesečne temperature i količina oborine za cijelu godinu (slika 11). Usporedba dijagrama za škole u različitim područjima objašnjavaju ranije spomenute utjecaje.



Slika 11 Dijagrami temperature i oborine za Kalkutu (Indija) i Berkeley (Kalifornija, SAD)

Zemlja kao sustav i sezonski ciklusi

U GLOBE programu sezonski ciklusi utječu na odabir vremena nekih mjerenja. Ispitivanje GLOBE podataka kroz sezonske cikluse, može nam dati neke odgovore na



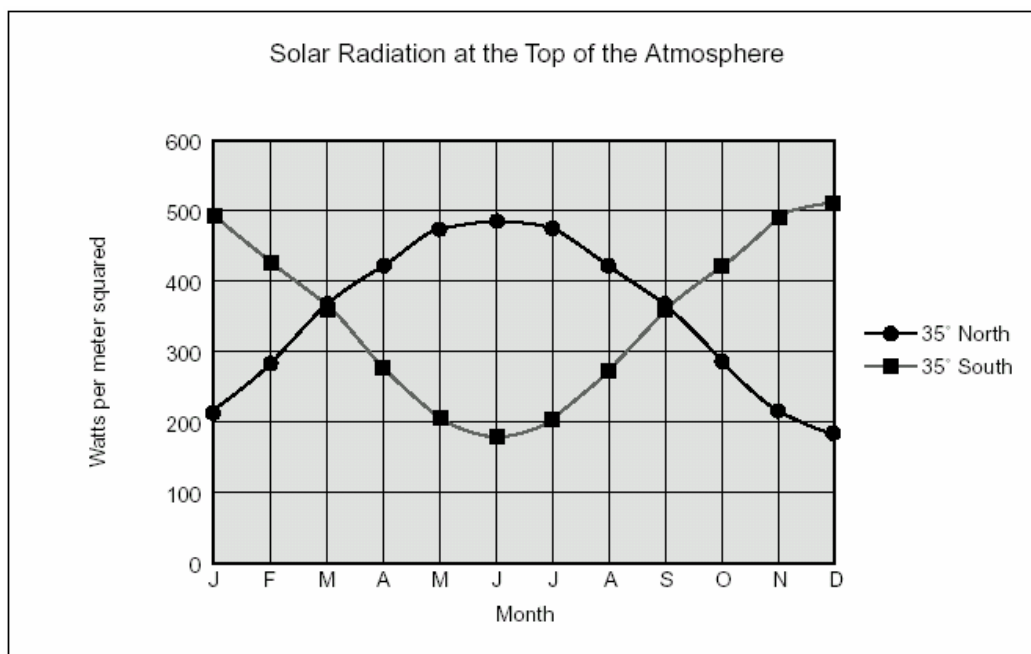
pitanje, kako se ponaša Zemlja kao sustav. To možemo vidjeti ispitujući neke primjere kako sezonski ciklusi utječu na različite komponente Zemljinog sustava. Primjeri koji se ovdje razmatraju mogu osigurati bolje razumijevanje i tumačenje GLOBE podataka. Ti primjeri zasnivaju se na našem trenutnom znanju i prijašnjim studijama. Možda će upravo GLOBE podaci pripomoći da se upotpuni i produbi naše poznavanje svih spomenutih procesa.

Atmosfera i sezonski ciklusi

Temperatura

Sezonske promjene, koje su ljudima koji žive u umjerenim i višim geografskim širinama najbliže, su promjene temperature zraka i trajanja sijanja Sunca. Zrak u najnižem sloju atmosfere zagrijava se u doticaju s tlom. Tokom ljeta (u srpnju na sjevernoj i siječnju na južnoj polutki) kad je Sunce visoko, dolazi više energije od Sunca i povećava se broj sati trajanja sijanja, zbog čega se tlo pojačano zagrijava, a time i zrak.

Potrebno je stanovito vrijeme da se zagrije površina Zemlje i da se to prenese na zrak iznad te površine. Sunčeva radijacija, izvan tropskih krajeva, najjača je u lipnju na sjevernoj i siječnju na južnoj polutki (slika 12). To je vrijeme solsticija.



Slika 12. Sezonski ciklusi Sunčeve radijacije na vrhu atmosfere na 35°N i 35°S

Općeniti govoreći temperature su najviše mjesec do dva nakon nastupa solsticija. To je zbog vremena potrebnog da se zagriju gornji slojevi oceana i zatim najniži slojevi atmosfere.



Oborina

U nižim geografskim širinama sezonske promjene temperature nisu tako dramatične kao u umjerenim i višim širinama, ali postoje određene promjene kod oborine. U ekvatorijalnim područjima postoje "suha" i "vlažna" razdoblja, ali u kojem će se dijelu godine dogoditi ovisi o mnogim regionalnim faktorima, kao što je reljef i blizina velikih vodenih površina. U pojedinim područjima lijepo je izražen sezonski hod oborine. Neka područja nemaju oborine mjesecima, katkad i godinama. U nekim je područjima oborina jednoliko razdijeljena tijekom cijele godine. Neka mjesta imaju jednu sušnu i jednu kišnu sezonu, neka pak po dvije kišne i dvije sušne sezone. Razdioba oborine tokom godine jako utječe na vegetaciju i poljoprivredu. Za mediteranske klime karakterističan je maksimum oborine zimi, dok je u unutrašnjosti maksimum oborine ljeti.

Vodena para i relativna vlaga u zraku

Količina vodene pare koju može sadržavati zrak povezana je s temperaturom zraka. Zato i koncentracija vodene pare i rosište imaju jako izražene sezonske cikluse. Najveće koncentracije vodene pare u zraku i najviša rosišta, događaju se ljeti, a najniža zimi. Relativna vlažnost zraka najviša je tokom kišne sezone

Naoblaka i oblaci

U tropskim krajevima pojas niskog tlaka i naoblaka poznati su pod imenom intertropska zona konvergencije (Intertropical Convergence Zone - ITCZ) koja se proteže preko oceana. Slike s globalnih satelita pokazuju oblake koji se protežu preko oceanskih područja, gdje se često javljaju grmljavinske oluje. Položaj intertropske zone mijenja se sezonski, i to ljeti pomicanjem prema sjeveru na sjevernoj, i zimi prema jugu, na južnoj polutki.

Sezonske promjene naoblake u stanovitoj su vezi s oborinom. Pažljivi promatrač neba opazit će da čak i pojedine vrste oblaka imaju sezonski ciklus. Općenito, veća je naoblaka tokom kišne sezone kad se opažaju uglavnom oblaci tipa nimbostratus i cumulonimbus. U toplijim mjesecima obično se pojavljuju oblaci tipa cumulus zbog zagrijavanja Zemljine površine. Tokom zime, budući je zagrijavanje manje, pojavljuju se stratusni tipovi oblaka. Jaki frontalni sustavi koji se pojavljuju u proljeće i ljeti u umjerenim geografskim širinama, mogu i često izazvati pojavu olujnih grmljavinskih oblaka (cumulonimbus). U blizini istočnih obala hladni zrak može donijeti stratusne tipove oblaka cijele godine.