

ŠTA SVE PODRAZUMEVA KLIMA?

Klima nekog mesta se *klasično* definiše na osnovu srednjih vrednosti, ekstrema i drugih statističkih parametara meteoroloških uslova, tokom nekog intervala vremena (meseci, godine, vekovi). Savremena definicija međutim, *opisuje klimu kao dinamički sistem* (slika 1.) u kome učestvuju i jedni na druge deluju: *atmosfera, okeani, ledeni i snežni pokrivač, procesi na tlu* (litosfera) i *biosfera uključujući čoveka*. Svaki od ovih učesnika (komponentata) u klimatskom sistemu ima sopstvene zakonitosti i dinamiku, na koje deluju druge komponente i tako ih menjaju.

Interakcija između *okeana i atmosfere* je aktuelna na svim širinama ali je najintenzivnija u okolini Ekvatora. Atmosfera na promene reaguje znatno brže od okeana, koji zbog svoje višestruko veće mase predstavlja ogroman rezervoar toplote i svojom velikom inercijom ublažava i usporava atmosferske promene. Temperatura površine okeana direktno utiče na količinu isparavanja u atmosferu, dok prizemni vetrovi formiraju cirkulaciju gornjih slojeva okeana. Intenzivno zagrevanje uzrokuje obilne padavine koje menjaju salinitet površinskih slojeva okeana, koje zatim utiču na cirkulaciju dubokih slojeva okeana. Okeani su takođe veliki apsorberi ugljendioksida i imaju mnogostruki uticaj na klimu nekog regiona.

Promena stalnog *ledenog pokrivača* ili kriosfere, menja refleksiju Sunčevog zračenja (albedo) i time bitno utiče na toplotni potencijal na Zemlji. Procesu na tlu, kao što su isparavanje, turbulencija, stvaranje sedimenata i peščanih oluja, itd., aktivno reaguju na promene u vazduhu i vodama, a i na delovanje čoveka. *Litosfera* sadrži i pojavu vulkanske erupcije koja zamračenjem atmosfere povećava albedo i snižava globalnu temperaturu atmosfere. Uticaj *biosfere* na klimu je veoma značajan jer sadrži raznovrsne uticaje ogromne populacije flore i faune, sa posebnim naglaskom na dejstva čoveka. Izvor energije koji pokreće klimatski sistem je *Sunčevo zračenje*. Ono se neravnomerno raspoređuje na Zemlji, kako zbog geometrije i kretanja Zemlje i Sunca, tako i zbog promene nagiba i kretanja Zemlje, koja zbog toga dolazi u različite položaje u odnosu na Sunce (Milankovićeve opšte prihvaćena teorija klime).

Klimatski sistem se može opisati i kao superpozicija determinističkih i nelinearnih interakcija, koje postoje u velikom opsegu vremenskih i prostornih razmera. O osetljivosti i nepredvidljivosti klimatskog sistema govori i poznati "*efekat leptira*" Edwarda Lorenca. Jednačine koje opisuju kretanja u atmosferi su nelinearne što dovodi da se procesi u atmosferi približavaju haosu. Efekat leptira govori o izuzetnoj osetljivosti klimatskog sistema na male poremećaje i ukazuje na veliku zavisnost od početnih uslova. Paradigma za prognoznost vremena i klime glasi: "Da li treptaj leptirovih krila u Brazilu može započeti formiranje tornada u Teksasu?" Ideju je verovatno dao rezultat rešavanja tzv. Lorencovih jednačina (slika 2.) koji podseća na leptira, a cela priča je ilustracija ograničene predvidljivosti cirkulacije atmosfere.

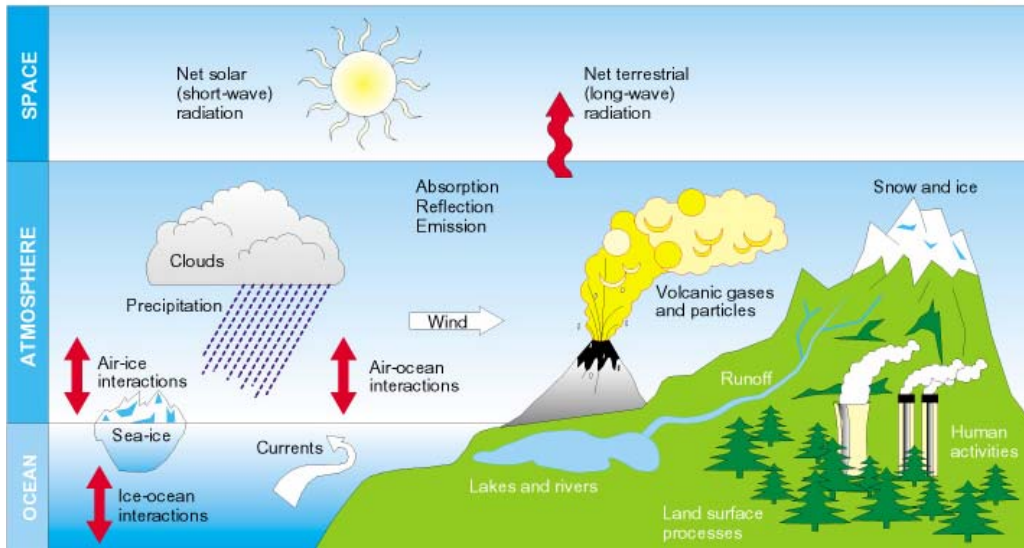
Još jedan u nizu dokaza o integritetu globalnog klimatskog sistema je pojava *telekonekcije*, odnosno uticaja udaljenih a značajnih klimatskih događaja kao što su El Niño, Severnoatlantska oscilacija i dr., na klimu nekog regiona. Ustanovljeno je da se uticaj intenzivnih El Niño pojava primećuje daleko do izvantropskih širina i da dodatno povišava globalnu temperaturu, dok su parametri klime u Srbiji i Crnoj Gori (i širem regionu) visoko korelisani sa indeksom Severnoatlantske oscilacije.

Klimatske promene o kojima se danas mnogo govori, označavaju pre svega negativne posledice uticaja čovečanstva na činioce klimatskog sistema. Klimatskim promenama je najviše ugrožena atmosfera jer joj se menja sastav zbog nekontrolisanog sagorevanja fosilnih goriva. Povećani efekat „staklene bašte“ je doveo do porasta srednje globalne temperature vazduha od 0.3°C do 0.6°C u odnosu na predindustrijski period, dok je poslednja dekada prošlog veka najtoplija od kada postoje merenja temperature. Porast temperature uzrokuje topljenje ledenog pokrivača i dovodi do porasta nivoa mora, dok na kopnu dolazi do pomeranja granica temperaturnog i padavinskog režima. Postoje indikacije da će nastavak dosadašnjih stihijskih antropogenih uticaja u 21. veku proizvesti dramatične uticaje na globalnu privredu, društvo i čovekovu okolinu.

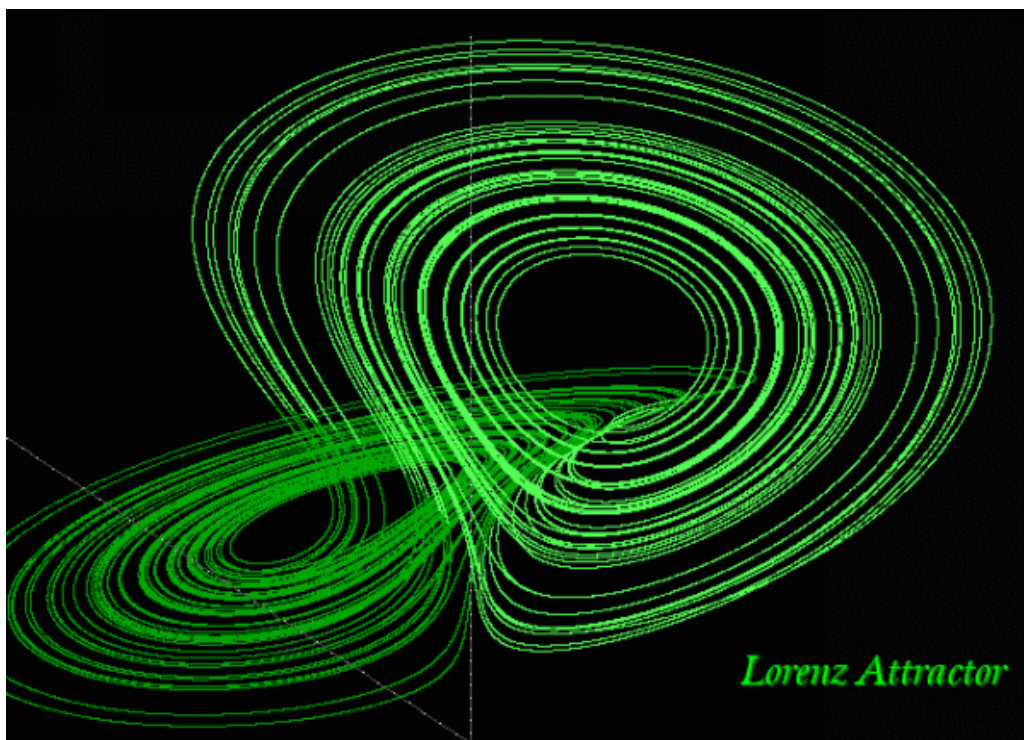
Tokom poslednjih dekada jedan od glavnih napredaka je postignut u oblasti **prognoze klime** pomoću objedinjenih numeričkih modela cirkulacije atmosfere i okeana. Sve uspešnije rezultate međutim, danas daju složeni modeli koji sadrže pored parametara okeana i atmosferske procese sa aerosolima i gasovima staklene bašte, zatim procese na tlu i ledeni pokrivač. U ovakvim modelima se forsiranjem jednog parametra testiraju reakcije drugih parametara ili čitavih komponenata klimatskog sistema. Brojni **klimatski modeli** se razlikuju po nameni odnosno da li se koriste za dobijanje mesečne ili sezonske prognoze klime, za procenu međugodišnje do dekadne varijabilnosti pojedinačnih parametara, za dobijanje scenarija klimatskih promena itd. Sigurno je da će se ubuduće, praviti sve bolji numerički modeli vremena i klime a dobijeni rezultati biti sve pouzdaniji i primenljiviji.

Klima je postala nauka u razvoju i u velikom broju zemalja su odlučivanja zasnovana na klimatskim informacijama i prognozama. Sve su češći i složeniji zahtevi za izradu klimatskih produkata i projekata, a primene su najveće u oblasti poljoprivrede, vodoprivrede, građevinarstva, zdravstva itd. Zbog straha od nepovratnih klimatskih promena proučavanje klime je postalo **strateško pitanje**, tako da je u mnogim zemljama, posle odbrane i privrede, jedan od glavnih tema u državnim administracijama. Dugoročni cilj je da se klima i prognoza budućih klimatskih uslova, eksploatišu kao prirodni resurs za što bolje socioekonomske uslove života na Zemlji. Zbog toga je borba protiv klimatskih promena koje uzrokuje čovek, postala predmet međunarodnih konvencija, panela, programa i projekata, koji predlažu i sprovode mere za očuvanje postojeće klime i čovekove okoline.

The Climate System



Slika 1. Klimatski sistem



Slika 2. Lorencov atraktor