

Podnebne spremembe za (ne)fizike

Vsako telo seva. Sevate vi, sevam jaz, sevajo tla, na katerih stojim, seva luč, ki mi sveti v obraz, seva kaminska peč, ki jo imate doma, seva Sonce in seva tudi naša Zemlja.

Zvečer, preden nas prevzame spanec, se običajno pokrijemo z odejo. S tem poskrbimo, da toplota, ki jo generira naše telo, ne gre kar tako proč od nas. Odeja nas, poleg drugih vzrokov, obdrži toplega tudi zato, ker odbije sevanje, ki ga povzročamo mi, nazaj k nam samim. Ta efekt še posebej dobro izkoriščajo reševalne odeje, ki so zelo tanke, lahke, a so pri odboju našega sevanja nazaj k nam zelo učinkovite.

Nekaj podobnega se dogaja tudi v Zemljinem ozračju. Zemlja skoraj vso toploto prejme od Sonca, ki seva. Pri tem se greje in tudi sama seva v prostor. V ravnovesju mora Zemlja izsevati ravno toliko toplote, kot jo prejme. Če Zemlja ne bi imela ozračja, bi bila ravnovesna temperatura njenega površja okrog -18°C . Zemlja bi bila ena velika snežena krogla, na njej pa življenja, vsaj kakršnega poznamo danes, ne bi bilo. Morda zanimivost: teoretične osnove za tak izračun je dal nihče drug kot slovenski fizik Jožef Stefan.

Ampak Zemlja ima ozračje in temperatura blizu površja Zemlje je zato 15°C , oz. kar 33°C višja kot bi bila sicer, torej 15°C namesto -18°C .

Kaj pa je tista lastnost ozračja, ki to povzroči? Najprej si pogledajmo, iz česa je sploh sestavljeno ozračje. Zemljino ozračje sestavljajo plini. Sestavlja ga tudi voda v tekoči in trdni obliki – to so naši oblaki. Ozračje sestavljajo tudi mikroskopsko majhni trdi delci oz. aerosoli, brez katerih oblaki sploh ne bi mogli nastati.

Vrnimo se na prvo sestavino, pline. Največ je dušika in kisika, nekaj tudi žlahtnega plina argona. Imamo še vodno paro, katere količina pa se v času in prostoru zelo spreminja – ob poletni sopari jo je v zraku skoraj 50x toliko kot ob najbolj mrzlih zimskih jutrih. Potem so tu še plini, katerih količina je relativno zelo majhna, npr. ogljikov dioksid, metan, ozon, didušikov oksid...

Kako nizka je koncentracija teh plinov, najbolje ilustrira sledeče dejstvo – le vsaka 2.500-ta molekula v zraku je molekula ogljikovega dioksida, in le vsaka 500.000 je molekula metana, kljub temu pa so ti plini v našem ozračju izjemno pomembni. Imajo namreč eno bistveno kemijsko lastnost – namreč Zemljino IR sevanje lahko molekule teh plinov vzbudi, tako da zavibrirajo. Pri tem sprejmejo energijo Zemljinega sevanja. Od tod naprej se lahko zgodi dvoje – energijo lahko oddajo drugim molekulam pri trkih z njimi, ali pa jo kasneje same izsevajo v vse smeri, tako navzgor proti vesolju kot tudi nazaj navzdol proti Zemlji. Sedaj pa logični sklep, večja kot je koncentracija toplogrednih plinov oz. več kot je molekul teh plinov, več Zemljinega sevanja te molekule absorbirajo in več tudi izsevajo tako navzgor kot tudi navzol proti tlem in tem bolj se ozračje in tla grejejo.

Preprost argument, češ, kako pa lahko tako malo ogljikovega dioksida v ozračju pomeni ogrevanje, torej ne pije vode in tega so se zavedali že fiziki in kemiki v sredini 19. stoletja. **Pomembna je kemijska sestava!** Povsem analogno – tudi antibiotik, katerega količina predstavlja le eno milijoninko telesne teže, lahko reši življenje, najmočnejši strupi pa človeka ubijejo že pri 10x manjši koncentraciji.

Kot smo rekli, če toplogrednih plinov ne bi bilo, bi bila temperatura kar 33°C nižja, kot je. Torej tudi intuitivno sploh ni presenetljivo, da poviševanje njihove koncentracije v ozračju, kateremu smo priča danes, še dodatno greje ozračje. Tu pa se problem šele začne. Pri višji temperaturi se poveča tudi izhlapevanje in količina vodne pare v zraku. Vodna para pa je **najmočnejši!** toplogredni plin in

ta povzroči še dodaten dvig temperature. Ob višjih temperaturah se hkrati zmanjša pokritost s snežno odejo, obseg morskega in kopenskega ledu. Zaradi višjih temperatur so se spremenili vremenski vzorci oz. cirkulacija v ozračju. Satelitske meritve pritrjujejo klimatskim modelom in kažejo, da so se v povprečju območja oblačnosti v zmernih širinah že premaknila nekoliko proti poloma. Ob višjih temperaturah se tali permafrost, ob taljenju katerega se v ozračje sproščajo ogromne količine metana in ogljikovega dioksida. Vse te pozitivne povratne zanke povzročijo, da je ravnovesna temperatura Zemljine površja pri podvojitvi koncentracije CO₂ višja za okrog 4-5°C.

Danes o podnebnih spremembah ne moremo več dvomiti. Tu so, dogajajo se mnogokrat hitreje kot kadarkoli v zadnjem milijonu let. Fizikalni dokazi so neizpodbitni, da jih je povzročil človek s svojim energetsko potratnim in na fosilnih gorivih temelječem načinu življenja. Na srečo, vsaj kar se tiče ogrevanja ozračja, so skoraj 60% vseh naših izpustov vsrkali oceani, tla in biosfera.

Kakšno je trenutno stanje? Medtem ko se je globalna povprečna temperatura zvišala za 1°C od predindustrijske dobe, se je Slovenija zaradi svoje lege le v zadnjih 60 letih že ogrela za 2 °C, urbani predeli celo za več kot 2.5°C.

Kakšni pa so obeti? Ob uresničitvi trenutnih obljub držav širom sveta bo do konca stoletja globalna povprečna temperatura narasla še za okoli 3°C. Pri tem moramo upoštevati, da se obljube v preteklosti pogosto niso uresničile. Zadnja generacija klimatskih modelov sicer kaže še mnogo bolj klavrno sliko. Po njej obstaja precejšnja verjetnost, da bi globalna povprečna temperatura narasla celo še za 4-5°C. Pri oceni tveganj je torej izjemno pomembno upoštevati tudi skrajne meje.

4-5°C se morda ne sliši veliko. Že razlika med jutrom in popoldnevom je tipično mnogo večja, včasih znaša celo 20°C. Postavimo te številke v kontekst – kaj sploh pomeni dvig temperature za 4-5°C?

- 1) 4-5°C je razlika med ledeno dobo in toplim obdobjem. Nazadnje, ko je bila pri nas temperatura nižja za 4-5°C, smo imeli tule v Kranju travišča, v Bohinju pa 1 km debelo plast ledu, ki je segala vse do Radovljice.
- 2) 4-5°C več ustreza premiku proti ekvatorju za kar nekaj stopinj geografske širine. Koper bi imel npr. podobno klimo kot jo ima danes severnoafriški Tunis, Ljubljana pa podobno kot centralni del Iberskega polotoka, s poletnimi temperaturnimi maksimumi prek 45°C.
- 3) 4-5°C več ustreza premiku za skoraj 1000 m navzdol, Kredarica bi imela enako klimo kot jo ima danes Krvavec, Krvavec pa podobno kot jo imajo okoliški griči – Možjanca, Štefanja gora.
- 4) 4-5°C bi pomenilo, da bi že v zadnji tretjini stoletja na območjih, kjer živi več kot 50% svetovnega prebivalstva, vsako drugo ali tretje leto vlažni vročinski valovi, pri katerih bi bili v smrtni nevarnosti zdravi odrasli - v senci, v mirovanju in pri popolni ventilaciji. Ogrožen bi bil tudi osrednji Balkan. Za vse druge, npr. starostnike, otroke, srčnožilne in pljučne bolnike bi se težave pričele že precej prej. Zgled, ki nam lahko služi kot opomin, je vročinski val v Evropi leta 2003, ko je umrlo skoraj 70.000 ljudi, pretežno starejših, ter vročinski val v Rusiji leta 2010, ko je umrlo več kot 10.000 ljudi.

Kaj torej lahko naredimo, kaj nam preostane? Za začetek moramo sprejeti odgovornost in nehati s prstom kazati na druge, na razvijajoči se svet, kateremu izpusti hitro rastejo – kot so nekoč tudi nam. Gledano na prebivalca pa je tudi povprečen Slovenec še kako odgovoren. Povprečen 40-letni prebivalec Slovenije v času svojega življenja zakrivil resda 30% manj izpustov kot Nmec, vendar pa 2.5x toliko izpustov kot povprečen 40-letni Kitajec, 7x toliko kot Indijec, 13x toliko kot Nigerijec, in celo 230x toliko kot povprečen prebivalec Čada v Podsaharski Afriki. Odgovornost in pobudo pri zmanjševanju emisij toplogrednih plinov moramo brez izgovorov prevzeti ravno mi, razviti svet, kamor sodi tudi Slovenija.

Povprečen prebivalec Slovenije letno povzroči skoraj 8 ton izpustov ogljikovega dioksida. Naj postavim v kontekst: toliko jih izpusti povprečni avto v prevoženih 40.000 kilometrih, 8 ton ustreza porabi 1 potnika na enem povratnem letu v biznis razredu med Ljubljano in Los Angelesom oz. 3 takim letom v ekonomskem razredu. Zakaj sploh omenjam letenje? Ker je odpovedovanje letenju najlažji in najhitrejši način, kako lahko kot posamezniki zmanjšate svoj ogljični odtis. ...in če se vrnem k letenju. 8 ton na potnika ustreza le 1 letu povratnemu letu med Ljubljano in Frankfurtom – s privatnim letalom. Tudi znotraj Slovenije so torej med prebivalci razlike v izpustih ogromne, povezane z našimi potovalnimi navadami in z luksuzom, ki si ga privoščimo. Ni dvoma, da daleč največ izpustov prispevajo ravno tisti, katerih razsipen življenjski slog kot družba tako zelo častimo.

Rešitev problema podnebnih sprememb terja takojšnje in radikalno ukrepanje, tako v energetiki, prometu in industriji, kot tudi na ravni posameznika. Terjalo bo spremembe vrednot, odmaknitev od razsipnosti in materializma, odpovedovanje energetske potratnim razvadam in ponovno zblizanje z naravo, od katere smo se v 100 letih, v le delčku 2 milijona let trajajoče zgodovine pametnega človeka povsem odmaknili!

Mi, mladi, bomo morali s podnebnimi spremembami živeti, mi smo tisti, ki se moramo za svojo prihodnost boriti z vsemi močmi! Spremembe navad moramo zahtevati tudi od naših staršev, v rokah katerih so trenutno vzvodi odločanja!

Ste po vsem tem, kar ste slišali nekoliko anksiozni, ste morda izgubili upanje v prihodnost? Menite, da nam ne more uspjeti? Jaz mislim, da nam lahko. Imamo znanje in imamo tehnologijo. Za razliko od preteklih civilizacij, ki so klavrno končale, smo mi prvič zgodovini zmožni napovedati, kaj se nam obeta! Kadarkoli se je človeštvo združilo in delalo v skupno dobro, je bilo sposobno čudovitih stvari. Tudi mi smo zmožni!

Z konec bi pa z vami rad delil še misel astronoma Carla Sagana:

Ta pika tukaj je Zemlja, naš dom, to smo mi – na njej so vsi, ki jih ljubite, vsi, ki jih poznate, vsi, za katere ste kadarkoli slišali. Naš planet je osamljen drobec kamenja v širni kozmični temi. V vsej tej prostranosti ni sledu, da bi pomoč prišla od drugod in nas rešila samih sebe. Če nam je vseč ali ne, je Zemlja trenutno naše edino stojišče. To poudarja našo odgovornost, da lepše delamo drug z drugim, ter da ohranimo in slavimo to blede modro piko, edini dom, ki smo ga kadarkoli poznali.