

REALNOST RAZOGLJIČEVANJA – BREZ PANIKE OB PODNEBNIH SPREMEMBAH! (2. del)

► Erik Margan¹

Zadnja ledena doba se je končala pred približno 11.600 leti [7, 8], ko se je ozračje hitro in močno ogrelo. Gladina oceanov se je takrat dvignila za več kot 120 m (ŽIT 2023/4, str. 36). V zgodovini človeštva so bila topla obdobja vedno povezana z razcveti civilizacij (sumerske pred okoli 6000, egipčanske pred 5200, minojske pred 4000 ter rimske pred 2300 leti), vmesna hladnejša obdobja pa s pomanjkanjem hrane, z vojnami in s propadom.

🔗 Spuščanje vremenskega balona (vir: spletišče Svetovne vremenslovske organizacije)

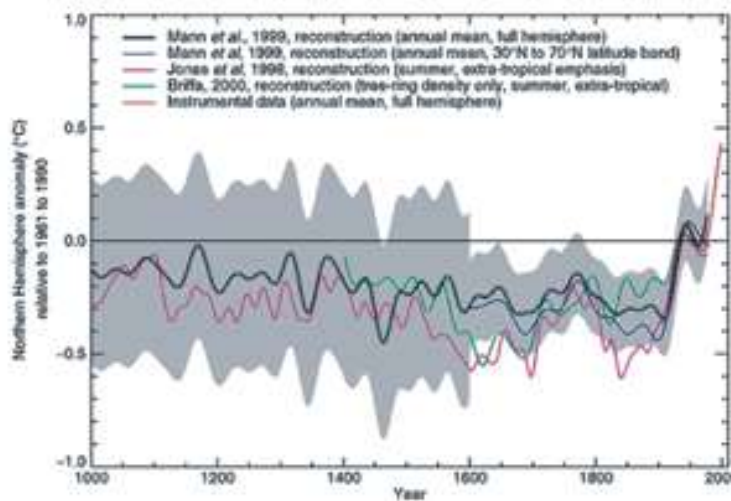
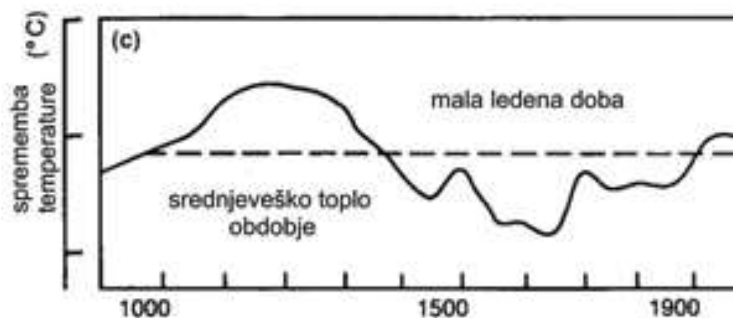
¹ Zahvaljujem se Vladimirju Alkalaju in Rafaelu Mihaliču za strokovno pomoč pri oblikovanju besedila.

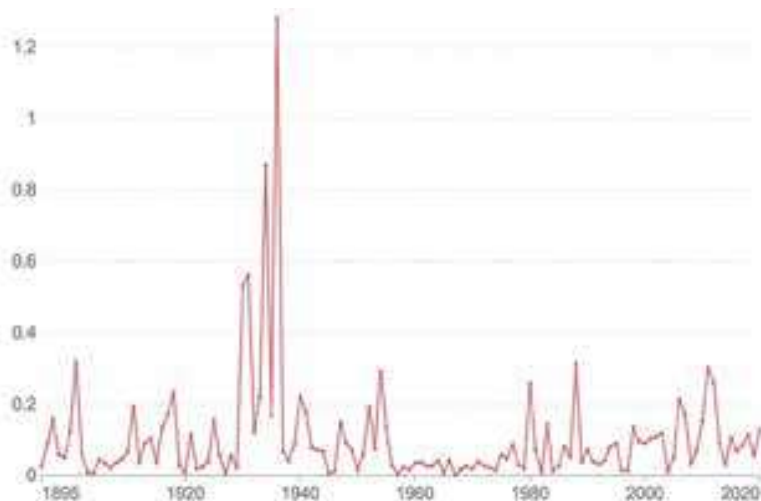
📈 Spreminjanje temperatur v zadnjem tisočletju: zgoraj je graf iz prvega poročila IPCC, spodaj pa je razvpita Mannova 'hokejska palica' iz tretjega poročila IPCC. (vir: [1], [2])

PRIMER SORAZMERNEGA IZOBILJA je bilo srednjeveško toplo obdobje, ki je trajalo od 9. do 14. stoletja. Tedaj so imeli v Evropi ponekod tudi po dve žetvi na leto, v Britaniji vinograde, Vikingi pa so poselili 'Zeleno zemljo' oz. Grenlandijo. Potem se je spet ohladilo in mala ledena doba je trajala do 19. stoletja. Razen lakote in vojn so to obdobje zaznamovale hude nalezljive bolezni, ki so v kratkem času pokončale skoraj tretjino prebivalstva Evrope.

► **SPREMINJANJE TEMPERATUR PRED IN PO INDUSTRIJSKI REVOLUCIJI**

To obdobje je bilo lepo razvidno v prvem poročilu IPCC [1], potem pa so

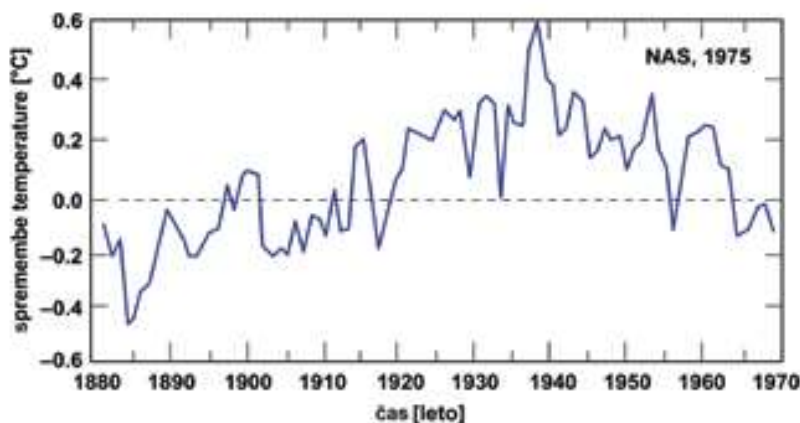




↻ Indeks vročinskih valov v ZDA, NOAA, 2013 (vir: [3])

↻ Temperaturne spremembe za severno poloblo med letoma 1880 in 1970 (vir: objava National academy of science leta 1975)

leta 2001 v tretjem poročilu [2] raje objavili rezultate raziskav debeline branik oz. drevesnih letnic (Michael E. Mann in sodelavci). Ti so kazali na majhne spremembe temperature celo tisočletje, v zadnjega pol stoletja pa nenaden skok. Ta graf, ki se ga je kasneje prijel vzdevek 'hokejska palica', je med znanstveniki izzval nemalo začudenja, saj je znano, da na branike bolj kot temperatura vplivajo padavine. Leta 2009 pa je na dan prišlo dopisovanje med avtorji (afera *climategate*), kjer so odkrito razpravljali o tem, 'da se je treba znebiti srednjeveškega toplega obdobja'. Pogovarjali so se tudi o zvijači, s katero so zakrili upadanje temperature pri nekaterih vzorcih. Del novejših podatkov so namreč odrezali in nadomestili z neposrednimi meritvami oz. s podatki termometrov.



Po koncu male ledene dobe, od leta 1850 naprej, se je postopoma spet ogrelo, hkrati pa se je začela industrijska doba. V desetletju po letu 1930 je prišlo vsaj na severni polobli, zlasti v ZDA, do vrste daljših vročinskih valov in številne takrat zabeležene najvišje temperature še danes niso presežene [3].

▶ ISTI VZROK ZA OHLAJANJE IN OGREVANJE?

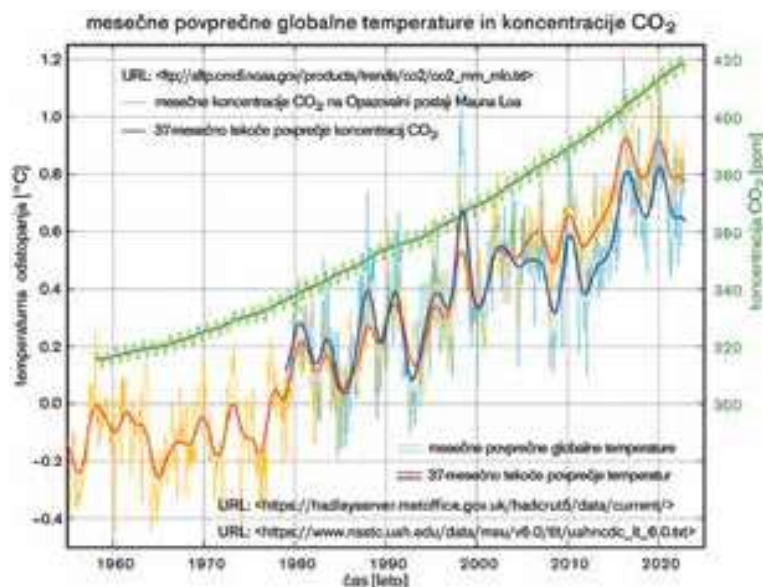
Po letu 1940 se je ozračje začelo ohlajati, kar se je nadaljevalo še dobrih 30 let. Pred približno pol stoletja so občila množično napovedovala prihod nove ledene dobe [4], kar so prav tako razlagali z rabo fosilnih goriv; ob njihovem zgorevanju naj bi zaradi velike količine trdih delcev in saj v ozračju (aerosolov) to postalo manj prozorno za sončno sevanje, zato se površje (in posledično seveda ozračje) ne bi več tako ogrevalo.

Od leta 1975 dalje pa spet beležimo postopno rast povprečne temperature. Po danes prevladujoči razlagi naj bi bilo tudi to segrevanje posledica rabe fosilnih goriv, vendar tokrat kot vzrok navajajo izpuste toplogrednih plinov, predvsem CO₂, katerega vsebnost v ozračju od leta 1958 merijo na opazovalnici Mauna Loa [5] (ŽIT 2021/2, str. 30). Molekule CO₂ ne zajemajo (absorbirajo) infrardečega sevanja pri vseh valovnih dolžinah, ampak le v nekaj ozkih resonančnih območjih. Glavno območje, ki je blizu najvišjega sevanja Zemlje v vesolje, je med 14 in 16 μm, kar delno upočasnjuje ohlajanje Zemlje. Obstajata pa tudi dve manj izraziti resonanci pri 2,8 in 4,3 μm, vendar sta obe zunaj območja zemeljskega in sončevega sevanja, zato je njun vpliv majhen.

Iz grafa je razvidno, da sateliti [6] kažejo nekoliko manjše segrevanje od talnih [7] meritev. Domnevno je temu razlog nezadostno upoštevanje učinka mestnih toplih otokov. Mesta se širijo in so sčasoma povsem obkročila številne meteorološke postaje, ki so nekoč stale izven naselij. Danes veliko podatkov pridobimo iz sodobnih meteoroloških postaj postavljenih ob letališčih, in te iz razumljivih razlogov precej vplivajo na zabeleženo segrevanje.

► VPLIV OGLJIKOVEGA DIOKSIDA

V istem obdobju pa se je vsebnost CO₂ v ozračju povečala s 315 na 415 ppm (angl. *parts per million* ali število delcev CO₂ na milijon delcev) ali za dobrih 30 %. Iz tega bi lahko izračunali podnebno občutljivost planeta, seveda le, če bi domneva o učinku toplogrednih plinov držala. V tem primeru bi prihodnja morebitna podvojitev vsebnosti CO₂ povzročila dvig temperature za okoli 3,5 °C. Toda laboratorijske meritve absorpcije toplotnega sevanja CO₂ so pokazale, da to ni premo sorazmerno, pač pa se spreminjajo po logaritemski zakonitosti (rdeča krivulja). S povečanjem deleža CO₂ v ozračju bi tako lahko pojasnile le eno tretjino do sedaj zabeleženega porasta temperature. Rast vsebnosti CO₂ od predindustrijske dobe naprej (od 280 do 415 ppm) prispeva le okoli 2,3 W/m² gostote sevalne moči, oziroma 0,3 °C. Pri IPCC zato v izračunih upoštevajo tudi manjši vpliv drugih toplogrednih plinov, skupno vrednost pa množijo s pozitivno povratno zanko prek vodne pare, ki naj bi ga povečala za dvainpolkrat. Tako pojasnijo do sedaj zabeleženo rast okoli 1 °C. Vodna para je sicer



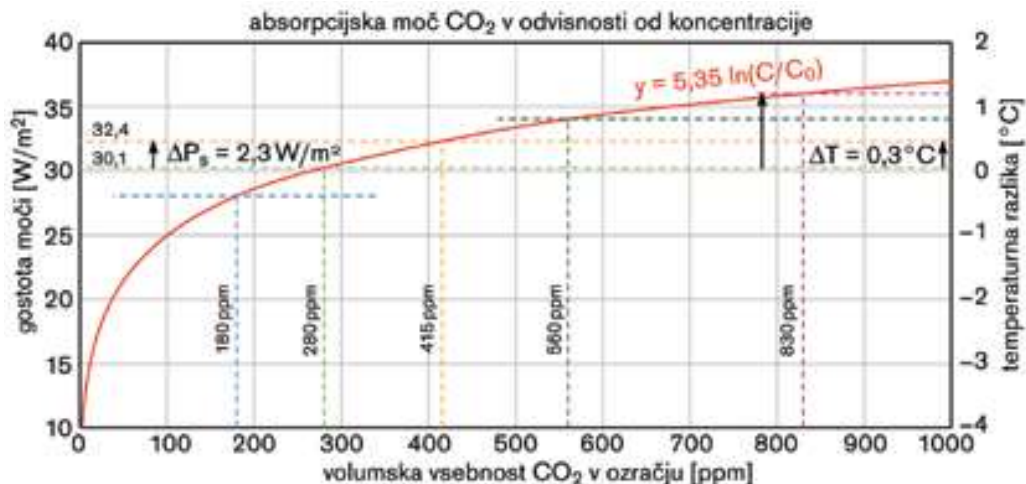
res najmočnejši toplogredni plin, a v celoti so njeni učinki nevtralni. Več vodne pare v ozračju namreč povzroči tudi večjo oblačnost, zaradi katere površje doseže manj sončevega sevanja in se zato tudi ozračje manj segreva.

Zaradi logaritemske odvisnosti (naklon logaritemske funkcije nenehno pada in se približuje vodornemu) bo tudi v prihodnje segrevanje vse manjše: če bi sedanjo vsebnost CO₂ v kratkem podvojili s 415 na 830 ppm (česar ne bi dosegli niti, če bi pokurili vse danes znane svetovne zaloge fosilnih goriv), bi se (teoretično) temperatura zvišala za le 0,9 °C oziroma skupno 1,2 °C glede na predindustrijsko obdobje. Torej je opozorilo IPCC, da nikakor ne smemo preseči rasti za 2 °C, odveč, saj te meje ne bi presegli niti, če za zmanjšanje izpustov ne naredimo prav nič.

Dodatna težava se skriva v dejstvu, da večina znanstvenikov na tem področju ve, da je povratni učinek vodne pare prej negativen kot pozitiven. Pokritost planeta z oblaki (in s tem delno odbijanje sončnega sevanja nazaj v vesolje) se namreč lahko spreminja v pov-

Primerjava temperature ozračja (rdeče so zemeljski podatki po HadCRUT4.6, modro pa satelitske meritve, ki jih izvajajo na Univerzi Alabama, Huntsville) in vsebnosti CO₂ (zeleno so vrednosti z opazovalnice Mauna Loa, Hawaii).

Teoretična logaritemska odvisnost temperature zraka od koncentracije CO₂ na osnovi laboratorijskih meritev spektralne absorpcije toplotnega sevanja (v suhem zraku, brez vodne pare, katere spekter se delno prekriva s spektrom CO₂). Če bi sedanjo vsebnost CO₂ podvojili (s 415 na 830 ppm), bi se (teoretično) temperatura zvišala za 0,9 °C.



prečju med 45 in 65 %, kar pomeni razliko v gostoti sevalne moči za kakšnih 55 W/m². Za primerjavo: učinku CO₂ lahko pripišemo kvečjemu 3 W/m², torej le dobro dvajsetino. V pred leti objavljenem članku (ŽIT 2018/9 in 10, str. 14 in 20) sem z izračuni izpustov in hitrosti narav-

nega ponora CO₂ pokazal, da je z leti nakopičen človeški prispevek vsebnosti CO₂ v ozračju lahko le 18 do 24 % od zabeležene rasti (za 100 ppm) v zadnjih 150 letih ali med 4 do 6 % celotne vsebnosti tega plina v ozračju, zato je tudi morebitna 'krivda' človeštva za do sedaj zabeleženo segrevanje ozračja ustrezno manjša. K temu še zanimivost iz zadnjega poročila IPCC, AR6 [8], kjer se prvič omenja Stefan-Boltzmannov zakon sevanja (v prvih petih poročilih ga ne boste našli!). Zakon pravi, da je sevanje idealnega črnega telesa sorazmerno četrti potenci temperature. Omemba pa žal ne popravi ene temeljnih napak, ki so si jih pri domnevah o toplogrednem učinku privoščili pri IPCC. V povzetku za politike [9] najdemo na 13. strani primerjave mogočih učinkov različnih poti razvoja dogodkov, s katerimi ponazarjajo, kako naj bi predvideno zmanjšanje ali povečanje izpustov vplivalo na temperaturo v obdobju do leta 2100. Skrajne spremembe po predvidevanjih SSP5-8.5 so prej veljale za najverjetnejše (t. i. *business as usual ali smiselno prevedeno vse po starem*) in po tem scenariju bi se do leta 2100 raba fosilnih goriv potrojila (kar je malo verjetno). V AR6 so SSP5-

Stefan-Boltzmannov zakon

$$j^* = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

$$T_1 = (273+15) \text{ K}$$

$$T_2 = (273+15+3,7) \text{ K}$$

W/m²

20

15

10

5

0

3,7°C

$$j^*(T_1) = 390 \text{ W/m}^2$$

$$j^*(T_2) = 410 \text{ W/m}^2$$

$$j^*(T_2) - j^*(T_1) = 20 \text{ W/m}^2$$

SSP3-7.0 (7 W/m²)

°C

6

5

4

3

2

1

0

-1

celotni vpliv (izmerjen)

CO₂

ostali TGP

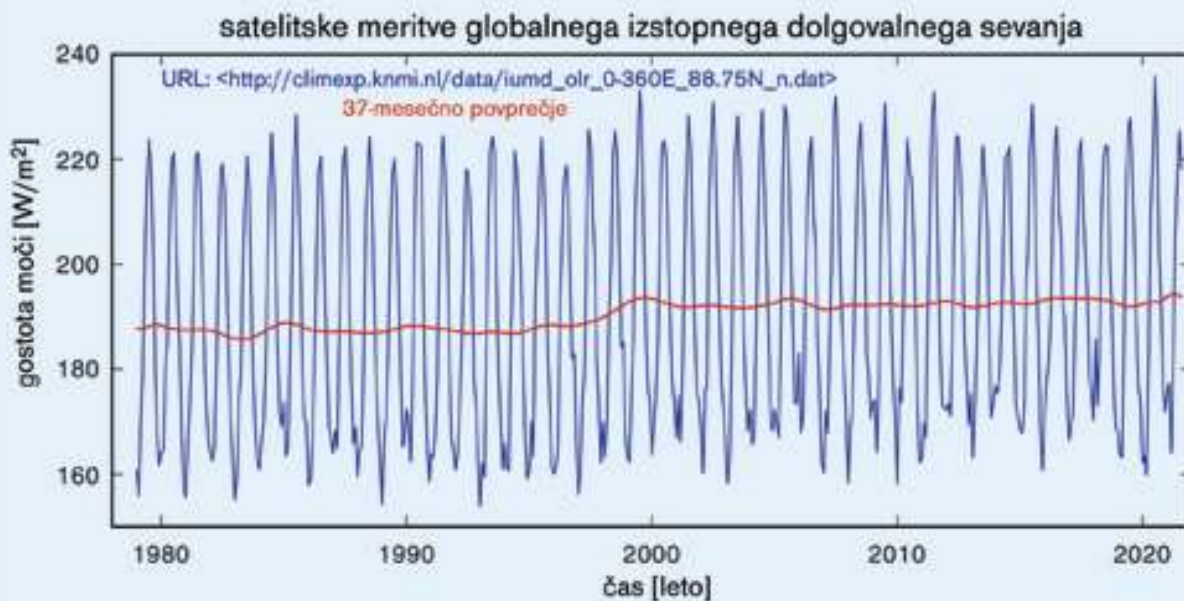
aerosoli in raba zemljišč

SSP3-7.0 in Stefan-Boltzmannov zakon (vir: IPCC, AR6, SPM, str.13)

Satelitske meritve

Končen dokaz, da temperature planeta ne uravnava CO₂, ponujajo meritve zemeljskega izstopnega dolgovalovnega (toplotnega) sevanja, ki ne sledi spremembam vsebnosti CO₂ v ozračju. Sevanje med 88,75° severne in južne geografske širine merimo s sateliti. Opazimo sicer velika z menjavo letnih časov povezana nihanja, ki so

posledica razlike kopenske in vodne površine med severno in južno poloblo. Toda triletno tekoče povprečje se praktično ne spreminja in odstopanja ne presežejo 190 W/m². Izjema je približno 2-odstotna 'stopnica' okoli leta 1998, ki je najverjetneje posledica zamenjave odsluženih satelitov z novjšimi in napak pri ponovnem umerjanju.



8.5 predstavili kot mejni primer, za najbolj verjetnega pa privzeli v grafu prikazan SSP3-7.0. Glede na ta model bi se izpusti s sedanjih 40 podvojili in do leta 2100 dosegli 80 milijard ton letno. Pustimo za zdaj vprašanje, kolikšna je verjetnost uresničenja česa takšnega, in si raje oglejmo predvidene učinke. Desni del grafa prikazuje predvidevanja, opisana v SSP3-7.0 (IPCC, AR6, SPM, str. 13), po katerih je celoten toplogredni učinek ocenjen na 7 W/m² in posledično povečanje temperature za okoli 3,7 °C do leta 2100. Temnejši spodnji del stolpca višine oz. temperaturne razlike 1 °C predstavlja do sedaj izmerjen vpliv.

Na levi pa vidimo izračun po Stefan-Boltzmannovem zakonu, ki pokaže, da povečanju temperature za 3,7 °C ustreza povečanje gostote sevalne moči za dobrih 20 W/m². Očitno se v domnevi o sevalnem ravnovesju, ki po IPCC edino uravnava temperaturo planeta, skriva temeljna napaka. Pri IPCC so po zelo zapletenem postopku ocenjevanj in izračunov prišli do vrednosti celotnega toplogrednega učinka 7 W/m², temu naj bi ustrezalo povečanje temperature od 3,7 °C. Če pa po Stefan-Boltzmannovem zakonu izračunamo za dvig temperature za 3,7 °C potrebno povečanje toplotnega sevanja površja v vesolje, dobimo 20 W/m². Kako

naj bi tistih 7 W/m² absorpcije toplogrednih plinov skupaj z vsemi drugimi učinki preprečilo povečanje sevanja planeta za dodatnih 20 W/m², pa IPCC ne pojasni, najbrž pa tega ne bi znal razložiti nihče. To dokazuje, da je način obravnave sevalnega ravnovesja pri IPCC edini fizikalno tehten dejavnik uravnavanja temperature planeta, zgrešen.

▶ PLANETA NE BO KONEC – KAJ PA ZDAJ?

Iz povedanega vidimo, da se pravljica o grozeči katastrofi zaradi izpustov CO₂ ne ujema z dejstvi. Žal nam odmerjeni prostor v reviji ne dovoljuje, da bi se še bolj poglobili v vse podrobnosti opisane problematike, tako da o tem morda ob kakšni drugi priložnosti. Pustimo ob strani tudi vprašanje, ali bi bili politiki sposobni rešiti to (po njihovem) perečo težavo, če jim damo na voljo neomejena sredstva in pooblastila pri uvajanju omejevalnih ukrepov za zniževanje izpustov toplogrednih plinov. Če sploh

kdo, bodo ustrezne rešitve na res znanstveni podlagi ponudili znanstveniki, inženirji in tehniki, ne pa politiki ali podnebni aktivisti. Do sedaj predlagane rešitve, ki so jih v nekaterih državah nepremišljeno vpeljali, že kažejo mnogo hujše posledice od najbolj črnogledih napovedi posledic podnebnih sprememb, ki naj bi prizadele človeštvo po letu 2050.

Za primer takšnega ravnanja naj med manj razvitimi državami omenimo Sri Lanko, kjer je prepoved uporabe umetnih gnojil (pri njihovi proizvodnji porabijo veliko metana) povzročila prepolovitev proizvodnje hrane in skokovito rast cen, lakoto, revolucijo in na koncu zamenjavo oblasti. Med bogatimi državami pa je v Nemčiji vrsta sicer politično všečnih, a slabo premišljenih ukrepov njihovega zelenega energetskega prehoda povzročila ogromno škodo gospodarstvu in prizadela revnejši del prebivalstva do te mere, da je bil to zimo marsikdo prisiljen tehtati med nakupom hrane ter plačevanjem stroškov ogrevanja in elektri-



🔗 Protesti kmetov na Nizozemskem julija lani (vir: novičarsko spletišče Acts news network)

ke. Naposled pa so bili nemški politiki le prisiljeni nekatere ukrepe preklicati ali odložiti za nedoločen čas. Tako so preložili dokončen izklop treh jedrskih elektrarn, ponovno pa so odprli nekaj termoelektrarn in premogovnikov.

Omenimo tudi Nizozemsko, kjer namerava država znižati rabo ume-tnih gnojil ter z visokimi cenami in davki omejiti živinorejo in kmetijsko mehanizacijo, kar bi številne kmete spravilo ob možnost preživeljanja s svojim delom in bi bili prisiljeni zapreti kmetije, čemur so se postavili po robu na množičnih protestih.

Seveda si želimo dihati čisti zrak in živeti v čistem in urejenem okolju, vendar je za to potrebno ustrezno ukrepanje pri nekaterih drugih izpustih, kot so saje, različni mikro- in nanodelci, žveplov dioksid, dušikovi oksidi, ciklični aromati in drugi, ki so posledica nepopolnega zgorevanja, slabo delujočih naprav brez prečiščevanja ali kakšne druge obdelave izpuhov. Nikakor pa ne bi smeli CO₂ obravnavati kot onesnaženje, saj je ta plin hrana za rastline. Od povečanja koncentracije bi lahko imeli veliko korist, podobno kot jih imajo v rastlinjakih, resničnih toplih gredah, kjer namenoma povečujejo vsebnost CO₂ na 800–1600 ppm in tako pospešujejo rast ter povečujejo pridelek.

Preden vpeljemo nadaljnje omejevalne ukrepe, ki so že in še bodo prizadeli gospodarstvo, jih je smiselno najprej dodobra proučiti in nepristransko razčistiti, v kolikšni meri človeštvo z izpusti in posegi v okolje sploh vpliva na podnebje. Če česa res ne potrebujemo, so to hro-ruk akcije in brezglavo ukrepanje po občutku! Pretehtati moramo oce-

ne o prizadetosti splošne dobrobiti prebivalstva brez ukrepov oz. v kolikšni meri se ji lahko odrečemo, če bo res nujno. Vprašati se tudi velja, ali se ne bi bilo morda smotrnejše osredotočiti na povečevanje naše odpornosti na naravne spremembe in odpravo njihovih posledic, če jih že ne moremo preprečiti. Varstvo narave pač stane in ohranjanje trenutnega stanja za vsako ceno onemogoča razvoj. Podnebni aktivisti namreč pozabljajo, da je skrb za okolje dosegla visoko raven le v bogatih, industrijsko razvitih državah. Na področjih, kjer se prebivalstvo vsakodnevno bori za golo preživetje, za kaj takšnega ni ne sredstev ne možnosti, zato je stanje pogosto katastrofalno.

SPLETNI NASLOVI

- ▶ <https://tinyurl.com/5d549uhp>
poročilo IPCC FAR [1]
- ▶ <https://tinyurl.com/yckky7xe>
poročilo IPCC TAR [2]
- ▶ <https://tinyurl.com/bdhkpaz3>
letni podatki o vročinskih valovih v ZDA [3]
- ▶ <https://tinyurl.com/y7asevr5>
Understanding climatic change, NAS, 1975 (str.148) [4]
- ▶ <https://tinyurl.com/mpafes7c>
zbirka podatkov o meritvah CO₂ opazovalnice Mauna Loa [5]
- ▶ <https://tinyurl.com/2wu5z2j4>
satelitski podatki o svetovnih temperaturah [6]
- ▶ <https://tinyurl.com/2s368d32>
HadCRUT 4.6.0.0., temperature po mesecih od 1850. leta [7]
- ▶ <https://tinyurl.com/yy6rnbbt>
poročilo IPCC AR6 [8]
- ▶ <https://tinyurl.com/2v46637z>
poročilo Work group I, povzetek za politike [9]