

**UTICAJ ANTROPOGENIH FAKTORA NA ATMOSFERU I
GLOBALNU KLIMU**

**THE INFLUENCE OF ANTROPOGENIC FACTORS ON
ATMOSPHERE AND GLOBAL CLIMATE**

**Lejla Riđanović, mr.sci
Sanel Riđanović, mr.sci
Nastavnički fakultet, Univerziteta "Džemal Bijedić"
Mostar**

REZIME

Klimatske promjene i globalno zagrijavanje danas spadaju u najaktuelnije teme u akademskim i javnim raspravama širom svijeta. Tome je doprinijela globalna promjena klime, odnosno sve intenzivnije onečišćenje atmosfere, na što upozoravaju naučnici različitih profila, i svi ostali koji su shvatili ozbiljne posljedice nesavjesnog djelovanja čovjeka. Kroz ovaj rad pokazali smo ogroman i primaran antropogeni uticaj na atmosferu i globalnu klimu – direktno ili indirektno. Klimatske promjene su lančano povezane, i to znači da jednu klimatsku promjenu ne možemo posmatrati izolirano i bez uticaja na ostale aspekte klime i atmosfere. Razmatrali smo povećani efekat staklenika, problem zagađenja hidrosfere, kao i razgradnju stratosferskog ozona, sa osvrtom na naučno potvrđene posljedice globalne promjene klime.

Ključne riječi: efekat staklenika, hidrosfera, stratosferski ozon, globalno zagrijavanje

SUMMARY

Climate changes and global warming are currently among the most pressing topics in academic and public discussions throughout the world. This is due to the global climate change and the ever increasing pollution of the atmosphere. Scientists of various profiles are issuing dire warnings, as are all the others who have realised serious consequences of the unconscientious human activity. This paper presents huge and, primarily, antropogenic influence on atmosphere and global climate – directly or indirectly. Climate changes are chain-linked, indicating that we cannot consider one particular climate change in isolation without examining its effects on other aspects of climate and the atmosphere. We considered increased greenhouse effect, the problem of hydrosphere pollution, as well as the destruction of stratospheric ozone layer. Additionally, some of the scientifically confirmed consequences of the global climate change have been considered.

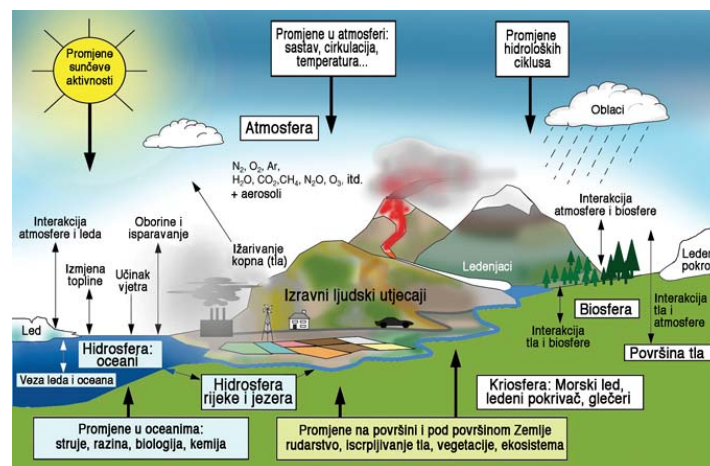
Keywords: greenhouse effect, hydrosphere, stratospheric ozone, global warming

1. GLOBALNA PROMJENA KLIME

Od trenutka kada je utvrđeno da se srednje godišnje temperature zraka prizemnih dijelova troposfere nalaze u stalnom porastu govori se i o globalnim klimatskim promjenama. U takvim diskusijama uočeno je da se zagrijanost ekosfere podudara s porastom koncentracija stakleničkih gasova. Na okvirnoj konferenciji UN-a o klimatskim promjenama, 1992 godine, data je i definicija klimatskih promjena/promjena klime: „Promjena klime se definiše kao klimatske promjene koje se posredno ili neposredno pripisuju ljudskim djelatnostima koje mijenjaju sastav globalne atmosfere i koje se pored prirodnih klimatskih oscilacija primjećuju u određenom vremenskom razdoblju.“ [1, 2]

Uprava UNEP-a (Programa UN-a za okoliš) i WMO (Svjetska meteorološka organizacija) osnovali su 1998 godine instituciju IPCC (Međuvladin panel o klimatskim promjenama) sa zadatkom da ispita današnje spoznaje o klimatskim promjenama, da upozori na ekološke, ekonomske i društvene posljedice i utvrdi strategije. IPCC-ovi stručnjaci objavili su prvi izvještaj koji potvrđuje uticaj stakleničkih gasova na globalno zagrijavanje. U protekloj deceniji uočen je rast prosječnih temperatura u prizemnim slojevima atmosfere – od 0,3 do 0,6°C, veća zagrijanost atmosfere iznad kontinenata nego iznad okeana, djelomično zahlađenje iznad sjeverozapadnih dijelova Atlantika i srednjih geografskih širina, porast koncentracije stakleničkih gasova, povećanje nivoa mora u 20 vijeku za oko 15 cm, smanjenje površine glečera i dr. Nažalost, ovakav trend se nastavlja, čime se dovodi u pitanje budućnost i održivi razvoj planete, što je postalo i strateško pitanje ljudske civilizacije. [1,2,10]

Intenzivna klimatološka istraživanja, čiji je cilj određivanje i detaljno analiziranje parametara i pokazatelja globalnog zagrijavanja, su u toku širom svijeta. Praćenje klimatskih promjena, njihovo lociranje i predviđanje je izuzetno zahtjevno, jer se u obzir moraju uzeti ne samo atmosfera i promjene u njoj, nego i svi popratni procesi i njihovi efekti u hidrosferi, kriosferi, litosferi kao i biosferi.



Slika 1. Ilustracija prikazuje brojne međudnose, od kojih svaki može u pojedinom području ili vremenu dobiti ključni značaj. Ilustracija: Cambridge University Press – za treći izvještaj IPCC-a

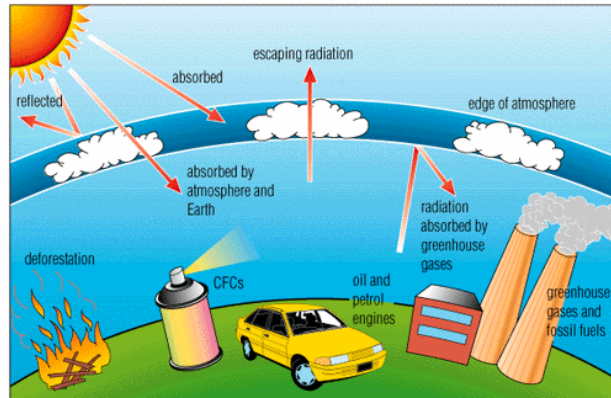
2. EFEKAT STAKLENIKA

Efekat staklenika je prirodni proces koji pospješuje zagrijavanje Zemljine površine i atmosfere. Sunce zrači kratko-talasnu energiju, uglavnom u vidljivom i ultravioletnom dijelu

elektromagnetnog spektruma. Od prilike jedna trećina solarne energije koja dosegne vrh Zemljine atmosfere se reflektira direktno nazad u svemir. Preostale dvije trećine se absorbiraju u površini Zemlje i manjim dijelom u atmosferi. Da bi se balansirala absorpcija energije, Zemlja mora otpustiti, u prosjeku, istu količinu energije nazad u svemir. Pošto je Zemlja mnogo hladnija nego Sunce, ona emitira energiju sa dužim valnim dužinama, prvenstveno u infracrvenom dijelu spektruma. Atmosfera, uključujući oblake, absorbira većinu ove termalne radijacije otpuštene iz tla i okeana i vraća je na Zemlju. Ovo se zove efekat staklenika. Prirodni efekat staklenika zagrijava površinu Zemlje i time omogućava život na planeti. Bez njega bi na površini Zemlje vladale arktičke temperature od -18°C . Stakleničkom, *prirodnom* efektu najviše doprinose vodena para i staklenički gasovi, čija koncentracija u troposferi ne prelazi 0,1%. Međutim, ljudske aktivnosti, prvenstveno sagorijevanje fosilnih goriva i uništavanje šuma, su znatno pojačale intenzitet prirodnog efekta staklenika, uzrokujući globalno zagrijavanje. Efekat staklenika se povećava povišenom koncentracijom stakleničkih gasova koje emituju industrijska postrojenja širom svijeta (nuklearne elektrane, termoelektrane, željezare, toplane, fabrike papira i celuloze, pogoni za proizvodnju i preradu pamuka i tekstila, pogoni za obradu drveta, fabrike za obradu i proizvodnju metala). Povećane emisije navedenih gasova polako, ali efikasno uništavaju zaštitni sloj ozona u stratosferi, što se prvenstveno očituje u povećanju temperature, i lakšem prodiranju štetnih ultraljubičastih zraka. [3,5,7]

Ugljen dioksid, CO_2 , nastao sagorijevanjem fosilnih goriva, zadržava sunčevu toplotu poput stakla u stakleniku. Koristeći tehnologiju baziranu na ovim gorivima, čovjek je u 19 i 20 vijeku u tolikoj mjeri poremetio ravnotežu gasova i energije primljene od Sunca i one koju Zemlja zrači da je planeta počela značajno da se pregrijava, a klima radikalno mijenja. CO_2 je odgovoran za 90% zagrijavanja u proteklih 10 godina, a proizvodi se najvećim dijelom ljudskom aktivnošću. Pored CO_2 , značajni i veoma štetni staklenički gasovi su metan (CH_4), novi hlorofluorouglijci ili hlorofluorouglijkovodici (CFC, CFCH), ozon (O_3), budući oksid (N_2O) i ostali gasovi. Metan, drugi po negativnom efektu, zastupljen je u atmosferi sa oko 4,9 Gt. [5,9] Najviša mu je koncentracija na sjevernoj polulopti, i to u proljeće, a najniža na južnoj u jesen. Smatra se da najviše metana dolazi iz antropogenih izvora (rižina polja, uzgoj goveda, deponije smeća, fosilna energija). [5,7,10]

Niskomolekulrani, posve ili djelomično halogenirani ugljikovodici, hlorofluorouglijci, prvenstveno nastaju u hemijskoj industriji. Ovi spojevi su neotrovni, nezapaljivi, termički i hemijski stabilni. Koriste se za proizvodnju stiropora, plinova u sprej-bočicama, nalazimo ih kao sredstva za hlađenje u hladnjacima i klima uređajima, koriste se i za razrijeđivanje boja i lakova, za čišćenje elektronskih uređaja i odjeće, u poljoprivredi i medicini itd. CFC spojevi su veoma razorni čak i pri vrlo niskim pptv-koncentracijama. Neophodno je spomenuti i halone kao što su CF_2ClBr , CF_3Br ili CH_3Br koji se upotrebljavaju kao antipiretici, a pripisuje im se visoka efikasnost u uništavanju ozona. Budući oksid (N_2O) ili „veseli gas“ je također jedan od značajnijih stakleničkih plinova. U atmosferu se emituje nitrificirajućim i denitrificirajućim bakterijama u pregnojim tlima modernog obrađivanja zemljišta, zatim u tropskim šumama i okeanima. Molekule N_2O u atmosferi mogu ostati i oko 120 godina, a staklenički efekat im je oko 220 puta veći od CO_2 ! [1,7,10]



Slika 2. Grafička reprezentacija stakleničkog efekta i zagrijavanja atmosfere.
www.myclimatechange.net

3. HIDROSFERA – ZAGAĐENJE I DRUGE OPASNOSTI

Naravno svi ovi gasovi ispušteni u atmosferu imaju i izrazito negativan uticaj na vodene površine – okeane, mora, rijeke, jezera. Osim navedenih gasova u atmosferu se ispuštaju i sumporni dioksid (SO_2) i dušični oksidi (NO , NO_2). Procjenjuje se da se godišnje u atmosferu ispusti 150 miliona tona sumpora (uglavnom iz termoelektrana) i 49 miliona tona dušika (uglavnom iz motornih vozila). [1] U atmosferi nastaje sumporna kiselina složenim oksidacionim procesima u gasovitoj i tekućoj fazi, te na površini aerosola. Još su složenije reakcije koje dovode do tvorbe dušične kiseline. Oborinama se ove kiseline iznose iz oblaka ili iz atmosfere, pa tada dolazi do „mokre depozicije“. Pored ovoga, i poljoprivreda doprinosi emisiji dušika sa 54 miliona tona godišnje u obliku amonijaka (NH_3) koji se pretvara u amonijum (NH_4^+) i oborinama vraćen na zemlju doprinosi eutrfikaciji, a poslije nitrifikacije i zakiseljavanju. [4,9,10] Neupitno je veliko zagađivanje vodenih površina što predstavlja ozbiljnu prijetnju za život mnogobrojnih biljnih i životinjskih vrsta koji žive u vodi ili su direktno vezani za nju.

Danas je zbog zagrijavanja atmosfere aktuelno i smanjenje snježnog pokrivača i otapanje polarnih ledenjaka i glečera na Alpama. Sve ovo se može vrlo negativno odraziti na puteve najvažnijih okeanskih struja, što direktno utiče na raspored klimatskih prilika na zemlji. Navodi se da je 2005 godine zapadna Antarktika bila suočena s najgorim topljenjem leda ikad zabilježenim tokom tri desetljeća promatranja pomoću satelita. Također, ako se atmosfera nastavi zagrijavati ovakvim intenzitetom, narast će i nivo morske vode. Taj nivo je, po procjenama, već u 20 vijeku narastao za 15 cm, a klimatski modeli predviđaju porast za oko 35 cm do 2100 godine. [1,4,6]

4. RAZGRADNJA STRATOSFERSKOG OZONA

Ozon, zaštitni stratosferski sloj koji štiti živa bića od štetnih ili čak smrtonosnih ultraljubičastih zraka Sunca (UV-C i UV-B) je u izuzetnoj opasnosti i već je ozbiljno narušena njegova struktura. Veći dio ozona (oko 90%) nalazi se u stratosferi između 20 do 30 km visine. Danas su u ozon umiješani hlorofluorouglijci (CFC spojevi), haloni i drugi gasovi. Ragrađnjom ozonskog sloja nastaju tzv. ozonske rupe. Za praćenje nastanka i razvoja ozonskih rupa u orbitu je poslano nekoliko satelita. Snimanja (mreža snimanja pomoću Dobsonovih spektrometara, snimanja iz aviona, kao i upotreba satelita *Nimbus 7*) su pokazala

čvrstu povezanost između postupne razgradnje ozona i emisije CFC-spojeva. Ozonske rupe, posebno su karakteristične za arktička područja, no sve više i više postaju i globalna pojava. Jedna od najtežih posljedica antropogene razgradnje stratosferskog ozona je povećano ultraljubičasto zračenje. Ovo zračenje je izuzetno štetno za živa bića, jer uzrokuje promjene u građi ćelija i trajne mutacije DNA sekvence. U velikim količinama UV zrake mogu dovesti do oštećenja imunološkog sistema, upala i oštećenja kože, očnih bolesti, a također se smatra da UV-B zrake stvaraju preduslove za virusne i druge infekcije. Pored toga, danas je povećana bolest raka kože što se smatra direktnom posljedicom prekomjernog ultravioletnog zračenja. Ova bolest je naročito izražena u Australiji, gdje je oštećenje ozonskog omotača najizraženije. [4,8,6]

Štetno djelovanje UV zraka vidljivo je i na cjelokupnom ekosistemu. Tako su eksperimenti pokazali da pod povećanim UV zračenjem mnogobrojne vrste ili podvrste bilja i šumskog drveća imaju niži rast, kraće članke stabljika, i nižu produkciju biomase. [1] Osim toga evidentan je uticaj na cvjetanje, razvoj peluda, veličinu i količinu sjemena. To sve se prenosi na organizme koji se hrane biljem ili su s njim prostorno povezani (različiti kukci, gljive, bakterije i dr.) što znači da postoji lančano / kružno štetno djelovanje. Također, biogehemijski kružni tokovi u prirodnim kopnenim ekosistemima doživljavaju promjene pod jačim djelovanjem UV zraka. Promjene u hranidbenom sistemu mijenjaju i konkurentnu sposobnost pojedinih vrsta što dovodi do promjena u strukturnoj građi. Laboratorijski, i terenski eksperimenti sve više potvrđuju tezu da, kako su svi ekosistemi povezani, postoji zajedničko djelovanje (odnosno međusobna uslovljenost) UV zraka, povišene koncentracije CO₂, povišene temperature i umanjeње opskrbe vodom. [8,9]

Dokumentovano je i štetno djelovanje UV zraka na vodene površine i akvatične ekosisteme. To se uglavnom odnosi na fitoplankton i zooplankton morskih i okeanskih megaekosistema, koji nisu razvili organe u mjeri u kojoj su ih razvile kopnene biljne i životinjske vrste. Budući da oni predstavljaju osnovu prehrambenih lanaca, neprocjenjiv je njihov značaj za cjelokupni život u moru. Uočeno je da je kod morskih algi došlo do smanjenja pokretljivosti, gubljenja orijentacije, manje razvijanje pigmenta za asimilaciju, reduciranje nitrogeze (opskrba dušikom). Ovim se smanjuje primarna neto-produkcija što značajno utiče na lance ishrane. Istraživanja obavljenja na Antarktiku pokazala su da je umanjeња primarna produkcija fitoplanktona za 0-12% (max 30%). I sekundarni producenti, od zooplanktona do riba grabljivica su pogođeni štetnim djelovanjem UV zračenja, koje može dovesti do postupnog nestanka ili smanjenog sudjelovanja pojedinih vrsta. Smatra se da je nestajanje i smanjenje životnog prostora pojedinih vodozemaca i korala povezano sa UV zračenjem, kao i ograničavanje dejstva bakterija u vodi. [5,8,9]

5. NEKA OD NAJZANIMLJIVIJIH MIŠLJENJA I PREDVIĐANJA O KLIMATSKIM PROMJENAMA

Procjenjuje se da će prosječna globalna temperatura do 2100 porasti za 2(+/-1)°C što bi bio najviši rast temperature u posljednjih 10.000 godina. Prije dvije godine New Scientist je objavio rezultate istraživanja provedenog na Univerzitetu u Leedsu prema kojima će do 2050 godine četvrtina kopnenih životinja i biljaka doći do ruba istrebljenja. Prema procjenama udruženja za zaštitu okoliša World Wild Fund, Evropa bi mogla ostati bez 38%, a Australija bez 72% ptičjih vrsta. Klimatske promjene utiču na ponašanje ptica pa se neke selice više uopšte ne sele.

Stručnjaci ocjenjuju da tehnologije i mjere potrebne za borbu protiv klimatskih promjena već postoje i da su samo potrebne političke odluke. Kako bi se smanjila zagađenost i zagrijavanje atmosfere koju izaziva emitirani CO₂, posljednjih godina se sve više proučava mogućnost (i karakteristike) biogoriva koji bi se koristilo kao pogonsko gorivo umjesto benzina, nafte ili plina. Proučavanjem se ustanovilo da emitirani produkti nastali sagorijevanjem biogoriva mnogo manje zagađuju atmosferu. Ono već u razvijenim zemljama ima i relativno širu primjenu. Ipak, najnoviji podaci govore da ni ono nije toliko bezopasno – čak suprotno. Evropska komisija je relativizirala nalaze Zajedničkog istraživačkog centra (JRC), naučnog tijela Opšte uprave EK za nauku i istraživanja, prema kojima bi prijedlog da se 10% energetske potrebe EU zadovoljava biogorivima mogao izazvati veće probleme nego globalno zagrijavanje. [3] Kao razlog se navodi sječa i paljenje šuma zbog sadnje biljaka od kojih se biogorivo proizvodi, kao i činjenica da se za njegovu proizvodnju moraju koristiti i fosilna goriva (npr., za pogon kombajna). To sve, prema JRC-u, dovodi do povećanja, umjesto smanjenja, emisije stakleničkih gasova. Također, sve su učestalija testiranja i hidrogena – još jednog alternativnog pogonskog goriva. [3,7]

6. ZAKLJUČAK

Iz svega ovoga da se zaključiti da je čovjek glavni krivac za zagađivanje Zemlje, atmosfere, klimatske promjene i sve ono što to nosi sa sobom. Nekontrolisana industrijska proizvodnja, emisije štetnih gasova, neadekvatno odlaganje različitih vrsta otpada (tzv. divlje deponije) vode ka mijenjanju sastava atmosfere, uzrokuju štetne fizikalne i hemijske procese koji se u njoj odigravaju. Čovjekovo zdravlje, njegov opstanak, ali i opstanak ostalih biljnih i životinjskih vrsta, izvora pitke vode i hrane ozbiljno su dovedeni u pitanje. Dolazi se do zaključka da je najveći problem naći balans između industrijskog napretka i očuvanja okoliša, odnosno atmosfere. Dakle, primarno je, prije svega, da čovjek shvati da je on dio prirode, a da je priroda dio njega i uništavajući prirodu on uništava samoga sebe. To je nepobitna činjenica!

7. LITERATURA

- [1] Glavač, V.: *Uvod u globalnu ekologiju*, Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb, 2001.
- [2] Kerr, R.: Atmospheric science, Pollute the planet for climate's sake?, *Science* 314 (5798): 401–3, Oct 2006, NY
- [3] Read, P.: Bio-energy with carbon storage (BECS): A sequential decision approach to the threat of abrupt climate change. *Energy* 30: 2654, 2005.
- [4] Chen, J., Wilson, C., Tapley, B.: Satellite Gravity Measurements Confirm Accelerated Melting of Greenland Ice Sheet, *Science* 313 (5795): 1958–1960, 2006.
- [5] Shaffer, G.: Long-term ocean oxygen depletion in response to carbon dioxide emissions from fossil fuels, *Nature Geoscience*, 2009.
- [6] Palutikof, J., Subak, S., Agnew, M.: Impacts of the exceptionally hot weather in 1995 in the UK, *Climate Monitor* 25 (3), 1996.
- [7] Kinney, P.: Climate change, air quality, and human health, *Am. J. Prev. Med.*, 35(5):459-67, Nov 2008.
- [8] McKenzie, R., Björn, L., Bais A., Ilyasad M.: Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *Photochem Photobiol Sci* Jan 2(1):5-15, 2003.
- [9] Krupa, S., Kickert, R. The Greenhouse effect: impacts of ultraviolet-B (UV-B) radiation, carbon dioxide (CO₂), and ozone (O₃) on vegetation. *Environ Pollut.* 61(4):263-393, 1989.
- [10] Karlén W.: Recent changes in the climate: natural or forced by human activity? *Ambio Spec. No* 14:483-8, Nov, 2008