

ONESNAŽENOST ZRAKA KOT POSLEDICA EMISIJ IN LOKALNIH VREMENSKIH POJAVOV

Anton Planinšek*



Povzetek

V članku so opisani viri onesnaževanja v Sloveniji in najpogostejša onesnaževala, stanje kakovosti zunanjega zraka in opis vzrokov za takšno stanje. Na koncu je podana še povezava onesnaženosti zraka s klimatskimi spremembami.

Ključne besede: zrak, onesnaženost, emisija, antropogeni viri, naravni viri, onesnaževalo

AIR POLLUTION AS THE CONSEQUENCE OF EMISSION AND OF LOCAL METEOROLOGICAL PHENOMENA

Abstract:

The article deals with the causes of pollution in Slovenia, the most frequent pollutants, the quality of the air, and gives the description of the causes for the present situation. In the final part the connection between the air pollution and the climate change is presented.

Keywords: air, pollution, emission, anthropogenic sources, natural resources, pollutant

Namen tega članka je podati nekaj dejstev o problematiki onesnaženosti zraka, ki jih redkeje srečujemo v učbenikih. Poleg tega sem dodal nekaj spletnih povezav do podatkovnih baz, v katerih so shranjeni podatki o virih onesnaževal (emisije) in stanja onesnaženosti v zunanjem zraku (emisija). Na razpolago je veliko podatkov, ki so lahko dobra osnova za naloge in projekte.

Zrak, ki nas obdaja, je zmes plinov, večinoma dušika in kisika. V kubičnem metru je na morsk gladini okoli 1,3 kg zraka, odvisno od temperature in trenutnega zračnega tlaka. Z višino se gostota zraka zmanjšuje, razmerje deležev posameznih plinov pa se z višino pravzaprav ne spreminja. V manjših količinah so v zraku zastopani tudi drugi plini, argon okoli 1 %, ogljikov dioksid okoli 0,3 % in vodna para, katere delež se spreminja in je lahko do 4 %. Količine preostalih plinov so bistveno manjše. Nekateri plini so naravnega izvora, drugi so posledica človeške dejavnosti (antropogene emisije). V zraku so lahko prisotni tudi trdni delci in kapljevine. Če so delci dovolj majhni, lebdijo v zraku. Nekatere snovi v zraku so neškodljive za

* Anton Planinšek je zaposlen na Agenciji RS za okolje v Ljubljani.
anton.planinsek@gov.si

zdravje ljudi, živali, rastline in nežive materiale, druge pa lahko pri dovolj veliki koncentraciji povzročajo škodo. Snovi, ki sestavljajo zrak, so lahko kemično nevtralne, večinoma pa med seboj reagirajo in nastajajo nove spojine, ki so lahko nevarne ali pa ne. Nevarnim snovem pravimo onesnaževala, definirana v Uredbi o kakovosti zunanega zraka Ur. l. RS, št. **9/2011: Onesnaževalo je katera koli snov, ki je prisotna v zraku in za katero je verjetno, da ima škodljive učinke na zdravje ljudi oziroma na okolje.** Količino onesnaževal merimo v mikrogramih v kubičnem metru zraka. Mejne vrednosti koncentracij, pri katere se smatra, da pod to vrednostjo ne povzročajo škodljivih učinkov, so predpisane v prej navedeni uredbi.

Emisije

Z besedo **emisija** mislimo na **izpuščanje onesnaževal v zunanji zrak.** Delimo jih na naravne in antropogene. **Naravne** emisije so predvsem posledica preperevanja kamnin, ki jih dviguje veter, in vulkanskih pojavov, kot so vulkanski izbruhi ter emisije iz vulkanskih kraterjev, fumarol in podobnega, ter sol iz morja zaradi izhlapevanja kapljic. Velik del naravnih emisij nastaja tudi zaradi delovanja rastlin in živali, na primer cvetni prah in organske spojine, ki izhlapevajo iz listov in iglic, pa amoniak zaradi živali.

Z rastjo števila prebivalcev in svojo dejavnostjo je **človeštvo** v zadnjih nekaj tisoč letih, posebno pa zadnjih dvesto let, močno povečalo emisije onesnaževal v zrak. Največ so se emisije povečale ob industrijski revoluciji s povečano uporabo premoga. V začetku 20. stoletja se je začela z razvojem avtomobilizma povečevati poraba nafte, z razvojem kemijske industrije pa je v ozračje prihajalo vedno več kemikalij, tudi strupenih organskih spojin. S povečanjem števila prebivalcev in vedno višjega standarda, predvsem v zahodnih državah, se je pojavila potreba po velikih količinah energije za ogrevanje bivalnih in poslovnih prostorov pozimi in njihovo hlajenje poleti. Povečana poraba energije je seveda povezana z emisijami onesnaževal.

Podatke o emisiji posameznih onesnaževal v Sloveniji lahko dobimo za državo kot celoto in za posamezne naprave. Podatki so navadno porazdeljeni po posameznih sektorjih, kot je energetika, promet, kmetijstvo in podobno. Dostopni so na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) po posameznih letih do leta 2008 na naslovu:

http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/vsebine/onesnazevala-zraka

Podatki za žveplov dioksid in dušikove dioksidi od leta 1980 ter za delce PM10 od leta 2000 so prikazani na sliki 1. Pri žveplovem dioksidu se je emisija močno zmanjšala zaradi izgradnje čistilnih naprav v termoelektrarnah, zmanjšanja industrijske dejavnosti, boljših goriv in večje uporabe zemeljskega plina za ogrevanje.

Pri dušikovih oksidih emisije ne padajo. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja se pozna padec emisij zaradi vedno večje uporabe katalizatorjev v avtomobilih, v zadnjem času pa je ta trend izničil povečani promet. Emisije v energetiki ostajajo na približno enakem nivoju, ker termoelektrarne še nimajo čistilnih naprav za dušikove okside.

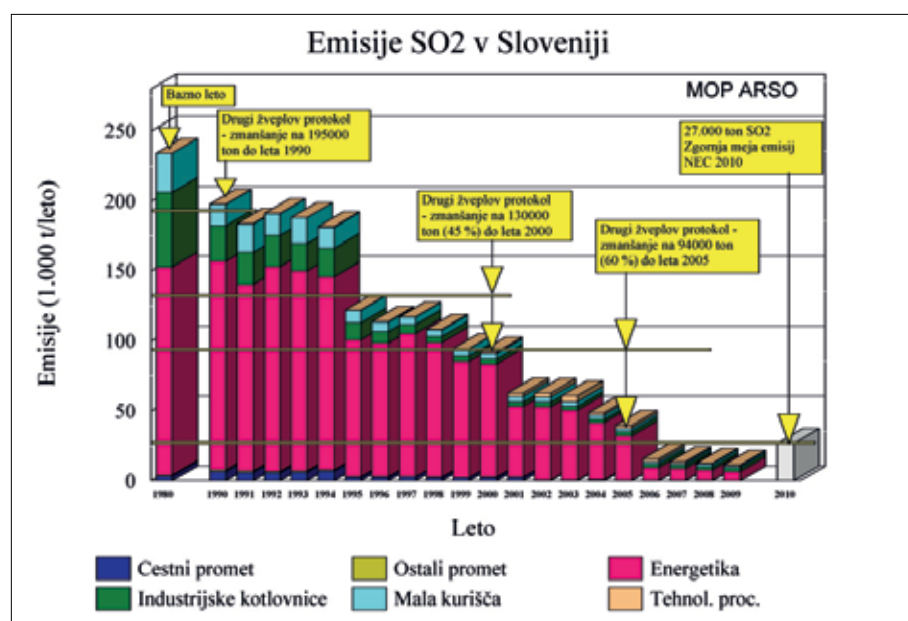
Tabela 1: Nacionalni izpusti za osnovna onesnaževala in delce za leto 2008

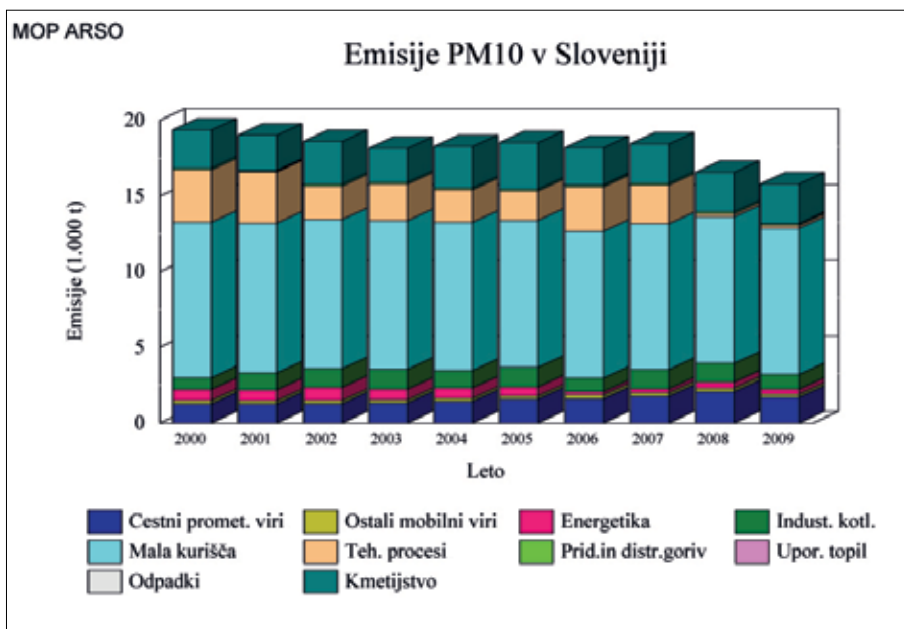
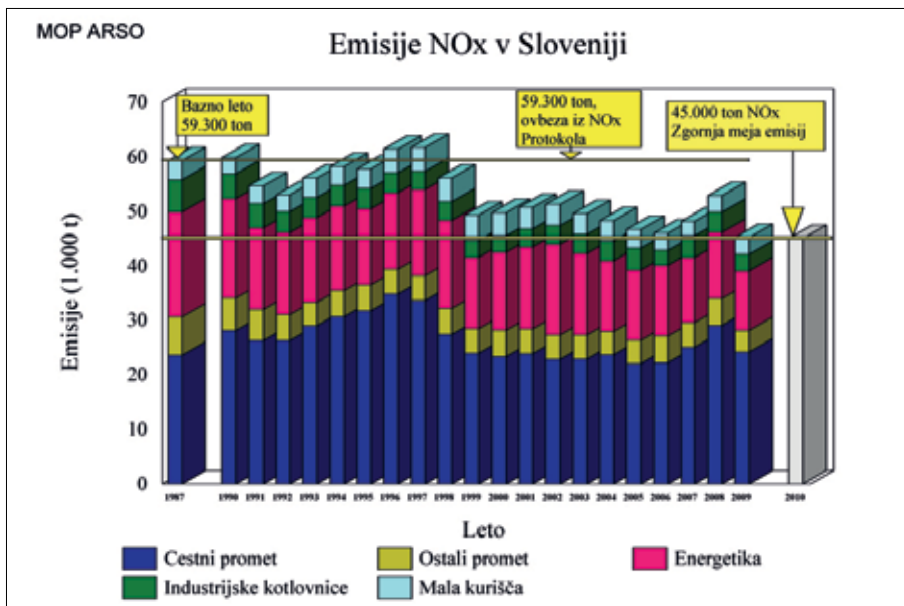
LETO : 2008	OSNOVNA ONESNAŽEVALA					DELCI		
ONESNAŽEVALO	SOx (as SO ₂)	NOx (as NO ₂)	NH ₃	NM ₂ VOC	CO	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP
ENOTA	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
Termoelektrarne - toplarne in kotlovnice za daljinsko ogrevanje (NFR 1)	7,256	12,186	0	1,805	1,788	0,252	0,404	0,587
Kotlovnice za ogrevanje in mala kurišča (NFR 2)	1,755	3,101	0,000	8,484	73,051	9,668	9,714	10,245
Industrijske kotlovnice in procesi z izgorevanjem (NFR 3)	3,592	4,044	0,000	1,372	1,788	1,142	1,211	1,289
Tehnološki procesi brez izgorevanja (NFR 4)	0,707			3,468		0,107	0,204	0,632
Pridobivanje in distribucija fosilnih goriv (NFR 5)				2,7873		0,017	0,112	0,229
Uporaba topil (NFR 6)				10,450		0,000	0,000	0,012
Cestni promet (NFR 7)	0,191	20,803	0,851	8,542	67,255	1,762	2,140	2,608
Ostali promet (NFR 8)	0,128	7,018	0,001	0,985	3,529	0,443	0,474	0,509
Ravnanje z odpadki (NFR 9)						0,003	0,008	0,017
Kmetijstvo, gozdarstvo in živinoreja (NFR 10)			16,667			0,193	1,207	2,671
SKUPAJ 2008	13,629	47,152	17,518	37,894	147,392	13,586	15,474	18,798

Na področju cele Slovenije spustijo v zrak največjo količino delcev mala kurišča. Drugačni deleži so seveda v mestih, kjer posebej izstopa Ljubljana. Večina energije za ogrevanje pride iz toplarne in iz kotlovnice, ki uporabljajo zemeljski plin. Tako več kot polovica delcev nastane zaradi prometa z motornimi vozili. Ta emisija prihaja v zrak pri tleh in zato na višini, kjer dihamo, povzročajo previsoke koncentracije.

Podatki o emisijah iz posameznih naprav so zelo podrobni in zajemajo veliko onesnaževal. Podani so v excelovih datotekah po posameznih letih. Ta baza podatkov nastaja na podlagi poročil, ki so jih upravljavci naprav dolžni vsako leto pošiljati na ARSO na podlagi okoljevarstvenih dovoljenj. Spletna stran je nekoliko nepregledna, zato podajam polni naslov do podatkov: http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/devices#Naprave (splošno)

Slika 1: Trendi emisij žveplovega dioksida, dušikovih oksidov in delcev PM₁₀.





Ti podatki so lahko osnova za naloge in projekte s tega področja.

Stanje kakovosti zunanjega zraka v Sloveniji

Kakovost zraka se je v času, od kar so na razpolago meritve koncentracij onesnaževal, od leta 1968, precej spremenila. To je predvsem posledica spremenjenih emisij, delno pa tudi klimatskih sprememb.

Stanje kakovosti zunanjega zraka za leto 2010 nam pokaže tabela, vzeta iz poročila ARSO **Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2010**.

(http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/kakovost_letna.html)

Iz tabele 1 se vidi, da so prekoračene mejne vrednosti predvsem pri delcih PM₁₀, delno pri ozonu in benzo(a)pirenu, ki se ga upošteva kot indikator za prisotnost policikličnih ogljikovodikov.

V zadnjih letih je bilo največ prekoračitev mejne vrednosti pri delcih PM₁₀. To so delci, ki imajo aerodinamični premer manjši od 10 mikronov. Takšni delci so dovolj majhni, da jih dlačice v nosu ne zadržijo, zato pridejo v pljuča. Še nevarnejši so delci, manjši od 2,5 mikronov, ki prodrejo do pljučnih mešičkov. V večini primerov so delci, ki lebdijo v zraku, porozni in imajo veliko površino. Posebej v hladni polovici leta se v delce adsorbirajo precejšnje količine plinov, predvsem onesnaževal. Ko pride takšen delec v pljuča, se zaradi toplejšega okolja plini v delcu sprostijo, v pljučih nastane visoka koncentracija onesnaževal, ki povzroča škodljive posledice za zdravje. Koncentracije delcev so najvišje v hladni polovici leta, ko so njihove emisije zaradi ogrevanja večje, vremenske razmere za redčenje emisij pa so slabše.

Situacija pri ozonu je ravno nasprotna kot pri delcih. Ozon je fotokemijsko onesnaževalo. Nastaja s kemičnimi reakcijami med predhodniki ozona, pri katerih kot katalizator nastopa sončna svetloba. Predhodniki ozona so dušikovi oksidi in ogljikovodiki. Antropogene emisije predhodnikov ozona se čez leto ne spreminjajo veliko. Glavni vir teh snovi je promet z motornimi vozili. Poleti je več naravnih emisij ogljikovodikov, ki jih oddajajo rastline, pa tudi sončne svetlobe je bistveno več. Ozon lahko kljub svoji veliki reaktivnosti prepotuje velike razdalje. Tak pojav opazujemo na Primorskem, kjer so najvišje koncentracije v Sloveniji. Najvišje vrednosti koncentracij se praviloma pojavljajo ob jugozahodnem vetru, ko prinese ozon iz sosednjih pokrajin v Italiji, ki spada med najbolj z ozonom obremenjena območja v Evropi. Koncentracije ozona so visoke tudi nekaj tisoč metrov nad morjem. V Sloveniji je izmerjena najvišja povprečna letna koncentracija ozona na Krvavcu. Primerjave z enostavnejšimi meritvami so celo pokazale, da je nivo koncentracij ozona na Krvavcu in Kredarici enak. Tega dejstva se morajo zavedati planinci, saj je intenziven napor ob visokih koncentracijah ozona škodljiv za zdravje.

V poletnem času ARSO izdaja napoved najvišjih urnih koncentracij za posamezne predele v Sloveniji. Napovedi so objavljene na spletni strani ARSO. Na tej spletni strani so tudi sproti podatki o koncentracijah onesnaževal, v mesečnih biltenih in letnih poročilih (od leta 1997 dalje) pa so objavljene obdelave podatkov za določeno leto in trendi koncentracij za več let.

Prostorska razporeditev posameznih onesnaževal pa je ocenjena v elaboratu OCENA ONESNAŽENOSTI ZRAKA z žveplovim dioksidom, dušikovimi oksidi, delci PM₁₀, ogljikovim monoksidom, benzenom, težkimi kovinami (Pb, As, Cd, Ni) in policiklicnimi aromatskimi ogljikovodiki (PAH), ki je objavljen na spletni strani ARSO.

Sprotne podatke o koncentracijah onesnaževal z merilnih mest okoli termoenergetskih objektov so na spletni strani Elektroinštituta Milan Vidmar: <http://www.okolje.info/>.

Podatke iz Slovenije lahko primerjamo s koncentracijami drugih evropskih držav. Države članice Evropske agencije za okolje letno pošiljajo izmerjene podatke v skupno bazo EIONET, ki je dostopna na spletu: <http://www.eionet.europa.eu/>.

Merilno mesto/ site	območje/ Zone code	Zveptov dioksid SO ₂ *		dušikov dioksid NO ₂ *	dušikovi oksidi NO _x *	ogljikov monoksid CO*	ozon O ₃		delci PM ₁₀ *	delci PM _{2,5}	benzen C ₆ H ₆ *	arzen v PM ₁₀ As*	kadmij v PM ₁₀ Cd*	nikelj v PM ₁₀ Ni*	svinec v PM ₁₀ Pb*	ž.srebro v PM ₁₀ Hg	benzo(a) piren v PM ₁₀ *
		z	e	z	v	z	z	v	z	z	z	z	z	z	z	z	z
DMKZ																	
Ljubljana Bežigrad	SIL																
Ljubljana Biotehniška f.	SIL																
Maribor center	SIM																
Maribor Vrbanski plato	SIM																
Kranj	SI3																
Novo mesto	SI3																
Celje	SI2																
Trbovlje	SI2																
Hrastnik	SI2																
Zagorje	SI2																
Murska S.-Rakičan	SI1																
Nova Gorica	SI4																
Koper	SI4																
Zerjav	SI3																
ravac	SI3																
Iskrba	SI3																
Otlica	SI3																
EIS TES																	
Soštanj	SI2																
Topolšica	SI2																
Veliki Vrh	SI2																
Zavodnje	SI2																
Velenje	SI2																
Graška Gora	SI2																
Pesje	SI2																
Skale	SI2																
EIS TET																	
Kovk	SI2																
Dobovec	SI2																
Kum	SI2																
Ravenska Vas	SI2																
Prapretno	SI2																
OMS Ljubljana center	SIL																
TE-TO Ljubljana (V nainarie)	SI3																
MO Maribor-Tabor	SIM																
MO Maribor-Pohorje	SIM																
EIS TEB (sv.Mohor)	SI2																
EIS Anhovo (Morsko)	SI4																
EIS Anhovo (Gor. Polje)	SI4																

Legenda:

- * določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag
- prekoračena mejna (ciljna) vrednost/ limit (target) value exceeded
- prekoračen zgornji ocenjevalni prag/ upper assessment threshold exceeded
- prekoračen spodnji ocenjevalni prag/ lower assessment threshold exceeded
- koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom oz. mejno ali ciljno vrednostjo/ concentration below the lower assessment threshold (or limit or target value)
- prekoračena opozorilna vrednost/ information threshold exceeded
- mejna vrednost ni določena/ limit value is not prescribed
- ni meritev/ no monitoring
- ni podatkov/ no data

Tabela 1: Nivo koncentracij na merilnih postajah za onesnaženost zraka

Vzroki visokih koncentracij zaradi lokalnih vremenskih pojavov

Visoke koncentracije niso odvisne le od emisij onesnaževal, ampak so tudi lahko posledica neugodnih vremenskih razmer, ki onemogočajo razredčenje emisij v večji volumen. Slovenija ima glede tega precej neugodne razmere. Imamo območja z različnimi klimatskimi pasovi – sredozemsko, alpsko in celinsko, razgiban relief in šibke vetrove. Ob jasnem vremenu nastajajo temperaturne inverzije, ki onemogočajo vertikalno izmenjavo zraka. To pomeni, da vsa emisija, ki nastane pri tleh, tam tudi ostane in so zato koncentracije bistveno višje kot na dobro prevetrenem območju. Omeniti je treba še pojav mestnega toplotnega otoka. Zaradi večje porabe energije v mestih se zrak v mestu dodatno segreje in je toplejši kot v okolici. Ob šibkih vetrovih, ki v Sloveniji prevladujejo, posebej ponoči in v kotlinah, se zato v mestih in okolici pojavi posebna cirkulacija zraka. Toplejši zrak se nad mestom dviguje do višine temperaturne inverzije oz. do višine, ki mu jo omogoča večja toplotna energija. Nadomešča ga zrak iz okolice, ki v plasti debeline nekaj deset metrov z vseh strani piha proti središču mesta. Zrak, ki se je prej dvignil do temperaturne inverzije pa se ob robu mesta spušča nazaj proti tlam in delno vstopa v tok zraka, ki leze proti središču mesta. Tako imamo delno zaprt krog, ki zato zadrži večino emisij onesnaževal, ki jih oddaja mesto s svojo dejavnostjo. Ti pojavi so opisani v raziskavi o klimi Ljubljane (Jernej 2000), opazili in izmerili pa so ga tudi v drugih mestih.

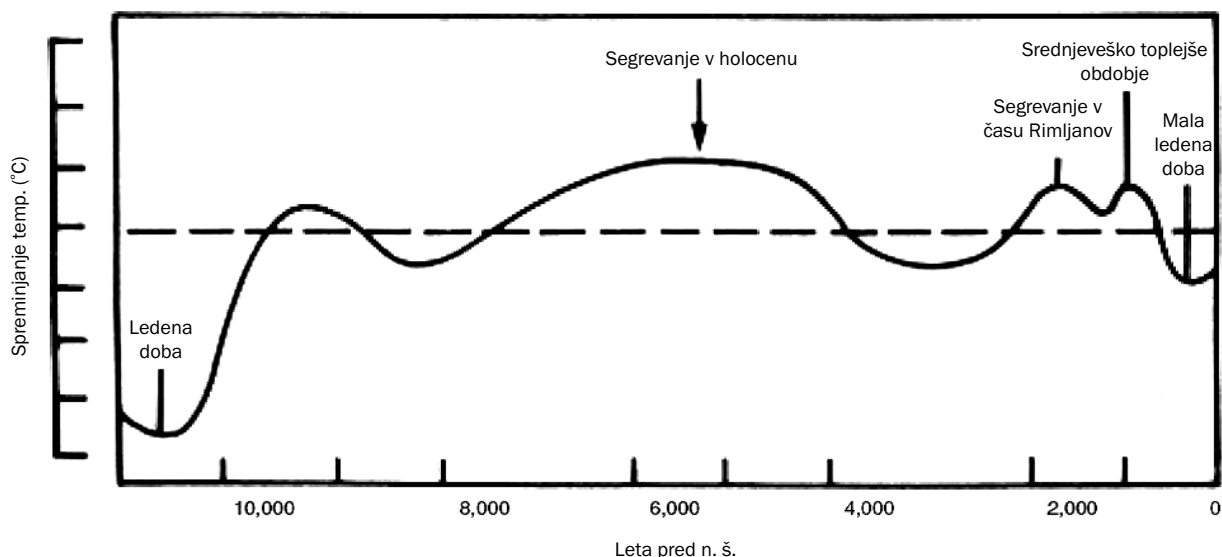
Sklep

Onesnaženost zraka v Sloveniji je občasno slabša, kot so predpisane vrednosti. To velja predvsem za mesta, kjer so glavni problem koncentracije

delcev. Koncentracije ozona spomladi in poleti presegajo mejne vrednosti po celi državi, tudi v gorah. Glavni povzročitelj prekomernega onesnaženja zraka sta promet in ogrevanje v zimskem času. Po osamosvojitvi Slovenije je propadlo precej industrije, ki je s svojimi emisijami onesnaževala okolje, sedaj pa je teh emisij znatno manj. Tudi termoelektrarne so z izgradnjo čistilnih naprav emisije znižale do te meje, da okolja ne onesnažujejo prekomerno. Večji viri onesnaženja morajo pridobiti za obratovanje okoljevarstveno dovoljenje, v katerih so predpisani pogoji za obratovanje naprave, pri katerih ne obremenjuje okolja prekomerno. Nadzor nad napravami opravlja inšpekcija za okolje.

V zadnjem času se veliko govori o klimatskih spremembah. Toplejše podnebje pomeni, da porabimo manj energije za ogrevanje, kar pomeni tudi manjše emisije onesnaževal v zrak. Pomeni tudi večjo prevetrenost naših krajev in s tem zniževanje koncentracij. Glede na to, da je Zemlja že doživljala v ne preveč oddaljeni preteklosti toplejša obdobja kot to, v katerem se nahajamo (npr. pred 800 leti je rasla vinska trta na Koroškem, pa tudi v Angliji), pa tudi bistveno hladnejša, ko so se v 6. stoletju narodi s severa preselili v srednjo Evropo, ker se na severu zaradi mraza ni dalo preživeti. Spremembe temperature v zadnjih 10.000 letih so prikazane na sliki 2. Obstajajo sicer novejšje raziskave, ki so pokazale podrobnejše spremembe temperatur na več lokacijah na Zemlji, povzetek pa je podoben kot na sliki 2. Antropogene emisije toplogrednih plinov so bile takrat bistveno manjše, kot so sedaj, zato ne moremo z gotovostjo trditi, da so povečane emisije teh plinov edini vzrok za segrevanje Zemlje. Vendar imajo prizadevanja za zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida (brezogljčna družba) tudi zelo blagodejen stranski učinek – veliko zmanjšanje emisij onesnaževal in s tem boljši zrak.

Slika 2: Spremembe temperature na Zemlji zadnjih 10.000 let

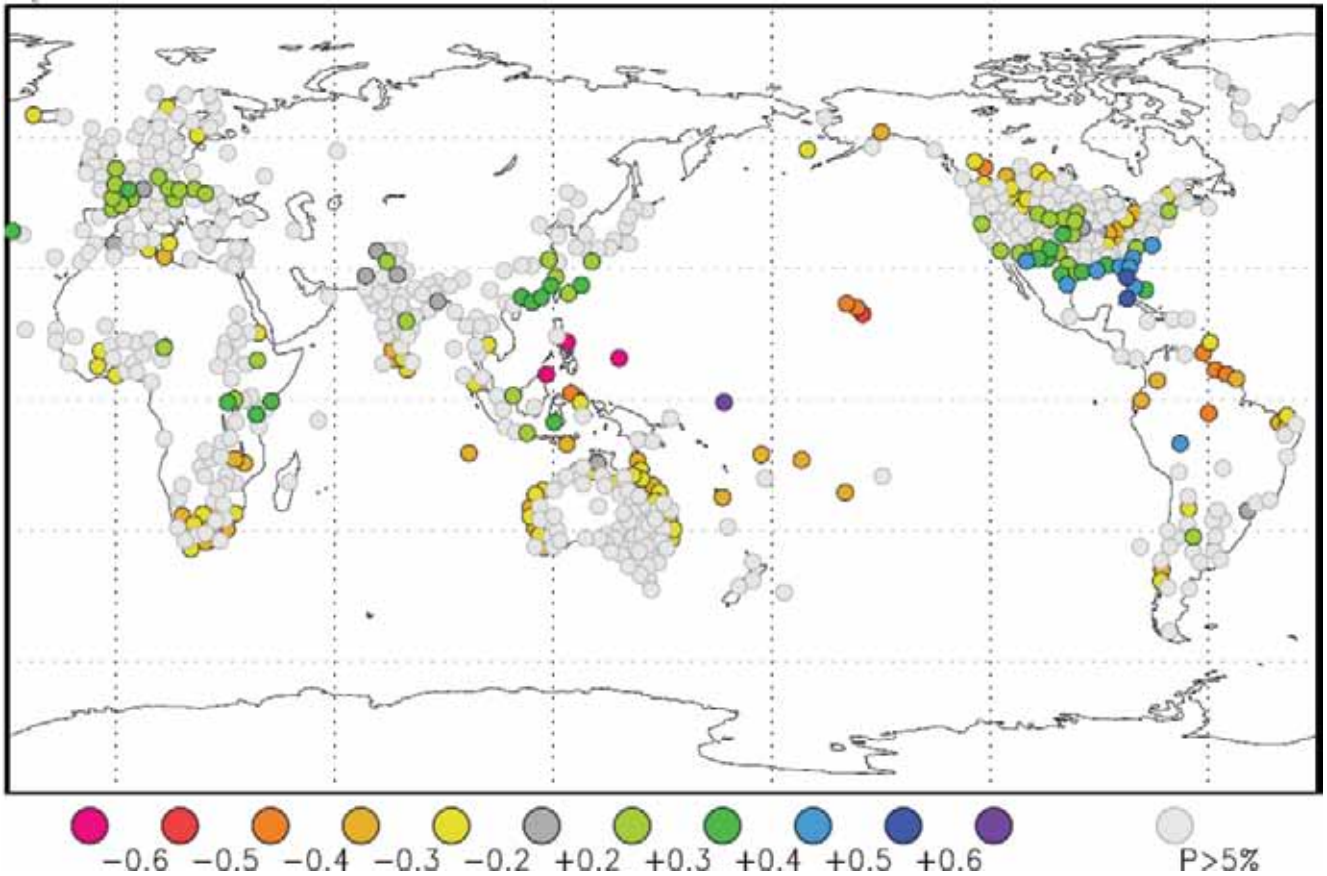


Vir: IPCC 1990.

Črtna črta predstavlja temperature okoli začetka 20. stoletja.

Literatura

1. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2010, julij 2011, Ljubljana. Agencija republike Slovenije za okolje.
2. Silvester Jernej in ostali, 2000, Analiza klime mesta Ljubljana: z dodatkom aplikacij za uporabo klimatskih izhodišč pri načrtovanju rabe prostora



Korelacijski koeficienti med količino padavin in indeksom za pojav El Niño¹

Korelacijski koeficienti med količino padavin na 658 merilnih postajah po svetu in nekoliko prilagojenim indeksom za pojav El Niño za prve tri mesece v letu (jan.-mar.). Zeleni in modri toni označujejo pozitivne korelacijske koeficiente (višji indeks – več padavin), rumeni in rdeči pa negativne. V začetku leta so statistično pomembno povezane močnejše padavine z močnejšim pojavim El Niño v južnem in osrednjem delu Združenih držav, pa tudi v Evropi – torej precej daleč od tropskega Pacifika.

(Oldenborghetal., 2005, dostopno na KNMI, http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/decadal_copy1.pdf in http://www.knmi.nl/research/global_climate/enso/effects/#temperature, z dovoljenjem za reproduciranje.)

1 Karta korelacijskih koeficientov sodi k članku Jožeta Rakovca, Vzroki za spreminjanje podnebja (str. 51-60).