

Kaj se skriva spodaj?¹

David Spratt, Ian Dunlop

PREDGOVOR (Hans Joachim Schellnhuber)

Kaj se skriva spodaj? je pomembno poročilo. Ne podaja novih dejstev in diagramov, temveč prinaša novo perspektivo na eksistencialna tveganja, povezana z antropogenim globalnim segrevanjem. Gre za kritični pregled dela dobro informiranih intelektualcev, ki so postavljeni zunaj okvira klimatološke skupnosti, ki se je razvila v zadnjih petdesetih letih. Vse tovrstne ekspertne skupnosti so dovezetne za to, kar Francozi imenujejo *déformation professionnelle*, Nemci pa *Betriebsblindheit*.

Rečeno v preprostem jeziku: eksperti so nagnjeni k vzpostavitvi skupnostnega svetovnega nazora, ki postaja vse bolj tog in fokusiran. Pa vendar, kot kaže to poročilo, se utegnejo ključni uvidi pritajiti na robovih. To še posebej drži v primeru, ko gre za samo preživetje naše civilizacije, kjer običajna analitična sredstva postanejo neuporabna.

Če pustimo ob strani to dilemo, *Medvladni forum za podnebne spremembe* (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) pogumno vztraja pri svojih poskusih določitve mnoštva vzročno-posledičnih odnosov, ki sestavljajo podnebno problematiko. Po

¹ [Prevedeno po David Spratt in Ian Dunlop, *What Lies Beneath*, Breakthrough – National Centre for Climate Restoration, Melbourne 2018. Davidu Sprattu se prijazno zahvaljujemo za dovoljenje za objavo.]

petih izdanih celovitih poročilih ni ravno presenetljivo, da se je pojavil trend favoriziranja načela minimalnega dramatiziranja.

K temu so pripomogli mnogi razlogi, nekateri bolj prefinjene, drugi bolj profane narave. Naj osvetlim zgolj po enega iz vsake skupine.

Prvič, IPCC je okužen z *verjetnostno obsesijo*. Vse od nastanka statistike v šestnajstem stoletju si znanstveniki prizadevajo, da bi kompleksno, stohastično vedenje danega netrivialnega objekta (denimo rulete) dojeli s pomočjo vnovičnega in vnovičnega ponavljanja enakega poskusa na tem objektu. Če je obstajala množica točno določenih izidov (denimo da bo žogica končala na rdečem ali črnem polju), je bila verjetnost specifičnega izida preprosto enaka številu poskusov, ki so dali ta izid, deljenim s celotnim številom poskusov.

To zveni razumno – pa vendar, si lahko sploh zamislimo, da bi ta pristop aplicirali na globalno segrevanje? Strogo gledano bi morali tisočkrat ponoviti industrijsko revolucijo in emisije toplogrednih plinov, ki jih je ta sprožila, in pri tem vsakokrat začeti z zemeljskim sistemom v predindustrijskem stanju leta 1750. Nato bi morali izračunati povprečni rezultat tega planetarnega eksperimenta z vidika rasti povprečne temperature na površju, globalne biološke produktivnosti, skupnega števila podnebnih beguncev in mnogih drugih spremenljivk. To je nesmiselna ideja.

Jasno, klimatologi Zemlje ne skušajo obravnavati kot rulete, pa vendar se statistični pristop znova in znova uspe prikrasti v ocene stanja. Kolikokrat v planetarni preteklosti je v primerljivih razmerah prišlo do kolapsa termohaline cirkulacije? Kako pogosto je v holocenu Pacifik vstopil v permanentno stanje El Niña? To so pomembna vprašanja, ki lahko porodijo dragocene znanstvene uvide. A nikoli ne smemo pozabiti, da se nahajamo v edinstveni situaciji brez natančne historične analogije. Raven toplogrednih plinov v atmosferi je zdaj višja in Zemlja je toplejša kot kadarkoli v zgodovini človeškega izkustva – in zdaj nas na planetu živi skoraj osem milijard.

Na najbolj kritičnih točkah, kot sta dinamika sproščanja metana ob taljenju permafrosta ali potencialni propad celotnih držav v podnebni krizi, je računanje verjetnosti torej brez prave vrednosti. Namesto tega bi morali prepoznati *možnosti*, tj. potencialne smeri razvoja v planetarnem ustroju, ki so skladne z začetnimi in robnimi pogoji, procesi in gonili, ki jih poznamo.

To je sorodno scenarijskemu načrtovanju, ki se ponuja kot predlog pri ocenjevanju podnebnih tveganj v korporativnem sektorju, kjer je evalvirana serija prihodnjih možnosti, vključno s tistimi, ki so videti izjemno malo verjetne, a imajo izrazite posledice. Na ta način lahko presežemo verjetnostno obsesijo, ki ne le fantazira o replikabilnosti singularnega, temveč, dodatno, daje prednost znanemu pred nepoznanim in nepričakovanim. Če vzamemo ekstremen primer: zaradi dejstva, da naš svet prej še nikoli ni bil uničen, bi po konvenciji takšnemu dogodku pripisali verjetnost nič. A to bi držalo le pod predpostavkami stacionarnega stanja, ki pa v praksi nikoli niso dane.

Drugič, pozicija hudičevega odvetnika je nagrajena. V sijajni tradiciji razsvetljenstva, ki je zrušila vse mogoče mite starega reda, so znanstveniki izurjeni v skeptični drži do vsake propozicije, ki je ni mogoče neposredno verificirati z empirično evidenco ali je izpeljati iz prvih načel (denimo nespremenljivosti svetlobne hitrosti).

Ko raziskovalec tako nastopi s povsem novo idejo, jo eksperti običajno refleksno odpravijo kot »spekulativno«, kar v akademskem svetu praktično učinkuje kot smrtna obsodba – medtem ko bodo kritiki ideje deležni aplavza, nagrade in promocije. Ta pojav je očiten na vsakem seminarju, kolokviju ali srečanju akademske skupnosti.

To na drugi strani pomeni, da zagon znanstvenega napredka pogosto prihaja s periferije ali pa, vsake toliko, s strani eminentnih osebnosti z neovrgljivim ugledom. Odtod seveda nikakor ne sledi, da hipotez sčasoma ni treba utemeljiti, a nešablonsko razmišljanje je ključnega pomena v situaciji brezprecedenčnih podnebnih tveganj, s katerimi je ta hip soočena človeška civilizacija.

Skratka, do IPCC ne bi smeli biti pretirano kritični. Znanstveniki, ki so vanj vključeni, namreč počnejo to, kar se od njih pričakuje, in se v težavnih razmerah trudijo po najboljših močeh. A podnebne spremembe zdaj prehajajo v sklepno fazo, kjer mora človeštvo zelo hitro izbrati med brezprecedenčnim delovanjem ali pristankom na dejstvo, da je bil trenutek zamujen, in se sprijazniti z njegovimi posledicami. Zato je toliko bolj pomembno prisluhniti glasovom zunaj *mainstreama*, ki razumejo probleme in se ne bojijo sprožiti morebitnega lažnega alarma. Na žalost je prav mogoče, da alarm že zvoni.

UVOD

Pred tremi desetletji, ko se je na globalni ravni pričela resna razprava o antropogenih podnebnih spremembah, so se kazala znamenja državniške drže. Obstajala je pripravljenost pripoznanja dejstva, da gre za problem, ki presega nacionalne države, ideologije in politične stranke in ga velja nasloviti proaktivno v dolgoročnem interesu človeštva kot celote – pa čeprav je bila eksistencialna narava tveganja mnogo manj izrazita kot danes.

Ko so se za spopad s tem izzivom razvile globalne institucije, kakršna je *Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja* (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), ki je bila ustanovljena na vrhu v Riu, in ko je postal jasnejši obseg spremembe, ki jo ta situacija terja od sveta, ki ga obvladujejo fosilna goriva, so se pričele mobilizirati sile odpora. Razprava o politiki podnebnih sprememb kljub diplomatskemu zmagoslavju *Pariškega sporazuma* iz leta 2015 posledično še nikoli ni bila bolj disfunkcionalna in dejansko bolj orwelloska, kot je danes.

V 1984 George Orwell opisuje dvomiselnost totalitarne države, v kateri večina populacije sprejme

najbolj očitna nasilstva nad stvarnostjo, ker niso nikdar popolnoma dojeli veličine tega, kar se je od njih zahtevalo, in se niso dovolj zanimali za javne dogodke, da bi opazili, kaj se dogaja. Ker jim je manjkalo razumevanja, so ostali umsko zdravi. (Orwell 1984, str. 115–116)

Orwell bi prav lahko pisal o podnebnih spremembah in oblikovanju podnebnih politik. Mednarodni sporazumi govorijo o omejevanju globalnega segrevanja na 1,5–2 °C, a dejansko svet usmerjajo na pot dviga temperature za 3 do 5 °C. Cilje znova in

znova potrjujejo, a le da bi jih lahko opustili. Premog, denimo, je lahko »čist«.

Že dvig za 1 °C je nevaren, a to ne sme biti priznано. Prihodnost planeta je talka kratkovidnih nacionalnih sebičnih interesov. Delovanje je odloženo pod predpostavko, da nas bodo v roku desetletij rešile še nepreverjene tehnologije. Tveganja so eksistencialna, a kdor to izreče, je »alarmist«. Verjetnost ena proti dve ali ena proti tri, da bomo zgrešili cilj, je normalizirana kot razumna. Moralni hazard pronica v uradno mišljenje in spodbuja k ignoriranju tveganj v prid politične prikladnosti.

Oblikovanje podnebnih politik je že leta v stanju kognitivne disonance, »očitnega nasilstva nad stvarnostjo«. Tako ne preseneča, da v javnosti in med elitami prevladuje pomanjkljivo razumevanje resničnega obsega podnebnega izziva. Pa vendar, večina Avstralcev, denimo, čuti smer, v katero gremo: tri četrtine vprašanih podnebne spremembe razume kot katastrofično tveganje (CommunicateResearch 2017) in polovica meni, da bo v prihodnjih sto letih naš način življenja doživel svoj konec (Randle in Eckersley 2015).

Politika in oblikovanje politik sta podvrženi normam: pravilom in praksam, podmenam in omejitvam, ki jih zavirajo in oblikujejo. V zadnjih letih so se prej veljavne norme državnštva in dolgoročnega premisleka umaknile obsedenosti s kratkoročnimi političnimi in tržnimi koristmi. Oblikovanje podnebnih politik v tem ni nikakršna izjema.

Vse od leta 1992 kratkoročni ekonomski interesi dominirajo nad okoljskimi in prihodnjimi človeškimi potrebami. Svet danes emitira 50 % več CO₂ iz porabe energije kot pred 25 leti in globalna ekonomija je več kot podvojila svoj obseg. UNFCCC si prizadeva, da bi »omogočil, da se ekonomski razvoj nadaljuje na vzdržen način«, a ekološki odtis človeštva vsako leto postaja večji in manj vzdržen. S tem ko rapidno golta naravni kapital, današnje človeštvo zahteva biofizično kapaciteto 1,7 Zemlje.

Hitra, krizna tranzicija v post-fosilni svet je absolutno nujna, če želimo nasloviti podnebne spremembe – a ker je razumljena

kot pretirano disruptivna, je izključena iz oblikovanja politik. Ustaljeno prepričanje pravi, da je še čas za metodično ekonomsko tranzicijo znotraj trenutne »kratkoročnostne« politične paradigme. Razprava o tem, kaj je varno – manj segrevanja, kot smo mu priča ta trenutek –, ne obstaja. In na ta način dobimo fiasko ukrepanja epskih razsežnosti.

Oblikovalci politik si v svojem magijskem mišljenju zamišljajo pot postopne spremembe, ki jo bomo konstruirali skozi mnoga desetletja v svetu rasti in prosperitete. Svet, ki si ga ne zamišljajo, je ta svet, ki obstaja danes: svet prežee finančne nestabilnosti; svet globalne krize politične legitimnosti in »lažnih novic«; svet krize vzdržnosti, ki sega daleč onkraj podnebnih sprememb in vključuje vse temelje človeške eksistence in najbolj ključne planetarne meje (tal, pitne vode, oceanov, atmosfere, biotske raznovrstnosti itn.); svet resnih pretresov globalnega energetskega sektorja.

V anticipaciji preloma, ki ga bodo podnebne spremembe naložile globalnemu redu, so Združeni narodi leta 1988 ustanovili IPCC in ga zadolžili za redno poročanje o globalnem konsenzu o podnebni znanosti kot temelju oblikovanja politik. Ocenjevalna poročila IPCC (Assesment Report, AR), izdana vsakih 5 do 8 let, igrajo pomembno vlogo pri postavljanju koordinat podnebnega narativa: vsako novo poročilo je globalni medijski dogodek. AR5 je bil izdan leta 2013–2014, AR6 je načrtovan za leto 2022. IPCC je opravil odločilno, nespregledljivo delo najvišjega standarda v zbiranju periodičnega konsenza bržkone najboljše znanstvene raziskave v svetovni zgodovini. IPCC sam ne izvaja lastnih raziskav, temveč opravlja pregled in primerjavo objavljenega materiala s celotnega spektra tega neverjetno kompleksnega področja ter identificira ključne probleme in trende za obravnavo na ravni oblikovalcev politik.

A na drugi strani je proces IPCC podvržen vsem nevarnostim, ki jih prinaša prizadevanje po oblikovanju konsenza v tako obsežni in kompleksni areni. Iz poročil IPCC, denimo, včasih po nujnosti izpadejo najnovejša razpoložljiva dognanja. Oblikovanje

konsenza lahko vodi k nasledkom po načelu »minimalnega dramtiziranja«, najmanjšega skupnega imenovalca, ki spregledajo kritične probleme. To še posebej velja za primere »debelih repov« verjetnostne porazdelitve, tj. dogodkov z velikim učinkom, a manjšo verjetnostjo, kjer je znanstvena vednost bolj omejena.

Pritisk posebnih interesov je silovit v vseh smereh: podnebni zanikovalci IPCC obtožujejo alarmizma, medtem ko mnogi zagovorniki podnebnega delovanja menijo, da je IPCC mnogo preveč konservativen. Še več, sklepi IPCC so pred objavo podvrženi intenzivnemu političnemu nadzoru, kar je v zgodovini povzročilo znatno razvodenitev trdnih znanstvenih dognanj.

Te omejitve so razumljive in mogoče je reči, da v zgodnjem obdobju IPCC niso imele odločilnega vpliva. A sčasoma je postalo jasno, da so tveganja, ki jih predstavljajo podnebne spremembe, mnogo močnejša od predhodnih napovedi. Iz obdobja somraka intenzivnega govora, a relativno omejenih podnebnih učinkov smo se premaknili v ostro luč fizično evidentnih eksistencialnih groženj. Podnebne spremembe dobivajo vse bolj grd obraz – kot smo nedavno lahko opazili v Severni Ameriki, Vzhodni in Južni Aziji, na Bližnjem vzhodu in v Evropi z rekordnimi vročinskimi valovi in požari, vse močnejšimi poplavami in vse bolj uničujočimi orkani.

Kritičnega pomena je razlikovati med podnebno znanostjo in tveganjem – ne gre namreč za eno in isto stvar. Znanstvena rezerviranost – obotavljanje, da bi ob nepopolnih podatkih obelodanili celoto implikacij tveganja, ki izhaja iz ugotovitev podnebne znanosti – je postala osrednji problem. Čeprav je razumljiva – zlasti zaradi nenehne kritike zanikovalcev in političnih aparatčikov, ko se znanstveniki oglasijo –, je ekstremno nevarna, če upoštevamo naravo tveganja podnebnih sprememb. Čakanje na popolne podatke, k čemur nas silijo politične in ekonomske elite, pomeni, da bo delovanje zamujeno. Čas ni na naši strani. Racionalno obvladovanje tveganj slednja naslavlja tisti čas, ko je še mogoče preprečiti njihov nastanek, in ta čas je zdaj.

Nepovratne in škodljive podnebne spremembe na globalni ravni, ki se dogajajo ta hip, predstavljajo eksistencialno tveganje za človeško civilizacijo. Mnogi najpomembnejši podnebni znanstveniki – Kevin Anderson, James Hansen, Michael E. Mann, Michael Oppenheimer, Naomi Oreskes, Stefan Rahmstorf, Eric Rignot, Hans Joachim Schellnhuber, Kevin Trenberth in drugi –, ki jih navaja to poročilo, zelo dobro razumejo te implikacije in so neposredni v svojih dognanjih glede smeri, ki jo ubiramo, in glede nezadostnosti poročil IPCC.

Pričujoče poročilo si prizadeva, da bi širšo skupnost ter poslovne in politične voditelje opozorilo na te omejitve, in poziva k spremembi pristopa v IPCC, pri širših pogajanjih v okviru UNFCCC ter pri nacionalnih oblikovanjih politik. Jasno je, da obstoječi procesi ne bodo prinesli transformacije v ogljično negativni svet v omejenem času, ki je zdaj na voljo.

Urgentno zahtevamo rekonfiguracijo znanstvenega raziskovanja in postavitev v okviru eksistencialnega obvladovanja tveganj. To zahteva posebno previdnost, ki gre daleč onkraj konvencionalnega obvladovanja tveganj. Kot pri ledeni gori – velika nevarnost je v tem, kar se skriva spodaj.

I. MINIMIZIRANJE TVEGANJ

Ekscesna previdnost

Naomi Oreskes je s svojimi raziskovalnimi kolegi leta 2013 objavila študijo, v kateri so preučili množico preteklih klimatoloških napovedi. V njej ugotavljajo, da so bili znanstveniki »v svojih projekcijah učinkov podnebnih sprememb konservativni« in da je bil »vsaj del ključnih atributov globalnega segrevanja zaradi povečanja atmosferskih toplogrednih plinov v napovedih podcenjen, zlasti v ocenah razdelka IPCC o fizikalni znanosti«. Kot so sklenili, se podnebni znanstveniki ne nagibajo k alarmizmu, temveč prej nasprotno, k »napaki minimalnega dramtiziranja; med njene vzroke lahko štejemo vztrajanje pri znanstvenih normah rezerviranosti, objektivnosti, skepticizma, racionalnosti, nepristranskosti in zmernosti«. To znanstvenike morda žene k »podcenjevanju ali minimiziranju prihodnjih podnebnih sprememb«. (Bryse et al. 2013)

To se sklada s pogledom ekonomista Rossa Garnauta, ki je leta 2011 razmišljal o svoji izkušnji pri predstavitvi dveh podnebnih poročil avstralski vladi. Garnaut se je spraševal, ali konservativna »sistemska nagnjenost« podnebnih raziskav morda ne izhaja iz »akademske rezerviranosti«. Pokazal je na vzorec napovedi vzdolž različnih raziskovalnih področij, ki »niso pretirano daleč od *mainstream*« pričakovanj, ter izrazil opažanje, da je v polju podnebne znanosti to »povezano s podcenjevanjem tveganj«. (Garnaut 2011)

Že leta 2007 je James Hansen, tedanji vodja podnebnih raziskav pri NASI, opozoril, da znanstvena rezerviranost ovira komunikacijo z javnostjo o nevarnostih globalnega segrevanja in potencialnega obsežnega dviga morske gladine. Bolj nedavno je zapisal, da je »ta bolezen široko razširjena in resna. Če je ne prepoznamo, lahko resno zmanjša naše možnosti, da preprečimo nevarne podnebne spremembe.« (Hansen 2007)

Deset let po podnebnem poročilu vladi Združenega kraljestva, objavljenem leta 2006, je Nicholas Stern razmišljal, da »nam znanost govori, da se učinki globalnega segrevanja – denimo taljenje ledenih pokrovov in ledenikov – danes odvijajo hitreje, kot smo pričakovali«. (McKie 2016) Leta 2013 je dejal, da je, ko pogleda nazaj, »podcenil tveganja [...]. Nekateri učinki se udejanjajo hitreje, kot smo mislili tedaj.« (Stewart in Elliott 2013)

Nedavna študija o podnebnih znanstvenikih je zarisala »skupnost, ki se še vedno močno identificira z idealizirano podobo znanstvene racionalnosti, v kateri je naloga znanstvenikov v tem, da svoje raziskave izvajajo potihem in trezno«. (Hoggett in Randall 2016) Študija pravi, da se večina podnebnih znanstvenikov upira sodelovanju pri javnem angažmaju in to nalogo prepušča manjšini, ki se nato znajde pod napadi medijev in celo lastnih kolegov.

Kevin Trenberth, predstojnik podnebne analize pri ameriškem National Center for Atmospheric Research in glavni avtor ključnih razdelkov poročil IPCC iz let 2001 in 2007, pravi: »Podcenjujemo dejstvo, da podnebne spremembe dvigujejo glavo [...] in podcenjujemo vlogo ljudi, kar pomeni, da podcenjujemo, kaj to pomeni za prihodnost in k čemu bi morali usmeriti naše načrte.« (Scherer 2012a)

Michael E. Mann z Univerze Pennsylvania State pravi, da je poročilo IPCC o podnebnih ekstremih iz leta 2012 zgrešilo priložnost, da bi politike seznanilo z jasno sliko o obsegu podnebne krize: »Mnogi znanstveniki so menili, da poročilo greši v svoji zadržani oceni stopnje gotovosti glede povezanosti podnebnih sprememb in določenih tipov ekstremnega vremena, vključno z jakostjo vročinskih valov, močnimi padavinami in sušo ter intenzivnostjo orkanov.« (Scherer 2012b)

Kevin Anderson z Univerze v Manchesteru pravi, da »med tistimi, ki oblikujejo emisijske scenarije, prevladuje endemično nagnjenje k minimiziranju težavnosti dvostopinjskega izziva. V mnogih pogledih skupnost izdelovalcev modelov dejansko samocenzurira svoj raziskovalni fokus, da bi se podredila dominantni politični in ekonomski paradigmi.« (Anderson 2016)

Dober primer tega je cilj 1,5 °C, dogovorjen na pariški podnebni konferenci decembra 2015. Ocenjevalna poročila IPCC do tedaj (in v soglasju z dominantno politično paradigmo) niso posvečala kakšne bistvene pozornosti učinkom dviga temperature za 1,5 °C ali scenarijem zmanjševanja emisij za njegovo preprečitev; tako so pariški delegati morali IPCC naložiti, naj to urgentno stori. Ta primer jasno kaže, kako politika narekuje raziskovalno agendo. Raziskovanje potrebuje denar in prepogosto je denar odmerjen glede na politične prioritete danega trenutka.

Po Andersonu je znanstvena skupnost dolžna, da svoje raziskave posreduje v jasni in odkriti obliki tistim, ki naj implementirajo podnebne cilje, oblikovane v polju civilne družbe, ter »da opozarjajo na nekonsistentnosti, zmote in namerno zlorabo znanstvenih raziskav. Politična prikladnost ali prilizovanje donatorjem ni naša naloga. Priljubljenost ali nepriljubljenost naših skleпов je irelevantna.« (Anderson 2015)

Podcenjevanje tveganja

Ko gre za razumevanje in seznanjanje s tveganji, se moramo soočiti z nekaterimi temeljnimi izzivi; med njimi so »pomen kompleksnih interakcij pri formiranju tveganj, potreba po strogi ekspertni presoji pri evalvaciji tveganj in osrednja vloga vrednot, percepcij in ciljev v določanju tveganj, kot tudi odzivov nanje.« (Mach et al. 2015)

Poročila IPCC so pretirano rezervirana glede skrajnih možnosti in so spodletela v svojih prizadevanjih po uravnoteženi oceni tveganj. Dejstvo, da jim ni uspelo docela ovrednotiti potencialnih prihodnjih sprememb v permafrostu (zamrznjene zaloge ogljika v zemlji in na morskem dnu) ter drugih povratnih zank ogljikovega cikla, je le eden od primerov.

Barrie Pittock, nekdanji vodja Skupine za podnebne učinke pri CSIRO, je leta 2006 zapisal, da »so doslej mnogi znanstveniki zavestno ali nezavedno zmanjševali pomen bolj ekstremnih možnosti na skrajnem robu razpona negotovosti, da bi bili vi-

deti trezni in 'odgovorni' (da bi se torej izognili strašenu ljudi). A prava odgovornost je podati dokaze za to, čemur se moramo izogniti: definirati, kvantificirati in opozoriti na možne nevarne ali nesprijemljive razplete.« (Pittock 2006)

Situacija se ni izboljšala. Nicholas Stern je o *Petem ocenjevalnem poročilu* IPCC dejal: »Pravzaprav je poročalo o korpusu literature, ki je sistematično in občutno podcenilo tveganja [in stroške] nenadzorovanih podnebnih sprememb.« (Stern 2016)

Tudi Ross Garnaut je izpostavil »minimiziranje tveganj«, kolikor se zdi, da se igramo znanstveno lovljenje zaostanka, ko se realnost vztrajno nahaja na najbolj pesimistični meji preteklih projekcij. Avstralski podnebni svet je leta 2015 poročal: »Spremembe v podnebnem sistemu se dogajajo hitreje, kot so napovedovale prejšnje projekcije, z močnejšimi in bolj uničujočimi učinki, ki jih lahko detektiramo pri nižjih temperaturah, kot so kazale prejšnje ocene.« (Steffen et al. 2015) Takšna situacija ni zadovoljiva osnova, na kateri bi načrtovali našo prihodnost.

Nekdanji direktor v premogovnem sektorju in vladni svetovalec Ian Dunlop opaža, da »so se nevarni učinki danega trenda [segrevanja] prav tako manifestirali hitreje in v večji meri, kot so pripravljene prepoznati globalni voditelji in pogajalci«. (Dunlop 2016)

Raziskovalci pravijo, da je pomembno izvesti analize, ki bi »identificirale možne tvegane učinke – takšne, ki ne morejo biti izključeni –, začevši s tistimi najvišje stopnje. V takšnih analizah je koristno razlikovati med dvema vprašanjem: 'Kaj se bo najbolj verjetno zgodilo?' in 'Kako slabo se lahko obrnejo stvari?'« (Weaver et al. 2017) Ko se sprašujemo o tem, kako evalvacije podnebnih sprememb rekonfigurirati na način, da bi v središče postavili vprašanje tveganja, je pomembno,

da adekvatno obravnavamo malo verjetne izide z močnimi posledicami, ki lahko prevladajo v izračunih celotnega tveganja in jim velja zato posvetiti posebno pozornost. Brez tovrstnih poskusov se izpostavljam »spodletu imaginacije«, ki ima lahko izjemno visoko ceno v različnih domenah tveganja. Tradicionalne podnebne ocene so se primarno osredotočale na področja, kjer je znanost razdelana

in so negotovosti dobro opredeljene. V glosarju IPCC, denimo, so prihodnji izidi obravnavani kot »malo verjetni«, če se nahajajo zunaj osrednjih 67 % porazdelitve verjetnosti. A pri mnogih tipih ocen tveganja bi bila 33-% verjetnost udejanjenja zelo visoka; bolj tipičen prag bi predstavljal 1 % ali 0,1 % možnosti (ali celo manjše verjetnosti). (*Ibid.*)

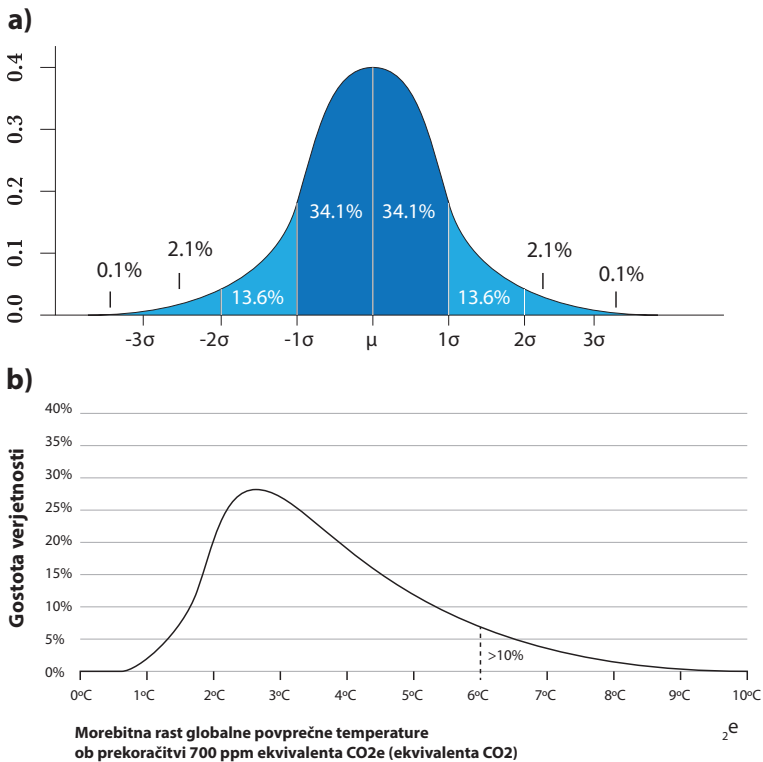
Avtorji poudarjajo, da je »ovojnica možnosti«, torej celoten razpon možnih izidov, na katere moramo biti pripravljeni, pogosto pomembnejša kot najbolj verjetni prihodnji razplet, posebej ko razpon razpletov vključuje tiste, ki so ekstremno neugodni. Tako sklenejo, da pri vprašanju reprezentacije negotovosti podnebnih sprememb »aplikacija znanstvenih norm namesto norm, utemeljenih na tveganju, [...] obenem lajša delo oblikovalcem politik in preostalim akterjem pri minimiziranju relevantnih prihodnjih podnebnih tveganj.« (*Ibid.*)

Razsodno obvladovanje tveganj pomeni trdno in objektivno obravnavo realnih tveganj, ki smo jim izpostavljeni, posebej tistih dogodkov na ekstremih, katerih posledice so uničujoče v stopnji onkraj kvantifikacije in pri katerih bi bila človeška civilizacija, kot jo poznamo, lahko srečna, če bi jih uspela preživeti. Pomembno je razumeti potencial najhujšega, kar se lahko zgodi, pripraviti načrt za ta primer in biti prijetno presenečen, če do njega ne pride. Fokus na izide s sredine verjetnostne krivulje in ignoriranje ekstremnih možnosti lahko privedeta do nepričakovanega katastrofičnega dogodka, ki bi ga lahko in morali znati predvideti.

Robert Socolow z Univerze Princeton pravi, da bi IPCC »moral v celoti seznanjati s tem, kar znanstvena skupnost razume in česa ne razume o razpletih z resnimi posledicami. Skupnost oblikovalcev politik potrebuje informacije tako o verjetnih kot o malo verjetnih razpletih.« (Socolow 2011)

Integralni del tega pristopa je problem posledic z majhno verjetnostjo in zelo resnim učinkom, znanih kot tveganja »debelega repa«, kjer je verjetnost zelo močnih učinkov dejansko večja, kot bi pričakovali v okvirih tipičnih statističnih predpostavk. Normalna porazdelitev, prikazana kot zvonasta krivulja, je

simetrična glede verjetnosti blagih posledic (leva stran krivulje) in resnih posledic (desna stran krivulje), kot kaže Slika 1(a). A kot pojasni Michael E. Mann, »globalno segrevanje, nasprotno, kaže porazdelitev s težkim oziroma debelim repom, kjer je pod desnim ekstremom krivulje več površine, kot bi pričakovali pri normalni porazdelitvi, večja verjetnost dviga temperature, ki je v izrazitem presežku nad povprečno količino segrevanja, kot jo napovedujejo podnebni modeli«. (Mann 2016) (Glej Sliko 1(b))



Slika 1: (a) Normalna porazdelitev verjetnosti in (b) ocena verjetnosti dviga temperature ob podvojitvi koncentracij toplogrednih plinov, ki izkazuje porazdelitev z »debelim repom«. (vir: Wagner in Weitzman 2015)

V *Climate Shock: The Economic Consequences of a Hotter Planet* ekonomista Gernot Wagner in Martin Weitzman raziskujeta impikacije porazdelitve z debelim repom za podnebne politike in vprašanje, »zakaj se ob antropogenih podnebnih spremembah soočamo z eksistencialno grožnjo«. (*Ibid.*) Mann pojasni:

Premislimo [...] obete za primer segrevanja, ki izrazito preseže mejo, ki jo lahko označimo kot mejo »nevarnega« (običajno je ta postavljena na najmanj 2 °C dviga temperature planeta). Kako verjetno je, denimo, da bomo priča katastrofičnemu 6-stopinjskemu dvigu temperature Zemlje, če dopustimo, da koncentracije toplogrednih plinov dosežejo podvojitve njihove predindustrijske ravni (kar bomo ob sedanjem kurzu ob nespremenjenem koriščenju fosilnih goriv dosegli do sredine tega stoletja)?

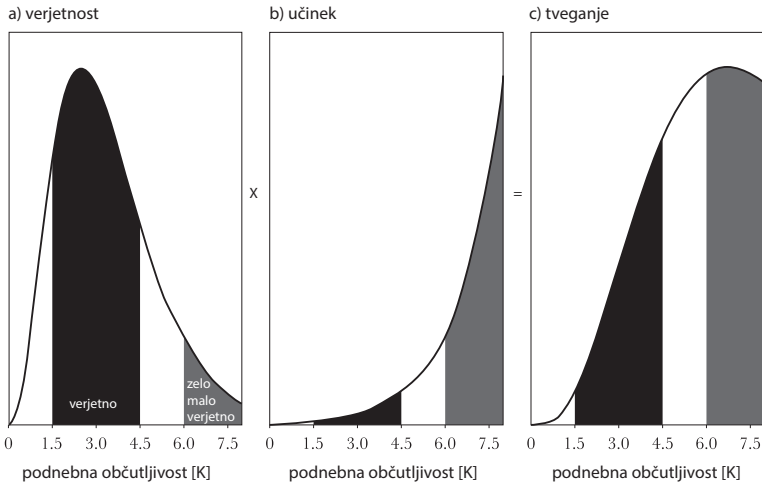
Srednja oziroma povprečna vrednost dviga temperature, kot jo po tem scenariju napovedujejo modeli, je približno 3 °C, standardni odklon pa 1,5 °C. Pozitivni rep, definiran kot +2 sigma limita, je tako približno 6 °C. Kot sta pokazala Wagner in Weitzman, verjetnost, da presežemo tolikšno rast temperature, ni 2 %, kot bi pričakovali pri porazdelitvi zvonaste krivulje. Bližje je 10 %!

Pravzaprav je dejansko celo slabše, če upoštevamo s tem povezano tveganje. Tveganje je definirano kot produkt verjetnosti in posledice izida. Pravkar smo videli, da je verjetnost določene rasti temperature opisano s porazdelitvijo z debelim repom, z večjo verjetnostjo precej nadpovprečnega dviga temperature, kot bi ga pričakovali ob tipičnih statističnih predpostavkah. To je nadalje kombinirano z dejstvom, da se škoda, ki jo povzročijo podnebne spremembe – torej posledica –, prav tako dramatično poveča z dviganjem temperature. To še dodatno poveča povezano tveganje.

Z dodatnim segrevanjem nastopi povečana verjetnost, da presežemo določene »točke preloma«, kot so taljenje večine grenlandskega in antarktičnega ledenega pokrova in s tem povezanega masivnega povišanje morske gladine [...]. Negotovost ni naš zaveznik, ko gre za obete nevarnih podnebnih sprememb. (*Ibid.*)

Kot omenja Mann, je tveganje definirano kot produkt verjetnosti in posledice izida. To ilustrira Slika 2, ki ima kljub aplikaciji

na vprašanje podnebne občutljivosti splošno uporabnost. Verjetnost ekstremnega izida je lahko relativno nizka (desna stran krivulje v (a)), a učinki se na desnem ekstremu intenzivirajo (b), kar kaže na visoko tveganje zelo malo verjetnih dogodkov (c).



Slika 2: Shema tveganja, povezanega s podnebjem. (a) Verjetnost dogodka in (b) učinek proizvedeta (c) tveganje. Manj verjetni dogodki na desni strani porazdelitve verjetnosti vsebujejo največje tveganje. (vir: Rowan Sutton in Ed Hawkins)

Poročila IPCC ne posvečajo pozornosti analizi tveganj z debelim repom, delno zato, ker so sestavljena s pomočjo metode konsenza, kot smo govorili zgoraj. Stefan Rahmstorf z Univerze v Potsdamu pravi:

Magnituda tveganj z debelim repom, ko gre za globalno segrevanje, ni deležna širokega upoštevanja in zahteva obsežnejšo razpravo. Več kot dve desetletji že zagovarjam stališče, da je tveganje kolapsa atlantskega meridionalnega povratnega toka (AMOC) v tem stoletju morda 5 %, a to je daleč preveliko tveganje, če vemo, kaj je tu

na kocki. Nihče se ne bi vkrcal na letalo ob 5-% tveganju nesreče. (Rahmstorf 2017 (osebna komunikacija))

In dodaja: »Defetizem in apokaliptičnost ne sovpadeta z natančno, odkrito in trezno razpravo o tveganjih najslabšega razpleta. Prvega ne potrebujemo, potrebujemo pač slednje.« Velja omeniti, da je bil Rahmstorf med avtorji raziskave, objavljene aprila 2018, ki je pokazala, da je od srede 20. stoletja prišlo do 15-% upočasnitve AMOC. (Caesar et al. 2018)

Misliti nemisljivo

Uspešno obvladovanje tveganj zahteva mišljenje zunaj utečenih okvirov, da bi se izognili spodletu imaginacije, a to je večina, ki jo je redko najti na višjih ravneh vlad in globalnih korporacij.

Poročilo *Thinking the Unthinkable* iz leta 2016, osnovano na intervjujih z najpomembnejšimi voditelji z vsega sveta, je ugotovilo: »Širjenje 'nemisljivih' dogodkov [...] je razkrilo novo krhkost na najvišjih ravneh vodenja korporacij in javnega servisa. Njihova zmožnost, da bi zaznali, identificirali in znali ravnati z nepričakovanimi, nenormativnimi dogodki, je [...] v kritičnih momentih nevarno neadekvatna.« (Anderson 2015)

Ugotovitve poročila so izrednega pomena za razumevanje spodletelih poskusov oblikovanja podnebnih politik ter adekvatnega komuniciranja in mišljenja celotnega razpona potencialnih tveganj segrevanja podnebja. Bistvene so tri:

- Slika, ki se zarisuje, je obenem strašljiva in izredno zaskrbljujoča. Med osrednjimi voditelji tako v javnem kot privatnem sektorju začuda vztraja globok odpor, nekakšna »eksekutivna kratkovidnost«, da bi videli in premislili celo zgolj možnost, da bi se »nemisljivo« lahko zgodilo, kaj šele, da bi vedeli, kako ravnati v tem primeru.

- Stopnja in obseg spremembe sta precej hitrejša, kot so mnogi sploh pripravljeni priznati ali se odzvati. Na najvišjih ravneh upravljanja menedžerji in njihovi ekvivalenti v javnem sektorju priznavajo, da jih zadeva presega.
- Čas je tako visoko cenjen, da se nujno potrebni razmislek, refleksija in kontemplacija načinov, ki jih zahtevajo nove »nemisljivosti«, večinoma znajdejo na obrobju.

Pogosto prihaja do ignorance, bodisi zaradi pomanjkanja volje, da bi verjeli signalom, bodisi zaradi aktivnega nagiba k zanikanju in neangažiranju. Medtem ko je v frazi »misliti nemisljivo« atraktivna retorična simetrija, bi bila v mnogih primerih bolj ustrezna in natančna fraza morda »misliti neprijetno«. Ta manko je jasno razviden na višjih ravneh oblikovanja podnebnih politik, tako na nacionalni kot globalni ravni. Ekstremno urgentno je, da ga odpravimo.

Eksistencialno tveganje za človeško civilizacijo

Leta 2016 je študija Svetovnega ekonomskega foruma (WEF) spodletelo blažitev in adaptacijo na podnebne spremembe premaknila na vrh prihodnjih tveganj z največjim učinkom – pred orožja za množično uničevanje na drugem in krizo vodnih virov na tretjem mestu. Leta 2018, po letu, zaznamovanem s silovitimi orkani in ekstremnimi temperaturami, je absolutno prvo mesto na lestvici tveganj pripadlo ekstremnim vremenskim pojavom. Kot so zapisali v študiji: »Planet smo potisnili na rob in škoda, ki je bila napravljena, postaja vse bolj očitna.« (World Economic Forum 2018)

Podnebne spremembe predstavljajo eksistencialno tveganje za človeško civilizacijo, torej negativen razplet, ki bi bodisi izničil inteligentno življenje bodisi permanentno in drastično okrnil njegov potencial. Rast temperature, ki je na vidiku zdaj, po

Pariškem sporazumu, je v razponu 3–5 °C. Ta trenutek bi zaveze o prostovoljnem zmanjšanju emisij iz *Pariškega sporazuma*, če bi bile implementirane, privedle do planetarnega dviga temperature za 3,4 °C do leta 2100 (Climate Action Tracker 2017), brez upoštevanja »dolgoročnih« povratnih zank ogljikovega cikla. Ob višji številki podnebne občutljivosti – denimo 4,5 °C –, ki bi vase povzela tovrstne povratne zanke, bi pariški kurz privedel do približno 5 °C temperaturnega dviga, kot pravi študija, izvedena pri MIT. (Reilly et al. 2015) Študija Schroder Investment Management, objavljena junija 2017, je ugotovila – ob upoštevanju indikatorjev s širokega spektra političnega, finančnega, energetskega in regulatornega sektorja –, da povprečni temperaturni dvig vzdolž vseh sektorjev, impliciran v *Pariškem sporazumu*, znaša 4,1 °C. (Schroder Investment Management 2017)

A dvig temperature za 3 °C že sam predstavlja eksistencialno tveganje. V leta 2007 objavljeni študiji dveh možganskih trustov za nacionalno varnost v ZDA so podali sklep, da bi 3 °C dviga temperature in 0,5 metra dviga morske gladine z veliko verjetnostjo vodila v »popolni kaos« in »možnost jedrske vojne«, pri čemer so poudarili, da »masivni nelinearni dogodki v globalnem okolju odprejo teren za masivne nelinearne družbene dogodke«. (Campbell et al. 2007) Global Challenges Foundation (GCF) pojasni, kaj bi se zgodilo:

Če bi podnebne spremembe dosegle 3 °C, bi popolnoma poplavelo večino Bangladeša in Floride, medtem ko bi se osrednja obalna mesta – Šanghaj, Lagos, Mumbai – spremenila v močvirja in verjetno ustvarila silovit tok podnebnih beguncev. Večino svetovnih regij bi doletel izrazit upad proizvodnje hrane in vse večje število ekstremnih vremenskih dogodkov, od vročinskih valov, poplav ali viharjev. Ta verjetni scenarij za 3 °C ne upošteva znatnega tveganja zagona samospodbujevalnih povratnih zank ob prekoračitvi določenih pragov, kar bi vodilo v vse večjo rast temperature. Med potencialne pragove spadajo taljenje arktičnega permafrosta in sprostitvev metana v atmosfero, zamiranje gozdov in sprostitvev

ogljika, trenutno shranjenega v amazonskem in borealnem gozdu, ali taljenje polarnih ledenih pokrovov, ki ne bi več odbijali sončne svetlobe in toplote. (GCF 2017)

Ob dvigu temperature za 4 °C ali več bi se globalna človeška populacija lahko skrčila za 80–90 % (Anderson 2011; Fyall 2009); tudi Svetovna banka poroča, da »ni gotovosti, da je mogoča adaptacija na svet +4 °C«. (World Bank 2012) Kevin Anderson poudarja, da je 4-stopinjska prihodnost »nezdružljiva z organizirano globalno skupnostjo; [da je] verjetno onkraj ‘adaptacije’, uničujoča za večino ekosistemov in z veliko verjetnostjo ni stabilna.« (Roberts 2011) Ta nazor je med klimatologi pogost. Nedavna študija Skupnega raziskovalnega središča Evropske komisije je ugotovila, da bodo v primeru porasta globalne temperature za 4 °C ekstremni vročinski valovi z »občuteno temperaturo« (kombiniranim učinkom temperature in vlažnosti) do 55 °C pričeli redno vplivati na mnoge gosto poseljene predele sveta in prisilili prekinitev velikega dela dejavnosti v sodobnem industrijskem svetu. (Ayre 2017)

Leta 2017 sta v enem prvih člankov, ki so se eksplicitno fokusirali na eksistencialno podnebno tveganje, avtorja predlagala »postavitev blažitvenih ciljev v okvirih kategorije podnebnega tveganja namesto temperaturnega praga« in oblikovala kategorijo »nevarnega« tveganja dviga teperature nad 1,5 °C ter kategorijo »katastrofičnega« za dvig 3 °C ali več. Osredotočila sta se na negativne učinke na tri milijarde najrevnejše svetovne populacije, na zdravje in vročinske šoke ter vpliv podnebnih ekstremov na tovrstno populacijo z omejenimi resursi adaptacije. Ugotovila sta, da bi rast temperature za 2 °C »podvojila površino območij, podvrženih smrtonosni vročini, in slednji izpostavila 48 % populacije. Rast temperature za 4 °C do leta 2100 bi smrtonosni vročini izpostavila 47 % površja in skoraj 74 % svetovne populacije, kar bi lahko predstavljalo eksistencialno tveganje tako za ljudi kot sesalce, če ne bi prišlo do implementacije obsežnih prilagoditvenih ukrepov.« (Xu in Ramanathan 2017)

Študija GCF o globalnih katastrofičnih tveganjih iz leta 2017 ugotavlja: »V ekstremnih [podnebnih] scenarijih je stopnja uničenja onkraj naše zmožnosti modeliranja, z veliko verjetnostjo konca človeške civilizacije.« (GCF 2017) 84 % 8.000 vprašanih v osmih državah, ki so sodelovali v raziskavi, podnebne spremembe razume kot »globalno katastrofično tveganje«. (Goering 2017)

Eksistencialno tveganje je lahko posledica hitrosti sistemske spremembe, saj je zmožnost adaptacije, tako v naravnem kot človeškem svetu, obratno sorazmerna s tempom spremembe, poleg vseh ostalih dejavnikov. Leta 2004 so raziskovalci navedli hitrost segrevanja kot eno gonil izumrtja. (Leemans in Eickhout 2004) Glede na to, da smo danes na kurzu rasti 3–5 °C, so njihove ugotovitve instruktivne:

- Če bo hitrost spremembe 0,3 °C na desetletje (3 °C na stoletje), 15 % ekosistemov ne bo sposobno adaptacije;
- Če bi hitrost preseгла 0,4 °C na stoletje, bodo vsi sistemi hitro uničeni, zavladatale bodo oportunistične vrste, zlom biološkega materiala pa bo privedel do še višjih emisij CO₂.

Pri 4-stopinjskem dvigu temperature »bi bile adaptacijske limite naravnih sistemov v veliki meri presežene po vsem svetu«. (Warren 2011) Ob ekološkem zlomu teh dimenzij bi eksistencialna človeška kriza postala neizogibna.

Ta eksistencialna tveganja zlagoma postajajo prepoznana. Maja 2018 je preiskava avstralskega senata o nacionalni varnosti in globalnem segrevanju podnebne spremembe prepoznala kot »aktualno in eksistencialno tveganje za nacionalno varnost [...], definirano kot 'tisto, kar grozi s prezgodnjim izumrtjem umnega življenja, nastalega na Zemlji, ali s permanentnim in drastičnim uničenjem njegovega potenciala za pozitiven prihodnji razvoj.« (Commonwealth of Australia 2018) Aprila 2018 je možganski trust Intelligence on European Pensions and Institutional Investment poslovne voditelje opozoril, da so »podnebne spremembe eksistencialno tveganje, katerega odprava mora postati korporativni cilj«. (Murray in Murtha 2018) A najnovejše ocenjevalno

poročilo IPCC tega problema ne obravnava. Medtem ko izraz »obvladovanje tveganj« v *Sinteznem poročilu* IPCC iz leta 2014 nastopi štirinajstkrat, se izraza »eksistencialno« in »katastrofično« ne pojavita.

Eksistencialna tveganja zahtevajo specifičen pristop k obvladovanju tveganj. Ni jih mogoče podrediti reaktivnemu pristopu konvencionalnega obvladovanja tveganj (učenja iz napak), in ni nujno, da se pri tem lahko opremo na institucije, moralne norme ali socialne države, razvite iz naših izkušenj z obvladovanjem drugih vrst tveganj. Ker so posledice tako resne – morda konec globalne človeške civilizacije, kot jo poznamo –, »bo celo odkrit, resni-coljuben in dobronameren raziskovalec stežka mislil in deloval racionalno z ozirom na [...] eksistencialna tveganja«. (Boston in Cirkovic 2008)

Obvladovanje eksistencialnih tveganj zahteva brutalno odkrito artikulacijo tveganj, priložnosti in časovnega okvira odziva, razvoj novih tehnik eksistencialnega obvladovanja tveganj zunaj okvirov konvencionalne politike, globalno voditeljstvo in integrirane politike. Ker od eksistencialnih tveganj ni mogoče okrevati, »si ne moremo privoščiti, da bi se zgodila tudi ena sama eksistencialna katastrofa; ne bi bilo možnosti, da se učimo iz izkušenj«. (*Ibid.*) A trenutno se soočamo z eksistencialnimi katastrofami na številnih podnebnih frontah, pri čemer je videti, da nismo sposobni niti artikulacije tega dejstva. Spodlet raziskovalne skupnosti, kot tudi aparata oblikovanja politik, da bi premislili, se zavzeli za in/ali sprejeli pristop eksistencialnega obvladovanja tveganj, je sam po sebi spodlet imaginacije s katastrofičnimi posledicami.

II. MINIMIZIRANJE V ZNANOSTI

Podnebni modeli

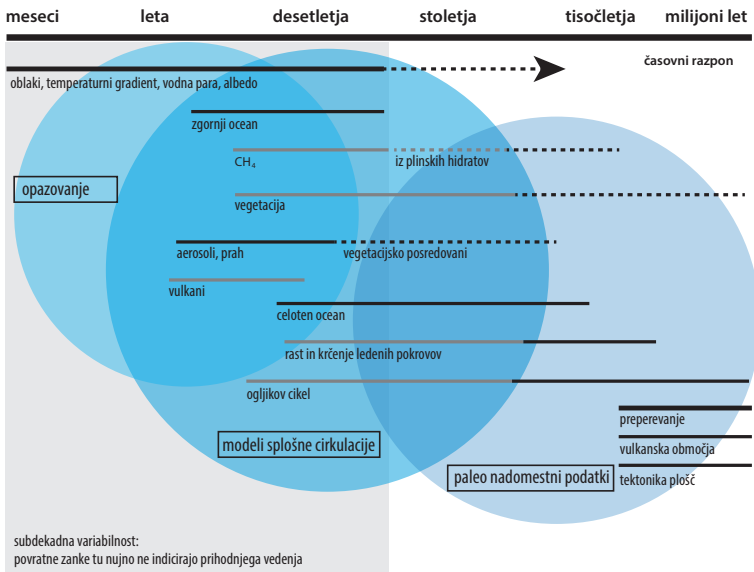
Podnebno modeliranje zaseda jedro dela v okviru IPCC in v razvoju scenarijev prihodnjih emisij in rasti temperature, a je pogosto pretirano konservativno in podcenjuje prihodnje učinke.

Poročilo o podnebnih spremembah in nacionalni varnosti, ki sta ga leta 2007 izdala Center for Strategic and International Studies in Center for a New American Security, je prepoznalo, da »nedavna opazovanja nakazujejo, da so bile projekcije iz podnebnih modelov pretirano konservativne – učinki podnebnih sprememb se odvijajo hitreje in bolj dramatično, kot je bilo pričakovati« – ter da po različnih poteh pridobljeni dokazi podpirajo hipotezo, da se »projekcije segrevanja in spremljajočih učinkov sistematično nagibajo k nižjim vrednostim«. Na primer:

Modeli, uporabljeni za projekcije prihodnjega segrevanja bodisi zanemarjajo bodisi ne upoštevajo negotovosti glede potencialno pomembnih pozitivnih povratnih zank, ki bi lahko amplificirale segrevanje (npr. sproščanje toplogrednih plinov iz talečega se permafrosta, reduciran oceanski in kopenski ponor CO₂ iz atmosfere); na voljo so indici, da se tovrstne povratne zanke morda že dogajajo v odgovor na sedanji trend segrevanja. Podnebni modeli torej morda podcenjujejo že samo stopnjo segrevanja ob dani količini toplogrednih plinov, ki jih v atmosfero izpuščajo človeške dejavnosti. A kot dodatno kažejo nedavna opazovanja odzivov podnebnega sistema na segrevanje (torej spremembe v globalni pokritosti z ledom, dvig morske gladine, dejavnost tropskih viharjev), modeli IPCC podcenjujejo odzivnost nekaterih aspektov podnebnega sistema ob dani količini segrevanja. (Campbell et al. 2007)

Leta 2015 so raziskovalci poročali o dolgoročnih povratnih zankah, ki jih globalni modeli ignorirajo – kot prikazuje Slika 3,

kjer sive črte znotraj sredinske elipse označujejo procese, za katere v globalnih podnebnih modelih velja domneva, da so (delno) neaktivni ali neobstoječi, kar pa v realnosti ne drži. (Knutti in Rugenstein 2015)



Slika 3: Vsaka od elips pokriva eno od različnih metod ocenjevanja podnebne občutljivosti: opazovanja (levo), globalne podnebne modele splošne cirkulacije (sredina) in paleoklimatske nadomestne podatke (desno). Svetlo sive črte označujejo procese, ki delujejo v časovnih razponih, ki jih modeli lahko razložijo, a se običajno domneva, da so (delno) neaktivni ali neobstoječi. Prekinjene črte označujejo časovne razpone, kjer so specifične povratne zanke šibkejše ali pa delujejo zgolj pod določenimi pogoji. Puščica za oblake, temperaturni gradient, vodno paro in albedo označuje, da te povratne zanke delujejo v krajših časovnih razponih; a ker površinsko segrevanje potrebuje stoletja ali več, da se uravnesi, te zanke še za obdobje tisočletja spreminjajo in vplivajo na odziv sistemov. (vir: Knutti in Rugenstein 2015)

V četrti nacionalni podnebni oceni, objavljeni leta 2017, so ameriške vladne agencije ugotovile, da imajo »pozitivne povratne zanke (samospodbujevalni cikli) znotraj podnebnega sistema potencial, da pospešijo antropogene podnebne spremembe ali da podnebni sistem na Zemlji, delno ali v celoti, celo potisnejo v nova stanja, ki so izrazito drugačna od tistih, ki smo jih izkusili v nedavni preteklosti«; in medtem ko je nekatere povratne zanke in potencialne preskoke stanj mogoče modelirati in kvantificirati, »je druge mogoče modelirati ali identificirati, ne pa kvantificirati, in nekateri so verjetno še vedno nepoznani«.

Medtem ko so v podnebne modele vgrajeni pomembni podnebni procesi, ki jih je mogoče dobro kvantificirati, pa ne vključujejo vseh procesov, ki lahko prispevajo k povratnim zankam, sestavljenih ekstremnih dogodkov ter abruptnih in/ali nepovratnih sprememb. Iz tega razloga prihodnjih sprememb zunaj razpona, ki ga projicirajo podnebni modeli, ni mogoče izključiti. Še več, sistematična tendenca podnebnih modelov k podcenjevanju temperaturne spremembe med toplimi paleoklimatskimi obdobji nakazuje, da podnebni modeli z večjo verjetnostjo podcenjujejo kot precenjujejo obseg dolgoročne prihodnje spremembe. (USGCRP 2017)

Na konferenci o podnebnih politikah v Bonnu leta 2017 je Phil Duffy, direktor Woods Hole Research Center, pojasnil, da je »najboljši primer rezerviranosti permafrost [...]. Absolutno bistveno je, da se ta povratna zanka resno ne zažene; če se, preprosto ni načina, da bi jo nadzorovali.« Pravi, da prihaja do znanstvene zmote, ker »nič od tega ni najti v podnebnih modelih in nič od tega ni upoštevano v razpravah o podnebnih politikah [...]. Podnebni modeli preprosto zanemarijo emisije iz segrevajočega se permafrosta, a vemo, da je ta odgovor napačen, ker je potihem privzeto, da so te emisije nične, vemo pa, da to ni res.« (UPFSI 2017)

Znotraj IPCC se pojavlja stalen vzorec, po katerem predstavitvi podrobnih, kvantificiranih (numeričnih) rezultatov modeliranja

sledi hitra omemba bolj drastičnih možnosti – denimo povratnih zank, ki jih modeli ne upoštevajo – v deskriptivni, ne-kvantificirani obliki. Raven morske gladine, polarni ledeni pokrovi in nekatere povratne zanke ogljikovega cikla so trije od primerov. Ker oblikovalce politik in medije pogosto pritegnejo naslovne številke, se ta pristop izteče v manjšo pozornost do najbolj uničujočih, skrajnih, nelinearnih in stežka kvantifikabilnih možnih razpletov.

Konsenz glede numeričnih rezultatov lahko vodi k preziznemu vrednotenju tveganj:

Poudarek na konsenzu je v poročilih IPCC v središče postavil pričakovane razplete, ki se nato s pomočjo numeričnih ocen usidrajo v glave oblikovalcev politik. [...] [Z]daj je enako pomembno, da oblikovalci politik razumejo bolj ekstremne možnosti, ki jih konsenz lahko izključi ali minimizira. [...] [O]b fiksaciji, ki se neogibno zgodi okrog numeričnih vrednosti, je bazo ocen kvantitativne negotovosti nujno razširiti, da bi observacijska, paleoklimatska in teoretska dognanja nezadostno razumljenih fenomenov pridobila primerljivo težo z dognanji iz numeričnega modeliranja [...]. Ena od možnih izboljšav bi bila v tem, da bi IPCC v celoti vključil presoje iz ekspertnih povzetkov. (Oppenheimer et al. 2007)

Glaciolog Eric Rignot pravi, da je »ena od težav IPCC velika želja sklicevanja na fizikalne modele«. Kot pojasni:

Na primer, ko gre za projekcije dviga morske gladine, se IPCC nagiba k minimiziranju pomena polempiričnih modelov. V primeru Antarktike bo morda potrebno še dodatno desetletje, da bi polno sklopljeni modeli ledeni pokrovi-ocean-morski led-atmosfera pravilno dojeli atmosfersko cirkulacijo južne hemisfere, Južni ocean in ledeni pokrov z uporabo fizikalnih modelov, s polno fiziko in visoko prostorsko resolucijo. V vmesnem času je bistveno, da naredimo korak naprej v našem znanstvenem razumevanju ter javnost in oblikovalce politik informiramo na podlagi opazovanj, osnovne fizike, preprostejših modelov – precej preden to dosežejo polno razviti fizikalni modeli. (Rignot 2017)

Pomembno je razumeti razliko med polnimi podnebnimi modeli in polempiričnim pristopom, saj se IPCC nagiba k privilegiranju prvega na škodo drugega pristopa. Dober primer tega so projekcije dviga morske gladine.

Polno sklopljeni modeli. Polno sklopljeni globalni podnebni modeli oziroma modeli splošne cirkulacije (GCM) so matematične reprezentacije Zemljinega podnebnega sistema, osnovani na zakonih fizike in kemije. Gnani na računalnikih simulirajo interakcije pomembnih gonil podnebja, vključno z interakcijami med atmosfero, oceani, zemeljsko površino in ledom, da bi rešili celovite enačbe za prenos mase in energije ter sevalne izmenjave. Modeli so v prvi instanci testirani vnazaj: kako uspešno, ko so v njih naloženi podnebni pogoji iz opazovanja (parametri) v nekem preteklem času, reproducirajo dogajanje od te točke naprej. Omejeni so z zmožnostjo avtorjev modelov, da razumejo vključene fizikalne procese do te mere, da so jih sposobni predstaviti v kvantitativni obliki. Dinamika ledenih pokrovov, denimo, je slabo reproducirana, zato ključni procesi, ki nadzorujejo odziv ledenega toka na segrevanje podnebja, niso vključeni v trenutne modele ledenih pokrovov. GCM modeli se s časom izboljšujejo in novi visoko zmogljivi računalniki omogočajo razvoj modelov z višjo resolucijo. (Rahmstorf 2007)

Polempirični modeli. Polempirični model je preprostejši, fizikalno plavzibilen model reducirane kompleksnosti, ki izkorišča statistična razmerja. Za napoved prihodnjih podnebnih razmer kombinira trenutna opažanja z nekaterimi osnovnimi fizikalnimi razmerji iz opažanja preteklih podnebnih stanj ter teoretične premisleke, kjer spremenljivke povezuje prek temeljnih načel. Polempirični model, na primer, »lahko priskrbi pragmatično alternativo pri oceni odziva ravni morske gladine«. (*Ibid.*) Opazovanje preteklih stopenj spremembe ravni morske gladine iz podnebnih arhivov, ko je bilo siljenje (energetsko neravnovesje v sistemu) podobno današnjemu, prinaša uvid, kako hitro se ravni morske gladine lahko povešajo v naslednjem obdobju.

Polempirični pristop k napovedovanju prihodnje rasti morske gladine na ta način lahko poveže globalni dvig morske gladine z globalno povprečno temperaturo površja. Ta pristop je uporabil Rahmstorf leta 2007 in napovedal dvig za 0,5 do 1,4 metra do leta 2100, v nasprotju s sočasnim poročilom IPCC, osnovanim na modelih GCM, ki je dal številko 0,18 do 0,59 metra.

Polempirični modeli se opirajo na opazovanja iz podnebne zgodovine (paleoklimatologije), da bi vzpostavili razmerja med spremenljivkami. Ko IPCC namesto njih privilegira modele GCM, minimizira uvide iz zgodovine Zemljinega podnebja.

Točke preloma

Točko preloma lahko razumemo kot prekoračitev kritičnega praga v eni od komponent Zemljinega podnebne sistema – kot so osrednji oceanski in atmosferski cirkulacijski vzorci, polarna ledena pokrova ter zemeljske in oceanske zaloge ogljika –, ki proizvede preskok v sistemu.

Napredovanje k točki preloma pogosto poganjajo pozitivne povratne zanke, kjer sprememba v določeni komponenti vodi k nadaljnjim spremembam, ki vplivajo nazaj na izvorno komponentno in amplificirajo učinek. Klasičen primer v globalnem segrevanju je povratna zanka led-albedo, kjer krčenje področja polarnega ledu spremeni odsevnost površja, tako da posrka več toplote iz sončnega sevanja in proizvede dodatno izgubo morskega ledu.

V nekaterih primerih prekoračenje enega praga sproži nadaljnje pragovne dogodke; obsežna sprostitvev toplogrednih plinov iz zalog ogljika v polarnem permafrostu, denimo, poveča segrevanje, s čimer se v pozitivni povratni zanki sprosti še več ogljika iz permafrosta, obenem pa prek točke praga potisne tudi druge sisteme, denimo polarna ledena pokrova.

V obdobju rapidnega segrevanja je večina osrednjih točk preloma, ko so enkrat prekoračene, nepovratnih v merilih človeškega

časa, pretežno zaradi dolgoživosti atmosferskega CO₂ (tisoč let). (Solomon et al. 2008) Zato je ključnega pomena, da pridemo do čim boljšega razumevanja točk preloma v morebitni bližnji prihodnosti.

Obsežne človeške intervencije v tistih točkah preloma zemeljskega sistema, ki se gibljejo počasi, bi lahko dosegle reverzno odpravo določene točke preloma – denimo z obsežnim programom črpanja atmosferskega CO₂ ali uravnavanjem sončnega sevanja.

Znanstvena literatura o točkah preloma je relativno sveža. Naša vednost je omejena zaradi pomanjkljivega sistemskega razumevanja kritičnih procesov in povratnih zank v ključnih komponentah zemeljskega podnebja, kakršne so polarne regije, prav tako pa »doslej še niso bili opravljeni resni poskusi, da bi identificirali in kvalificirali interakcije med različnimi točkami preloma«. (Schellnhuber 2009)

Kot smo govorili zgoraj, podnebni modeli še niso na ustreznih ravni, ko gre za točke preloma. To je deloma posledica narave točk preloma, kjer specifičen in kompleksen spoj dejavnikov abruptno spremeni značaj podnebnega sistema in ga privede v drugo stanje. Da bi to uspeli modelirati, je nujna natančna identifikacija udeleženih dejavnikov in njihovih sil, pa tudi njihova specifična interakcija ter interakcije med različnimi točkami preloma. Raziskovalci trdijo, da »kompleksni, nelinearni sistemi tipično preskakujejo med alternativnimi stanji na abrupten in ne na zvezen način, kar je izziv, ki ga podnebni modeli še niso bili zmožni adekvatno nasloviti«. (Duarte et al. 2012)

GFC pravi, da v političnih pogajanjih – kljub znanstvenim dokazom, da se tveganja, povezana s točkami preloma, »povečajo nesorazmerno, ko temperatura naraste z 1 °C na 2 °C, in postanejo visoka pri 3 °C« (GFC 2017) – vztrajno zanemarjajo ekstremne scenarije, ki bi lahko vodili v abruptne ali nepovratne podnebne spremembe. V poročilu *Global Catastrophic Risk 2017* zaključujejo, da »je svet trenutno popolnoma nepripravljen že za

vizualizacijo, kaj šele za spopadanje s posledicami katastrofičnih podnebnih sprememb.« (*Ibid.*) IPCC je doslej objavil le redke projekcije pragov točk preloma, prav tako pa ni poudaril pomena, ki ga ima v odsotnosti adekvatnih kvantitativnih podatkov glede tega problema oblikovanje robustnih ocen obvladovanja tveganj.

Podnebna občutljivost

Vprašanje podnebne občutljivosti je predmet obsežne razprave. Podnebna občutljivost zadeva vrednost porasta globalne povprečne temperature ob podvojitvi ravni atmosferskih toplogrednih plinov ob doseženem ravnovesju. (Ravnovesje je stanje sistema, ko so vse perturbacije razrešene in je sistem balansiran.)

Poročila IPCC so se osredotočila na to, kar običajno imenujemo ravnovesna podnebna občutljivost (ECS). Poročilo iz leta 2007 kot najboljšo oceno podnebne občutljivosti navaja 3 °C in pravi, da »je verjetno v razponu od 2 °C do 4,5 °C«. Poročilo iz leta 2014 pravi, »da ni mogoče podati najboljših ocen ravnovesne podnebne občutljivosti zaradi pomanjkanja strinjanja o vrednosti vzdolž pregledanih dognanj in študij« in navaja zgolj razpon od 1,5 °C do 4,5 °C. To je bil korak nazaj.

Česar poročila IPCC ne uspejo pojasniti, je, da merjenje ECS prezre »dolgoročne« povratne zanke, ki jih lahko sproži porast temperature planeta. Mednje sodijo povratna zanka permafrosta in druge spremembe v terestrialnem ogljikovem ciklu, upad učinkovitosti oceanskega ponora ogljika ter taljenje polarnih ledenih pokrovov, ki pod seboj ustvarja hladen površinski oceanski sloj, kar pospešuje taljenje ledenih polc in pospeši hitrost izgube ledene mase.

Podnebne občutljivosti, ki te povratne zanke vključuje – znane kot občutljivost zemeljskega sistema (ESS) –, poročilo IPCC iz leta 2014, kot je videti, sploh ne prepozna. Pa vendar obstaja širok razpon literature, ki kot vrednost ESS predlaga 4 °C do 6 °C. (The Geological Society 2013)

Po uveljavljenih predstavah te »dolgoročne« povratne zanke – kot so polarne zaloge ogljika in polarna ledena pokrova – operirajo v tisočletnem merilu. A hitrost, s katero človeška dejavnost spreminja energetske ravnovesje Zemlje, je brez precedensa v zadnjih 66 milijonih let in je okvirno desetkrat večja kot med paleocenskim-eocenskim temperaturnim maksimumom pred 55 milijoni let, obdobjem enega največjih zabeleženih dogodkov izumrtja.

Hitrost spremembe v energetske siljenju je ta trenutek tako velika, da so te »dolgoročne« povratne zanke že začele delovati znotraj kratkoročnih časovnih okvirov. IPCC na ta problem ni pripravljen. Namesto tega se mu izogiba s trditvami, kakršna je ta (iz leta 2007): »Doslej uporabljeni modeli ne vključujejo negotovosti v povratni zanki ogljikovega cikla [...], saj manjka osnova za to v objavljeni literaturi [...]. Spajanje podnebja in ogljikovega cikla bo ob ogrevanju podnebnega sistema predvidoma prispevalo dodaten CO₂ v atmosfero, a magnituda te povratne zanke je negotova.« Prav to je tisti tip nedoločne govornice, ki se mu bodo politiki in mediji zelo verjetno izognili v prid številke v naslovih.

Omeniti velja, da so ogljični proračuni – količina ogljika, ki ga je mogoče izpustiti v atmosfero, preden je presežen temperaturni cilj – načeloma osnovani na srednji vrednosti podnebne občutljivosti okrog 3 °C. A ta številka utegne biti prenizka. Fasullo in Trenberth sta ugotovila, da so relativno vlažnost v tropih in subtropih ter z njo povezano oblačnost, kakršno kažejo opazovanja, najbolje zajeli podnebni modeli z višjo občutljivostjo okrog 4 °C (Fasullo in Trenberth 2012). Tudi Sherwood et al. vrednost občutljivosti postavljajo višje od 3 °C. (Sherwood et al. 2014) Zhai et al. ugotavljajo, da sedem modelov, ki ustrezajo sezonski variaciji morskih oblakov na nizkih višinah, kakršno kažejo opazovanja, daje ansambelsko povprečje občutljivosti 3,9 °C. (Zhai et al. 2015) Nedavno je bilo dokazano, da imajo modeli, ki najbolje zajamejo trenutne razmere, srednjo vrednost 3,7 °C, v nasprotju s 3,1 °C pri surovih modelskih projekcijah. (Brown in Caldeira 2017)

Delo na problemu eksistencialnih podnebnih tveganj Xuja in Ramanathana, navedeno zgoraj, je pomembno tudi pri ocenah,

kaj je primerna podnebna občutljivost za namene obvladovanja tveganj, in sicer iz treh razlogov. Pravita, da:

1. Če upoštevamo biogeokemijske povratne zanke (kot so manj učinkoviti ponori tal in oceanov, vključno z izgubo permafrosta), se ogljične emisije do leta 2100 povečajo za 20 % in lahko okrepijo segrevanje za do 0,5 °C v primerjavi z osnovnim scenarijem.
2. Po projekcijah bo segrevanje povišalo emisije metana iz mokrišč za 0–100 % v primerjavi s trenutnim stanjem. 50-% povišanje emisij metana iz mokrišč do leta 2100 v odzivu na ekstremen porast temperature za 4,1–5 °C bi lahko dodatno prispevalo vsaj še 0,5 °C.
3. Ključno je uporabljati skrajne zgornje vrednosti podnebne občutljivosti, saj so nekatere študije pokazale, da so podnebni modeli podcenjevali tri osrednje pozitivne podnebne povratne zanke: pozitivno povratno zanko ledu in albeda zaradi izginjanja arktičnega morskega ledu; pozitivno povratno zanko oblačnosti in albeda zaradi redukcije ciklonske oblačnosti na zmernih širinah; in pozitivno povratno zanko albeda in mešanih oblakov (iz vode in ledu). Ko jih upoštevamo, je ECS več kot 40 % višja od srednje vrednosti IPCC (4,5–4,7 °C), preden je dodana še dodatna 1 °C, kot je navedeno pod točko 1 in 2. (Xu in Ramanathan 2017)

V raziskavi, objavljeni leta 2016, Friedrich et al. pokažejo, da modeli podnebno občutljivost morda podcenjujejo zato, ker ni uniformna v vseh okoliščinah, temveč je dejansko višja v toplejših, interglacialnih obdobjih (kakršno je trenutno) in nižja v hladnejših, glacialnih obdobjih. (Friedrich et al. 2016) Na podlagi študije glacialnih ciklov in temperature v zadnjih 800.000 letih avtorji sklenejo, da povprečje podnebne občutljivosti v toplejših obdobjih znaša 4,88 °C. Večja številka bi pomenila, da bi segrevanje ob 450 delcih na milijon (ppm) atmosferskega CO₂ (številka, ki jo bomo po današnjih trendih dosegli v 25 letih) znašalo okrog 3 °C in ne 2 °C, o kateri se govori v krogih oblikovalcev politik. Po mnenju Michaela Manna ta članek deluje »trezno, sklepi pa so precej utemeljeni«. (Johnston 2016)

Ogljični proračuni

Ogljični proračun je ocena vsote prihodnjih antropogenih emisij toplogrednih plinov v tonah ogljika, CO₂ ali ekvivalenta CO₂, ki bi bila skladna z omejitvijo segrevanja do specifične vrednosti, denimo 1,5 °C ali 2 °C, s podanim tveganjem preseženja tega cilja, na primer kot 50-, 33- ali 10-% možnosti.

Razprava o ogljičnih proračunih je pogosto nejasna. Težko je določiti, ali so predpostavke realistične, ali proračun, denimo, poleg CO₂ vključuje tudi druga siljenja, kot sta metan ali dušikov oksid. Tveganje neuspeha prepogosto ni jasno izrečeno, posebej kar zadeva tveganja z debelim repom. V nasprotju s tonom poročil IPCC podatki kažejo, da ne razpolagamo z ogljičnim proračunom za 2 °C za razumno obvladovanje tveganj, tj. za nizko verjetnost (10 %) možnosti preseganja tega cilja. Poročila IPCC ne povedo, da tega ogljičnega proračuna ni, če 2 °C razumemo kot strogo mejo, kot določa *Kopenhagenski sporazum*, in ne kot cilj (kot prizadevanje, ki ga lahko znatno presežemo). Poročila IPCC ne povedo, da v primeru, če upoštevamo prihodnje emisije iz proizvodnje hrane in deforestacije, nimamo ogljičnega proračuna za emisije iz fosilnih goriv za doseg cilja 2 °C. (Raupach et al. 2011; Arora et al. 2015; Meinshausen 2008; Anderson in Bows 2008) Rutinsko so predlagani ogljični proračuni, ki vsebujejo izrazito in nesprejemljivo tveganje preseganja odmerjenih ciljev in na ta način sprožajo veliko in nenadzorljivo tveganje neuspeha.

Raziskava, objavljena decembra 2017, je izvedla primerjavo »surovih« podnebnih modelov (ki jih uporablja IPCC) z modeli, ki so »observacijsko informirani« in najbolj zajamejo trenutne razmere. Slednji do leta 2100 proizvedejo 15 % več segrevanja, kot navaja IPCC, s čimer se ogljični proračun za 2-stopinjski cilj zmanjša za okrog 15 %. Dejansko segrevanje za emisijski scenarij RCP4.5 je v realnosti verjetno višje, podobno tistemu, ki ga surovi modeli projicirajo za RCP6.0 (Brown in Caldeira 2017). (RCP-ji so trajektorije značilnih potekov vsebnosti emisij toplogrednih

plinov in označujejo vrednost stabilizacije sevalnega prispevka v W/m^2 do leta 2100. RCP2.6 je najnižji, RCP8.5 najvišji.) To je skladno s spoznanji, do katerih je pet let pred tem prišla druga študija, po kateri so projekcije podnebnih modelov, ki kažejo večjo rast globalne temperature, bolj verjetno natančnejše kot tiste, ki kažejo manjšo rast. (Fasullo in Trenberth 2012)

IPCC poleg tega uporablja definicijo globalne povprečne temperature površja, ki podcenjuje količino segrevanja v razmerju do predindustrijske ravni. Ko upoštevamo ocene učinka računanja (1) segrevanja za celotno globalno pokritost namesto za pokritost na podlagi razpoložljivih opazovanj, (2) segrevanja z uporabo merjenj temperature zraka na površju (SAT) prek celotnega planeta namesto observacijske kombinacije temperature morskega površja (SST) in SAT, in (3) segrevanje od predindustrijske začetne točke namesto tiste poznega 19. stoletja, prenizko vrednotenje znaša okrog $0,3\text{ }^{\circ}C$. (Schurer et al. 2018) To ima za posledico znatno precenjevanje še dopustnih emisij. Na primer, če začetno točko postavimo dlje nazaj kot v 19. stoletje, se dopustne emisije za stabilizacijo pri $2\text{ }^{\circ}C$ zmanjšajo za 40 %. (Schurer et al. 2017)

Problematične so tudi tiste različice ogljičnih proračunov z vgrajenimi scenariji »prekoračenja [overshoot]«, kjer segrevanje preseže cilj, preden se zniža za posledicami padanja ravnih ogljika. Pam Pearson, direktorica International Cryosphere Climate Initiative, pravi, da je večina pragov v kriosferi določenih s temperaturnim viškom in dolžino trajanja na tem višku, ter opozarja, da »je kasnejši upad temperature po višku v veliki meri irelevanten, posebej pri viških z visokimi temperaturami in daljšim trajanjem«. »Prekoračitveni scenariji«, ki zdaj postajajo norma v krogih oblikovanja politik, tako vsebujejo precej večje tveganje. (UPFSI 2017)

Permafrost in ogljikov cikel

Neuspeh adekvatne obravnave dolgoročnih povratnih zank v IPCC-jevih ocenah podnebne občutljivosti v podnebnih modelih in, posledično, v projekcijah prihodnjega segrevanja, leži v samem jedru problema poročevalnega procesa IPCC. V merilu stoletij lahko ojačevalne povratne zanke nazadnje prispevajo 28–68 % celotnega segrevanja, a obsegajo le 1–7 % trenutnega segrevanja. (Proistosescu in Huybers 2017) Ponor tal (njihova kapaciteta shranjevanja) za CO₂ je po vsem sodeč precej manjši, kot je trenutno faktoriran v nekaterih podnebnih modelih. (Bradford 2017) Prihodnji vzorci segrevanja utegnejo na ta način biti razpoznavno drugačni od preteklih vzorcev, kar otežuje napovedi prihodnjega segrevanja na podlagi preteklih opazovanj.

Ogljik v tleh. Študija iz 2016 je sklenila, da povratna zanka ogljikovega cikla v tleh »ni bila vgrajena v računalniške modele za projekcije prihodnjih podnebnih sprememb, s čimer je nastala možnost, da takšni modeli podcenjujejo količino verjetnega segrevanja«. (Crowther et al. 2016) Napovedana izguba ogljika v tleh zaradi podnebnih sprememb predstavlja potencialno veliko, a izrazito negotovo povratno zanko s segrevanjem; a velika je verjetnost močne povratne zanke ogljika in podnebja iz hladnejših severnih tal. (Koven et al. 2017)

Gozdovi. Trenutno okrog tretjine antropogenih emisij CO₂ absorbirajo drevesa in druge rastline. A rapidno segrevanje podnebja in nenavadni vzorci dežnih padavin ogrožajo mnoge svetovne gozdove – zaradi pogostejših suš, izbruhov kužnih boleznih in požarov. To začenja močno učinkovati na ogljikov cikel.

Leta 2009 je raziskava ugotovila, da bi rast temperature za 2 °C lahko razpolovila ogljični ponor tropskega deževnega gozda. (Murray 2009) Nekateri tropski gozdovi – v Kongu in Jugovzhodni Aziji – so se že pretvorili v neto vire ogljika. Tropi so

zdaj neto vir ogljika, pri čemer so izgube zaradi deforestacije in redukcije ogljične gostote v obstoječih gozdovih dvakrat tolikšne kot prirastki iz rasti gozdov. (Baccini et al. 2017) Druga študija je napovedala dolgoročno, samospodbujevalno ogljično povratno zanko med gozdovi srednjega pasu in podnebnim sistemom, ko se svet segreva. (Melillo 2017)

Opaženo je bilo pojevanje v amazonskem ogljičnem ponoru. Negativne sinergije med deforestacijo, podnebnimi spremembami in široko razširjeno uporabo ognja nakazujejo točko preloma za amazonski sistem, po kateri ta preskoči v ne-gozdni ekosistem v vzhodni, južni in osrednji Amazoniji, in sicer pri 20–25-% deforestaciji. Raziskovalci trdijo, da resne suše iz let 2005, 2010 in 2015–2016 morda predstavljajo prva znamenja te ekološke točke preloma, ter pravijo, da je celoten sistem pričel oscilirati. (Lovejoy in Nobre 2018)

Permafrost. Svetovni permafrost zadržuje 1,5 bilijone ton zamrznjenega ogljika, več kot dvakratnik količine ogljika v atmosferi. Na kopnem zavzema površino 15 milijonov kvadratnih kilometrov. Arktika se segreva hitreje od vseh preostalih delov Zemlje in degradacija permafrosta že poteka. Veliki požari v tundri leta 2012 so skrb še povečali, prav tako lokalizirani izbruhi metana.

Ocene IPCC leta 2007 si niso drznile onkraj naslednjih trditvev: »Spremembe v snegu, ledu in zamrznjenih tleh so s precejšnjo gotovostjo povečale število in velikost ledeniških jezer, povečale nestabilnost tal v gorskih in preostalih regijah permafrosta ter privedle do sprememb v nekaterih arktičnih in antarktičnih ekosistemih.« Z »veliko gotovostjo« so poročali, da »so se emisije metana iz tundre [...] in permafrosta v zadnjih dveh desetletjih pospešile in se bodo verjetno še dodatno pospeševale.« A poročilo kljub temu ni ponudilo nikakršnih projekcij glede taljenja permafrosta.

Pa vendar, leta 2005 sta Lawrence in Slater pokazala, da bi podvojitve ravni CO₂ do leta 2100 (scenarij 3 °C porasta temperature) zmanjšala območje permafrosta za več kot polovico in povzročila

taljenje večine zgornjih treh metrov. (Lawrence in Slater 2005) (Leta 2017 je bila izguba permafrosta ocenjena na 4 milijone kvadratnih kilometrov za vsako stopinjo porasta temperature.)

Leta 2014 so v IPCC-jevem *Povzetku za oblikovalce politik* (Summary for Policymakers, SPM) zapisali: »Praktično gotovo je, da bo s porastom globalne povprečne temperature površja prišlo do redukcije obsega zgornjih plasti permafrosta na visokih severnih širinah, pri čemer projekcije kažejo, da se bo območje permafrosta zgornjega sloja pod površjem (zgornjih 3,5 metra) zmanjšalo za 37 % (RCP2.6) do 81 % (RCP8.5) za večmodelsko povprečje (srednja gotovost).« To je bilo vse.

Učinek povratne zanke ogljika v permafrostu ni vključen v scenarije IPCC (UNEP 2012), vključno s poročilom iz leta 2014. Tako je kljub jasnim indicem, da »bo povratna zanka ogljika v permafrostu Artiko spremenila iz ponora v vir ogljika do srede dvajsetih let in je dovolj močna, da bo odpravila 42–88 % celotnega globalnega ponora tal«. Leta 2012 so raziskovalci prišli do ugotovitve, da bo za srednjo napoved za 2100 prišlo do 0,23–0,27 °C dodatnega segrevanja zaradi povratne zanke permafrosta. Nekateri znanstveniki se nagibajo k stališču, da »točka preloma« za ekstenzivno tajanje permafrosta nastopi nekje okrog 1,5 °C. (MacDougall, Avis in Weaver 2012; Schaefer et al. 2011; Vaks et al. 2013)

Študija iz leta 2014 je ocenila, da se zaradi taljenja permafrosta lahko sprosti 205 milijard ton ekvivalenta CO₂, kar bi povzročilo 0,5 °C dodatnega segrevanja za scenarije visokih emisij in do 0,15 °C dodatnega segrevanja za 2-stopinjski scenarij. Njeni avtorji pravijo, da »v podnebnih projekcijah v *Petem ocenjevalnem poročilu* IPCC in vseh emisijskih ciljeh, osnovanih na teh projekcijah, ni adekvatnega vrednotenja emisij iz taljenja permafrosta in učinkov povratne zanke ogljika v permafrostu na globalno podnebje.« (Schaefer et al. 2014)

A četudi se človeške emisije toplogrednih plinov stabilizirajo, se izguba ogljika v permafrostu lahko nadaljuje mnoga leta;

simulacije kažejo, da bi se ob stabilizacijskem cilju 2 °C v atmosfero lahko sprostito 225 do 345 milijard ton (ekvivalenta) CO₂. (Burke et al. 2018)

Pred kratkim se je pozornost usmerila k vprašanju stabilnosti velikih zalog metanovih hidratov pod oceanskim dnom na plitvi Vzhodnosibirski arktični polici (ESAS). Te zaloge so pred toplejšimi oceanskimi temperaturami nad njimi zaščitene s slojem zamrznjenega podmorskega permafrosta. Obstaja skrb, da bi toplejše vode lahko ustvarile talike (območja staljenega permafrosta), prek katerih bi lahko v vodni steber in naprej v ozračje lahko ušle velike količine emisij metana iz hidratov. (Whiteman et al. 2013)

Peter Wadhams je pojasnil, da »izguba morskega ledu vodi k segrevanju morskega dna, kar vodi k taljenju permafrosta v morju, kar vodi k sproščanju metana, kar vodi k okrepljenemu segrevanju, kar vodi k še bolj rapidnemu razkrivanju morskega dna« – in to ni »dogodek majhne verjetnosti«. (Ahmed 2013)

Mnogi eksperti so se norčevali iz teh trditev. Modelske ocene v poročilih IPCC kažejo, da degradacija permafrosta na ESAS ne more preseči nekaj metrov v tem stoletju, formacija talikov, ki bi dopustili sprostitve velikih količin metana, pa bi zahtevala stotine in tisoče let. Po IPCC je potencialni prispevek ESAS pri emisijah metana neznaten.

A raziskovalci trdijo, da model ni več pravilen. Avgusta 2017 so naznanili:

Novi podatki, pridobljeni s kompleksnimi biokemijskimi, geofizikalnimi in geološkimi študijami, izvedenimi v letih 2011–2016, so privedli k sklepu, da je na nekaterih delih Vzhodnosirske arktične police skorja permafrosta že dosegla globino stabilnosti hidratov, katerih uničenje lahko povzroči masivne sprostitve metanskih mehurjev [...]. Rezultat naše študije zagotavlja bistveno nove uvide v mehanizem procesa, odgovornega za stanje podmorskega permafrosta na Vzhodnosibirski arktični polici, v kateri je, glede na različne ocene, zbranih do 80 in več odstotkov celotnega podmorskega permafrosta na severni polobli, pod katerim ležijo ogromne

hidrokarbonske rezerve v obliki hidratov, nafte in prostega plina. (Tomsk Polytechnic University 2017)

Če minimiziramo potencialne učinke, ki izhajajo iz degradacije permafrosta in metanovih hidratov, se pred nami zarisuje zavajajoče optimistična slika stanja.

Arktični morski led

Leta 2007 je IPCC poročal: »Satelitski podatki od leta 1978 kažejo, da se je letni povprečni obseg arktičnega morskega ledu skrčil za 2,7 % vsako desetletje« in da »bo po projekcijah poznopoletni morski led skoraj popolnoma izginil proti koncu enaindvajsetega stoletja.«

Istega leta je poletni umik arktičnega morskega ledu silovito presešel vseh 18 računalniških modelov IPCC. Eden od znanstvenikov je izjavil, da se led tali »stoletje pred rokom«. Mnogi modeli, vključno s tistimi, na katere se je opiralo poročilo IPCC iz leta 2007, niso v celoti zajeli dinamike izgube morskega ledu.

Michael E. Mann pravi, da so izdelovalci modelov morskega ledu »spekulirali, da je bil minimum iz 2007 aberacija [...], stvar naključne variabilnosti, šum v sistemu, da si bo morski led opomogel [...]. [T]o ne zveni več upravičljivo.« (Scherer 2012a)

A že dve leti pred tem je Tore Furevik z Geofizikalnega inštituta v Bergnu pokazal, da je bil dejanski umik arktičnega morskega ledu večji od ocen v kateremkoli od arktičnih modelov v okviru IPCC. Do leta 2007 je širša skupina znanstvenikov predstavila dokaze, da bi Arktika brez poletnega morskega ledu lahko ostala že do leta 2030. (Serreze et al. 2007; Stroeve et al. 2007) O tem poročilo IPCC istega leta ni reklo nič.

Leta 2012 je prišlo do podobnega, osupljivega upada arktičnega morskega ledu, ki je dosegel raven, ki ni bila dosežena več tisočletij, s poletnim minimumom volumna morskega ledu

na zgolj tretjini tistega pred zgolj 30 leti, s čimer se je še povečal konservativni primanjkljaj projekcij IPCC. A v osupljivo rezervirani oceni so leta 2014 v IPCC zapisali: »Celoletne redukcije v arktičnem morskem ledu so predvidene po vseh RCP scenarijih.« Arktični ocean skoraj brez poletnega ledu naj bi bil verjeten le pri scenariju maksimalnih emisij.

V realnosti se poletni led tanjša hitreje od vsakršne podnebne projekcije; prekoračene so bile točke preloma za poletne razmere brez morskega ledu in danes znanstveniki menijo, da je Arktika brez poletnega ledu morda oddaljena le leta, ne več desetletja.

Nezadostnost modelov »ovira našo zmožnost predvidenja prihodnjega stanja arktičnega morskega ledu« in večina splošnih podnebnih modelov »ni bila zmožna adekvatne reprodukcije večdesetletne variabilnosti morskega ledu in trendov v pan-arktični regiji, pridobljenih z opazovanji«, tako da je njihov trend, ko gre za obseg septembrskega arktičnega morskega ledu, »približno 30 let za opaženim trendom«. (Maslowski et al. 2012)

Izguba morskega ledu zmanjšuje odsevnost planeta in pridonaja k segrevanju, a ta pozitivna povratna zanka ni v celoti vgrajena v modele v okoliščinah, kjer je hitrost izgube morskega ledu višja, kot so pričakovali modeli – kot se dogaja zdaj. Da bi globalni porast temperature ohranili pod 2 °C, bi globalne emisije CO₂ ničto raven morale doseči 5 do 15 let prej, ogljični proračun pa bi morali znižati za 20–51 %, da bi kompenzirali ta dodatni vir segrevanja. (Gonzalez-Eguino et al. 2017)

V podnebnih modelih manjkajo ključne interakcije realnega sveta in v splošnem se niso izkazali pri obravnavi hitrosti umika arktičnega morskega ledu, zato ključno vlogo pri vprašanju, ali je Arktika prekoračila zelo pomembno in nevarno točko preloma, igrajo ekspertne presoje (Livina in Lenton 2013; Maslowski et al. 2012). A IPCC tega ni storil.

Izguba polarne ledene mase

Leta 1995 je IPCC predvidel »neznatne spremembe v obsegu grenlandskega in antarktičnega ledenega pokrova [...] v naslednjih 50–100 letih«. V poročilu leta 2001 so domnevali, da ne grenlandski ne antarktični ledeni pokrov ne bosta izgubila znatne mase do leta 2100. V poročilu leta 2007 so zapisali, da obstajajo »negotovosti [...] glede celotnih učinkov sprememb v gibanju ledenih pokrovov« in da »bi delna izguba ledenih pokrovov na polarnih tleh lahko povzročila metrske dvige morske gladine [...]«. Po projekcijah se tovrstne spremembe lahko zgodijo v tisočletnih merilih«. Realnost je precej drugačna.

Grenlandski ledeni pokrov. Leta 2007 je IPCC poročal: »Po napovedih bo krčenje grenlandskega ledenega pokrova po letu 2100 še naprej prispevalo k dvigu morske gladine. Trenutni modeli nakazujejo praktično popolno eliminacijo grenlandskega ledenega pokrova in posledični prispevek k dvigu gladine za okrog sedem metrov, če bi globalni povprečni dvig temperature tisočletja vztrajal pri presežku 1,9 do 4,6 °C glede na predindustrijske vrednosti.«

Tako so zapisali kljub dvema študijama, ki sta ugotovili, da se grenlandski ledeni pokrov »morda tali trikrat hitreje, kot nakazujejo prejšnja merjenja«, kljub opozorilom, da »se bližamo zapisanosti kolapsu grenlandskega ledenega pokrova«, in kljub poročilom, da so rastoče arktične regionalne temperature že na »pragu, onkraj katerega glaciologi menijo, da je [grenlandski] ledeni pokrov obsojen na propad«. (Rignot in Kanagaratnam 2006; Chen et al. 2006; Young 2006)

Poročilo iz leta 2007 »ni upoštevalo potencialnega taljenja Grenlandije, kar menim, da je bila napaka,« je dejal Robert Watson, glavni znanstveni svetovalec na britanskem ministrstvu za okoljske zadeve in predsedujoči ocenjevalnega procesa IPCC leta 2001. (AFP 2008) Leta 2014 je IPCC poročal, da »sta v obdobju od 1992 do 2011 grenlandski in antarktični ledeni pokrov

izgubljala maso, verjetno v višji stopnji med leti 2002 in 2011«. Izguba grenlandskega ledenega pokrova naj bi se zgodila v obdobju »več kot tisočletja ali več«, s pragom med 1 °C in 4 °C porasta temperature. Dejansko se je letna stopnja izgube v obdobju med 2003 in 2010 podvojila v primerjavi s stopnjo skozi dvajseto stoletje. (Mooney 2015)

V tem času so mnogi raziskovalci kriosfere neformalno izjavljali, da je Grenlandija že preseгла svojo točko preloma, da »je že izgubljena« in podobno. In leto pred tem je pomemben članek točko preloma za grenlandski ledeni pokrov ocenil na 1,6 °C (z razponom negotovosti od 0,8 °C do 3,2 °C). Poleg tega so obstajali jasni satelitski dokazi pospeševanja izgube ledene mase. (Robinson et al. 2012)

To pospeševanje pri znanstvenikih povzroča vse večjo zaskrbljenost. »Kar raziskovalcem kriosfere na da spati, so nepovratni pragovi, zlasti Zahodna Antarktika in Grenlandija,« pravi Pam Pearson. (UPFSI 2017)

Podnebni modeli trenutne generacije pri predvidevanju izgube grenlandske ledene mase še niso v veliko pomoč. Njihovo razumevanje vključenih procesov je slabo, pospeševanje, umik in tanjšanje odtočnih ledenikov je slabo ali sploh ne reprezentirano. (Maslowski et al. 2012)

V primeru Grenlandije so jasno razvidne negative posledice za oblikovanje politik, ki jih prinaša metoda IPCC, ki rezultate globalnih podnebnih modelov postavlja pred opazovanja, zgodovinske podatke in ekspertna mnenja. Težko si je zamisliti, da se stopnja deglaciacije grenlandskega ledenega pokrova ne bi nadaljevala, ko se podnebje še naprej segreva, ko se odsevnost zmanjšuje in ko se poletne oceanske razmere bližajo stanju brez ledu. Kot je leta 2012 za Bloomberg dejal James Hansen, tedanji vodja podnebne znanosti pri NASI:

Naša največja skrb je, da izguba arktičnega morskega ledu ustvarja resno grožnjo prekoračenja dveh drugih točk preloma – potencialne

nestabilnosti grenlandskega ledenega pokrova in metanovih hidratov [...]. Ti dve točki preloma bi prinesli posledice, ki so praktično nepovratne v časovnih merilih, relevantnih za človeštvo. (Bloomberg 2012)

O tej resni grožnji IPCC molči.

Antarktični ledeni pokrov. V ocenjevalnem poročilu leta 2007 so v IPCC zapisali: »Trenutne študije globalnih modelov napovedujejo, da bo antarktični ledeni pokrov ostal prehladen za obsežno površinsko taljenje in bo pridobival maso zaradi povečanih snežnih padavin. A do neto izgube ledene mase bi vendarle lahko prišlo, če bi dinamična sprostitvev ledu prevladala v masni bilanci ledenega pokrova.« Realnost in nove raziskave so kmalu spodkopale to enostransko zanašanje IPCC na modele s slabo kriosferno zmogljivostjo.

Leta 2014 je bila zgodba IPCC sledeča: »Na osnovi trenutnega razumevanja (iz opazovanja, fizikalnega razumevanja in modeliranja) bi zgolj kolaps morskih sektorjev antarktičnega ledenega pokrova, če bi bil sprožen, lahko povzročil, da bi globalni povprečni nivo morske gladine porasel znatno onkraj verjetnega razpona v 21. stoletju. Obstaja srednja gotovost, da ta dodatni prispevek ne bo presegel nekaj desetih metrov dviga morske gladine v 21. stoletju.« In: »Abruptna in nepovratna izguba ledu iz antarktičnega ledenega pokrova je mogoča, a so trenutni podatki in razumevanje nezadostni za oblikovanje kvantitativne ocene.« To je bil še en spodrseljaj. Opazovanja pospeševanja izgube ledene mase na Zahodni Antarktiki so bila do tistega trenutka že dodobra dognana. (Velicogna 2009)

Precej verjetno je, da je že prišlo do destabilizacije Amundsenovega morskega sektorja zahodnoantarktičnega ledenega pokrova, da je umikanje ledu v trenutnih razmerah neustavljivo in da za sprožitvev kolapsa njenega preostanka – z izgubo znatnega deleža v merilu desetletij do stoletja – ni potreben dodaten po-

spešek podnebnih sprememb. Eno pomembnejših raziskovalnih dognanj leta 2014 je pokazalo, da je bila za enega od teh »dolgo-ročnih« dogodkov že prekoračena točka preloma. Znanstveniki so ugotovili, da je »umik ledu v Amundsenovem morskem sektorju Zahodne Antarktike neustavljiv, z obsežnimi posledicami – to bi pomenilo, da bo na svetovni ravni prišlo do metrskega porasta morske gladine [...]. Njegovo izginotje bo verjetno sprožil kolaps preostanka zahodnoantarktičnega ledenega pokrova, kar prinese dvig morske gladine za 3–5 metrov. Takšen dogodek bi z doma pregnal milijone ljudi po svetu.« (Rignot et al. 2014) Te besede so svetove stran od istoletnega poročila IPCC.

Leta 2016 je še ena pomembna študija sklenila, da »ima Antarktika potencial, da do leta 2100 prispeva več kot meter dviga morske gladine, do leta 2500 pa več kot 15 metrov.« (De Conto in Pollard 2016) Primerjajmo to s poročilom IPCC le dve leti pred tem, da prispevek Antarktike k rasti morske gladine »ne bi presegel nekaj desetina metra [...] v 21. stoletju.«

Ob trenutni ravni atmosferskega CO₂ je verjetna tudi delna deglaciacija vzhodnoantarktičnega ledenega pokrova, ki bi na dolgi rok prispevala deset metrov ali več, v prvih 200 letih pa pet metrov dviga morske gladine. (Pollard, DeConto in Alley 2015)

Vse večja stopnja spremembe na Antarktiki je postala razvidna, ko je bila junija 2018 objavljena doslej najbolj izčrpna analiza sprememb ledenih pokrovov. Novi podatki so pokazali, da je taljenje, ki ga poganjajo oceani, privedlo do potrojitve stopnje izgube ledu z Zahodne Antarktike s 53 ± 29 milijard na 159 ± 26 milijard ton na leto v obdobju med 1992 in 2017. (The IMBIE Team 2018) Štirideset odstotkov celotne izgube ledene mase v tem obdobju se je zgodilo v zadnjih petih letih, kar nakazuje recen ten in znaten pospešek v stopnji izgube.

V istem obdobju je kolaps ledenih polic povečal stopnjo izgube ledu z Antarktičnega polotoka skoraj za petkrat, s 7 ± 13 milijard na 33 ± 16 milijard ton na leto. Dva zahodnoantarktična ledenika, Pine Island in Thwaites, sta posebej zaskrbljujoča.

Slednji »se vse bolj kaže kot potencialna planetarna nevarnost zaradi svojega enormnega obsega in njegove vloge dostopa, ki bi lahko oceanu nekoč omogočil stik s celotno Zahodno Antarktiko, s čimer bi morski ledeni pokrov spremenil v novo morje.« (Mooney 2018)

To je scenarij, na katerega je v članku o dvigu morske gladine in znanstveni rezerviranosti pred kakšnim desetletjem opozarjal James Hansen: »Recimo, da je prispevek ledenega pokrova centimeter za desetletje 2005–2015 in da se vsako desetletje podvoji, dokler zahodnoantarktični ledeni pokrov ni dodobra izčrpan. Ta časovna konstanta prinaša dvig morske gladine reda petih metrov za to stoletje. Seveda ne morem dokazati, da je moja izbira desetletne dobe podvojitve za nelinearni odziv točna, a stavlil bi 1000 dolarjev proti krofu, da je daleč boljša ocena kot linearni odziv dviga morske gladine za komponento ledenega pokrova [okrog 0,5 metra].« (Hansen 2007)

Dvig morske gladine

Usoda svetovnih obalnih področij je postala klasičen primer tega, kako se IPCC, ko je soočen s konfliktno znanostjo, nagiba k poziciji »minimalnega dramtiziranja«. V ocenjevalnem poročilu iz leta 2001 je IPCC napovedal dvig morske gladine za 2 milimetra na leto. Leta 2007 so raziskovalci dognali, da je bila stopnja napovedi iz 2001 nižja kot dejanska rast. Satelitski podatki so pokazali, da je bila rast med leti 1993 in 2006 povprečno 3,3 milimetra na leto.

Najbolj pesimistični scenarij v poročilu iz leta 2007, ki se je večinoma osredotočilo na termalno ekspanzijo oceanov ob rasti temperatur, je napovedal maksimalni dvig morske gladine za 0,59 metra do konca stoletja. Z osupljivo besedno akrobacijo so tedaj zapisali, da »niso ocenili ne verjetnosti ne najboljše ocene za zgornjo mejo dviga morske gladine [...]. Projekcije ne vključujejo negotovosti v povratnih zankah podnebja in ogljikovega

cikla, kot tudi celovitih učinkov spremembe v gibanju ledenih pokrovov, zato zgornjih vrednosti razpona ne velja razumeti kot zgornjih meja dviga morske gladine. Vključujejo prispevke iz povečanega dotoka ledu na Grenlandiji in Antarktiki v stopnjah, opaženih med leti 1993–2003, a ta se v prihodnosti lahko poveča ali zmanjša.«

A že na začetku leta 2007 je Rahmstorf predstavil »polempi-rično relacijo [...], ki povezuje globalni dvig morske gladine in globalno povprečno temperaturo površja«, kar se je izrazilo v »napovedanem porastu morske gladine leta 2100 za 0,5 do 1,4 metra nad ravno iz leta 1990.« (Rahmstorf 2007)

Mnogi klimatologi so domnevo iz poročila IPCC leta 2007 o dvigu morske gladine za 18–59 centimetrov do leta 2100 sprejeli z osuplostjo, saj je resno podcenila problem. Še celo pred objavo je Hansen opozarjal na »znanstveno rezerviranost«, kar »v primeru, kot je nestabilnost ledenih pokrovov in dviga morske gladine [privede v] nevarnost pretirane previdnosti. Rezerviranost upravičeno obžalujemo, če služi zakoličenju prihodnjih katastrof.« (Hansen 2007)

Manj kot leto kasneje je poročilo, izdano pri United State Geological Survey (USGS), opozorilo, da bo dvig morske gladine »občutno presegel« uradne projekcije ZN in bi do konca stoletja lahko dosegel 1,5 metra. (Randerson 2008) Do leta 2009 so razne študije ponudile drastično višje projekcije od tistih v okviru IPCC. Poročila avstralske vlade so zabeležila: »Nedavne raziskave, predstavljene na podnebnem kongresu v Kopenhagenu marca 2009, so napovedale rast morske gladine za 0,75–1,9 metra glede na leto 1990, pri čemer je srednji razpon projekcij znašal 1,1–1,2 metra.« In: »Trenutne ocene rasti morske gladine segajo od 0,5 do več kot 2 metra do leta 2100.« (Australian Government 2009; CSIRO/BoM/Department of Climate Change 2009)

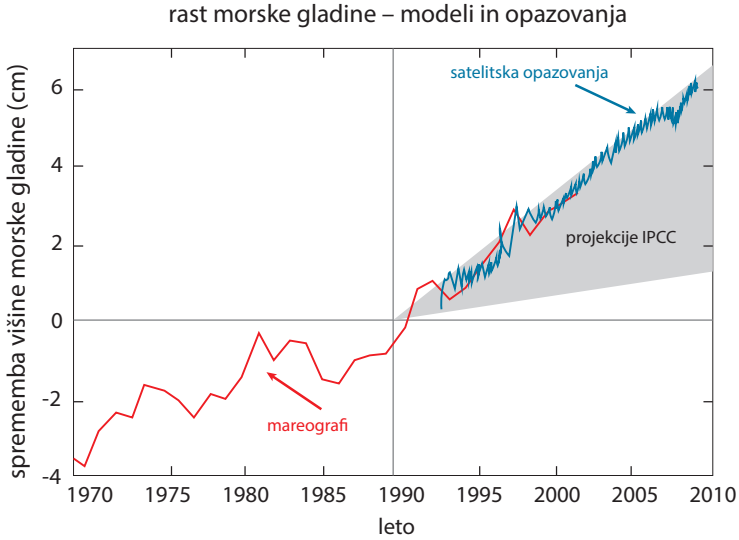
Pa vendar je ocenjevalno poročilo IPCC leta 2014, prav neverjetno, ponovilo napako in pravzaprav podalo numerično nižjo vrednost (0,55 metra v primerjavi z 0,59 iz leta 2007) kljub

močnejšim dokazom izgube polarne ledene mase: »Dvig globalne povprečne morske gladine se bo nadaljeval v 21. stoletju, z veliko verjetnostjo z višjo stopnjo od tiste v opazovanjih med leti 1971 in 2010. Za obdobje 2081–2100 glede na obdobje 1986–2005 bo rast v razponu od 0,26 do 0,55 metra za RCP2.6 in od 0,45 do 0,82 metra za RCP8.5.« Po omembi ocen za dvig morske gladine do leta 2100 med 1,15 in 2,4 metra pa so v poročilu dodali: »Upoštevajoč nekonsistentnost podatkov zaključujemo, da ni mogoče podati zanesljive evalvacije za specifične ravni onkraj verjetnega razpona«. Če nekaterih del ni mogoče »zanesljivo evalvirati«, kako so tedaj lahko prepričani o mnogo nižjih ocenah, ki so jih kvantificirali?

S tem dogodkom je bila odpravljena vsaka sled kredibilnosti IPCC glede dviga morske gladine, ki je še utegnila vztrajati po letu 2007. Popravljen poročilo National Oceanic and Atmospheric Association (NOAA) o ravni morske gladine, izdano avgusta 2017, priporoča revidirano številko dviga morske gladine po najslabšem scenariju, in sicer 2,5 metra do leta 2100, 5,5 metra do leta 2150 in 9,7 metra do leta 2200. Pravi, da je znanost, ki preučuje raven morske gladine, »v zadnjih nekaj letih občutno napredovala, zlasti [glede] kopenskih ledenih pokrovov na Grenlandiji in Antarktiki v pogojih globalnega segrevanja«, od koder sledi »ustrezno širši razpon mogoče rasti morske gladine v 21. stoletju, kot je veljalo pred tem.« Izpostavlja »kontinuirane in vse močnejše dokaze, da Antarktika in Grenlandija izgubljata maso s pospešeno stopnjo«, kar »krepi argument za obravnavo najslabših scenarijev v obvladovanju tveganj za obalna področja«. (NOAA 2017)

Danes se razprava med strokovnjaki za dvig morske gladine v tem stoletju giblje v okviru vsaj enega metra, morda več kot dveh metrov. Ameriško obrambno ministrstvo v ocenah tveganj uporablja scenarije med enim in dvema metroma. Zgoraj navedeno dokazno gradivo, da je potencialni prispevek zgolj Antarktike več kot meter dviga morske gladine do leta 2100 in da so ob dvigu

temperature za 1 °C zahodnoantarktični ledeniki v procesu »neustavljivega« taljenja za 1–4 metre rasti gladine, zgolj še dodatno prispeva k resni skrbi, da so poročila IPCC v tej zadevi preprosto irelevantna.



Slika 4: Rast morske gladine na podlagi modelov in opazovanj.
(vir: *The Copenhagen Diagnosis* 2009)

III. POLITIČNO MINIMIZIRANJE

Politizacija

Veliko je bilo napisanega o neadekvatnost procesov znotraj IPCC in politizaciji mehanizmov odločanja. Znanstveniki so mnenja, da je eden od razlogov za pretirano konservativnost delovanja IPCC v tem, da zaradi okornosti procesov niso upoštewane najnovejše raziskave. Časovni rok za znanost, da je še upoštevana v poročilu, je postavljen tako daleč pred objavo, da so poročila zastarela že ob izdaji. To je ključna napaka v raziskovalnem polju, ki se spreminja tako rapidno. Inez Fung z Berkeleyja pravi, da je morala svoje raziskave, če je želela, da so vključene v poročilo leta 2007, končati do leta 2004. To je tipična izkušnja, ki jo označuje kot »grozljiv časovni zamik v procesu IPCC«. (Barras 2007)

Ocenjevalna poročila IPCC sestavljajo delovne skupine znanstvenikov v okviru smernic, ki spodbujajo k tvorbi konsenzualnih sklepov iz predstavljenega gradiva, čeprav je gradivo samo lahko raznoliko in včasih po svoji naravi protislovno. Splošni rezultat lahko opišemo kot sredinsko poročanje. Propozicije, ki jih podpira večja kvantiteta predstavljenih raziskovalnih člankov, premaga propozicije, ki se v smislu kvantitete predstavljenih člankov kažejo kot tujki, čeprav znanstveno morda niso prav nič manj pomembne.

Možnosti z večjim učinkom utegnejo imeti pri presojanju na razpolago manj raziskav, a na ravni obvladovanja tveganj obstajajo dobri razlogi, da tovrstnim možnostim pripišemo večji pomen, čeprav je verjetnost dogodka relativno majhna.

Napovedan dvig morske gladine v poročilu iz leta 2007 je bil, denimo, precej pod ravno takratnih opažanj. Do tega je prišlo zato, ker se znanstveniki, ki so sestavljali poročilo, niso mogli zediniti glede obsega dodatnega dviga morske gladine zaradi taljenja polarnih ledenih pokrovov; tako so, da bi dosegli »konsenz«,

podatke v celoti izpustili. Zgodovinarica znanosti Naomi Oreskes to imenuje »konsenz z opustitvijo«. (Scherer 2012a)

To je problem konsenza na ravni znanosti, a problem obstaja tudi na politični ravni.

Prvič, avtorje, ki proces poročila koordinirajo in imajo moč, izberejo politični predstavniki 195 držav članic IPCC. Drugič, medtem ko integralna ocenjevalna poročila (AR) IPCC sestavljajo znanstveniki, pa povzetki za oblikovalce politik (SPM), ki so krajši in so deležni širšega poročanja, zahtevajo konsenz diplomatov v »mukotrpnih reviziji stavka za stavkom s strani političnih predstavnikov več kot 100 svetovnih vlad – pri čemer morajo zaključni dokument potrditi vsi.« (*Ibid.*)

Že pri prvem poročilu IPCC leta 1990 so delegacije ZDA, Savdske Arabije in Sovjetske zveze sodelovale pri »razvodenevanju občutka alarma na ravni ubeseditve, tako da so krepile avro negotovosti«. (Leggett 1999) Martin Parry z britanskega Urada za meteorologijo, tisti čas sopredsedujoči delovne skupine pri IPCC, je razkril debate med znanstveniki in političnimi uradniki glede SPM 2007: »Vlade ne marajo številke, zato so bile nekatere številke iz njega izčrtane.« (Adam 2007)

Leta 2014 je *The Guardian* poročal o vse močnejših indicijah, da so »povzetki za oblikovalce politik o podnebnih učinkih in njihovem blaženju IPCC občutno 'razbarvani' zaradi političnega pritiska nekaterih največjih svetovnih proizvajalcev emisij toplogrednih plinov, vključno s Savdsko Arabijo, Kitajsko, Brazilijo in Združenimi državami«. (Ahmed 2014)

Eden od najmočnejših razdelkov poročila iz leta 2014 je bil izbrisan ob samem koncu pogajanj glede besedila. Razdelek je skušal specificirati druga merila, ki bi pokazala, ali vstopamo v nevarno območje globokih podnebnih učinkov in kako resnično dramatični bi morali biti rezi v emisijah, da bi se izognili prečkanju tega praga. Michael Oppenheimer, eminentni klimatolog z Univerze Princeton, ki je bil prav tako del jedra ekipe, ki je pisala poročilo, domneva, da je posegla politika. (Leggett 2014)

Oliver Geden, vodja raziskovalnega oddelka za EU pri Nemškem inštitutu za mednarodno politiko in varnost, pravi, da so klimatologi in ekonomisti, ki svetujejo oblikovalcem politik, tarča pritiska, da razširijo svoje modele in opcije za kasnejše blažitvene ukrepe, in so zato »vpeljali sumljive koncepte, kot so odplačevanje 'ogljičnega dolga' prek 'negativnih emisij', s katerimi bi nadomestili zamujeno blaženje – v teoriji«. (Geden 2015) Pravi, da sta podnebnim raziskovalcem, ki svetujejo oblikovalcem politik, na voljo dve možnosti, biti pragmatičen ali biti ignoriran. »Mnogi svetovalci se odločajo za pragmatizem [...]. Vsako leto so blažitveni scenariji, ki raziskujejo opcije politik za transformacijo globalne ekonomije, bolj optimistični – in manj plavzibilni [...]. Znanstvena skupnost mora braniti svojo neodvisnost pred zunanjim vmešavanjem.« (*Ibid.*)

Opuščeni cilji

IPCC in UNFCCC sta medsebojno povezani organizaciji znotraj ZN, zadolženi za razvoj podnebne znanosti in podnebnih politik.

Konference pogodbenic (Conference of the Parties, COP) v okviru UNFCCC so politični forumi, ki jih tvorijo poklicni predstavniki nacionalnih vlad, in so predmet diplomatskih procesov pogajanj, poravnjav in sporazumov. V tem smislu so konference pogodbenic glede postopka podobne tistemu v IPCC, kjer povzetke za oblikovalce politik potrjujejo diplomati. Odločanje je inkluzivno (konsenzualno), s čimer so izsledki talec nacionalnih interesov in politike najmanjšega skupnega imenovalca.

COP 21 *Pariški sporazum* (UN 2015) je skoraj povsem oropan stvarnega jezika o vzrokih antropogenih podnebnih sprememb in ne vsebuje nobene reference na »premog«, »nafto«, »fracking«, »nafto iz skrilavca«, »fosilna goriva« ali »ogljikov dioksid«, pa tudi ne na besede »nič«, »prepovedati« ali »ustaviti«. Za primerjavo – beseda »prilagajanje« na 31 straneh [osnutka]

nastopi več kot 80-krat, čeprav odgovornost za prisiljenje drugih, naj se prilagodijo, ni omenjena, eksplicitno pa sta izključeni tako zaveza kot odškodnina. Sporazum ima cilj, a nima trdnega načrta aktivnosti, in je bogat z birokratskim žargonom, vključno s poudarki na krepitvi in zmogljivostih.

Predlagano zmanjšanje emisij posameznih držav je pod *Pariškim sporazumom* prostovoljno (unilateralno), brez mehanizma prisile sodelovanja. V tem smislu sporazuma ni mogoče obravnavati kot »zavezujočega« za podpisnice. Prostovoljne nacionalne zaveze o zmanjšanju emisij v njem niso kritično analizirane, so pa označene kot neadekvatne za omejitev segrevanja na 2 °C.

Pariške prostovoljne nacionalne zaveze bi vodile do tega, da bi bile emisije leta 2030 višje kot leta 2015 in skladne s scenarijem 3,4 °C oziroma občutno slabšim, če so upoštevani učinki segrevanja povratnih zank ogljikovega cikla. Če ne doživijo dramatičnih izboljšav, trenutne zaveze izključujejo doseg tako cilja 1,5 °C kot cilja 2 °C v tem stoletju – brez popolnoma nerealističnih predpostavk o tehnologiji negativnih emisij.

Osrednji cilj UNFCCC je »stabilizacija koncentracij toplogrednih plinov v atmosferi na ravni, ki bi preprečila nevarno antropogeno učinkovanje na podnebni sistem«. A kaj je »nevarno«? Po tradiciji so se oblikovalci politik osredotočali na cilj 2 °C, a *Pariški sporazum* poudarja cilj, »da se dvig povprečne globalne temperature ohrani znatno pod 2 °C v primerjavi s predindustrijskim obdobjem in da se nadaljuje s prizadevanji, da se dvig temperature omeji na 1,5 °C«.

Na podlagi izkušenj učinkov globalnega segrevanja so znanstveniki vpeljali razliko med »nevarnim« (1–2 °C) in »izjemno nevarnim« (nad 2 °C) segrevanjem podnebja. (Anderson in Bows 2011) A zdaj razpolagamo z indici, da so bile pomembne točke preloma – denimo izginotje poletnega morskega ledu na Arktiki, izguba zahodnoantarktičnih ledenikov in večmetrski dvig morske gladine – morda prekoračene že pri manj kot 1 °C dviga temperature (Livina in Lenton 2013; Rignot et al. 2014;

DeConto in Pollard 2016). Prav tako se kopičijo indici, da so pri sedanji ravni segrevanja tudi nekateri drugi elementi sistema na poti k točkam preloma ali doživljajo kvalitativno spremembo. To vključuje upočasnjevanje termohaline cirkulacije, verjetno kot rezultat podnebnih sprememb; pospeševanje izgube ledene mase z Grenlandije in Antarktike; upad ogljične učinkovitosti amazonskega pragozda in preostalih ponorov; ranljivost arktičnih zalog permafrosta. Segrevanje za 1,5 °C bi dvig morske gladine lahko pognalo v tek, ki bi zadostoval, da ogrozi ključne komponente človeške civilizacije – poleg tega, da bi koralne ekosisteme po svetu spremenil v strukture ostankov. Z drugimi besedami, podnebne spremembe so že nevarne, a procesi UNFCCC niso prepoznali te realnosti in kot cilje politik predlagajo višje temperaturne cilje. Enako je s procesom IPCC, z zamikom v procesu objave in reprezentacije tveganj z diagramom »goreče žerjavice«, ki je, spet, videti pretirano konservativen. (O'Neill et al. 2017)

Ekspertni panel je nedavno sklenil, da bi se za rešitev Velikega koralnega grebena segrevanje moralo omejiti na 1,2 °C. (Hannam 2017) To je verjetno pretirano optimistično, a ob trenutnem trendu segrevanja okrog 1,1 °C in globalnim povprečnim dvigom za 1,2 °C leta 2016 obenem demonstrira, da so podnebne spremembe že postale nevarne.

Vprašanja, kaj bi bilo varno za zaščito ljudi in drugih vrst, se oblikovalci politik ne dotaknejo. Če so podnebne spremembe že nevarne, je proces UNFCCC s postavitvijo ciljev 1,5 °C in 2 °C opustil cilj preprečitve »nevarnega antropogenega učinkovanja na podnebni sistem« za to stoletje.

Osrednja cilja UNFCCC, »zagotoviti, da ni ogrožena proizvodnja hrane«, in doseči »časovni okvir, ki ekosistemom še dopušča, da se naravno prilagodijo na podnebne spremembe«, sta bila opuščena iz povsem praktičnih razlogov. Proizvodnja hrane že ogrožajo porast morske gladine in poplave, sprememba padavinskih vzorcev in dezertifikacija ter ekstremni vročinski valovi in požari. Takšni dogodki so postali gonila Arabske pomladi

ter multiplikator ogroženosti v sirskega konflikta in Darfurju. (Werrell in Femia 2013)

Ekosistemi, vključno s koralnimi grebeni, mangrovskimi in kelpovimi gozdovi, doživljajo hitro degradacijo z zagonom šestega množičnega globalnega izumrtja. Glavni ekosistemi, od Arktike do Amazonije, od Velikega koralnega grebena do Sahela, so doživeli resno degradacijo, a oblikovalci podnebnih politik niso dosegli nobenega realističnega sporazuma, da bi jih rešili ali obnovili.

Pariški sporazum je priznal »temeljno prednostno nalogo [...], prehransko varnost [...] obvarovati pred škodljivimi učinki« (pozor na spremembo izvirnega cilja »zagotoviti«, da proizvodnja hrane ni ogrožena). Pri tem ni najti sklicevanja na starejše zaveze delovanja znotraj časovnega okvira, ki bi ekosistemom dopuščal naravno prilagoditev, kar nakazuje, da je bil ta cilj (dobesedno) opuščen.

Spodlet imaginacije

Leta 2008 je kraljica Elizabeta v nastopu na London School of Economics zastavila vprašanje: »Čemu nihče ni predvidel trenutka, obsega in resnosti globalne finančne krize?« Britanska akademija je odgovorila leto kasneje: »Psihologija utajevanja je zagrabila finančni in korporativni svet [...]. [Prišlo je do] spodleta kolektivne imaginacije mnogih bistrih ljudi [...], da bi razumeli tveganje sistema kot celote.« (Stewart 2009) »Spodlet imaginacije« je bil prav tako prepoznan kot eden od razlogov za zlom ameriških obveščevalnih služb ob napadih 11. septembra 2001.

Max Bazerman z Univerze Harvard se je vprašal, čemu družbam ne uspe implementirati razumnih strategij za preprečitev »napovedljivih presenečenj«, izraza, ki ga je skoval, da bi opisal dogodke, ki organizacije in nacije ujamejo nepripravljene, čeprav so bile na razpolago potrebne informacije, da bi dogodek

anticipirali. Bazerman prepoznava pet psiholoških vzorcev, ki pomagajo razumeti neuspeh delovanja ob podnebnem problemu:

Pozitivne iluzije nas vodijo k sklepom, da problem ne obstaja ali ni dovolj resen, da bi si zaslužil delovanje [...] dogodke interpretiramo na egocentričen oziroma sebičen način [...] pretirano zanemarjamo prihodnost, kljub trditvam, da želimo svet pustiti v dobrem stanju za prihodnje generacije [...] obupano si prizadevao ohraniti status quo in zavračamo, da bi sprejeli karkoli slabega, četudi bi slabo prineslo večje dobro [in] nočemo vlagati v preprečitev problema, ki ga osebno nismo izkusili ali mu bila priča v živi sliki. (Bazerman 2006)

Bazerman meni, da mnogi politični voditelji ne bodo želeli ukrepati, dokler se velika, nazorna škoda ne bo že zgodila.

Ze zgoraj smo navedli poročilo *Thinking the Unthinkable*, ki je ugotovilo: »Širjenje 'nemisljivih' dogodkov [...] je razkrilo novo krhkost na najvišjih ravneh vodenja korporacij in javnega servisa. Njihova zmožnost, da bi zaznali, identificirali in znali ravnati z nepričakovanimi, nenormativnimi dogodki, je [...] v kritičnih momentih nevarno neadekvatna.« (Anderson 2015; Gowing in Langdon 2016)

Ko gre za podnebne politike, se ta nezmožnost kaže na dva načina. Na eni strani se na politični, birokratski in poslovni ravni kaže v omalovaževanju ekstremnih tveganj in v nezmožnosti dojetja, da so eksistencialna tveganja podnebnih sprememb popolnoma drugačna od drugih kategorij tveganja. Na drugi strani, na ravni raziskovanja, se kaže – kar utelešajo poročila IPCC – v podcenjevanju učinkov podnebnih sprememb, skupaj z nezadostnim poudarkom na ekstremnih tveganjih in šibkim poročanjem o slednjih. Poročila IPCC niso ponudila zadostne dokazne osnove, da bi odgovorila na ključno vprašanje normativnega oblikovanja politik: *kaj bi bilo varno?* Kot smo omenili zgoraj, procesi IPCC niso posvečali pozornosti scenarijem pod 2 °C, dokler jih k temu ni spodbudil politični sektor.

Oblikovanje podnebnih politik na vseh ravneh vladanja poročila IPCC uporablja kot primarno osnovo fizikalne znanosti.

Nezmožnost IPCC, da bi na uravnotežen način poročal o celotnem razponu tveganj in da bi v celoti razjasnil ekstremne učinke, oblikovalce politik ohranja v neinformiranosti. To spodkopava zmožnost vlad in skupnosti, da bi sprejele pravilne odločitve za zaščito svojega blagostanja – ali da bi, ob soočenju z eksistencialnimi tveganji, zaščitile človeško civilizacijo v celoti.

Kako nasloviti eksistencialna podnebna tveganja?

To poročilo prikazuje tveganje, da sta bili močno podcenjeni tako hitrost kot obseg prihodnjih učinkov antropogenih podnebnih sprememb. Na ravni družbe lahko opazimo masivno inercijo globalnih voditeljev, ki so še naprej izredno nenaklonjeni sprejetju dejstva, da se mora njihov pristop spremeniti v temelju, če naj imata človeštvo – in narava – vzdržno prihodnost.

UNFCCC si formalno prizadeva za podnebne politike, ki bi »omogočile, da se ekonomski razvoj nadaljuje na vzdržen način«. V praksi je prednost dodeljena kratkoročnim ekonomskim premislekom. Tako so v ospredje postavljena prizadevanja, da smernice zmanjševanja emisij, oblikovane za oblikovalce politik, ne bi bile ekonomsko moteče.

Leta 2006 in 2008, denimo, sta tako Nicholas Stern kot Ross Garnaut v svojih začetnih poročilih za britansko oziroma avstralsko vlado pretresla dve ciljni koncentraciji atmosferskega CO₂, na eni strani 450 ppm (delcev na milijon), na drugi strani 550 ppm. Medtem ko sta oba sklenila, da bi 450 ppm povzročilo občutno manjšo škodo, sta se kljub temu zavzela za začetek pri 550 ppm, ker sta menila, da bi spodnji cilj predstavljal pretiran udarec za ekonomijo (550 ppm grobo ustreza dvigu temperature za 3 °C, brez upoštevanja povratnih zank ogljikovega cikla, in je tako popolnoma uničujoč za ljudi in naravo). Kasneje sta pripoznala, da je zaradi indicev vse hitrejših podnebnih učinkov ta pristop nevarno samozadosten.

Rapidno zmanjševanje ogljičnih emisij je še naprej izključeno iz premislekov oblikovalcev politik, saj velja, da v ekonomijo vnaša pretirano motnjo. Dejstvu, da bi trenutni politični kurz 3 °C privedel do sveta, preplavljenega z ekstremnimi podnebnimi učinki, in odprl pot za popoln kaos, se izmikajo. Dominantna neoliberalna interpretacija napredka skozi globalizacijo in deregulacijo preprečuje regulatorno delovanje, ki bi naslovilo dejanski izziv podnebnih sprememb, ker spodkopava prevladujočo političnoekonomsko ortodoksijo.

Razprava o izbirah politik v ospredje postavlja vlogo trga. Poblagoavljenje ogljičnega onesnaženja za namene trgovanja in določanje cene ogljika so po poudarkih oblikovalcev politik najbolj zaželeni metodi razogljichenja. A te razprave so postale nerealistične. Pristajajo na nadaljnjo ekspanzijo fosilnih goriv v prvi polovici 21. stoletja, da bi temu nekoč zoperstavili masivno ekspanzijo tehnologij negativnih emisij, kot so CCS in BECCS – ki so v tem merilu neobstoječe –, v drugi polovici stoletja, da bi iz atmosfere tako izločili presežni ogljik. A do tistega trenutka bo že prepozno, da bi preprečili nepovratne, katastrofične podnebne učinke. S takšnim delovanjem so oblikovalci politik sotorilci uničevanja samih pogojev, ki omogočajo človeško življenje. Ni večjega zločina proti človeštvu.

Po treh desetletjih globalnega nedelovanja so podnebne spremembe postale eksistencialno tveganje za človeštvo. Implirajo močne negativne posledice, ki bodo nepovratne in ki bodo povzročile znatno zmanjšanje globalne populacije, množično izumrtje vrst, ekonomsko disrupcijo in družbeni kaos, če ogljične emisije ne doživijo rapidnega zmanjšanja. Tveganje je neposredno, kolikor je zakoličeno z našim vztrajanjem pri ekspanziji in ohranjanju rabe fosilnih goriv, ko je ogljični proračun za obstanek pod limito občutnega porasta temperature že izčrpan.

S podpisom in ratifikacijo *Pariškega sporazuma* iz leta 2015 se je globalna skupnost zavezala k ciljem omejitve porasta globalne povprečne temperature »znatno pod 2 °C v primerjavi

s predindustrijskim obdobjem in da se nadaljuje s prizadevanji, da se dvig temperature omeji na 1,5 °C«, da namerava »čim prej začeti zmanjševati globalno raven emisij toplogrednih plinov [...] skladno z najboljšimi razpoložljivimi znanstvenimi dognanji« in da prepozna, da »podnebne spremembe predstavljajo urgentno in potencialno nepovratno grožnjo človeškim družbam in planetu«. Da bi zadostili tem ciljem, moramo podnebno delovanje rekonfigurirati okrog dveh načel:

- antropogene podnebne spremembe predstavljajo neposredno in eksistencialno grožnjo za človeštvo;
- če naj je ta grožnja ustrezno naslovljena, je bistven krizni odziv.

Tovrsten odziv bi si moral prizadevati, da normativno doseže jasno definirane cilje.

Prevedel Tadej Troha

Bibliografija

- Adam, David (2007), »How climate change will affect the world«, *The Guardian*, 20. 9. 2007, dostopno na: <http://www.guardian.co.uk/environment/2007/sep/19/climatechange>.
- AFP (2008), »Climate change gathers steam, say scientists«, *Space Daily*, 30. 11. 2008, dostopno na: <http://www.spacedaily.com/2006/081130055637.szeh21pj.html>.
- Ahmed, Nafeez (2013), »Ice-free Arctic in two years heralds methane catastrophe – scientist«, *The Guardian*, 25. 7. 2013, dostopno na: <https://www.theguardian.com/environment/earth-insight/2013/jul/24/arctic-ice-free-methane-economy-catastrophe>.
- Ahmed, Nafeez (2014), »IPCC reports ‘diluted’ under ‘political pressure’ to protect fossil fuel interests«, *The Guardian*, 15. 5. 2014, dostopno na: <https://www.theguardian.com/environment/earth-insight/2014/may/15/ipcc-un-climate-reports-diluted-protect-fossil-fuel-interests>.

- Anderson, Kevin (2011), »Going beyond dangerous climate change: Exploring the void between rhetoric and reality in reducing carbon emissions«, predavanje na LSE, 11. 7. 2011, dostopno na: <http://www.slideshare.net/DFID/professor-kevin-anderson-climate-change-going-beyond-dangerous>.
- (2015), »Duality in climate science«, *Nature Geoscience*, let. 8, str. 898–900.
- (2016), »Going beyond ‘dangerous’ climate change«, predavanje na LSE, 4. 2. 2016, dostopno na: <http://www.lse.ac.uk/newsAndMedia/videoAndAudio/channels/publicLecturesAndEvents/player.aspx?id=3363>.
- Anderson, Kevin, in Alice Bows (2008), »Reframing the climate change challenge in light of post-2000 emission trends«, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, št. 366, str. 3863–3882.
- (2011), »Beyond ‘dangerous’ climate change: emission scenarios for a new world«, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, št. 369, str. 20–44.
- Arora, Vivek K. (2015), »Carbon emission limits required to satisfy future representative concentration pathways of greenhouse gases«, *Geophysical Research Letters*, let. 38, L05805;
- Australian Government (2009), *Climate Change Risks to Australia’s Coasts: A first pass national assessment*, Canberra: Australian Government.
- Ayre, James (2017), »Extreme heatwaves with ‘apparent temperatures’ as high as 55° celsius to regularly affect much of world«, *Clean Technica*, 11. 8. 2017, dostopno na: <https://cleantechnica.com/2017/08/11/extreme-heatwaves-apparent-temperatures-high-55-celsius-regularly-affect-much-world-4-celsius-warming-pre-industrial-levels/>.
- Baccini, Alessandro et al. (2017), »Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss«, *Science*, št. 358, str. 230–234.
- Barras, Colin (2007), »Rocketing CO₂ prompts criticisms of IPCC«, *New Scientist*, 24. 10. 2007, dostopno na: <https://www.newscientist.com/article/mg19626274-800-rocketing-co2-prompts-criticisms-of-ippcc/>.

- Bazerman, Max H. (2006), »Climate change as a predictable surprise«, *Climatic Change*, št. 77, str. 179–193.
- Bloomberg (2012), »Arctic sea ice heads for record low«, *Bloomberg*, 17. 8. 2012, dostopno na: <http://www.bloomberg.com/news/2012-08-17/arctic-sea-ice-heads-for-record-low-as-melt-exceeds-forecasts.html>.
- Bostrom, Nick, in Milan M. Cirkovic (2008), *Global Catastrophic Risks*, Oxford: Oxford University Press.
- Bradford, Mark A. (2017), »A leaky sink«, *Nature Climate Change*, let. 7, str. 475–476.
- Brown, Patrick T., in Kevin Caldeira (2017), »Greater future global warming inferred from Earth's recent energy budget«, *Nature*, št. 552, str. 45–50.
- Brysse, Keynyn, et al. (2013), »Climate change prediction: Erring on the side of least drama?«, *Global Environmental Change*, let. 23, št. 1, str. 327–337.
- Burke, Eleanor J., et al. (2018), »CO₂ loss by permafrost thawing implies additional emissions reductions to limit warming to 1.5 or 2°C«, *Environmental Research Letters*, let. 13, 024024.
- Caesar, Levke, et al. (2018), »Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation«, *Nature*, št. 556, str. 191–192.
- Campbell, Kurt M. (2007), *The Age of Consequences: The foreign policy and national security implications of global climate change*, Washington: Centre for Strategic and International Studies & Centre for New American Security.
- Chen, J. L., et al. (2006), »Satellite gravity measurements confirm accelerated melting of Greenland ice«, *Science*, let. 313, str. 1958–1960;
- Climate Action Tracker (2017), »Improvement in warming outlook as India and China move ahead, but Paris Agreement gap still looms large«, 13. 11. 2017, dostopno na: <http://climateactiontracker.org/publications/briefing/288/Improvement-in-warming-outlook-as-India-and-China-move-ahead-but-Paris-Agreement-gap-still-looms-large.htm>.
- Commonwealth of Australia (2018), *Inquiry into the Implications of climate change for Australia's national security*, Canberra: Foreign Affairs, Defence and Trade Committee, Department of the Senate, Parliament House.

- CommunicateResearch (2017), »Global Challenges Foundation global risks survey«, *ComRes*, 24. 5. 2017, dostopno na: <http://www.comresglobal.com/polls/global-challenges-foundation-global-risks-survey>.
- Crowther, Thomas W. et al. (2016), »Quantifying global soil carbon losses in response to warming«, *Nature*, št. 540, str. 104–108.
- CSIRO/BoM/Department of Climate Change (2009), *Science Update 2009*, št. 2, november 2009, Canberra: Australian Government.
- DeConto, Robert M., in David Pollard (2016), »Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise«, *Nature*, št. 531, str. 591–597.
- Duarte, Carlos, et al. (2012), »Abrupt climate change in the Arctic«, *Nature Climate Change*, let. 2, str. 60–62.
- Dunlop, Ian (2016), »Foreword«, v: David Spratt, *Climate Reality Check*, Melbourne: Breakthrough, dostopno na: https://docs.wixstatic.com/ugd/148cb0_9c80333f46ec4da8a2e8d7ba41886df6.pdf.
- Fasullo, John T., in Kevin E. Trenberth (2012,) »A less cloudy future: the role of subtropical subsidence in climate sensitivity«, *Science*, št. 338, str. 792–794.
- Friedrich, Tobias (2016), »Nonlinear climate sensitivity and its implications for future greenhouse warming«, *Science Advances*, let. 2, št. 11, e1501923.
- Fyall, Jenny (2009), »Warming will ‘wipe out billions’«, *The Scotsman*, 29. 11. 2009, dostopno na: <http://www.webcitation.org/5ul6K9Jmt?url=http://news.scotsman.com/latestnews/Warming-will-39wipe-out-billions39.5867379.jp>.
- Garnaut, Ross (2011), *Update Paper 5: The science of climate change*, Garnaut Climate Change Review Update, Canberra, str. 53–55, dostopno na: <http://www.garnautreview.org.au/update-2011/update-papers/up5-the-science-of-climate-change.html>.
- Geden, Oliver (2015), »Climate advisers must maintain integrity«, *Nature*, št. 521, str. 27–28.
- Global Challenges Foundation (2017), *Global Catastrophic Risks 2017*, Stockholm: Global Challenges Foundation, dostopno na: https://issuu.com/globalchallengesfoundation/docs/global_catastrophic_risks_2017.

- Goering, Laurie (2017), »8 in 10 people now see climate change as a 'catastrophic risk' – survey«, *Thomson Reuters Foundation*, 23. 5. 2017, dostopno na: <http://news.trust.org/item/20170523230148-a90de>.
- González-Eguino, Mikel, et al. (2017), »Mitigation implications of an ice-free summer in the Arctic Ocean«, *Earth's Future*, let. 5, str. 59–66.
- Gowing, Nik, in Chris Langdon (2016), *Thinking the Unthinkable: A new imperative for leadership in the digital age*, London: Chartered Institute of Management Accountants, dostopno na: <http://thinkunthinkable.org/downloads/Thinking-The-Unthinkable-Report.pdf>.
- Hannam, Peter (2017), »Warming limit of 1.2 degrees needed to save Great Barrier Reef: expert panel«, *The Age*, 2. 8. 2017, dostopno na: <http://www.theage.com.au/environment/climate-change/warming-limit-of-12-degrees-needed-to-save-great-barrier-reef-expert-panel-20170728-gxkwph.html>.
- Hansen, James (2007), »Scientific reticence and sea level rise«, *Environmental Research Letters*, let. 2, št. 2, 024002.
- Hansen, James, et al. (2013), »Climate sensitivity, sea level and atmospheric carbon dioxide«, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, št. 371, 20120294.
- Hoggett, Paul, in Rosemary Randall (2016), »Socially constructed silence? Protecting policymakers from the unthinkable«, *Transformation*, 6. 6. 2016, dostopno na: <https://www.opendemocracy.net/transformation/paul-hoggett-rosemary-randall/socially-constructed-silence-protecting-policymakers-fr>.
- Johnston, Ian (2016), »Climate change may be escalating so fast it could be 'game over', scientists warn«, *Independent*, 9. 11. 2016, dostopno na: <https://www.independent.co.uk/news/science/climate-change-game-over-global-warming-climate-sensitivity-seven-degrees-a7407881.html>.
- Knutti, Reto, in Maria A. A. Rugenstein (2015), »Feedbacks, climate sensitivity and the limits of linear models«, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, št. 373, 20150146.
- Koven, Charles D. et al. (2017), »Higher climatological temperature sensitivity of soil carbon in cold than warm climates«, *Nature Climate Change*, let. 7, str. 817–822.

- Lawrence, David M., in Andrew G. Slater (2005), »A projection of severe near-surface permafrost degradation during the 21st century«, *Geophysical Research Letters*, let. 32, L22401.
- Leemans, Rik, in Bas Eickhout (2004), »Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change«, *Global Environmental Change*, let. 14, str. 219–228.
- Leggett, Jeremy (1999), *The Carbon War: Global warming and the end of the oil era*, New York: Routledge.
- (2014), »Why two crucial pages were left out of the latest UN climate report«, *Jeremy Leggett*, 4. 11. 2014, dostopno na: <http://www.jeremyleggett.net/2014/11/why-two-crucial-pages-were-left-out-of-the-latest-u-n-climate-report/>.
- Livina, Valerie N., in Timothy M. Lenton (2013), »A recent tipping point in the Arctic sea-ice cover: abrupt and persistent increase in the seasonal cycle since 2007«, *The Cryosphere*, let. 7, str. 275–286.
- Lovejoy, Thoma E., in Carlos Nobre (2018), »Amazon Tipping Point«, *Science Advances*, let. 4, eaat2340.
- MacDougall, Andrew H., et al. (2012), »Significant contribution to climate warming from the permafrost carbon feedback«, *Nature Geoscience*, let. 5, str. 719–721.
- Mach, Katharine J., et al. (2015), »Understanding and responding to danger from climate change: the role of key risks in the IPCC AR5«, *Climatic Change*, let. 136, str. 427–444.
- Mann, Michael (2016), »The ‘fat tail’ of climate change risk«, *Huffington Post*, 11. 9. 2016, dostopno na: http://www.huffingtonpost.com/michael-e-mann/the-fat-tail-of-climate-change-risk_b_8116264.html.
- Maslowski, Wieslaw, et al. (2012), »The future of Arctic sea ice«, *The Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, let. 20, str. 625–654.
- McKie, Robin (2016), »Nicholas Stern: cost of global warming ‘is worse than I feared’«, *The Guardian*, 6. november 2016, dostopno na: <https://www.theguardian.com/environment/2016/nov/06/nicholas-stern-climate-change-review-10-years-on-interview-decisive-years-humanity>.

- Meinshausen, Malte (2008), »The EU, the IPCC and the science of climate change: The 2°C target«, Bruselj: IES Autumn lecture series, 8. 10. 2008.
- Melillo, Jerry M., et al. (2017), »Long-term pattern and magnitude of soil carbon feedback to the climate system in a warming world«, *Science*, št. 358, str. 101–105.
- Mooney, Chris (2015), »Greenland has lost a staggering amount of ice – and it’s only getting worse«, *Washington Post*, 16. 12. 2015, dostopno na: <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2015/12/16/greenland-has-lost-a-staggering-amount-of-ice-and-its-only-getting-worse>.
- (2018), »Antarctic ice loss has tripled in a decade. If that continues, we are in serious trouble«, *Washington Post*, 13. 6. 2018, dostopno na: <https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2018/06/13/antarctic-ice-loss-has-tripled-in-a-decade-if-that-continues-we-are-in-serious-trouble/>
- Murray, David, in Thomas Murtha (2018), »Climate risk: Running out of time«, *Intelligence on European Pensions and Institutional Investment*, april 2018, dostopno na: <https://www.ipe.com/reports/special-reports/thought-leadership/climate-risk-running-out-of-time/10023906.article>.
- Murray, James (2009), »Research warns two degree rise will halve rainforest ‘carbon sink’«, *Business Green*, 3. 3. 2009, dostopno na: <http://www.businessgreen.com/business-green/news/2237656/research-warns-two-degree>.
- NOAA (2017), *Global and regional sea-level rise scenarios for the United States*, Silver Spring (MA): NOAA, dostopno na: https://tidesandcurrents.noaa.gov/publications/techrpt83_Global_and_Regional_SLR_Scenarios_for_the_US_final.pdf >.
- O’Neill, Brian C., et al. (2017), »IPCC reasons for concern regarding climate change risks«, *Nature Climate Change*, let. 7, str. 28–37.
- Oppenheimer, Michael, et al. (2007), »The Limits of Consensus«, *Science*, št. 317, str. 1505–1506.
- Orwell, George (1984), *1984*, Ljubljana: Mladinska knjiga.
- Pittock, A. Barrie (2006), »Are scientists underestimating climate change?«, *EOS*, let. 87, št. 34, str. 340–341.

- Pollard, David, et al. (2015), »Potential Antarctic Ice Sheet retreat driven by hydrofracturing and ice cliff failure«, *Earth Planetary Science Letters*, št. 412, str. 112–121.
- Proistosescu, Christian, in Peter J. Huybers (2017), »Slow climate mode reconciles historical and model-based estimates of climate sensitivity«, *Science Advances*, let. 3, e1602821.
- Rahmstorf, Stefan (2007), »A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise«, *Science*, let. 315, str. 368–370.
- Randerson, James (2008), »Sea level could rise by 150cm, US scientists warn«, *The Guardian*, 16. 12. 2008, dostopno na: <https://www.theguardian.com/environment/2008/dec/16/climatechange-scienceofclimatechange>.
- Randle, Melanie J., in Richard Eckersley (2015), »Public perceptions of future threats to humanity and different societal responses: a cross-national study«, *Futures*, let. 72, str. 4–16.
- Raupach, Michael R. (2011), *Global climate goals for temperature, concentrations, emissions and cumulative emissions*, Melbourne: The Centre For Australian Weather and Climate Research.
- Reilly, John, et al. (2015), *Energy and Climate Outlook: Perspectives from 2015*, Cambridge (MA.): MIT Program on the Science and Policy of Global Change.
- Rignot, Eric, et al. (2014), »Widespread, rapid grounding line retreat of Pine Island, Thwaites, Smith, and Kohler glaciers, West Antarctica, from 1992 to 2011«, *Geophysical Research Letters*, let. 41, str. 3502–3509.
- Rignot, Eric, in Pannir Kanagaratnam (2006), »Changes in the velocity structure of the Greenland ice sheet«, *Science*, let. 311, str. 986–990;
- Roberts, David (2011), »The brutal logic of climate change«, *Grist*, 6. 12. 2011, dostopno na: <https://grist.org/climate-change/2011-12-05-the-brutal-logic-of-climate-change/>
- Robinson, Alexander, et al. (2012), »Multistability and critical thresholds of the Greenland ice sheet«, *Nature Climate Change*, let. 2, str. 429–432.
- Schaefer, Kevin, et al. (2011), »Amount and timing of permafrost carbon release in response to climate warming«, *Tellus B*, let. 63, št. 2, str. 165–180.

- Schaefer, Kevin, et al. (2014), »The impact of the permafrost carbon feedback on global climate«, *Environmental Research Letters*, let. 9, št. 8, 085003.
- Schellnhuber, Hans J. (2009), »Tipping elements in the Earth system«, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, let. 106, št. 49, str. 20561–20563.
- Scherer, Glenn (2012), »How the IPCC underestimated climate change«, *Scientific American*, 6. 12. 2012, dostopno na: <https://www.scientificamerican.com/article/how-the-ipcc-underestimated-climate-change>.
- (2012b), »Climate science predictions prove too conservative«, *Scientific American*, 6. 12. 2012, dostopno na: <https://www.scientificamerican.com/article/climate-science-predictions-prove-too-conservative>.
- Schroder Investment Management (2017), *Climate change: calibrating the thermometer*, London: Schroders Investment Management, dostopno na: www.schroders.com/globalassets/global-assets/english/pdf/c00140-climatedashboard_section.pdf.
- Schurer, Andrew P., et al. (2017), »Importance of the pre-industrial baseline for likelihood of exceeding Paris goals«, *Nature Climate Change*, let. 7, str. 563–568.
- Schurer, Andrew P., et al. (2018), »Interpretations of the Paris climate target«, *Nature Geoscience*, let. 11, str. 220–221.
- Serreze, Mark, et al. (2007), »Perspectives on the Arctic's shrinking sea ice cover«, *Science*, št. 315, str. 1533–1536.
- Sherwood, Steven C., et al. (2014), »Spread in model climate sensitivity traced to atmospheric convective mixing«, *Nature*, št. 505, str. 37–42.
- Socolow, Robert (2011), »High-consequence outcomes and internal disagreements: tell us more, please«, *Climatic Change*, št. 108, str. 775–790.
- Solomon, Susan, et al. (2008), »Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions«, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, let. 106, št. 6, str. 1704–1709.
- Steffen, Will, et al. (2015), *Climate Change: Growing risks, critical choices*, Sydney: Climate Council, dostopno na: <https://www.climatecouncil.org.au/climate-change-2015-growing-risks-critical-choices>.

- Stern, Nicholas (2016), »Economics: Current climate models are grossly misleading«, *Nature*, št. 530, str. 407–409.
- Stewart, Heather (2009), »This is how we let the credit crunch happen, Ma'am ...«, *The Guardian*, 26. 7. 2009, dostopno na: <https://www.theguardian.com/uk/2009/jul/26/monarchy-credit-crunch>.
- Stewart, Heather, in Larry Elliott (2013), »Nicholas Stern: 'I got it wrong on climate change – it's far, far worse'«, *The Guardian*, 27. 1. 2013, dostopno na: <https://www.theguardian.com/environment/2013/jan/27/nicholas-stern-climate-change-davos>.
- Stroeve, Julianne, et al. (2007), »Arctic sea ice decline: Faster than forecast?«, *Geophysical Research Letters*, let. 34, št. 9, L09501.
- The Geological Society (2013), *An addendum to the Statement on Climate Change: Evidence from the geological record*, London: The Geological Society, december 2013, dostopno na: <https://www.geolosc.org.uk/~media/shared/documents/policy/Statements/Climate%20Change%20Statement%20Addendum%202013%20Final.pdf>.
- The IMBIE Team (2018), »Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017«, *Nature*, št. 558, str. 219–222.
- Tomsk Polytechnic University (2017), »Russian scientists deny climate model of IPCC«, *Eureka Alert*, 15. 8. 2017, dostopno na: https://www.eurekaalert.org/pub_releases/2017-08/tpu-rsd081517.php.
- UN (2015), *Paris Agreement*, New York: United Nations, dostopno na: http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.
- UNEP (2012), *Policy Implications of Warming Permafrost*, Nairobi: United Nations Environment Program, dostopno na: <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8533>.
- UNFCCC (s.d.), »First steps to a safer future: Introducing The United Nations Framework Convention on Climate Change«, United Nations, dostopno na: http://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php.
- UPFSI (2017), »James Hansen: Scientific Reticence A Threat to Humanity and Nature«, novinarska konferenca, Bonn, 19. 11. 2017, dostopno na: <https://www.youtube.com/watch?v=S7z61UZoppM>
- USGCRP (2017), *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I*, Washington: US Global Change

- Research Program, dostopno na: <https://science2017.globalchange.gov>.
- Vaks, Anton, et al. (2013), »Speleothems reveal 500,000-year history of Siberian permafrost«, *Science*, št. 340, str. 183–186.
- Velicogna, Isabella (2009), »Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE«, *Geophysical Research Letters*, let. 36, L19503.
- Wagner, Gernot, in Martin Weitzman (2015), *Climate Shock: The Economic Consequences of a Hotter Planet*, Princeton: Princeton University Press.
- Warren, Rachel (2011), »The role of interactions in a world implementing adaptation and mitigation solutions to climate change«, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, št. 369, str. 217–241.
- Weaver, Christopher P., et al. (2017), »Reframing climate change assessments around risk: recommendations for the US National Climate Assessment«, *Environmental Research Letters*, let. 12, št. 8, 080201.
- Werrell, Caitlin, in Francesco Femia (ur.) (2013), *The Arab Spring and Climate Change*, Washington: Centre for American Progress/Stimson/The Center for Climate and Security.
- Whiteman, Gail, et al. (2013), »Climate science: Vast costs of Arctic change«, *Nature*, št. 499, str. 401–403.
- World Bank (2012), *Turn Down the Heat: Why a 4°C warmer world must be avoided*, New York: World Bank, dostopno na: <http://documents.worldbank.org/curated/en/865571468149107611/Turn-down-the-heat-why-a-4-C-warmer-world-must-be-avoided>.
- World Economic Forum (2018), *The Global Risks Report 2018: 13th Edition*, Ženeva: World Economic Forum, dostopno na: https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/WEF_GRR18_Report.pdf.
- Xu, Yangyang, in Veerabhadran Ramanathan (2017), »Well below 2 °C: Mitigation strategies for avoiding dangerous to catastrophic climate changes«, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, št. 114, str. 10315–10323.
- Young, Kelly (2006), »Greenland ice cap may be melting at triple speed«, *New Scientist*, 10. 8. 2006, dostopno na: <https://www.newscientist>.

com/article/dn9717-greenland-ice-cap-may-be-melting-at-triple-speed.

Zhai, Chenxing, et al. (2015), »Long-term cloud change imprinted in seasonal cloud variation: More evidence of high climate sensitivity«, *Geophysical Research Letters*, let. 42, št. 20, str. 8729–8737.