

GORUĆI PROBLEM KLIMATSKIH PROMJENA NA ZEMLJI

STRUČNI ČLANAK

GORDANA MEDUNIĆ

Onečišćenje atmosfere i globalno zagrijavanje više nije marginalna tema. Treba odati ogromno priznanje pojedincima diljem svijeta koji se bore s posljedicama ovog više nego ozbiljnog problema. Vijesti o budućim klimatskim trendovima sve više obiluju uskličnicima, a sve manje upitnicima. Obimna višegodišnja istraživanja kemizma atmosfere ukazuju na svu složenost i nepredvidivost sustava, a nbrojeni izvori njezina onečišćenja predstavljaju samo dio ukupne slike. Najnovija znanstvena izvješća prožeta su zebrnjom da je ljudska civilizacija dosegla rub ponora zbog svog sebičnog i nepromišljenog ponašanja prema Zemlji. Neupitna je potreba za hitnom i neodgodivom suradnjom svih dionika s ciljem rješavanja, ili barem ublažavanja ovog gorućeg problema. Svrha ovog rada je dvojaka: 1/ objasniti osnovni mehanizam učinka staklenika te 2/ predstaviti najveće izvore onečišćenja atmosfere (s naglaskom na toplinskom otpadu, eng. heat waste, povezanom s potrošnjom fosilnih goriva), ali i neke manje poznate, no ne manje važne probleme, npr. kako digitalna revolucija utječe na stanje okoliša te kako neodgovorno zbrinjavanje otpada utječe na klimatske promjene. Cilj rada je potaknuti na promišljanje o razmjerima ovdje izloženih problema onečišćenja okoliša te hitnosti njihova rješavanja, ne sutra, nego već danas, jer znanost zna da je dragocjeno vrijeme prokockano.

Ključne riječi: klimatske promjene, ugljik, učinak staklenika, atmosfera, fosilna goriva

Uvod

Suvremene klimatske promjene sve više postaju gorući problem, ne samo figurativno već i doslovno. Zbog toga ih je puno primjerenije nazvati globalnim zagrijavanjem. Srpanj i kolovoz 2021. ostat će zapamćeni po nizu katastrofalnih požara i poplava diljem svijeta, čija je razorna snaga pogodila tisuće kućanstava te prouzročila nemjerljivu materijalnu štetu na privatnoj i društvenoj imovini (sl. 1).

Sve je to cijena munjevita tehnološkog napretka modernog društva u zadnjih 200 godina, s kojim se istovremeno odvija nemilosrdno

onečišćenje našeg planeta rastućim brojem kemijskih tvari. Brojni stručnjaci smatraju da je riječ o golemu, nehotičnu i neupravljivu eksperimentu s našim okolišem, prvenstveno atmosferom (URL 1). Zabrinutost izaziva činjenica da su se neki kemijski procesi, koji su imali razorne posljedice po okoliš (npr. stradavanje jezerskih ekosustava zbog kiselih padalina), neprimijećeno odvijali desetljećima, a nakon što su gotovo preko noći doveli do ekoloških katastrofa, bilo je prekasno za djelovanje. Slično je bilo i sa štetnim freonima, spojevima odgovornima



Sl. 1. Šteta od poplava (srpanj 2021.) u gradu Erftstadtu, jugozapadno od Kölna, u saveznoj državi Sjeverna Rajna-Vestfalija u zapadnoj Njemačkoj.

Fotografija: David Young/dpa/picture alliance via Getty Images (<https://nymag.com/intelligencer/2021/07/devastating-scenes-after-deadly-floods-in-germany-belgium.html>).

za oštećenje stratosferskog ozonskog sloja, ali i jednima od krivaca u priči o globalnom zagrijavanju. Njihov tvorac bio je Thomas Midgley Jr. (URL 2), čija su dva višestruko nagrađivana i sveprisutna kemijska izuma (freoni i olovni benzin) daleko najviše naštetili okolišu i ljudskom zdravlju, a čije će posljedice osjećati još brojne buduće generacije (URL 3). Tragično je da stanje planeta Zemlje te zdravlje ljudi ovise ponajviše o dobroj volji ekonomsko-političkih moćnika, čija su tržišno-profitna korporativna stremjenja u izravnom sukobu sa znanstvenim spoznajama o onečišćenju okoliša. Njihovi sebični stavovi svode se na slijepo osporavanje potencijalnih opasnosti novih proizvoda i procesa po okoliš i ljudsko zdravlje, ponajviše zbog profita. Nažalost primjera je bezbroj, a dva najpoznatija su ona o umanjivanju opasnosti duhanskog dima (Brownell i Warner, 2009)

te toksičnosti pesticida DDT, o čemu je pisala Rachel Carson u svojoj knjizi *'Silent spring'* (URL 4). Kada je riječ o tzv. klimatskim skepticima, do njih teško dopire istina o brojnim, znanstveno utemeljenim dokazima o kolebljivosti i nepredvidivosti klime na Zemlji (URL 1). Opći stav da su ljudi svojim aktivnostima doveli do recentnog globalnog zagrijavanja dijeli oko 90% klimatskih znanstvenica i znanstvenika (Cook i dr., 2016). Nedavni dramatični prizori poplava (Njemačka) i požara (Grčka) podudaraju se s reakcijama i aktivnostima europskog čelništva, koje je uvođenjem novih zakona u smislu zelene tranzicije odlučilo stati na kraj neobuzdanoj bahatosti i pohlepi naftne industrije. Riječ je o jednoj od najmoćnijih svjetskih industrija te najvećem proizvođaču fosilnog goriva čija je uporaba glavni krivac globalnog zagrijavanja (URL 5). Premda hvalevrijedna, ova vijest ne budi pretjerani optimizam jer su klimatske promjene globalnih prekograničnih razmjera, zbog čega su potrebne prvenstveno globalne strategije prilagodbe klimatskim promjenama. Naime, ekonomski bogate države trebaju i moraju pokazati daleko više socijalne osjetljivosti i solidarnosti (tzv. okolišni rasizam i pravda, eng. *environmental racism and justice*) sa siromašnijim državama i onima u razvoju po pitanju pravednije raspodjele tereta u borbi s klimatskim promjenama (URL 6).

Svrha ovog rada je objasniti osnovne mehanizme globalnog zagrijavanja, ukratko predstaviti najveće izvore onečišćenja atmosfere, iznijeti neke prijedloge mogućih rješenja ovog problema te navesti primjere društvenih suradnji na temu upoznavanja javnosti o dotičnim temama. Cilj rada je podići svijest ljudi da je kvaliteta životno važnog resursa kao što je atmosfera ozbiljno ugrožena, ali i cijelog ekosustava na površini Zemlje, a time i opstanka svih nas kao vrste. Ljude treba suočiti s jednostavnom činjenicom da će neumjerena potroš-

nja fosilnih goriva, sječa šuma, gomilanje otpada, blagi zakoni te društvene nepravde sve nas, a prvenstveno naše potomke dovesti ravno do ponora klimatskog kaosa.

Učinak staklenika (mehanizmi globalnog zagrijavanja)

Zrak koji udišemo je svojevrsni divovski nevidljivi laboratorij u kojem se odvija gigantski broj vrlo složenih i običnu čovjeku vrlo teško razumljivih kemijskih i fizikalnih reakcija. U nekima od njih glavne uloge imaju sunčeva energija i kemijski element ugljik. Međutim, prije nego što objasnimo često spominjani učinak staklenika, potrebno je navesti sljedeću manje poznatu činjenicu: Zemlja je većim dijelom svoje povijesti općenito bila vruća, posve lišena trajnog leda, a danas živimo u još uvijek prilično ledenom dobu (blažem doduše od onih iz davnina kada je pod ledom bilo 30 % kopna, za razliku od današnjih 10 %) (Schultz, 1974). Sadašnja ledena epoha započela je prije 40 milijuna godina, a u posljednjih 2,5 milijuna godina bilo je najmanje 17 oštrih oledbi. Mi živimo u toplu međuoledbenu razdoblju koje je započelo prije 11 000 godina, a razlozi oledbi leže u nastanku Panamske prevlake (URL 7) koja je promijenila smjer oceanskih struja, dok je izdizanje Himalaje utjecalo na cirkulaciju atmosfere (URL 8). S današnjom prostornom raspodjelom oceana i kontinenata led bi trebao biti dio naše budućnosti na dugi rok, jer geoznanosti predviđaju još oko 50 oledbi, od kojih bi svaka trajala oko 100 000 godina (McPhee, 1983). Riječ je o prirodnim i vrlo polaganim kolebanjima klime na Zemlji, tijekom tisuća ili desetaka tisuća godina, kao sveukupni rezultat sitnih, ali kozmičkih promjena (pomaci Zemljine orbite, kolebanje Zemlji-

ne osi i varijacije Sunčeve energije) poznatih kao Milankovićeve ciklusi. Klimatske promjene uzrokovane ljudskim faktorima puno su drukčije. Po prvi put u milijardama dugoj povijesti Zemlje mi mijenjamo najveći geofizički sustav na planetu – klimu – i to činimo munjevitom brzinom (desetljeća, godine), s posljedicama koje tek odskora počinjemo shvaćati (URL 9). Paleoklimatološki podaci (npr. kemizam profila jezgri antarktičkog leda) nisu utješni jer pokazuju svojevrsno posrtanje Zemlje između ugodno toplih i nemilosrdno hladnih razdoblja u njezinoj novijoj (zadnjih nekoliko milijuna godina) povijesti (Stevens, 2001). Ta topla razdoblja imamo zahvaliti učinku staklenika; zašto zahvaliti kada ga se spominje u kontekstu klimatskih promjena? To je stoga što bez učinka staklenika ne bi bilo života na Zemlji, barem ne ovakvog kakav vidimo oko sebe, jer bi prosječna temperatura na Zemlji bila u debelom minusu, a kopno pod kilometarskim naslagama leda. Bez učinka staklenika i toplija i hladnija razdoblja bila bi hladnija nego što jesu, odnosno nego što su bila. Dotični mehanizam najbolje je opisao James Hansen (URL 10) izjavivši da je svaka nova količina ugljikova dioksida (CO_2), ispuštenog prvenstveno potrošnjom fosilnih goriva, novi prekrivač pod kojim se sve više zagrijavamo. Sunce emitira (kratkovalnu) radijaciju koja prolazi kroz atmosferu jer je ona uglavnom propusna za Sunčevu (kratkovalnu) radijaciju. Zemljina površina apsorbira tu radijaciju te i sama postaje izvor zračenja te zrači toplinsko ili infracrveno zračenje, a koju trebaju molekule svih stakleničkih plinova, a ne samo CO_2 . Laički i slikovito, sportaši nakon natjecanja ili treninga (rad), koji su prethodno u sebe unijeli nutritivno kvalitetnu hranu ('visoka' energija), isijavaju oko sebe toplinu ('niska' energija). Ta njihova toplina većini nas ne znači ništa, ali sigurno bi dobro došla nekome tko je boravio u hladniji



Sl. 2. Ostaci nekadašnjeg obalnog naselja negdje u Bangladešu, nastradali zbog porasta razine mora.
Fotografija: (http://www.change-climate.com/Sea_Rising_Levels_Rise.htm).

u ljetnoj odjeći dulje od 5 minuta. Slično tome, Sunce nam neprestano šalje enormne količine svoje energije, koja u dodiru sa Zemljom obavi izvjesni rad (fizika!) te se potom pretvori u toplinu (infracrveno zračenje), koja sada služi kao nečija nutritivno kvalitetna hrana. Naime, molekule CO_2 u zraku su svojevrсни sportaši, koji baš tu toplinu trebaju za svoje svakodnevne aktivnosti (rotacije, vibracije, itd.) te će poput sportaša isijavati toplinu natrag prema Zemlji. Tim procesom dolazi do pojačanog učinka staklenika i energijske neravnoteže, što za sobom povlači cijeli niz problema (npr. porast morske razine) s kojima se suočava uglavnom veći dio stanovništva na Zemlji nastanjen u siromašnim državama i onima u razvoju, ponajviše u priobalnim regijama (sl. 2). Opisani proces je prirodni proces učinka staklenika. Do neravnoteže dolazi dodatnom emisijom CO_2 i ostalih stakleničkih plinova što je posljedica aktivnosti čovjeka, odnosno spaljivanja fosilnih goriva.

Ta energijska neravnoteža (eng. *energy imbalance*) znači da nam dolazi više energije nego što odlazi i tako sve dok Zemljina atmosfera (troposfera) ne zrači u Svemir onoliko energije koliko je Zemlja primila od Sunca; drugim riječima, do te neravnoteže ne bi došlo da je nešto te topline (misli se na dodatnu toplinu koja je „zarobljena“ zbog povećane koncentracije CO_2 i ostalih stakleničkih plinova) moglo (ili stiglo) pobjeći u Svemir. To znači da se sve više energije zadržava u prizemnom dijelu atmosfere (troposfera), jer se globalnim zagrijavanjem (troposfere) stratosfera hladi. O tome je James Hansen, aktivist i veteran znanosti o klimatskim promjenama (URL 10) iznio 2012. godine sljedeće šokantne podatke: budući da je danas tu energijsku neravnotežu moguće precizno odrediti mjerenjem količine topline u Zemljinim toplinskim rezervoarima (tj. spremnicima), od kojih je ocean najveći, mjerne postaje pokazale su da njegova gornja polovica prima toplinu znatnom brzinom, dok se njegove velike dubine zagrijavaju sporije.

Ta energija troši se na otapanje leda (Arktik, Antarktika, itd.), a zagrijavanje kopna seže do dubina od nekoliko desetaka metara. Ukupna energijska neravnoteža tada (2012.) iznosila je 0,6-0,8 wata po metru kvadratnom, što možda ne zvuči mnogo (od Sunca primamo 235 wata po metru kvadratnom), ali to kada se zbroji za cijeli svijet dobije se ogromna brojka. Ona je bila 20 puta veća od količine energije koju je tada bilo trošilo cjelokupno čovječanstvo, a bila je usporediva s eksplozijama 400 000 atomskih bombi (one bačene na Hirošimu 1945.) dnevno, 365 dana u godini (URL 10)! Upravo je to višak energije koji se na Zemlji nakuplja svaki dan. Dotična neravnoteža podrazumijeva da hitno moramo smanjiti koncentraciju CO₂ u atmosferi. Ona je 2012. godine iznosila 391, a 2019. godine 410 molekula CO₂ na milijun molekula zraka (ppm, eng. *parts per million*). Početkom lipnja 2022. ta je koncentracija prvi put premašila 420 ppm. Tu bi koncentraciju trebalo smanjiti na 350 ppm kako bi se uspostavila kakva-takva energijska ravnoteža i spriječilo daljnje zagrijavanje našeg planeta.

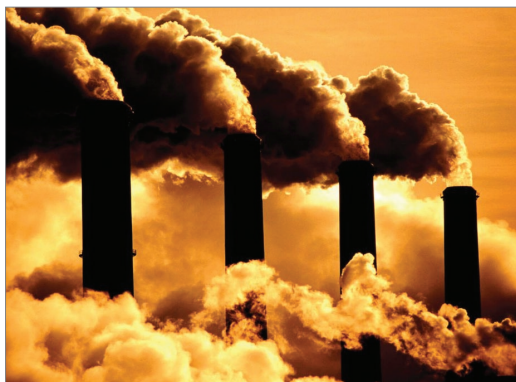
Glavni izvori onečišćenja atmosfere u smislu globalnog zagrijavanja

Prije upiranja prsta u ljude kao glavne krivce za zabrinjavajući, vrtoglavo brzi porast CO₂ u atmosferi, treba reći da prirodni izvori CO₂ daleko nadmašuju one antropogene. Međutim, problem je u tome što antropogeni izvori narušavaju prirodnu ravnotežu kruženja ugljika u prirodi, koja je postojala prije industrijske revolucije. U drevnim vremenima (prije pojave ljudi, tj. prije nekoliko stotina milijuna godina), CO₂ iz prirodnih izvora se polagano (tisućama godina) pohranjivao u Zemljinim ekosustavima te je razina CO₂ bila prilično stabilna (<300 ppm), za-

hvaljujući toj prirodnoj ravnoteži (URL 11). Ljudi nisu svjesni važnosti ugljika, jednog od glavnih biogenih kemijskih elemenata, u odvijanju iznimno složenih procesa na Zemlji, koji obuhvaćaju cijeli niz domena, kako prirodoslovnih (fizikalni, kemijski i biološki elementi okoliša), tako i onih gospodarskih (poljoprivreda, stočarstvo, šumarstvo, itd.) te društvenih (socio-ekonomski, politički i ini čimbenici). Kada je riječ o geografiji, ugljik bi bio uistinu ujedinjujuća tema unutar dotičnog polimatskog predmeta pomoću koje bi se povezala društvena s fizičkom geografijom. Stoga je potrebna šira interdisciplinarna sinteza kojom bi se objedinile i objasnile veze između znanosti, društva i okoliša. Dakle, upravo je ugljik takva tema koja obuhvaća napredne tehnologije te dovodi u vezu društvene i prirodne znanosti unutar vremenskih i prostornih okvira (Mannion, 2006). Ugljik je glavna komponenta u procesu prijenosa vitalne energije o kojoj ovisi opstanak svih biljaka i životinja. Ne računajući ljude, razmjena ugljika s atmosferom te među organizmima obuhvaća sljedeće procese: 1/ fotosintetska proizvodnja hrane, 2/ prienos energije sadržane u hrani duž hranidbenih lanaca te 3/ disanje (odnosno razgradnja organske tvari nakon uginuća organizma). Ljudi, pak, oduvijek nastoje poboljšati svoj položaj u svijetu aktivnim potčinjavanjem (ili pripitomljavanjem, eng. *domestication*) ugljika s ciljem pridobivanja energije iz hrane (poljoprivreda i stočarstvo) i fosilnih goriva (pogonska sila industrijskog razvoja). Time su znanstveni i tehnološki izumi poduprli razvojne te popratne socio-ekonomske i demografske procese u društvu, ali istovremeno izazvali i neželjene promjene u okolišu. Premda znatno manjih razmjera nego danas, onečišćenje okoliša seže u prapovijest (metalno doba, više od 7000 godina), a imalo je veze s taljenjem ruda. Danas su glavni tipovi onečišćenja okoliša povezani s izgaranjem fosilnih goriva i

industrijalizacijom, a riječ je o kiselim padalinama, porastu količina toksičnih metala (Pb, Cd, Cr, Zn, Ni, itd.) u okolišu (tlo, voda, usjevi, itd.) te nakupljanju stakleničkih plinova u atmosferi. Navedena onečišćenja okoliša međusobno su usko isprepletena jer bez fosilnih goriva nije moguć rad talionica, a i sama goriva (pogotovo ugljen!) također sadrže te metale koji se oslobađaju u radnom procesu, dok se dio oslobođenih CO_2 i SO_2 veže s vlagom u zraku dajući kisele padaline. Da stvar bude gora, sva su ta onečišćenja okoliša prisutna posvuda u svijetu, s tim da su kisele padaline i taloženje metala puno teži problemi u industrijski razvijenim zemljama sjeverne polutke. Kada je riječ o klimatskim promjenama, antropogeni CO_2 i CH_4 (metan, inače daleko snažniji staklenički plin u odnosu na CO_2) pojačavaju postojeći prirodni učinak staklenika (onaj izazvan prirodnim koncentracijama dotičnih plinova). Drugi plinovi poput freona, vodene pare, dušikovih oksida i troposferskog ozona također pridonose globalnom zagrijavanju. S obzirom na to da svjetska potrošnja fosilnih goriva ne jenjava, za očekivati je da će ovaj trend globalnog zagrijavanja u budućnosti samo jačati. Globalne klimatske promjene utjecat će na fizičkogeografske i ekološke čimbenike raspodjele ugljika, odnosno na raspodjelu, sastav i funkcioniranje svjetskih ekosustava i poljoprivrednih sustava, kao i na obrasce ljudskih naselja, zdravlje i gospodarske aktivnosti.

Sada slijedi najveće pitanje oko kojega se lome koplja kada je riječ o klimi i CO_2 : u kojoj je mjeri porast razina CO_2 posljednjih desetljeća posljedica ljudskih aktivnosti? Kratko i jasno, stav Međuvladina panela o klimatskim promjenama (IPCC, eng. *Intergovernmental Panel on Climate Change*) glasi: emisije CO_2 zbog sagorijevanja fosilnih goriva (tj. ugljika, sl. 3) glavni su uzrok globalnog zagrijavanja! Primjerice, u 2018. godini potrošnja fosilnih goriva (promet

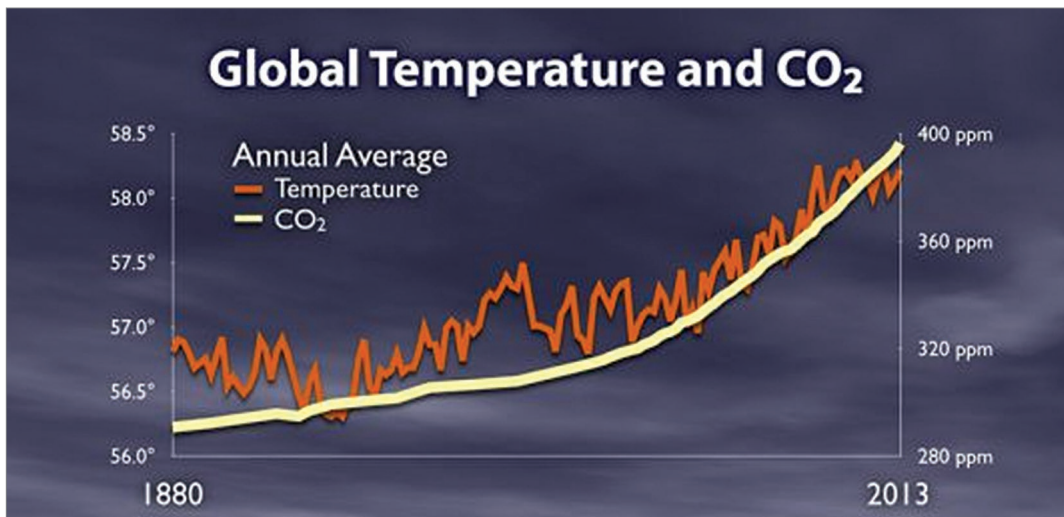


Sl. 3. Onečišćenje atmosfere uzrokovano sagorijevanjem fosilnih goriva.

Fotografija: (<https://theearthproject.com/fossil-fuels-bad-environment/>).

na prvom mjestu) i s njom povezane industrijske djelatnosti bile su izvori 89 % globalnih emisija antropogenog CO_2 .

Pri tome treba naglasiti da je ugljen, najprljavije fosilno gorivo, odgovorno za više od 3/10 (ili 30 %) 1°C povećanih globalnih prosječnih temperatura, što ga čini pojedinačno najvećim krivcem globalna porasta temperature. Premda svakodnevno čujemo i vidimo unaprijed postavljeno pitanje, mi odgovor znamo jako dobro: sav nedavni (nakon početka industrijske revolucije) porast CO_2 u atmosferi posljedica je ljudskih aktivnosti (sl. 4) i oko toga današnja znanost nema više nikakvih dvojbi. Međutim, problem je u tome što su najuvjerljiviji znanstveni dokazi (analize izotopa i smanjena koncentracija kisika u atmosferi) široj javnosti nerazumljivi jer zahtijevaju dobro znanje prirodnih znanosti, fizike i kemije prije svega (URL 12). Pojednostavljeno, tijekom 100 godina (prosječno vrijeme zadržavanja neke molekule CO_2 u atmosferi) mjerodavna su samo dva spremnika koji prirodnim putem razmjenjuju ogromne količine CO_2 s atmosferom, a to su oceani i kopnena biosfera (šume i tlo). Sukladno prirodnim



Sl. 4. Grafički prikaz temperatura na Zemlji u odnosu na koncentracije CO₂ za razdoblje 1880. – 2013.

Izvor: (<https://news.climate.columbia.edu/2017/03/10/the-science-of-carbon-dioxide-and-climate/>).

zakonima ravnoteže (fizika i kemija!), masa ugljika ("C" u CO₂) mora biti očuvana (ili ista). Ako je porast CO₂ u atmosferi izazvan (barem djelomice) ugljikom ispuštenim iz oceana ili s kopna (dakle prirodno), znanstvenim bi se mjerenjima uočilo smanjenje ugljika u dotična dva spremnika. Međutim, broj takvih opažanja je ravan nuli, a broj opažanja porasta količine ugljika u globalnim oceanima (dakle antropogeno, jer se prema Henryevu zakonu CO₂ iz atmosfere otapa u vodi oceana) daleko je veći: to potvrđuje više od 20 objavljenih istraživanja provedenih pomoću 6 neovisnih metoda (URL 12).

Ljudi bi trebali bolje razumjeti zakone termodinamike (opet fizika i kemija!) kako bi shvatili da se ne možemo služiti neograničenim količinama energije unedogled. Potrošnjom energije uvijek nastaje toplina, a kako se ona zbog sve veće koncentracije stakleničkih plinova ne može emitirati u hladni Svemir, logično je da temperature na Zemlji moraju rasti. Naš nezasićeni apetit za energijom zapravo će

nas otjerati u propast umjesto u gospodarsko blagostanje. Ako želimo preživjeti, ljudi će morati naučiti živjeti štedljivije i s mnogo manje energije. Opasno rastuća potrošnja energije rezultira stvaranjem otpadne topline (eng. *waste heat*) koja se ne može raspršiti u Svemir (URL 13). Zemljinim zagrijavanjem sve se više vodene pare (snažan staklenički plin!) zadržava u atmosferi i time se zagrijavanje samo još brže pojačava; kako jedno vodi k drugome, tako se stvara sve veća tzv. petlja pozitivne povratne sprege (eng. *positive feedback loop*) te posljedično pojačani učinak staklenika (eng. *enhanced greenhouse effect*). Brojni stručnjaci smatraju da je kritična točka bez povratka (eng. *critical tipping point*) prijeđena jer su se razine metana u Zemljinoj atmosferi više nego udvostručile u posljednjih nekoliko desetljeća. Naime, metan je bio zarobljen u ledenim prostranstvima (uključujući i permafrost), ali njihovim otapanjem dolazi do njegova oslobađanja i ispuštanja u atmosferu. To bi moglo značiti početak snažne povratne petlje koja će gotovo sigurno dovesti

do vrlo ubrzanog globalnog zagrijavanja (URL 13). Umjesto da metan zadržimo zarobljen u Zemljinoj kori i dubokim oceanima, mi mislimo da možemo živjeti iznad zakona prirode i da imamo pravo iskoristiti svu energiju koja nam "treba" i koju želimo. Doista je nevjerovatno da međunarodni konzorcij (Kanada, SAD, Japan, Indija i Njemačka) već vadi metan iz zamrznutih metanskih klatrata (riječ je o metanu zarobljenom unutar kristalne strukture, odnosno rešetke, vode) i spaljuje dubokomorski metan kod sjeverne obale Kanade (URL 13). Čak i da sada svi prestanemo sa sagorijevanjem fosilnih goriva, planet će se i dalje zagrijavati još nekoliko desetljeća. Zemlja jednostavno teško podržava svih sedam i više milijardi nas, svakako ne naš današnji stil života koji zahtijeva nezastitnu potrošnju energije.

Kada je riječ o otpadu tj. smeću, priča je kratka i lako shvatljiva: način na koji njime upravljamo važan je čimbenik koji doprinosi klimatskim promjenama. Njegovim nepravilnim gospodarenjem zagađujemo zrak, tlo i oceane. Najčešće ga se rješavamo na otvorenim odlagalištima čijim se truljenjem (razgradnjom) stvaraju ogromne količine metana i CO₂. Budući da je danas otpad neizbježan, važno je

započeti s promjenama ponašanja, čak i malim koracima prema njima. Treba izbjegavati predmete za jednokratnu uporabu i odabrati izdržljive materijale koji se mogu koristiti više puta, osiguravajući da manje otpada završi na odlagalištima (URL 14).

I na kraju par riječi o digitalnom čimbeniku koji doprinosi klimatskim promjenama. Digitalno je fizičko. Svaki bajt podržan je jednim atomom i nema digitalnog bez električne energije. Svaka pojedina digitalna radnja zahtijeva potrošnju energije na Zemlji. Digitalna tehnologija može spasiti naš planet ako se pametno koristi, učiniti stvari produktivnijima i učinkovitijima te ekološki prihvatljivijima, uz poboljšanje životnog standarda. Nažalost, današnja digitalna tehnologija uništava naš planet jer bogatima pomaže da postanu superbogat, srednju klasu pretvara u siromašniju klasu, a onu nižu u sirotinju (URL 15). Čak 90 % Zemljinih resursa, koje pretvaramo u digitalne stvari, brzo završi kao otpad čiji je najveći dio beskoristan, otrovan i opasan. Posljednjih 40-50 godina svijet funkcionira na svojevrsni hiperpogon, trošeći sve na površini i u dubinama Zemlje brzinom koja nikada prije u ljudskoj povijesti nije bila viđena.

Zaključci

Ljudi moraju, trebaju i mogu poduzeti odlučne korake ka očuvanju okoliša. Načina ima bezbroj i moguće ih je provesti uz malo truda te uz nešto požrtvovnije i štedljivije ponašanje. U protivnom nam prijete strahovite promjene u ekosustavima. Opasnosti po okoliš i zdravlje ljudi sve su prisutnije, uključujući ekstremne vremenske uvjete, povećanu opasnost od požara, gubitak biološke raznolikosti i širenje zaraznih bolesti. Sve veća količina stakleničkih plinova izaziva zakiseljavanje oceana te izumiranje koralja i planktona, izlažući cijeli ekosustav novim životnim uvjetima, zbog čega se morski život ne uspijeva na vrijeme prilagoditi. Priroda je već sada vrlo krhka, a naša nepromišljena pohlepa i nemar uništavaju sav živi svijet te naš jedini dom, Zemlju. Naša proizvodnja energije, potrošnja proizvoda i neodgovorno gospodarenje otpadom izravno doprinose klimatskim promjenama kao posljedica ispuštanja CO₂ zbog sagorijevanja neobnovljivi-

vih fosilnih goriva. Rezultat je pojačani učinak staklenika, a time i porast temperature u atmosferi. U takvom svijetu bit će sve više klimatskih, a ne samo ekonomskih ili ratnim razlozima motiviranih izbjeglica. To bi se moglo dogoditi i državljanima Republike Hrvatske budući da ona pripada skupini od tri europske zemlje s najvećim ukupnim udjelom šteta od ekstremnih vremenskih i klimatskih događaja u odnosu na bruto nacionalni proizvod. Premda je Strategiju prilagodbe klimatskim promjenama Sabor usvojio 2020., ona se ne provodi jer još nije donesen prvi petogodišnji akcijski plan, a sadrži i regresivne planove s fosilnim gorivima. Nije samo Greta Thunberg nešto poduzela za bolje sutra našeg okoliša. Šestero mladih (u dobi od 9 do 22 godine) aktivista iz Portugala podnijelo je tužbu Europskom sudu za ljudska prava u Strasbourgu 2020., nakon 3 godine rada na njoj, što je prvi slučaj vezan uz borbu protiv klimatskih promjena, tražeći od 33 zemlje ambicioznije smanjenje emisija ugljika kako bi se zaštitila njihova buduća fizička i psihička dobrobit. Prelazak na čiste energije mora se znatno ubrzati, pogotovo u zemljama u razvoju na koje otpadaju 2/3 emisija ugljika povezanih s neobnovljivim izvorima energije. Znajući da im nedostaju ulagačka i inovacijska sredstva, odgovornost za shvaćanje ovog kompleksnog problema je, u konačnici, na bogatom svijetu. Budući da je ovdje izložen samo djelić priče o Zemljinim klimatskim promjenama, na vama je da čitate dalje i prenosite znanje drugima, ili – *spread the word, sharing is caring*. Znanost je predivna i red je da ju prigrlimo onako kako Zemlja nas grli ovih nekoliko milijuna godina našeg postojanja kao vrste. Nastavimo naša dva postojanja u harmoniji, jer drugog, dugoročno održivog izbora jednostavno nemamo.

Literatura

BROWNELL, K.D., WARNER, K.E., 2009: The perils of ignoring history: Big Tobacco played dirty and millions died. How similar is Big Food?. *The Milbank quarterly*, 87(1), 259–294.

COOK, J., ORESKES, N., DORAN, P.T., ANDEREGG, W.R.L., VERHEGGEN, B., MAIBACH, E.W., CARLTON, J.S., LEWANDOWSKY, S., SKUCE, A.G., GREEN, S.A., NUCCITELLI, D., JACOBS, P., RICHARDSON, M., WINKLER, B., PAINTING, R., RICE, K., 2016: Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, 11, 048002.

MANNION, A.M., 2006: *Carbon and its domestication*. Springer, The Netherlands.

McPHEE, J., 1983: *In suspect terrain*. Farrar, Straw and Girous.

SCHULTZ, G., 1974: *Ice age lost*. Garden City, N.Y., Anchor Press.

STEVENS, W.K., 2001: *The change in the weather: people, weather, and the science of climate*. Random House Publishing Group.

Izvori

URL 1: <https://www.newyorker.com/magazine/2002/01/07/ice-memory> (18.02.2022.)

URL2: <https://www.popsoci.com/humans-thomas-midgley-excerpt/>(18.02.2022.)

URL3: <https://interestingengineering.com/thomas-midgley-jr-the-man-who-harmed-the-world-the-most/>(18.02.2022.)

URL4: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=10898>(18.02.2022.)

URL5: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en(18.02.2022.)

URL 6: <https://niemanreports.org/articles/the-new-yorkers-elizabeth-kolbert-no-way-to-fight-climate-change-without-adhering-to-the-principles-of-environmental-justice/>(18.02.2022.)

URL 7: <https://geology.utah.gov/map-pub/survey-notes/glad-you-asked/ice-ages-what-are-they-and-what-causes-them/>(18.02.2022.)

URL 8: <https://www.scientificamerican.com/article/rise-of-the-himalayas-may/>(18.02.2022.)

URL 9: <https://www.forbes.com/sites/petergleick/2012/01/16/climate-change-disbelief-and-the-collision-between-human-and-geologic-time/?sh=2e32f0231bef>(18.02.2022.)

URL 10: <https://www.youtube.com/watch?v=fWInyaMWBY8>(18.02.2022.)

URL 11: <https://whatsyourimpact.org/greenhouse-gases/carbon-dioxide-emissions>(18.02.2022.)

URL 12: <https://www.realclimate.org/index.php/archives/2005/06/how-much-of-the-recent-cosub2sub-increase-is-due-to-human-activities/>(18.02.2022.)

URL 13: <http://www.zo.utexas.edu/courses/THOC/WasteHeat.html>(18.02.2022.)

URL 14: <https://www.green-sail.com/blog/how-does-poor-waste-management-affect-the-climate-change-crisis>(18.02.2022.)

URL 15: <https://gerrymcgovern.com/books/world-wide-waste/introduction-why-digital-is-killing-our-planet/>(18.02.2022.)



PRIMLJENO: 17. 2. 2022.

PRIHVACENO: 20. 7. 2022.

Prof. dr. sc. **GORDANA MEDUNIĆ**, mag. geogr.

Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, e-mail: gordana.medunic@geol.pmf.hr