

## Preteča grožnja, ujeta v zamrznjenih tleh

Pasti globalnega segrevanja: taljenje doslej trajno zamrznjenih tal utegne sprožiti podiranje okoljsko-podnebnih domin.

Objavljeno 15. januar 2016, Delo, Silvestra Rogelj Petrič



Zmerno olajšanje, ki je posprenilo mednarodni dogovor o omejitvi izpustov toplogrednega ogljikovega dioksida na podnebnem vrhu v Parizu, se med pristojnimi za konkretiziranje dogovora še ni utegnilo razširiti, ko so ga že načela nova znanstvena spoznanja o zapletenosti podnebnih procesov. Prepričanje, da bodo sprejeti ukrepi omejili nadaljnje segrevanje, so že v dneh po podnebnem vrhu najbolj omajali novi podatki o stanju permafrosta – trajno zamrznjenih tal, ki pokrivajo četrtno kopnega na severni polobli našega planeta.

V teh tleh se po opozorilih številnih klimatologov skriva nevarnost, da nam omejevanje segrevanja ozračja lahko povsem uide izpod nadzora, ki je, resnici na ljubo, že zdaj zelo omejen. A prav v zmrznjenem permafrostu je ukleščen vzvod, ki bi v primeru taljenja permafrosta utegnil sprožiti začarani krog segrevanja, oziroma, natančneje, spiralo segrevanja. Spiralo zato, ker bi proces segrevanja v obliki povratne zanke sam sebe pospeševal s čedalje večjo hitrostjo.

In kaj klimatologe navaja k tej domnevi? Predvsem dejstvo, da vzvod takšnega nezadržnega segrevanja ni ujet v – pogojno rečeno – nevtralni zmrzali. V permafrostu, ki po definiciji ni led, ampak vsaj dve leti zamrznjena zemlja, je pestra mešanica organske snovi v obliki zamrznjenih ostankov pradedne favne in flore, zlasti pa mikrobov in celo virusov. V primeru odmrznjenja bi prišla na plano in morda tam znova zaživela – francoski znanstveniki so lani na primer iz sibirskega permafrosta oživili kar dva 30.000 let stara orjaška virusa, o čemer smo poročali tudi na straneh *Znanosti*.

### Znova obujeni mikrobi

Še večjo skrb vzbuja zanesljivo dejstvo, da bi odtajana organska mešanica mikrobov z znova obujenimi presnovnimi procesi sprožila emisije toplogrednega metana v ozračje. Metan pa v primerjavi s trenutno zloglasnim ogljikovim dioksidom kar dvajsetkrat bolj segreva ozračje.

V bistvu bi znova sproščeni metan sprožil začarano spiralo segrevanja. Zaradi močnega toplogrednega učinka bi povišal temperaturo zraka. Zaradi povišane temperature bi se odmrznilo še več permafrosta, ki bi oddal še več metana, in še preden bi se tega dobro ovedli, bi se povprečna temperatura dvignila daleč nad dogovorjeni 2 stopinji Celzija nad predindustrijsko povprečno vrednostjo.

Kdaj bi se ta črni scenarij lahko zgodil? Znanstveniki v odgovoru na to vprašanje niso enotnega mnenja. Zaradi nesoglasja o tem, katera temperatura bi sprožila nepovrnljivo odmrzovanje permafrosta, je celo avtoritativna Medvladna skupina za podnebne spremembe (IPCC) ta dejavnik podnebnih sprememb raje izpustila iz svojega poročila. Vendar najnovejše raziskave kažejo, da utegnemo kritično točko za odmrzovanje permafrosta doseči bistveno prej, kot mislimo.

## Blizu kritičnega praga

Še zlasti to bojazen potrjujejo podatki o sproščenem metanu, ki so jih med odpravo na Vzhodnosibirsko arktično polico zbrali ruski raziskovalci. Na tem območju, enem najhladnejših na svetu, kjer se temperature pogosto spustijo celo 50 stopinj Celzija pod ničlo, je po ocenah geologov pod morskim dnom in v permafrostu uskladiščenih vsaj 50 milijard ton metana; segrevanje ozračja je v zadnjih letih verjetno že sprožilo sproščanje teh zalog.

Nič manj vznemirljivi niso podatki ameriških raziskovalcev, pred kratkim objavljeni v reviji *Proceedings of the National Academy of Sciences*. V članku opozarjajo, da začno mikrobi v permafrostu, ko se enkrat obudijo v življenje, neverjetno hitro v zrak izpuščati toplogredne pline. Njihov eksperiment je pokazal, da se je v pičlih 200 urah taljenja iz 35.000 let starega permafrosta z Aljaske v ozračje sprostila skoraj polovica ogljika, v tisočletjih nakopičenega v njem.

Ta podatek postane še bolj strašljiv ob upoštevanju razsežnosti permafrosta na našem planetu. Znotraj arktičnega kroga zavzema kar 23 milijonov kvadratnih kilometrov površine, to je okoli četrtno vsega kopnega na severni polobli, ki ni pod ledom. Z drugimi besedami, permafrost pokriva 85 odstotkov Aljaske in približno polovico Kanade in Rusije.

Na teh območjih jih odmrzovanje permafrosta ne skrbi le zaradi uhajanja toplogrednega metana in ogljika (pa čeprav raziskovalci opozarjajo, da nekatera območja permafrosta že oddajajo več ogljika, kot ga vsrkajo). Propadanje permafrosta se zelo nazorno kaže tudi v dramatičnem propadanju infrastrukture in celotnih pokrajin. Redke ceste čez pokrajino s permafrostom, ki ga ogroža toplejše ozračje, so se na odmrznjeni podlagi začele ugrezati, marsikje so v njih zazijale orjaške razpoke. Prav tako so ogrožena poslopja, ki se na odmrznjenih mehkejših tleh dobesedno sesedajo, v odtajanih tleh pa nenadoma zazijajo velikanske luknje.

## Neznano dogajanje v globini

Se je torej konec permafrosta že začel? Permafrost je nastal med ledenimi dobami, ko so se ledeniki širili in krčili, pri tem pa mleli kamnine pod seboj v tako imenovano ledeniško moko. V več desetisočih letih so del te moke postali tudi ostanki rastlin in živali. Kopičili so se v debelih slojih permafrosta, ki na nekaterih območjih dosegajo debelino poldruga kilometra. Izračuni na podlagi sedanjih podatkov kažejo, da je v teh zmrznjenih tleh uklenjenega skoraj 1,7 bilijona ton ogljika – torej dvakrat več, kot ga je v ozračju!

Ekolog **Ted Schuur** z univerze v Severni Arizoni je v članku, že aprila lani objavljenem v reviji *Nature*, izračunal, da se utegne že do konca tega stoletja kar desetina ogljika iz permafrosta sprostiti v ozračje. Ta prva tranša ogljika bi utegnila učinek globalnega segrevanja povečati za četrtno, po mnenju klimatologa **Maxa Holmesa** iz raziskovalnega centra Woods Hole pa bi to imelo uničujoče posledice za ves planet. IPCC sicer tega dejavnika – odmrzovanja permafrosta – še ni vgradil v svoje podnebne modele, saj je težko predvideti, kateri mikrobi bi producirali toplogredne pline in koliko.

Dokaj znano je, kaj se in kaj bi se dogajalo v aktivni, vrhnji plasti permafrosta, ki občasno odmrzne in nato znova zamrzne. Znanstvenike pa bolj skrbi, kaj bi se zgodilo, če bi toplota prodrla pod vrhnjo plast v trdno, tisočletja zamrznjeno globljo plast.

Vedo, da v to plast ujeta organska snov ostane ves čas zamrznitve neaktivna. In kakor pričajo nedavne najdbe, na primer 39.000 let stari ostanki mamuta, ki so jih pred petimi leti odkrili v Sibiriji, ostane tudi zelo dobro ohranjena. Ko pa se te plasti začnejo tajati, dotlej zamrznjeni mikrobi znova oživijo in začnejo žreti organsko snov ter ob tem proizvajati toplogredne pline. Katere pline in koliko, raziskovalci za zdaj še ne znajo odgovoriti.

## Ključna je voda

Odgovor je močno odvisen od prisotnosti vode. Če so mikrobi na suhem, imajo dostop do kisika in zato oddajajo ogljikov dioksid. Če pa so v vodi in nimajo dovolj kisika, uspevajo predvsem metanogeni.

Takšnih mikrobov je približno desetina, navaja **Ben Woodcroft**, mikrobiolog na Univerzi Queensland. Lani mu je s sodelavci uspelo identificirati nove vrste metanogenov v plasti švedskega permafrosta Stordalen mire.

Jedilnik mikrobov je v dobršni meri odvisen od količine tekoče vode v aktivni plasti permafrosta. V članku, pred poldrugim letom objavljenem v *Proceedings of the National Academy of Sciences*, je geokemičarka Suzanne Hodgkins s Floridske državne univerze poročala, da je aktivna plast permafrosta Stordalen mire le nekoliko vlažna, toliko, da ustreza rasti šotnega mahu, ki pa ga mikrobi le težko prebavljajo. Če pa ta aktivna plast postane zares mokra, se spremeni v idealno rastišče bičja – najljubše hrane za metanogene mikrobe.

### **Spremenjena enačba**

Na permafrostu uspeva tudi obsežno zimzeleno gozdičje, na kar pogosto pozabljamo, čeprav obrašča dvakrat večjo površino kot amazonski tropski pragozd. Prav po zaslugi tega gozda je Arktika pomemben ponor ogljika, ki za zdaj še vedno vsrkava iz ozračja več tega plina, kot ga sproščajo znova obujeni mikrobi. Toda globalno segrevanje že spreminja to enačbo. Ted Schuur navaja, da nekatera območja permafrosta že oddajajo več ogljika, kot ga vsrkajo. In to se zdaj dogaja prvič, odkar je permafrost pred več tisoč leti nastal.

»Mislim, da smo blizu točki preobrata – ali pa smo jo celo že prestopili,« meni Schuur. »Arktični morski led se krči. To neizpodbitno vemo po zaslugi satelitskih posnetkov. Ne vemo pa, kaj se dogaja s permafrostom pod vrhnjo plastjo.«

Klimatologi bi zato radi z modeli ocenili stopnjo odmrzovanja permafrosta in stopnjo izpustov toplogrednih plinov. Toda za zdaj tega še niso sposobni storiti. Kaj se dogaja v globini permafrosta, je še prevelika uganka.

»Že po nekaj metrih lahko naletimo na povsem spremenjeno ekologijo in nove mikrobne učinke. Zapleteni odnosi v arktičnem okolju so še preveč nejasni,« opozarja Woodcroft. »Najpreprosteje bi bilo, če bi permafrost ostal zmrznjen še naprej. Kajti njegovo odmrzovanje odpira povsem neznan svet, katerega vseh učinkov ne moremo niti natančno predvideti.«