

Pet do dvanaest za 2°C

Autori

Katja Freiler, Ph.D
Malte Meinshausen, Ph.D
Bill Hare, Ph.D

Izdavač

AirClim, Tajništvo za onečišćenje zraka i klimu
PP 7005
402 31 Göteborg, Švedska
Tel: +46 31 711 45 15

info@airclim.org

www.airclim.org

Izdavač hrvatskog izdanja

Zelena akcija
Uredio: Toni Vidan
Prevela: Vlatka Vitez

Uvod: Alijansa koja raste

Međunarodna zajednica još se 1992. godine obvezala da mora „spriječiti opasno antropogeno uplitanje u klimatski sustav“ (Čl. 2. Okvirne konvencije o promjeni klime Ujedinjenih naroda¹). Sve donedavno većina se država, međutim, nije složila oko toga što to zapravo znači. Posljednjih je godina skupina zemalja koja se složila oko konkretiziranog cilja, a to je ograničiti globalno zatopljenje na manje od 2°C ili 1,5°C, strahovito porasla: danas okuplja 133 države². U lipnju 2009. čak je i SAD prihvatio cilj skupine G8 za ograničavanje globalnog zatopljenja na 2°C. Sve zajedno, skupina zemalja koje pozivaju na ograničavanje zatopljenja na 2°C ili manje bila je odgovorna za 75 posto globalnih emisija CO₂³ vezanih uz proizvodnju energije i industriju te je obuhvaćala oko 80 posto globalne populacije⁴ u 2005.

Dobra vijest za Kopenhagen?

Da, to je dobra vijest, jer se tako definirane granice zatopljavanja mogu izravno prevesti u količinu emisija stakleničkih plinova koju si još uvijek možemo priuštiti ispustiti u atmosferu, a da ne prijeđemo dozvoljeni prag zatopljavanja. Tako je definirana ukupna "veličina kolača" emisija, ali je trenutno način podjele tog kolača između država i vremenski rok za njegovu podjelu glavna tema za pregovaračkim stolom. Tu, međutim, dobra vijest završava.

I iako države pozivaju na ograničavanje zatopljenja na manje od 2°C, još uvijek svojataju prevelik komad kolača. Drugim riječima, ponude na stolu za Kopenhagen ne vode nas tamo gdje bi trebali: ravno u budućnost od blizu nula emisija ugljičnog dioksida najkasnije pred kraj stoljeća.

Cilj ovog teksta je rasvijetliti pozadinu izbora cilja od 2°C (Poglavlje 1.) i naše izgleda da zadržimo zatopljavanje ispod te razine. Počinjemo s kratkim ispitivanjem debate o nemogućnosti zadržavanja unutar 2°C (poglavlje 2.). Zatim razmatramo što ta razina znači za ukupni kolač emisija – dozvoljeni proračun emisija (Poglavlje 3.), prije nego što ćemo se dotaknuti njegove moguće podjele (Poglavlje 4.). Naposljetku ćemo se osvrnuti na trenutno stanje pregovora, odnosno što trenutni ulozi zemalja predstavljaju u cjelini (Poglavlje 5.).

Poglavlje 1.: Pozadina dva Celzijeva stupnja

Začeci 2°C

Na temelju znanstvenih dokaza o ozbiljnim regionalnim utjecajima Svjetska meteorološka organizacija (WMO), Međunarodno vijeće za znanost (ICSU) i Program za okoliš Ujedinjenih naroda (UNEP) kasnih su osamdesetih osnovali Savjetodavnu skupinu koja je preporučila razinu od dva Celzijeva stupnja srednjeg globalnog površinskog zagrijavanja iz predindustrijskog razdoblja kao „gornju granicu iznad koje se može očekivati ubrzan porast opasnosti od velikih šteta za okoliš i nelinearnog reagiranja“⁵. Nadalje, njemačko Savjetodavno vijeće o globalnim promjenama⁶ preporučilo je cilj od 2°C na temelju zamisli da bi se zatopljenje trebalo zadržati unutar granica poznatih iz posljednjih toplih razdoblja (interglacijala). 1996. godine, nakon razmatranja Drugog izvješća o procjeni klimatskih promjena Međunarodnog panela za klimatske promjene (IPCC)⁷ koji je naglasio štetne učinke koji se mogu očekivati za razine zatopljenja iznad 2°C, i Europska je unija uspostavila svoj cilj od 2°C⁸.

Jesu li 2°C znanstveni cilj?

Jesu li ta 2°C znanstveni ili neznanstveni cilj? Nijedno od toga. To je politički cilj temeljen na znanstvenim podacima, baš kao i ograničenje brzine u prometu. Bilo koji takav cilj uvijek je samo vrijednosna prosudba političara koji ih donose, nadajmo se, na temelju konzultacija sa znanstvenicima glede posljedica koje bi mogle nastupiti ako zatopljenje ne ograničimo na manje od 2°C.

Kako znanstveni uvid raste, kao što je procijenjeno u Četvrtom IPCC-ovom izvješću o procjeni (AR4), teško je izvući neki drugi zaključak nego da „spriječiti opasno antropogeno uplitanje u klimatski sustav“ znači drugo doli ograničiti globalni prosjek zatopljenja na ne više od 2°C, a vjerojatnije puno *manje*.

S jedne strane, neki potpuno opravdano tvrde da su već i današnji učinci promjene klime vrlo opasni (sjetimo se, na primjer, samo žrtava toplinskih valova u Europi 2003. godine^{9,10}). Iako smo do ovog trenutka iskusili samo relativno blago globalno zatopljenje od 0,8°C, svjedočimo dosad nezapamćenom masovnom blijedenju koralja uzrokovanom neuobičajeno visokim temperaturama mora¹¹, rekordnim toplinskim valovima i porastu intenziteta i destruktivnosti tropskih ciklona povezanih s rastom površinske temperature mora¹².

Prema podacima u IPCC-ovom Četvrtom izvješću i onome što se otada moglo promatrati i predviđati, sustav vrijednosti koji bi pozivao na bilo koji cilj veći od 2°C graničio bi s apsurdom. Ne okarakterizirati štetne utjecaje, poput potpunog izumiranja koraljnih grebena, sve jačih suša u mediteranskom području¹³, naprasnog prijelaza u polusušni režim na jugozapadu SAD-a¹⁴, vjerojatno još intenzivnijih ciklona¹⁵ ili skoro sasvim sigurnog dugoročnog porasta razine mora za više metara¹⁶, kao „opasne“ bila bi sigurno samo vrijednosna prosudba. Ali s takvom se prosudbom, međutim, većina ljudi najvjerojatnije ipak ne bi složila.

2°C nije sigurna granica

Naravno, 2°C nisu „sigurna granica“. To i je razlog zašto od najugroženijih država u razvoju njih 80 poziva na ograničavanje globalnog zagrijavanja na manje od 1,5°C, a ne 2°C.

Ta skupina obuhvaća Alijansu malih otočnih država (AOSIS) i skupinu najnerazvijenijih država (LDC) koje su na klimatske promjene najosjetljivije. Projekcije ukazuju da će u tim zemljama globalno zatopljenje od 2°C uzrokovati neprihvatljivo velike štete. Dugoročan porast razine mora vjerojatno će dokrajčiti mnoge niske otoke, čak i pri zatopljenju od 2°C.

Pri ovoj razini zagrijavanja, ako ne i ranije, arktički ljetni led vjerojatno će nestati, a zajedno s njime i njegovi jedinstveni ekosustavi i vrste ovisne o ledu, poput polarnog medvjeda. Ne možemo isključiti mogućnost da bi ubrzano otapanje grenlandske ledene plohe i raspadanje zapadne antarktičke ledene plohe moglo biti pokrenuto i na manje od 2°C, što će u nadolazećim stoljećima dovesti do plavljenja gusto nastanjenih riječnih delti i niskih priobalnih pojaseva u cijelom svijetu. Ograničavanje globalnog zagrijavanja na manje od 2°C sigurno bi nam pomoglo izbjeći najgore posljedice. Ta se 2°C, dakle, često se smatraju granicom iza koje bismo bili suočeni s rizicima s kojima više ne bismo mogli upravljati.

Poglavlje 2.: Može li se zatopljenje od 2°C izbjeći?

Koncentracije stakleničkih plinova (GHG) već danas iznose oko 450 ppm CO₂eq, kako bismo onda mogli izbjeći 2°C?

Atmosfera je već nakrcana stakleničkim plinovima, i to dovoljno da će vjerojatno doći do zatopljenja od 2°C, pogotovo ako se ispune sljedeća dva uvjeta. Kao prvo, da se koncentracije stakleničkih plinova dugoročno zadrže na današnjim razinama, i kao drugo, eliminacija svih rashladnih agenta iz atmosfere, npr. aerosola.

Pitanje je, jesmo li već osuđeni na zatopljenje od 2°C? Ne, na sreću nismo, a sljedeći odlomci objašnjavaju i zašto.

Zbroj svih antropogenih utjecaja na klimu u obliku zagrijavanja i hlađenja određuje prosječnu globalnu temperaturu. Brojka od 450 ppm CO₂eq uključuje samo učinke zagrijavanja stakleničkih plinova CO₂, CH₄, N₂O i različite vrste fluorouglijika, uključujući HFC-ove, ali ne i učinak hlađenja koji imaju aerosoli. Učinak aerosola je smanjivanje kombiniranih učinaka klimatskih promjena svih GHG-a na približno samo one učinke koje ima samo CO₂, a to je oko 385 ppm CO₂eq.

Ako bismo odjednom smanjili sve emisije, njihove bi koncentracije ponovo pale. U slučaju CO₂, značajna bi se količina još uvijek redistribuirala u oceane i biosferu. Što se tiče drugih plinova, njihove bi se koncentracije uslijed ograničenog vremena zadržavanja u atmosferi polako vraćale na prirodnu razinu.

Tako se predanost cilju vjerojatno najbolje može definirati kao, na primjer, emisijski scenarij koji će dovesti do najviše moguće stope smanjenja koju se još smatra ekonomičnom i tehnički izvedivom, bez izazivanja velikih prekida u opskrbi energijom. Tako će koncentracije koje će rezultirati iz takve „predanosti“ prvo porasti iznad današnjih razina, da bi onda ponovo dugoročno pale ispod njih. Drugim riječima, nismo osuđeni da ostanemo pri ili iznad današnjih koncentracija stakleničkih plinova. Imamo mogućnost izbora.

Čak i ako se dugoročno ukine štiti rashladnih aerosola (budući da se to iz više razloga čvrsto preporučuje, prvenstveno radi kakvoće zraka), rezultirajuće zatopljenje ne mora prijeći 2°C¹⁷. Svi niži scenariji procijenjeni u Četvrtom IPCC-ovom izvješću o procjeni, na primjer, uvelike umanjuju emisije aerosola do sredine stoljeća, pa ipak svi oni uspijevaju ograničiti maksimalnu granicu zagrijavanja na manje od 2°C (Tablica 3.10 u IPCC AR4, WG III¹⁸).

Slika 1. također prikazuje koncentracije GHG-a i srednje globalno zatopljenje za scenarij koji obuhvaća značajno uklanjanje rashladnih onečišćivača zraka usporedno sa zamjenom fosilnih goriva i tehnološkim inovacijama. Vodeći se gornjim pojasom cilja smanjenja emisija kojeg je potvrdio G8, u tom se scenariju globalne emisije GHG-a iz Kyotskog protokola prepolavljaju do 2050., kao kod Schnellhuber, 2008¹⁷. Tako je doslovno sigurno da će se prijeći crta od 450 ppm CO₂eq (čak i s uključenim učinkom aerosola), a vjerojatnost da će se prekoračiti cilj od 2°C je oko jedan prema tri, ili čak nešto više.

I tako ćemo na koncu nekoliko desetljeća uglavnom neminovno nadmašivati tih 450 ppm CO₂eq (čak i s uključenim rashladnim tvarima). Jedino ako globalne emisije trenutno počnu padati za otprilike 7 posto godišnje, prisila će se zadržati ispod 450 ppm CO₂eq. Kao što je prikazano na Slici 1., to premašivanje koncentracije ne mora rezultirati prekoračenjem razina temperature od 2°C. Taj je fenomen sličan postavljanju termostata u kuhinjskoj pećnici na 220°C, pri čemu koncentracije stakleničkih plinova predstavljaju termostat. Ako se pećnica dovoljno brzo ugasi, temperatura u njoj nikad neće dostići 220°C.

Da rezimiramo, nema razloga za miran san. Da bismo budućnost klime učinili sigurnom na duge staze, morat ćemo smanjiti koncentracije atmosferskog CO₂eq. Prvi i najvažniji zahtjev za zaustavljanje svakog daljnjeg porasta koncentracija jest ponovo sniziti razinu emisija. Vrhunac se mora dosegnuti što je prije moguće kako bismo mogli prijeći na silaznu putanju – barem od 2015. nadalje²¹. Daljnji rast prosječnih globalnih temperatura moći ćemo zaustaviti jedino ako će se od tog trenutka nadalje globalne emisije početi dovoljno brzo smanjivati. Za zaustavljanje rasta razine mora jednostavno ne postoji drugi način nego ukloniti CO₂ iz atmosfere. Jedino će nam „negativne“ emisije dugoročno omogućiti vraćanje razina koncentracije CO₂ ispod 350 ppm CO₂, kao što predlažu Hansen et al., 2008²² – i pružiti kakvu takvu šansu da barem ograničimo porast razine mora.

Isplati li se koncentrirati na kratkotrajne uzročnike zagrijavanja?

Postoji još jedan vrlo važan aspekt u pogledu aerosola. Iako se njihov cjelokupni učinak procjenjuje kao hlađenje (-1,4 W/m² prema Ramanathan i Carmichael, 2008²⁵ i -1,2 W/m² prema IPCC AR4 WG I23), crni ugljik (BC) jedan je od aerosola s izrazitim učinkom

zagrijavanja (+0,20 (0,05, 0,35) W/m² samo od crnog ugljika iz fosilnih goriva (IPCC AR4 WG I23); +0,9 (0,65, 1,15) W/m² prema Ramanathan i Carmichael (2008), uključujući i druge izvore poput sagorijevanja biomase). Stoga je smanjivanje emisija crnog ugljika ono što će pomoći smanjiti globalno zagrijavanje. Te emisije crnog ugljika uglavnom potječu od sagorijevanja bio- i fosilnih goriva (posebno dizela i ugljena), spaljivanja biomase vezanog uz deforestaciju i paljenje biljnih ostataka nakon žetve. Tako bi smanjivanje emisija crnog ugljika donijelo enormnu korist u smislu povećanja kvalitete (unutarnjeg) zraka. Budući da crni ugljik na snijegu može smanjiti albedo područja prekrivenih snijegom i ledom, smanjivanje njegovih emisija može biti posebno korisno za ledenjake na Himalaji ili arktičke ekosustave.

Međutim, nijedno od tih smanjenja ne smije se poduzeti na račun slabije usredotočenosti na glavnog dugoročnog krivca, a to je CO₂. Ako se smanjuju vrste uzročnika kratkog vijeka, poput crnog ugljika, metana, pa tako i HFC-a, u zamjenu za više emisija plinova koji dulje ostaju u atmosferi, klimi ćemo napraviti medvjedu uslugu. I to zato što će se u budućnosti, kad će promjena klime imati daleko dramatičnije razmjere od današnjih, u obzir uzimati samo dugovječne emisije koje smo skrivili danas.

No to ne znači da se emisija crnog ugljika ne bi trebala smanjiti. Naprotiv, smanjenje zagađenja zraka, produljenje vijeka vodonosnih ledenjaka na Himalaji i usporavanje trenutnog zagrijavanja Arktika dovoljni su razlozi za žurno djelovanje. Ali bavljenje kratkoročnim uzročnicima prisile nije zamjena za smanjenje emisije CO₂. Također je važno imati na umu da će se prijelazom na energetski sustav s malo emisija CO₂ rapidno smanjiti i emisije crnog ugljika, no međutim zajednički napori u bilo kojem smjeru su slabi ili ih uopće nema. Drugim riječima, brzo djelovanje po pitanju CO₂ znači da će biti lakše intervenirati i po pitanju crnog ugljika.

Poglavlje 3.: Veličina kolača – koje su emisije dozvoljene?

Jedinstvene pokuse očekuju mnoga iznenađenja

Jedan od najvažnijih i najurgentnijih zadataka jest pretočiti cilj smanjenja emisije od 2°C odnosno 1,5°C u smjernice za globalno smanjivanje emisija u nadolazećim desetljećima. Moramo odgovoriti na pitanje koja se gornja granica mora postaviti za emisije da bismo prosječno globalno zatopljenje zadržali ispod tih granica. Pomoću te brojke će zatim biti moguće procijeniti ciljeve. Nažalost, određivanje te brojke nije trivijalno. I dok je sigurna činjenica da antropogene emisije stakleničkih plinova mogu i jesu uzrokovale globalno zagrijavanje²⁶, predviđanje točne količine zatopljenja uslijed čak i samo jedne vrste emisije nije moguće. Ono ovisi o mnogim čimbenicima poput količina CO₂ koju apsorbiraju ili ispuštaju kopnena biosfera i oceani, snage utjecaja zračenja povezane s koncentracijama CO₂ i drugih stakleničkih plinova koji se zadržavaju u atmosferi, te rashladnog učinka aerosola i dijela zatopljenja kojeg ublažavaju oceani. Međutim, u posljednje vrijeme došlo je do velikog napretka u kvantifikaciji tih nesigurnosti.

Kao i s bilo kojim drugim jedinstvenim pokusom, a mi trenutno sa Zemljinom klimom izvodimo jedan stvarno veliki pokus, predstoje nam mnoga iznenađenja. U povijesti čovječanstva klima još nikad nije bila gurnuta na razine zatopljenja prema kojima se upravo krećemo. Ne možemo biti sigurni da snažni mehanizmi pozitivnog povratnog djelovanja, kao što je ispuštanje hidrata metana s dna oceana do kojeg dolazi zbog zagrijavanja mora, neće biti glavni izvor zagrijavanja koji će nas proganjati u budućnosti. Ne možemo biti sigurni kako točno reagira ugljikov ciklus u svakom od raznolikih ekosustava Zemlje. Ali postoje i izvjesnosti. Pouzdano znamo da će se klima zagrijati i jasno je da će zatopljenje od 2°C ugroziti još više kopnenih, slatkovodnih i morskih vrsta nego ikada prije u nedavnoj geološkoj prošlosti²⁷.

Pristup upravljanja rizicima – kvantificiranje dozvoljenih emisija

Uz te neizvjesnosti, na politike o promjeni klime treba gledati kao na tehniku upravljanja rizicima. Kao i u mnogim drugim područjima politike, moramo ne samo ustanoviti ciljeve, već i to koliko želimo biti sigurni da ćemo ih zaista ostvariti. Pitanje stoga postaje: „Koja je dozvoljena količina emisija ako želimo zadržati globalno zatopljenje ispod 1,5°C ili 2°C s vjerojatnošću od X %?“ Za svaku krivulju emisija postojat će određeni rizik prekoračenja danog temperaturnog cilja uslijed nesigurnosti projekcija, čak i bez uzimanja u obzir potencijalno velikih, gore spomenutih povratnih djelovanja. Odlučivanje o mogućim putanjama emisija je neizvjesno, kao i većina političkih odluka. No u kvantifikaciju i smanjenje broja neizvjesnosti vezanih uz ovo posebno pitanje ulaže se mnogo truda.

Četiri nedavne studije (Meinshausen et al., 2002.²¹ i Allen et al., 2009²⁸, Matthews et al., 2009²⁹ i Zickfeld et al., 2009³⁰) vrlo opsežno pristupaju kvantifikaciji trenutnih neizvjesnosti vezanih uz pitanje što „dozvoljene količine“ globalnih emisija zapravo jesu. Mi se ovdje koncentriramo na metodologiju koja uključuje sve stakleničke plinove (Meinshausen et al., 2009.).

Uz putanju svake dane emisije za predviđanje vjerojatnosti prekoračenja prosječnog globalnog zatopljenja od 2°C u 21. stoljeću korišten je klimatski model smanjene složenosti ugljikovog ciklusa. Stoga je velik broj izračuna izvršen na temelju različitih setova ulaznih parametara modela koji su razlikovani u svom rasponu nesigurnosti. Više pojedinosti o metodologiji nalazi se u Dodatku.

Izračunavanje tih vjerojatnosti prekoračenja za velik broj emisijskih profila govori nam sljedeće:

1. Općenito, vjerojatnosti prekoračenja ovise o kumulativnim emisijama, t.j. sumiranim emisijama u duljem razdoblju, a ne o konkretnom emisijskom profilu.
2. Ako prihvatimo vjerojatnost prekoračenja od 25 posto, kumulativne emisije CO₂ iz fosilnih izvora i promjena u korištenju zemljišta moraju se ograničiti na 1.000 Gt CO₂. Ako smo spremni prihvatiti vjerojatnost od čak 50 posto prekoračenja zatopljenja od 2°C, granica se doseže na 1.440 Gt CO₂.

Ne možemo si priuštiti sagorijevanje svih današnjih rezervi

Ali što znači svaka od tih brojki, 1.000 Gt CO₂ i 1.440 Gt CO₂? Postoji li nada da se zalihe fosilnih goriva iscrpe prije dostizanja tih granica? Odgovor je ne. Sagorijevanje ekonomski isplativih zaliha nafte, plina i ugljena nadaleko premašuje „dozvoljene emisije“ koje bi zadržale globalno zatopljanje ispod 2°C: Poznate emisije CO₂ od 2000. do danas (2009.) već ukupno iznose više od 300 Gt CO₂. Tako je preostali dozvoljeni iznos manji od 700 Gt CO₂ ako želimo ostati pri „vjerojatnoj“³¹ šansi (75 posto) zadržavanja globalnog zatopljenja ispod 2°C. Uz danu količinu ekonomski isplativih zaliha fosilnih goriva od 2.800 Gt CO₂^{32,33}, to je manje od četvrtine. Na temelju današnjih stopa emisije od 36,3 Gt CO₂/god, proračun od 1.000 Gt CO₂ bit će iscrpljen do 2027. Nadalje, imajmo na umu da su ukupne procjene resursa, uključujući i nekonvencionalne izvore, vjerojatno mnogo puta veće od ekonomski isplativih zaliha.

Ali neće li nam upotreba CCS-a omogućiti sagorijevanje svih fosilnih goriva!?

Kratak odgovor je ne, a evo i zašto: Hvatanje i skladištenje ugljika (eng. Carbon Capture and Sequestration, CCS) je važna tehnologija i vrijedi je podržati i učiniti komercijalno dostupnom, zajedno sa sigurnim rješenjima za probleme kao što su trajnost, curenje, transport itd. I da, istina je: Ako se sagorijevanje fosilnih goriva u termoelektrani na ugljen kombinira sa CCS-om, ta je elektrana neutralna u pogledu emisije ugljika.

Pa zašto onda CCS nije spasitelj za industriju ugljena? Kako bismo dosegli dugoročno sigurne razine klime, primjerice vratili se na koncentracije od 350 ppm CO₂, morat ćemo doslovno sve emisije svesti na nulu do kraja stoljeća, a vjerojatno je da će emisije CO₂ morati biti blizu nuli i kratko nakon sredine stoljeća. U stvari, da bi se spriječio daljnji porast razine mora ili trajno povećanje kiselosti oceana nećemo moći zaobići negativne emisije CO₂. Na primjer, te su negativne emisije moguće s kombinacijom elektrana na biomasu i CCS-a. Dakle, jednostavno si ne možemo priuštiti potrošiti raspoloživa geološka skladišta ugljičnog dioksida iz termoelektrana, ali ćemo ih morati upotrijebiti za isisavanje ugljika iz atmosfere. Za velike izvore emisija, kao što su elektrane, ugljična neutralnost jednostavno neće biti dovoljna.

Što 2°C znače za razine emisije u 2050.?

Jednogodišnje emisije općenito ne daju dovoljno podataka o kumulativnim emisijama da bismo mogli zaključiti koje su vjerojatnosti prekoračenja. Visoke ili niske emisije u 2050. mogu se stabilizirati posebno visokim ili niskim emisijama od prijašnjih godina. Ali budući da govorimo o „vjerodostojnim“, stvarnim kretanjima emisija, emisije u 2050. zapravo postaju robusan pokazatelj vjerojatnosti prekoračenja. Uz zadane pretpostavke o osjetljivosti klime (vidi Dodatak), ispada da prepolovljivanje globalnih emisija do 2050. u odnosu na razine iz 1990. nije dovoljno za postizanje cilja od 2°C s vrlo visokom vjerojatnošću. Još uvijek postoji trećina rizika da će se granica od 2°C prekoračiti.

Kako je spomenuto, ova analiza daje pretpostavke o tome kako bi „vjerodostojna putanja“ mogla izgledati. To se u osnovi svodi na „glatke“ putanje s maksimalnim stopama smanjenja od šest posto godišnje u regiji s najvećim udjelom emisija, a to je OECD. U međunarodnoj

areni postoje neki nacrti krivulja koji pretpostavljaju da će emisije stalno rasti do 2030., a zatim se naglo strmoglaviti između 2040. i 2050. Divimo se inherentnom optimizmu tih putanja, to jest, da se isplati postići vrlo visoke stope smanjenja pomoću neke čudesne tehnologije iz budućnosti. IPCC-ovo Četvrto izvješće o procjeni također nije dijelilo taj optimizam kada je zaključilo da je za niže stabilizacijske kategorije ključno da se vršne globalne emisije dosegnu do 2015. Međutim, čak i ako se razine emisija prepolove do 2050. po takvoj putanji strmoglavog pada, vjerojatnosti prekoračenja bile bi tek nešto veće od trećine, jednostavno zato jer će kumulativne emisije u prvoj polovici 21. stoljeća biti visoke.

Poglavlje 4.: Podjela „dozvoljenog“ proračuna emisija

U srži pregovora o klimi stoji pitanje kako na pošten način podijeliti „dozvoljeni“ proračun emisija između svih zemalja svijeta. Na primjer, neke zemlje u razvoju ističu velike povijesne doprinose emisijama. Čak i bez gledanja unatrag, trenutne emisije po stanovniku u industrijaliziranim zemljama još su uvijek znatno više od emisija po stanovniku u zemljama u razvoju. U 2005. emisije stakleničkih plinova po stanovniku dosegle su 23,5 CO₂eq u SAD-u, 10,5 tCO₂eq u EU27, 5,4 tCO₂eq u Kini i 1,65 tCO₂eq u Indiji^{34,35,36}.

Da bi se ijednim poštenim rješenjem izbjegli najgori utjecaji na klimu, napore za smanjenje emisija moraju u prvom redu poduprijeti oni koji imaju najviše emisija po stanovniku, koji imaju moć djelovati i koji su najviše doprinijeli emisijama u povijesti, to jest klimatskim promjenama s kojima smo danas suočeni. To je skupina zemalja OECD-a. Jasno je, međutim, da bez stabiliziranja emisija u zemljama u razvoju poput Kine do 2020., nećemo biti u stanju zadržati globalne emisije u okviru preostalog dozvoljenog proračuna. Dakle, ne samo da je u svim zemljama potrebno djelovanje na domaćem planu, nego i bogati moraju pružiti značajnu financijsku i tehnološku pomoć kako bi se i siromašnima omogućio put razvoja od „nula ugljika“.

U ovom članku ne određujemo nikakva posebna pravila za podjelu preostale količine dozvoljenih emisija povezanih s razumnom prilikom da zadržimo globalno zatoplavanje ispod 2°C. Umjesto toga slijedimo konzervativni pristup, u smislu da u razmatranje ne uzimamo povijesne emisije, već jednostavno pretpostavljamo jednake emisije po stanovniku u 2050. Poštenost takvog pristupa, naravno, može biti upitna, slično kao i pitanje je li u redu da oni koji su na kraju tulumu već sasvim pijani traže jednaki udjel u posljednjoj boci, kao i oni koji su do tog trena pili samo vodu (Nicholas Stern, Konferencija o klimi na Baliu, 2007.). U drugu ruku, političke stvarnosti daju naslutiti da buduće generacije u zemljama OECD-a možda i neće biti spremne olako potpisivati financijske transfere kada njihove emisije po stanovniku postanu niže od onih u trenutnim zemljama u razvoju. U svakom slučaju, za ilustraciju, skiciranje svijeta s jednakim alokacijama emisija po stanovniku u 2050. godini, kako je učinjeno u Tablici 2., prosvjetljujuće je iskustvo.

Na temelju projekcija srednjeg rasta stanovništva (UN 2008) možemo izračunati nastala smanjenja globalnih emisija GHG-a (izraženih u CO₂eq) pod uvjetom da SAD i EU27 smanje svoje emisije do 2050. za masno otisnute relativne količine. Tako se prvi stupac u Tablici 2. treba čitati na sljedeći način: Ako SAD smanji svoje ukupne emisije (ne po stanovniku) za 80 posto u odnosu na 1990., to daje emisije po stanovniku od 3,04 tCO₂eq. Da bi postigao iste emisije po stanovniku u 2050., EU27 mora, kao skupina, smanjiti svoje ukupne emisije za 73 posto. Za skupinu zemalja OECD-a to znači smanjenje emisija od 72 posto, dok je u zemljama izvan OECD-a dozvoljen porast emisija za 48 posto. Ali to sveukupno znači da su globalne emisije smanjene za samo 9 posto, što nije dovoljno za razumnu šansu zadržavanja globalnog zatoplavanja ispod 2°C. Da bismo ograničili vjerojatnost prekoračenja na 25 posto, globalne emisije moraju se smanjiti za 50 posto ili više. Pod pretpostavkom istih emisija po stanovniku u 2050., to znači da SAD mora smanjiti svoje emisije za oko 90 posto. Za EU27 to znači smanjenje od 87 posto, a u tom slučaju čak i zemlje izvan OECD-a morat će smanjiti svoje emisije za 26 posto (*vidi stupac 3. u Tablici 2.*). Prosječne emisije GHG-a po stanovniku iz Kyotskog protokola po ovom scenariju dosežu 1,52 tCO₂eq godišnje.

Jedino prema scenariju u kojem EU i ostatak OECD-a kao skupina smanje alokacije emisija za 90 posto u odnosu na razine iz 1990. bit će moguće ostvariti i jednake alokacije emisija po stanovniku do 2050. i globalne emisije znatno ispod 50 posto.

-17% alokacija do 2020. za SAD možda je pošteno – ali u odnosu na razine iz 1990., ne 2005.

Waxman-Markeyjev/HR zakon³⁷ velik je korak za zakonodavstvo SAD-a o promjeni klime koji kao svoju gornju granicu podrazumijeva oko 17 posto smanjenja emisija do 2020. u odnosu na razine iz 2005., uključujući dodatne mjere³⁸. Međutim, to je za ciljeve SAD-a do 2020. nedovoljno. Uzmimo, na primjer, da se alokacije emisija po stanovniku EU-a i SAD-a stabiliziraju do 2050., kao što je gore opisano. Pretpostavimo nadalje da pošten put prema cilju za 2050. može jednostavno biti ravna linija, tako da se do 2050. omjer između emisija po stanovniku u SAD-u i EU27 stalno smanjuje od svog trenutnog faktora od 2,3 do 1. Zatim, ako EU želi ostvariti cilj od 90 posto smanjenja do 2050., SAD-ove emisije do 2020. morale bi biti 17 posto niže od razina iz 1990., s već uzetom činjenicom u obzir da je stanovništvo SAD-a u stalnom rastu. *Vidi Sliku 3.*

Poglavlje 5.: Veliki jaz

Zbroj svih najavljenih uloga ne vodi prema ostvarenju cilja

Sastanak o klimi u Kopenhagenu (prosinac 2009.) je prilika, možda i posljednja, da svijet krene putanjom emisija koja će se zaokrenuti prije 2015. Trenutno emisije sve više rastu, a s njima i opasnosti za koraljne grebene, riječne delte i krajeve sve češće pogađane sušom i nedostatkom vode. Kako se primiče krajnji rok za Kopenhagen, industrijalizirane zemlje počele su stavljati svoje uloge za buduća smanjenja emisija na stol. Neke zemlje u razvoju također su donijele ili planiraju politike kojima bi se smanjio rast njihovih emisija. Što svi ti ulozi, političke inicijative i prijedlozi o klimi znače za postizanje cilja od 2°C (1,5°C)? Jesu li sadašnji prijedlozi dovoljni za postizanje tog cilja? Nažalost, kratak odgovor je ne.

U pogledu globalnog smanjivanja emisija potrebno je razmotriti ciljeve ili politike smanjivanja kako u razvijenim, tako i u zemljama u razvoju. Rogelj et al., 2009³⁹, izračunali su da ukupni broj zemalja za koje je bilo moguće deducirati buduće emisije iznosi dvije trećine svjetske populacije. Ta je skupina bila odgovorna za 76 posto globalnih emisija GHG-a u 2005. Rogelj et al., 2009, kompilirali su sve te uloge kako bi izračunali globalni put kretanja emisija do 2100. Gdje nije bilo moguće odrediti stav neke zemlje, pretpostavljeno je da će se s emisijama do 2010. nastaviti po scenariju „*Business As Usual*“ (BAU) (SRESA1B, Nakićenović i Swart, 2000⁴⁰).

Pretpostavljajući najbolju opciju svugdje gdje je specificiran raspon smanjivanja („trenutni najbolji scenarij“) i konstantne emisije nakon 2050. svugdje gdje je bio postavljen cilj za 2050., Rogelj et al. izračunali su da će globalne emisije do 2020. porasti za 42 posto u odnosu na 1990. Predviđa se da će ukupne emisije u 2050. biti 80 posto više nego 1990. Ako je to točno, onda doslovce nemamo nikakve šanse ograničiti globalno zatopljenje na 2°C. Vjerojatnost prekoračenja doseže 100 posto, na temelju metodologije koju su primijenili Meinshausen et al., 2009. Čak je i rizik od prekoračivanja 3°C globalnog zatopljenja do 2010. veći od 50 posto. Predviđa se da će koncentracije CO₂ u atmosferi premašiti 550 ppm do sredine stoljeća. A to je razina na kojoj će se koraljni grebeni otopiti uslijed povećane kiselosti oceana (Silverman et al., 2009)⁴¹.

Zaključak

Dakle, dobra je vijest da zemlje imaju na pameti tih 1,5 i 2°C, ali njihovi trenutni naponi jednostavno nisu dovoljni da se to i postigne. Zatvaranje tog jaza, odnosno predlaganje oštrijih ciljeva smanjenja te osiguravanje dovoljne financijske pomoći za dodatna smanjenja emisija u zemljama u razvoju ključni je izazov Konferencije u Kopenhagenu. Taj se izazov može jedino mjeriti s pokušajima nekih strana da miniraju međunarodni ustroj po kojem bi uzajmno povjerenje između naroda moglo funkcionirati. Malo je vjerojatno da će međunarodni sporazum koji se svodi na prikupljanje uloga i u kojem svaki narod igra prema vlastitim pravilima i potvrđuje samo vlastita postignuća stvoriti atmosferu u kojoj ćemo vjerovati susjedima da pošteno odrađuju svoj dio posla te da bismo uskoro mogli zaustaviti rast globalnih emisija. To će više sličiti životu na Divljem zapadu. Vrućem Divljem zapadu.

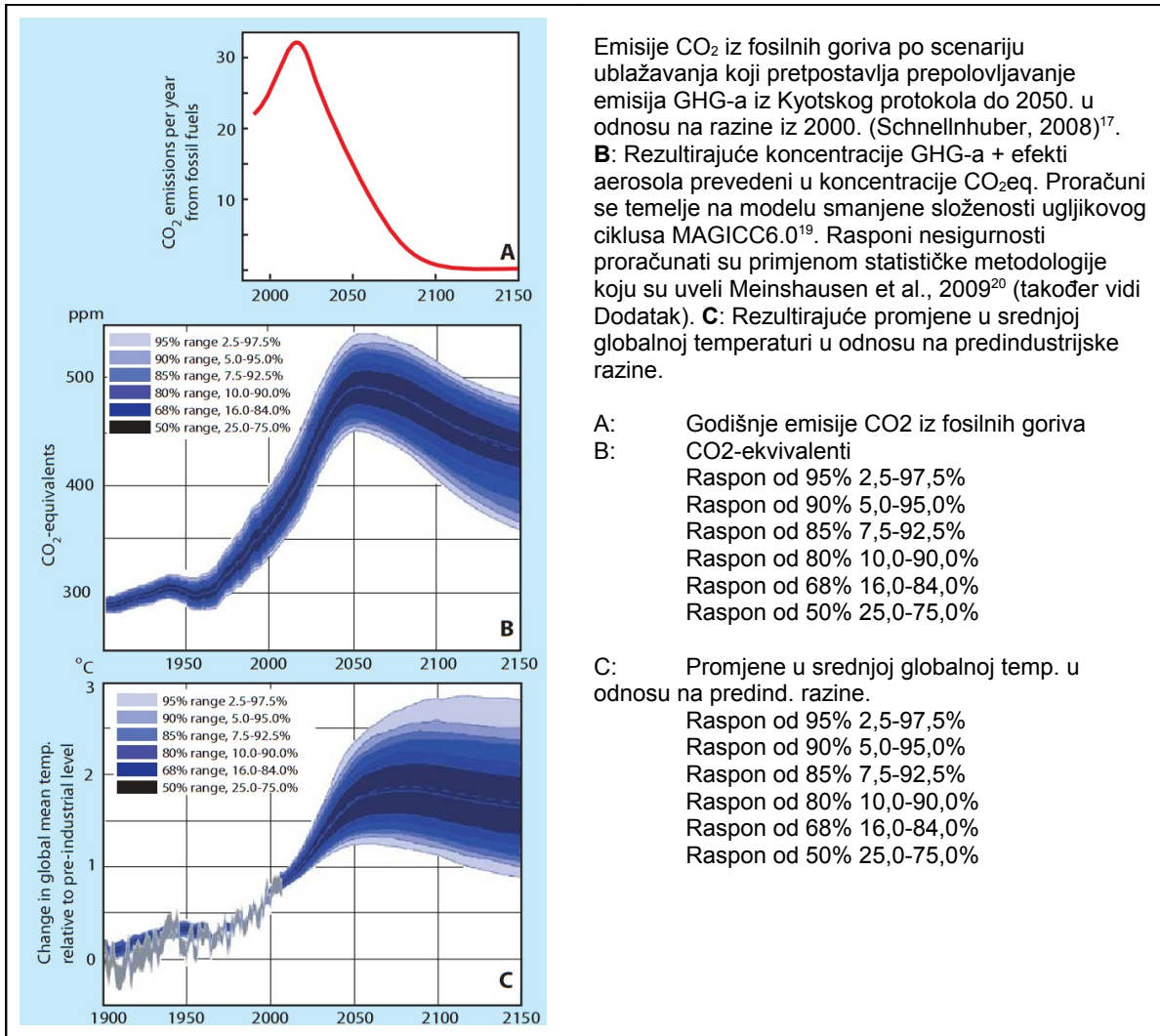
Dodatak

Metode

Naš pristup u izračunavanju temperatura i koncentracija GHG-a iz putanja emisija (Meinshausen et al., 2009)²⁷ temelji se na Bayes Monte Carlo metodi koja nam je omogućila izračun vjerojatnosti prekoračenja cilja od 2°C za svaki zadanu krivulju emisija. Vjerojatnosti su korištene za opisivanje trenutne razine nesigurnosti vezanih uz projekcije. Uzrok tih nesigurnosti su nesigurnosti velikog broja parametara modela uključenih u izračun globalnog zatopljanja za dane krivulje emisija. Osnovna zamisao pristupa je jednostavna: umjesto izračunavanja prosječnog globalnog zatopljanja za svaku pojedinu krivulju emisija i pojedini set parametara modela, ti se parametri variraju u okviru raspona koji se danas smatra „mogućim“ ili vjerodostojnim u usporedbi s motrenjima. Pretpostavke o tim rasponima temelje se na IPCC AR4 i novijoj literaturi. Jedan od najvažnijih parametara modela u projekcijama globalnog zatopljanja je, na primjer, osjetljivost klime. Ona se definira kao promjena srednje globalne temperature koja se pojavljuje u ravnoteži pod udvostručenjem CO₂. Za ovdje opisane rezultate, njen raspon nesigurnosti određen je pomoću distribucije vjerojatnosti pronađenih kod Frame et al., 2006⁴². Ta je distribucija vrlo slična procjeni iz AR4 (najbolja procjena, 3°C; vjerojatni raspon 2,0-4,5°C). Tako smo umjesto jedne projekcije, naposljetku dobili velik broj projekcija. One su uspoređivane s motrenjima poput, primjerice, nizova povijesnih temperatura i odmjeravane prema svojoj sukladnosti s ograničenjima motrenja. Na taj se način neke konfiguracije parametara mogu isključiti budući da se ne slažu s motrenjima i ukupna nesigurnost projekcija može biti smanjena. Na temelju odmjerenih setova projekcija naposljetku je bilo moguće utvrditi vjerojatnost prekoračenja za svaki dani put kretanja emisija. To se može deducirati iz dijela projekcija koje premašuju ograničenje zatopljenja od 2°C.

Zahvale

Zahvaljujemo Kirsten Macey na vrlo korisnim komentarima vezanim uz ovaj rad.



Slika 1A

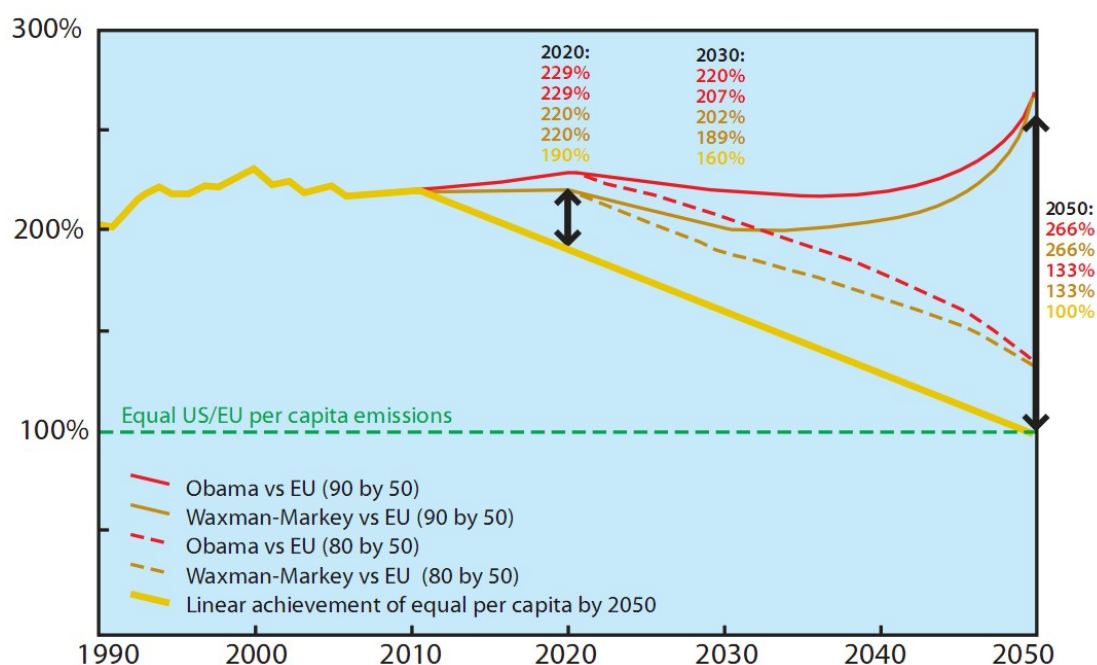
Prisila	Prisila zračenja 2005. (W/m ²)	Najbolja procjena koncentracije ekvivalenata CO ₂ (ppm), ako se svi donji čimbenici uključuju jedan po jedan ²⁴ .
CO ₂	1,66 (1,49, 1,83)	380 CO ₂
Metan (CH ₄)	0,48 (0,43, 0,53)	415 CO ₂ eq (CO ₂ + CH ₄)
N ₂ O	0,16 (0,14, 0,18)	427 CO ₂ eq
Halogenirani ugljici	0,34 (0,31, 0,37)	455 CO ₂ eq
Troposferski ozon	0,35 (0,25, 0,65)	486 CO ₂ eq
Stratosferski ozon	-0,05 (-0,15, 0,05)	482 CO ₂ eq
Korištenje zemljišta	-0,20 (-0,40, 0,00)	464 CO ₂ eq
Crni ugljik na snijegu	0,10 (-0,00, 0,20)	473 CO ₂ eq
Izravni učinci aerosola	-0,50 (0,90, -0,10)	431 CO ₂ eq
Neizravni učinci aerosola	-0,70 (-1,81, -0,30)	378 CO ₂ eq

Tablica 1. Današnji antropogeni utjecaj na atmosferu. Antropogeni čimbenici prisile zračenja, s glavnim krivcem CO₂, nalaze se na lijevoj strani, njihov utjecaj zračenja (mjera koliko ti čimbenici doprinose zagrijavanju) nalaze se u srednjem stupcu (preuzeti iz Tablice 2.12 u IPCC AR4, WG I23), dok se odgovarajuće najbolje procjene koncentracije ekvivalenata CO₂ nalaze na desnoj strani tablice.

SAD	-80%	-85%	-90%	-93%
EU27	-73%	-80%	-87%	-90%
Izvan OECD-a	48%	10%	-26%	-45%
OECD	-72%	-79%	-86%	-90%
SVIJET	-9%	-32%	-55%	-66%
PROSJEK PO STANOVNIKU (tCO ₂ eq/st./god.)	3,04	2,26	1,52	1,13

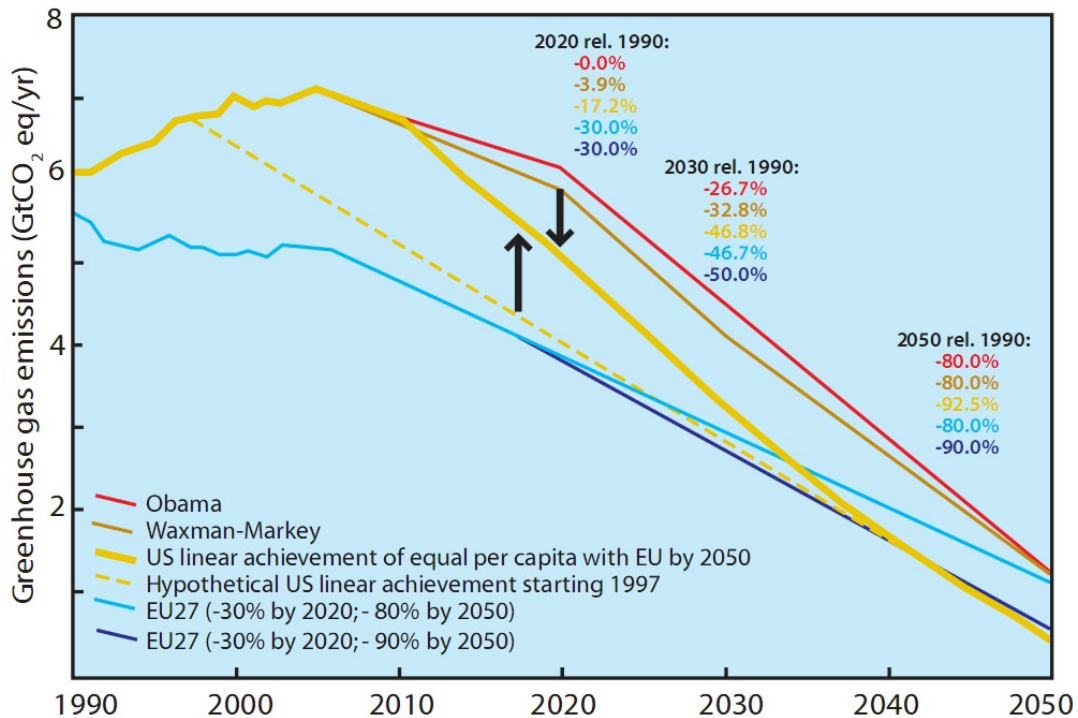
Tablica 2. Odnosi između apsolutnih razina emisija u 2050. u odnosu na 1990. – pod pretpostavkom jednakih emisija po glavi stanovnika prema razinama emisije GHG-a iz Kyotskog protokola, bez LULUCF (CRF³⁶+MATCH³⁷ u 2050. Brojevi se temelje na UN-ovim projekcijama srednjeg rasta stanovništva iz 2008³⁸.

Emisije po stanovniku SAD-a u odnosu prema emisijama po stanovniku EU-a



Slika 2. Emisije po stanovniku SAD-a u omjeru s emisijama po stanovniku EU-a pod pretpostavkom da EU smanji svoje emisije GHG-a za 90 posto (pune linije) ili 80 posto (isprekidane linije) u 2050. u odnosu prema 1990. Smeđa linija: Linearno smanjenje u omjerima od današnjih razina do jednakih emisija po stanovniku u 2050. Narančaste linije: Pod pretpostavkom da će emisije u SAD-u slijediti Waxman-Markeyjev zakon. Crvene linije: Pod pretpostavkom da će emisije u SAD-u slijediti prijedlog predsjednika Obame. (S pretpostavkom UN-ovih projekcija o rastu stanovništva, emisija GHG-a iz Kyotskog protokola (bez LULUCF CO₂) i cilja EU27 od -30% u odnosu na 1990.)

Apsolutne emisije stakleničkih plinova u SAD-u i EU-u



Slika 3. Projekcije apsolutnih emisija GHG-a po godinama iz SAD-a i EU27 za različite scenarije razmatrane u Slici 2. (vidi legendu). Tako bi cilj od -17 posto do 2020. za SAD bio značajno ispod naznačenih razina iz Waxman-Makeyjevog zakona (narančasta linija), kao što je prikazano crnom strelicom prema dolje. Razmatrajući hipotetsku početnu godinu konvergencije emisija po stanovniku iz vremena Kyotskog protokola (1997.), smanjenje emisija od -17 posto u SAD-u do 2020. je relativno „blago“, kao što pokazuje crna strelica prema gore. (Emisije GHG-a iz Kyota (bez LULUCF emisija CO₂), CRF UNFCCC 2008 proširene na razdoblje nakon 2009. sukladno predloženim ciljevima.)

Izvori

1. Za povijest također vidi Oppenheimer i Petsonk (2006.) Article 2 of the UNFCCC: historical origins, recent interpretations, doi: 10.1007/s10584-005-0434-8.
2. Vidi <http://tinyurl.com/Countries2C> na www.climateanalytics.org
3. UNFCCC:
http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4303.php i Marland et al. (2008) Carbon Dioxide Information Analysis Center, USA.
http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/meth_reg.html.
4. UN (2008) 'World Population Prospects: The 2008 Revision Population Database.', <http://esa.un.org/unpp>.
5. Rijsberman F. J. i R. J. Stewart (eds.). Targets and Indicators of Climate Change, Environment Institute, Stockholm (1990).
6. WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Szenario zur Ableitung globaler CO₂-Reduktionsziele und Umsetzungsstrategien, Stellungnahme zur ersten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Berlin. Sondergutachten (1995).
7. <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessmenten.pdf>
8. 1939. Sastanak Vijeća, Luxembourg, 25. lipnja 1996. i http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/brochure_2c.pdf

9. WHO (2004) Heat-waves: risks and responses. WHO.
10. Schär C., P. L. Vidale, D. Lüthi, C. Frei, C. Häberli, M. A. Liniger, C. Appenzeller. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves, *Nature*, 427 (2004).
11. Hoegh-Guldberg, O. Low coral cover in a high-CO₂ world. *J. Geophys. Res.* 110, 1-11 (2005).
12. Pachauri, R.K. i A. Reisinger (ur.), *Climate Change: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland (2007).*
13. Sheffield, J. i E. Wood. "Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations." *Climate Dynamics*, 31(1): 79-105 (2008).
14. Seager, R., M. Ting, et al. "Model Projections of an Imminent Transition to a More Arid Climate in Southwestern North America." *Science* 316(5828): 1181-1184 (2007).
15. Emanuel, K., R. Sundararajan i J. Williams. "Hurricanes and Global Warming: Results from Downscaling IPCC AR4 Simulations." *Bulletin of the American Meteorological Society* 89(3): 347-367 (2008). <http://dx.doi.org/10.1175%2FBAMS-89-3-347>
16. Rohling, E. J., K. Grant, M. Bolshaw, A. P. Roberts, M. Siddall, C. Hemleben i M. Kucera. "Antarctic temperature and global sea level closely coupled over the past five glacial cycles." *Nature Geosci* 2(7): 500-504 (2009). <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo557>
17. Schellnhuber H-J. Global warming: Stop worrying, start panicking? *Proc. Nat. Academy of Science*, 105, 38, 14239-14240 (2008).
18. Metz B., O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds). *Climate Change 2007: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, United Kingdom and New York, NY, USA (2007).*
19. Meinshausen M., S.C.B. Raper, T.M.L. Wigley. Emulating IPCC AR4 atmospheric-ocean and carbon cycle models for projecting global-mean hemispheric and land/ocean temperatures: MAGICC6.0, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 8, 6153-6272 (2008).
20. Meinshausen M., N. Meinshausen, W. Hare, S. C. B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D. J. Frame, M. R. Allen. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C, *Nature*, 458, doi:10.1038/nature08017 (2009).
21. Vidi vršne datume od 2000. do 2015. koje navodi radna skupina IPCC WG III za najniži razred procijenjenih putova stabilizacije, Tablica 3.10 u izvoru 11.
22. Hansen J., M. Sato, P. Kharecha, D. Beerling, R. Berner, V. Masson-Delmotte, M. Pagani, M. Raymo, D. L. Royer, J. C. Zachos. Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim? *The Open Atmospheric Science Journal*, 2, 217-231 (2008).
23. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2007).*
24. Koristeći formulu $CO_2eq=278*\exp(\text{ukupno RF}/5,35)$.
25. Ramanathan V., G. Carmichael. Global and regional climate change due to black carbon. *Nature Geoscience* (2008).
26. IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Intergovernmental Panel on Climate Change.*
27. Fischlin, A., G. F. Midgley, et al. (2007). Ecosystems, their properties, goods, and services. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson. Cambridge UK, Cambridge University Press: 211–272.*
28. Allen M. R., D. J. Frame, C. Huntingford, C. D. Jones, J. A. Lowe, M. Meinshausen, N. Meinshausen. Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. *Nature*, 458, doi:10.1038/nature08019 (2009)
29. Matthews H. D., N. P. Gillett, P. A. Stott, K. Zickfeld. The proportionality of global warming to cumulative carbon emissions, *Nature* 459, 829-832 (2009).
30. Zickfeld, K., M. Eby, H.D. Matthews, A.J. Weaver, 2009. Setting cumulative emission targets to reduce the risk of dangerous climate change, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States* (submitted).
31. Technical Summary. U: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.*

32. Clarke, A.W., J.A. Trinnaman (ur.). 2007 survey of energy resources, World Energy Council (2007)
33. Rempe, H., S. Schmidt, U. Schwarz-Schampera. Reserves, resources and availability of energy resources 2006, German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (2007).
34. www.unfccc.int
35. Höhne, N., H. Blum, J. Fuglestvedt, R.B. Skeie, A. Kurosawa, G. Hu, J. Lowe, L.K. Gohar, B. Matthews, A.C. Nioac de Salles, C. Ellermann. Contributions of individual countries' emissions to climate change and their uncertainty, Climatic Change (submitted).
36. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population Prospects: The 2008 Revision, <http://esa.un.org/unpp>
37. American Clean energy and security act (Zakon o čistoj energiji i sigurnosti) iz 2009., HR 2454, 111. zasjedanje Kongresa, 1. sjednica; zakon je prihvatio Zastupnički dom 26. lipnja 2009.
38. WRI (World Resources Institute) summary of H.R. 2454, the American Clean energy and security Act, J. Larson, A. Kelly and R. Heilmayr, July 2009.
39. Rogelj J., B. Hare, J. Nabel, K. Macey, M. Schaeffer, K. Markmann, M. Meinshausen. Halfway to Copenhagen, no way to 2°C. Nature Reports Climate Change, objavljeno na internetu, doi:10.1038/climate.2009.57 (2009).
40. Nakicenovic, N., Swart, R. IPCC Special Report on Emissions Scenarios Cambridge Univ. Press (2000).
41. Silverman J., B. Lazar, L. Cao, K. Caldeira, J. Erez. Coral reefs may start dissolving when atmospheric CO₂ doubles, Geophysical Research Letters, 36, L05606, doi:10.1029/2008GL036282 (2009)
42. Frame, D. J., D. A. Stone, P.A. Stott, M. R. Allen. Alternatives to stabilization scenarios. Geophys. Res. Lett. 33, L14707, doi:10.1029/2006GL025801 (2006).

Autori

Dr. Katja Frieler (katja.frieler@pik-potsdam.de) je matematičarka koja ima doktorat iz područja atmosfere fizike (*Physics of the Atmosphere*) sa Sveučilišta u Potsdamu. Kao doktorandica radila je na Institutu za polarna i pomorska istraživanja Alfred Wagner (AWI, Potsdam) na kemijskim modelima gubitaka polarnog stratosferskog ozona. Članica je istraživačke skupine PRIMAP (Potsdamski integrirani model za procjenu vjerojatnosti emisijskih putanja u stvarnom vremenu / *Potsdam Real-Time Integrated Model for Probabilistic Assessment of Emission Path*) na Institutu za istraživanje utjecaja na klimu (PIK). Trenutno radi na statističkim pristupima za regionalne projekcije klime.

Dr. Malte Meinshausen ima doktorat iz područja znanosti i politike o klimi (*Climate Science & Policy*) te diplomu iz znanosti o okolišu (*Environmental Sciences*) švicarskog Saveznog instituta za tehnologiju. 2000. magistrirao je na području promjena u okolišu i njihovom upravljanju (*Environmental Change and Management*) na Sveučilištu u Oxfordu. Prije početka rada na Institutu za istraživanje utjecaja na klimu u Potsdamu u rujnu 2006. bio je post-doktorand u Nacionalnom centru za atmosferska istraživanja u Boulderu, Colorado. Doprinosio je i u sastavljanju različitih poglavlja u Četvrtom izvješću o procjeni Međuvladinog panela o promjeni klime (IPCC AR4). Trenutno je na čelu istraživačke skupine PRIMAP u PIK-u.

Dr. h.c. Bill Hare (bill.hare@climateanalytics.org) je fizičar i ekolog s više od dvadeset godina iskustva na području znanosti, utjecaja i reakcija politike na klimatske promjene i razgradnju stratosferskog ozona. Gospodin Hare bio je glavni autor sastavnice IPCC-ovog Četvrtog izvješća o procjeni (AR4) Ublažavanje promjena klime (*Mitigation of Climate Change*) i voditelj teme dugoročnih problema i Članka UNFCCC-a u Zbirnom izvješću IPCC AR4. Dodijeljena mu je titula počasnog doktora znanosti na Sveučilištu Murdoch 2008. za doprinose na području istraživanja promjena klime. Jedan je od najiskusnijih stručnjaka za međunarodnu politiku o klimi, prati i oblikuje pregovore od 1990. te savjetuje razne voditelje delegacija i visoke političare o znanosti o klimi i političkim strategijama zaštite klime. Trenutno radi kao suvoditelj istraživačke skupine PRIMAP i ravnatelj je organizacije Climate Analytics (www.climateanalytics.org).