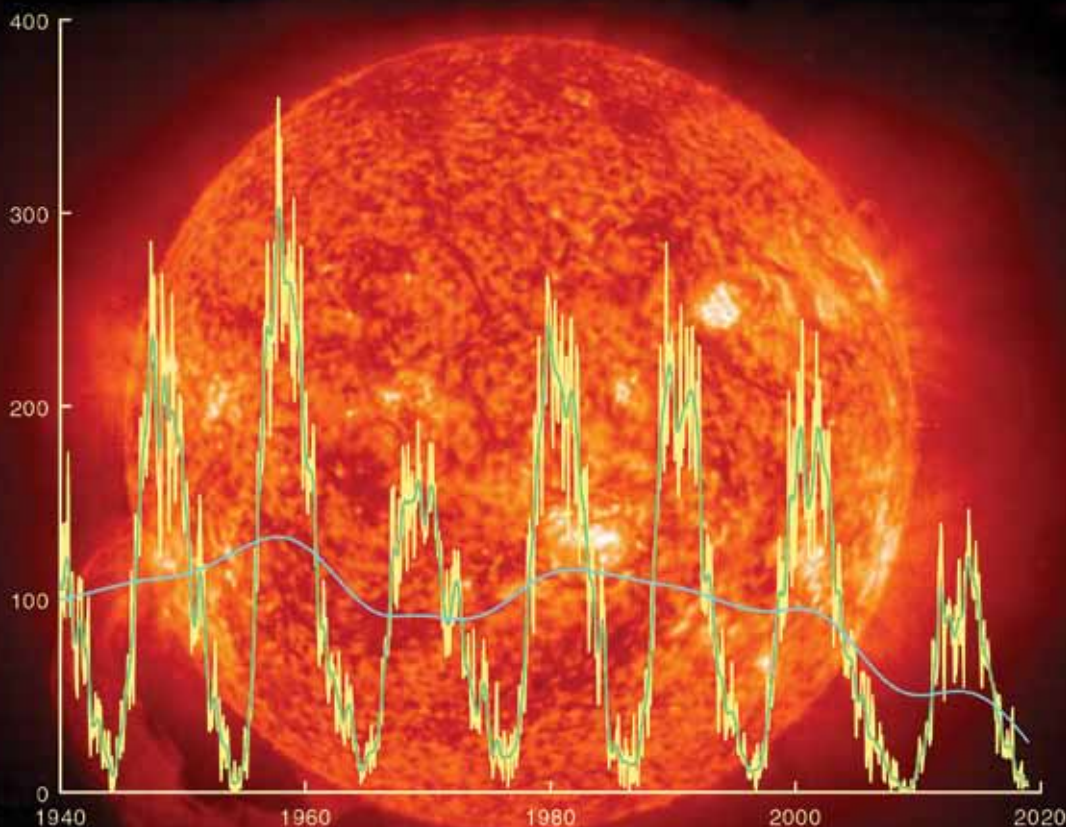


MIRNO SONCE IN PRIHAJAJOČA OHLADITEV

► Erik Margan



Ameriška vesoljska agencija NASA je 27. septembra lani sporočila, da opazovanja Sončeve dejavnosti in vpliva na zgornje plasti Zemljinega ozračja kažejo na možnost močne ohladitve njenega površja že v zelo kratkem času. Ta napoved je seveda pritegnila veliko pozornost znanstvene in laične javnosti.

A PREDEN RAZLOŽIMO, ZA KAJ PRAV-ZAPRAV SPLOH GRE, poskusimo pojasniti okvir dogajanj v tej zvezi v preteklih letih.

Človeški možgani med svojim delovanjem veliko časa posvečajo iskanju in prepoznavanju vzorcev. Ta proces je evolucijsko pogojen in eden izmed najpogostejših vzorcev je človeški obraz. Njegovo prepoznavanje poteka povsem samodejno, zato se nam pogosto dogaja, da obliko obraza prepoznavamo tudi v sicer naključnih oblikah v naravi, denimo v kamninah (obraz Ajdovske deklice v severni steni Prisojnika ali še znamenitejši «obraz» na območju Sidonije na Marsu; ŽIT 1998/6, str. 76). To lastnost iskanja vzorcev uporabljajo tudi znanstveniki pri svojem delu, kadar v pojavih, ki jih raziskujejo, skušajo prepoznati znane oblike ali obnašanje sistema po nekih pravilnih matematičnih zakonitostih. Na primer Newton je svojo gravitacijsko enačbo uganil (ne izpeljal!) na podlagi podatkov o gibanju Lune in planetov; nekako tako je tudi Schrödinger uganil svojo znamenito valovno

enačbo, ki je zelo dobro opisovala atom vodika.

Podobno velja za klimatološko znanost, kjer so odnosi med posameznimi dejavniki zelo zapleteni in kaotični ter jih je brez velikih poenostavitev zelo težko matematično natančno analizirati. V 80. letih prejšnjega stoletja so nekateri klimatologi opazili naraščanje povprečne temperature Zemljinega ozračja, ki je sovpadalo z naraščanjem koncentracije ogljikovega dioksida (CO₂) v njem. Na podlagi te korelacije in dejstva, da v drugih parametrih, ki vplivajo na temperaturo planeta, ni bilo mogoče ugotoviti dovolj velikih odstopanj, s katerimi bi vsaj delno pojasnili naraščanje temperature, so razvili domnevo, da so vzrok za naraščanje temperature človeški izpusti CO₂. Že prej se je vedelo, da plini, katerih molekule so sestavljene iz treh ali več atomov in so v ozračju prisotni v manjših količinah (vodna para, CO₂, metan itn.), absorbirajo toplotno (infrardeče) sevanje prav v pasu, kjer površje Zemlje oddaja svoje sevanje proti vesolju. Iz znanih koeficientov absorpcije in spek-

tralnih odvisnosti posameznih plinov so nato izračunali, da opažena povečana koncentracija CO₂ lahko pojasni približno 1/3 rasti temperature, preostali 2/3 pa so pripisali vplivu vodne pare s pomočjo pozitivne povratne zanke: več CO₂ pomeni višjo temperaturo, ki povzroči več izparevanja oceanov, vodna para pa spet zviša temperaturo, zaradi česar oceani izpuščajo več CO₂ kot sicer; in tako v krog. Model se je tako dobro ujemal z izmerjenimi podatki, da je kmalu postal prevladujoč klimatski model. Na tej podlagi je po letu 1988 v okviru Mednarodne meteorološke organizacije in Organizacije združenih narodov stekla obsežna politična kampanja, ki je privedla do ustanovitve Medvladnega odbora za podnebne spremembe (The Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC). Ta je postal usklajevalno telo za ukrepanje proti podnebnim spremembam, obenem pa je tudi zbiral znanstvena dela s področja klimatologije in na tej podlagi začel izdajati znanstvena poročila, v katerih so izčrpno analizirali stanje ter teoretično in eksperimentalno izboljšali omenjeni klimatološki model.

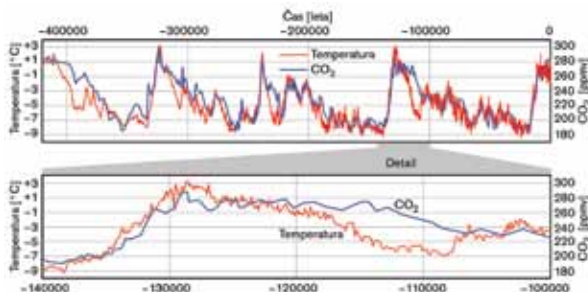
Ta je naraščanje temperature ozračja in višanje koncentracije CO₂ ustrezno opisoval približno do leta 2000, ko so se začela kazati prva odstopanja: temperatura se je ustalila, koncentracija CO₂ pa je še naprej naraščala – in to celo nekoliko hitreje kot dotlej. Že veliko prej so številni znanstveniki (med njimi nekaj vidnejših Nobelovih nagrajencev) opozarjali na resne znanstvene pomisleke glede nekaterih elementov modela. Teh pogojno rečeno 'skeptičnih' znanstvenikov (zdrava skepsa je nujen element znanstvenega dela!) je bilo veliko več, kot običajno pove-

do mediji. Ti raje ponavljajo izsledke različnih anket, med katerimi je najpopularnejša raziskava nekega študenta, ki je ugotovil, da naj bi 97 % znanstvenikov zagovarjalo hipotezo o toplotnem učinku CO₂, a se je kmalu izkazalo, da analize ni izpeljal pravilno ter da je odstotke močno in nekritično priredil (ŽIT 2016/2, str. 54; ŽIT 2016/3, str. 64). A ker ne glede na nekatere dokazane nepravilnosti v fizikalnem modelu nikomur ni uspelo ponuditi drugačne razlage, ki bi se bolje ujemala z meritvami, se model še vedno uporablja kot podlaga za politične in gospodarske ukrepe za omejevanje človeških izpustov CO₂ ter omilitvev podnebnih sprememb. Toda kljub vsem tem prizadevanjem se je vsebnost CO₂ v zraku še naprej večala, temperaturni trend pa je trmasto ostajal znotraj območja merilne napake ($\pm 0,25$ °C).

Hkrati so računalniške simulacije in dolgoročne napovedi klime, temelječe na omenjenem klimatskem modelu, vse po vrsti že po desetletju začele divergirati proti višjim temperaturam, zaradi česar je postalo jasno, da so računalniški algoritmi naravnani pretoplo. To je po eni strani sprožilo vrsto katastrofičnih napovedi o dvigu temperatur za 4–6 °C ali več do leta 2100, povezanih s taljenjem polarnega ledu in dvigom gladine oceanov za več metrov, ter vedno hujšimi in pogostejšimi ekstremnimi vremenskimi pojavi; po drugi strani pa je sprožilo dvome o zmožnosti tovrstnih računalniških algoritmov, da bi mogli ustrezno slediti dejanskemu poteku temperatur. To 'pavzo' v segrevanju so nekateri vodilni klimatologi, kot je Kevin Trenberth, poskušali razložiti s povečano absorpcijo toplote v oceanih, vendar so drugi, denimo oceanograf

Carl Wunsch, na podlagi meritev globinskih temperatur s sistemom morskih boj ARGO pokazali, da to ne drži. Tudi satelitske meritve so potrdile, da se izstopno IR-sevanje Zemlje in s tem njeno toplotno ravnovesje v zadnjih dveh desetletjih nista prav veliko spreminjali. A najbolj uničujoče kritike so temeljile na analizah globokih vrtnin polarnega ledu, kjer so raziskovalci ugotovili, da v naravnih klimatskih ciklih vsebnost CO₂ vedno zaostaja za spremembami temperature. Tako se je graf, ki ga je Al Gore v svojem filmu *Neprijetna resnica* ponosno razkazoval kot kronski dokaz, izkazal za strel v svoje koleno. Iz današnje perspektive lahko rečemo, da so močni superračunalniki (pravzaprav njihovi programerji!) odpovedali: napovedi se niso uresničile.

Ker so novi politični, gospodarski in davčni ukrepi, namenjeni omejevanju podnebnih sprememb, začeli vplivati predvsem na energijski sektor ter s tem posredno tudi na industrijo in kmetijstvo, zaradi česar so se cene energentov ter drugih izdelkov in pridelkov močno zvišale, je začelo vedno več ljudi, med njimi tudi številni znanstveniki, dvomiti in opozarjati na nesmiselnost ukrepov, ki ne dajejo pričakovanih rezultatov. Nekateri so tudi opozarjali, da je klimatski model popolnoma zgrešen, ker je učinek vodne pare v zraku v seštevku negativen zaradi povečane oblačnosti, kar zmanjša osončenost površja in s tem znižuje temperaturo ozračja. Pojavile so se trditve, da je klimatski model preobčutljiv na porast vsebnosti CO₂, ker je vpliv na temperaturo logaritemska in ne linearna funkcija koncentracije CO₂: če se je koncentracija v industrijski dobi skoraj podvojila – z



☞ Analize globokih vrtnin polarnega ledu so pokazale, da vsebnost CO₂ v naravnih podnebnih ciklih vedno zaostaja za spremembami temperature; tisto, kar se zgodi pozneje, pač ne more biti vzrok za nekaj, kar se je zgodilo prej. Podatki v grafu so z ruske postaje Vostok na Antarktiki.

nekdanjih 280 ppmv (angl. parts per million by volume, volumskih delov na milijon) na 400 ppmv – ter s tem povzročila rast temperature za okoli 1 °C, bi bila za naslednjo 1 °C potrebna nova podvojitve koncentracije (s 400 na 800 ppmv).

Po sedanji stopnji rasti vsebnosti CO₂ v ozračju (1,7 ppmv/leto) bomo leta 2100 ob upoštevanju naravnega prirasta in celotnega štiriodstotnega letnega človeškega deleža s sedanjih 400 prišli na okoli 540 ppmv. To pomeni, da niti po najbolj črnogledih napovedih ne bomo dosegli podvojitve (800 ppmv) vsebnosti CO₂ v ozračju, ki je potrebna za dodatno zvišanje temperature za 1 °C. Iz tega logično sledi, da so zahteve, zastavljene na nedavnem srečanju COP24 v Katovicah pod taktirko IPCC, izpolnjene že brez kakršnih koli omejitev izpustov!

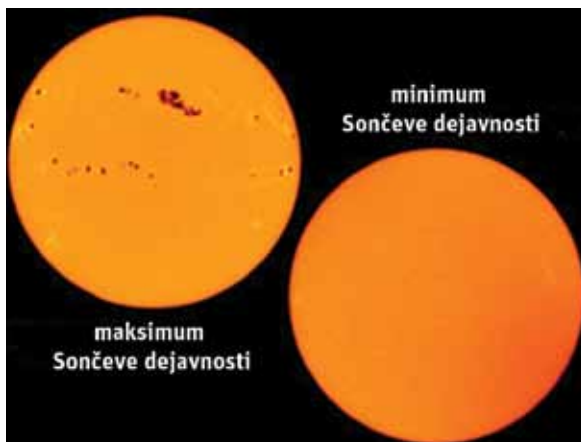
Nadalje so se očitki vrstili v smislu, da je CO₂ v resnici koristen, ker je hrana za rastline (če je vsebnost CO₂ v zraku nižja od 150 ppmv, se fotosinteza ustavi in rastline odmrejo; ŽIT 2009/6, str. 51). Torej smo v resnici v obdobju, ko rastline hlastajo po CO₂ in bolj odpirajo pore na listih, pri čemer izgubljajo velikanske količine dragocene vode. To potrjujejo izkušnje iz rastlinjakov s toplo gredo, kjer umetno povečujejo vsebnost CO₂ na 1500 ppmv in več, da rastline bolje in hitreje rastejo. S satelitskih posnetkov pa lahko razberemo, da je Zemlja v zadnjih 35 letih postala za 15 % bolj zelena – in to prav v pretežno sušnih območjih. A zaradi osredotočenosti na CO₂ so države zanemarile skrb za druge, resnično nevarne izpuste, kot so saje, prašni in trdni delci, žveplov in dušikovi oksidi, težke kovine, ciklični aromati itn. Namesto da bi začeli postavljati ustrezne čistilne naprave, so vpeljali pavšalni davek na CO₂, ki teh izpustov ni prav nič zmanjšal oziroma so se s prenosom industrije samo preselili iz razvitih držav v manj razvite. Močne kritike so letele tudi na ukrepe, s katerimi bi neki delež tekočih goriv nadomestila rastlinska olja. Zaradi tega so v manj razvitih državah začeli namenjati več plodne zemlje za gojenje rastlin, potrebnih za proizvodnjo biogoriv (ŽIT 1989/12, str. 63; ŽIT 1994/6, str. 66; ŽIT 1995/7–8, str. 21; ŽIT 2002/3, str. 66; ŽIT 2002/6, str. 61; ŽIT 2004/4, str. 69). To je ponekod zelo podražilo hrano in pri revnejših slojih prebivalstva povzročilo lakoto. V zadnjem času je še posebno izpostavljena pridelava oljnih palm, zaradi katerih vse prevečkrat izsekavajo velike površine tropskega pragozda.

Vendar ko se politični aparat enkrat poenoti glede določenih načrtov, ker jim visoki davki na goriva močno olajšajo težave z vedno prazno javno blagajno, je težko pričakovati preobrat samo na podlagi dvomov nekaterih posameznikov, pa naj imajo ti zanje še tako trdne znanstvene utemeljitve. Hkrati te socialnopolitične načrte – paradoksalno – podpirajo tudi velike naftne družbe, ki jim mediji sicer očitajo krivdo zaradi nastalih razmer, toda te zaradi višjih cen goriv kljub nižani proizvodnji še naprej bajno služijo in zaradi lepše javne podobe podpirajo različne zelene aktivistične skupine ter obenem še same vlagajo v alternativne vire energije, kjer visoke državne subvencije obetajo dober zaslužek.

In tako smo decembra 2015 dobili *Pariški sporazum o podnebnih spremembah*, pompozno napovedovan kot 'rešilna bilka za klimatsko preživetje našega planeta'. Zaradi nepoznavanja podrobnosti, ki jih vsebuje, marsikdo ne ve, da, denimo, Indiji in Kitajski dovoljuje, da še do leta 2030 lahko gradita nove energetske zmogljivosti, pretežno premogovne termoelektrarne. Po nekaterih navedbah v strokovnem tisku bo Kitajska svojim zdajšnjim 993 GW zmogljivosti dodala še 259 GW, kar ustreza celotni zmogljivosti premogovnih elektrarn v ZDA ali 700 novim elektrarnam, kot je TEŠ6, zaprli pa bodo okoli 100 manjših in zastarelih objektov.

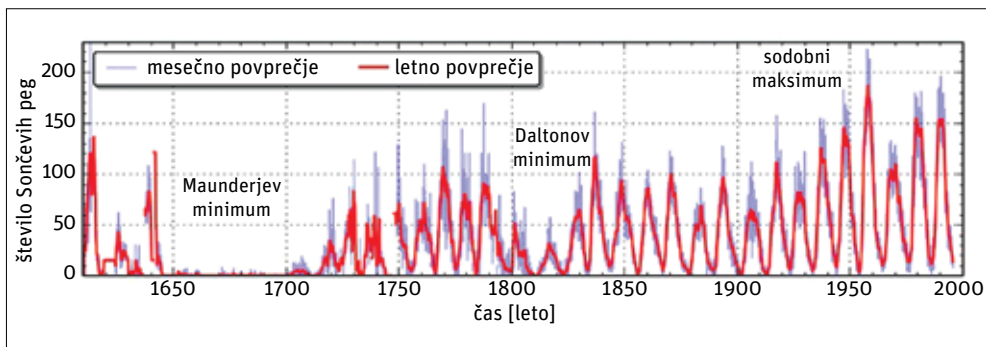
V precej naelektrenem ozračju med pripravami na podpis *Pariškega sporazuma* je izšel znanstveni članek, katerega idejna avtorica je bila dotlej neznana ukrajinska astrofizičarka Valentina Žarkova z ugledne univerze Northumbria

(Škotska), govori pa o odkritju pravilnosti v na videz kaotičnem, približno 11-letnem ciklu Sončeve dejavnosti (ŽIT 1990/1, str. 8; ŽIT 1999/6, str. 44; ŽIT 2001/12, str. 76). Žarkova in sodelavci so med raziskovanjem dinamike plazme na Sončevem površju in sprememb v njegovem magnetnem polju opazili pravilni vzorec v časovnem poteku Sončeve dejavnosti, ki so ga potem tudi ustrezno matematično analizirali. Ugotovili so, da je dogajanje na Soncu mogoče opisati z razmeroma preprosto enačbo, vsebujočo dve periodi, ki ustrezata hitrostim vrtenja njegove severne in južne poloble. Zaradi majhne razlike v periodah prihaja do medsebojne interference v dejavnosti obeh polobel, posledica pa so spremembe v celotni dejavnosti Sonca ter pojav Sončevih peg (velikanskih magnetnih vrtincev, ki za 1500–2000 °C lokalno ohladijo Sončevo fotosfero, povzročajo močne koronarne izbruhe ioniziranega plina, magnetne motnje, sevanje v območju UV- in X-žarkov ter ne nazadnje vplivajo na svetilnost Sončeve fotosfere; ŽIT 1992/9, str. 12). Toda članek ob izidu ni bil opažen niti v astrofizikalnih krogih, kaj šele pri klimatologih, ki so bili (številni so še dandanes) prepričani, da je vpliv Sonca na Zemljino podnebje le okoli 0,1 %; za toliko se je namreč spreminjala svetilnost Sonca v optičnem območju sevanja v obdobju satelitskih meritev. Že od prej poznamo veliko raziskav Sonca, v katerih so dogajanje poskušali modelirati matematično, a njihova natančnost v primerjavi z zgodovinskimi podatki ni bila zadovoljiva. Toda po dveh letih se je izkazalo, da so napovedi modela Žarkove neverjetno natančne in se odlično ujemajo z zgodovin-



◉ **Maksimum in minimum Sončeve dejavnosti se odražata v številu Sončevih peg – velikanskih magnetnih vrtincev, ki Sončevo fotosfero lokalno ohladijo za 1500–2000 °C (zato so videti temne v primerjavi s preostalim površjem, katerega temperatura je okrog 5600 °C). Ker so pege ob enem močan vir sevanja v pasu UV- in X-žarkov, je celotna osončenost Zemlje pri večji Sončevi dejavnosti večja. Prav tako je zelo povečana tudi pogostost koronarnih izbruhov, oboje pa vpliva na višje plasti ozračja (predvsem s tvorbo ozona). Ob zmanjšani Sončevi dejavnosti njegovo magnetno polje oslabi in ne odklanja več visoko energijskih kozmičnih delcev. To vpliva na povečano ionizacijo v osrednjih zračnih plasteh, kar pospeši tvorbo oblakov in s tem dodatno ohladi površje Zemlje.**

skimi podatki. Nenadoma je postalo jasno, da je s pomočjo tega modela ter zgodovinskih podatkov o številu Sončevih peg in satelitskih meritev sončnega sevanja, ki jih od leta 1995 izvajajo sateliti SOHO, SDO in drugi, mogoče rekonstruirati sevanje Sonca v celotnem spektru skozi 400-letno zgodovino, odkar je Galilej s svojim teleskopom (ŽIT 2009/3, str. 12; ŽIT 2009/4, str. 12) prvič odkril Sončeve pege. To je omogočilo preveriti vpliv sončnega sevanja na temperaturo ozračja, katere meritve izvajamo od časov že kmalu po izdelavi prvega termometra, v globalnih razmerah z večjo pokritostjo ozemlja pa od leta 1850. Spoznali smo, da so spremembe v sončnem sevanju veliko večje, kot smo menili doslej, saj dosegajo



Graf s prikazom povprečnega mesečnega števila Sončevih peg ponazarja preteklih 400 let Sončeve dejavnosti. Rekonstrukcija jakosti sončnega sevanja na podlagi teh in nekaterih drugih podatkov kaže spremembe, ki sledijo Sončevi dejavnosti in od dolgoletnega povprečja (1361 W/m^2) odstopajo za $4\text{--}6 \text{ W/m}^2$ (različne raziskave navajajo različne rezultate izračunov), kar pa je precej več od enakovrednega vpliva toplogrednih plinov ($0,5\text{--}1 \text{ W/m}^2$).

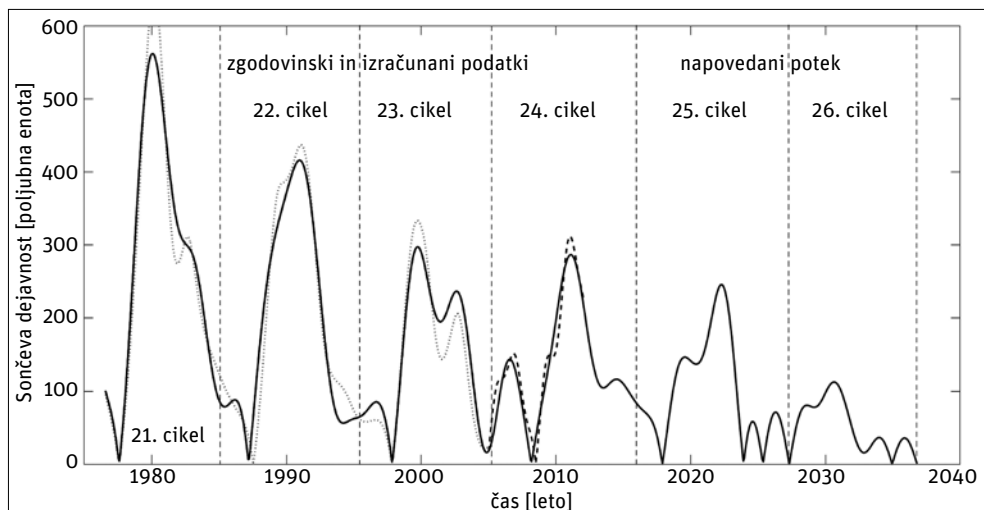
celo do 6 W/m^2 ; za primerjavo povejmo, da so pri IPCC izračunali, da je rast temperature v obdobju 1980–2000 mogoče pojasniti z vplivom vseh atmosferskih plinov, skupaj z vodno paro in CO_2 , ki ustvarijo razliko v sevanju samo $0,5\text{--}1 \text{ W/m}^2$.

Še najpomembnejše pa je to, da model Žarkove omogoča natančno napovedovanje razmer, pri čemer nas seveda najbolj zanimajo prihodnja desetletja. Že prej je bilo ugotovljeno, da je zdajšnji 24. Sončev cikel po dejavnosti za polovico šibkejši od treh pred njim, a temu ni nihče pripisoval večjega pomena. Toda novi model napoveduje močno zmanjšanje Sončeve dejavnosti v naslednjem, 25. ciklu, nakar bo v 26. ciklu nastopilo obdobje izredno nizke dejavnosti, podobno tistemu v letih 1650–1720, znanemu kot Maunderjev minimum. Zgodovinski zapisi, umetniške slike pokrajine ter drugi dokumenti iz tega obdobja kažejo, da so bile temperature takrat izredno nizke, zime hude, poletja mila, pomladi in jeseni pa ostre in sušne, zaradi česar je bila proizvodnja hrane močno prizadeta. Pogosto je vladala lakota, prihajalo je do velikih socialnih nemirov ter političnih pretresov, preobratov in vojn.

Morda bo višja vsebnost CO_2 v ozračju tokrat do neke mere ublažila

posledice nizke Sončeve dejavnosti, ne more pa jih izničiti. To je podobno, kot če bi pričakovali, da nas bo topel zrak v sobi grel tudi naslednji dan, kljub danes ugasnjeni peči, a z zagnjenimi okenskimi zavesami. Morda bo prihodnji minimum vendarle krajši in milejši, podoben Daltonovemu minimum v letih 1800–1825 (a Napoleon bi vsekakor ravnal pametneje, če bi za pohod na Rusijo izbrati kak drug čas oziroma bi ga raje kar opustil). Starejši bralci se verjetno spominjajo strašljivih opozoril klimatologov v 70. letih prejšnjega stoletja, da že od leta 1940 drsimo v novo ledeno dobo. Tudi takrat je Sončeva dejavnost precej upadla, a se je potem spet povečala. Mimogrede: med tistimi, ki so takrat trdili, da je vzrok za ohlajanje človeška poraba fosilnih goriv (in sicer zaradi aerosolov), je bil tudi zdaj že upokojeni James Hansen, sicer dolga leta vodilni klimatolog v Nasinem Goddardovem inštitutu za vesoljske raziskave (NASA GISS), ki je potem v 80. letih prejšnjega stoletja začel opozarjati na CO_2 in ga imajo dandanes mnogi za očeta globalnega segrevanja.

Zakaj smo torej tako prepričani, da bo zdaj drugače? Tokrat imamo prvikrat na voljo dober matematični model Sonca, ki se je izkazal za pre-



cej zanesljivejšega od računalniških klimatoloških modelov. Poleg tega imamo potrditve tudi iz drugih virov. Tako se, denimo, analize koncentracije nekaterih radioaktivnih izotopov (^{10}Be , ^{14}C , ^{18}O itn.), ki nastajajo v višjih plasteh ozračja kot posledica Sončeve dejavnosti, ujemajo s tem, kar vemo na podlagi opazovanj Sončevih peg, pa tudi drugih posrednih kazalnikov podnebja, kot so usedline jezer in morskega dna, stalaktiti v jamah, analize polarnega ledu itn.

In zdaj smo končno pri v uvodu tega članka omenjeni nenavadni napovedi znanstvenikov ameriške vesoljske agencije NASA, od katerih smo bili doslej deležni predvsem opozoril o globalnem segrevanju. Ugotovili so, da se zgornje plasti ozračja že odzivajo na zmanjšano Sončevo dejavnost, zato nam v kratkem grozi izrazita ohladitev podnebja.

Vsekakor je treba opozoriti tudi na zelo verjetne dodatne astronomske in geološke vplive na naše podnebje v naslednjih desetletjih. Oslabljeno magnetno polje Sonca ne odklanja več visoko energijskih nabitih delcev kozmičnega sevanja, ki zato

Termosfera se med minimumom Sončeve dejavnosti vedno ohladi – in to je eden izmed pomembnejših vplivov Sonca na naš planet. »Opažamo trend ohlajanja,« pravi Martin Mlynczak iz Nasinega raziskovalnega središča Langley, eden vodilnih strokovnjakov za obdelavo podatkov, pridobljenih s satelitom SABER (na sliki). »Visoko nad površjem, na robu vesolja, naše ozračje hitro izgublja toplotno energijo. Če se bo ta trend nadaljeval, bo kmalu postavljen rekord nizkih temperatur od začetka vesoljske dobe.«

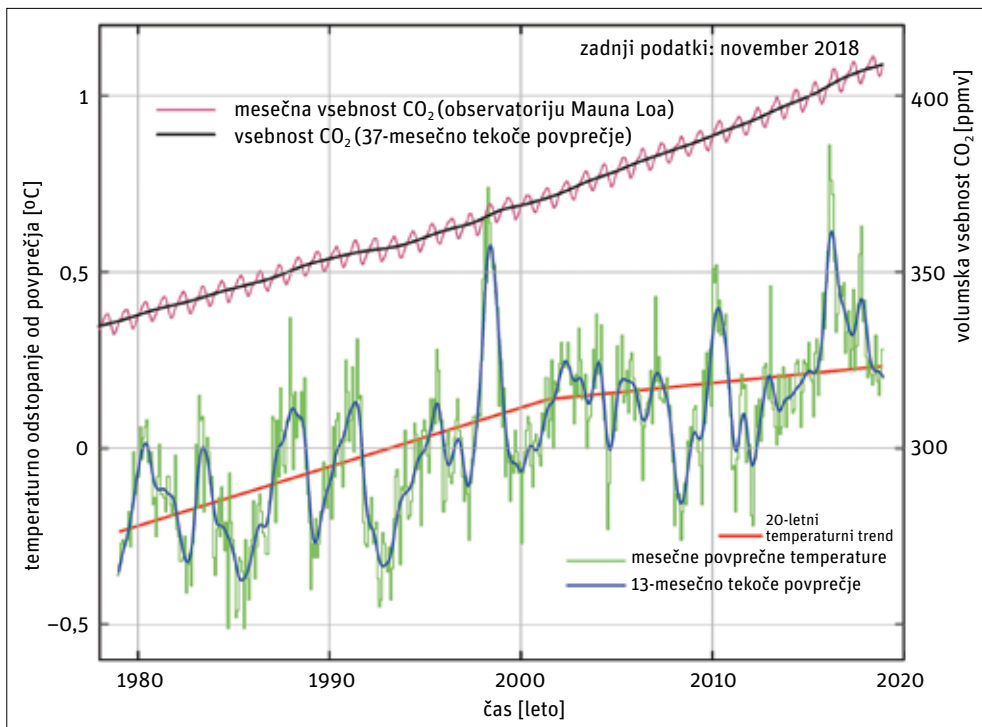
Satelit SABER ta čas meri 33 milijard vatov infrardečega sevanja, ki izvira iz dušikovih oksidov v ozračju. To pa je desetkrat manj, kot zaznavamo med dejavno fazo v Sončevem ciklu.



Diagram iz članka Žarkove in sodelavcev ponazarja dobro ujemanje Sončeve dejavnosti, izračunane na podlagi fizikalno-matematičnega modela magnetnih polj v notranjosti Sonca (polna črta) z zgodovinskimi opazovanji (do leta 2005, označeno s pikami). Ker napovedani potek v obdobju 2005–2018 prav tako kaže dobro ujemanje s poznejšimi meritvami (označenimi s prekinjeno črto), je mogoče zaupati tudi dolgoročnejšim napovedim na podlagi tega modela. Zatorej lahko z veliko verjetnostjo trdimo, da bodo prihodnja desetletja zelo hladna.

postane močnejše in z večjo ionizacijo zgornjih plasti ozračja vpliva na hitrejšo tvorbo oblakov, kar je vzrok za dodatno ohlajitev. Nasploh je bil dosednji vpliv Sonca na naše podnebje ocenjen kot praktično zanemarljiv; v dokumentih IPCC je predstavljen kot najmanj razumljen med vsemi drugimi dejavniki ter označen

z velikim območjem nezanesljivosti. Omeniti je treba tudi pomemben podatek, da bosta Jupiter in Saturn pozimi 2023/2024 v konjunkciji, zaradi česar se bo težišče Sončnega sistema premaknilo za skoraj dva Sončeva polmera zunaj Sonca. Ker bo torej Zemlja (na severni polobli) nekaj zim za okoli milijon kilomet-



☞ Graf kaže časovni potek deleža volumnske vsebnosti ogljikovega dioksida (CO₂), izmerjenega v observatoriju Mauna Loa na Havajih (zgoraj), v primerjavi s satelitsko izmerjenim globalnim povprečnim mesečnim temperaturnim odstopanjem (spodaj). Satelitsko izmerjene temperature so sicer nekoliko manj natančne od meritev pri tleh, vendar vzorčenje enakomerno pokriva celotno površje planeta, tudi polarna območja, kar bistveno zmanjša napake zaradi interpolacije na območjih z majhno gostoto meteoroloških postaj in nad oceani. Na grafu je ponazorjen prelom v temperaturnem trendu, izračunanem na 20-letnih intervalih, do katerega je prišlo po letu 2000 iz naravnega vzroka, najverjetneje zaradi manjše Sončeve dejavnosti, ki se v zadnjih dveh Sončevih ciklih hitro znižuje. Seveda se trend temperature pred letom 2002 ujema s trendom rasti koncentracije CO₂, zgolj zaradi ustrezno izbranih območij prikaza podatkov; če bi graf narisali na absolutni lestvici, ujemanja ne bi bilo. Kratkotrajni hitri temperaturni prehodi, do katerih je prišlo v letih 1998, 2010 in 2016, so posledica tihomorske dekadne oscilacije, bolj znane kot El Niño (ŽIT 1997/12, str. 34), tem pa običajno sledi 2–3 leta trajajoče znižanje temperature (La Niña). Prav tako so opazne ohlajitve, do katerih je prišlo po večjih ognjeniških izbruhih, in sicer leta 1980 (Sv. Helena, ZDA; ŽIT2000/2, str. 26), leta 1982 (El Chichón, Mehika), leta 1991 (Pinatubo, Filipini in Hudson, Andski vulkanski pas), leta 2009 (Saričev vrh, Kurilski otoki), leta 2010 (Eyjafjallajökull, Islandija), leta 2011 Puyehue-Cordon Caulle, Andski vulkanski pas); (ŽIT, 2009/7–8, tematska priloga *Nemirna Zemlja*).

rov bolj oddaljena od Sonca, se bo osončenost njenega površja zmanjšala za dodatna 2 W/m² (ŽIT 2018/1, str. 32). Vse to se bo dogajalo v času, ko bosta obe veliki oceanski oscilaciji, tihomorska dekadna in atlantska multidekadna, sočasno v padajoči fazi, kar pomeni, da se površje oceanov utegne ohladiti nekoliko bolj kot običajno. Oceani so velik

rezervoar toplote; njihova toplotna zmogljivost je 1118-krat večja od toplotne zmogljivosti ozračja, zato se počasi segrevajo in počasi ohlajajo, kar druge vplive časovno zamakne za 3–5 let (površinsko; globinski tokovi pa lahko tudi za 500–800 let!). A ker bodo tokrat temperature površja nižje, nam oceani ne bodo veliko pomagali.

Najnужnejši ukrepi za pripravo na hladnejše obdobje

1 – odpraviti strah pred uporabo in preskušanjem gensko spremenjenih rastlin (ŽIT 2002/2, str. 58; ŽIT 2004/3, str. 27; ŽIT 2009/9, str. 46) ter spodbuditi iskanje takih sort poljščin, ki so odpornejše proti nizkim temperaturam; žlahtniti bo treba tako z uporabo klasičnih kot biotehnoških metod, in sicer z namenom doseganja uspešnejše rasti pri nižjih temperaturah in odpornosti proti zmrzali; to je najlažje doseči z gensko tehnologijo, verjetno pa tudi z genomskim preurejanjem;

2 – načrtovati postavitev velikih hidroponskih farm z umetno osvetlitvijo (LED) in visoko koncentracijo CO₂ za vse rastline, ki jim taka pridelava ustreza;

3 – subvencije za obnovljive vire energije preusmeriti v kmetijstvo, predvsem v gradnjo toplih gred nad čim večjo površino obdelovalne zemlje;

4 – začeti s prenavljanjem, toplotnim izoliranjem in ogrevanjem hlevov za živino, da bo lažje prenesla nizke temperature;

5 – čim prej začeti graditi vsaj še eno jedrsko elektrarno ter predvideti zagon zaprtih in prenovo zastarelih premogovnih elektrarn;

6 – začeti celovito obnovo transformatorskih postaj ter okrepiti daljnovode in druge izpostavljene elemente elektrodistribucijskega omrežja;

7 – subvencije za nakup električnih avtomobilov in druge neučinkovite ukrepe preusmeriti v toplotno izolacijo stavb ter prenovo ogrevalnih sistemov v stanovanjskih prostorih;

8 – obnoviti, posodobiti in razširiti vozni park komunalnih podjetij, ki skrbijo za vzdrževanje, pluzenje in posipavanje cest;

9 – pospešiti dela pri prenovi in posodobitvi železniških prog;

10 – začeti široko kampanjo ozaveščanja prebivalstva o prihajajoči ohladitvi, da se lahko vsak začne po svojih močeh čim prej pripravljati nanjo;

11 – povečati državne blagovne rezerve hrane (rezerve žit tako za prehrano kot za semenarstvo), goriv in drugih strateških izdelkov ter vzpostavitev služb za pomoč in razdeljevanje hrane;

12 – začeti usposabljanje enote civilne zaščite in vojske za delo v spremenjenih razmerah.

Našteti ukrepi so samo najnužnejši; verjetno pa že obstajajo še drugi načrti za ukrepanje v primeru naravnih nesreč, ki bi jih bilo treba posodobiti in prilagoditi novim razmeram.

Pa še nekaj: iz zgodovine vemo, da hladnejša obdobja pogosto spremlja povečana geološka dejavnost v obliki močnejših potresov in velikih vulkanskih izbruhov, vulkanska prah in pepel ter žveplovi aerosoli pa poskrbijo za dodatno oblačnost in ohladitev ozračja. Sama ohladitev seveda ne sproži izbruha vulkana, toda nekatere mehanske napetosti v Zemljini skorji se sprostijo in (predvsem zaradi prerazdelitve ledenih mas in spremembe pritiska vode na dno oceana) ponekod povečajo, zato v že obstoječih prelomnicah in delujočih vulkanih dejavnost naraste. K temu precej pripomore Luna; njena krožnica je glede na ekliptiko nagnjena za okoli 5°, zato je enkrat nad ekvatorjem in drugič pod njim, skupaj s Soncem pa gravitacijsko 'gneteta' Zemljo v približno 18-letnem ciklu.

Analize polarnega ledu (iz vrtnin Vostok, EPICA, GISP2) nas opominjajo, da so ledene dobe zadnjih nekaj milijonov let prevladujoče stanje podnebja na našem planetu. Trajajo povprečno 90.000 let, vmesna topla obdobja pa so krajša od 10.000 let, pri čemer je sedanje toplo obdobje najdaljše v zadnjih 500.000 letih, saj traja že 12.500 let. To je posledica astronomskih vplivov, znanih kot Milankovičevi cikli (ŽIT 2018/1, str. 22). Zato prehod v ledeno dobo, ki ga lahko pričakujemo v naslednjih

stoletjih, ne bo hiter, ampak bo trajal več tisoč let. Tako bodo imeli naši potomci dovolj časa za prilagoditev dolgoročnim spremembam.

Resneje pa moramo opozoriti na krajše in hitrejšo ohlajanje, ki nas bo doletelo že v naslednjih treh do petih letih, pri čemer utegne trajati vsaj 25–30 let, preden se bo Sončeva dejavnost spet povečala. In to lahko pričakujemo vsem siceršnjim opozorilom klimatologov pred globalnim segrevanjem navkljub. Tako dolgo hladno obdobje bo prizadelo vse človekove dejavnosti – najprej proizvodnjo hrane, ko bo te začelo primanjkovati in bodo cene močno poskočile, pa še vso drugo industrijo. Kar se tiče proizvodnje hrane v Sloveniji, smo daleč od samozadostnosti in naše blagovne rezerve ne bodo trajale dovolj dolgo.

Na te dogodke pač nismo pripravljeni – in časa za priprave nanje je vse manj!

SPLETNI NASLOVI

- ▶ iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/795/1/46/meta
- ▶ science.nasa.gov/science-news/news-articles/solar-minimum-is-coming
- ▶ spaceweatherarchive.com/2018/09/27/the-chill-of-solar-minimum/
- ▶ www-f9.ijs.si/~margan/CO2/Refs/

2. konferenca

za informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, elektroniko in mehatroniko

Rogla, hotel Planja
30. – 31. maj 2019

<https://iktem.si>



oglas 1/1