

ASTROFIZIČKA DETERMINISANOST KLIME NA PLANETI ZEMLJI I PRAĆENJE PROMENA U OKVIRU MONITORINGA ŽIVOTNE SREDINE

Ms Jelena Veljković, email: jelenavelj1983@gmail.com

Kuršumlijsko-podujevska gimnazija i Kuršumlijsko-podujevska ekonomsko-tehnička škola,
Kuršumlija, Srbija

Doc. dr. Jasmin Jusufranić, email: j.jusufranic@gmail.com

Akademik prof. dr Rade Biočanin, email: rbiocanin@np.ac.rs

Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Bosna i Hercegovina

Sažetak: Danas, porastom broja stanovnika na planeti Zemlji, migracije, klimatske promene, rešavanje svetskih energetske problema, porast cene energije i druge pojave vrše snažan pritisak na oskudno zemljište i prirodne resurse. U XXI veku se intenzivirao ukupan društveni i tehnološki proces u svim sferama ljudskog života. Kao posledica pojavljuje se eksponencijalna potrošnja materijalnih dobara, a sa čijom proizvodnjom se crpe izvori iz prirode, koji su deo civilizacijskog nasleđa. Brojni parametri ukazuju da se vremenom prirodni resursi iscrpljuju i na taj način se smanjuje potencijal ne samo sadašnjim nego i budućim generacijama. Nagli industrijski razvoj i demografska ekspanzija menjaju okolinu, što negativno utiče na kompletnu prirodu, zdravlje ljudi i kvalitet života. Postavlja se problem antropogenog uticaja na klimu i da li će on narušiti labilnu klimatsku ravnotežu. Ostavlja se otvoreno pitanje da li je dominantnija pozitivna ili negativna povratna sprega, kao i da li će i kada nastupiti novo ledeno doba. U ovom koautorskom radu nude se odgovori i moguća rešenja u sistemu eko-bezbednosti i održivog razvoja.

Ključne reči: klima, globalno otapljavanje, led, IPCC, antropocen

ASTROPHYSICAL DETERMINANT OF CLIMATE ON PLANET EARTH AND MONITORING CHANGES IN THE ENVIRONMENTAL MONITORING

Abstract: Today, population growth on the planet earth, migration and climatic change, solving the world's energy problems, the rise in prices of energy and other phenomena put strong pressure on scarce land and natural resources. In the XXI century is intensified overall social and technological process in all aspects of human life. As a result appears exponential consumption of goods, and with whose production are pumped from sources in nature, which are part of civilized heritage. Numerous parameters indicate that the time exhausting natural resources and thus reduce the potential not only present but also future generations. The rapid industrial development and demographic expansion change the environment, which negatively affects the whole nature, human health and quality of life. This raises the problem of anthropogenic impacts on the climate and whether it will undermine labile climatic balance. The question is left open whether positive or negative feedback is more dominant, as well as whether and when a new ice age will occur. In this work of authorship offered answers and possible rj accorded by the eco-system security and sustainable development.

Key words: climate, global warming, ice, IPCC, Anthropocene

1. UVOD

Danas, nagli industrijski razvoj i demografska ekspanzija menjaju okolinu, što često negativno utiče na kompletnu prirodu, zdravlje ljudi i kvalitet života. U fokusu klimatologa je uticaj gasova staklene bašte i drugih antropogenih dokazanih uticaja. Sve su učestaliji ekstremni događaji, kao što su suše, poplave, nevremena, ekstremne temperature itd. Uticaj astrofizičkih faktora (poput Sunca, položaja Zemlje u odnosu na Sunce, uticaja nebeskih tela na Zemlju i kosmičkog zračenja) je delimično zanemaren i stavljen u drugi plan. To je podstaklo traženje odgovora na pitanje šta se zapravo dešava sa klimom.

2. (NE)DETERMINISANOST KLIME

Izvor energije koji pokreće klimatski sistem je Sunčevo zračenje, koje se neravnomerno raspoređuje na Zemlji. U termodinamičkoj ravnoteži, planeta emituje onoliko energije koliko primi od Sunca. To čini da je njena prosečna temperatura manje-više konstantna.

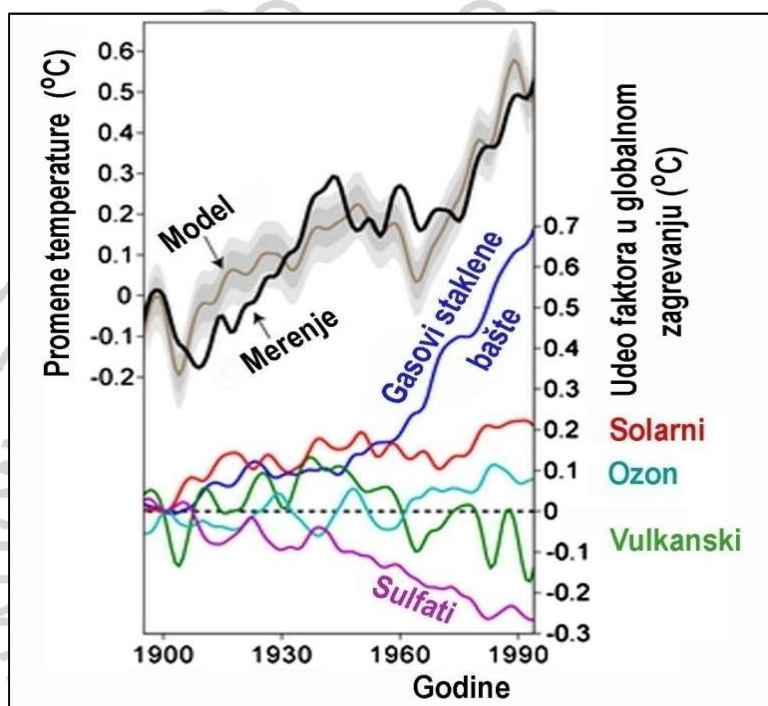
Savremena definicija opisuje klimu kao dinamički sistem u kome učestvuju i međusobno deluju: atmosfera, okeani, ledeni i snežni pokrivači, litosfera, biosfera i čovek. Svaka od ovih komponenata u klimatskom sistemu ima sopstvene zakonitosti i dinamiku. Klimatski sistem se može opisati i kao superpozicija determinističkih i nedeterminističkih, tj. nelinearnih interakcija, koje postoje u velikom opsegu vremenskih i prostornih razlika. Jednačine koje opisuju kretanja u atmosferi su nelinearne, što dovodi do toga da se procesi u atmosferi često približavaju haosu (deterministički haos). O osetljivosti i nepredvidljivosti klimatskog sistema govori i poznati efekat leptira Edvarda Lorenca (Edward Lorenz), koji kaže da male promene početnih uslova na jednom mestu izazivaju velike poremećaje na drugom udaljenom mestu, upravo delovanjem nelinearnih efekata. „Efekat leptira“ je termin korišćen u teoriji haosa, koji opisuje kako male varijacije mogu da utiču na ogromne i kompleksne sisteme, kao što je vreme. Ustanovljeno je da čak i faktori, koji su do tada smatrani nevažnim, mogu da utiču na vreme koje će nakon nekoliko sedmica zahvatiti drugi kraj sveta. Usled povezanosti komponenti klimatskog sistema, dolazi do njihovog uzročno-posledičnog delovanja. Promene klime su uzrokovane astronomskim razlozima, promenama na samoj Zemlji i u njenoj atmosferi. Proučavanje klime je postalo strateško pitanje i u velikom broju država su odlučivanja zasnovana na klimatskim prognozama.

3. IPCC SCENARIO

Program životne sredine (United Nations Environment Programme – UNEP) i Svetska meteorološka organizacija (World Meteorological Organization – WMO) su 1988. uspostavili Međuvladin panel za klimatske promene (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). U radu IPCC-a je angažovano oko 4000 naimenovanih naučnika i stručnjaka iz čitavog sveta, koji u skladu sa usvojenim procedurama IPCC-a, pripremaju naučno-tehničke izveštaje, metodologije i uputstva. U ovome učestvuje i Republički hidrometeorološki zavod Srbije. Sedište IPCC-a je u Ženevi (Švajcarska). IPCC je dobitnik Nobelove nagrade za mir 2007. Prvi izveštaj IPCC-a iz 1990. ukazuje da postoji antropogeni uticaj na klimatske promene i da je neophodna međunarodna akcija, pre svega u potpisivanju obavezujućih protokola. Njihovi modeli ponašanja ljudi prema prirodi pružaju različite scenarije.

Stručnjaci iz IPCC-a ističu postojanje pozitivne povratne sprege.

- 1) Rast prisustva CO₂ u atmosferi podrazumeva višu temperaturu.
- 2) To dovodi do većeg topljenja leda, smanjenja albeda i daljeg rasta površinske temperature.
- 3) Zbog toga rastu isparavanje i koncentracija vodene pare u atmosferi. Vodena para je gas staklene bašte, pa porast njenog prisustva smanjuje transmitancu (propustljivost) za toplotno zračenje sa Zemljine površine. To dovodi do novog rasta temperature, pospešuje dalje topljenje leda itd.
- 4) Zbog više temperature morska voda manje apsorbira CO₂. Samim tim koncentracija CO₂ u atmosferi i temperatura vazduha dalje rastu.
- 5) Veće prisustvo CO₂ pospešuje rast biljaka, dalje smanjenje albeda itd.



Grafikon 1. Faktori globalnog zagrevanja u periodu 1900.-90.
 (Wikimedia Commons, Dragons flight/Robert Rohde)

Količina toplote dodata atmosferi je određena koncentracijom gasova staklene bašte, koja je povećana od industrijske revolucije 1750. Prema sadašnjim trendovima emisije ovih gasova, svetu preti zagrevanje od 4°C i više. Ljudske aktivnosti doprinose njihovoj emisiji sa svega 0,1%. Prema izveštajima IPCC-a, to je upravo onaj jezičak na klimatskoj klackalici, „kap koja preliva čašu“ i dovodi do „pregrevanja“ Zemlje. Nova istraživanja su ukazala da klimatske promene mogu biti znatno gore od predviđenih i da mogu započeti mnogo ranije. Veliko je pitanje da li bi čovečanstvo moglo da ih kontroliše i da im se što bezbolnije prilagodi.

4. REAKCIJE SVETSKE ZAJEDNICE NA KLIMATSKE PROMENE

Svetski fond za divlje životinje (World Wildlife Fund – WWF) je saopštio da svake godine čovečanstvo počinje da živi „na kredit“. To znači da pre isteka svake kalendarske godine se iskoristi više od prirode nego što ona može da obnovi u tom periodu. Merenja se vrše od 1986. Npr. 1993. taj dan je bio 21. oktobar, 2003.-22. septembar, 2015.-13. avgust, a 2017.-2. avgust. Po Kjoto protokolu iz 1997. (koji je istekao 31. decembra 2012.), razvijene države, koje su najveći zagađivači, bile su obavezane da smanje emisiju gasova staklene bašte na pojedinačno

propisani nivo. Ali su države u razvoju imale prostora i za povećanja emisija, tako da je postojala trgovina kvotama. Novi sporazum, koji zamenjuje Kjoto protokol, postiglo je 194 država i Evropska unija na Konferenciji Ujedinjenih nacija – UN (United Nations – UN) o klimatskim promenama u Parizu (Francuska) 12. decembra 2015. i treba da stupi na snagu 2020. Njime je usvojen dogovor o ograničavanju globalnog otopljanja, čime se bliži kraj ere fosilnih goriva. Pariski sporazum je delimično pravno obavezujući, a delimično je na dobrovoljnoj bazi. On predviđa da se do kraja XXI veka ograniči rast globalnih prosečnih temperatura na ispod 2°C u odnosu na predindustrijski period. Tehnologija kojom bi se uklonili štetni gasovi iz atmosfere još uvek nije razvijena, tako da je smanjenje zagađenja jedini način da se smanji efekat staklene bašte. Dokument preporučuje razvoj obnovljivih izvora energije. Revizije emisija štetnih gasova sprovodiće se svakih pet godina, počev od 2025. Međunarodna agencija za energiju (International Energy Agency – IEA) je saopštila da je globalna emisija CO₂ opet porasla 2017. nakon trogodišnje stagnacije. Ovo potvrđuje da svet ne ulaže dovoljno napora u borbu protiv klimatskih promena. Emisije su smanjene u SAD, Ujedinjenom Kraljevstvu, Meksiku i Japanu. Nijedna od 200 potpisnica Pariskog sporazuma još nije u stanju da ispuni sve uslove. Butan je jedina država sveta koja je zabeležila više godina za redom negativnu stopu emisije CO₂. Prema njegovom ustavu, u svakom trenutku najmanje 60% ukupne površine države mora biti pokriveno šumom, a trenutno je 72%.

Smanjivanje leda na Arktiku otvara mogućnosti za podmorsku eksploataciju nafte i prirodnog gasa, gde se nalazi oko četvrtine neotkrivenih svetskih rezervi fosilnih goriva. Ovakva situacija stvara pojačane tenzije zbog rivalstva u regionu, jer Rusija, SAD, Kanada, Danska i Norveška pokušavaju da steknu nadležnost nad delovima Severnog pola. Tramp je 1. juna 2017. saopštio da će se SAD povući iz Pariskog sporazuma, jer je nepovoljan za ekonomiju SAD. Ovo povlačenje je prvo kršenje Pariskog sporazuma. Rusija je takođe potpisnica Pariskog sporazuma, ali ga još nije ratifikovala, jer nisu doneta pravila o preraspodeli resursa. Ruski predsednik Vladimir Putin (Vladimir Putin) smatra da je globalno zagrevanje počelo 30.-ih godina XX veka kada emisija štetnih gasova nije bila izražena. Uzrok tome su najverovatnije planetarni ciklusi, čime je nemoguće sprečiti globalno otopljanje, već mu se treba prilagoditi.

5. SUPROTNI SCENARIO

Postoji znatan broj naučnika koji se ne slažu sa zaključcima iz biltena IPCC-a. Kritičari IPCC-a naglašavaju postojanje i negativne povratne sprege. Rast prisustva CO₂ znači višu temperaturu, topljenje leda, veće isparavanje, više vodene pare, ali i veću konvektivnu oblačnost, manje Sunčevog zračenja na površini, obaranje temperature itd. Javlja se efekat antistaklenika. Krupnije čestice prašine ekraniraju Sunčevu svetlost. Pustinje i suvoća vazduha iznad njih utiču na snižavanje globalne temperature svojim većim albedom u odnosu na predele sa vegetacijom. Alge ispuštaju gas dimetil-sulfid C₂H₆S, koji reflektuje Sunčevo zračenje i doprinosi efektu antistaklenika.

Protivnici IPCC-a tvrde da njegov rad nije transparentan, da podaci nisu dovoljno provereni, da previše potencira antropogene faktore i ne može potpuno da objasni savremene klimatske trendove. Kritičari IPCC-a ističu da su za otopljanje klime uglavnom odgovorni astronomski i zemaljski prirodni faktori, kao i da je ono samo „klimatska perturbacija“. Oni smatraju da je današnje otopljanje samo izlazak Zemlje iz malog ledenog doba i da nas uskoro očekuje novo. Ona se obično javljaju u periodu od 500 godina i lokalnog su karaktera. Postoje i kratka razdoblja zahlađenja i otopljanja, koja se smenjuju prosečno svakih 30-40 godina, a njihov uzrok su okeansko-atmosferske klimatske oscilacije. Početak svakog novog ciklusa zahlađenja

je povezan sa smanjenom Sunčevom aktivnošću. Misle da je priča o globalnom zagrevanju svojevrsan marketinški potez, ali ne i naučni problem. Oni ne negiraju doprinos ljudskih aktivnosti, ali smatraju da je on mali. Po njima je realan trend klime pad temperature. Zato se ova dva scenarija drastično razlikuju. Neistomišljenici tvrde da se u rad IPCC-a upliću razni politički i ekonomski lobiji. Podaci o temperaturi i CO₂ na severnoj hemisferi idu u prilog tvrdnjama IPCC-a, ali podaci o južnoj hemisferi ne. Krupni kapital sve više pokazuje interes za sprečavanje globalnog zagrevanja. Osnovni razlog nije dugoročno „spašavanje planete“, već postizanje profita.

Dženifer Marohasi (Jennifer Marohasy) i Džon Abot (John Abbot) su 2017. pokazali da su sadašnje klimatske promene prirodne i da će se temperature na kraju stabilizovati, kao i u prošlosti. Pratili su promene globalne temperature za zadnjih 2000 godina, sa izuzimanjem CO₂. Računarske simulacije se približno poklapaju sa stvarnim podacima, što sugerise da CO₂ nije uzrok. U vreme Srednjovekovnog toplog perioda (986.-1234.), temperature su bile slične današnjim. Predvideli su pad globalne temperature posle 1980. što se slaže sa zaključcima ostalih naučnika. Po njima Zemlja bi se zagrejala do današnjih temperatura, bez obzira na to da li ljudi ispuštaju CO₂ u atmosferu ili ne.

Dejvid Vares (David Vares) i Majkl Persindžer (Michael Persinger) su objavili 2015. da trenutne klimatske promene nisu isključivo uzrokovane antropogenim ugljen-dioksidom CO₂. Po njima globalno otopljavanje i porast CO₂ u atmosferi su takođe uzrokovani sadašnjim smanjivanjem jačine geomagnetnog polja. Naime, slabiji geomagnetizam smanjuje rastvorljivost CO₂ u okeanima. Time se oslobađa izvesna količina CO₂ u atmosferu.

6. KLIMATSKO OTOPLJAVANJE

Nagli rast temperature je posebno prisutan od sredine 20. veka i to za 0,3°C po deceniji. U 20. veku prosečna godišnja temperatura na Zemlji porasla je za 0,8°C (više nego za poslednjih 10.000 godina). U Evropi je taj rast 0,95°C. Za poslednjih 18. 000 godina temperatura se nije menjala za više od 2°C. Od 15 najtoplijih godina u poslednjih 150 godina, 13 je registrovano krajem 20. i početkom 21. veka. Zemlja je bila rekordno topla 2016. i to je peti put za 12 godina: 2005., 2010., 2014., 2015. i 2016. Merenja su počela 1880.

Globalni rast temperature je viši na severnim geografskim širinama, i to više na kopnu nego na moru. Naime, na severnoj hemisferi je više kopna naseljenim najrazvijenijim državama sa industrijom, koja je najveći zagađivač. Područja zahvaćena sušom su se povećala od 70.-ih godina XX veka. Računarske simulacije ukazuju da se globalno otopljavanje u prvoj polovini XX veka može potpuno opisati prirodnim faktorima (promene Sunčeve radijacije i vulkanske aktivnosti), ali ne i u drugoj polovini XX veka. Neposredne posledice rasta temperature su intenzivnije topljenje „većitog“ leda i snega (kriosfera), smanjenje površine snežnog pokrivača i rast nivoa mora. Trajanje leda na rekama se skratilo za dve nedelje. Debljina leda na Arktiku se smanjila za 40% (1978.-2003. za 7%), a površina za 10% od 1960. U XX veku nivo mora je porastao do 1 m na srednjim i višim geografskim širinama, a u proseku za 15-20 cm. Rast nivoa okeana može biti prividni fenomen usled podizanja dna. U geološkoj istoriji promene nivoa mora su bile po nekoliko desetina metara. Od 150 glečera iz 1850. na Aljasci (SAD) i u Kanadi, danas ih ima oko 50. Sa druge strane, na Antarktiku se uočava rast kriosfere.

Led na polovima pokriva 10% kopna i sadrži 77% zaliha slatke vode. Njegova prosečna debljina je oko 2100 m i više ga ima na Antarktiku. Ako bi se sav led otopio, nivo mora bi

porastao za oko 80 m. Zagrevanje od 2-3°C bi započelo topljenje leda na Arktiku, a potpuno otapanje bi povećalo nivo mora za 6 m. Antarktik je hladniji i ove promene temperature ne bi izazvale potpuno topljenje leda. Rast temperature za oko 2°C bi pomerio granice šuma na severnoj polulopti za oko 300 km na sever. Time može doći do značajnih promena rasporeda i struktura kopnenih i vodenih površina. Česte bi bile pojave ekstremnih događaja, kao što su suše, požari, obilne padavine, poplave, olujni vetrovi, ekstremne temperature itd. Ovim bi se ugrozili biodiverzitet i zdravlje. Topljenje milionima godina starog leda bi oslobodilo nepoznate viruse i bakterije, koji su tamo u hibernaciji. To bi dovelo do pojave sasvim nepoznatih bolesti. Topljenje kriosfere, osim podizanja nivoa mora, izazvalo bi nestašicu vode za piće. Izvori slatke vode bi bili od strateškog značaja i povod za ratove. Rast nivoa mora i plavljenje priobalja bi uzrokovali migracije stanovništva, što bi imalo ekonomske i socijalne posledice. Na Arktiku se letnji led u septembru 2016. smanjio na drugi najniži nivo od kada se prati putem satelita 1978. Ako buduće zime počnu sa tanjim ledom, otapanja bi mogla biti i veća. Inače, trend ukupnog otapanja je pojačan i nema znakova oporavka. Arktik bi mogao da ostane bez letnjeg leda do 2030. što bi uticalo na opštu bezbednost.

Reka Slims, koja je proticala kroz Jukon (Kanada) skoro 300 godina, potpuno je presušila 2016. za samo 4 dana, objavili su američki i kanadski naučnici 2017. u *Nature Geoscience*. Nestanak Slimsa je uzrokovalo pomeranje glečera Kaskavulš za skoro 2 km, tako da sada voda otiče u istoimenu reku. Ova pojava se u geologiji naziva rečna piraterija i prosečno se dešava jednom u 18.000 godina sa verovatnoćom od oko 0,5%. To je prvi takav zabeleženi slučaj. Na osnovu klimatskog modela, za nestanak reke su odgovorne klimatske promene i slično će se desiti brojnim rekama širom sveta.

Velike količine metana CH₄ postoje kao permafrost, podmorski klatrati i depoziti prirodnog gasa. Emisija CH₄ predstavlja ispuštanje CH₄ iz mora i zemljišta u subpolarnim oblastima zbog otopljanja, posebno na Arktiku. Koncentracija CH₄ u arktičkoj atmosferi je viša za 8-10% nego u antarktičkoj. Tokom glacijacija ovaj procenat je zanemarljiv. Ovo je dugoročan proces u interglacijalima, ali sada ga ubrzava globalno otopljanje. Topljenjem podvodnog večnog leda se formiraju kanali za izlazak CH₄ na površinu, klatriranog u sedimentnim stenama. Time se povećava i CO₂ u okeanima i atmosferi, što dalje intenzivira efekat staklene bašte i povećava kiselost. IPCC predviđa do kraja 21. veka smanjenje pH vrednosti okeana 0,14-0,35. To će negativno uticati na morske organizme (pre svega korale) i druge koji od njih zavise.

U Sudanu prosečne temperature mogu do 2060. porasti čak za 3,1°C. Klimatske promene, koje ova država trpi su uzrok preseljenja 600 000 ljudi. Ovo su klimatske izbeglice. Tamo se mnoge zelene površine pretvaraju u pustinje, čime propadaju poljoprivreda i stočarstvo. Oko 3,2 miliona ljudi će uskoro trpeti nestašicu vode i glad, a situacija je pogoršana zbog višedecenijskih ratova. Postoji opasnost od epidemija (malarija, žuta groznica i kolera). Klimatske promene prete i drugim tradicionalno pustinjskim ili polupustinjskim afričkim i azijskim državama, koje mogu postati nemoguća mesta za život. Dok nekim državama prete potapanje usled rasta nivoa mora: Bangladeš, Kiribati, Maldivi, Holandija itd. Šume i reke širom sveta se suše, uragani se pojavljuju tamo gde ih nikada nije bilo, uz poplave i druge katastrofe. Ne postoji značajna korelacija između broja uragana i rasta globalne temperature, ali postoji između njihovog intenziteta i rasta temperature, pa će biti dugotrajniji i snažniji, sa jačim vetrovima i više padavina. Grmljavinske oluje, azijski monsuni i tornada mogu biti brojniji i jači. Aktivnost tropskih oluja se u svetu odvija u različitim ciklusima od nekoliko decenija. Zato se ne zna da li je rast broja oluja posledica prirodne varijabilnosti ili klimatskih

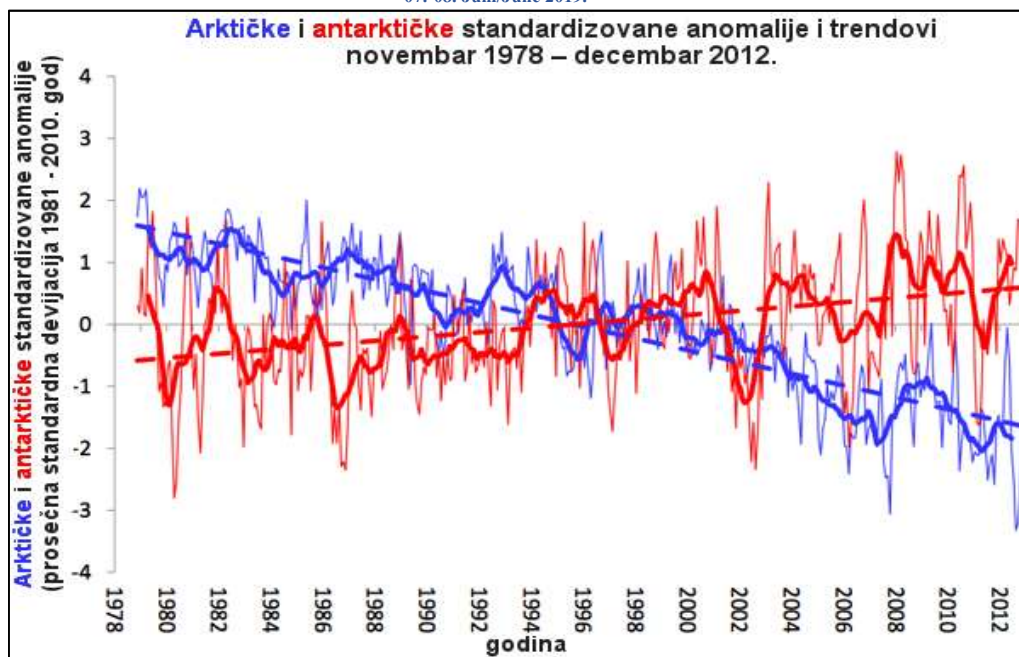
promena. Geografska širina na kojoj uragani dostižu maksimalnu snagu se pomerila ka polovima na obe hemisfere u poslednjih 35 godina.

Globalno vojno savetodavno veće za klimatske promene (Global Military Advisory Council on Climate Change – GMACCC) je osnovano 2009. i uključuje vojne zvaničnike iz celog sveta. Veće na vojnom i civilnom planu istražuje bezbednosne efekte klimatskih promena. Šef veća bangladeški general-major Munir Muniruzaman (Munir Muniruzzaman) je izjavio 26. oktobra 2016. da klimatske promene prete milionima potencijalnih izbeglica i da bi samo jedna iskra mogla destabilizovati ceo svet. Neke države samo govore o problemima globalnog otopljanja, ali nema nikakvih konkretnih pomaka. Dok se druge države već bore sa krizama izazvanim klimatskim promenama, a ponegde može doći do još većih sukoba. Ovakvi su bili nedavni sukobi Indije i Pakistana, država sa velikim količinama nuklearnog naoružanja. Arapsko proleće 2010.-12. i građanski rat u Siriji od 2011. su povezani sa sušama i smanjenim prinosom žitarica. Svetska zajednica ne može da se nosi sa više miliona sirijskih izbeglica (Arapska zima), a pitanje je šta bi se tek desilo sa desetinama miliona. Rast nivoa mora bi doveo do gubitka 20% teritorije Bangladeša do 2050. što bi ugrozilo 30 miliona ljudi. Po njemu je potrebno pronaći bolje međunarodno rešenje.

7. LEDENI PARADOKS NA POLOVIMA

Poslednjih 40 godina led na Antarktiku u proseku stalno raste, a na Arktiku se dramatično smanjuje, sa povremenim sezonskim ili lokalnim odstupanjima, iako temperatura svetskog mora svuda raste. Istraživanja američke Nacionalne vazduhoplovne i svemirske administracije (National Aeronautics and Space Administration – NASA) i podaci sa njenog satelita Nimbus 7 su pokazali da u periodu 1978.-2012. površina pod ledom na Antarktiku raste, čak se i ubrzava poslednjih godina. Ali taj proces nije toliko intenzivan, kao topljenje na Arktiku. Zemljini polovi imaju vrlo različitu geografiju. Arktik je kapa morskog leda koja pluta po okeanu i okružuje ga velika kopnena masa Evrope, Azije i Severne Amerike, koja drži većinu leda zarobljenim. Svake godine se događa isti ciklus topljenja i stvaranja sezonskog leda. Ali se zadnjih decenija topi stari veći led usled zagrevanja mora i češćih letnjih oluja koje lome ledene ploče, što ubrzava njihovo otapanje.

Antarktik je ogroman zaleđeni kontinent sa prstenom morskog leda. Okružen je otvorenim morem koje dozvoljava ledu da se širi, ali mu istovremeno pruža manju zaštitu tokom letnjeg topljenja. Slatka voda koja teče kroz ledene ploče stvara hladni zaštitni sloj, štiteći ih od gušće tople morske vode, ustanovio je Kraljevski holandski meteorološki institut. Rast leda nije svuda jednak, ali Antarktik prosečno dobija više leda godišnje nego što ga gubi. Dok američki Nacionalni centar za podatke o snegu i ledu (National Snow and Ice Data Center – NSIDC) tvrdi da je ovaj rast leda u granicama prirodnih varijacija jer nije veliki. Zagrevanje Antarktika od 5°C neće izazvati ozbiljne poremećaje, jer je hladniji i izdržljiviji od Arktika.



Grafikon 2. Rasprostranjenost morskog leda na Arktiku (plavo) i Antarktiku (crveno) u periodu 1978.-2012. Debele linije pokazuju promene godišnjih proseka, tanke mesečna odstupanja, a isprekidane trend opadanja i porasta morskog leda. (NSIDC/University of Colorado Boulder)

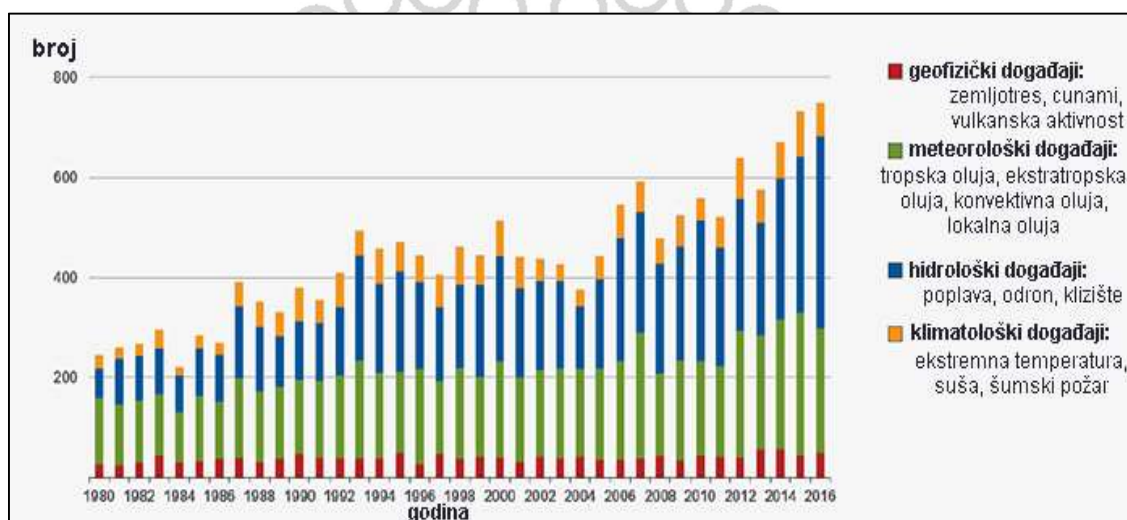
Konačno, možda ove dve istovremene pojave nisu u kontradikciji. Postoji puno varijacija prirodnih klimatskih promena i ponekada one nisu međusobno povezane. Najsigurnije je da će Arktik naglo ozeleneti narednih decenija, smatraju američki naučnici na osnovu računarskih simulacija u radu objavljenom 2013. u *Nature Climate Change*. Trava, žbunje i drveće tamo već sve više bujaju i potiskuju led. Širenje arktičke vegetacije može imati veliki uticaj na otopljavanje i globalni ekosistem, čime se smanjuju albedo i koncentracija CO₂ u atmosferi.

8. GLOBALNO OTPOLJAVANJE I ANTROPOCEN

Smatra se da je u pet prethodnih velikih evolucionih katastrofa nestalo preko 99% bioloških vrsta. U toku je šesti i najbrži ciklus masovnog izumiranja. Po prvi put jedna biološka vrsta, a ne prirodni faktori, utiče na razaranje ekosistema. IPCC prognozira krajem 21. veka biokatastrofu uzrokovanu globalnim otopljavanjem. Sa srednjom sigurnošću, 20-30% bioloških vrsta biće istrebljeno ako globalno otopljavanje pređe 1,5-2,5°C u odnosu na period 1980.-90. Ako pređe 3,5°C, biće ugroženo 40-70% vrsta. Samo u 20. veku je nestalo 20.000-2.000.000 bioloških vrsta. Brzina njihovog nestajanja je danas čak 140.000 vrsta godišnje, ali je naročito porasla zadnjih 50 godina. Zagrevanje mora dovešće do izumiranja planktona i algi na površini, a to znači manjak kiseonika u moru i dodatni zamajac za izumiranje. Od 2014. površinske temperature u Pacifiku su porasle za 4,5°C. Na Antarktičkom poluostrvu mahovina buja na 3 različita mesta u dužini od 1000 km, gde se led otopio. Površina pod mahovinom se povećala prosečno 4-5 puta i ovaj trend će se nastaviti. Uzrok je rast temperature za oko 0,5°C po deceniji od 1950. Superkolonija od 1,5 miliona adelijskih pingvina je otkrivena putem satelita na Opasnim ostrvima na severu Antarktičkog poluostrva, objavljeno je 2. marta 2018. u *Scientific Reports*. Samo 160 km dalje, ima ih manje i izumiru zbog topljenja leda. Naučnici sa Univerziteta Adelejd (Australija) su objavili 12. maja 2017. u *Science* otkriće 467 miliona hektara šuma u sušnim oblastima. Tamo se površina pod šumama uvećala za 45%, što je 60%

površine Australije. „Nove“ šume su nađene putem satelita u Sahelu, Sredozemlju, srednjoj Indiji, zapadnoj Južnoj Americi, uz obale Australije itd.

U globalnom trezoru na arktičkom ostrvu Špicbergen u arhipelagu Svalbard (Norveška) se nalaze milioni uzoraka semena biljaka iz celog sveta. Time se štiti biodiverzitet planete u slučaju ratova ili velikih prirodnih katastrofa. Ova najveća međunarodna banka biljnih gena je otvorena 26. februara 2008. i predstavlja glavnu rezervu ostalim 1750 (2015.) bankama semena. Kriobanka predstavlja banku genetskog materijala uzetog od životinja. U svetu ima oko 10 (2010.) zamrznutih zoo-vrtova, a najveći je u San Dijegu (Kalifornija, SAD). Ovaj vrt radi sa ugroženim i tek nedavno nestalim vrstama kao tasmanijski vuk/tigar, ali ne oživljava dinosaure i mamute. Kriobanke su često prinuđene da odlučuju koje vrste vredi spasiti.



Grafikon 3. Broj prirodnih katastrofa u svetu (Munich Re)

Otapanjem ledenih bregova može se dobiti voda za piće i druge potrebe. Sante bi se sa polova dovukle brodovima do sušnih oblasti. Takođe, teško se tope: imaju veliki albedo i oko 80% zapremine im je u vodi. Prosečno sadrže oko 75 milijarde litara slatke vode, što je dovoljno za milion ljudi za 5 godina. Grupa naučnika sa Univerziteta Mančester (Engleska, Ujedinjeno Kraljevstvo) je objavila 3. aprila 2017. u *Nature Nanotechnology* da su od kristalne rešetke grafen-oksida stvorili sito koje filtrira so iz morske vode, popravljajući efikasnost desalinizacije i čini je pijaćom. Membrane od grafena se mogu proizvoditi za komercijalnu upotrebu. Milioni ljudi sa ograničenim resursima pitke vode bi masovno koristili ovaj filter. UN predviđaju da će oko 1,2 milijarde ljudi, odnosno 14% svetske populacije, do 2025. imati probleme sa pijaćom vodom.

Grupa stručnjaka je zvanično proglasila da smo ušli u ново геолошко доба антропоцен, koje karakteriše uticaj ljudi i pravljenje štete na planeti. Grubo prevedeno, epoha antropocena znači „doba ljudi“. Time se okončava epoha holocena, koja je trajala ili traje poslednjih 11 700 godina od kada se završilo poslednje ledeno doba. Čovek je postao geološka snaga na Zemlji, čime nije ugrozio samo svoj opstanak, već je vremenom promenio globalni ekosistem. Tako je bespovratno naneo štetu planeti za šta bi bile potrebne desetine miliona godina: rastom populacije, industrijalizacijom, urbanizacijom, razvojem saobraćaja, sečom šuma, zagađenjem, nuklearnim havarijama i probama, naftnim mrljama itd. Grafikoni broja hemijskih i socio-ekonomskih promena to potvrđuju. Većina stručnjaka smatra da je antropocen počeo 1950. kada je počelo testiranje nuklearnih bombi i korišćenje plastike za jednokratnu upotrebu. Tada

je civilizacija doživela nagli razvoj, pa se ovaj period naziva „veliko ubrzanje“. Dok drugi smatraju da nije prošlo dovoljno vremena da bi se govorilo o novoj geološkoj epohi, jer period od 1950. do danas traje koliko i prosečan ljudski vek.

9. ZAKLJUČAK

Svet je ranjiv usled globalnog otopljanja i nedovoljno pripremljen za ove situacije. Klimatske promene su globalni zajednički problem, pa je međunarodna saradnja neophodna da bi se postigli zadovoljavajući rezultati. Svet će se pod njihovim uticajem neminovno izmeniti do kraja 21. veka, a život će postati mnogo teži i daleko skuplji. S obzirom na to da Milankovićeve teorije i savremena klimatologija najavljuju novo ledeno doba, postavlja se logično pitanje da li će ga efekat staklene bašte odložiti. Pre ili kasnije neminovno je ulazak u novi hladni ciklus, jer je uzročnik vezan za astronomske faktore, na koje čovek za sada ne može da utiče. Zvanično, čovečanstvo ne može svesno da menja klimu. Postoje pokušaji uticaja na vreme: zaprašivanje defolijantima, izazivanje kiša srebro-jodidom AgI itd. U svetu postoje projekti (HAARP, SKYFIRE, STORMFURY, VARUNA, WHITETOP, SKYWATER itd.) u kojima se antenskim sistemima i emisijom elektromagnetnih talasa određenih frekvenci interveniše u jonosferi, što na rezonantnim principima intenzivira određene vremenske situacije. Kontrole klimatskim inženjeringom su za sada lokalne, ali ovi postupci mogu dovesti do nekontrolisanih nuz pojava, kao što su vibracije tla i oluje. Dovoljni su mali poremećaji da klimu izbace iz ravnoteže, zapravo ravnoteža joj je zabrinjavajuće labilna. Može se videti koliko je komplikovano odrediti koji će od ovih klimatskih faktora odneti prevagu i u kom trenutku. Da li će to biti neki prirodni astrofizički ili zemaljski uzrok, ili će to biti čovek?

10. LITERATURA

- [1] Belić D., „Globalno zagrevanje i gasovi staklene bašte“, Beograd: Fizički fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- [2] Biočanin R., Jusufrić J., (2019.), „Okolinsko inženjerstvo“, Travnik: Internacionalni univerzitet Travnik.
- [3] Gajić D., (2005.), „Fizika Sunca“, Niš: PMF, Univerzitet u Nišu, Prosveta.
- [4] Gburčik V., (2007.), „Promena i promenljivost klime u globalnim i lokalnim razmerama“, Niš, Beograd: PMF, Univerzitet u Nišu, Institut za multidisciplinarna istraživanja.
- [5] Nešić Lj., Dimitrijević D., (2013.), „Uvod u fiziku okoline“, Niš: PMF, Univerzitet u Nišu.
- [6] Veljković J., (2018.), „Astrofizička determinisanost klime na Zemlji“, Niš: PMF, Univerzitet u Nišu.
- [7] Veljković J., (2019.), „Astrofizička determinisanost klime na Zemlji, klimatske promene i uticaji na prirodu i društvo“, Beograd, Valjevo: CESNA B.