



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2012



Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2012

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE
Ljubljana, september 2013

Izdajatelj:

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje
Agencija RS za okolje
Vojkova 1b, Ljubljana
Spletni naslov: www.arso.gov.si
E-naslov: gp.arso@gov.si

Urednica:

Tanja Koleša

Avtorji:

mag. Tanja Bolte, Tanja Koleša, Zorana Komar, Marijana Murovec, Mateja Gjerek, Irena Kranjc, mag. Drago Groselj, mag. Tanja Cegnar, Mateja Gjerek, Anton Planinšek, Bojan Rode, dr. Martina Logar (vsi iz Agencije RS za okolje), Marko Rus (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko), Griša Močnik (Aerosol d.o.o.)

Sodelavci:

Sektor za kakovost zraka na Uradu za meteorologijo: Marinka Lešnik, Darko Turk

Sektor za vzdrževanje in razvoj merilnih mrež na Uradu za hidrologijo in stanje okolja: Peter Pavli, Janez Debeljak, Tilen Čepar, Janez Rus, Miha Tominc

Kemijske analize – Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje na Uradu za hidrologijo in stanje okolja: dr. Janja Turšič, Irena Kranjc, Judita Burger, Slavica Tratnik, Barbara Ropotar, Karla Hrovat, Marjetka Vrankar, Slavica Šerjak, Jana Radinja

Kemijske analize:

Kemijske analize delcev PM₁₀ in PM_{2,5} ter kemijske analize padavin razen celokupnega Hg v padavinah je opravil Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje

Kemijske analize živega srebra v zunanjem zraku in v padavinah na merilnem mestu Iskrba je opravil Institut Jožef Stefan, Odsek za znanost o okolju

Kartografija:

Petra Krsnik

Priprava podatkov iz drugih merilnih mrež:

Mestna občina Ljubljana - Elektroinštitut Milan Vidmar
Mestna občina Maribor - Zavod za zdravstveno varstvo Maribor
Salonit Anhovo d.d.
Občina Medvode – Studio okolje d.o.o.

ISSN 1855-0827

Deskriptorji:

Slovenija, zrak, kakovost zraka, žveplov dioksid, dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, ozon, delci, težke kovine, lahkoahlapni ogljikovodiki, kakovost padavin, emisija

Descriptions:

Slovenia, air, air quality, sulphur dioxide, nitrogen oxides, carbon monoxide, ozone, particulate matter, heavy metals, volatile organic compounds, precipitation quality, emission

Vodja Sektorja za kakovost zraka
Tanja Koleša

Direktor Urada za meteorologijo
dr. Klemen Bergant

Generalni direktor Agencije RS za okolje
Joško Knez

Spoštovani.

Kakovost zraka v letu 2012 je naslov osrednje publikacije Agencije RS za okolje na področju spremljanja kakovosti zunanjega zraka.

Problematika kakovosti zunanjega zraka je vedno bolj aktualna zaradi vse večjega zavedanja o pomenu čistega okolja, katerega pomemben del je zrak.

Pričujoča publikacija podaja pregled in analizo stanja kakovosti zunanjega zraka v Sloveniji v letu 2012. Analiza temelji na meritvah koncentracij onesnaževal v zunanjem zraku in padavinah ter povezav meteoroloških situacij s pojavi visokih koncentracij onesnaževal. Za posamezna onesnaževala so prikazani trendi ravni koncentracij od leta 2002, odkar izvajamo meritve koncentracij onesnaževal v približno sedanjem obsegu.

V publikaciji prikazujemo izsledke naših rednih in občasnih meritev, povzemamo pa tudi podatke nekaterih drugih ustanov, ki prav tako izvajajo meritve kakovosti zunanjega zraka. Rezultate meritev koncentracij onesnaževal smo analizirali ter z jasnimi in enostavnimi komentarji opremili grafične in tabelarične prikaze.

Vsi podatki o meritvah kakovosti zunanjega zraka so javno dostopni. Podatke o urnih, dnevni, mesečnih in letnih koncentracijah onesnaževal objavljamo na spletni strani Agencije RS za okolje: www.arso.gov.si in na teletekstu RTV Slovenija. Na območjih, kjer se pojavijo presežene koncentracije onesnaževal, izdamo opozorilo in o tem pravočasno obvestimo pristojne institucije, kot je npr. Uprava RS za zaščito in reševanje, ter upravne organe, medije, bolnišnice, šole in vrtce.

Publikacijo namenjamo Vam. Prizadevamo si, da bi posredovane podatke in informacije razumeli in jih koristno uporabili za boljše poznavanje trenutnega stanja kakovosti zunanjega zraka v Sloveniji. To vam bo pomagalo k zavedanju, da lahko tudi sami veliko pripomorete k čistemu zraku.

*Joško Knez
Generalni direktor Agencije RS za okolje*

KAZALO VSEBINE

UVOD	1
POVZETEK	2
SUMMARY	4
ZAKONODAJA	8
MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA NA STALNIH MERILNIH MESTIH	11
MERILNE MREŽE IN NABOR MERITEV	11
MERILNE METODE IN KAKOVOST MERITEV	16
<i>Zagotavljanje kakovosti podatkov</i>	16
<i>Umerjevalni laboratorij – parametri kakovosti zraka</i>	21
<i>Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje</i>	23
REZULTATI MERITEV	28
<i>Žveplov dioksid</i>	28
<i>Dušikovi oksidi</i>	38
<i>Ogljikov monoksid</i>	45
<i>Ozon</i>	47
<i>Delci</i>	57
Delci PM ₁₀	59
Določitev virov delcev PM ₁₀ s kemijsko analizo	68
Delci PM _{2,5}	70
Kemijska analiza delcev PM ₁₀	73
Kemijska analiza delcev PM _{2,5}	81
<i>Lahkohlapni ogljikovodiki</i>	85
<i>Živo srebro v zunanjem zraku</i>	88
<i>Žveplove in dušikove spojine ter anorganski ioni</i>	91
MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA Z MOBILNO POSTAJO	94
MODELIRANJE KAKOVOSTI ZRAKA	98
MERITVE ČRNEGA OGLJIKA IN DOLOČITEV VIROV	103
PROJEKTI	106
MERITVE KAKOVOSTI PADAVIN	107
MERILNE MREŽE IN NABOR MERITEV	108
VZORČENJE IN KAKOVOST MERITEV	111
<i>Merilna mreža DMKP</i>	111
<i>Merilne mreže na vplivnih območjih termoelektrarn</i>	112
REZULTATI MERITEV	113
<i>Merilna mreža DMKP</i>	113
<i>Merilne mreže na območjih termoelektrarn</i>	124
EMISIJE V LETU 2011	127
METEOROLOŠKE ZNAČILNOSTI LETA 2012	134
LITERATURA	140

Seznam kratic

<i>ARSO</i>	<i>Agencija RS za okolje</i>
<i>EEA</i>	<i>Evropska okoljska agencija</i>
<i>EIMV</i>	<i>Elektroinštitut Milan Vidmar</i>
<i>IJS</i>	<i>Institut Jožef Stefan</i>
<i>KAL ARSO</i>	<i>Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje</i>
<i>MKO</i>	<i>Ministrstvo za kmetijstvo in okolje</i>
<i>SKZ</i>	<i>Sektor za kakovost zraka</i>
<i>SVRMM</i>	<i>Sektor za vzdrževanje in razvoj merilnih mrež Agencije RS za okolje</i>
<i>TE-TOL</i>	<i>Termoelektrarna Toplarna Ljubljana</i>
<i>TEB</i>	<i>Termoelektrarna Brestanica</i>
<i>TEŠ</i>	<i>Termoelektrarna Šoštanj</i>
<i>TET</i>	<i>Termoelektrarna Trbovlje</i>
<i>ZZV MB</i>	<i>Zavod za zdravstveno varstvo Maribor</i>
<i>EMEP</i>	<i>European Monitoring and Evaluation Programme</i>
<i>WMO-GAW</i>	<i>World Meteorological Organisation – Global Atmosphere Watch</i>
<i>AV</i>	<i>Alarmna vrednost</i>
<i>CV</i>	<i>Ciljna vrednost</i>
<i>EC/OC</i>	<i>Elementarni in organski ogljik</i>
<i>KPI</i>	<i>Kazalnik povprečne izpostavljenosti</i>
<i>MV</i>	<i>Mejna vrednost</i>
<i>OV</i>	<i>Opozorilna vrednost</i>
<i>PAH</i>	<i>Policiklični aromatski ogljikovodiki</i>
<i>SOP</i>	<i>Spodnji ocenjevalni prag</i>
<i>ZOP</i>	<i>Zgornji ocenjevalni prag</i>
<i>AMP</i>	<i>Avtomatska merilna postaja</i>
<i>DMKP</i>	<i>Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti padavin</i>
<i>DMKZ</i>	<i>Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti zunanjega zraka</i>

UVOD

Monitoring zunanjega zraka izvajamo v skladu s *Programom ocenjevanja kakovosti zraka za obdobje 2012 - 2014 /12/*, ki je dostopen na spletni strani www.arso.gov.si.

Letno poročilo vključuje rezultate izvedenih meritev v letu 2012, trende, primerjavo s predpisanimi mejnimi vrednostmi iz veljavne zakonodaje in druge značilnosti, ki izhajajo iz rezultatov. Poleg podatkov iz državne merilne mreže za spremljanje kakovosti zunanjega zraka, ki jo vodimo na Agenciji RS za okolje objavljamo v letnem poročilu tudi podatke iz drugih merilnih mrež: Merilne mreže Mestne občine Maribor (meritve izvaja Zavod za zdravstveno varstvo Maribor), Ekološko informacijskega sistema podjetja Salonit Anhovo d.d. (meritve izvaja Služba za ekologijo podjetja Salonit Anhovo d.d.), Okoljske merilne postaje Občine Medvode (meritve izvaja Studio Okolje d.o.o.), Ekološko informacijskega sistema Termoelektrarne Šoštanj, Termoelektrarne Trbovlje in Termoelektrarne Brestanica, Okoljskega merilnega sistema Mestne občine Ljubljana in Termoelektrarne Toplane Ljubljana (meritve izvaja Elektroinštitut Milan Vidmar).

Z letom 2012 so bile ukinjene meritve ogljikovega monoksida na merilnih mestih v Celju in Novi Gorici, ker so bile izmerjene koncentracije zadnjih pet let pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Na merilnem mestu Zagorje pa smo v tem letu začeli z meritvami dušikovih oksidov.

V letu 2012 smo prvič na vseh merilnih mestih celo leto izvajali meritve delcev PM_{10} z referenčno metodo, ki jo imamo akreditirano s strani Slovenske akreditacije (listina reg. Št. LP-30). Prav tako so akreditirane tudi metode za določitev koncentracije $PM_{2,5}$, določitev arzena, kadmija, niklja in svinca v delcih PM_{10} in določitev benzo(a)pirena v delcih PM_{10} .

V septembru 2011 smo vzpostavili meritve delcev PM_{10} na merilnem mestu Velenje tako, da so podatki iz tega merilnega mesta za celo leto prvič predstavljeni v tem poročilu.

Določitev virov delcev PM_{10} s kemijsko analizo smo v letu 2012 izvedli na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta. Vire delcev smo določili z modelom PMF, kjer se upoštevajo podatki za celo leto vzorčenja (se ne ločuje na zimsko in poletno obdobje), model upošteva merilno negotovost podatkov ter razdeli vse delce PM_{10} po virih.

S kemijsko analizo delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ smo tudi v letu 2012 določali vsebnost težkih kovin in policikličnih organskih spojin v delcih na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor center, Maribor Vrbanski plato in na Iskrbi. Meritve delcev in analizo na kovine izvajamo v Žerjavu v Zgornji Mežiški dolini v skladu z *Odlokom o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini /7/*.

Precejšnja pozornost je veljala spremljanju koncentracij ozona poleti ter s tem povezano opozarjanje prebivalstva in napovedovanje onesnaženosti zraka s tem onesnaževalom.

Intenzivno se dela na modeliranju onesnaženosti zunanjega zraka za območje Slovenije, ki bo v pomoč državi pri izdelavi ocene kakovosti zunanjega zraka v boljši resoluciji in pripravi načrtov za znižanje koncentracij onesnaževal, ki presegajo mejne vrednosti.

POVZETEK

Onesnaženost zunanjega zraka je v letu 2012 ostala na ravni leta 2011 pri večini onesnaževal razen pri delcih PM_{10} in $PM_{2,5}$, kjer so bile na vseh merilnih mestih koncentracije nižje zaradi ugodnejših vremenskih razmer v času kurilne sezone. Poleg prometa in industrije ter drugih manjših virov (resuspenzija prahu, kmetijstvo) vplivajo na onesnaženost zunanjega zraka predvsem v zimskem času individualna kurišča. V zadnjih dveh letih se je zaradi ekonomske krize in dviga cen fosilnih goriv povečala uporaba drv, premoga, lesnih odpadkov, s čimer se je predvsem povečala emisija delcev. Problem je predvsem to, da se ne uporabljajo sodobne kurilne naprave z nizkimi emisijami in ne dovolj suha drva.

Kakovost zunanjega zraka je povsod, posebno pa v kotlinah in dolinah v notranjosti Slovenije, slabša pozimi, ko zaradi dolgih noči in šibkega sončnega obsevanja nastajajo bolj ali manj izrazite temperaturne inverzije, ki onemogočajo prevetrenost in s tem razredčevanje in prenos onesnaženega zraka, pa tudi emisije onesnaževal – zlasti delcev - se pozimi povečajo zaradi potrebe po ogrevanju. Tako se npr. prekoračitve mejne dnevne koncentracije delcev PM_{10} pojavljajo v zadnjih nekaj letih skoraj izključno v hladni polovici leta (januar-marec, oktober-december).

Koncentracije onesnaževal, katerih glavni vir je promet, imajo značilen dnevni hod z maksimumom zjutraj in zvečer (popoldanska prometna konica se na onesnaženosti zraka odrazi pozneje, ko se hitrosti vetra že zmanjšajo). Koncentracije so opazno višje ob delavnikih, ko je promet gostejši, kot ob koncu tedna.

Za tista onesnaževala, za katera so predpisane mejne vrednosti koncentracij, navajamo naslednje značilnosti v letu 2012:

- Povprečna letna koncentracija **delcev PM_{10}** je tako kot v prejšnjih dveh letih prekoračila mejno vrednost le na prometnem merilnem mestu Ljubljana center, dovoljeno letno število prekoračitev mejne dnevne koncentracije pa je bilo preseženo na merilnih mestih Novo mesto, Celje, Trbovlje, Zagorje, Murska Sobota Rakičan in Žerjav. Zgornji ocenjevalni prag koncentracije je bil prekoračen na vseh drugih merilnih mestih razen na Iskrbi, v Hrastniku, Velenju in v Novi Gorici.
- **Delci $PM_{2,5}$** niso prekoračili predpisane mejne letne koncentracije.
- Vsebnost **kadmija, arzena, niklja in svinca v delcih PM_{10}** je bila na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor center, Iskrba in Žerjav v Zgornji Mežiški dolini pod spodnjim ocenjevalnim pragom.
- Med policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki je letna ciljna vrednost predpisana le za **benzo(a)piren** in le-ta je bila v letu 2012 prekoračena na mestnih merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor center.
- Povprečna letna koncentracija **benzena** je bila na lokacijah Ljubljana Bežigrad in Maribor center pod spodnjim ocenjevalnim pragom, na prometnem merilnem mestu Ljubljana center pa je le-ta prekoračen.
- V letu 2012 so bile koncentracije **ozona** višje kot v prejšnjem letu in so večkrat prekoračile urno opozorilno vrednost predvsem na Primorskem in Obali, nekajkrat pa po več letih tudi v

notranjosti Slovenije. Opozorilno urno vrednost $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ so prekoračile na devetih merilnih mestih po Sloveniji, največ 18-krat v Novi Gorici, sledi Koper s trinajstimi in Otlica z dvanajstimi prekoračitvami. Letno dovoljeno število prekoračitev ciljne 8-urne vrednosti koncentracije ozona $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bilo preseženo na vseh merilnih mestih v Sloveniji, izjema so le merilna mesta, ki so pod vplivom emisij iz prometa (Maribor center, Zagorje, Trbovlje ter Maribor Vrbanški plato). Mejna vrednost faktorja AOT40 za zaščito vegetacije je bila prekoračena skoraj na vseh za to reprezentativnih merilnih mestih.

- Koncentracije *žveplovega dioksida* so bile tudi v letu 2012 povsod pod spodnjim ocenjevalnim pragom za zaščito zdravja. Le na štirih višje ležečih krajih v Zasavju je bil prekoračen spodnji ocenjevalni prag za varstvo rastlin.
- Onesnaženost zraka z *dušikovimi oksidi* je največja na mestnih prometnih lokacijah, ker je glavni vir emisije promet. Povprečna letna koncentracija *dušikovega dioksida* je prekoračila mejno vrednost na najbolj prometnem merilnem mestu Ljubljana center. Zgornji ocenjevalni prag je bil prekoračen na merilnem mestu Maribor center, spodnji ocenjevalni prag pa na lokaciji Celje in v Novi Gorici.
- Pod spodnjim ocenjevalnim pragom za varstvo rastlin so se gibale koncentracije *skupnih dušikovitih oksidov* na vseh merilnih mestih, ki so reprezentativna za naravno okolje, v Murski Soboti Rakičan, ki pa zaradi bližine ceste ni povsem reprezentativna lokacija, pa je bil prekoračen zgornji ocenjevalni prag.
- Koncentracije *ogljikovega monoksida* so bile na vseh merilnih mestih pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

SUMMARY

Air pollution in Slovenia in 2012 was just slightly lower than in 2011. The reason was changeable weather with periods of precipitations and high temperature and in the winter time without temperature inversions.

Exceedances of the daily limit *PM₁₀* concentration were above the allowed annual number of 35 at urban sites in the interior Slovenia, and also in the monitoring stations Murska Sobota Rakičan and Žerjav. The hot traffic spot of Ljubljana Center was in the first place again, followed by the city of Trbovlje and Zagorje (Zasavje region), Murska Sobota Rakičan, Celje, Novo mesto and Žerjav. These sites are located in narrow valleys and are, beside traffic, influenced by local industries and individual heating. In some places the individual heating is the major source of air pollution during winter.

In 2012 the 1-hour information threshold concentration of *ozone* was exceeded, as in previous years, in the extreme south-western part of Slovenia where the climate is sub-mediterranean, and where the transport of polluted air from Italy is also noticeable. There were 18 exceedances at the site of Nova Gorica (Primorian region), 13 in Koper (Adriatic coast), 12 at the Otlica station of higher altitude (Primorska region). We have also the 3 exceedances in Ljubljana Bežigrad and 1 in Celje, Trbovlje and Hrastnik (urban background stations).

Nitrogen dioxide was above the limit annual concentration at the urban heavy traffic spot of Ljubljana center. The upper assessment threshold was exceeded at traffic station of Maribor center, and the lower assessment threshold at the urban background sites of Celje and Nova Gorica.

Benzene exceeded the lower assessment threshold at the urban heavy traffic spot of Ljubljana center, and *benzo(a)pyrene* exceeded the target value at the urban background station of Ljubljana Biotehniška fakulteta and at the traffic station of Maribor center.

Other pollutants remained below the limit values or the lower assessment thresholds with the exception of exceeded *sulfur dioxide* lower assessment threshold for vegetation at four sites of higher altitude in the Trbovlje Power Plant influential area.

Tabela 1: Pregled koncentracij onesnaževal, za katera so predpisane mejne vrednosti, v letu 2012. Prekoračene mejne vrednosti so v rdečem tisku, v sivem tisku pa so rezultati z merilnih mest, ki niso reprezentativna za varstvo rastlin.

Table 1: Overview of concentrations of pollutants, for which limit values are defined, in 2012. Exceedences of limit values are in red, in gray are designate monitoring sites, which are not representative for protection of vegetation.

merilno mesto / site	žveplov dioksid SO ₂				dušikov dioksid NO ₂		dušikovi oksidi NO _x	ogljikov monoksid CO	delci PM ₁₀		delci PM _{2,5}	Ozon O ₃		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	benzo(a) piren v PM ₁₀
	leto/ year	zima/ winter	1 ura/ 1 hour	24 ur/ 24hours	leto/ year	1 ura/ 1 hour	leto/ year	8 ur/ 8 hours	leto/ year	24 ur/ 24hours	leto/ year	1 ura/ 1 hour	8 ur/ 8hours	leto/ year	leto/ year	leto/ year	leto/ year	leto/ year	leto/ year
	Cp (µg/m ³)	Cp (µg/m ³)	>MV	>MV	Cp (µg/m ³)	>MV	Cp (µg/m ³)	Cmax (mg/m ³)	Cp (µg/m ³)	>MV	Cp (µg/m ³)	>OV	>CV	Cp (µg/m ³)	Cp (ng/m ³)	Cp (ng/m ³)	Cp (ng/m ³)	Cp (ng/m ³)	Cp (ng/m ³)
DMKZ																			
Ljubljana Bežigrad	6	5	0	0	22	0	46	2,8	26	27		3	47	1,4					
Ljubljana Biotehniška f.									25	21	21			0,6	0,2	5,7	7,4		1,2
Maribor center	4	5	0	0	33	1	65	2,3	30	34	21	0	5	1,6	0,7	0,3	3,8	10,5	1,1
Maribor Vrbanski plato*					13	0	17		24	8	18	0	25						
Kranj									26	27									
Novo mesto									28	45									
Celje	7	9	0	0	27	0	50		31	55		1	39						
Trbovlje	7	10	0	0	17	0	32	3,4	32	65		1	23						
Hrastnik	5	6	0	0					24	17		1	36						
Zagorje	3	3	0	0					32	62		0*	13						
Murska Sobota Rakičan					19	0	28		29	44		0	47						
Nova Gorica					26	0	50		24	19		18	65						
Koper					18	0	24		24	23		13	62						
Krvavec								0,4				10	102						
Žerjav									29	44				2,0	1,5	2,6	248		
Iskrba	1	1			2				15	1	13	0	54	0,4	0,1	2,4	2,9		0,3
Otlica												12	73						
EIS TEŠ																			
Šoštanj	7	7	2	0															
Topolšica	3	2	0	0															
Veliki Vrh	7	6	4	0															
Zavodnje	4	4	0	0	8	0	10					0	67						
Velenje	4	3	0	0								0	35						
Graška Gora	2	3	0	0															
Pesje	4	6	0	0					22	16									
Škale	8	7	0	0	7	0	9		23	20									
EIS TET																			
Kovk	10	12	3	0	6	0	7		15	1		0	52						
Dobovec	7	9	0	0	5	0	6		12	1									
Kum	6	9	0	0															
Ravenska Vas	9	12	0	0															
Prapretno									28	25									
Lafarge cement Zelena trava									18	2									
OMS Ljubljana center	4	4	0	0	52	0	181		45	107				2,7					
TE-TO Ljubljana	3	3	0	0	10	0	11		23	8		0	87						
MO Maribor Pohorje												0	58						
EIS TEB (Sv.Mohor)	4	5	0	0	8	0	9					0	43						
EIS Anhovo (Morsko)									20	10									
EIS Anhovo (Gor.Polje)									21	11									

Oznake pri tabeli / legend to table:

Cp	povprečna koncentracija / average concentration	>MV	število primerov s preseženo mejno vrednostjo / number of limit value exceedences
OV	število primerov s preseženo opozorilno vrednostjo / number of information threshold exceedences	>CV	število primerov s preseženo ciljno vrednostjo / number of target value exceedences
<	pod mejo kvantifikacije / below quantification limit	-	ni podatkov / no data
■	ni meritev / no monitoring	*	Meritve NO ₂ , NO _x , PM ₁₀ in O ₃ izvaja MO Maribor / NO ₂ , NO _x , PM ₁₀ and O ₃ monitoring is carried out by MO Maribor

Tabela 2: Raven koncentracij onesnaževal, za katera so predpisane mejne vrednosti, v letu 2012 (z – varovanje zdravja, v – varstvo rastlin)
 Table 2: Concentration level of pollutants, for which limit values are defined, in 2012 (z – protection of health, v – protection of vegetation)

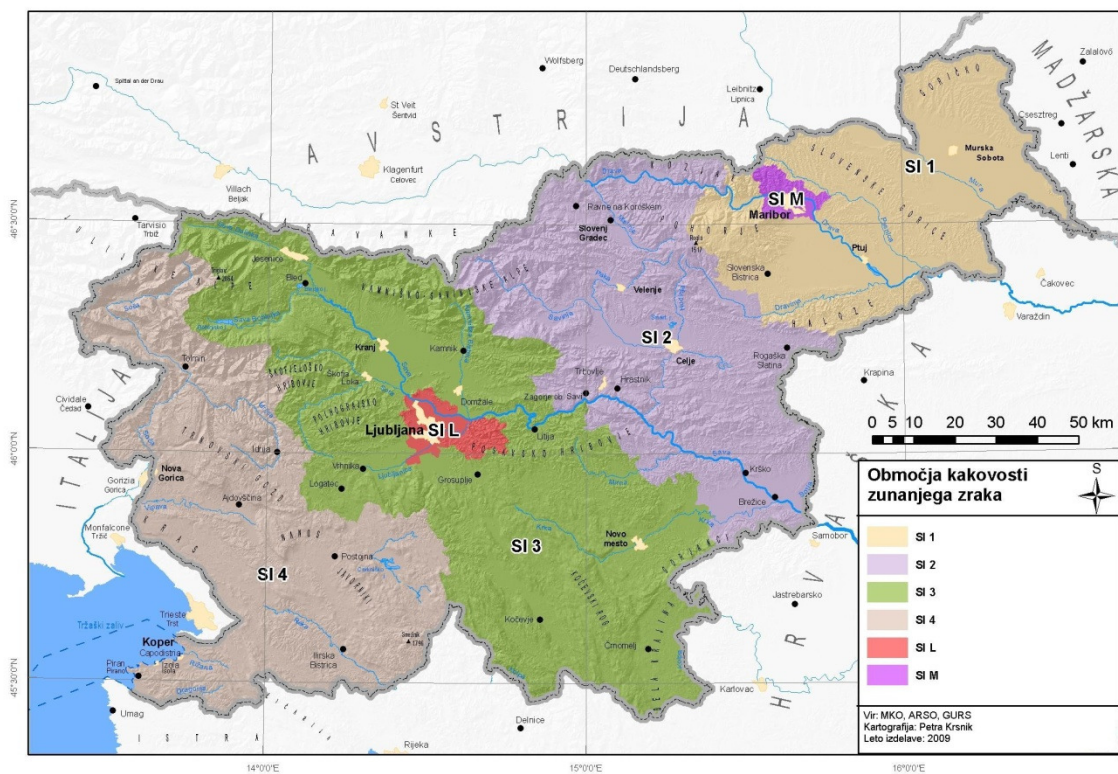
Merilno mesto/ site	območje/ Zone code	žveplov dioksid SO ₂ *		dušikov dioksid NO ₂ *		dušikovi oksidi NO _x *		ogljikov monoksid CO*		ozon O ₃			delci PM ₁₀ *		delci PM _{2,5} *		benzen C ₆ H ₆ *		arzen v PM ₁₀		kadmij v PM ₁₀		nikelj v PM ₁₀		svinec v PM ₁₀		benzo(a) piren v PM ₁₀ *		
		z	v	z	v	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z	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																												
Žerjav	SI2																												
Krvavec	SI3																												
Iskrba	SI3																												
Otlica	SI4																												
EIS TEŠ																													
Šoštanj	SI2																												
Topolšica	SI2																												
Veliki Vrh	SI2																												
Zavodnje	SI2																												
Velenje	SI2																												
Graška Gora	SI2																												
EIS TET																													
Kovk	SI2																												
Dobovec	SI2																												
Kum	SI2																												
Ravenska Vas	SI2																												
Prapretno	SI2																												
Lafarge cement Zelena trava	SI2																												
OMS Ljubljana center	SIL																												
TE-TO Ljubljana (Vnainarie)	SIL																												
MO Maribor-Pohorje	SI2																												
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

• Meritve NO_x, NO_x, PM₁₀ in O₃ izvaja MO Maribor / NO_x, NO_x, PM₁₀ and O₃ monitoring is carried out by MO Maribor



Slika 1 / Picture 1: Območja kakovosti zunanjega zraka / Air Quality Zones

Tabela 3 / Table 3: Območja / Zones

Območje / zone	Združene statistične enote
SI1	Pomurska in Podravska brez območja mesta Maribor
SI2	Koroška, Savinjska, Zasavska in Spodnjесavska
SI3	Gorenjska, Osrednjeslovenska in Jugovzhodna Slovenija brez območja mesta Ljubljana
SI4	Goriška, Notranjsko-Kraška in Obalno-Kraška

Tabela 4/ Table 4: Poseljeno območje / Agglomeration

Poseljeno območje / agglomeration	
SIL	Območje mesta Ljubljana
SIM	Območje mesta Maribor

ZAKONODAJA

mag. Tanja Bolte, Marijana Murovec

V državah članicah Evropske skupnosti velja enotna zakonodaja, ki ureja področje okolja in varovanja zdravja ljudi na območju celotne skupnosti.

Zakonodaja, ki urejaja področje kakovosti zunanjega zraka, določa mejne koncentracije onesnaževal, nad katerimi je ogroženo zdravje ljudi v naseljenih območjih ter ravnotežje naravnih ekosistemov. Države članice so dolžne izvajati meritve onesnaževal, katerih metode, standardi kakovosti in minimalno število merilnih mest so prav tako predpisani z uredbami oz. pravilniki, podatke pa morajo poročati na Evropsko okoljsko agencijo ter tudi sproti obveščati domačo javnost o kakovosti zraka. V primeru prekoračitev mejnih vrednosti onesnaževal pa morajo države načrtovati in tudi izvajati ukrepe za izboljšanje razmer.

Za kakovost padavin mejne vrednosti koncentracij onesnaževal niso predpisane, zato so rezultati meritev zgolj informativni, in služijo raziskavam in ocenam prenosa onesnaževal z zračnimi tokovi na velike razdalje.

Osnova slovenske zakonodaje na področju kakovosti zunanjega zraka in kakovosti padavin je *Zakon o varstvu okolja /1/*.

V veljavi je sledeča zakonodaja s področja kakovosti zunanjega zraka:

- *Uredba o kakovosti zunanjega zraka /2/,*
- *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/,*
- *Uredba o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku /3/,*
- *Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka /5/,*
- *Odredba o določitvi območij in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka /6/,*
- *Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini /7/,*
- *Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja /22/,*
- *Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja /8/.*

Ti predpisi določajo, katera onesnaževala je potrebno spremljati, njihove mejne, ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti, najmanjše potrebno število merilnih mest, vrste merilnih mest, njihove gostote v merilnih mrežah, referenčne merilne metode in izračunavanje statističnih vrednosti in izmenjavo oziroma prikaz podatkov.

Namen monitoringa kakovosti padavin je čim natančneje določiti fizikalno-kemijske lastnosti padavin in v povezavi s količino le-teh ugotoviti, kakšno je usedanje snovi, ki vplivajo tako na zdravje ljudi kot tudi na stanje okolja v krajših in tudi daljših časovnih obdobjih. Glede na to, da niti slovenska niti evropska zakonodaja ne predpisujeta mejnih vrednosti, je izvajanje meritev depozicij onesnaževal informativnega značaja, služi pa tudi znanstvenim raziskavam na področju ugotavljanja transporta teh snovi na velike razdalje.

Tabela 1: Mejne, alarmne, dopustne in ciljne vrednosti ter sprejemljiva preseganja koncentracij za leto 2012:

Onesnaževalo	1 ura	3 ure	8 ur	dan	zima	leto
žveplov dioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	350 (MV) ¹	500 (AV)		125 (MV) ³ 75 (ZOP) ³ 50 (SOP) ³	20 (KV) 12 (ZOP) 8 (SOP)	20 (MV)
za varstvo:	zdravja	zdravja		zdravja	rastlin	rastlin
dušikov dioksid ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200 (MV) ² 100 (SOP) ² 140 (ZOP) ²	400 (AV)				40 (MV) 26 (SOP) 32 (ZOP)
za varstvo:	zdravja	zdravja				zdravja
dušikovi oksidi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						30 (MV) 19,5 (SOP) 24 (ZOP)
za varstvo:						rastlin
ogljikov monoksid (mg/m^3)			10 (MV) 7 (ZOP) 5 (SOP)			
za varstvo:			zdravja			
benzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						5 (MV) 3,5 (ZOP) 2 (SOP)
za varstvo:						zdravja
ozon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	180(OV) 240(AV)		120 (CV) ⁵			40 (MV)
za varstvo:	zdravja		zdravja			materialov
delci PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				50 (MV) ⁴ 25 (SOP) ⁴ 35 (ZOP) ⁴		40 (MV) 20 (SOP) 28 (ZOP)
za varstvo:				zdravja		zdravja
delci PM _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [*]						28(MV)=25 (CV) + 2,9 (SP) 12 (SOP) 17 (ZOP)
za varstvo:						Zdravja
svinec [▲] ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)						0,5 (MV) 0,25 (SOP) 0,35 (ZOP)
za varstvo:						zdravja
kadmij [▲] (ng/m^3)						5 (CV) 2 (SOP) 3 (ZOP)
za varstvo:						zdravja
arzen [▲] (ng/m^3)						6 (CV) 2,4 (SOP) 3,6 (ZOP)
za varstvo:						zdravja
nikelj [▲] (ng/m^3)						20 (CV) 10 (SOP) 14 (ZOP)
za varstvo:						zdravja
benzo(a)piren [▲] (ng/m^3)						1 (CV) 0,4 (SOP) 0,6 (ZOP)
za varstvo:						zdravja

¹ – vrednost je lahko presežena 24-krat v enem letu² – vrednost je lahko presežena 18-krat v enem letu³ – vrednost je lahko presežena 3-krat v enem letu⁴ – vrednost je lahko presežena 35-krat v enem letu⁵ – vrednost je lahko presežena 25-krat v enem letu[▲] – izmerjeno v delcih PM₁₀

AOT40

maj-julij

8000 (MV)

rastlin

Za živo srebro ni določene mejne letne ali ciljne koncentracije.

* Med leti 2008 in 2015 velja za delce PM_{2,5} letna mejna vrednost koncentracije 25 µg/m³ povečana za sprejemljivo preseganje, vsako leto za 20 % (tabela 2). To pomeni, da je v letu 2012 mejna letna vrednost za delce PM_{2,5} 27,1 µg/m³.

Tabela 2: Vrednosti sprejemljivega preseganja (SP) v µg/m³ za koncentracijo delcev PM_{2,5}

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
5,0	4,3	3,6	2,9	2,1	1,4	0,7	0,0

Mejna vrednost je raven koncentracije, določena na podlagi znanstvenih spoznanj, katere cilj je izogniti se škodljivim učinkom na zdravje ljudi oziroma naravno okolje, jih preprečiti ali zmanjšati, in ki jo je v določenem roku treba doseči, ko pa se ta doseže, se ne sme preseči.

Alarmna vrednost je predpisana raven onesnaženosti, pri kateri je treba zagotoviti takojšnje ukrepe za zavarovanje zdravja ljudi in okolja. Alarmna vrednost se določi pri kritični ravni onesnaženosti, nad katero že kratkotrajna izpostavljenost zaradi snovi v zraku pomeni tveganje za zdravje ljudi.

Pri nekaterih onesnaževalih sta definirana še spodnji in zgornji ocenjevalni prag koncentracije. Če so bile izmerjene koncentracije v določenem časovnem obdobju pod SOP, se lahko za nadaljnjo oceno stanja uporabijo le modelni izračuni oziroma strokovne ocene, če pa so med SOP in ZOP, se uporabi kombinacija meritev in modelnih izračunov. V primeru, da koncentracije v določenem časovnem obdobju presegajo ZOP, je potrebno izvajati stalne meritve kakovosti zraka.

Vse direktive iz zakonodaje Evropske skupnosti na področju zunanjega zraka, ki se nanašajo na različna onesnaževala in ki določajo mejne vrednosti oziroma stopnje koncentracij, nad katerimi so potrebni ukrepi za zmanjševanje koncentracij, so sprejete v slovensko zakonodajo.

Za izmenjavo informacij in za nekatere druge tehnične podrobnosti pri obdelavi podatkov pa smo uporabljali še naslednje dokumente EU:

- Guidance for the Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods, januar 2010,
- Convention on Long-range Transboundary Air Pollution,
- Council Decision establishing a reciprocal exchange of information and data from networks and individual stations measuring ambient air pollution within the Member States, 97/101/EC),
- Comission Decision of 17 October 2001 amending the Annexes to Council Decision 97/101/EC establishing a reciprocal exchange of information and data from networks and individual stations measuring ambient air pollution within the Member States,
- Guideline to Questionnaire laying down a questionnaire to be used for annual reporting on ambient air quality assessment under Council Directives 96/62/EC, 1999/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC, and 2004/107/EC, and 2008/50/EC. European Commission, Pilot template, June, 2009,
- Comission Decision of 29 April 2004 laying down a questionnaire to be used for annual reporting on ambient air quality assessment under Council Directives 96/62/EC and 1999/30/EC and under Directives 2000/69/EC and 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council.

MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA NA STALNIH MERILNIH MESTIH

mag. Tanja Bolte

Mrežo meritev onesnaženosti zraka v Sloveniji sestavljajo avtomatska merilna mreža stalnih ekološko-meteoroloških postaj državne mreže za spremljanje kakovosti zraka, ki jo vodi Agencija RS za okolje, ter dopolnilne avtomatske merilne mreže, v katerih izvajajo meritve drugi izvajalci (TEŠ, TET, TEB, TE-TOL, Salonit Anhovo, MO Ljubljana in Maribor ter Občina Medvode).

Mreža merilnih mest v Sloveniji je gostejša na območjih v bližini večjih virov onesnaženosti zraka. V krajih, ki niso zajeti v okviru stalnih mrež, potekajo občasne meritve onesnaženosti zraka z avtomatsko mobilno ekološko-meteorološko postajo in z difuzivnimi vzorčevalniki.

Na območjih, ki so oddaljena od velikih virov emisije, delujeta postaji Iskrba pri Kočevski Reki in Krvavec, na katerih izvajamo meritve ozadja onesnaženosti zraka, in ki sta vključeni v mednarodni mreži EMEP in WMO-GAW. Na območju, oddaljenem od virov emisije deluje tudi merilna postaja Otlica v Trnovskem gozdu, ki je namenjena ugotavljanju transporta ozona iz Italije.

Merilne mreže in nabor meritev

mag. Tanja Bolte

Za leto 2012 objavljamo podatke o kakovosti zunanjega zraka za 37 stalnih merilnih mest po Sloveniji iz državne in dopolnilne merilne mreže.

Stalne meritve koncentracij nekaterih onesnaževal (žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, ozona, ogljikovega monoksida in delcev) s kontinuirnimi merilniki so se v Sloveniji začele v letu 1992 v državni mreži ANAS (analitično-nadzorni alarmni sistem). Merilna mreža se je z leti počasi širila tako po naboru meritev kot po merilnih mestih.

Podatke za merilna mesta iz mrež TEŠ, TET, TEB, TE-TOL, MO Ljubljana, Lafarge cement nam posreduje EIMV, podatke za merilna mesta Maribor Vrbanski plato in Maribor Pohorje ZZV MB, podatke za Morsko in Gorenje polje Salonit Anhovo ter podatke za Medvode Studio okolje.

Z letom 2012 so bile ukinjene meritve ogljikovega monoksida v Novi Gorici in Celju, ki so do leta 2011 potekale na teh dveh merilnih mestih izmenično, vsako drugo leto.

V letu 2012 smo vzpostavili meritve dušikovega dioksida na že obstoječem merilnem mestu Zagorje, ki deluje v okviru DMKZ.

Meritve delcev smo v septembru 2011 vzpostavili na merilnem mestu Velenje (že obstoječe merilno mesto TEŠ), prvič pa jih objavljamo v letnem poročilu za leto 2012. Poleg tega na vseh merilnih mestih, ki delujejo v sklopu državne merilne mreže, izvajamo meritve delcev z referenčno metodo. S tem smo zadostili zahtevam *Uredbe o kakovosti zunanjega zraka /2/*.

Kemijske analize delcev PM₁₀ in PM_{2,5} ne izvajamo le zato, da bi zadostili zakonodaji, temveč da bi natančneje definirali vire delcev, kar je ključnega pomena pri ukrepih za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci.

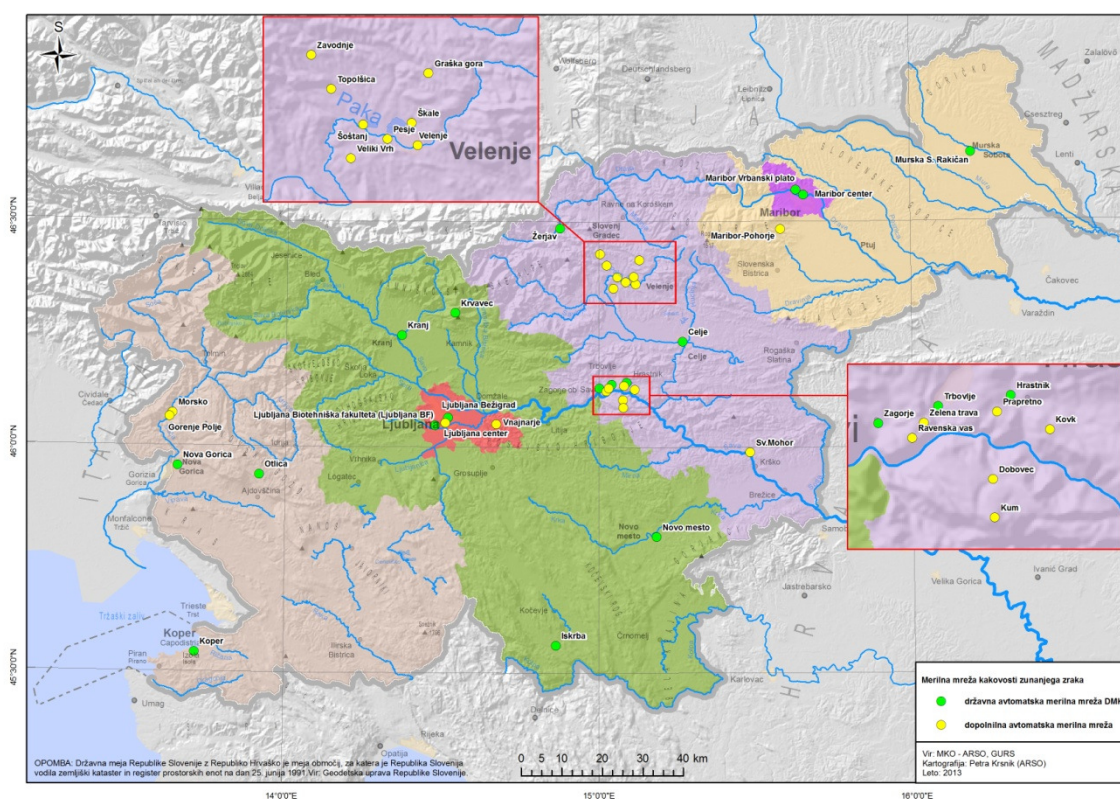
Poleg stalnih postaj deluje v DMKZ še mobilna postaja, ki je bila v letu 2012 locirana na lokaciji Ptuj in na dveh različnih lokacijah v občini Škofja Loka. Z mobilno postajo izvajamo meritve kakovosti zunanjega zraka na področjih, kjer ni stalnih meritev. Poročila meritev z mobilno postajo so vidna na Atlasu okolja, ki se nahaja na spletni strani www.arso.gov.si /15, 16, 17/.

Lokacije vseh merilnih mest so določene v skladu s priporočili *Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/*, ki določa umestitev vzorčevalnih mest na makro in mikro ravni. Za vsako merilno mesto se določi tip postaje, tip območja, na katerem je postaja, in značilnost območja. Pri omenjeni določitvi smo upoštevali določila *EUROAIRNET – site selection /23/*.

Seznam merilnih mest (tudi lokacij mobilne postaje) in parametri, ki se merijo, so podani v tabelah 1 in 2. Merilna mesta so prikazana tudi na sliki 1. V letu 2012 smo na novo vključili merilni mesti iz drugih merilnih mrež, Zelena trava in Medvode.

Merilna mesta mestnega ozadja (Ljubljana Bežigrad, Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Vrbanski plato, Celje, Nova Gorica, Koper, Kranj, Novo mesto, Velenje) so reprezentativna za gosteje naseljene predele teh mest, v katerih živi večina prebivalstva.

Meritve na prometnih mestnih merilnih mestih Ljubljana center, Maribor center in Zagorje kažejo, kakšna je kakovost zraka v ozkem pasu ob prometnih cestah, kjer se ljudje večinoma zadržujejo kratek čas. Ocenjujemo, da je onesnaženost zraka na takšnih lokacijah od 60 do 70 % višja kot na lokacijah mestnega ozadja, kjer živi večina prebivalstva.



Slika 1: Merilna mreža kakovosti zunanega zraka

Merilna mesta predmestnega ozadja (Trbovlje, Hrastnik, Topolščica, Pesje, Škale) podajajo razmere glede kakovosti zraka na obrobju mest ali večjih naselij, kjer je prometa manj kot v samih mestih in so zato koncentracije onesnaževal, ki izvirajo iz prometa, na takih lokacijah nekoliko nižje. Posebej moramo omeniti merilno mesto Trbovlje, ki leži približno 1 km južno od mesta.

Merilno mesto Murska Sobota Rakičan uvrščamo v tip podeželskega/obmestnega ozadja. Na merilno mesto nekoliko vplivajo emisije iz bližnje ceste in naselja (v zimskem času individualna kurišča), pa tudi obdelave kmetijskih površin. Ocenjujemo, da so koncentracije izven naselij in dlje od prometnih cest nižje.

Podatki meritev z merilnih mest Krvavec, Iskrba, in Otlica so namenjeni za pridobivanje informacij o stanju onesnaženosti zraka na širšem področju za zaščito okolja (narava, rastline, živali) in ljudi ter za potrebe študij daljinskega transporta.

Merilno mesto Iskrba je vključeno v program EMEP, ki se osredotoča predvsem na spremljanje depozicije, zakisljevanja in evtrofikacije v Evropi, merilno mesto Krvavec pa v program GAW za zgodnje opozarjanje in napovedovanje sprememb v kemijski sestavi ter v fizikalnih lastnostih atmosfere.

Podrobnejši opis merilnih mest, ki delujejo znotraj DMKZ, se nahaja na Atlasu okolja, na spletni strani www.arso.gov.si.

Tabela 1: Merilna mesta za meritve kakovosti zraka v letu 2012

Kraj	NV	GKKy	GKKx	Tip m. mesta	Tip območja	Značilnost območja	Geog. opis
DMKZ							
Ljubljana Bežigrad	299	462673	102490	B	U	RC	16
Ljubljana Biotehniška fakulteta	297	459457	100591	B	U	R	16
Maribor center	270	550305	157414	T	U	RC	16
Maribor Vrbanski plato*	280	548451	158494	B	U	R	16
Kranj	391	451356	122802	B	U	R	16
Novo mesto	214	514163	73066	B	U	R	16
Celje	240	520614	121189	B	U	R	16
Trbovlje	250	503116	110533	B	S	RCI	2
Zagorje	241	500070	109663	T	U	RCI	2
Hrastnik	290	506805	111089	B	U	IR	2
Nova Gorica	113	395909	91034	B	U	RC	32
Koper	56	399911	45107	B	U	R	32
Murska Sobota Rakičan	188	591591	168196	B	R(NC)	A	16
Velenje*	389	508928	135147	B	U	RCI	2
Žerjav	543	490348	149042	I	R	RA	2
Krvavec	1740	464447	128293	B	R(REG)	N	1
Iskrba	540	489292	46323	B	R(REG)	N	32
Otlica	918	415980	88740	B	R(REG)	N	1
MOBILNA postaja-DMKZ							
Ptuj	224	567763	142584	B	S		
Škofja Loka – Trata	361	449447	114786	B	S		
Škofja Loka - mesto	359	446858	114111	B	U		
OMS LJUBLJANA							
Ljubljana center	300	461919	101581	T	U	RC	16
EIS-TEŠ							
Šoštanj	362	504504	137017	I	S	I	2
Topolšica	399	501977	140003	B	S	IR	2
Veliki Vrh	555	503542	134126	I	R(REG)	A	32
Zavodnje	765	500244	142689	I	R(REG)	A	32
Velenje*	389	508928	135147	B	U	RCI	2
Graška gora	774	509905	141184	I	R(REG)	A	32
Pesje	391	506513	135806	B	S	IR	32
Škale	423	507764	138457	B	S	IR	32
EIS-TET							
Dobovec	695	506034	106865	I	R	A	32
Kovk	608	508834	109315	I	R	A	32
Ravenska vas	577	501797	108809	I	R	A	32
Kum	1209	506031	104856	B	R(REG)	I	1
Prapretno	380	506155	110524	I	R	A	32
Lafarge Cement							
Zelena trava	467	502393	109693	I	R	A	32
EIS-TEB							
Sv.Mohor	390	537299	93935	B	R	A	32
EIS-TE-TOL							
Vnajnarje	630	474596	100884	I	R	A	32
EIS MARIBOR							
Maribor Vrbanski plato*	280	548451	158494	B	U	R	16
Maribor Pohorje	725	544682	148933	B	R	A	32
EIS ANHOVO							
Morsko	130	394670	104013	B	R	AI	32
Gorenje Polje	120	393887	103094	B	R	AI	32

Legenda:

* Gre za isto merilno mesto

NV: nadmorska višina (m)
Tip m. mesta: B – ozadje
T – promet
I - industrijsko
Tip območja: U – mestno
S – predmestno
R - podeželsko
NC - obmestno
REG - regionalno

Značilnost območja: R – stanovanjsko
C- poslovno
I - industrijsko
A - kmetijsko
Geografska značilnost: N - naravno
1 – gorsko
2 - dolina
4 – obala
16 – ravnina
32 – razgibano

Tabela 2: Meritve onesnaževal in meteoroloških parametrov na merilnih mestih v letu 2012

Kraj	žveplov dioksid SO ₂	ozon O ₃	dušikovi oksidi NO ₂ , NO _x	delci PM ₁₀	delci PM _{2,5}	ogljikov monoksid CO	lahko-hlapni ogljikovodiki	težke kovine in PAH v delcih PM ₁₀	žveplove in dušikove spojine/anorganski ioni	težke kovine in ioni v delcih PM _{2,5}	EC/O C v PM _{2,5}	zivo srebro Hg	met. param.
DMKZ													
Ljubljana Bežigrad	+	+	+	+		+	+						+
Ljubljana BF				+	+			+		+	+		
Maribor center	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+
Maribor Vrbanski p.*					+					+	+		
Kranj				+									
Novo mesto				+									+
Celje	+	+	+	+									+
Trbovlje	+	+	+	+		+							+
Zagorje	+	+	+	+									+
Hrastnik	+	+		+									+
Nova Gorica		+	+	+									+
Koper		+		+									+
Murska S. Rakičan		+	+	+									+
Žerjav				+				***					
Krvavec		+				+							+
Iskrba	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+
Otlica		+											+
Velenje				+									
Mobilna postaja	+	+	+	+		+	+						+
OMS LJUBLJANA													
Ljubljana center	+		+	+			+						+
EIS-TEŠ													
Šoštanj	+												+
Topolšica	+												+
Veliki Vrh	+												+
Zavodnje	+	+	+										+
Velenje	+	+											+
Graška gora	+												+
Pesje	+			+									
Škale	+		+	+									+
EIS-TET													
Dobovec	+		+	+									+
Kovk	+	+	+	+									+
Ravenska vas	+												+
Kum	+												+
Prapretno				+									+
Lafarge Cement													
Zelena trava	+		+	+			+						+
EIS-TEB													
Sv.Mohor	+	+	+										+
EIS-TE-TOL													
Vnajnarje	+	+	+	+									+
EIS MARIBOR													
Maribor Vrbanski p.*		+	+	+									+
Maribor Pohorje		+											
EIS ANHOVO													
Morsko				+									
Gorenje Polje				+									

Legenda:

* Gre za isto merilno mesto

PM₁₀ delci z aerodinamičnim premerom do 10 µm
 PM_{2,5} delci z aerodinamičnim premerom do 2,5 µm
 PAH policiklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM₁₀
 Težke kovine arzen, kadmij, nikelj in svinec v delcih PM₁₀ in PM_{2,5}
 ** samo analiza težkih kovin

Meteorol. parametri: temperatura zraka v okolici
 hitrost vetra
 smer vetra
 relativna vlažnost zraka
 zračni tlak (se ne meri na Iskrbi)
 globalno sončno sevanje

Merilne metode in kakovost meritev

mag. Tanja Bolte, Mateja Gjerek

Za oceno kakovosti zraka izvajamo meritve koncentracij onesnaževal v zunanjem zraku, ki zahtevajo merilno opremo z visoko selektivnostjo, občutljivostjo, natančnostjo in stabilnostjo.

Zagotavljanje kakovosti podatkov

Merilna mreža DMKZ

Onesnaževala žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikovi oksidi, ozon, nereferenčna metoda za delce PM₁₀, ogljikov monoksid in lahko hlapni ogljikovodiki se določajo z merilno opremo, katere rezultati so koncentracije v realnem času - t.i. urni podatki.

Koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} spremljamo na vseh merilnih mestih z referenčno merilno metodo. Meritve potekajo v 24-urnih intervalih, rezultati so dnevne koncentracije, ki so na voljo šele po tehtanju filtrov (navadno se koncentracije podajajo za mesec nazaj). Za določitev težkih kovin, PAH, ionov v PM₁₀ in PM_{2,5} je potrebna analiza vzorčenih filtrov, rezultati so na voljo po zaključku analize.

Priloga 6 Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/ določa, da je potrebno za plinasta onesnaževala prostornino standardizirati pri temperaturi 293 K in tlaku 101,3 kPa. Za delce in snovi, ki jih je potrebno analizirati v delcih (npr. svinec), pa se obseg vzorčenja nanaša na pogoje v zunanjem zraku, in sicer glede na temperaturo in tlak na dan meritev.

Meritve izvajamo na stalnih merilnih mestih. Običajno so merilniki nameščeni v kontejnerjih, ki so opremljeni s klimatsko napravo in ADSL linijo, preko katere poteka prenos podatkov na ARSO vsakih 30 minut. Gravimetrični merilniki za delce, so postavljeni na strehi kontejnerja (višina 4 m). V primeru ograjenega oz. kakorkoli drugače zavarovanega prostora pa je merilnik od tal dvignjen 1,5 metra.

Merjenje koncentracij onesnaževal poteka na merilni postaji večinoma avtomatsko. Preko programske opreme postajni računalnik zbira informacije o stanju postaje in meritvah ter vse dobljene podatke združi v polurno datoteko. V polurni datoteki so podatki o stanju postaje, to so temperatura postaje, datum in čas meritve ter podatki o meteoroloških meritvah in meritvah vseh onesnaževal, ki se merijo na danem merilnem mestu.

V polurnem zapisu za posamezno onesnaževalo so zbrani podatki o tipu merilnika, statusu merilnika, o povprečni polurni koncentraciji, o številu meritev ter maksimalni in minimalni izmerjeni vrednosti znotraj polurnega intervala. Tu najdemo tudi informacijo o dnevnem preverjanju merilnika, in sicer podatke o izmerjenih vrednosti ničle in znane testne koncentracije ter datumu in uri izvedbe te kontrolne meritve. Vsaki meritvi je dodana tudi veljavnost podatka.

Že na samem merilnem mestu namreč potekajo prvostopenjske kontrole. Pri teh kontrolah se preverja število minutnih meritev znotraj polurnega intervala, preverjajo se izmerjene vrednosti glede na vnaprej določene meje (maksimum, minimum) in alarmne vrednosti, preverja se status

merilnika in stanje merilnika glede na to, ali se v polurnem intervalu izvaja meritev, kontrolna meritev ali servisni poseg. Kar ni zajeto v tem popisu opozoril oziroma napak, se označi s posebnim statusom.

Nadaljnja kontrola poteka na ARSO, ko so s postaje preneseni vsi podatki in so le ti že vpisani v bazo. Nadzor nad stalnimi meritvami izvajamo s pomočjo programske opreme, ki je bila razvita na ARSO za potrebe kontrole meritev (Prikaz podatkov, Prikaz_EKO_ZRAK ter Prikaz_METEO). Programi omogočajo redno spremljanje ekoloških in meteoroloških podatkov o onesnaženosti zraka. Hkrati pa lahko spremljamo tudi informacije o stanju postaje.

Splošni pregled delovanja avtomatske merilne opreme na AMP izvajamo dnevno. Nadzor nad delovanjem merilne opreme izvaja Sektor za kakovost zraka, ki je zadolžen za kontrolo podatkov, in Sektor za vzdrževanje in razvoj merilnih mrež. Pregledajo se podatki s postaj, napake se vpišejo v Obratovalne dogodke informacijskega sistema merilnih mrež. Koristne so tudi vse zabeležke o opažanjih, nepravilnostih ter posegih na postaji in merilnikih. Pri večjih napakah se posvetujemo z vzdrževalci merilne opreme v SVRMM ali informatiki. V primeru izpadov podatkov in kakršnih koli nepravilnosti na merilnem mestu v najkrajšem možnem času skupaj z odgovorno osebo preverimo vzrok izpada oz. nepravilnosti in napako odpravimo. V primeru, da napake ne moremo odpraviti sami, o tem obvestimo pooblaščenega zunanjega serviserja.

Najobsežnejša kontrola podatkov se izvede enkrat mesečno. Takrat se še enkrat pregledajo vse meritve in pripadajoče veljavnosti, preveri stabilnost merilnikov, opravi se primerjava meritev na vseh postajah in raziščejo se vzroki, ki bi lahko vplivali na meritve.

Kakovost podatkov zagotavljamo tudi z oceno merilne negotovosti, ki je ocenjena za vsako onesnaževalo. Celotna merilna negotovost je sestavljena iz več komponent, ki so podrobno opisani v standardih za posamezen parameter. Merilno negotovost za posamezno onesnaževalo smo ocenili in je v skladu z zahtevami zakonodaje. Sistem zagotavljanja kakovosti podatkov na EMEP/GAW merilnih mestih sledi splošnim ciljem programov EMEP in GAW.

Dopolnilna merilna mreža

Zahteve za zagotavljanje kakovosti meritev morajo biti v dopolnilnih mrežah skladne z zahtevami v DMKZ in so predpisane v *Uredbi o kakovosti zunanjega zraka /2/* in *Pravilniku o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/*. Zagotavljanje skladnosti z DMKZ zahteva vzpostavitev sistema nadzora skladnosti obratovalnega monitoringa z AMP, kar obsega nadzor nad delovanjem merilne opreme in nadzor skladnosti meritev.

Nadzor nad delovanjem merilne opreme spremlja odgovorna oseba redno dnevno. V primeru okvar, izpadov podatkov oziroma nepravilnosti pri merjenju, se na podlagi prejetih podatkov o delovanju opreme ugotovi vzrok napake in poskrbi za odpravo morebitnih napak.

Nadzor skladnosti meritev je zasnovan 4 nivojsko:

- *prvi nivo*: izbira analizatorjev, ki ustrezajo zahtevam referenčnih metod za merjenje koncentracij onesnaževal v zunanjem zraku,
- *drugi nivo*: izbira lokacije AMP, ustreznost sistema vzorčenja, sistema za zajem podatkov, pogojev okolja, program rednih pregledov in vzdrževanja,
- *tretji nivo*: nadzor skladnosti delovanja merilne opreme, linearnosti, negotovosti meritev, izpolnjevanja zahtev glede razpoložljivosti meritev
- *četrti nivo*: validacija izmerjenih vrednosti, ocena merilne negotovosti, statistična analiza izmerjenih vrednosti, nadzor odstopanja od predpisanih mej.

Zaradi možnosti kasnejše medsebojne primerjave merilnih rezultatov se zahteva, da uporabljena merilna oprema in vzpostavljen sistem, nista unikatna ampak delujeta po sprejetih dogovorjenih standardiziranih principih. To določata prva dva nivoja skladnosti, ki sta zahtevana tudi s predpisi. Nivoja skladnosti 3. in 4. se osredotočata na izvajanje in zagotavljanje skladnosti meritev. Tako podatki, ki uspešno prestanejo 3. nivo nadzora skladnosti predstavljajo izmerjene vrednosti. Te se sproti objavljajo na spletnih straneh in imajo status informativnih podatkov. Vzporedno s 3. nivojem poteka 4. nivo oziroma validacija izmerjenih vrednosti. Podatki, ki uspešno prestanejo ta nivo skladnosti so merilni rezultati, ki se jih objavi skladno z zahtevami standarda EN ISO/IEC 17025. Z objavo merilnih rezultatov v mesečnem oziroma letnem poročilu o stanju kakovosti zraka, dobijo merilni rezultati status dokončnih podatkov in so posredovani ARSO oziroma Evropski okoljski agenciji.

V nadaljevanju so predstavljene referenčne metode za ocenjevanje koncentracij posameznih onesnaževal. ARSO v državni merilni mreži uporablja merilnike, katerih metoda je v skladu s spodaj navedenimi standardi.

Referenčna metoda za merjenje žveplovega dioksida

Standard SIST EN 14212:2012 - Kakovost zunanjšega zraka – Standardna metoda za določevanje koncentracije žveplovega dioksida z ultravijolično fluorescenco.

Referenčna metoda za merjenje dušikovega dioksida in dušikovih oksidov

Standard SIST EN 14211:2012 – Kakovost zunanjšega zraka - Standardna metoda za določevanje koncentracije dušikovih oksidov - Kemoluminiscenčna metoda.

Referenčna metoda za merjenje ogljikovega monoksida

Standard SIST EN 14626:2012 - Kakovost zunanjšega zraka – Standardna metoda za določevanje koncentracije ogljikovega monoksida z nedisperzivno infrardečo spektroskopijo.

Referenčna metoda za merjenje ozona

Standard SIST EN 14625:2012 - Kakovost zunanjšega zraka – Standardna metoda za določevanje koncentracije ozona z ultravijolično fotometrijo.

Referenčna metoda za vzorčenje in merjenje benzena

Standard SIST EN 14662-3:2012 - Kakovost zunanjšega zraka – Standardna metoda za določanje koncentracije benzena – 3. del: Avtomatsko vzorčenje s prečrpavanjem in določanje s plinsko kromatografijo na kraju samem (in situ).

Referenčna metoda za vzorčenje in merjenje delcev PM₁₀

Standard SIST EN 12341:2000 - Kakovost zunanjšega zraka – Določitev frakcije suspendiranih delcev PM₁₀ – Referenčna metoda in terenski preskusni postopek za potrditev enakovrednosti merilnih metod. Načelo meritve temelji na zbiranju frakcije delcev PM₁₀ v zunanjem zraku na filtru in na gravimetričnem določanju mase.

Referenčna metoda za vzorčenje in merjenje delcev PM_{2,5}

Standard SIST EN 14907:2005 – Kakovost zunanjšega zraka – Standardna gravimetrična metoda za določevanje masne frakcije suspendiranih delcev PM_{2,5}.

Meritve delcev PM_{2,5} in PM₁₀ izvajamo z referenčnimi merilniki. Uporabljamo steklene ali kvarčne filtre. Časovna resolucija je 24 ur. Menjava filtrov poteka avtomatsko, ob 24.00 uri po lokalnem času. Na merilnem mestu Iskrba menjava filtrov poteka v skladu z EMEP zahtevami, ob 8:30 uri.

Referenčna metoda za vzorčenje in merjenje arzena, kadmija, niklja in svinca v delcih PM₁₀

Standard SIST EN 14902:2005 - Kakovost zunanjega zraka – Standardna metoda za določevanje Pb, Cd, As in Ni v frakciji PM₁₀ lebdečih delcev.

Metoda za vzorčenje in analizo policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) v PM₁₀

Standard SIST EN 15549:2008 – Kakovost zraka – Standardna metoda za določevanje koncentracije benzo(a)pirena (BaP) v zunanjem zraku.

PAH ne določamo v skladu z referenčno metodo, ki je navedena v *Pravilniku o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /2/*. Metoda je validirana, v začetku leta 2011 je bila presojana s strani Slovenske akreditacije.

Vzorčenje in analiza ionov v delcih PM_{2,5} in PM₁₀

Trenutno analize izvajamo v vodnem ekstraktu z ionsko kromatografijo, v skladu s standardom SIST ISO 10304-1.

Vzorčenje in analiza OC/EC v delcih PM_{2,5} in PM₁₀

Uporabljamo protokol EUSAAR 2.

Za določevanje *ionov* ter za določevanje *elementarnega/organskega ogljika v delcih PM_{2,5} in PM₁₀* v zakonodaji ni predpisane metode. V veljavi sta »Tehnični poročili«, ki bosta osnovi za standard.

Metoda za vzorčenje in analizo elementarnega živega srebra v zunanjem zraku

Referenčna metoda za merjenje elementarnega živega srebra v zunanjem zraku je avtomatizirana metoda, ki temelji na atomski absorpcijski spektrometriji ali atomski fluorescenčni spektrometriji.

Dušikov dioksid – EMEP metoda

Meritve dušikovega dioksida v zraku izvajamo z jodidno absorpcijsko EMEP metodo z impregniranimi steklenimi fritami.

Žveplove in dušikove spojine ter anorganski ioni – EMEP metoda

Za mednarodna programa EMEP in GAW meritve žveplovih (S) in dušikovih (N) spojin ter še nekaterih drugih anorganskih ionov v zraku izvajamo po EMEP metodi z impregniranimi filtri.

Določevanje celokupnega živega srebra v padavinah

Metoda temelji na EMEP metodi. Metoda, ki smo jo uporabili je bila validirana v Odseku za znanosti o okolju na IJS in je v postopku akreditacije pri Slovenski akreditacijski službi (SDN-O2-HG (01)).

Analizne metode so podrobneje opisane v poglavju – Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje.

Tabela 1: Meritve kakovosti zunanjega zraka

Onesnaževalo	Tip merilnika/vzorčevalnika	Merilni princip
SO ₂	MLU, ML	ultravijolična fluorescenca
NO ₂	MLU, API, TEI	kemoluminiscenca
O ₃	MLU, API, TEI	ultravijolična fotometrična metoda
CO	MLU	nedisperzivna infrardeča absorpcija
VOC	AirmoVOC	plinski kromatograf
PM ₁₀	TEOM, TEOM-FDMS referenčni merilnik Leckel, Digitel, Derenda	oscilirajoča mikrotehnična gravimetrična metoda
PM _{2,5}	referenčni merilnik	gravimetrična metoda
Ioni v delcih PM _{2,5} in PM ₁₀	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ionska kromatografija
EC/OC v delcih PM _{2,5} in PM ₁₀	referenčni merilnik	gravimetrična metoda OC/EC analizator z optično korekcijo
Težke kovine v delcih PM ₁₀	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ICP-MS metoda
Policiklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM ₁₀ (PAH)	referenčni merilnik	gravimetrična metoda plinskim kromatografom sklopljen z masnim spektrometrom (GC-MS),
Levoglukoza v PM ₁₀	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ionska kromatografija
Elementarno živo srebro v zraku	Mercury Instruments Analytical Technologies	atomska absorpcijska spektroskopija hladnih par
SO ₄ ²⁻ (g), SO ₄ ²⁻ (p), NO ₃ ⁻ (p)+HNO ₃ (g), NH ₄ ⁺ (p)+NH ₃ (g), Na ⁺ (p), K ⁺ (p), Ca ²⁺ (p), Mg ²⁺ (p), Cl ⁻ (p)	NILU EK vzorčevalnik zraka	ionska kromatografija
NO ₂ (g)	NILU SS200 vzorčevalnik zraka	Spektro fotometrija

Legenda:

(g) - plinasta faza

(p) - delec (trdni in/ali kapljica)

Umerjevalni laboratorij – parametri kakovosti zraka

mag. Drago Groselj

Umerjevalni laboratorij Agencije RS za okolje je v letu 2012 umerjanja analizatorjev in izvorov plina, ki se uporabljajo v merilni mreži onesnaženosti zraka, izvajal za naslednje parametre kakovosti zraka: ogljikov monoksid, žveplov dioksid, dušikove okside in ozon.

Umerjevalni laboratorij je akreditiran po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005 za področje parametrov zraka od leta 2005. Akreditirane kalibracije se izvajajo izključno v Umerjevalnem laboratoriju. Umerjevalni laboratorij ima tudi status referenčnega laboratorija za področje kakovosti zunanjega zraka (mednarodni nivo) in kot tak sodeluje v evropskem združenju AQUILA – mreže referenčnih laboratorijev za kakovost zraka.

Na področju medlaboratorijskih primerjav Umerjevalni laboratorij redno sodeluje v mednarodni interkomparaciji v Joint Research Centru (JRC) v Ispri za naslednje parametre kakovosti zraka: ogljikov monoksid, dušikove okside, žveplov dioksid in ozon.

Merilne metode

Umerjevalni laboratorij uporablja referenčne metode za ocenjevanje koncentracij ogljikovega monoksida, žveplovega dioksida, dušikovih oksidov in ozona skladno z *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka /2/* in sicer:

- Ogljikov monoksid - standardna metoda za določevanje koncentracij ogljikovega monoksida z nedisperzivno infrardečo spektroskopijo.
- Žveplov dioksid - standardna metoda za določevanje koncentracij žveplovega dioksida z ultrazvočno fluorescenco.
- Dušikove okside - standardna metoda za določevanje koncentracij dušikovih oksidov s kemolimniscenco.
- Ozon - standardna metoda za določevanje koncentracij dušikovih oksidov z ultrazvočno fotometrijo.

Pri umerjanju, in tudi v monitoringu kakovosti zunanjega zraka, se zagotavlja sledljivost meritev do nacionalne oziroma mednarodne ravni z nabavo referenčnih materialov, z umerjanjem plinskih mešanic v jeklenkah in analizatorjev v izbranem akreditiranem laboratoriju ter s sodelovanjem v mednarodnih medlaboratorijskih primerjalnih meritvah.

Sledljivost kalibracij

Pri kalibracijah ogljikovega monoksida, žveplovega dioksida ter dušikovih oksidov se uporabljajo certificirani referenčni materiali – stabilen izvor plina, ki je kalibriran v akreditiranem češkem hidrometeorološkem inštitutu (CHMI).

Certificirane referenčne materiale se uporablja za diseminacijo vrednosti na delovne etalone (analizatorje). Za doseganje najboljših merilnih rezultatov pri kalibraciji se certificirani referenčni materiali lahko uporabljajo tudi pri kalibraciji inštrumenta (analizatorja), ki se kalibrira. Običajno pa se za nadaljnjo diseminacijo vrednosti uporablja delovni etalon, s katerim lahko kalibriramo merilne inštrumente (analizatorje ali izvore plinov – jeklenke), pri čemer se uporablja izvor plina, ki ni certificiran.

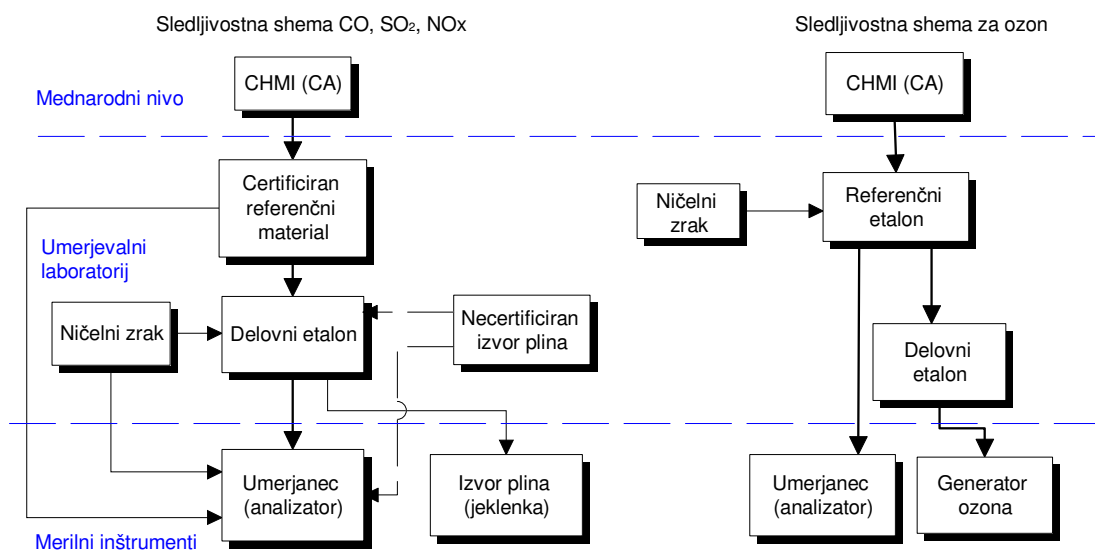
V primeru umerjanja analizatorjev ozona pa se, kot referenčni etalon, uporablja generator ozona, ki je sledljiv na CHMI. Z njim se umerja delovni etalon ali pa direktno merilni inštrument.

Kalibracije se izvajajo v treh kalibracijskih točkah (ničelni zrak, na sredini merilnega območja in na zgornji meji merilnega območja), razen v primeru ozona, kjer je takih kalibracijskih točk lahko več (tipično pet).

Poleg same kalibracije se, za vsak merilni inštrument, v Umerjevalnem laboratoriju izvede tudi test primernosti, ki vključuje še presoje dodatnih metroloških lastnosti merilnih inštrumentov skladno z zakonodajo. Test primernosti vključuje še naslednje meroslovne parametre:

- Test odzivnosti: odzivni čas pri naraščanju koncentracije in odzivni čas pri padanju koncentracije.
- Linearnost: za oceno linearnosti se izvajajo meritve v šestih koncentracijah.
- Kratkotrajno lezenje: kratkotrajno lezenje ničle ter kratkotrajno lezenje spana.
- Test ponovljivosti: ponovljivost ničle ter ponovljivost spana.
- Pri analizatorjih dušikovih oksidov se izvaja tudi test učinkovitosti NO konverterja ter Test koncentracije NO₂.

Umerjanja in 'testi primernosti' merilnih inštrumentov mreže kakovosti zraka so se v letu 2012 izvajali enkrat letno.



Slika 1: Sledljivostna shema kalibracij v Umerjevalnem laboratoriju

Najboljše merilne zmogljivosti Umerjevalnega laboratorija na področju kalibracij parametrov kakovosti zraka so zajete v tabeli 1.

Tabela 1: Najboljše merilne zmogljivosti Umerjevalnega laboratorija na področju kalibracij parametrov kakovosti zraka

Plinske mešanice			
	Območje	Najboljša merilna zmogljivost	Opombe
Koncentracija CO	300 ÷ 15000 ppbv	280 ppbv + c·0.036	primerjalna metoda
Koncentracija SO ₂	3 ÷ 500 ppbv	2.8 ppbv + c·0.058	primerjalna metoda
Koncentracija NO	2 ÷ 500 ppbv	2.1 ppbv + c·0.075	primerjalna metoda
Koncentracija NO ₂	4 ÷ 500 ppbv	4.2 ppbv + c·0.072	primerjalna metoda
Koncentracija O ₃	6 ÷ 500 ppbv	5.0 ppbv + c·0.034	primerjalna metoda
Analitski inštrumenti - monitorji			
	Območje	Najboljša merilna zmogljivost	Opombe
Analizator CO	0 ÷ 13700 ppbv	170 ppbv + c·0.02	direktna metoda
	0 ÷ 15000 ppbv	280 ppbv + c·0.036	primerjalna metoda
Analizator SO ₂	0 ÷ 380 ppbv	1.8 ppbv + c·0.05	direktna metoda
	0 ÷ 500 ppbv	2.8 ppbv + c·0.058	primerjalna metoda
Analizator NO	0 ÷ 427 ppbv	1.5 ppbv + c·0.047	direktna metoda
	0 ÷ 500 ppbv	2.1 ppbv + c·0.075	primerjalna metoda
Analizator NO ₂	0 ÷ 500 ppbv	4.2 ppbv + c·0.072	primerjalna metoda
Analizator O ₃	0 ÷ 500 ppbv	4.9 ppbv + c·0.03	direktna metoda

Legenda:

c - koncentracija plinske mešanice.

direktna metoda - pri kalibraciji se uporabi certificirani referenčni material.

primerjalna metoda - pri kalibraciji se uporabi delovni etalon.

Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje

Irena Kranjc

V letu 2012 je vse kemijske analize v delcih in v padavinah (z izjemo živega srebra) izvajal Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje.

Električna prevodnost

Električna prevodnost se določa v padavinah, v skladu s standardom SIST EN 27888. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji. Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana Bežigrad in Iskrba in tedenske padavine iz merilnih postaj Rateče Planica, Murska Sobota Rakičan in Škocjan. Električno prevodnost merimo s konduktometrom WTW InoLab 730. Rezultate podajamo v $\mu\text{S}/\text{cm}$ pri 25°C.

pH

pH se določa v padavinah, v skladu s standardom SIST ISO 10523. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji. Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana Bežigrad in Iskrba in tedenske padavine iz merilnih postaj Rateče Planica, Murska Sobota Rakičan in Škocjan.

Glavni ioni

Anioni (Cl^- , NO_3^- , in SO_4^{2-}) in kationi (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} in Ca^{2+}) se določajo v padavinah in v vzorcih filtrov zunanjega zraka.

Padavine

Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana Bežigrad in Iskrba in tedenske padavine iz merilnih postaj Rateče Planica, Murska Sobota Rakičan in Škocjan. Anione določamo v skladu s standardom SIST EN ISO 10304-1, katione pa v skladu s standardom SIST EN ISO 14911. Obe metodi sta akreditirani pri Slovenski akreditaciji.

Filtri

Analizirajo se dnevni filtri iz filter kompletov (»filter pack«) iz merilne postaje Iskrba. Vzorčenje je 24-urno, s pretokom zraka okrog 14 L/min. Komplet je sestavljen iz treh zaporednih filtrov - teflonski, oksalni in KOH filter. Prvi teflonski filter zbira lebdeče delce velikosti 0.1-10 μm . Na tem filtru določamo koncentracije aerosolov SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ in K^+ . Drugi, celulozni filter Whatman 40, je impregniran z raztopino KOH, ki absorbira kisle pline SO_2 in HNO_3 . Tretji, prav tako celulozni filter Whatman 40, je impregniran z oksalno kislino in je namenjen vzorčenju NH_3 . Metoda omogoča v primeru žvepla dobro ločitev med plinsko fazo (SO_2) in trdno fazo (aerosol SO_4^{2-}), v primeru oksidirane in reducirane oblike dušika pa ločitev ni popolna, zato podajamo rezultat meritve kot vsoto koncentracij v plinski fazi (HNO_3 in NH_3) in trdi fazi (aerosoli NO_3^- in NH_4^+), t.j. $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$ in $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$.

Prašni delci $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{10}

Analizirajo se tudi dnevni vzorci prašnih delcev $\text{PM}_{2,5}$ (na kvarčnem filtru \varnothing 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba, Ljubljana, Maribor in Maribor-Vrbanski plato ter dnevni vzorci prašnih delcev PM_{10} (na kvarčnem filtru \varnothing 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji.

Anione in katione določamo v skladu s standardom SIST EN ISO 10304-1 in s standardom SIST EN ISO 14911 ter vodilom KZZ - Vodilo za merjenje anionov in kationov v frakciji PM 2,5; SIST-TP CEN/TR 16269, 2011. Analizna metoda za filtre še ni v obsegu akreditacije.

Inštrumentalna analiza

Anione določamo z ionskim kromatografom Dionex DX – 120 s prevodnostnim detektorjem, kolono IonPack AS14, predkolono Ion Pac AG14, supresorjem ASRS-ULTRA 4 mm, mobilno fazo 3,5 mM Na_2CO_3 /1,0 mM NaHCO_3 , 100 μL zanko, pretokom 1,6 mL/min. Predkolona služi za zaščito kolone, medtem ko supresor zmanjša prevodnost ozadja, kar olajša detekcijo.

Katione analiziramo z ionskim kromatografom Shimadzu, s prevodnostnim detektorjem, kolono Shodex IC YK - 421, predkolono Shodex IC YK - G, mobilno fazo 5 mM Tatrarna kislina + 1 mM Piridinska kislina + 24 mM Borna kislina, volumen injiciranega vzorca 100 μL , pretokom 1,0 mL/min.

Koncentracije ionov v padavinah in koncentracije ionov na filtrih iz filter kompletov podajamo v mg/L. Koncentracije ionov v prašnih delcih $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{10} pa v $\mu\text{g}/\text{filter}$.

Sladkorji in njihovi derivati

Sladkorji in njihovi derivati se določajo v vzorcih filtrov zunanjega zraka. Določa se 9 sladkorjev oziroma njihovih derivatov, in sicer ksilitol, levoglukozan, arabitol, manitol, galaktosan, glukoza, galaktoza, fruktoza in saharoza. Med temi je iz vidika interpretacije podatkov o sestavi delcev najpomembnejši levoglukozan, ki nastaja kot posledica izgorevanja biomase. Analizirajo se dnevni

vzorci prašnih delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru Ø 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji.

Inštrumentalna analiza

Sladkorje in njihove derivate določamo z ionskim kromatografom Dionex ICS-3000. Tehnika temelji na sklopitvi med separacijo na visoko selektivni anionsko izmenjevalni koloni in detekciji s pulzno amperometričnim detektorjem. Separacija poteka pri visoki pH vrednosti na koloni Dionex CarboPac MA1 in predkoloni MA1 (4 x 50 mm).

Za ločitev je uporabljen sledeči gradient (Y. Iinuma et.al, Atmospheric Environment 43, 2009, 167-1371):

- 0-20 min: 0,48 mol L⁻¹ NaOH
- 20-35 min: linearno naraščanje koncentracije med 0,48 in 0,65 mol L⁻¹ NaOH
- 35-45 min: 0,65 mol L⁻¹ NaOH
- 45-60 min: ekvilibracija kolone na 0,48 mol L⁻¹ NaOH

Pretok eluenta je 0,4 mL min⁻¹, na kolono se injicira 50 µL vzorca.

Pulzno amperometrična detekcija je osnovana na meritvi toka, ki nastane pri oksidaciji sladkorjev na površini zlate elektrode. Ker se produkti oksidacije vežejo na površino, jo je potrebno med posameznimi meritvami regenerirati. To se naredi s pomočjo uporabe dovolj visoke napetosti, ki oksidira površino zlate elektrode, kar povzroči desorbcijo produktov oksidacije. Napetost se nato zniža in elektrodna površina se ponovno reducira do zlata. Pulzno amperometrična detekcija torej obsega ponavljajoče sekvence treh napetosti, ki si sledijo v kratkih časovnih intervalih. Možne so različne oblike sekvenc napetosti. Uporabljena je bila standardna oblika s štirimi potenciali (standard quadruple waveform).

Koncentracije sladkorjev podajamo v mg/filter.

Elementi v sledovih

Elementi v sledovih se določajo v padavinah (⁵³Cr, ⁵⁸Ni, ⁶³Cu, ⁶⁶Zn, ⁷⁵As, ¹¹¹Cd in ²⁰⁶⁺²⁰⁷⁺²⁰⁸Pb) in v vzorcih filtrov zunanjega zraka (²⁷Al, ⁵¹V, ⁵³Cr, ⁵⁵Mn, ⁵⁷Fe, ⁵⁸Ni, ⁵⁹Co, ⁶³Cu, ⁶⁶Zn, ⁷⁵As, ⁸²Se, ⁷¹Ga, ⁸⁸Sr, ⁹⁸Mo, ¹¹¹Cd, ¹²¹Sb, ²⁰⁶⁺²⁰⁷⁺²⁰⁸Pb in ²⁰⁵Tl).

Padavine

Elementi v sledovih se določajo v skladu s standardom SIST EN ISO 17294-2 in EMEP navodili. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

Analizirajo se tedenske padavine iz merilne postaje Iskrba. Poleg vzorcev tedenskih padavin se analizirajo tudi slepi vzorci in suhe usedline. Slepí vzorec predstavlja nakisana MQ voda, s katero vzorčevalec spere lijak ob začetku zbiranja vzorca padavine, s čimer se kontrolira čistost vzorčevalnika. Suho usedlino pa predstavljajo delci, ki se naberejo na lijaku vzorčevalnika in jih vzorčevalec spere v posodo z 1% HNO₃ v MQ vodi po koncu vzorčenja.

Filtri

Elementi v sledovih se določajo v skladu s standardom SIST EN 14902. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

Analizirajo se dnevni vzorci delcev PM_{2,5} in PM₁₀ (na kvarčnem filtru Ø 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba, Ljubljana, Maribor in Maribor-Vrbanski plato ter dnevni vzorci delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru Ø 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji.

Pripravo vzorca za analizo izvedemo s kislinskim razklopom v mikrovalovni pečici. Za razklop uporabljamo 8 mL HNO₃ in 2 mL H₂O₂. Temperaturno kontroliran razklop v mikrovalovni pečici doseže najvišjo temperaturo 220°C, traja pa 55 minut.

Inštrumentalna analiza

Elemente v sledovih določamo z masnim spektrometrom, z vzbujanjem v induktivno sklopljeni plazmi (ICP-MS), Perkin Elmer Elan 6100. Standardne raztopine za umeritveno krivuljo so pripravljene z ustrežno koncentracijo dušikove kisline, in sicer 1 mL HNO₃ na 100 mL za padavine oziroma 16 mL HNO₃ na 100 mL za filtre. Pri kvantizaciji si pomagamo tudi z internimi standardi, ki kompenzirajo trenutne pogoje na inštrumentu. Pri padavinah kot interni standard uporabljamo samo Rh, pri filtrih pa Sc, Ge, Rh in Gd. Koncentracije elementov v sledovih v padavinah podajamo v µg/L padavine, v prašnih delcih PM_{2,5} in PM₁₀ pa v µg/filter.

PAH

Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) se določajo v padavinah in v vzorcih filtrov zunanjega zraka. Določa se 7 PAH, in sicer benzo(a)piren, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(123-cd)piren in dibenzo(ah)antracen.

Padavine

PAH v padavinah se določajo v skladu s standardom pr EN 15980. Analizna metoda je validirana, vendar še ni v obsegu akreditacije. Analizirajo se tedenske padavine iz merilne postaje Iskrba. Preden se zamenja steklenica v vzorčevalniku, se lijak spere s 150 mL metanola, da se v vzorec spere tudi suha usedlina, oziroma delce, ki se tekom tedna naberejo na lijaku vzorčevalnika. Poleg vzorcev tedenskih padavin se analizirajo tudi slepi vzorci. Slepí vzorec predstavlja MQ voda, s katero vzorčevalec spere lijak ob začetku zbiranja vzorca padavine, s čimer se kontrolira čistost vzorčevalnika.

Filtri

PAH se določajo v skladu s standardom SIST EN 15549. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji. Analizirajo se dnevni vzorci prašnih delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru Ø 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba, Ljubljana in Maribor ter dnevni vzorci prašnih delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru Ø 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji.

Pripravo vzorca za analizo izvedemo z ekstrakcijo v mikrovalovni pečici, z mešanico topil heksan : aceton (1:1). Temperaturno kontroliran razklop v mikrovalovni pečici doseže najvišjo temperaturo 100°C, traja pa 45 minut. Ekstrakt nato skoncentriramo v toku dušika na nekaj mL ter ga čistimo na SPE koloni, ki je polnjena s siliko (Si) kot trdno fazo. PAH eluiramo iz SPE kolone z mešanico topil heksan : diklorometan (2:3), ostale snovi pa ostanejo na SPE koloni. Dobljen eluat skoncentriramo na 1 mL, topilo pa zamenjamo v aceton.

Inštrumentalna analiza

PAH določamo s plinskim kromatografom, ki je sklopljen z masnim spektrometrom (GC-MS), Agilent Technologies 6890 GC / 5975 MS, na ultra inertni koloni DB-5, dolžine 30 m, premera 0,25 mm, z debelino nanosa stacionarne faze 0,25 µm. Na kolono injiciramo 1 µL vzorca. Benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten in benzo(k)fluoranten so težko kromatografsko ločljivi, zato jih podajamo kot vsoto. Kot detektor uporabljamo masni spektrometer, ki poleg tega posname tudi masni spekter spojine, katerega se lahko uporabi za identifikacijo spojine. Rezultati so avtomatsko popravljeni za izkoristek posameznega vzorca. Koncentracije PAH v padavinah podajamo v ng v padavini, v prašnih delcih PM₁₀ pa v ng/filter.

NO₂

NO₂ se določa v vzorcih zunanjega zraka. Analizno metodo izvajamo v skladu z EMEP navodili, metoda je validirana, vendar ni v obsegu akreditacije.

Analizirajo se dnevni vzorci iz merilne postaje Iskrba. Metoda je primerna za vzorčevalna mesta, kjer so koncentracije dušikovega dioksida nizke, t.j. za območje 0,1–10 µg NO₂-N/m³. Izpostavljeni vzorci so stabilni več tednov, zato je omenjena metoda primerna tudi takrat, ko je vzorčevalno mesto oddaljeno od kemijskega laboratorija. Za vzorčenje se uporabljajo steklene frite, v katerih je filter debeline 4 mm, premera 25 mm in poroznosti 40-60 µm. Zrak s pretokom približno 0,5 L/min črpamo skozi stekleno frito, ki je impregnirana z NaJ in NaOH. NO₂ iz zraka se absorbira na frito in J reducira NO₂ do NO₂⁻.

Inštrumentalna analiza

Koncentracijo NO₂ v zraku določamo spektrofotometrično, z jodidno absorpcijsko metodo (modificirana Griessova metoda).

Po vzorčenju v izpostavljeno stekleno frito dodamo raztopino za redukcijo (trietanolamin v MQ vodi), ki reducira nastali J₂ v J⁻. Nato ekstraktu dodamo barvni reagent (sulfanilamid, NEDA (N-(1-naftil)-etilendiamin-dihidroklorid), H₃PO₄). NO₂⁻ in sulfanilamid ob dodatku NEDA v kislih raztopinah tvorita vijolično azo barvo. Po 15 min izmerimo absorbanco vzorca z UV/VIS spektrofotometrom Varian Cary 50, s ksenonsko žarnico, 1 cm kiveto, pri valovni dolžini 540 nm. Koncentracijo podajamo v µg NO₂-N/mL.

OC/EC

Organski in elementni ogljik (OC/EC) se določata v vzorcih filtrov zunanjega zraka. Analizno metodo izvajamo v skladu s KZZ - Vodilo za merjenje elementarnega ogljika (EC) in organskega ogljika (OC), SIST -TP CEN/TR 16243:2011. Analizna metoda ni v obsegu akreditacije.

Analizirajo se dnevni vzorci prašnih delcev PM_{2,5} (na kvarčnem filtru Ø 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba, Ljubljana, Maribor in Maribor-Vrbanski plato ter dnevni vzorci prašnih delcev PM₁₀ (na kvarčnem filtru Ø 150 mm, visoko volumski merilnik) iz različnih merilnih mest po Sloveniji.

Inštrumentalna analiza

OC/EC določamo z OC/EC analizatorjem z optično korekcijo, Sunset Laboratory Inc. Za analizo uporabimo 1,5 cm² kvarčnega filtra Ø 47 oziroma Ø 150 mm. Vzorec vložimo v žarilno peč. Temperatura v njej se dviguje po korakih, v skladu s protokolom EUSAAR 2. Atmosfera je najprej reduktivna (He). Desorbirani organski ogljik iz vzorca potuje v oksidacijsko peč (MnO₂), kjer se ogljik oksidira v CO₂. Nastali CO₂ se meša z vodikom, v metanatorju (Ni katalizator) pa se reducira v CH₄, ki se končno detektira s FID detektorjem. Nato se inštrument preklopi v oksidativno atmosfero (He + 10 % O₂), temperatura v žarilni peči pa se ponovno dviguje po korakih. V tej fazi se iz vzorca desorbira tudi pirolizirani organski ogljik in elementni ogljik. Pretvorbe v CO₂ in CH₄ so enake kot v reduktivni atmosferi, ravno tako detekcija. Na koncu skozi inštrument potuje še kalibracijski plin (He + 5 % CH₄), s katerim umerimo inštrument pri vsaki analizi. Ločitev med organskim in elementnim ogljikom je določena s točko, kjer je prepustnost laserja enaka začetni prepustnosti, ko smo vzorec vstavili v žarilno peč. Koncentracijo podajamo v mg C/filter.

Rezultati meritev

Stanje kakovosti zraka bi bilo treba tam, kjer je že sedaj dobro, vzdrževati ali ga izboljšati. Če cilji o kakovosti zunanjega zraka niso izpolnjeni, mora država z ustreznimi ukrepi zagotoviti skladnost z mejnimi vrednostmi ter doseči ciljne vrednosti in dolgoročne cilje.

Rezultati meritev so bili predstavljeni že na mesečnih nivojih v *Biltenih ARSO /11/*, vendar podatki niso bili dokončno preverjeni. Pred objavo v letnem poročilu, kjer podatki pridobijo status dokončnega podatka, jih še enkrat pregledamo in statistično obdelamo.

To poglavje obsega tabelarične in grafične prikaze nekaterih osnovnih izvedenih statističnih parametrov izmerjenih koncentracij žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, ogljikovega monoksida, ozona, delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, nekaterih lahkih ogljikovodikov, težkih kovin in nekaterih policikličnih aromatskih ogljikovodikov v delcih PM₁₀, ionov v delcih PM_{2,5}, žveplovih in dušikovih spojin, anorganskih ionov v zunanjem zraku v Sloveniji v letu 2012. Rezultati za isto onesnaževalo so prikazani skupaj, ne glede na metodo meritev.

Osnova za rezultate kontinuirnih meritev so urni podatki. Rezultati za referenčne metode meritve delcev in analize v delcih pa so dobljeni na osnovi dnevnih podatkov. Zimski čas v grafičnih prikazih se nanaša na mesece januar-marec in oktober-december v koledarskem letu, poletni čas pa na mesece od aprila do septembra.

V tabelah so podatki osenčeni z barvami. Rezultati meritev so v tabelah označeni z določeno barvo – svetlo zeleno obarvan podatek pomeni, da je koncentracija pod mejno vrednostjo, rdeče obarvan podatek pomeni, da je le-ta presežena. Pod vsako tabelo je legenda, kjer so opisane posamezne barve. V letnem poročilu prikazujemo podatke tudi iz drugih, dopolnilnih merilnih mrež. Te podatke nam posredujejo odgovorni za tovrstne meritve, kjer jih obdelajo in zanje tudi odgovarjajo.

Žveplov dioksid

mag. Tanja Bolte

Koncentracije žveplovega dioksida v letu 2012 so bile tako kot že v nekaj zadnjih letih povsod pod spodnjim ocenjevalnim pragom za varovanje zdravja. Spodnji ocenjevalni prag za varstvo rastlin pa je bil prekoračen ponekod na višje ležečih krajih v Zasavju.

Onesnaženost zraka z žveplovim dioksidom

Letni pregled onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom na skupaj 22 merilnih mestih po Sloveniji v letu 2012 je podan v tabeli 1. Meritve so avtomatske (»real time« oz. sprotni podatki) povsod razen na Iskrbi, kjer se izvajajo 24-urne neavtomatske meritve koncentracij žveplovega dioksida. Za koncentracijo žveplovega dioksida so predpisani naslednji statistični parametri s pripadajočimi dovoljenimi mejnimi vrednostmi: *povprečna celoletna in povprečna zimska koncentracija z mejno vrednostjo za zaščito ekosistemov, najvišja dnevna in najvišja urna*








koncentracija ter število dni s prekoračeno mejno dnevno, mejno urno ter alarmno 3-urno vrednostjo za varovanje zdravja.

Tabela 1: Koncentracije SO₂ v zunanjem zraku (µg/m³) v letu 2012

– sivo so obarvani podatki za merilna mesta, ki niso reprezentativna za ugotavljanje vpliva na ekosisteme

Merilno mesto	% pod	Leto	zima **	1 ura		3 ure	24 ur **	
		C _p	C _p	max	>MV	>AV	max	>MV
		varstvo rastlin		varovanje zdravja				
Ljubljana Bežigrad	95	6	5	48	0	0	25	0
Maribor center	94	4	5	56	0	0	27	0
Celje	94	7	9	89	0	0	34	0
Trbovlje	82	7	10	87	0	0	35*	0*
Hrastnik	94	5	7	103	0	0	27	0
Zagorje	91	3	4	75	0	0	26	0
Iskrba [▲]		1	1				15	
Ljubljana center	97	4	4	37	0	0	20	0
Zelena trava	94	4	3	135	0	0	28	0
Vnajnarje	86	3	3	75	0	0	16	0
Šoštanj	95	7	7	485	2	0	44	0
Topolšica	95	3	2	92	0	0	12	0
Veliki Vrh	95	7	6	887	4	0	51	0
Zavodnje	95	4	4	150	0	0	18	0
Velenje	94	4	3	93	0	0	13	0
Graška Gora	95	2	3	107	0	0	15	0
Pesje	95	4	6	75	0	0	24	0
Škale	95	8	7	131	0	0	29	0
Kovk	94	10	12	564	3	0	52	0
Dobovec	86	7	9	200	0	0	36	0
Kum	86	6	9	192	0	0	30	0
Ravenska Vas	86	9	12	254	0	0	38	0
Brestanica-sv. Mohor	96	4	5	37	0	0	28	0

Legenda:

**	določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag	% pod	odstotek veljavnih podatkov
	prekoračena mejna vrednost	C _p	povprečna koncentracija
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag	max	najvišja koncentracija
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag	>MV	število primerov s prekoračeno mejno vrednostjo
	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom	>AV	število primerov s prekoračeno alarmno vrednostjo
	koncentracija pod mejno vrednostjo (kjer ni predpisan ocenjevalni prag)	*	informativni podatek – premalo veljavnih podatkov
	merilno mesto ni reprezentativno za varstvo rastlin		
	dnevne meritve		

Koncentracije v večjih mestih

Na vseh nižje ležečih merilnih mestih z odprtim reliefom, ki niso pod neposrednim vplivom emisij iz velikih termoenergetskih objektov in industrije, so bile – kar se tiče varovanja zdravja - povprečne dnevne koncentracije žveplovega dioksida pod SOP, urne koncentracije pa pod mejno vrednostjo.

Nekoliko povišane koncentracije se občasno in za kratek čas pojavljajo v mestih v Zasavju, ki imajo, kar se tiče razredčevanja onesnaževal iz lokalnih virov emisije (TET, industrija, promet, individualna kurišča), zelo neugodno lego, saj ležijo v ozkih dolinah oziroma kotlinah. Treba pa je poudariti, da je med omenjenimi viri vpliv TET v teh nižjih predelih komaj zaznaven, in to le še ob prekinitvah delovanja razžveplovalne naprave, je pa bolj zaznaven vpliv emisij iz ostalih industrijskih virov.

Koncentracije na vplivnem območju TE Šoštanj

Emisija žveplovega dioksida v TEŠ je sicer zaradi razžveplovalnih naprav zmanjšana, a pri polni obremenitvi zaradi omejene zmogljivosti omenjenih naprav občasno še vpliva predvsem na višje ležeče kraje v okolici termoelektrarne. Do tega pride, kadar veter neposredno prenaša dimne pline do merilnega mesta (npr. Veliki Vrh), v zimskem času pa se to lahko zgodi ob dolgotrajnejši temperaturni inverziji, ko se dimni plini kopičijo v višje ležeči plasti zraka (Zavodnje). Pri močnejšem jugozahodnem vetru pa zaradi vpliva bližnjega hriba zanese turbulenca dimne pline iz nižjih dimnikov tudi do nižje ležečega merilnega mesta v Šoštanju, ki pa glede na lego izven ožjega naseljenega območja za sam Šoštanj ni reprezentativno.

Na merilnem mestu Veliki Vrh je bila najvišja izmerjena urna koncentracija $887 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 11. marca ob polnoči. Skupaj so bile na Velikem Vrhu štiri in v Šoštanju dve prekoračitve mejne urne koncentracije.

Koncentracije na vplivnem območju TE Trbovlje

Kadar pride do izpada v delovanju razžveplovne naprave v TET, se lahko pojavijo še kratkotrajne prekoračitve mejnih vrednosti na višje ležečih krajih v okolici. Kolikšen delež koncentracij prispevajo v zimskem času individualna kurišča iz doline, nismo ocenili, tako tudi ne vpliva trboveljske cementarne Lafarge in druge industrije. Najvišja urna koncentracija žveplovega dioksida $564 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila izmerjena na Kovku, 27. julija, ob 10. uri ob šibkem severnem vetru, ko je prišlo do krajše prekinitve delovanja razžveplovne naprave v TET. Tudi najvišja dnevna koncentracija $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila izmerjena na Kovku, in sicer 26. novembra ob zelo šibkih vetrovih in ob celodnevni temperaturni inverziji nad celotno Slovenijo. Inverzija z meglo ali nizko oblačnostjo je segala do višine okrog 750 metrov, kar pomeni, da so dimni plini iz TET ostali znotraj inverzijske plasti.

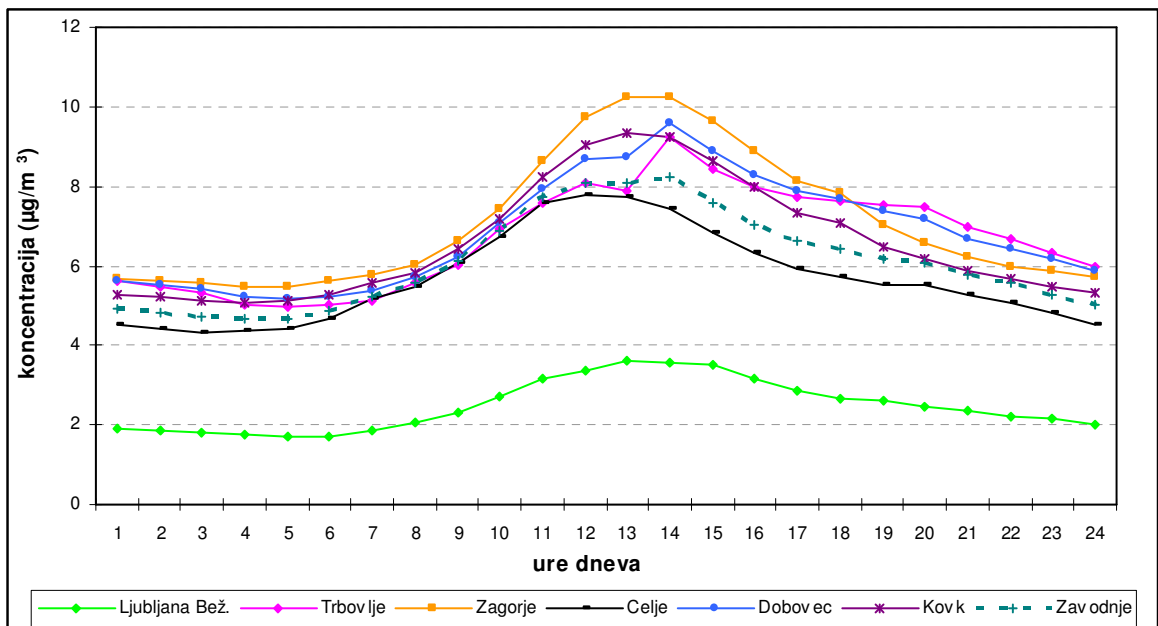
Letni in dnevni hod koncentracij

Koncentracije žveplovega dioksida v nižjih predelih so nekoliko višje v hladnem delu leta, ko so vremenske razmere za razredčevanje onesnaženega zraka slabše, predvsem v Zasavju pa je zaznaven tudi vpliv emisije iz individualnih kurišč. Na višje ležečih krajih vplivnih območij TEŠ in TET pa se povišane koncentracije pojavljajo ne glede na letni čas, ker so visoki dimniki TEŠ in TET skupaj z dimnim dvigom večinoma nad višino prizemnih temperaturnih inverzij, in gre v teh primerih za bolj neposreden prenos dimnih plinov do višje ležečih krajev.

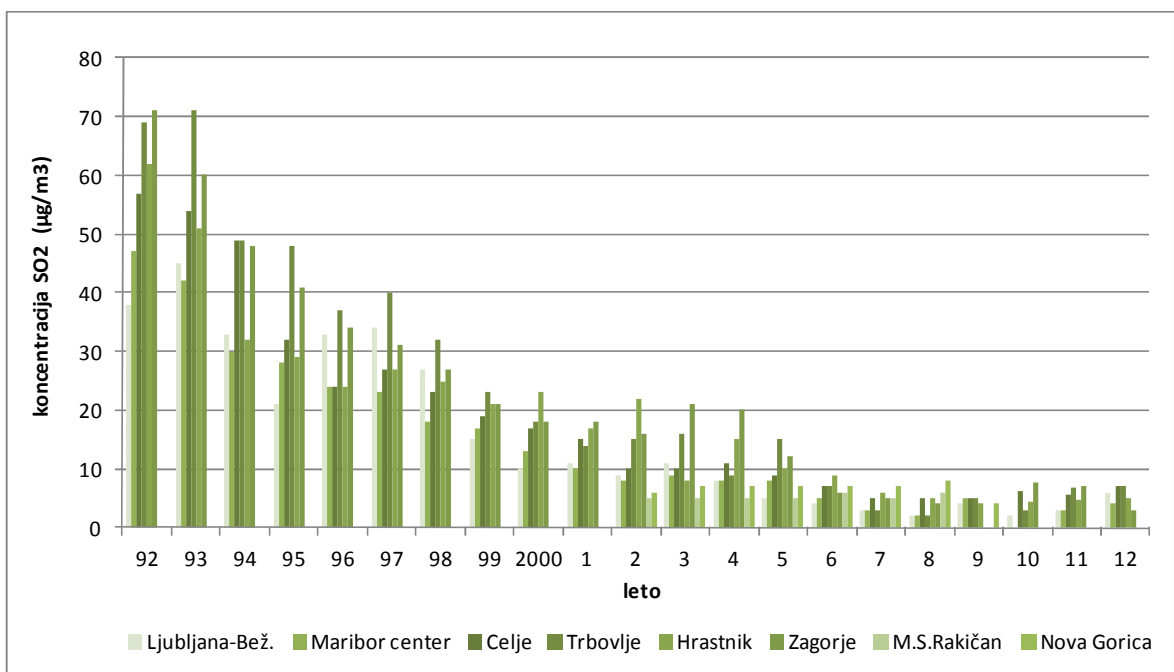
Časovni trend

Iz analize večletnih vrednosti (slike 2-4, tabele 5-7) sledi:

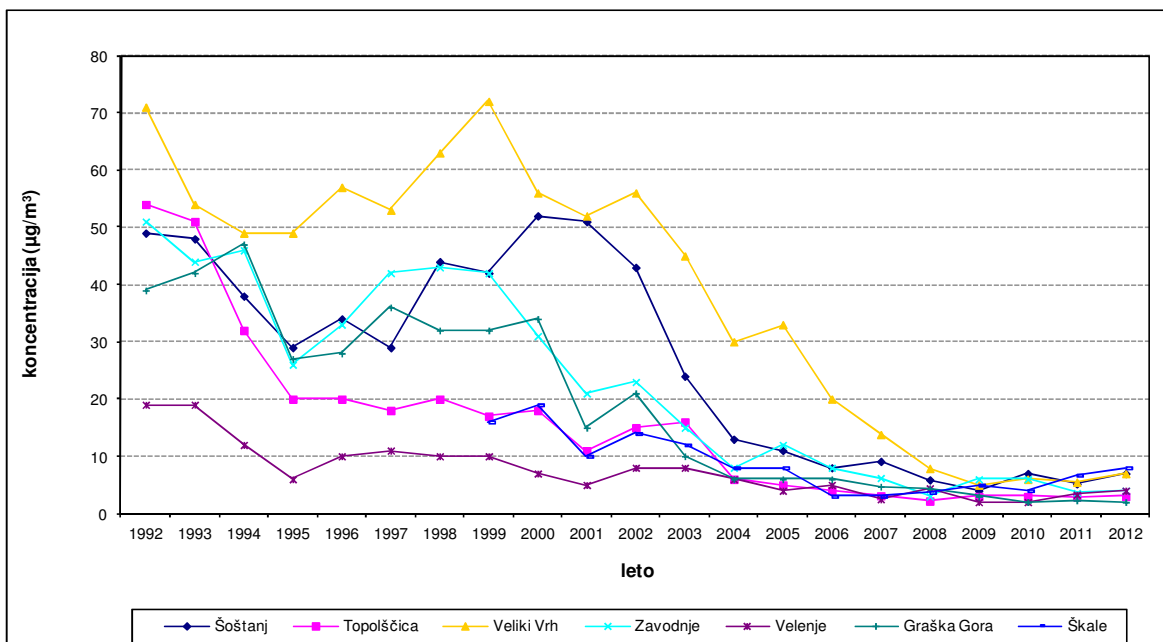
Padajoči trend koncentracij žveplovega dioksida se je v letu 2010 ustavil, kar je glede na emisije, ki ostajajo v zadnjih dveh letih v glavnem enake, pričakovano, in marsikje so koncentracije tako nizke, da so le malo nad vrednostjo, ki jo merilniki lahko še izmerijo.



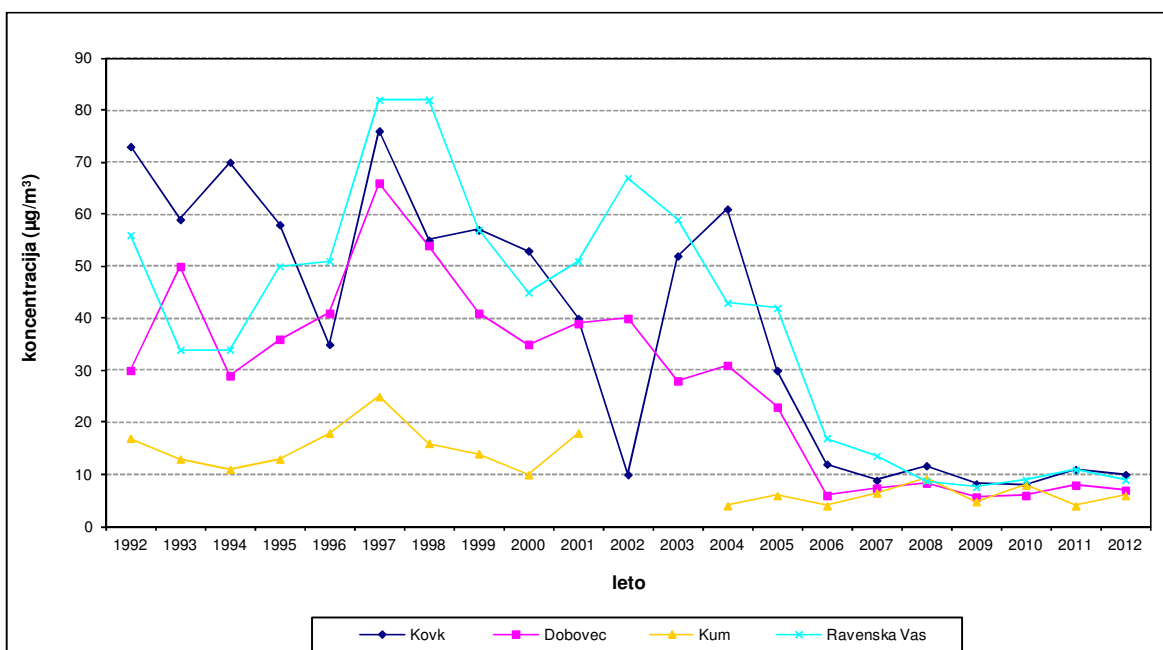
Slika 1: Dnevni hod koncentracij SO₂ na nekaterih merilnih mestih DMKZ v letu 2012



Slika 2: Povprečne letne koncentracije SO₂ na merilnih mestih DMKZ



Slika 3: Povprečne letne koncentracije SO₂ na merilnih mestih TES



Slika 4: Povprečne letne koncentracije SO₂ na merilnih mestih TET

Tabela 2: Povprečne mesečne koncentracije SO₂ (µg/m³) v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	5	10	8	6	6	6	9	5	3	3	5	2
Ljubljana center	4	6	5	5	4	3	3	4	3	3	2	1
Maribor center	7	7	4	4	4	2	6	2	2	5	5	2
Celje	10	14	7	5	5	3	9	5	5	6	7	10
Trbovlje	10	15	11	5	3	3	3	4	3	11	0*	2*
Hrastnik	6	9	7	5	4	4	6	4	4	4	4	5
Zagorje	4	8	4	2	2	2	2	2	2	1	1	2
Iskrba	5	10	8	6	6	6	9	5	3	3	5	2
Zelena trava	1	7	7	2	6	11	11	4	2	2	2	3
Vnajnarje	0	7	7	4	2	0	4	3	2	3	2	4
Šoštanj	7	8	10	11	10	10	6	9	9	2	3	2
Topolšica	2	2	4	2	2	5	2	5	2	2	2	2
Veliki Vrh	6	9	11	6	6	7	9	4	9	7	4	8
Zavodnje	4	4	3	4	2	6	5	3	2	6	4	4
Velenje	3	3	3	6	2	3	2	4	4	4	7	2
Graška Gora	4	5	2	2	0	1	2	4	2	1	2	2
Pesje	6	8	8	3	5	2	3	3	3	4	4	3
Škale	9	5	5	9	7	6	7	8	8	8	9	9
Kovk	8	12	10	12	8	8	8	8	13	9	8	11
Dobovec	9	10	6	6	4	6	7	5	9	7	6	3
Kum	10	11	11	5	8	5	7	2	2	5	4	2
Ravenska vas	10	16	12	5	4	5	13	11	11	6	11	6
Brestanica-sv.Mohor	5	7	4	3	2	3	4	3	2	3	5	5

* informativni podatki – premalo veljavnih podatkov (velja za to in za vse naslednje tabele)

Tabela 3: Maksimalne urne koncentracije SO₂ v µg/m³ po mesecih v letu 2012
(presežena mejna vrednost je v rdečem tisku)

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	35	48	31	21	17	15	31	25	16	15	12	40
Ljubljana center	16	37	27	12	10	13	27	16	10	10	5	18
Maribor center	56	41	9	8	9	10	11	5	9	27	11	12
Celje	53	69	35	89	53	41	20	19	17	28	27	29
Trbovlje	43	50	87	28	35	22	8	12	48	42	0*	10*
Hrastnik	38	38	103	22	20	20	34	25	54	22	15	42
Zagorje	75	47	53	30	67	22	39	26	38	32	20	8
Zelena trava	42	47	123	94	135	87	56	36	33	18	13	16
Vnajnarje	21	33	41*	21*	44	4*	64	75	12	31	26	42
Šoštanj	37	67	485	92	136	194	437	235	123	66	76	158
Topolšica	19	27	62	30	49	48	22	92	62	63	22	20
Veliki Vrh	72	248	887	71	139	82	338	46	570	329	47	355
Zavodnje	59	41	150	89	60	88	56	80	91	82	30	44
Velenje	28	22	93	55	14	46	10	11	22	20	57	13
Graška Gora	22	107	37	35	10	7	7	19	14	10	19	19
Pesje	28	53	68	30	20	75	34	66	58	24	26	23
Škale	60	52	76	57	36	75	53	131	75	39	42	41
Kovk	55	63	66	357	51	52	564	41	287	68	397	89
Dobovec	184	170	200	181	50	139	177	17	120	73*	119	90
Kum	35	36	31	12	41	26	103*	17*	19	192	23	23
Ravenska vas	59	85	102	71	59	87	207	104	254	63	34*	38*
Brestanica-sv.Mohor	33	37	25	18	10	16	16	8	15	10	34	13

Tabela 4: Najvišje dnevne koncentracije SO₂ v µg/m³ po mesecih v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	15	25	13	9	8	9	15	10	5	7	9	8
Ljubljana center	9	20	8	7	5	6	7	6	5	5	3	4
Maribor center	10	27	6	5	5	4	7	3	4	8	8	5
Celje	15	34	12	11	11	7	11	8	8	11	10	17
Trbovlje	19	35	19	8	6	6	4	7	6	22	0*	3*
Hrastnik	11	27	11	8	6	6	9	9	11	7	11	16
Zagorje	14	26	9	6	9	5	8	5	7	7	4	5
Zelena trava	7	28	16	10	13	25	19	15	9	6	4	5
Vnajnarje	4	16*	15*	12*	9	1*	11	9	8	9	6	13
Šoštanj	16	19	44	31	28	25	27	20	23	7	12	14
Topolšica	4	11	11	4	8	9	5	12	7	9	6	5
Veliki Vrh	16	24	51	15	24	13	25	13	40	23	11	43
Zavodnje	13	16	14	13	11	16	11	8	17	18	8	14
Velenje	8	11	9	12	4	6	5	7	9	7	13	9
Graška Gora	10	15	9	13	2	2	3	6	5	4	4	9
Pesje	13	24	18	7	7	8	5	7	9	10	8	7
Škale	19	17	12	15	10	18	19	29	12	15	15	15
Kovk	18	32	18	49	17	30	41	12	41	18	52	42
Dobovec	25	36	31	30	15	21	21	10	28	14*	20	15
Kum	20	30	19	9	16	11	12*	7*	11	25*	11	10
Ravenska vas	21	36	21	12	16	24	38	23	29	14	17*	16*
Brestanica-sv.Mohor	11	28	11	6	5	6	5	5	6	4	15	7

Tabela 5: Povprečne letne koncentracije SO₂
(prekoračena mejna letna vrednost je v rdečem tisku)

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ljubljana Figovec	51	39	27	23	25	24	22	15	10	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ljubljana Bežigrad	38	45	33	21	33	34	27	15	10	11	9	11	8	5	4	3	2	4	2	3	6
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	5	4	4
Maribor center	47	42	30	28	24	23	18	17	13	10	8	9	8	8	5	3	2	5		3	4
Celje	57	54	49	32	24	27	23	19	17	15	10	10	11	9	7	5	5	5	6	6	7
Trbovlje	69	71	49	48	37	40	32	23	18	14	15	16	9	15	7	3	2	5	3	7	7
Hrastnik	62	51	32	29	24	27	25	21	23	17	22	8	15	10	9	6	5	4	4	5	5
Zagorje	71	60	48	41	34	31	27	21	18	18	16	21	20	12	6	5	4		8	7	3
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	7	7	7	7	7	8	4	/	/	/
M.S.Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	5	5	5	6	5	6		/	/	/
Iskrba	/	/	/	/	/	2,4	2,4	1,9	1,6	1,4	1,3	1,8	0,9	1,4	1,2	0,8	1,8	1,3	1,3	1,0	0,9
Zelena trava																					5
Šoštanj	49	48	38	29	34	29	44	42	52	51	43	24	13	11	8	9	6	4	7	5	7
Topolščica	54	51	32	20	20	18	20	17	18	11	15	16	6	5	4	3	2	3	3	3	3
Veliki Vrh	71	54	49	49	57	53	63	72	56	52	56	45	30	33	20	14	8	5	6	6	7
Zavodnje	51	44	46	26	33	42	43	42	31	21	23	15	8	12	8	6	3	6	6	4	4
Velenje	19	19	12	6	10	11	10	10	7	5	8	8	6	4	5	3	4	2	2	3	4
Graška Gora	39	42	47	27	28	36	32	32	34	15	21	10	6	6	6	5	4	3	2	2	2
Škale	/	/	/	/	/	/	/	16	19	10	14	12	8	8	3	3	4	5	6	7	8
Kovk	73	59	70	58	35	76	55	57	53	40	10	52	61	30	12	9	12	8	8	11	10
Dobovec	30	50	29	36	41	66	54	41	35	39	40	28	31	23	6	7	8	6	6	8	7
Kum	17	13	11	13	18	25	16	14	10	18			4	6	4	7	9	5	8	4	6
Ravenska Vas	56	34	34	50	51	82	82	57	45	51	67	59	43	42	17	14	9	8	9	11	9
Vnajnarje	/	/	/	/	19	19	18	14	6	7	8	10		8	4	4	3		3	3	3
EIS Celje	/	/	/	26	24	28	27	22	20	6		8	5	3	1	/	/	/	/	/	/
EIS Krško	/	/	/	/	/	51	42	33	51	46	46	55	37	36	23	/	/	/	/	/	/
Sv .Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	12	12	14		12	15	3	4

Tabela 6: Najvišje urne koncentracije SO₂
(prekoračena mejna vrednost je označena rdeče)

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ljubljana Figovec	1328	1194	744	718	1009	919	796	520	128	468	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ljubljana Bežigrad	1257	1380	532	843	1198	1593	936	786	184	273	157	202	129	94	81	46	58	93	29	77	48
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78	22	33	37
Maribor center	928	396	304	286	223	211	161	157	117	180	89	70	64	58	60	21	32	35		68	56
Celje	719	797	733	993	263	975	623	228	379	666	224	619	396	157	90	76	82	37	64	210	89
Trbovlje	1456	943	765	797	785	1806	693	849	634	552	811	758	521	848	379	264	65	76	52	90	87
Hrastnik	1430	638	663	844	1162	1930	978	963	720	731	2168	507	1799	549	134	260	81	52	46	228	103
Zagorje	1701	1000	716	606	605	914	1092	952	653	1111	788	693	1165	954	183	83	112		57	37	75
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64	131	89	98	80	64	35	52	/	/	/
Murska Sobota Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	58	55	45	53	54	64	49	/	/	/	/
Zelena trava																					135
Šoštanj	2383	2272	2739	1945	1412	1536	1495	2466	2855	2099	2000	1392	937	642	1028	643	360	342	1357	124	485
Topolščica	2021	2265	1482	878	1107	1050	1245	1345	987	835	1350	812	291	284	288	144	211	118	52	130	92
Veliki Vrh	1052	988	1142	1493	1543	1720	1530	2257	1678	1569	1450	1320	1329	1110	771	535	561	344	269	636	887
Zavodnje	1364	3272	2265	1242	1131	2154	2255	1963	1187	954	1536	947	680	1106	731	252	164	577	98	433	150
Velenje	735	1169	764	261	578	672	1316	709	563	187	725	361	164	210	86	87	151	37	110	89	93
Graška Gora	1791	1904	2313	990	1270	1579	1076	1844	1505	990	1024	824	463	497	175	509	242	345	106	148	107
Škale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	522	396	220	262	184	100	161	104	81	190	131
Kovk	2084	1309	1917	1630	1622	3000	1916	2167	1237	1451	702	1806	1514	1063	511	958	312	389	159	201	564
Dobovec	2507	3613	2429	4308	6021	6072	4548	3761	4073	3978	4043	2910	4056	1662	2290	2088	299	456	209	1036	200
Kum	530	539	776	2324	1114	3640	1344	2020	1131	685			1210	1203	11	125	89	60	99	66	192
Ravenska Vas	1412	869	1103	1111	1078	2578	1846	1021	1471	1397	2093	1378	1779	3275	590	220	437	352	560	528	254
Vnajnarje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	374	248	232	327	212	115	115	52		45	85	75
EIS Celje	/	/	/	873	283	947	603	339	356	355		289	74	222	67	/	/	/	/	/	/
EIS Krško	/	/	/	/	/	2687	1012	732	868	1473	1404	1427	877	836	1108	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1385	416	455	74		82	66*	59	37

Tabela 7: Najvišje dnevne koncentracije SO₂
(prekoračena mejna vrednost je označena rdeče)

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ljubljana Figovec	/	/	/	115	95	119	144	90	56	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ljubljana Bežigrad	239	312	123	152	128	174	163	94	67	35	38	59	38	33	41	14	14	36		19	25
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	33	14	14	20
Maribor center	221	220	121	119	122	91	69	82	75	36	37	35	22	31	24	11	22	28	12	19	27
Celje	308	387	212	237	99	275	117	106	165	102	111	72	100	44	35	15	20	22	26	22	34
Trbovlje	365	425	235	286	179	536	136	342	134	246	328	100	84	129	43	23	19	19	18	29	35*
Hrastnik	342	393	170	218	183	523	123	383	133	184	235	93	625	86	44	30	23	25	21	39	27
Zagorje	311	396	280	249	250	115	171	398	157	391	315	136	561	158	47	19	14		29	37	26
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	23	47	22	24	19	17	12	/	/	/
Murska Sobota Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16	29	15	33	20	16	28	/	/	/	/
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38	10	15	15
Zelena trava																					28
Šoštanj	516	441	550	381	471	281	366	453	560	526	553	288	165	116	308	78	54	33	85	28	44
Topolščica	562	313	293	132	164	149	184	184	255	85	254	82	102	42	29	22	26	19	10	13	12
Veliki Vrh	673	355	268	353	446	368	472	556	383	269	344	413	263	191	106	72	101	42	28	42	51
Zavodnje	394	429	686	224	326	497	401	1046	344	140	442	182	72	221	85	49	40	69	22	32	18
Velenje	278	182	135	74	91	127	113	212	60	54	57	66	64	27	24	26	22	10	14	15	13
Graška Gora	383	357	412	240	177	366	268	300	343	126	196	88	99	59	55	72	30	27	17	19	15
Škale							274	293	139	68	131	75	55	66	41	33	19	23	25	24	29
Kovk	364	347	462	417	514	1067	375	816	360	293	258	383	844	219	88	65	38	36	29	56	52
Dobovec	432	607	264	460	967	1916	648	998	841	1516	695	332	837	346	196	127	41	102	35	110	36
Kum	288	89	78	213	200	287	103	193	165	229			78	101	6	25	41	30	37	18	30
Ravenska Vas	279	151	271	247	383	813	377	860	353	601	580	325	824	490	120	55	67	42	38	72	38
Vnajnarje	/	97	92	121	131	89	126	99	49	56	53	51	83	57	42	42	22		20	28	16*
EIS Celje	/	/	/	231	88	247	130	121	120	40	38	41	45	28	20	/	/	/	/	/	/
EIS Krško	/	/	/	/	/	419	363	142	317	240	285	356	347	276	280	/	/	/	/	/	/
Sv.Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	114	41	90	49*		36	41*	31	28

Dušikovi oksidi

mag. Tanja Bolte

Visoke koncentracije dušikovitih oksidov so omejene predvsem na ozek pas ob prometnih cestah in ulicah. Koncentracija dušikovega dioksida je v letu 2012 prekoračila mejno letno vrednost na prometnem merilnem mestu Ljubljana center. Zgornji ocenjevalni prag za varovanje zdravja je bil prekoračen na prav tako prometnem merilnem mestu Maribor center. Spodnji ocenjevalni prag je bil prekoračen na merilnih mestih Celje in Nova Gorica. Koncentracije dušikovitih oksidov so bile pod spodnjim ocenjevalnim pragom za varstvo rastlin povsod razen na merilnem mestu Murska Sobota Rakičan, kjer je bil presežen zgornji ocenjevalni prag.

Onesnaženost zraka z dušikovimi oksidi

V izpušnih plinih znaša delež dušikovega monoksida med 80 in 90 %, v zraku pa dušikov monoksid oksidira v dušikov dioksid. Zato podajamo tudi skupne koncentracije dušikovitih oksidov, ker so le tako med sabo primerljivi podatki z merilnih mest, ki so različno oddaljena od prometnih cest in je zaradi tega stopnja oksidacije različna. Stopnja oksidacije dušikovega monoksida, emitiranega iz prometa v višje okside, raste z oddaljenostjo od izvora (koncentracija zaradi razredčenja pada). Odvisna je tudi od meteoroloških razmer, predvsem sončnega sevanja in temperature, letnega obdobja in seveda lokacije.

Letni pregled onesnaženosti zraka z dušikovimi oksidi na skupaj 18 merilnih mestih po Sloveniji v letu 2012 je podan v tabeli 1. Meritve so kontinuirne povsod razen na Iskrbi, kjer se izvajajo 24-urne meritve koncentracij dušikovega dioksida. Za koncentracijo dušikovitih oksidov so predpisani naslednji statistični parametri s pripadajočimi dovoljenimi mejnimi vrednostmi: *za dušikov dioksid mejna urna vrednost, 3-urna alarmna vrednost in mejna letna vrednost za varovanje zdravja ljudi, za dušikove okside pa mejna letna vrednost za varstvo rastlin na tistih merilnih mestih, ki niso v bližini cest in večjih naselij.*

Najvišje urne koncentracije dušikovega dioksida so v mestih skoraj povsod presegle vrednost 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tudi v letu 2012 je bilo na prvem mestu merilno mesto Ljubljana Center (prekoračen zgornji ocenjevalni prag), na drugem mestu merilno mesto mestnega ozadja Ljubljana Bežigrad (prekoračen spodnji ocenjevalni prag) in na tretjem mestu prometno merilno mesto Maribor center (prekoračen spodnji ocenjevalni prag). Spodnji ocenjevalni prag je bil prekoračen še v Novi Gorici.

Povprečna letna koncentracija dušikovega dioksida je bila daleč najvišja na merilnem mestu Ljubljana center (prekoračena mejna vrednost), sledijo pa merilna mesta Maribor center (prekoračen ZOP) ter Celje in Nova Gorica (prekoračen SOP). Letne koncentracije na območjih, ki niso neposredno izpostavljena vplivu prometa, so dosegle do 40 % vrednosti SOP, v naravnem okolju na lokaciji Iskrba pa le slabih 10 % SOP.

Povprečne letne koncentracije dušikovitih oksidov na merilnih mestih, ki so reprezentativna za varstvo rastlin v naravnem okolju, so bile kot vsa leta doslej pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Izjema je merilno mesto Murska Sobota Rakičan, kjer je bil presežen zgornji ocenjevalni prag.

Letni in dnevni hod koncentracij

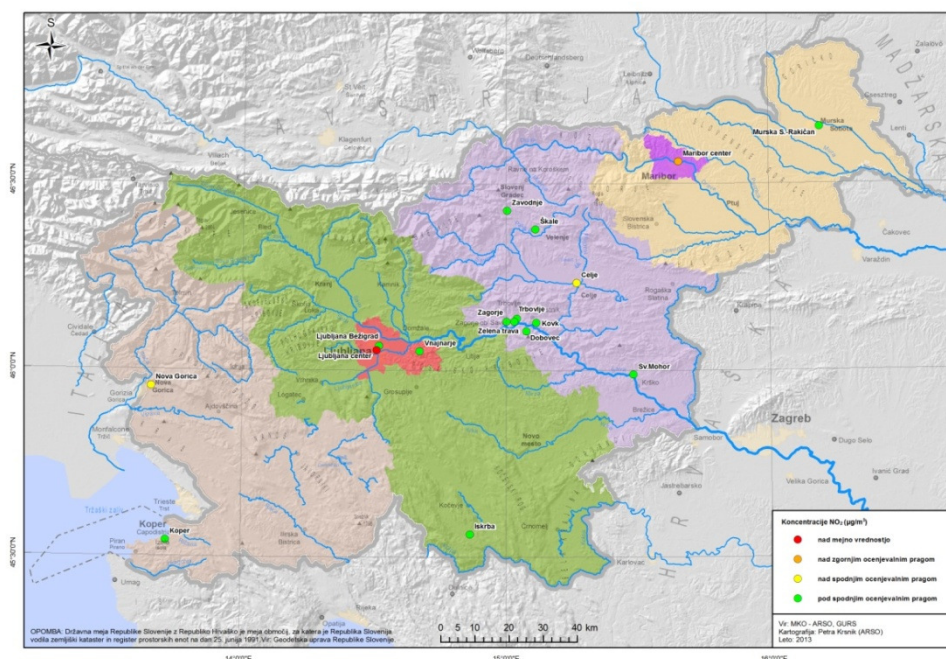
Večinoma sta oba hoda dobro izražena. Najvišje mesečne koncentracije dušikovega dioksida so bile skoraj povsod dosežene v zimskih mesecih, ko so pogoji za disperzijo zlasti ob stabilnem vremenu s temperaturnimi inverzijami najslabši in ostane onesnažen zrak na območju prometnih poti. Manjša onesnaženost zraka v notranjosti Slovenije poleti je tudi posledica manjšega prometa v juliju in avgustu zaradi dopustov oz. šolskih počitnic.

V letu 2012 je bilo značilno obdobje visokih koncentracij dušikovih oksidov kot tudi drugih onesnaževal v mesecu februarju, ko smo imeli dve več kot 10-dnevni obdobji hladnega zimskega vremena brez padavin, ter v novembru. Podrobneje je to obdobje visokih koncentracij onesnaževal opisano pri poglavju o delcih PM₁₀.

Prevladujoč vpliv emisij iz prometa se kaže v tem, da so bile koncentracije dušikovega dioksida najvišje na prometnih mestnih merilnih mestih in da so bile najvišje v jutranjih in večernih urah. Popoldanska prometna konica okrog 16. ure ne prinese maksimuma koncentracij, ker so v tem dnevnem času najugodnejše vremenske razmere za razredčevanje (največ vetra, najvišje prizemne temperature), pač pa se maksimum pojavi šele okrog 20. ure. Ker leži merilno mesto Maribor center v tako imenovanem cestnem koridorju (strnjene stavbe na obeh straneh ceste), minimuma koncentracije podnevi skoraj ni, saj je onemogočena cirkulacija zraka prečno na cesto. Na vpliv prometa kaže nadalje to, da so koncentracije izmerjene v delovnih dnevih precej višje kot ob sobotah, nedeljah in praznikih (slika 3).

Časovni trend

Povprečna letna koncentracija dušikovega dioksida se od leta 2002 naprej bistveno ne spreminja in je povsod razen na lokaciji Ljubljana center pod mejno vrednostjo.









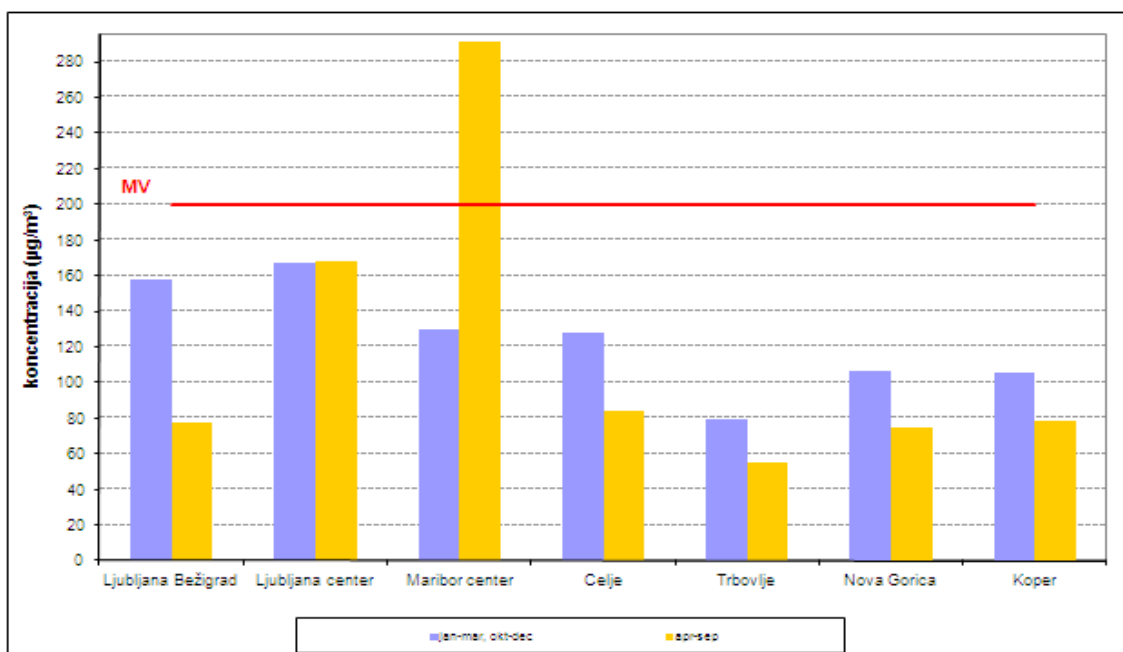
Slika 1: Koncentracije NO₂ v zunanjem zraku v letu 2012

Tabela 1: Raven koncentracij NO₂ in NO_x v zraku (µg/m³) v letu 2012

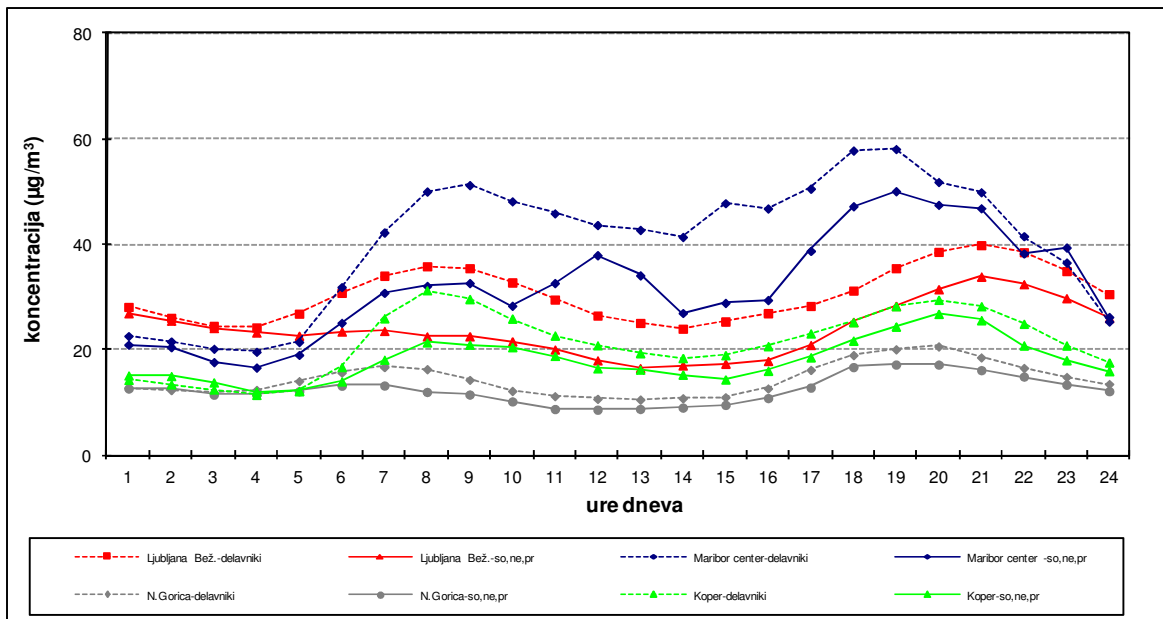
Merilno mesto	NO ₂		NO _x		NO ₂		
	varovanje zdravja		varstvo rastlin		varovanje zdravja		
	Leto				1 ura **		3 ure
	% pod	C _p **	% pod	C _p **	max	>MV	>AV
Ljubljana Bežigrad	93	22	93	47	158	0	0
Maribor center	94	33	93	65	291	1	0
Celje	95	27	95	50	128	0	0
Trbovlje	95	17	95	32	82	0	0
Zagorje	75	22	76	48	100	0	0
Murska Sobota Rakičan	94	19	94	28	107	0	0
Nova Gorica	96	26	95	50	124	0	0
Koper	95	18	95	28	106	0	0
Iskrba [▲]	99	2					
Zelena trava	80	8	79	14	51	0	0
Maribor Vrbanski plato	95	13	95	17	86	0	0
Ljubljana center	97	52	97	96	182	0	0
Vnajnarje	93	10	93	11	78	0	0
Zavodnje	95	8	95	10	119	0	0
Škale	95	7	95	9	70	0	0
Kovk	87	6	84	7	73	0	0
Dobovec	83	5	83	6	79	0	0
Brestanica-Sv.Mohor	93	8	93	9	56	0	0

Legenda:

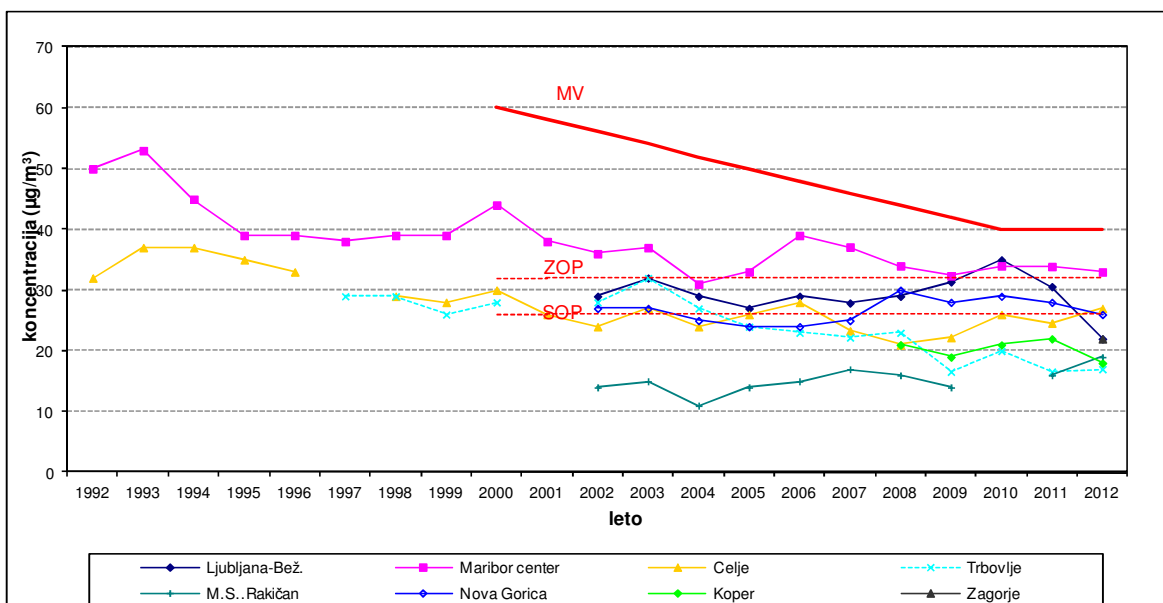
**	določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag	% pod	odstotek veljavnih podatkov
	prekoračena mejna vrednost	C _p	povprečna koncentracija
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag	max	najvišja koncentracija
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag	>MV	število primerov s prekoračeno mejno vrednostjo
	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom	>AV	število primerov s prekoračeno alarmno vrednostjo
	merilno mesto ni reprezentativno za varstvo rastlin	*	Informativni podatek – premalo veljavnih podatkov
	dnevne meritve		



Slika 2: Najvišje urne koncentracije NO₂ v obdobju januar - marec, oktober - december in v obdobju april - september 2012



Slika 3: Dnevni hod koncentracije NO₂ na štirih merilnih mestih v letu 2012



Slika 4: Povprečne letne koncentracije NO₂

Tabela 2: Povprečne mesečne koncentracije NO₂ (µg/m³) v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	36	25	27	15	14	9	11	16	19	21	29	49
Ljubljana center	63	65	62	50	50	48	44	51	49	44	44	55
Maribor center	32	39	46	39	28	28	23	29	27	30	34	39
Maribor Vrbanski plato	19	21	16	12	8	9	7	7	9	14	18	22
Celje	35	42	38	20	18	17	17	22	23	24	29	37
Trbovlje	22	24	24	15	14	14	11	14	15	15	17	25
Zagorje	/	/	31	24	20	21	18	19	21	20	22	26
Murska Sobota Rakičan	19	24	19	17	15	12	14	17	19	20	20	26
Nova Gorica	35	25	29	19	19	21	18	22	24	25	30	41
Koper	27	22	25	13	15	13	14	15	12	12	20	33
Iskrba	3	4	2	1	1	1	2	2	1	2	2	3
Zelena trava	11	8	10	3	1	/	/	/	2	9	15	16
Vnajarje	8	7	7	8	8	10	10	9	10	11	11	16
Zavodnje	9	7	9	6	7	7	6	8	7	11	8	10
Škale	10	9	5	5	5	6	4	7	4	9	11	13
Kovk	9	5	5	4	2	3	3	1	3	11	14	14
Dobovec	9	11	9	3	3	1	2	1	2	4	8	9
Sveti Mohor	11	12	8	4	4	5	5	6	6	7	9	14

Tabela 3: Povprečne mesečne koncentracije NO_x (µg/m³) v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	91	45	46	23	27	21	20	23	34	42	65	131
Ljubljana center	157	115	107	74	74	66	62	71	87	89	99	147
Maribor center	74	83	84	63	45	45	38	47	50	70	82	93
Maribor Vrbanski plato	23	26	20	15	10	10	8	8	10	18	23	29
Celje	89	79	70	29	23	21	21	27	37	43	62	97
Trbovlje	46	35	46	22	20	21	17	23	28	30	37	57
Zagorje	/	/	56	41	35	36	29	31	41	50	63	91
Murska Sobota Rakičan	33	32	26	22	22	18	20	23	27	30	32	43
Nova Gorica	92	50	52	31	25	27	22	28	37	50	72	110
Koper	40	31	32	16	19	15	16	17	15	16	25	45
Zelena trava	19	15	25	6	3	1	/	/	5	17	26	23
Vnajarje	11	11	10	10	9	11	12	10	11	12	12	18
Zavodnje	10	8	11	10	10	10	7	10	9	14	10	11
Škale	12	10	6	6	6	7	5	7	5	12	14	14
Kovk	10	5	5	5	2	4	4	2	4	14*	16	18
Dobovec	10	13	11	3	3	2	2	1	2	6	9	10
Sveti Mohor	12	13	9	4	5	5	6	7	6	8	10	16

Tabela 4: Maksimalne urne koncentracije NO₂ (µg/m³) v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	113	95	87	59	56	28	50	77	62	98	97	158
Ljubljana center	167	182	141	119	118	132	119	144	117	112	125	146
Maribor center	97	120	134	122	86	77	105	88	291	81	90	130
Maribor Vrbanski plato	81	86	71	67	44	40	29	45	45	50	79	84
Celje	84	128	124	84	55	67	67	71	73	83	72	127
Trbovlje	55	76	82	55	46	45	42	54	51	43	62	79
Zagorje	/	/	100	65	53*	67	62	51	51	49	51	79
Murska Sobota Rakičan	59	107	72	75	51	46	47	53	55	63	61	90
Nova Gorica	106	112	111	70	92	77	86	124	84	94	83	117
Koper	72	87	106	79	75	74	73	72	56	44	61	93
Zelena trava	33	33	44	23	12	/	/	/	39	51	36	48
Vnajarje	51	69	78	48*	42	37	42	26	39	48	33	57
Zavodnje	65	67	64	37	76	88	68	79	119	72	44	65
Škale	56	49	48	67	41	70	55	50	59	47	37	41
Kovk	73*	30	42	35	29	34	34	24	35	47*	73	63
Dobovec	48	70	79	64	36	39*	40	30	28	37*	54*	55
Sveti Mohor*	40	34	38	25	21	25*	21	26	23	25	33	56

Tabela 5: Povprečne letne vrednosti koncentracij NO₂

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Ljubljana Fig.	49	47	41	38	39	36	42	49	38	36	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Ljubljana Bež.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	32	29	27	29	28	29	31	35	31	22	
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	55	63	55	52	
Maribor center	50	53	45	39	39	38	39	39	44	38	36	37	31	33	39	37	34	32	34	34	33	
Maribor V.p.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13
Celje	32	37	37	35	33		29	28	30	26	24	27	24	26	28	23	21	22	26	25	27	
Trbovlje						29	29	26	28		28	32	27	24	23	22	23	17	20	17	17	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	27	25	24	24	25	30	28	29	28	26	
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	19	21	22	18	
M.S.Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14	15	11	14	15	17	16	14	/	16	19	
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	3	2	/	1	1	2	2	2	2	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8	
Zavodnje	3	5	11	9	5	7	7	6	7	6	/	6	5	3	4	3	3	4	5	9	10	
Škale	/	/	/	/	/	/	8	8	8	6	16*	8	9	5	9	8	8	9	8	8	8	
Kovk	10	8	8	11	2	4	7	9	7	6	6	3	13	10	12	12	12	9	9	11	7	
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	6	6	
Sveti Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	3	4	4	4	7	3	8	5	
Vnajnarje	/	/	/	/	/	4	3	5	4	5	6	5	5	4	5	5	5	4	4	7	8	
EIS Celje	/	/	/	/	/	43*	47*	46*	53*	38*	30	22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

Ogljikov monoksid

mag. Tanja Bolte

Onesnaženost zraka z ogljikovim monoksidom tako kot v prejšnjih letih tudi ob najbolj prometnih cestah ni prekoračila spodnjega ocenjevalnega praga za varovanje zdravja.

Onesnaženost zraka z ogljikovim monoksidom

Za ogljikov monoksid je predpisana le **8-urna mejna vrednost koncentracije za varovanje zdravja**. Meritve se izvajajo na štirih merilnih mestih DMKZ. Podatki o onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom v Sloveniji so zbrani v tabeli 1.

Zrak je bil z ogljikovim monoksidom tako kot vsa leta doslej tudi v letu 2012 malo onesnažen.

8-urna mejna koncentracija ni bila prekoračena na nobenem merilnem mestu. Najvišja maksimalna dnevna 8-urna koncentracija je dosegla največ 26 % mejne vrednosti 10 mg/m³ oziroma 50 % vrednosti spodnjega ocenjevalnega praga na merilnem mestu Maribor center.

Letni in dnevni hod koncentracij

Tako kot pri dušikovih oksidih je tudi tu na mestnih lokacijah zelo izrazit letni hod z maksimumom pozimi in minimumom poleti. Močnejše sončno obsevanje poleti ugodno vpliva na mešanje zraka, medtem, ko pozimi ob stabilnem vremenu s temperaturnimi inverzijami ostane onesnažen zrak na ozkem območju prometnih poti. Omenjena značilnost je komaj opazna na merilnem mestu Krvavec, saj je le-to v naravnem okolju daleč od virov emisije in v glavnem nad višino temperaturnih inverzij.





Največji vir ogljikovega monoksida je v mestih promet. Dnevni hod koncentracij kaže jutranje in večerne maksimume ter precej višje koncentracije ob delovnih dnevih kot ob koncu tedna. Značilno je tudi, da na Krvavcu, ki je daleč proč od prometnih poti, ni dnevnega hoda koncentracije, niti ni razlik med delavniki in koncem tedna.

V zadnjih letih se raven koncentracij ogljikovega monoksida bistveno ne spreminja.

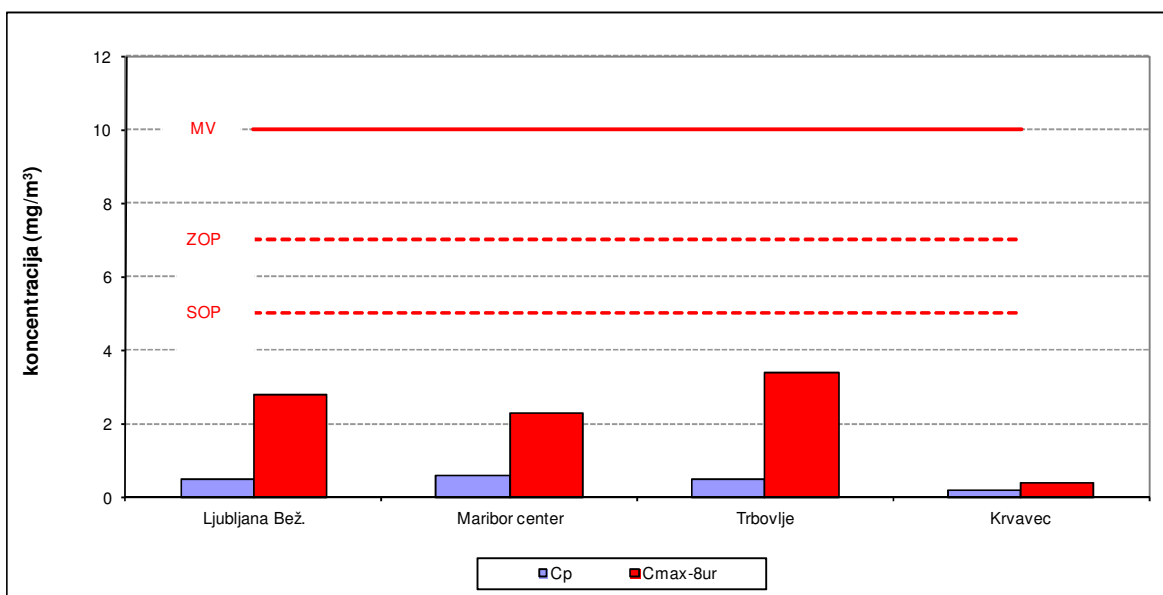
Tabela 1: Koncentracije CO v zraku (mg/m³) v letu 2012

Merilno mesto	Leto		8 ur**	
	% pod	C _p	max	>MV
Ljubljana Bežigrad	95	0,5	2,8	0
Maribor Center	95	0,6	2,3	0
Trbovlje	90	0,5	3,4	0
Krvavec	95	0,2	0,4	0

Legenda:

**	določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag
	prekoračena mejna vrednost
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag
	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom

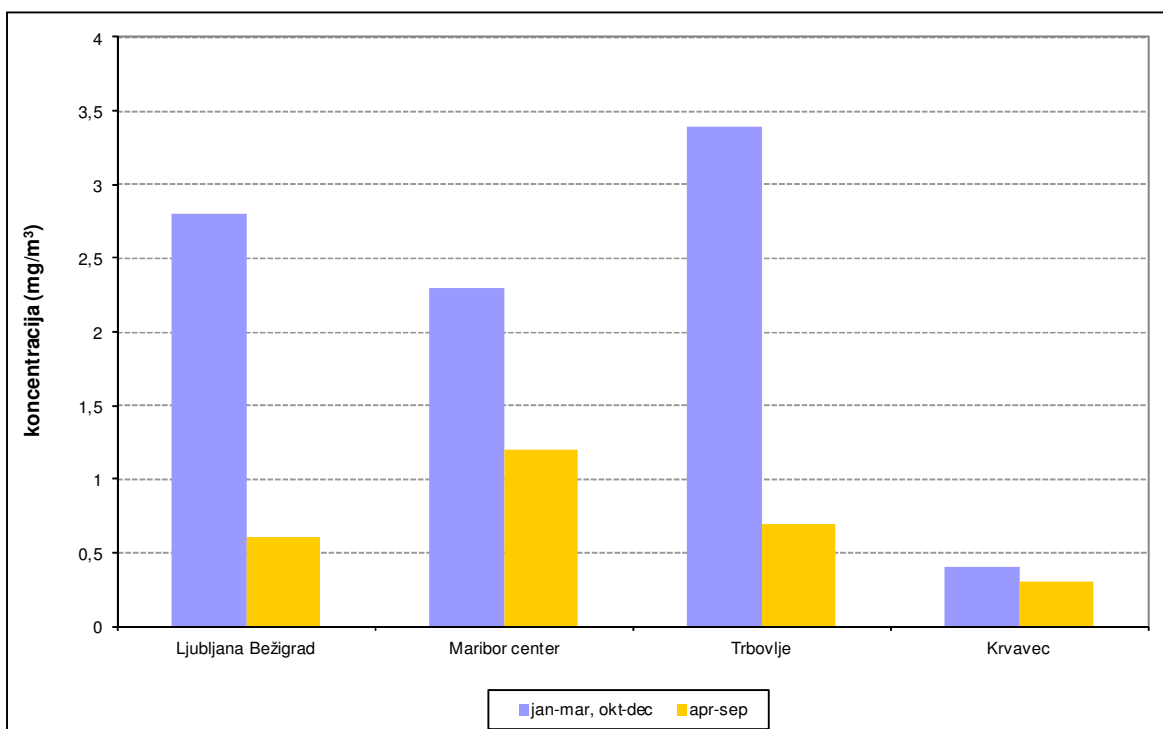
% pod	odstotek veljavnih podatkov
C _p	povprečna koncentracija
max	najvišja koncentracija
>MV	število primerov s prekoračeno mejno vrednostjo
*	informativni podatek – premalo veljavnih podatkov



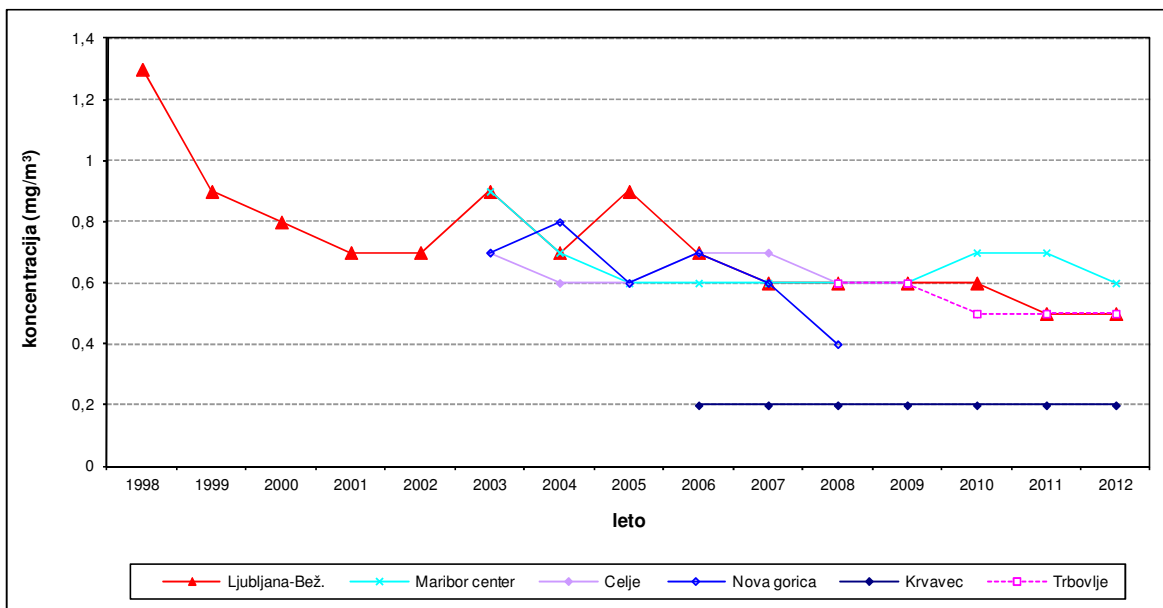
Slika 1: Povprečne letne in maksimalne 8-urne koncentracije CO v letu 2012 v mg/m³
(MV-mejna vrednost, SOP-spodnji ocenjevalni prag, ZOP-zgornji ocenjevalni prag)

Tabela 2: Najvišje 8-urne koncentracije CO (mg/m³) po mesecih v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	1,7	1,8	0,9	0,6	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	0,9	1,5	2,8
Maribor center	1,7	2,3	1,3	1,0	0,7	0,6	0,5	0,7	1,2	1,0	1,5	1,9
Trbovlje	2,1	1,7	1,4	0,7	0,5	0,3	0,4	0,6	0,7*	0,9*	1,7	3,4
Krvavec	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3



Slika 2: Najvišje 8-urne koncentracije CO v obdobju januar - marec, oktober - december in v obdobju april-september 2012



Slika 3: Povprečne letne koncentracije CO na merilnih mestih DMKZ

Ozon

mag. Tanja Bolte

V letu 2012 so bile koncentracije ozona višje kot v prejšnjem letu in so večkrat prekoračile urno opozorilno vrednost predvsem na Primorskem in Obali, nekajkrat pa po več letih tudi v notranjosti Slovenije. Opozorilno urno vrednost $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ so prekoračile na devetih merilnih mestih po Sloveniji, največ 18-krat v Novi Gorici, sledi Koper s trinajstimi in Otlica z dvanajstimi prekoračitvami.

Letno dovoljeno število prekoračitev ciljne 8-urne vrednosti koncentracije ozona $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bilo preseženo na vseh merilnih mestih v Sloveniji, izjema so le merilna mesta, ki so pod vplivom emisij iz prometa (Maribor center, Zagorje, Trbovlje ter Maribor Vrbski plato).

Mejna vrednost faktorja AOT40 za zaščito vegetacije je bila prekoračena skoraj na vseh za to reprezentativnih merilnih mestih.

Izvori ozona

Ozon v prizemnih plasteh zraka je onesnaževalo, ki ga avtomobilski motorji ali industrija ne izpuščajo neposredno, ampak nastaja s kemično reakcijo ob prisotnosti sončne svetlobe (fotokemična reakcija) iz dušikovih oksidov, ki jih pride največ v ozračje iz prometa (motorji z notranjim izgorevanjem) in iz lahkih organskih snovi, ki jih prispevajo industrija, promet, gospodinjstva, bencinske črpalke, kemične čistilnice itd. Snovem, iz katerih nastaja ozon, pravimo predhodniki ozona. Reakcije so tem intenzivnejše, čim višja je temperatura in čim močnejše je

sončno obsevanje, zato je onesnaženost zraka z ozonom večja poleti (zato ga imenujemo tudi »poletno« onesnaževalo) in čez dan.

Ločimo dve plasti ozona v atmosferi: stratosferski na višini okoli 20 km nad tlemi »koristen ozon« in troposferski od tal do nekaj kilonetrov nad povešjem »škodljiv« ozon. Prva nas ščiti pred nevarnimi UV žarki, druga pa je škodljiva za zdravje ljudi. Za nastajanje »škodljivega« ozona pri tleh (troposferski ozon) pa so krive emisije onesnaževal, ki so posledica človekove dejavnosti. Troposferski ozon nastaja pri zapletenih fotokemijskih reakcijah med predhodniki ozona ob pomoči sončne svetlobe. Večina emisij predhodnikov ozona, to je dušikovih oksidov in ogljikovodikov, prihaja predvsem iz cestnega prometa in delno iz industrije.

V troposferi je največ ozona na višini med 1800 in 2200 metrov. Od naših merilnih mest sega v ta pas Krvavec (nadmorska višina 1740 m), kjer je letna povprečna koncentracija ozona najvišja. Na drugem mestu je Otlica (918 m).

Na prometnih merilnih mestih (npr. Maribor center, Zagorje) pa so koncentracije ozona nižje, ker le-ta hitro reagira z dušikovim monoksidom iz izpušnih plinov in razpade nazaj v običajni kisik. Kraji z naraščajočo nadmorsko višino in odprtim reliefom imajo vse bolj značilnosti proste atmosfere, kjer je na eni strani majhen neposredni vpliv emisij predhodnikov ozona, na drugi strani pa je močnejše ultravijolično sevanje sonca. To se kaže v nižjih maksimalnih koncentracijah ozona, medtem ko je raven povprečnih koncentracij višja kot v nižjih predelih.

Onesnaženost zraka z ozonom

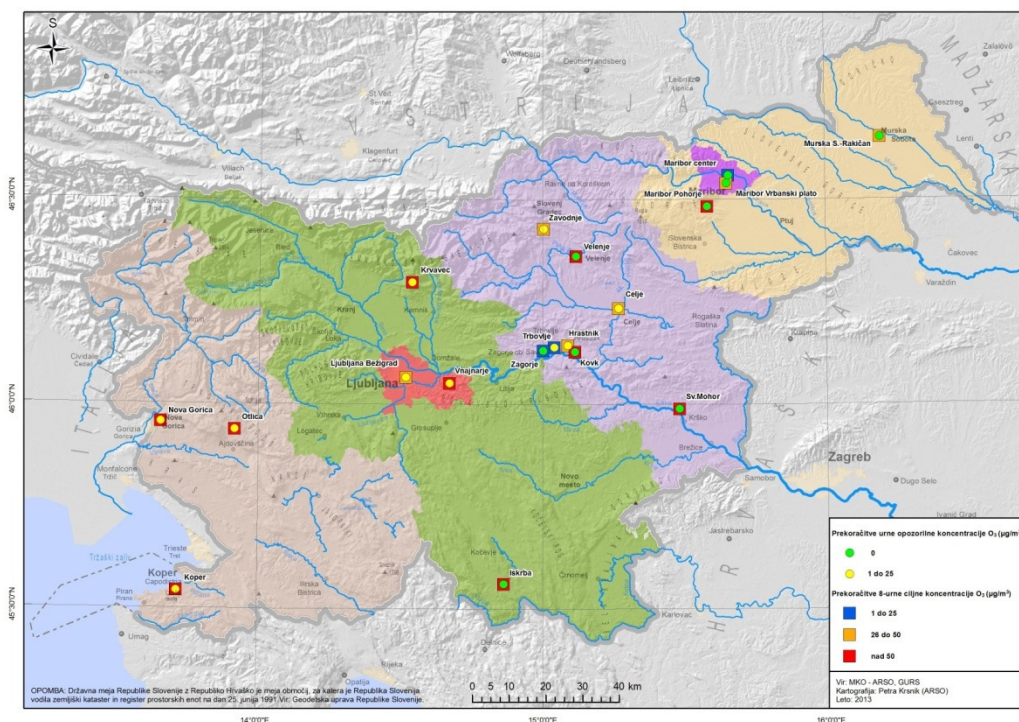
Za zaščito zdravja sta predpisani opozorilna in alarmna urna koncentracija ter ciljna vrednost najvišje 8-urne dnevne koncentracije, za varstvo rastlin pa je za podeželska območja določena mejna vrednost faktorja AOT40 za čas od maja do julija.

Letni pregled onesnaženosti zraka z ozonom na skupaj 19 merilnih mestih po Sloveniji v letu 2012 je podan v tabeli 1.

Kot smo že v poročilih iz prejšnjih let ugotovili, se najvišje koncentracije ozona pojavljajo poleti na Obali in na Primorskem. Takrat so naši kraji na zahodnem obrobju območja visokega zračnega tlaka, ko prevladujejo pri nas šibki vetrovi zahodne in jugozahodne smeri. V letu 2012 je bila opozorilna urna vrednosti prekoračena v treh poletnih mesecih junija, julija in avgusta na devetih merilnih mestih– 18-krat v Novi Gorici, 13-krat v Kopru, 12-krat na Otlici, 10-krat na Krvavcu, 9-krat na Vnajnarih, trikrat v Ljubljani in po enkrat v Celju, Trbovljah in Hrastniku.

V juniju je koncentracija ozona prekoračila opozorilno urno koncentracijo na Primorskem in Obali (Koper, Nova Gorica, Otlica), v notranjosti Slovenije pa le na višjeležečem Krvavcu, medtem ko je bila ciljna 8-urna koncentracija prekoračena povsod. Najvišje koncentracije so bile večinoma izmerjene 20. junija. To je bil predzadnji dan v osemdnevnem obdobju suhega in mirnega vremena, ko so temperature povsod presegle 30 °C. Zapihal je šibek jugozahodni veter pred šibko vremensko motnjo, ki nas je s posameznimi nevihtami dosegla 22. junija.

Onesnaženost zraka z ozonom je v juliju prekoračila opozorilno urno koncentracijo na Primorskem in ob obali in po štirih letih tudi v notranjosti Slovenije, kar je bila posledica obdobja šibkega jugozahodnega vetra na vzhodnem obrobju ciklonskega območja, ki je zajemalo zahodno Evropo. Prav tako je bila povsod prekoračena 8-urna ciljna koncentracija. Najvišje koncentracije so bile izmerjene 27. in 28. julija, ko smo imeli krajše obdobje vročega poletnega vremena z redkimi krajevnimi nevihtami v območju severovzhodne Slovenije.



Slika 1: Število prekršitev urne opozorilne in 8-urne ciljne koncentracije O₃ v letu 2012

Tabela 1: Koncentracije O₃ v zraku (µg/m³) v letu 2012

(prekoračena mejna vrednost AOT40 in mejna letna vrednost ter preseženo dovoljeno število prekršitev 8-urne ciljne vrednosti koncentracije so v rdečem tisku, nereprezentativna mesta za varstvo gozdov in rastlin pa so sivo obarvana).

Merilno mesto	n.v. (m)	% pod	Leto	1 ura			8 ur		AOT40
			C _p	max	>OV	>AV	max	>CV	µg/m ³ .h
			zaščita materialov	varovanje zdravja					
Krvavec	1740	94	99	203	10	0	189	102	34309
Iskrba	540	94	56	172	0	0	158	54	25387
Otlica	918	91	87	205	12	0	191	73	37332*
Ljubljana Bežigrad	299	95	46	196	3	0	175	47	22756
Maribor center	270	91	43	150	0	0	126	5	8088
Celje	240	94	49	183	1	0	156	39	22967
Trbovlje	250	89	46	183	1	0	153	23	16522*
Hrastnik	290	96	51	187	1	0	157	36	20151
Zagorje*	241	76	43	176*	0*	0	156*	13	13480
Murska S.-Rakičan	188	94	55	161	0	0	154	47	24978
Nova Gorica	113	95	57	195	18	0	185	65	32396
Koper	56	95	74	199	13	0	188	62	33784
Vnajnarje	630	82	82	198	9	0	177	87	25800
Maribor Pohorje	725	97	80	162	0	0	148	58	23153
Maribor Urbanski p.	250	95	53	152	0	0	140	24	18037
Zavodnje	770	95	78	168	0	0	162	67	26353
Velenje	390	95	52	165	0	0	146	35	20533
Kovk	600	91	76	177	0	0	168	52	22084
Sv.Mohor	390	97	67	178	0	0	156	43	21034

V avgustu so koncentracije ozona prekoračila opozorilno urno koncentracijo na merilnem mestu Krvavec in Vnajarje. Prav tako je bila povsod prekoračena 8-urna ciljna koncentracija. Najvišje koncentracije so bile izmerjene med 20. in 25. avgustom, ko je k nam s šibkimi jugozahodnimi vetrovi pritekal zelo topel in suh zrak in so najvišje dnevne temperature dosegle med 30 in 39 °C.

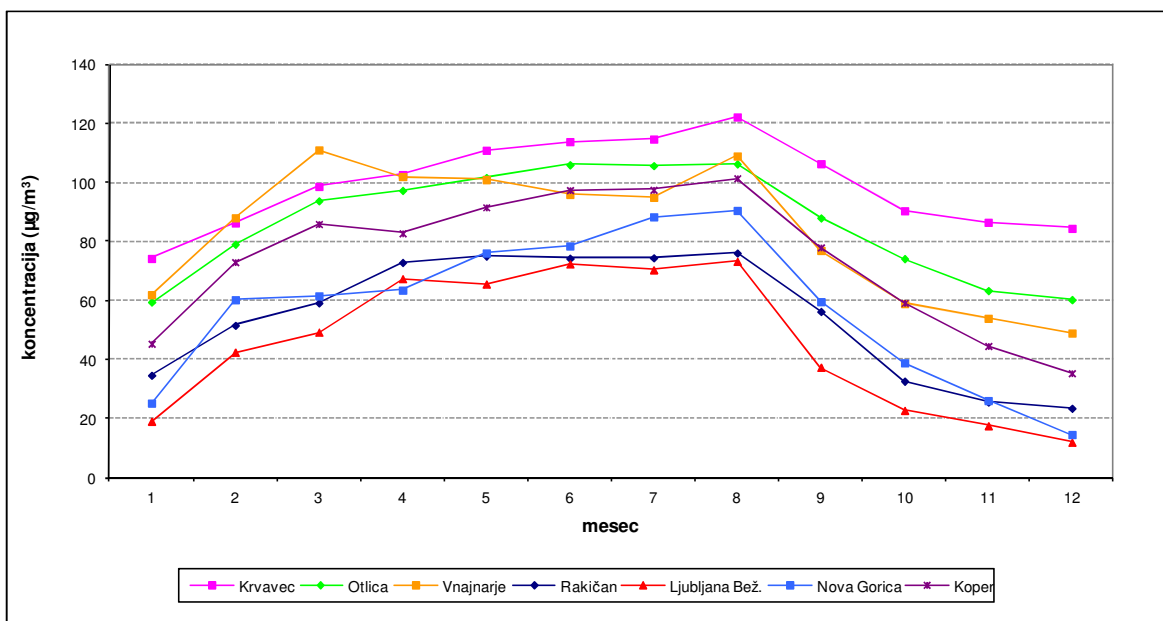
Letni in dnevni hod koncentracij

Zaradi vpliva sončnega obsevanja in temperature zraka na kemijske reakcije, pri katerih nastaja ozon, so koncentracije poleti precej višje kot pozimi. Razlika je večja v nižinskih krajih, kjer je pozimi manj sonca zaradi pogoste megle s temperaturno inverzijo.

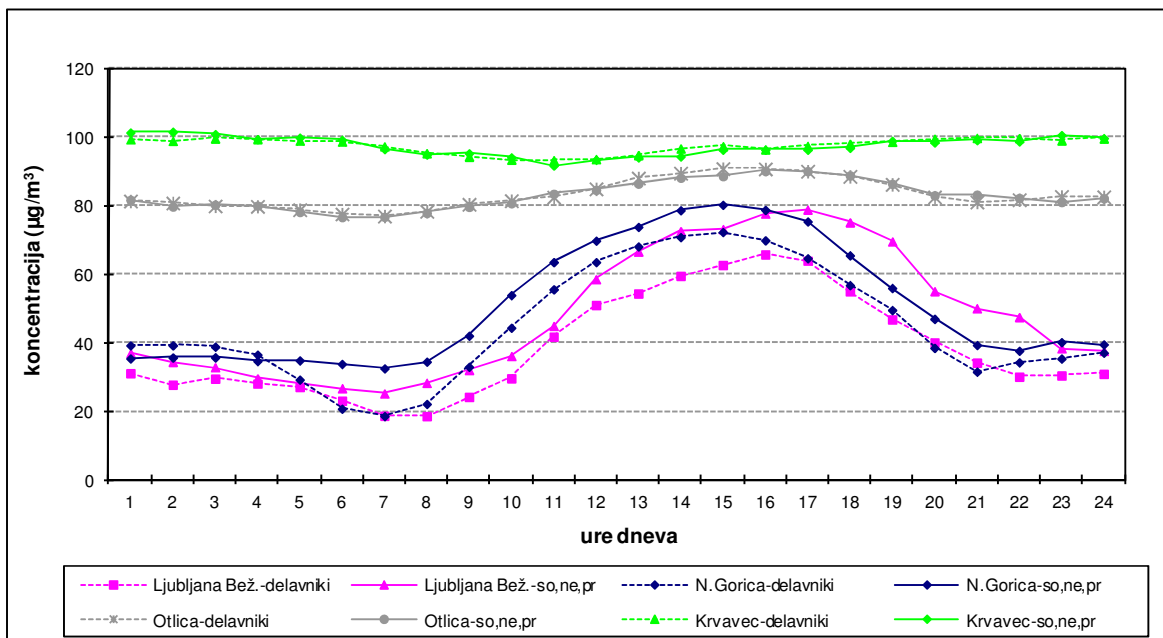
Na merilnih mestih v nižinskih krajih nastopi izrazit maksimum koncentracij okrog 14. ure, ko je močno sončno obsevanje in ko so temperature zraka najvišje. Dologoletni podatki kažejo, da koncentracija ozona lahko prekorači opozorilno vrednost $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ šele v dnevih, kadar je najvišja dnevna temperatura vsaj 30°C . Na višje ležečih odprtih legah (Krvavec, Otlica) je ta hod precej manj izrazit. Vpliv emisij predhodnikov ozona na prometnih oziroma mestnih lokacijah se kaže v precej nižjih koncentracijah ozona ob delavnikih kot ob koncu tedna (slika 3).

Časovni trend

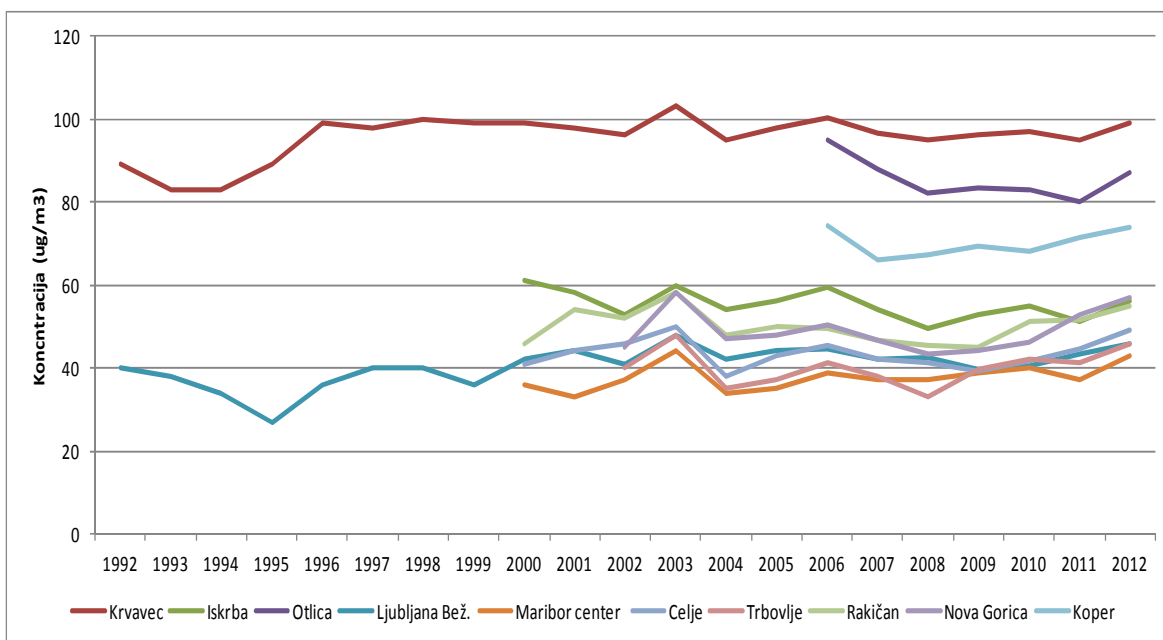
Povprečne letne koncentracije ozona ne kažejo opaznih tendenc v zadnjih letih. Manjša nihanja so posledica vremenskih razmer, posebej tistih poletj, ko so pogoji za nastanek ozona zaradi močnejšega sončnega obsevanja in višjih temperatur ugodnejši - dolgo vroče poletje leta 2003, deževno poletje 2004, neizrazita poletja in prevladujoča severovzhodna cirkulacija zraka v letih 2008 - 2012. Ta nihanja so bolj izražena pri številu prekoračitev ciljne 8-urne vrednosti, še bolj pa pri številu prekoračitev opozorilne urne vrednosti (sliki 5, 6).



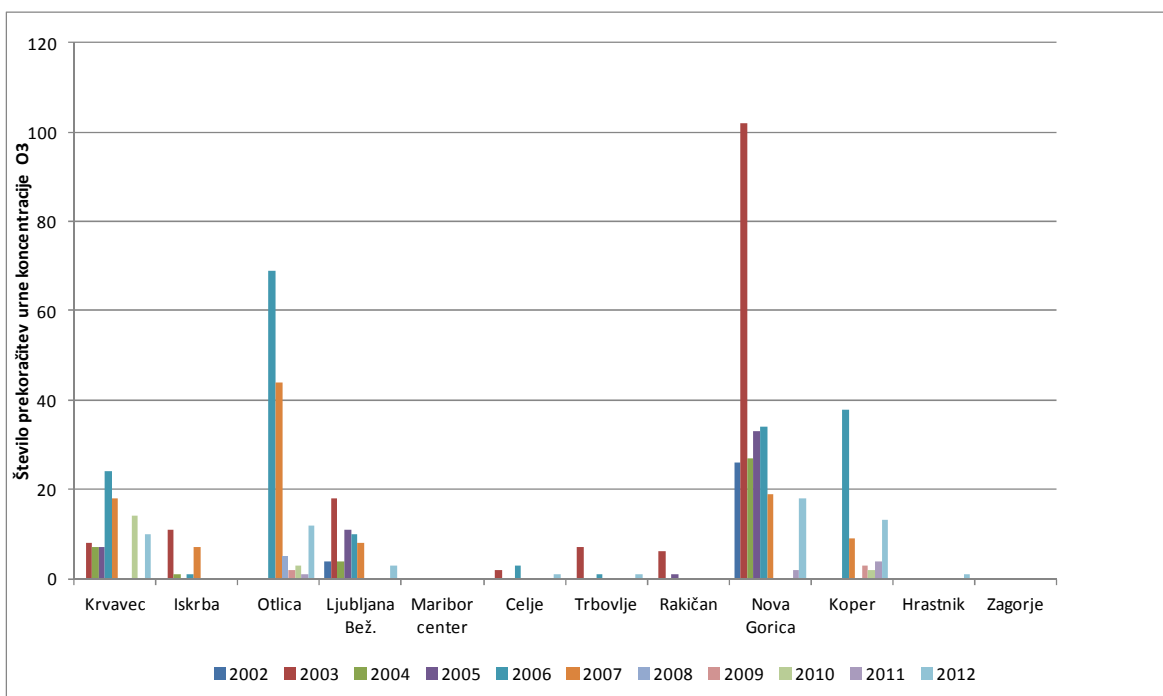
Slika 2: Povprečne mesečne koncentracije O₃ v letu 2012



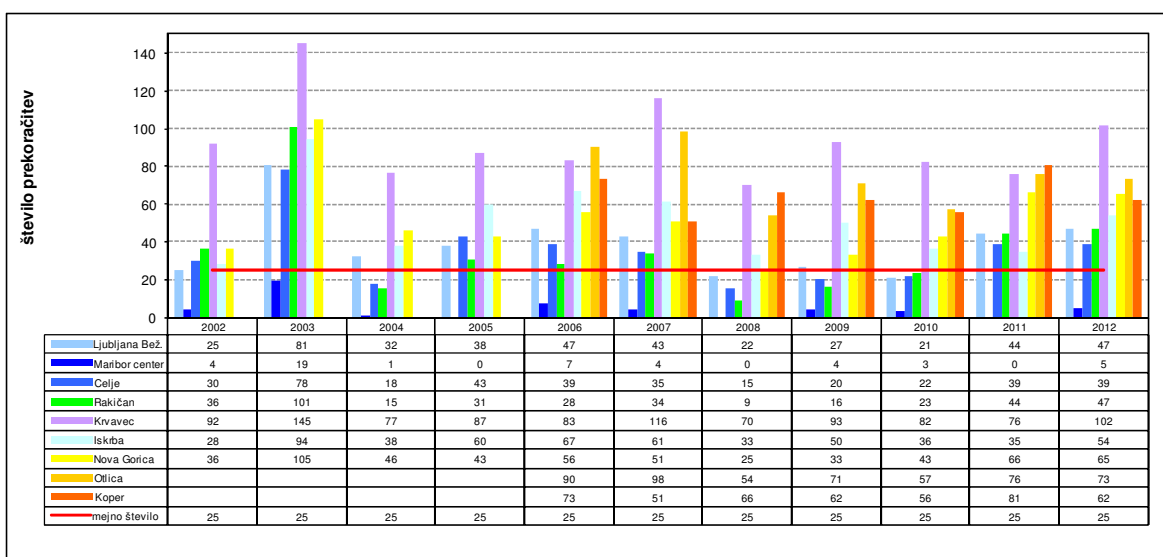
Slika 3: Dnevni hodi koncentracij O₃ za leto 2012



Slika 4: Povprečne letne koncentracije O₃ v obdobju 1992 do 2012



Slika 5: Število prekoščitev urne opozorilne koncentracije O₃ za obdobje 2002 - 2012

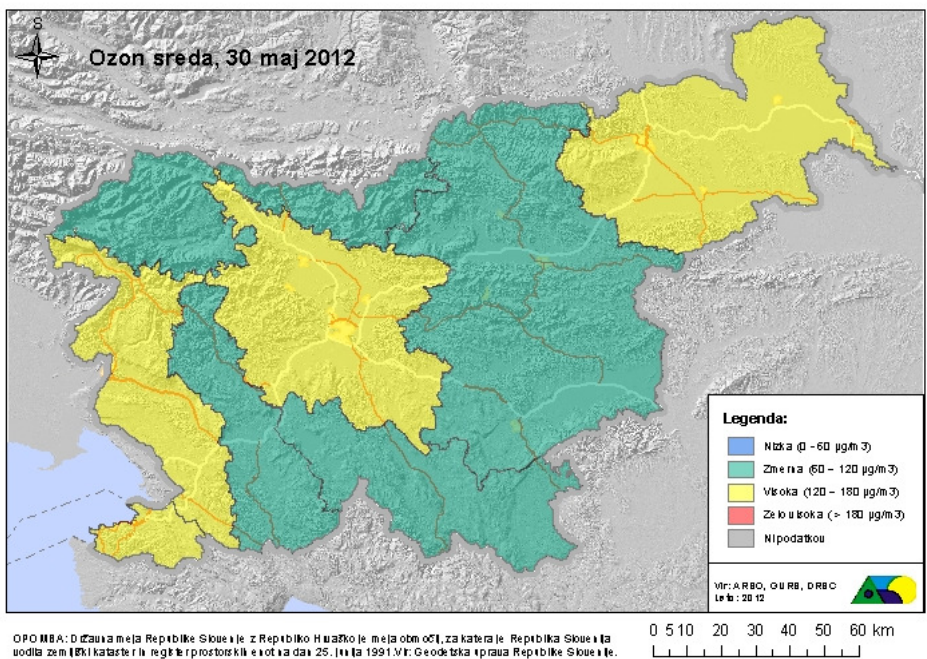
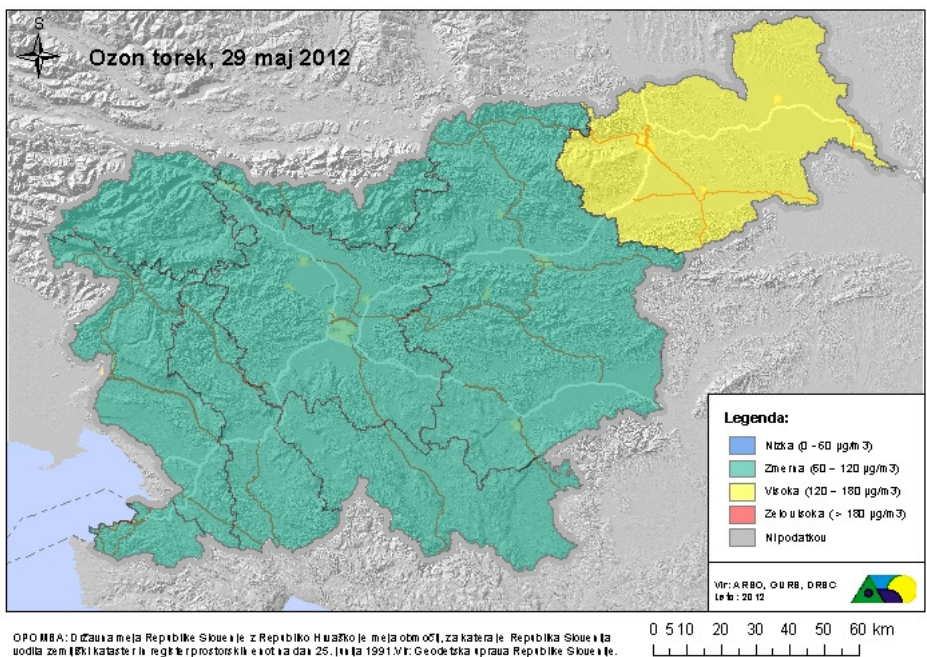


Slika 6: Število prekoščitev ciljne 8-urne koncentracije O₃ za obdobje 2002 – 2012

Napoved ozona

Kot za vsa onesnaževala je tudi za ozon predpisana mejna vrednost koncentracije - opozorilna vrednost je 180 µg/m³, alarmna pa 240 µg/m³. Ti dve vrednosti sta tisti, pri katerih je potrebno obvestiti javnost in podati informacijo o možnih učinkih na zdravje in priporočenem vedenju. Ena od glavnih nalog Agencije RS za okolje je obveščanje javnosti, zato napovedujemo koncentracijo

ozona za dva dni vnaprej za celotno Slovenijo /24, 25/, ki je objavljena na spletni strani www.arso.gov.si.



Slika 7: Primer napovedi ozona, ki je vidna na spletni strani www.arso.gov.si

Obrazložitev legende:

Ni podatkov

Podatki manjkajo zaradi nepravilnega delovanja merilne opreme.

Nizka (0 - 60µg/m³)

Onesnaženost zunanjega zraka z ozonom je majhna in ne vpliva na zdravje ljudi.

Zmerna (60 – 120 µg/m³)

Pri najbolj občutljivi skupini ljudi se lahko pojavijo prvi simptomi težav v respiratornem sistemu.

Visoka (120 – 180 µg/m³)

Pri občutljivih posameznikih, predvsem bolnikih s kroničnimi boleznimi dihal in krvnožilnega sistema se lahko pojavljajo blagi učinki, navadno na respiratorni sistem. Ti ljudje naj se izogibajo zunanjim aktivnostim.

Zelo visoka (> 180 µg/m³)

Pri občutljivih posameznikih se lahko pojavljajo značilni efekti, kot so otežkočeno dihanje, tesnoba v prsnem košu, kašljanje, pekoč občutek v očeh. Omenjeni učinki so možni pri otrocih in ljudeh, ki izvajajo določene aktivnosti na prostem. Ljudje naj se v času zelo visokih koncentracij izogibajo intenzivnim telesnim dejavnostim na prostem.

Ko je opozorilna urna koncentracija presežena, pošljemo obvestila na različne naslove: bolnišnice, zdravstvene domove, medije, center za reševanje, občine, šole in vrtce.

Ponavljajoča se izpostavljenost povišanim koncentracijam ozona lahko povzroči stalne okvare pljuč. Četudi je ozon prisoten v nižjih koncentracijah, lahko njegovo vdihavanje povzroči množico zdravstvenih problemov, bolečine v prsih, kašljanje, bruhanje in draženje grla, vpliva pa lahko tudi na bronhitis, srčne bolezni in astmo.

Ker običajno ozon nastaja v vročem poletnem vremenu, ko se večinoma zadržujemo zunaj, je lahko prizadet vsakdo, ki preživlja svoj čas na prostem, posebno otroci, starejši ljudje, delavci na prostem in rekreativni športniki. Priporočamo, da se bolne in občutljive osebe odpovedo napornim opravilom na prostem, predvsem opoldne in v popoldanskih urah.

Celotni ARSO je vključen v proces ISO 9001. Proces kakovosti zraka spremljamo oziroma nadzorujemo tako s posameznimi kontrolnimi točkami, kot tudi z indikatorji procesa. Eden od indikatorjev procesa je tudi uspešnost napovedi ozona. Planirani plan pravilno izvedenih napovedi za ozon smo v letu 2012 uspešno realizirali in ga celo presegli.

Tabela 2: Maksimalne 1-urne koncentracije O₃ (µg/m³) v letu 2012
(prekoračena opozorilna vrednost je označena rdeče)

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Krvavec	95	109	140	150	143	193	183	203	163	135	114	110
Iskrba	84	127	145	141	135	159	167	172	122	99	86	83
Otlica	83*	109	149	140	147*	205	203	174	160	119	90	90
Ljubljana Bežigrad	78	94	134	140	150	166	196	177	116	92	72	61
Maribor center	61	76	87	131	115	130	145	150	116*	69	62*	57
Celje	72	116	137	147	138	166	183	164	132*	97	82	72
Trbovlje	80	108*	138	146	133*	151	183*	150	109*	93	76	58
Hrastnik	92	115	140	151	133	161	187	160	125	98	80	65
Zagorje	71	96	132	136	124	146	176	114*	0*	78*	74	63
M. S.-Rakičan	89	144	141	134	141	157*	161	157	140	92	77	72
Nova Gorica	94	110	144	139	191	195	193	173	147	104	76	71
Koper	93	113	140	138	173	199	199	165	129	109	96	82
Vnajnarje	99	127*	198	169*	150	176	196	187	136	109	94	112
Maribor Pohorje	85	118	127	144*	139	154	157	167	135	119	87	86
Zavodnje	91	124	133	149	147	168	167	168	132	87	92	82
Velenje	87	114	130	138	139	150	165	155	128	89	87	69
Kovk	76*	119	129	151	158	163	159	177*	126	104	84*	81
Sveti Mohor	83	142	134	154	161	178	169	160	143	103	88	81
Maribor Vrbanski p.	78	107	120	139	133	152	143	149	125	81	75	65

Tabela 3: Število prekršitev urne opozorilne koncentracije O₃ 180 µg/m³ v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Krvavec	0	0	0	0	0	3	1	6	0	0	0	0
Iskrba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otlica	0*	0	0	0	0*	6	6	0	0	0	0	0
Ljubljana Bežigrad	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Maribor center	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0*	0
Celje	0	0	0	0	0	0	1	0	0*	0	0	0
Trbovlje	0	0*	0	0	0*	0	1*	0	0*	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	0	0	0	0*	0*	0*	0	0
M.-S.-Rakičan	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0
Nova Gorica	0	0	0	0	3	9	6	0	0	0	0	0
Koper	0	0	0	0	0	10	3	0	0	0	0	0
Vnajarje	0	0*	2	0*	0	0	3	4	0	0	0	0
Maribor Pohorje	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0
Zavodnje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Velenje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kovk	0*	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0*	0
Sveti Mohor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maribor Vrbanski p.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4: Število prekršitev 8-urne ciljne koncentracije O₃ 120 µg/m³ v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Krvavec	0	0	7*	5	19	16	21	24	9	1	0	0
Iskrba	0	0	4	4	7	11	10	18	0	0	0	0
Otlica	0*	0	7	6	9*	14	20	15	2	0	0	0*
Ljubljana Bežigrad	0	0	2	3	5	9	11	17	0	0	0	0
Maribor center	0	0	0	0	0	1	3	1	0*	0	0*	0
Celje	0	0	3	5	4	10	6	11	0	0	0	0
Trbovlje	0	0*	2	3	4	4	5*	5	0*	0	0	0
Hrastnik	0	0	4	3	2	7	6	14	0	0	0	0
Zagorje	0	0	2	3	0	4	4	0*	0*	0*	0	0
M. S.-Rakičan	0	1	2	2	6	7	13	15	1	0	0	0
Nova Gorica	0	0	1	2	11	13	17	20	1	0	0	0
Koper	0	0	3	2	12	11	15	18	1	0	0	0
Maribor Pohorje	0	0	3	3*	8	9	11	20	4	0	0	0
Vnajarje	0	1*	18	6*	17	9	12	22	2	0	0	0
Zavodnje	0	0	3	4	12	11	14	19	4	0	0	0
Velenje	0	0	2*	2	4	6	6	15	0	0	0	0
Kovk	0*	0	3	4	12	9	7	17*	0	0	0*	0
Sveti Mohor	0	2	7	4	9	9	7	3	2	0	0	0
Maribor Vrbanski p.	0	0	0	1	2	6	7	9	0	0	0	0

Tabela 5: Povprečne letne vrednosti koncentracij O₃
(prekoračena ciljna vrednost za zaščito materialov je označena rdeče)

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Krvavec	89	83	83	89	99	98	100	99	99	98	96	103	95	98	100	96	95	96	97	95	99
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	61	58	53	60	54	56	60	54	50	53	55	51*	56
Otlica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	95	88	82	83	83	80	87
Ljubljana Bežigrad	40	38	34	27	36	40	40	36	42	44	41	48	42	44	45	42	42	40	41	43	46
Maribor center	/	/	/	/	/	/	/	/	36	33	37	44	34	35	39	37	37	39	40	37	43
Celje	/	/	/	/	/	/	/	/	41	44	46	50	38	43	45	42	41	39	42	45	49
Trbovlje	/	/	/	/	/	/	/	/	37	/	40	48	35	37	41	38	33	40	42	41	46
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	46	37	46	52	43	35	50	44	41	42	48	47	51
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	34	41	32	44	39	36	30	30	36	41	43
M.S. - Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	46	54	52	58	48	50	50	47	45	45	51	52	55
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	58	47	48	50	47	43	44	46	53	57
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	74	66	67	69	68	72	74
Zavodnje	79	73	73	71	66	72	72	64	58	75	66	78	64	75	76	71	65	72	73	77	78
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	38	40	54	55	43	46	54	51	42	49	51	80	52
Kovk	70	68	69	75	69	68	61	70	76	71	65	78	69	72	72	67	61	68	71	74	76
Sveti Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	57	68	66	64	59	54	54	48	67
Vnajnarje	/	/	/	/	/	/	/	/	77	63	67	73	67	68	76	70	60	74	73	74	82
Maribor Vrbanski p.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	55	53
Maribor Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/	86	/	/	88	76	79	82	76	74	74	71	71	80

Delci

mag. Tanja Bolte

Delci so naravnega ali antropogenega izvora in pomembno vplivajo na zdravje ljudi, klimo, vidnost itd. Ločimo različne velikosti delcev: PM_{10} , $PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$ in zelo fine delce.

Onesnaženost zraka z delci je v Evropi pereč problem, še posebej zaradi delcev manjših od 10 mikronov. Sestava delcev je različna: sulfat (SO_4^{2-}), nitrat (NO_3^-), amonij (NH_4^+), različne kovine ter ogljik v organski in anorganski obliki.

Aerosol je disperzni sistem, ki vsebuje trdne ali tekoče delce, suspendirane v plinu, ki ga imenujemo zrak. Delež delcev se emitira v atmosfero iz virov na površini (primarni delci), medtem ko so drugi posledica različnih pretvorb v onesnaženi atmosferi (sekundarni delci).

Delci so naravnega izvora (cvetni prah, vegetacija, morska sol, dim gozdnih požarov, meteorski prah, vulkanski pepel) ali antropogenega izvora – vpliv človekove aktivnosti (energetski objekti, industrija, promet, poljedelstvo, individualna kurišča). Delci pomembno vplivajo na zdravje ljudi, kakor tudi na klimo, vidnost itd.

Delci, ki nastanejo s procesi med plini, in delci tako v plinski kot v tekoči fazi, so v glavnem velikosti pod $1\ \mu\text{m}$ ($10^{-6}\ \text{m}$) in se imenujejo fini delci (v angleščini izraz fine particles). Na zemeljski površini pa nastanejo delci, v glavnem večji od $1\ \mu\text{m}$, imenujemo jih grobi delci (coarse particles). Sem štejemo tudi bioaerosole, npr. pelod, trose, katerih izvor je vegetacija. Delci, ki nastanejo pri gorenju, se lahko nahajajo v obeh velikostih razredih. Delci različnega izvora so različne kemijske sestave in prav tako različne oblike in različnih fizikalnih stanj.

Določitev velikosti aerosola je eden pomembnejših elementov kar se tiče meritev in modeliranja dinamike aerosola. Premer delcev največkrat opišemo z izrazom »aerodinamični premer«. Aerodinamični premer je definiran kot premer okroglega delca z gostoto $1\ \text{g/cm}^3$. To pomeni, da se v zraku obnaša kot vodna kapljica definiranega premera. Delci enake oblike in velikosti, toda različne gostote, imajo različen aerodinamični premer. Na podlagi aerodinamičnega premera ločimo delce:

- PM_{10} - delci z aerodinamičnim premerom pod $10\ \mu\text{m}$,
- $PM_{2.5}$ - delci z aerodinamičnim premerom pod $2,5\ \mu\text{m}$,
- $PM_{1.0}$ - delci z aerodinamičnim premerom pod $1\ \mu\text{m}$,
- UFP - zelo fini delci z aerodinamičnim premerom pod $0,1\ \mu\text{m}$.

Torej, delci so različnih oblik in velikosti, lahko so v tekoči ali trdni obliki. Delce ločimo po velikosti na večje in manjše delce. Večji delci so delci med 2.5 in 10 mikrometrov (25 do 100 krat tanjši od človeškega lasu). Ti delci nosijo oznako PM_{10} (delci velikosti pod 10 mikrometrov). Manjši delci so delci pod 2.5 mikrometrov (100 krat tanjši od človeškega lasu). Ti delci nosijo oznako $PM_{2.5}$ (pod 2.5 mikrometrov).

Sestava delcev je odvisna od izvora delcev. V glavnem velja, da se manjši in svetlejši delci zadržujejo v zraku dalj časa. Večji delci (večji kot 10 mikrometrov premera) se zadržujejo v atmosferi nekaj ur, medtem ko manjši delci (manjši od 1 mikrometra) lahko ostanejo v atmosferi tedne in se navadno odstranijo iz atmosfere s padavinami.

Vpliv delcev na zdravje

Manjši ko so delci, globlje prodrejo v dihalne poti. Delci večji od 10 μm se ustavijo v zgornjih dihalnih poteh (nos, obnosne votline), manjši od 10 μm pa potujejo v spodnje dihalne poti. Delci manjši od 2.5 μm prodrejo globoko v dihalne poti. Vnetna reakcija na mestu vstopa (pljuča), lahko dodatno poslabša obstoječo bolezen dihal.

V zadnjem desetletju se večina raziskav, v katerih se ukvarjajo s problematiko onesnaženosti zraka in zdravja, usmerja v iskanje povezave med izpostavljenostjo prebivalcev delcem manjšim od 10 μm (PM_{10}) in v zadnjih letih predvsem delcem manjšim od 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$), ki prodrejo globoko v pljuča - pljučne mešičke.

Sestava delcev:

- v veliki večini delcev je glavna komponenta ogljik, na tega pa se lahko vežejo številne primesi;
- kovine (železo, baker) - poškodujejo dedni material, povzročijo vnetje;
- organska topila - poškodujejo dedni material, so rakotvorna;

Sposobnost delcev, da povzročijo oksidativni stres in vnetno reakcijo (nastanek citokinov, maščobno peroksidacijo), je odvisna od velikosti delcev. Delci manjši od 2.5 μm so bolj toksični.

Manjši delci v večji meri povzročajo nastanek vnetnih reakcij v ostalih delih telesa. Poizkusi na živalih kažejo, da manjši delci ne povzročajo pomembnih vnetnih reakcij na vstopu v pljučih, ampak delujejo predvsem sistemsko (sistemsko vnetje, povečane koncentracije fibrinogena, nevtrofilija). Vzrok za to je lažji prehod delcev skozi pljučno bariero in lažje potovanje delcev po telesu. Majhni delci lahko vstopajo že preko nasofarinksa in olfaktornega živca v možgane /26/.

Če delci vsebujejo težke kovine, je njihova toksičnost še večja. V eni od raziskav so dokazali, da prisotnost cinka v delcih poveča moč vnetja, stopnjo nekroze in preobčutljivosti pljuč /26/.

Umrljivost in obolevnost odraslih za boleznimi dihal, srca in ožilja je pogosto opazovana v epidemioloških študijah.

Dve največji epidemiološki študiji kažeta na povezavo med dolgotrajno izpostavljenostjo delcem in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi dihal ter srca in ožilja /27, 28/.

Iz študije, opravljene v 22 evropskih mestih o vplivih PM_{10} na umrljivost za boleznimi pljuč, srca in ožilja, v kateri je sodelovala tudi Ljubljana, je razvidno, da je odnos med koncentracijo delcev in povečano tveganje za umrljivostjo linearen. Pri povprečni letni vrednosti PM_{10} 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se stopnja umrljivosti poveča za dobra 2 % /29/.

Iz študij je razvidno, da je učinek PM_{10} na zdravje odvisen od koncentracije in časa izpostavljenosti. Dolgotrajna stalna izpostavljenost ima neprimerno večji vpliv na zdravje kot občasna kratkotrajna izpostavljenost večjim koncentracijam PM_{10} /30/.

Iz študij je nadalje razvidno, da je odnos med dolgotrajno izpostavljenostjo PM_{10} in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi pljuč ter srca in ožilja linearen. Zato kakršnokoli zmanjšanje koncentracije delcev v ozračju predstavlja pomembno izboljšanje za zdravje prebivalcev /30/.

Delci večajo umrljivost za boleznimi dihal, srca in ožilja, kar je v skladu z mehanizmom delovanja. Življenje v okolju z delci PM₁₀ poveča tveganje za umrljivost za boleznimi dihal in boleznimi srca in ožilja, tveganje se poveča za 1,01 za vsakih 10 µg/m³ /31/.

Slovenija je sodelovala v vseh pomembnih evropskih epidemioloških študijah, ki so raziskovale vpliv dolgotrajne izpostavljenosti delcem PM₁₀ na umrljivost in obolevnost odraslih za boleznimi dihal, srca in ožilja /29/.

Oceno o ogroženosti zdravja zaradi izpostavljenosti delcem PM₁₀ smo opravili v mestih Ljubljana in Celje. V oceni smo določili dodatno letno število prebivalcev, ki umrejo zaradi boleznih dihal, srca in ožilja zaradi dolgotrajne izpostavljenosti trenutni stopnji onesnaženja v primerjavi s povprečno letno vrednostjo 20 µg/m³ in v primerjavi z zeleno stopnjo onesnaženja (povprečna letna vrednost 10 µg/m³) /32/.

Delci PM₁₀

Koncentracija delcev PM₁₀ je v letu 2012 presegla letno mejno vrednost na prometnem merilnem mestu Ljubljana center. V letu 2012 je bilo dovoljeno število prekoračitev preseženo na manj merilnih mestih, kot v letu 2011. Do prekoračitev je prišlo na merilnih mestih: Ljubljana center, Celje, Trbovlje, Zagorje, Murska Sobota Rakičan, Žerjav in Novo mesto.

Onesnaženost zraka z delci PM₁₀

*Uredba o kakovosti zunanjega zraka /2/ in Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/ predpisujeta mejne vrednosti koncentracij delcev PM₁₀ za zaščito zdravja - **mejno dnevno vrednost in dovoljeno letno število prekoračitev le-te ter mejno letno vrednost.***

Letni pregled onesnaženosti zraka z delci po merilnih mestih v letu 2012 je podan v tabeli 1. Podrobnejši podatki so zbrani v tabelah 2 - 5. V državni merilni mreži meritve delcev PM₁₀ izvajamo z referenčnimi merilniki delcev. Te podatke poročamo tudi na EEA. Meritve v dopolnilni merilni mreži se izvajajo z različnimi merilniki: TEOM FDMS, TEOM in referenčni merilnik, kar je razvidno iz tabele 1.

V letu 2012 smo zaznali dve situaciji s povišano koncentracijo delcev PM₁₀, ki jo lahko v skladu z navodili EK, pripišemo vplivu saharskega peska. Vpliv saharskega peska nad Slovenijo je zaznal model BSC-DREAM 8b. Z modelom je viden vpliv saharskega peska 6. aprila in 2. julij 2012. Delež, ki ga doprinese saharski pesek k skupni dnevni koncentraciji delcev PM₁₀ odštejemo le na tistih merilnih mestih, kjer je bila izmerjena presežena mejna dnevna vrednost. 6. aprila 2012 je bila presežena mejna vrednost izmerjena na merilnem mestu Maribor center, 2. julija 2013 pa v Novi Gorici. Na obeh merilnih mestih je bila koncentracija po odštetem deležu, ki ga je doprinesel saharski pesek, nižja od predpisane mejne dnevne vrednosti.





V letu 2011 smo v sklopu akreditacije Kemijsko analitskega laboratorija pridobili akreditacijo SIST EN ISO/IEC 17025 tudi za meritve delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, kar je razvidno iz akreditacijske listine LP-030. S tem izkazujemo verodostojnost svojih rezultatov, kateri končni uporabnik lahko zaupa.

V septembru 2011 smo pričeli izvajati meritve delcev PM₁₀ na merilnem mestu Velenje, ki je v lasti TEŠ. Merilno mesto uvrščamo v tip mestnega ozadja. V okolici so šole in stanovanjsko naselje, cesta je od merilnega mesta oddaljena manj kot 100 m.

Tabela 1: Koncentracije delcev PM₁₀ v zraku (µg/m³) v letu 2012

Merilno mesto	Leto**		Dan**	
	% pod	C _p	max	>MV
Ljubljana Bežigrad (R)	95	26	130	27
Ljubljana BF (R)	89	25	132	21
Maribor center (R)	97	30	108	34
Kranj (R)	99	26	110	27
Novo mesto (R)	99	28	110	45
Celje (R)	97	31	131	55
Trbovlje (R)	97	32	130	65
Zagorje (R)	100	32	123	62
Hrastnik (R)	96	24	84	17
Velenje (R)	99	22	94	11
Murska S. Rakičan (R)	99	29	141	44
Nova Gorica (R)	100	24	87	19
Koper (R)	99	24	99	23
Žerjav (R)	90	29	123	44
Iskrba (R)	91	15	74	1
Ljubljana center [▲]	95	45	141	107
Maribor Vrbanski p.	91	24	93	8
Vnajarje (R)	87	23	89	8
Pesje [▲]	97	20	56	2
Škale	98	22	97	9
Prapretno	94	28	107	25
Kovk (R)	93	15	68	1
Dobovec (R)	96	12	66	1
Zelena trava (R)	98	18	77	2
Morsko (R)	98	20	87	10
Gorenje Polje (R)	91	21	85	11

Legenda:

**	določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag	% pod	odstotek veljavnih podatkov
	prekoračena mejna vrednost	C _p	povprečna koncentracija
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag	max	najvišja koncentracija
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag	>MV	število primerov s spreženo mejno vrednostjo
	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom	*	informativni podatek – premalo celjavnih podatkov
(R)	meritve z referenčnim merilnikom – LVS		
[▲]	meritve z merilnikom TEOM FDMS		

Merilno mesto *Ljubljana center* je bilo po onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ s povprečno letno koncentracijo 45 µg/m³ in s 107 prekoračitvami mejne dnevne koncentracije tudi v letu 2012 na prvem mestu. Edino na tej lokaciji je bila prekoračena povprečna letna mejna koncentracija. Na merilnih mestih Novo mesto, Celje, Trbovlje, Zagorje, Murska Sobota Rakičan, Žerjav in Ljubljana center je bilo preseženo letno dovoljeno število prekoračitev mejne dnevne koncentracije.

V bližini merilnega mesta Maribor center so od 13.7. do 17.12.12 potekala gradbena dela, zaradi gradnje krožnega križišča in je občasno prihajalo do povišanih koncentracij delcev.

Rezultati meritev kažejo, da so bile koncentracije delcev PM_{10} v letu 2012 nižje kot v letu 2011 na vseh merilnih mestih. Prav tako je število preseganj na vseh merilnih mestih nižje kot v letu 2011. Poudariti je potrebno, da do povišanih koncentracij delcev in s tem do preseganj mejnih dnevnih koncentracij prihaja izključno v zimskih mesecih (oktober – marec).

Poleg prometa dodatno vplivajo na povečano onesnaženost zraka z delci tudi industrija in individualna kurišča. Za leto 2012 smo izdelali poročilo: *Opredelitev virov delcev PM_{10} v Ljubljani Biotehniška fakulteta /19/*.

Iz omenjene ocene je jasno razvidno, da so v zadnjih letih največji vir onesnaženosti individualna kurišča. V zadnjih letih opažamo, da ljudje za kurjenje uporabljajo predvsem drva, ki so cenovno bolj ugodna od fosilnih goriv (olje, plin). Pri zgorevanju lesa poleg ogljikovega dioksida in vode nastajajo tudi nezaželeni emisije, kot so ogljikov monoksid, dušikovi oksidi, C_xH_y in delci, ki ogrožajo zdravje ljudi. Poudariti je potrebno, da so problematične predvsem snovi, ki so vezane na delce in so kancerogene ter povzročajo zdravstvene težave.

Pogoj za nizke emisije dimnih plinov iz individualnih kurišč na les je kakovostna in pravilno vgrajena kurilna naprava z nizkimi emisijami, vendar je potrebno dodatno zagotoviti še:

- primerno gorivo (velikost polena oz. sekancev) s čim nižjo vlažnostjo (zračno suha drva oz. vlažnost pod 25 %),
- kurilno napravo je potrebno pravilno kuriti in vzdrževati po navodilih proizvajalca (toplotna moč, kličina dodanega goriva, odstranjevanje pepela).

Letni in dnevni hod koncentracij

Nižje koncentracije delcev PM_{10} poleti in višje pozimi so očitne zlasti v notranjosti Slovenije, saj se pozimi zaradi stabilnejše atmosfere in šibkejših vetrov onesnažen zrak težje razredčuje. Do povišanih koncentracij delcev prihaja predvsem v zimskem času zaradi dodatnih emisij iz individualnih kurišč. Predvsem najnovejša gospodarska kriza je veliko pripomogla k uporabi cenejših in s tem »nečistih« energentov - predvsem drv, premoga in biomase, kurilne naprave pa so pogosto stare in imajo slab toplotni izkoristek.

Precej manj kot v notranjosti Slovenije je zimski maksimum koncentracij izražen na Obali in na Primorskem, saj je tam malo temperaturnih inverzij in manj emisij iz kurišč zaradi manjše potrebe po ogrevanju. Zimski maksimum je neizrazit tudi na območjih, ki so daleč od virov emisij (npr. Iskrba).

Jutranji in večerni maksimum sta predvsem posledica prometnih konic, pri čemer je vpliv popoldanske premaknjen na večerni čas, ko se hitrost vetra zmanjšuje. Precej višje koncentracije se pojavljajo ob delovnih dnevih kot ob koncu tedna in ob praznikih.

Časovni trend

Pri časovnem trendu koncentracij je opazen vpliv prevladujočih vremenskih situacij. Trend zmanjševanja koncentracij delcev PM_{10} od 2003 naprej je delno posledica zmanjševanja emisije zaradi izgradnje čistilnih naprav na industrijskih objektih, delno pa posledica ugodnih vremenskih razmer v zadnjih letih. Tako so bile npr. koncentracije delcev visoke v zelo sušnem letu 2003, nižje

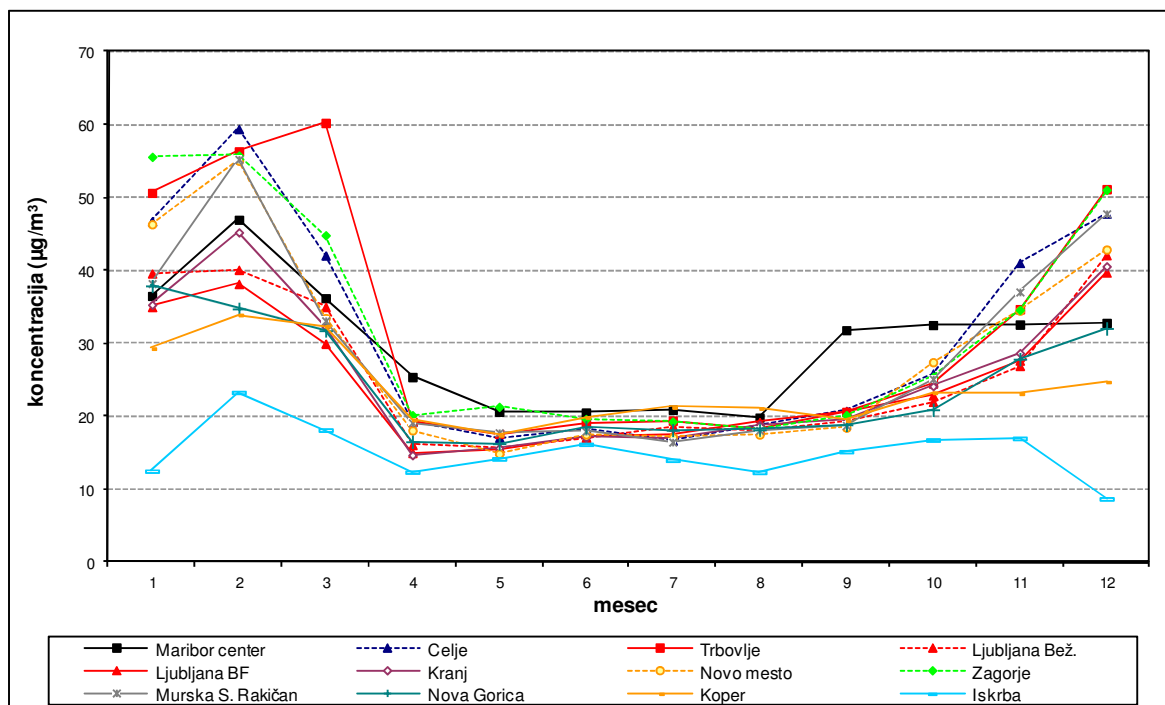
v letu 2004, ko je prevladovalo mokro poletje, in spet višje leta 2005, ko smo imeli v januarju in začetku februarja precej mrzlo in suho vreme, kar je vplivalo na večjo onesnaženost zraka.

Na nižje koncentracije v letu 2007 je vplivala nadpovprečno topla in vetrovna prva polovica leta, v letih 2008 in 2009 pa pogoste padavine zlasti v poletnem času. Velika onesnaženost v letu 2010 je bila predvsem posledica zelo visokih koncentracij v januarju, februarju in decembru, ko smo imeli daljša suha obdobja mrzlega zimskega vremena.

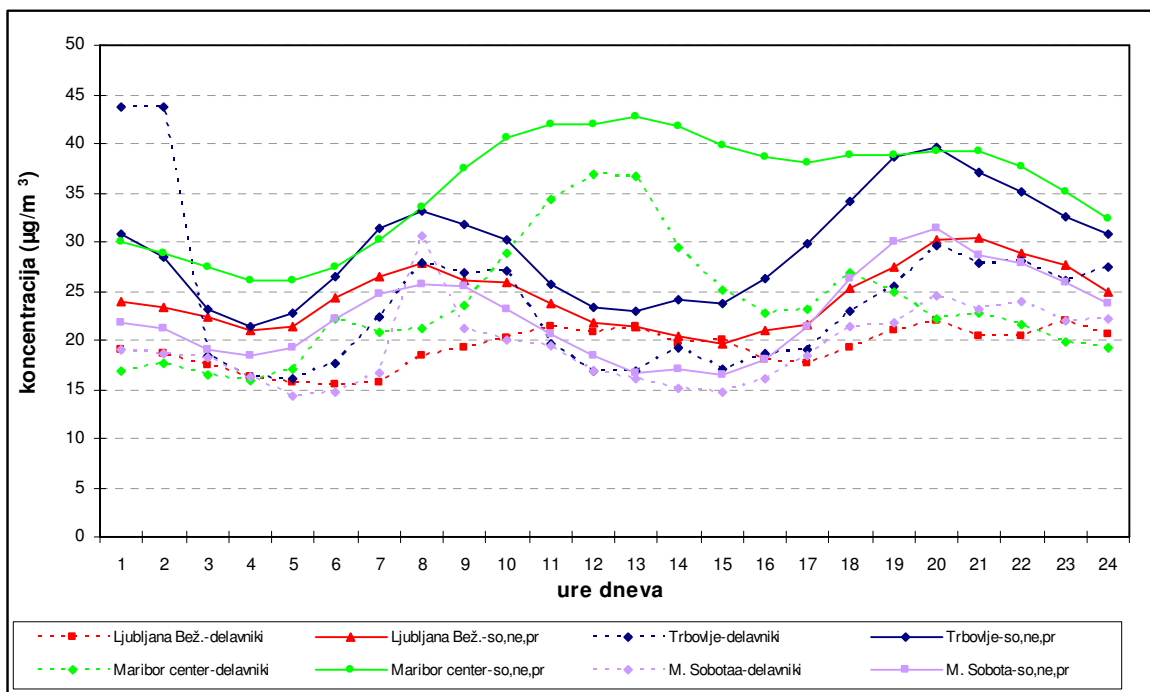
V letu 2011 je bilo značilno obdobje visokih koncentracij v mesecu februarju, ko smo imeli dve več kot 10-dnevni obdobji hladnega zimskega vremena brez padavin, ter v novembru.

V letu 2012 se je glede na prejšnje leto znižalo število prekoračitev mejne dnevne koncentracije delcev PM_{10} , tako da je bilo letno dovoljeno število prekoračitev preseženo na manj merilnih mestih po Sloveniji. Do prekoračenj je tudi v letu 2012 prihajalo izključno v zimskem obdobju leta. Potrebno je poudariti, da poleg prometa in industrije na povišane koncentracije delcev vplivajo tudi individualna kurišča. Emisije zaradi prometa in industrije se ne spreminjajo močno, emisije zaradi ogrevanja pa so močno odvisne od temperature zraka. Na raven koncentracije pa zelo vpliva stabilnost ozračja - pojav temperaturnih inverzij močno poviša raven koncentracije, boljša prevetrenost in pojav padavin pa jo zniža. V prvih treh mesecih leta 2012 je bila količina padavin močno pod dolgoletnim povprečjem, nadpovprečno je bilo sončno obsevanje, vetra je bilo več, manj pa dni s pojavom temperaturne inverzije. Zadnji trije meseci pa so bili nadpovprečno namočeni. Razen nekaj kratkih hladnih obdobjj je bilo nadpovprečno toplo, tudi inverzij je bilo manj. Vse to so pogoji, pri katerih je raven koncentracij delcev, pa tudi ostalih onesnaževal nižja kot običajno v tem obdobju.

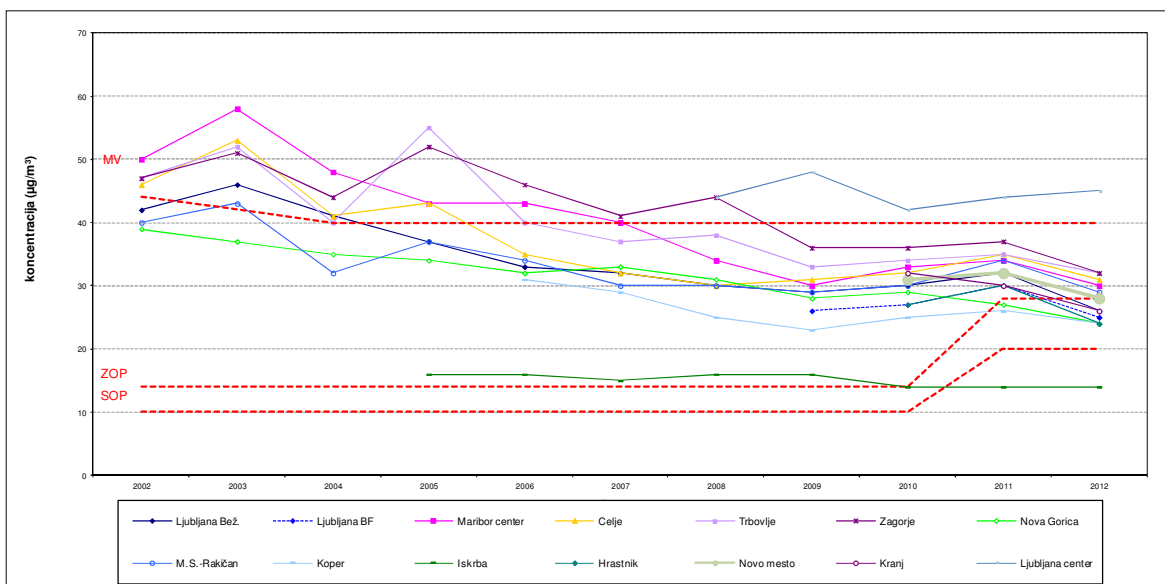
Podrobneje je to obdobje visokih koncentracij onesnaževal vidno na slikah 5 in 6.



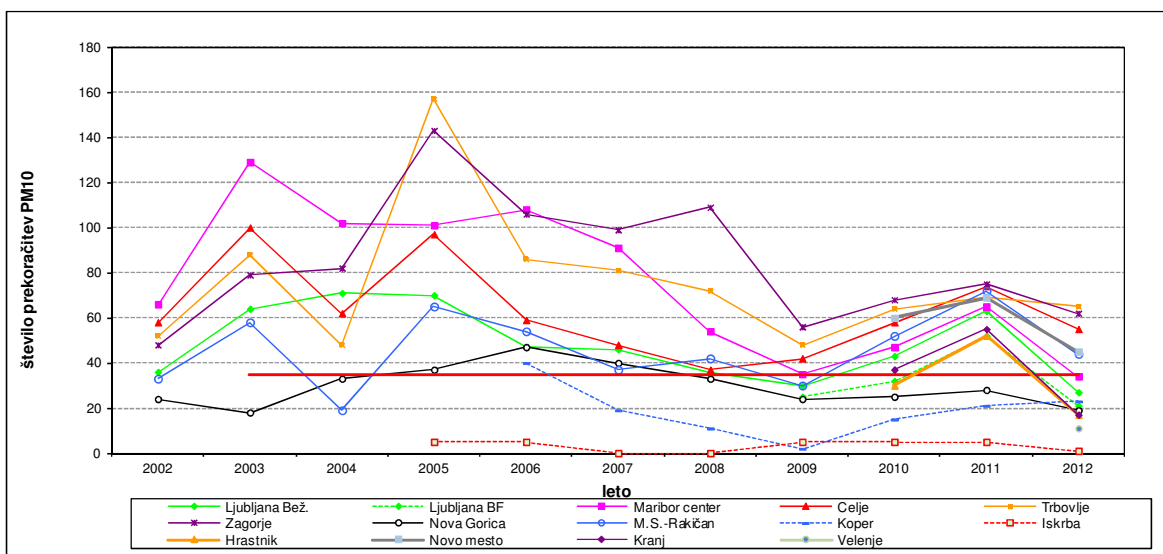
Slika 1: Povprečne mesečne koncentracije delcev PM_{10} v letu 2012



Slika 2: Dnevni hodi koncentracij delcev PM₁₀ za leto 2012 na štirih merilnih mestih



Slika 3: Povprečne letne koncentracije delcev PM₁₀ (MV-mejna vrednost, SOP-spodnji ocenjevalni prag, ZOP-zgornji ocenjevalni prag)



Slika 4: Število prekršitev mejne dnevne koncentracije delcev PM₁₀ za obdobje 2002 - 2012

Obdobje visokih koncentracij

Dnevne koncentracije delcev PM₁₀ so v januarju na vseh mestnih lokacijah prekoračile mejno vrednost. Najvišje koncentracije onesnaževal so se pojavljale v dnevih z jasnim vremenom, ko so nastale temperaturne inverzije v notranjosti Slovenije. Sorazmerno veliko prekoračitev mejne dnevne koncentracije na Primorskem in ob obali je bila posledica nastanka temperaturne inverzije z nizko oblačnostjo in zamegljenostjo na območju severnega Jadrana in Padske nižine v nekaj dnevih med 18. in 23. januarjem.

V mesecu februarju so zaradi zelo nizkih temperatur v prvi polovici meseca dnevne koncentracije delcev PM₁₀ povsod prekoračile mejno vrednost. Vpliv mrzlega vremena se je odrazil na onesnaženosti zraka zaradi malih kurišč, ki so ponekod pozimi glavni vir delcev PM₁₀. Tako je bila celo na Iskrbi enkrat prekoračena mejna dnevna koncentracija zaradi vpliva bližnjega naselja Štalcerji. Stanje je posebej slabše v ozkih dolinah (Zasavje, Žerjav), kjer je predvsem pozimi skoraj onemogočeno mešanje zraka. Prekoračitve mejne dnevne koncentracije ob obali so bile posledica močnih sunkov burje v prvih sedmih dneh februarja, ki so dvigali prah s tal. Izrazit padec koncentracij vseh onesnaževal 20. februarja je bil posledica padavin, ki so bile po nižinah večinoma v obliki dežja.

Kljub nadpovprečno visokim temperaturam ob prevladujočem sončnem vremenu v mesecu marcu so dnevne koncentracije delcev PM₁₀ skoraj povsod prekoračile mejno vrednost. Na večini mestnih merilnih mest je bilo prekoračitev med 2 in 10. Opazno pa izstopata merilni mesti Ljubljana center (18 prekoračitev) in Trbovlje (17 prekoračitev). Pri prvem gre skoraj izključno za vpliv prometa, pri drugem pa gre za vpliv lokalne industrije, delno pa tudi emisije iz prometa in individualnih kurišč. Temperaturne inverzije so bile le kratkotrajne jutranje. Vsota prekoračitev od začetka leta na račun prvih treh mesecev je že presegla število 35, ki je dovoljeno za celo leto, na prometni lokaciji Ljubljana center in merilnih mestih Žerjav, Trbovlje, Zagorje in Celje.

Dnevne koncentracije delcev PM₁₀ so zaradi zelo pogostih padavin, ki so spirale ozračje, v aprilu in maju le redkokje prekoračile mejno vrednost. V poletnih mesecih so bile koncentracije delcev nizke, saj so vremenski pogoji, ki vplivajo na onesnaženost zraka, v toplem delu leta ugodnejši kot

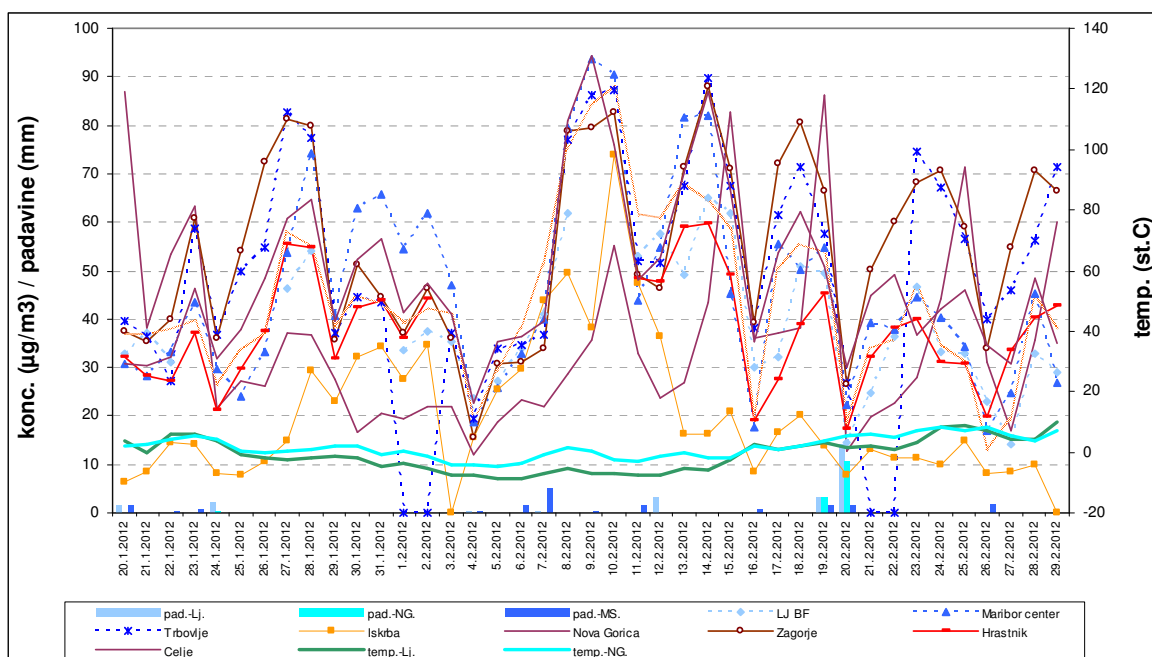
pozimi. Visoke koncentracije delcev PM₁₀ so bile izmerjene v prvih treh dneh julija, ko je bil nad Slovenijo zaznaven vpliv prenosa sahorskega prahu iz severne Afrike.

V mesecu septembru so se zaradi jutranjih temperaturnih inverzij povišale koncentracije delcev. Razlog za zelo visoke koncentracije delcev PM₁₀ (108 µg/m³) in PM_{2,5} (42 µg/m³), izmerjene na merilnem mestu Maribor center, so gradbena dela v neposredni bližini merilnega mesta.

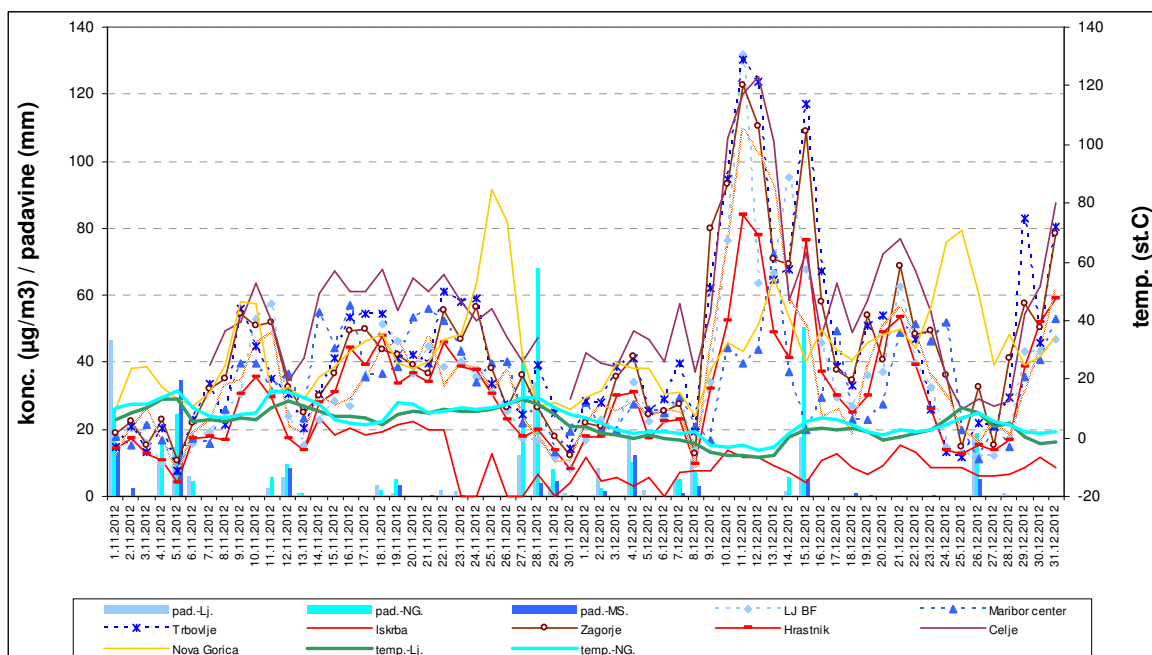
V oktobru so se koncentracije delcev glede na prejšnji mesec nekoliko povišale, a so bile za ta letni čas še zmeraj razmeroma nizke, razlog je bil v dokaj nestabilnem vremenu s pogostimi padavinami, temperature pa so bile za ta letni čas precej visoke. V Kopru je prišlo do prekoračitve mejne dnevne vrednosti v dneh od 20. do 22. oktobra 2012. Nad Slovenijo je bilo takrat področje visokega zračnega tlaka. Ob takšni vremenski situaciji je bilo na obali suho in toplo vreme z meglico in šibkimi vetrovi. V nižjih plasteh se je pojavila temperaturna inverzija, ki je preprečila vertikalno mešanje onesaženega zraka. V dneh pred to situacijo je nad našimi kraji pihal jugozahodni veter, ki je prinesel prah iz Sahare, kar je še dodatno povečalo koncentracijo delcev.

Koncentracije delcev PM₁₀ so v novembru prekoračile mejno dnevno vrednost 50 µg/m³ skoraj na vseh merilnih mestih po Sloveniji. Kurilne naprave, predvsem individualna kurišča so razlog za devetkrat preseženo mejno dnevno vrednost na merilnem mestu Murska Sobota Rakičan. Nižje dnevne koncentracije delcev PM₁₀ na začetku in koncu meseca novembra so posledica obilnih padavin, ki so zajele Slovenijo.

V decembru je bilo vreme močno spremenljivo brez daljših obdobj stabilnega vremena. Bilo je dokaj vetrovno in v zadnji tretjini meseca nadpovprečno toplo. Koncentracije delcev PM₁₀ so v decembru prekoračile mejno dnevno vrednost 50 µg/m³ skoraj na vseh merilnih mestih, z izjemo Iskrbe. Največ trinajstkrat je bila mejna dnevna vrednost presežena na merilnem mestu Zagorje, ki je pod vplivom prometa, industrije in individualnih kurišč. V prvi tretjini meseca so bile pogoste padavine in vetrovno vreme z jugozahodnikom in vzhodnikom oz. burjo. Med 9. in 15. decembrom je bilo zelo hladno obdobje brez padavin z inverzijami po kotlinah in dolinah. Nato je sledilo obdobje spremenljivega vremena s povprečnimi temperaturami, od 24. decembra dalje pa je bilo nadpovprečno toplo in precej vetrovno vreme brez padavin z izjemo 27. decembra.



Slika 5: Koncentracije delcev PM₁₀, padavine in temperatura zraka v obdobju od 20. 1. do 29. 2. 2012



Slika 6: Koncentracije delcev PM₁₀, padavine in temperatura zraka v novembru in decembru 2012

Tabela 2: Povprečne mesečne koncentracije delcev PM₁₀ (µg/m³) v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	40	40	35	16	16	17	19	18	19	22	27	42
Ljubljana BF (R)	35*	38	30	15*	15	17	18	19	21	23	28	40
Maribor center (R)	37	47	36	25	21	21	21	20	32	33	33	33
Kranj (R)	35	45	32	15	16	17	17	19	19	24	29	41
Novo mesto (R)	46	55	34	18	15	18	17	18	18	27	35	43
Celje (R)	47	59	42	19	17	18	17	19	21	26	41	48
Trbovlje (R)	51	56	60	19	18	19	19	18	21	24	35	51
Zagorje (R)	56	56	45	20	21	20	19	18	20	25	35	51
Hrastnik (R)	33	38*	36	17	16	17	16	17	18	21	26	35
Murska S. Rakičan (R)	38	55	33	19	18	18	16	18	19	25	37	48
Nova Gorica (R)	38	35	32	17	16	19	18	18	19	21	28	32
Koper	29	34	32	20	17	20	21	21	19	23	23	25
Žerjav (R)	55	61	37	22	18	19	20	19	20	23	30	37*
Iskrba (R)	13	23	18	12	14	16	14	12	15	17	17*	9
Zelena trava	16	28	27	11	15	16	18	16	15	16	18	16
Ljubljana center	53	60	56	41	32	37	40	46	38	42	44	51
Morsko	27	29	27	13	13	15	15	17	17	18	21	25
Gorenje Polje	31*	30	32	13	14	17	17	16	17	22*	23*	25
Maribor Vrbanski p.	27	35	30	17	18	20	20	22	19	22	26	24
Vnajnarje	22	34	28	23	22	24	26	25	22	18	18	15
Pesje	13	21	31	16	16	23	23	21	20	21	22	19
Škale	22	34	27	18	19	21	22	21	22	20	21	17
Prapretno	27	41	38	22	22	28	28	28	26	25	29	25

Tabela 3: Prekoračitve mejne dnevne koncentracije delcev PM₁₀ (μg/m³) v letu 2012

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bež.	9	6	2	0	0	0	0	0	0	0	2	8
Ljubljana BF	4*	6	1	0*	0	0	0	0	0	0	3	7
Ljubljana center	16	18	18	4	0	4	7	9	5	5	11	10
Maribor center	6	10	2	0	0	0	0	0	3	4	5	4
Kranj	5	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Novo mesto	11	15	1	0	0	0	0	0	0	1	7	10
Celje	14	16	8	0	0	0	0	0	0	1	5	11
Trbovlje	13	16	17	0	0	0	0	0	0	0	7	12
Zagorje	17	16	11	0	0	0	0	0	0	0	5	13
Hrastnik	5	2*	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7
M. S.-Rakičan	8	14	2	0	0	0	0	0	0	1	9	10
Nova Gorica	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3
Koper	6	4	1	1	0	0	0	0	0	3	5	3
Žerjav	17	19	3	0	0	0	0	0	0	0	3	2*
Iskrba	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0
Zelena trava	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Morsko	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3
Gorenje Polje	2*	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3
Maribor Vrbanski p.	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Vnajnarje	0	3	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0
Pesje	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Škale	0	6	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Prapretno	1	7	3	1	0	3	4	1	1	0	1	3

** predstavitev merilnega mesta Tabor na lokaciji Maribor VP

Tabela 4: Povprečne letne vrednosti koncentracij delcev PM₁₀ (μg/m³)
(prekoračena mejna letna vrednost je označena rdeče)

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ljubljana Bežigrad	42	46	41	37	33	32	30	29	30	32	26
Ljubljana BF	/	/	/	/	/	/	/	26	27	30	27
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	44	48	42	44	45
Maribor center	50	58	48	43	43	40	34	30	33	34	30
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	32	30	26
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	31	32	28
Celje	46	53	41	43	35	32	30	31	32	35	31
Trbovlje	47	52	40	55	40	37	38	33	34	35	32
Zagorje	47	51	44	52	46	41	44	36	36	37	32
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	27	30	24
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22
M. S.-Rakičan	40	43	32	37	34	30	30	29	30	33	29
Nova Gorica	39	37	35	34	32	33	31	28	29	27	24
Koper	/	/	/	/	31	29	25	23	25	27	24
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	26	34	29
Iskrba	/	/	/	16	16	15	16	16	14	17	15
Morsko	/	/	/	/	/	23	22	20	19	21	20
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	24	26	23	20	23	21
Maribor Vrb. plato	40	42	38	43	47	40	35	30	31	26	24
Vnajnarje	/	/	/	/	26	22	/	23	20	26	23
Pesje	/	31	25	27	28	21	20	22	22	22	20
Škale	/	27	23	23	26	24	22	24	23	23	22
Prapretno	/	/	30	28	34	33	29	31	29	34	28

Tabela 5: Število prekoraitjev mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne koncentracije delcev PM₁₀ (µg/m³) (prekoraitvena dovoljena letna vsota je označena rdeče)

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ljubljana Bežigrad	36	64	71	70	47	46	36	30	43	63	27
Ljubljana BF	/	/	/	/	/	/	/	25	32	51	21
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	101	112	74	94	107
Maribor center	66	129	102	101	108	91	54	35	47	64	34
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	37	55	27
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	60	69	45
Celje	58	100	62	97	59	48	37	42	58	73	55
Trbovlje	52	88	48	157	86	81	72	48	64	68	65
Zagorje	48	79	82	143	106	99	109	56	68	75	62
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	51	17
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11
M. S.-Rakičan	33	58	19	65	54	37	42	30	52	71	44
Nova Gorica	24	18	33	37	47	40	33	24	25	28	19
Koper	/	/	/	/	40	19	11	2	15	21	23
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	29	79	44
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11
Maribor Vrb. plato	38	42	51	111	132	94	52	24	38	25	8
Vnajnarje	/	/	/	/	20	10	/	7	2	12	8
Pesje	/	17	11	23	24	14	9	12	10	16	2
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9
Prapretno	/	/	19	15	33	36	25	20	29	49	25

Določitev virov delcev PM₁₀ s kemijsko analizo

Tanja Koleša

Koncentracija in sestava delcev je odvisna predvsem od virov (naravnih in antropogenih) ter od meteoroloških pojavov. Različne študije so pokazale na povezavo med povišanimi koncentracijami delcev manjših od 10 µm in porastom bolezni respiratornega in kardiovaskularnega sistema. Manjši ko so delci, globlje prodrejo v dihalne poti. Za zmanjšanje koncentracije delcev je najprej potrebno določiti prispevke najpomembnejših virov delcev PM₁₀ na določenih merilnih mestih, zato je potrebno pridobiti čim več informacij o kemijskih lastnostih delcev. Na ARSO uporabljamo v ta namen visoko volumski vzorčevalnik Digitel, ki zajame večjo količino zunanjega zraka, s tem se poveča depozit delcev in se tako omogoči nižja detekcija posameznih parametrov. Poleg tega se delci lovijo na filter s premerom 150 mm, kar omogoča večje število različnih kemijskih analiz delcev. S tem vzorčevalnikom vzorčimo delce PM₁₀ v zunanjem zraku na enem merilnem mestu vsak dan eno leto.

Na podlagi povprečnih koncentracij in števila preseganj delcev PM₁₀ smo se odločili, da bomo v letu 2012 ocenili vire delcev PM₁₀ na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta. Vzorčenje je potekalo od 13.1.2012 do 6.1.2013. Biotehniška fakulteta stoji v mirnem predelu Ljubljane, nasproti Ljubljanskega živalskega vrta tik pod vznožjem Rožnika. Stanovanjska naselja so oddaljena približno 400 metrov, zahodna ljubljanska obvoznica pa 1,5 kilometra. V bližnji okolici merilnega mesta ni drugih večjih virov.

Po končanem vzorčenju smo iz razlike v masi filtra določili koncentracijo delcev PM₁₀, nato pa filter poslali v kemijsko analizo. Delci PM₁₀ so bili analizirani na naslednje parametre: težke kovine, PAH, ione, elementarni in organski ogljik ter levoglukozan. S pomočjo statističnega

modela PMF smo na podlagi teh pridobljenih rezultatov in njihovih merilnih negotovosti določili prispevke posameznih virov emisij delcev PM₁₀ za celotno obdobje merjenja.

V tabeli 1 so iz različnih strokovnih člankov zbrani elementi (tracer, indikator), ki so značilni za posamezen vir onesnaženja /43, 44, 45/.

Tabela 1: Značilni elementi (tracer, indikator) za posamezen vir onesnaženja

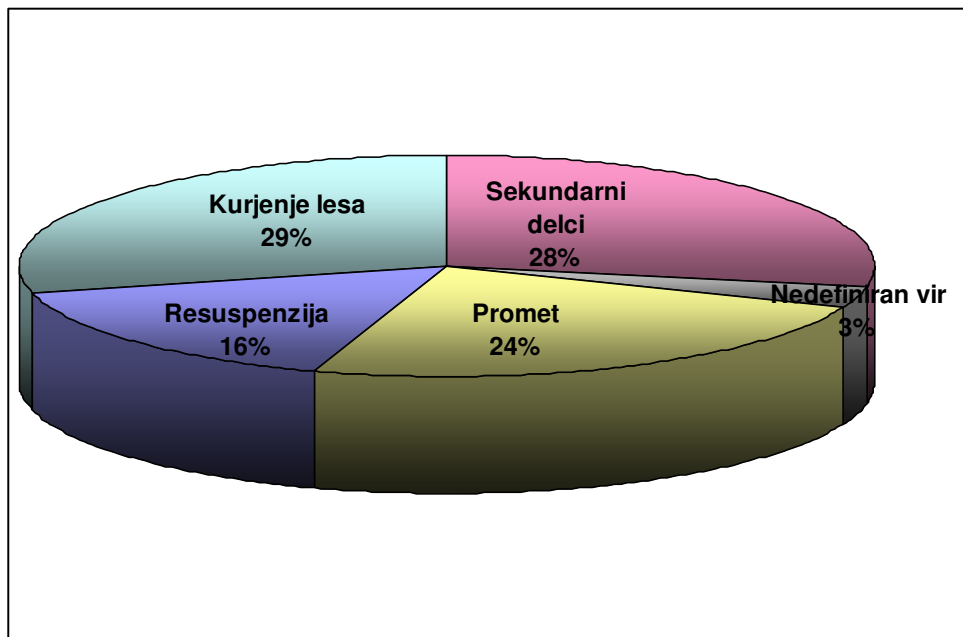
VIR EMISIJE		KARAKTERISTIČNI ELEMENTI
CESTNI PROMET	Emisija izpusta	Br, Pb, Ba, EC, Mn, Cl, Zn, V, Ni, Se, Sb, As, PAH
	Obraba pnevmatik	Zn
	Obraba zavor	Cu, Zn, Pb
	Prah na cestah zaradi prometa	EC, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, Zn
INDUSTRIJA	Industrija železa in jekla	Pb
	Rafinerija	V
	Cementerna	Mg, Al, K, Ti, Mn, Fe
INDIVIDUALNA KURIŠČA	Les	Levoglukoza, PAH, EC, Ca, Na, K, Fe, Br, Cl, Cu, Zn
	Premog	Se, As, OC, EC, Cr, Co, Cu, Al, S, P, Ga
	Kurilno olje	EC, V, Ni
AEROSOLI IZ MORJA		Na, Cl, S, K
RESUSPENZIJA		Si, V, Cr, Ca, Ti, Sr, Al, Mn, Sc
MINERALNI PRAH		Si, Al, Ca, Mg
SEKUNDARNI DELCI	Kmetijstvo	NH ₃
	Premog, livarne	SO ₂
	Izgorevanje	NO _x

Statistični model PMF je določil 5 virov delcev PM₁₀. V tabeli 2 je prikazana porazdelitev virov emisij delcev PM₁₀ v celotnem obdobju vzorčenja na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta, ki smo jih dobili s pomočjo omenjenega modela, na sliki 1 pa je grafično predstavljena ta porazdelitev. Podrobnejši rezultati so predstavljeni v poročilu /18/, ki je dostopno na internetni strani ARSO www.arso.gov.si.

Tabela 2: Viri emisij s pripadajočimi indikatorji dobljenimi s statističnim modelom PMF

	Prevladujoči indikatorji	Časovni vzorec	Vir emisij	Delež vira
1	Amonij, sulfat	Zima, jesen	Anorganski sekundarni delci (amonij: kmetijstvo, sulfat: kurjenje s premogom)	28 %
2	Cr, Ni, Mn, Mo	Celo leto	Nedefiniran vir	3 %
3	Cu, Ca, Sb, Fe, EC, Mg	Celo leto, delovnik	Promet	24 %
4	V, Na, Sr, Al, Mg, Ca	Poletje	Resuspenzija	16 %
5	PAH*, levoglukoza, nitrat, kalij	Zima	Kurjenje lesa	29 %

* ...PAH: benzo(a)antracen, benzo(b,j,k)fluoranten, benzo(a)piren, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen
EC-elementarni ogljik



Slika 1: Viri delcev PM_{10} določeni s statističnim modelom PMF

Iz tabele je razvidno, da so na območju Ljubljane štiri viri, ki dokaj enakomerno prispevajo pri nastanku delcev PM_{10} : kurjenje lesa, sekundarni delci, promet in resuspenzija. Kurjenje lesa je prisotno v hladnejših mesecih in ima izrazite vrhove pozimi in jeseni, poleti pa ta vir ni prisoten. Promet je prisoten skozi celo leto in v večini v času delavnikov. Sekundarni delci pa se pojavljajo pozimi in jeseni, resuspenzija pa skoraj izključno v toplejših mesecih. Pri vsem tem igra zelo pomembno vlogo meteorologija, ki je v zimskem času neugodna (temperaturne inverzije) in je velik razlog za povišane koncentracije tako delcev, kot tudi drugih onesnaževal.

Delci $PM_{2.5}$

Koncentracije delcev $PM_{2.5}$ so bile v letu 2012 pod letno mejno vrednostjo. Na vseh merilnih mestih, z izjemo Iskrbe, je bil prekoračen zgornji ocenjevalni prag.

Onesnaženost zraka z delci $PM_{2.5}$

Delci $PM_{2.5}$ so manjši, lažji, in se dlje časa zadržujejo v zraku ter prepotujejo večje razdalje kot večji delci. Delci $PM_{2.5}$ imajo znatne negativne posledice na zdravje ljudi. Za zdaj še ni določljivega praga, pod katerim delci $PM_{2.5}$ ne bi predstavljali tveganja za zdravje. Cilj bi moral biti splošno znižanje koncentracij v neizpostavljenem mestnem okolju, da bi bilo velikemu delu prebivalstva zagotovljeno uživanje koristi izboljšanja kakovosti zunanjega zraka.

Uredba o kakovosti zunanjega zraka/2/ in Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/ uvajata meritev delcev $PM_{2.5}$ in kemijsko analizo le-teh (kationi, anioni, organski in elementarni ogljik) ter kazalnik povprečne izpostavljenosti.

V letu 2012 velja mejna letna vrednost $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Povprečne mesečne koncentracije $PM_{2.5}$ so prikazane v tabeli 1. Najvišja povprečna letna koncentracija delcev $PM_{2.5}$ $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila

izmerjena na merilnem mestu Maribor center in na merilnem mestu mestnega ozadja Ljubljana Biotehniška fakulteta, kar je še pod ciljno vrednostjo $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sledi merilno mesto Maribor Vrbanski plato, medtem ko je bila koncentracija precej nižja na regionalnem merilnem mestu Iskrba. Povprečne letne koncentracije delcev $\text{PM}_{2.5}$, izmerjene na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Vrbanski plato, bodo vključene v izračun KPI.

Najvišje koncentracije delcev $\text{PM}_{2.5}$ se pojavljajo v zimskih mesecih (slika 1), od novembra do marca. Povprečna letna koncentracija je najnižja na merilnem mestu Iskrba ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$); spodnji ocenjevalni prag je prekoračen. Na vseh ostalih merilnih mestih je povprečna letna koncentracija pod predpisano mejno vrednostjo, prekoračen pa je zgornji ocenjevalni prag (tabela 1).

Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka /4/ uvaja nov termin **kazalnik povprečne izpostavljenosti**, ki temelji na meritvah na mestih v neizpostavljenem mestnem okolju. Oceniti ga je potrebno kot drseče povprečje srednjih vrednosti letnih koncentracij v treh zaporednih koledarskih letih. Merilni mesti, ki ustrezata definiciji neizpostavljenega mestnega okolja sta Maribor Vrbanski plato in merilno mesto Ljubljana Biotehniška fakulteta.





Za kazalnik KPI velja vrednost $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ki jo je potrebno doseči do leta 2015. Izračunana vrednosti KPI je v Sloveniji za obdobje 2010 - 2012 $21,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kar pomeni, da bi morala Slovenija v skladu z zakonodajo to vrednost zmanjšati za 9 %.

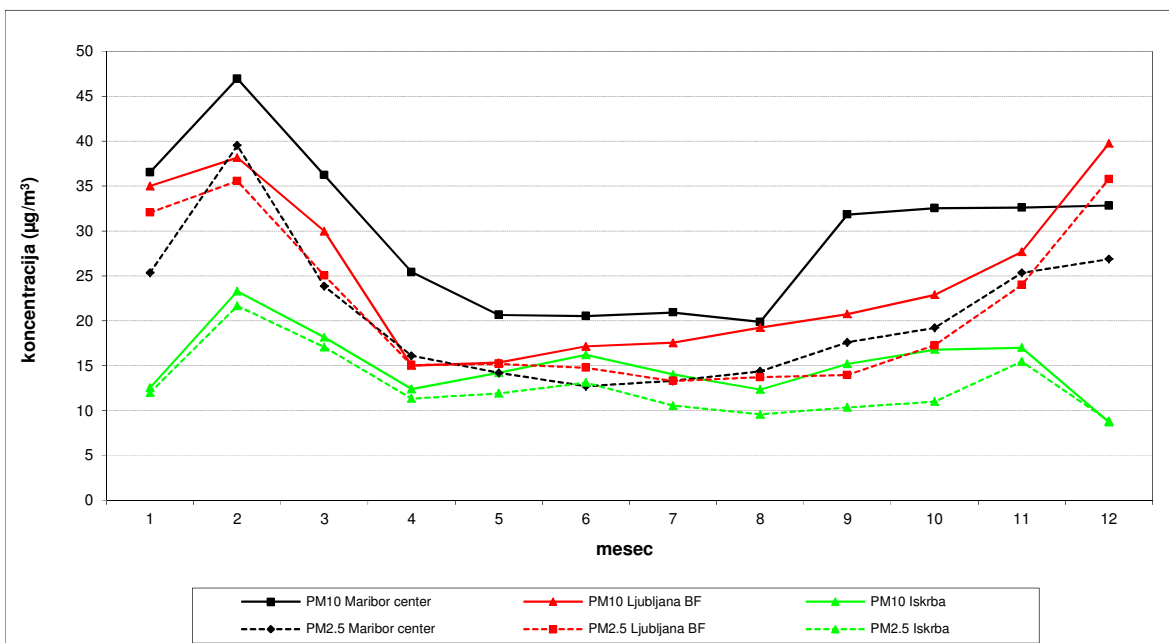
Koncentracije delcev $\text{PM}_{2.5}$ in PM_{10} imajo enak letni hod, ki pa je na merilnem mestu Iskrba komaj opazen.

Tabela 1: Povprečne letne koncentracije delcev $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2012

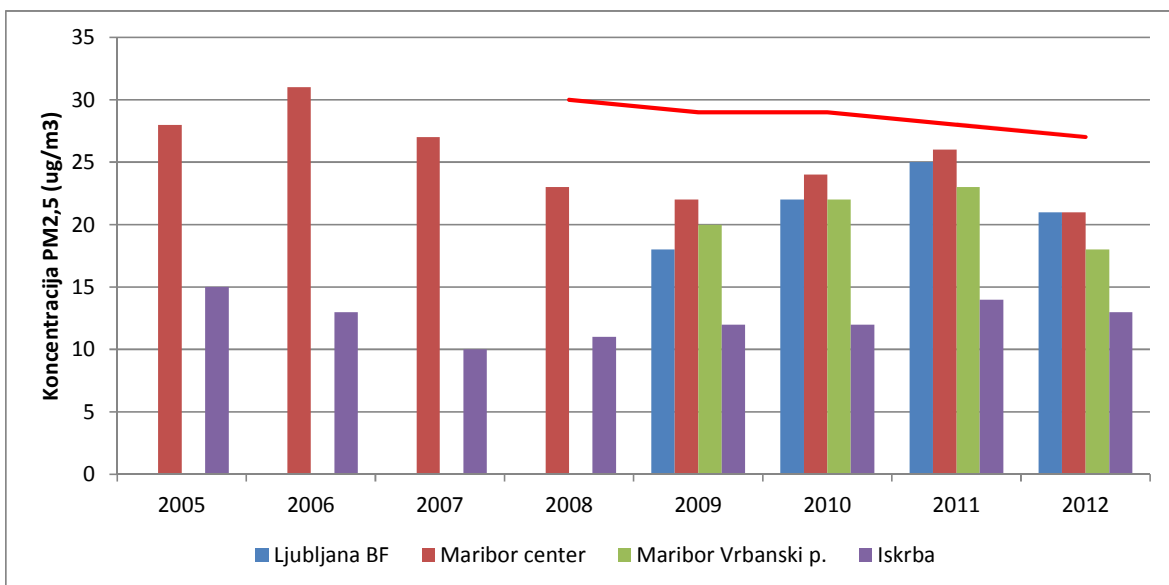
Merilno mesto	Leto	
	% pod	c_p
Ljubljana BF	96	21
Maribor center	99	21
Maribor Vrbanski plato	99	18
Iskrba	90	13

Legenda:

**	določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag	% pod	odstotek veljavnih podatkov
	prekoračena mejna vrednost	cp	povprečna koncentracija
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag		
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag		
	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom		



Slika 1: Povprečne mesečne koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v letu 2012



Slika 2: Povprečne letne koncentracije delcev PM_{2,5} v letih 2005 – 2012

Tabela 2: Razmerje PM_{2,5}/PM₁₀ po mesecih v letu 2012

Mesec	Maribor center	Ljubljana BF	Iskrba
	PM _{2,5} /PM ₁₀	PM _{2,5} /PM ₁₀	PM _{2,5} /PM ₁₀
Januar	0,69	0,91	0,96
Februar	0,84	0,93	0,93
Marec	0,66	0,84	0,94
April	0,63	0,98	0,91
Maj	0,69	0,99	0,84
Junij	0,62	0,86	0,81
Julij	0,64	0,76	0,75
Avgust	0,72	0,71	0,77
September	0,55	0,67	0,68
Oktober	0,59	0,75	0,65
November	0,78	0,87	0,91
December	0,82	0,90	1,00
Zimsko razmerje	0,73	0,87	0,90
Poletno razmerje	0,64	0,83	0,80

Tabela 2 prikazuje razmerje PM_{2,5}/PM₁₀ na treh različnih merilnih mestih. Na vseh treh lokacijah je razmerje najvišje v zimskih in najnižje v poletnih mesecih, kar pomeni, da je v poletnem času prisoten večji delež grobih delcev (delci z aerodinamskim premerom med 2.5 in 10 µm). Resuspenzija (vezana predvsem na grobe delce) je bolj intenzivna v poletnem času, v zimskem obdobju pa je zaradi pogosto vlažnih in pomrznjenih tal nižja.

Razmerje PM_{2,5}/PM₁₀ je odvisno tudi od merilnega mesta.

Najvišje razmerje je bilo v zimskem času na Iskrbi, kar pomeni, da je na tej lokaciji takrat prisoten najmanjši delež grobih delcev. Ker je merilno mesto namenjeno spremljanju ozadja, v neposredni bližini ni virov, ki bi povzročali emisijo teh delcev (predvsem promet). V poletnem času je razmerje PM_{2,5}/PM₁₀ primerljivo na neprometnih merilnih mestih Iskrba in Ljubljana Biotehniška fakulteta.

Največji delež grobih delcev je bil v zimskem in poletnem obdobju izmerjen na merilnem mestu Maribor center, kar je posledica prometa, ki je na tej lokaciji najgostejši.

Tabela 3: Povprečne mesečne koncentracije delcev PM_{2,5} (µg/m³) v letu 2012

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Ljubljana BF	32	36	25	15	15	15	13	14	14	17	24	36	21
Maribor center	25	40	24	16	14	13	13	14	18	19	25	27	21
Maribort VP	23	33	22	15	16	13	13	12	14	15	23	23	18
Iskrba	12	22	17	11	12	13	11	10	10	11	15	9	13

Kemijska analiza delcev PM₁₀

Tanja Koleča

Atmosferski delci so kompleksna mešanica organskih in anorganskih komponent in so vpleteni v številne procese, sodelujejo pri različnih kemijskih in fizikalnih pretvorbah v onesnaženi atmosferi in pri nastanku kislega dežja, vplivajo na vidnost in električne lastnosti atmosfere. Koncentracija in sestava je odvisna predvsem od virov (naravnih in antropogenih) ter od meteoroloških pojavov. Iz analize filtra z depozitom delcev PM₁₀ ali PM_{2,5} dobimo podatek o vsebnosti težkih kovin, policikličnih aromatskih ogljikovodikov (v nadaljevanju PAH), ionov, elementarnega in

organskega ogljika (EC/OC) ter levoglukozana v delcih, saj se le-ti v zrak sproščajo v obliki delcev in pare.

Meritve izvajamo v skladu z *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka /2/, Uredbo o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku /3/ in Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/.*

Na ARSO so v letu 2012 potekale meritve težkih kovin in PAH delcih PM₁₀ na treh merilnih mestih v okviru mreže DMKZ v skladu z zakonodajo, navedeno v prejšnjem odstavku. Glede na zakonodajo moramo izvajati kemijsko analizo delcev v aglomeracijah (večjih mestnih območjih), kar pomeni v Ljubljani in v Mariboru in pa na merilnem mestu Iskrba (meritve ozadja). V skladu z *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka /2/* je potrebno določiti masno koncentracijo delcev PM_{2,5} in koncentracije ustreznih spojin za označitev kemijske sestave teh delcev. Filtre se analizira na sledeče parametre: anione (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻), katione (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺), težke kovine in EC/OC. Opisi kemijskih metod so podani v poglavju Merilne metode in kakovost meritev, Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje.

Filtri za vzorčenje delcev so bili na merilnih mestih izpostavljeni vsak dan, vsak drugi filter pa smo poslali v kemijsko analizo ker je po zakonodaji potrebno zagotoviti 50 % časovne pokritosti.

Vzorčenje delcev na vseh merilnih mestih izvajamo z referenčnimi merilniki. Vzorčenje in tehtanje delcev PM₁₀ izvaja Sektor za kakovost zraka, medtem ko KAL ARSO izvaja kemijske analize delcev na težke kovine, PAH in ione. Od septembra 2011 smo pri Slovenski akreditaciji, reg, št, LP-030, akreditirani za metode za določitev koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} ter metode za določitev arzena, kadmija, niklja in svinca v delcih PM₁₀ in metode za določitev benzo(a)pirena v delcih PM₁₀.

Težke kovine v delcih PM₁₀


Koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor center in Iskrba so bile pod spodnjim ocenjevalnim pragom, prav tako so bile v letu 2012 tudi v Žerjavu v Zgornji Mežiški dolini koncentracije vseh štirih kovin pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

V tabeli 1 so predstavljene povprečne letne koncentracije težkih kovin na različnih merilnih mestih, v tabeli 2 pa povprečne mesečne koncentracije.

Tabela 1: Povprečne letne koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ v ng/m³ v letu 2012

Merilno mesto	Arzen		Kadmij		Nikelj		Svinec	
	Cp	% pod	Cp	% pod	Cp	% pod	Cp	% pod
Ljubljana BF	0,56	87	0,24	87	5,7	87	7,4	87
Maribor center	0,66	49	0,25	49	3,8	49	10,5	49
Iskrba	0,38	46	0,11	46	2,4	46	2,9	46

Legenda:

 koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom
 Ljubljana BF Ljubljana Biotehniška fakulteta
 % pod odstotek veljavnih podatkov
 Cp povprečna koncentracija

Vsebnost arzena, kadmija, niklja in svinca v delcih PM₁₀ je bila nizka in za vse kovine pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Koncentracije arzena, kadmija in svinca so bile najvišje na merilnem mestu Maribor center, ki je tudi najbolj izpostavljeno merilno mesto saj leži tik ob prometni cesti. Koncentracije niklja pa so bile najvišje na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta.

Tabela 2: Povprečne mesečne koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ v ng/m³ v letu 2012**Arzen**

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,63	1,2	0,60	0,32	0,32	0,41	0,40	0,49	0,70	0,61	0,65	0,45
Maribor center	0,72	1,4	0,75	0,49	0,43	0,48	0,49	0,53	0,74	0,58	0,85	0,39
Iskrba	0,47	0,91	0,46	0,21	<0,18	0,28	0,27	0,38	0,42	0,35	0,75	<0,18

Kadmij

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,51	0,5	0,31	0,13	0,14	0,09	0,11	0,13	0,19	0,23	0,29	0,38
Maribor center	0,33	0,60	0,25	0,18	0,13	0,13	0,11	0,13	0,19	0,23	0,44	0,26
Iskrba	0,13	0,33	0,16	0,07	0,08	0,06	0,06	<0,05	0,10	0,09	0,18	0,07

Nikelj

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	11,0	6,8	6,2	5,8	3,8	2,5	4,3	5,4	7,3	9,1	5,2	4,8
Maribor center	6,5	3,4	4,5	3,9	2,8	3,0	4,9	2,3	4,0	3,5	4,0	2,0
Iskrba	2,5	2,9	2,2	2,5	3,5	<1,8	2,8	2,5	<1,8	2,8	2,2	2,0

Svinec

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	12,9	13,9	8,8	4,9	5,5	3,5	4,1	3,8	6,4	6,5	10,2	10,5
Maribor center	14,3	17,3	10,3	8,4	6,3	6,2	5,2	5,7	8,8	12,1	20,2	10,1
Iskrba	3,9	8,4	3,5	1,7	2,1	1,7	1,7	1,9	2,5	2,3	5,0	1,4

Opomba: Rezultati, ki vsebujejo znak < so pod mejo kvantifikacije, ki jo je podal laboratorij.

Letni trendi koncentracij težkih kovin v delcih PM₁₀

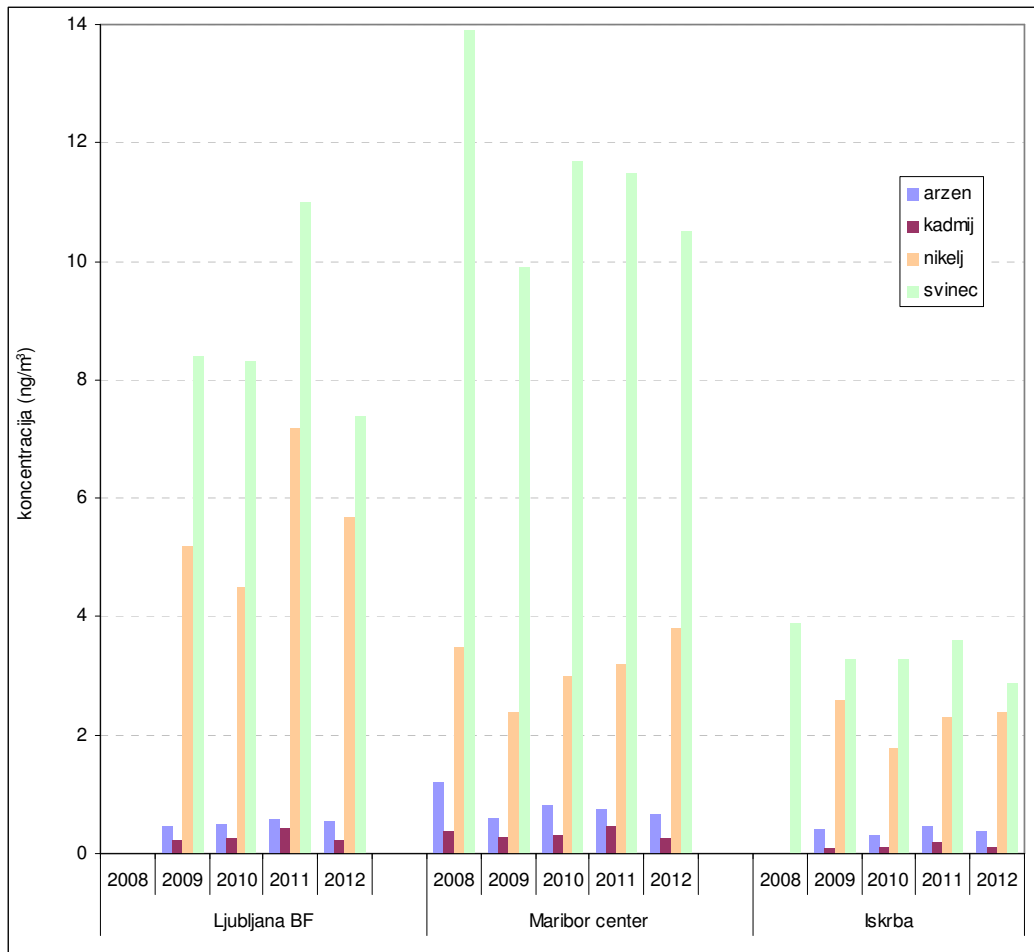
V tabeli 3 so predstavljene povprečne letne koncentracije težkih kovin na različnih merilnih mestih v različnih letih. Podatkov za leto 2008 za merilno mesto Ljubljana Biotehniška fakulteta ni, ker so se meritve do takrat izvajale na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad. Vsi rezultati so predstavljeni tudi grafično na sliki 1.

Tabela 3: Povprečne letne koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ v ng/m³ v različnih letih

	Ljubljana BF				
	2008	2009	2010	2011	2012
Arzen	-	0,47	0,49	0,59	0,56
Kadmij	-	0,22	0,26	0,44	0,24
Nikelj	-	5,2	4,5	7,2	5,7
Svinec	-	8,4	8,3	11,0	7,4
	Maribor center				
	2008	2009	2010	2011	2012
Arzen	1,2	0,62	0,80	0,76	0,66
Kadmij	0,38	0,28	0,31	0,46	0,25
Nikelj	3,5	2,4	3,0	3,2	3,8
Svinec	13,9	9,9	11,7	11,5	10,5
	Iskrba				
	2008	2009	2010	2011	2012
Arzen	<0,73	0,4	0,33	0,45	0,38
Kadmij	<0,13	0,1	0,11	0,19	0,11
Nikelj	<3,3	2,6	1,8	2,3	2,4
Svinec	3,9	3,3	3,3	3,6	2,9

Legenda:

Rezultati, ki vsebujejo znak <, so pod mejo kvantifikacije, ki jo je podal laboratorij
- ni podatka



Slika 1: Povprečne letne koncentracije težkih kovin na treh merilnih mestih v različnih letih

Povprečne letne koncentracije svinca, kadmija in arzena so na vseh treh merilnih mestih v letu 2012 nižje kot v 2011. Prav tako velja za nikelj na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta. V Iskrbi in na merilnem mestu Maribor center pa je ta parametra nekoliko višji v letu 2012.

Težke kovine v delcih PM₁₀ v Zgornji Mežiški dolini

Poleg monitoringa na zgoraj opisanih merilnih mestih smo meritve delcev PM₁₀ ter nato njihovo analizo na težke kovine izvajali v letu 2012 tudi na merilnem mestu Žerjav v Zgornji Mežiški dolini. Vlada Republike Slovenije je na podlagi rezultatov meritev iz Primerjalne študije onesnaženosti okolja v Zgornji Mežiški dolini med stanji v letih 1989 in 2001 z dne 20. 11. 2002 ugotovila, da se okolje na delu območja v Zgornji Mežiški dolini razvršča v razred največje obremenjenosti. Zato je bil sprejet *Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini* /7/, ki določa območja v Zgornji Mežiški dolini, za katera je treba sprejeti in izvesti program ukrepov za izboljšanje kakovosti posameznih delov okolja.

Namen meritev je bilo ugotoviti, ali je prišlo do izboljšanja stanja onesnaženosti zunanega zraka z delci PM₁₀ in težkimi kovinami v tej dolini. V tabeli 4 so predstavljene povprečne koncentracije težkih kovin.

Tabela 4: Povprečne koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ v ng/m³ na merilnem mestu Žerjav v Zgornji Mežiški dolini v letu 2012

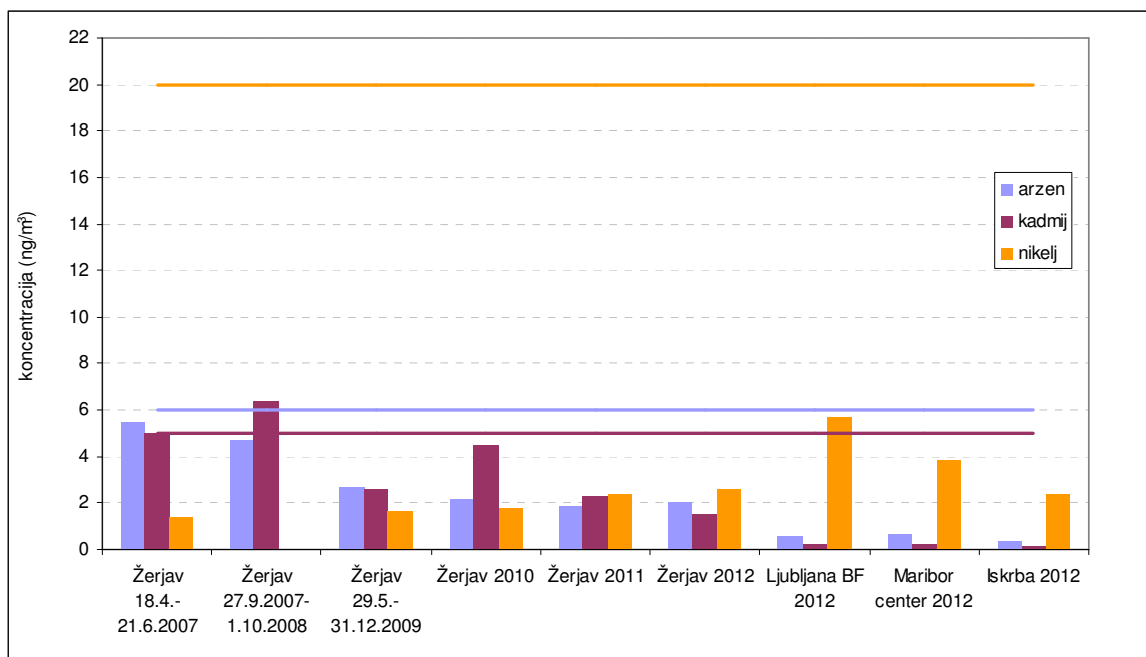
Merilno mesto	Arzen	Kadmij	Nikelj	Svinec
Žerjav	2,0	1,5	2,6	248

Legenda:

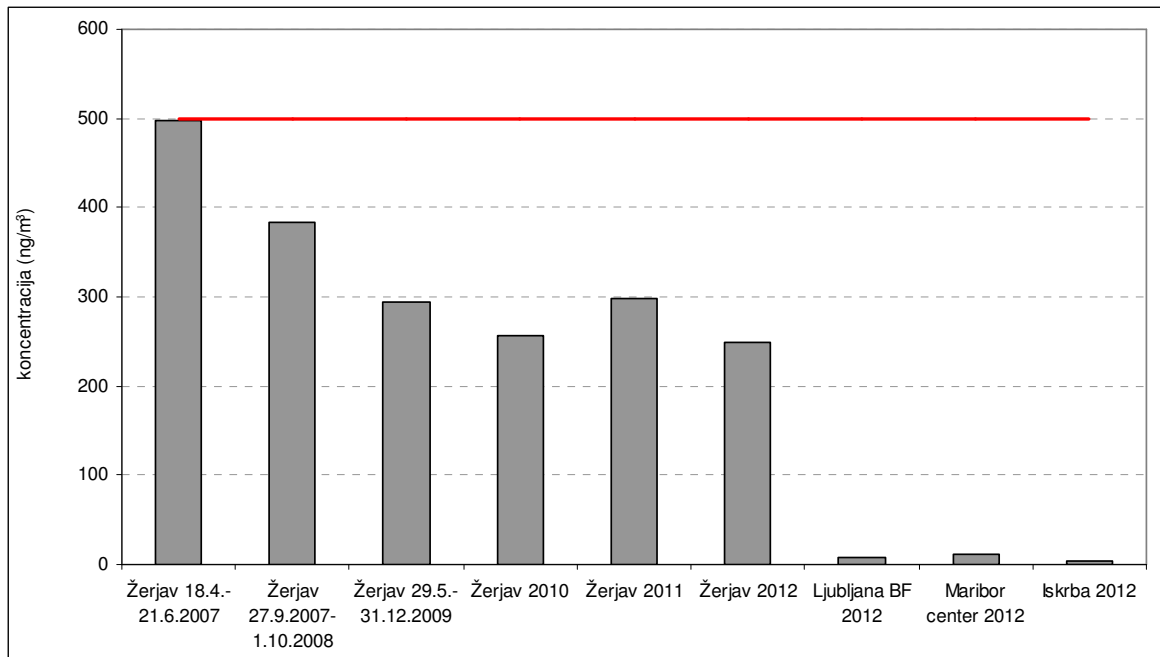
- koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- prekoračen spodnji ocenjevalni prag
- prekoračen zgornji ocenjevalni prag

Povprečna letna koncentracija svinca na merilnem mestu Žerjav je bila leta 2012 nižja kot v prejšnjih letih. Povprečna letna koncentracija arzena je v letu 2012 višja kot v letu 2011 ampak nižja kot v letih 2010, 2009, 2008 in 2007. Povprečna letna koncentracija kadmija se je v Žerjavu v letu 2012 znižala v primerjavi s prejšnjimi leti.

V primerjavi z ostalimi merilnimi mesti po Sloveniji so koncentracije svinca, arzena in kadmija še vedno ekstremno visoke. Koncentracije niklja so nižje kot drugje po Sloveniji in se skozi celotno obdobje vzorčenja ne spreminjajo bistveno. Vse primerjave so grafično prikazane na slikah 2 in 3. Posebej so označene ciljne letne vrednosti. V dveh obdobjih, ki sta prikazani na grafih, vzorčenje ni potekalo celo leto, zato je primerjava s ciljnimi letnimi vrednostmi neustrezna.



Slika 2: Povprečne koncentracije treh težkih kovin z označenimi ciljnimi vrednostmi v različnih obdobjih na merilnem mestu Žerjav in v letu 2012 na ostalih merilnih mestih po Sloveniji



Slika 3: Povprečne koncentracije svine z označeno ciljno vrednostjo v različnih obdobjih na merilnem mestu Žerjav in v letu 2012 na ostalih merilnih mestih po Sloveniji

Policiklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM₁₀

Največja tveganja zdravju, kot posledica izpostavljenosti povečanim koncentracijam PAH, predstavljajo rakava obolenja. Viri PAH v zunanjem zraku so naravni in antropogeni. Naravne vire predstavljajo vulkani in požari, antropogene vire pa industrija, individualna kurišča in promet, PAH se največkrat pojavijo v plinastem agregatnem stanju in trdnem agregatnem stanju na delcih, ki so manjši od 2,5 µm.

V delcih PM₁₀ smo v letu 2012 na treh merilnih mestih analizirali sledeče PAH:

- benzo(a)antracen
- benzo(b)fluoranten
- benzo(j)fluoranten
- benzo(k)fluoranten
- benzo(a)piren
- indeno(123-cd)piren
- dibenzo(ah)antracen.





Benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten in benzo(k)fluoranten so težko kromatografsko ločljivi, zato jih podajamo kot vsoto in so podani pod skupnim imenom benzofluoranteni.

Povprečne letne koncentracije PAH za leto 2012 so predstavljene v tabeli 5, povprečne mesečne koncentracije pa v tabeli 6.

Tabela 5: Povprečne letne koncentracije PAH v delcih PM₁₀ v ng/m³ v letu 2012
(ciljna vrednost je predpisana le za benzo(a)piren)

PAH	Ljubljana BF	Maribor center	Iskrba
Benzo(a)antracen	0,98	0,90	0,19
Benzofluoranteni	2,8	2,7	0,86
Benzo(a)piren	1,2	1,1	0,26
Indeno(123-cd)piren	1,2	1,1	0,30
Dibenzo(ah)antracen	0,18	0,19	0,07

Legenda:

	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag
	koncentracija nad ciljno letno vrednostjo

Letna ciljna vrednost je določena le za benzo(a)piren. Le-ta je bila prekoračena na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor center. Koncentracije benzo(a)pirena so v poletnih mesecih bistveno nižje kot v zimskem obdobju, kar je predvsem posledica aktivnih individualnih kurišč pozimi in pa slabših meteoroloških razmer (temperaturne inverzije, slaba prevetrenost).

Iz tabele 6, ki prikazuje povprečne mesečne koncentracije, je razvidno, da so koncentracije PAH v poletnih mesecih zelo nizke, v zimskem času pa so višje.

Tabela 6: Povprečne mesečne koncentracije PAH v delcih PM₁₀ v ng/m³ v letu 2012

Benzo(a)antracen

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	3,6	2,7	0,66	0,20	0,10	0,04	0,06	0,05	0,13	0,40	0,90	4,1
Maribor center	2,4	2,5	0,74	0,21	0,14	0,11	0,09	0,08	0,11	0,37	1,1	2,8
Iskrba	0,29	1,1	0,17	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,06	0,18	0,35

Benzofluoranteni

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	8,5	7,1	2,6	0,92	0,44	0,21	0,20	0,21	0,60	1,7	3,9	10,0
Maribor center	6,0	6,9	2,7	0,89	0,56	0,38	0,27	0,34	0,55	1,7	3,8	7,8
Iskrba	1,3	3,7	0,73	0,37	0,27	0,19	0,19	0,19	0,47	0,37	1,0	1,6

Benzo(a)piren

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	3,9	2,7	1,1	0,32	0,14	0,05	0,05	0,06	0,19	0,73	1,7	4,5
Maribor center	2,7	2,7	1,0	0,30	0,16	0,12	0,08	0,10	0,19	0,68	1,6	3,3
Iskrba	0,47	1,2	0,25	0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,17	0,11	0,30	0,55

Indeno(123-cd)piren

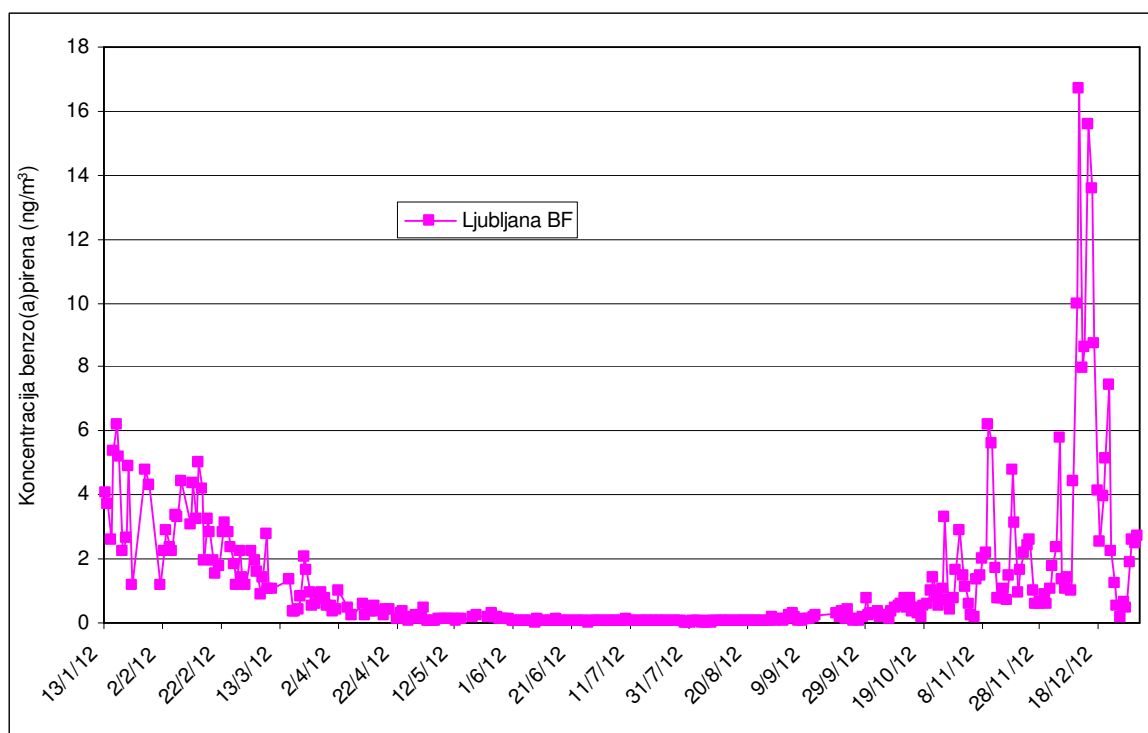
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	3,4	3,1	1,3	0,42	0,19	0,08	0,07	0,08	0,26	0,8	1,8	4,0
Maribor center	2,4	3,1	1,3	0,35	0,18	0,14	0,08	0,11	0,25	0,77	1,6	3,1
Iskrba	0,51	1,5	0,32	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,15	0,47	0,65

Dibenzo(ah)antracen

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,55	0,44	0,16	0,07	0,04	0,02	0,03	0,02	0,05	0,13	0,27	0,58
Maribor center	0,40	0,46	0,19	0,09	0,05	0,05	<0,04	<0,04	0,08	0,14	0,26	0,45
Iskrba	0,12	0,26	0,06	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,05	0,04	0,10	0,12

Opomba: Rezultati, ki vsebujejo znak <, so pod mejo kvantifikacije, ki jo je podal laboratorij.

Na sliki 4 so prikazane dnevne koncentracije benzo(a)pirena v letu 2012 na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta. Policiklični aromatski ogljikovodiki PAH so indikator za promet in kurjenje lesa (biomasa, individualna kurišča na drva).



Slika 4: Dnevne koncentracije benzo(a)pirena na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta v letu 2012

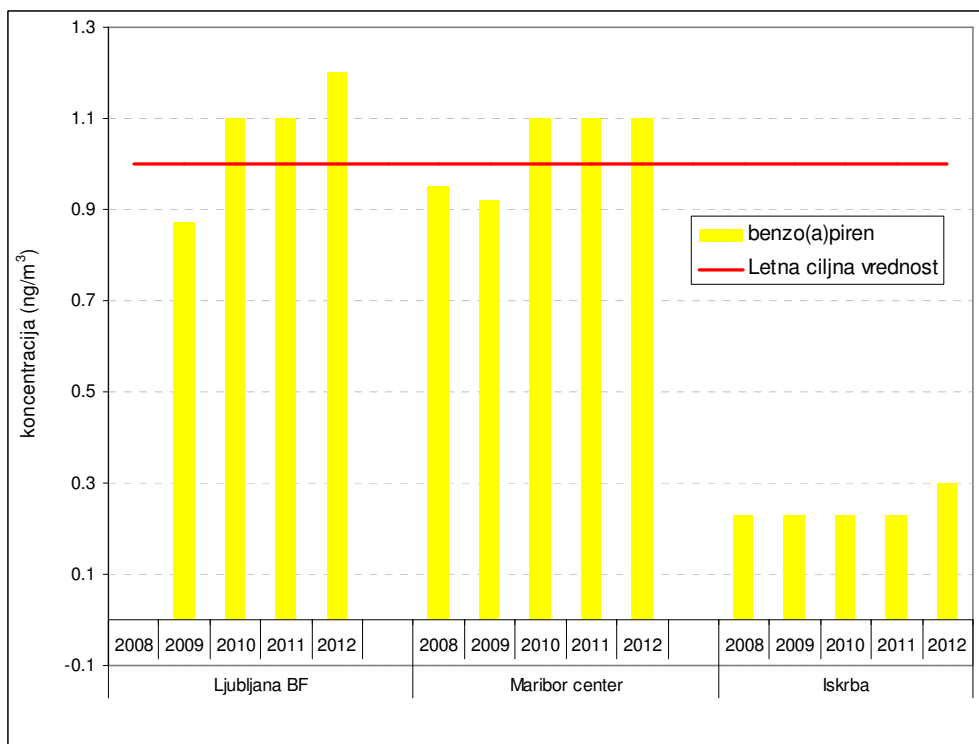
V tabeli 7 so predstavljene povprečne letne koncentracije benzo(a)pirena na različnih merilnih mestih v različnih letih. Podatkov za leto 2008 za merilno mesto Ljubljana Biotehniška fakulteta ni, ker so se meritve do takrat izvajale na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad. Rezultati so predstavljeni tudi grafično na sliki 5.

Tabela 7: Povprečne letne koncentracije benzo(a)pirena v ng/m^3 v različnih letih v delcih PM_{10}

	Ljubljana BF				
	2008	2009	2010	2011	2012
Benzo(a)piren	-	0,87	1,1	1,1	1,2
	Maribor center				
	2008	2009	2010	2011	2012
Benzo(a)piren	0,95	0,92	1,1	1,1	1,1
	Iskrba				
	2008	2009	2010	2011	2012
Benzo(a)piren	0,23	0,23	0,23	0,23	0,30

Legenda:

- ni podatka



Slika 5: Povprečne letne koncentracije benzo(a)pirena na treh merilnih mestih v različnih letih

Povprečna letna koncentracija benzo(a)pirena je bila na merilnem mestu Maribor center na ravni prejšnjih let, na ostalih dveh merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Iskrba pa je koncentracija benzo(a)pirena v letu 2012 nekoliko višja kot v letu 2011.

Kemijska analiza delcev PM_{2,5}

Tanja Koleša

Kemijsko analizo delcev PM_{2,5} izvajamo v skladu z *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka* //. Mejne oz. ciljne koncentracije težkih kovin in drugih snovi v delcih PM_{2,5} zakonsko niso določene. Delce PM_{2,5} smo v letu 2012 analizirali na težke kovine, ione ter na elementarni in organski ogljik.

Težke kovine v delcih PM_{2,5}

V tabeli 8 so predstavljene povprečne letne koncentracije težkih kovin na različnih merilnih mestih, v tabeli 9 pa povprečne mesečne koncentracije.

Tabela 8: Povprečne letne koncentracije težkih kovin v delcih PM_{2,5} v ng/m³ v letu 2012

Težka kovina	Arzen		Kadmij		Nikelj		Svinec	
	c _p [ng/m ³]	% podatkov	c _p [ng/m ³]	% podatkov	c _p [ng/m ³]	% podatkov	c _p [ng/m ³]	% podatkov
Ljubljana BF	0,53	50	0,27	50	5,8	50	8,3	50
Maribor center	0,49	49	0,22	49	2,5	49	8,0	49
Maribor VP	0,46	50	0,20	50	2,1	50	7,2	50
Iskrba	0,36	44	0,11	44	2,2	44	2,8	44

Povprečne letne koncentracije težkih kovin v delcih PM_{2,5} so bile nižje kot v delcih PM₁₀ na vseh postajah razen na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta. Primerjava med PM₁₀ in PM_{2,5} na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta ni mogoča, ker so se filtri z depoziti delcev PM₁₀ analizirali vsak dan, PM_{2,5} pa le vsak drugi dan.

Tabela 9: Povprečne mesečne koncentracije težkih kovin v ng/m³ v delcih PM_{2,5} v letu 2012

Arzen												
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,65	1,3	0,48	0,28	0,23	0,36	0,34	0,40	0,50	0,50	0,62	0,45
Maribor center	0,52	1,3	0,58	0,37	0,29	0,31	0,29	0,40	0,50	0,40	0,65	0,35
Maribor VP	0,56	1,2	0,50	0,35	0,31	0,30	0,29	0,35	0,44	0,36	0,65	0,30
Iskrba	0,43	0,90	0,42	0,19	<0,18	0,25	0,24	0,35	0,39	0,30	0,70	<0,18
Kadmij												
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,53	0,53	0,45	0,13	0,12	0,09	0,09	0,11	0,15	0,21	0,27	0,37
Maribor center	0,32	0,61	0,22	0,17	0,10	0,09	0,07	0,11	0,17	0,19	0,32	0,24
Maribor VP	0,28	0,52	0,26	0,16	0,10	0,08	0,07	0,09	0,15	0,19	0,29	0,22
Iskrba	0,13	0,32	0,17	0,05	0,06	0,06	<0,05	0,05	0,10	0,08	0,17	0,06
Nikelj												
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	7,3	6,1	5,5	2,8	2,6	3,2	4,8	4,9	6,5	11,4	6,9	5,2
Maribor center	1,9	4,5	2,1	3,2	<1,8	1,8	2,9	<1,8	2,2	2,8	2,4	3,2
Maribor VP	2,1	<1,8	2,2	1,8	<1,8	<1,8	2,2	2,6	2,1	3,2	2,4	1,9
Iskrba	2,4	3,1	2,3	2,0	2,1	2,4	2,3	<1,8	<1,8	3,0	2,8	<1,8
Svinec												
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	11,7	21,4	12,2	4,3	4,4	3,7	3,5	3,4	5,2	5,8	8,7	10,4
Maribor center	9,1	17,0	9,4	7,2	4,4	4,5	3,4	4,7	7,3	9,0	12,0	9,3
Maribor VP	8,5	14,1	13,2	5,4	5,2	3,9	3,5	3,8	5,9	6,5	10,4	5,9
Iskrba	3,8	8,3	3,4	1,5	1,9	1,6	1,6	1,8	2,4	2,2	4,6	1,4

Opomba: Rezultati, ki vsebujejo znak < so pod mejo kvantifikacije, ki jo je podal laboratorij.

Ioni v delcih PM_{2,5}

V tabeli 10 so predstavljene povprečne letne koncentracije ionov na različnih merilnih mestih, v tabeli 11 pa povprečne mesečne koncentracije.

Tabela 10: Povprečne letne koncentracije ionov v delcih PM_{2,5} v µg/m³ v letu 2012

Merilno mesto	% podatkov	Nitrat	Sulfat	Klorid	Natrij	Amonij	Kalij	Magnezij	Kalcij
Ljubljana BF	48	1,8	2,2	0,11	0,06	1,4	0,24	0,03	0,10
Maribor center	50	1,7	2,0	0,12	0,07	1,2	0,22	0,04	0,10
Maribor VP	50	1,5	2,0	0,09	0,05	1,2	0,21	0,04	0,08
Iskrba	45	0,41	2,2	0,05	0,05	0,95	0,15	0,02	0,08

Legenda:

Rezultati, ki vsebujejo znak <, so pod mejo kvantifikacije, ki jo je podal laboratorij.

Tabela 11: Povprečne mesečne koncentracije ionov v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v delcih $\text{PM}_{2,5}$ v letu 2012

Nitrat

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	4,6	3,4	3,0	0,85	0,21	0,17	0,12	0,17	0,27	1,2	2,5	4,5
Maribor center	2,7	4,9	3,2	1,0	0,17	0,13	0,11	0,11	0,22	1,5	2,8	3,2
Maribor VP	2,5	4,3	3,8	0,90	0,15	0,12	0,09	0,11	0,16	1,3	2,4	2,8
Iskrba	0,54	1,4	1,0	0,35	0,10	0,11	0,06	0,09	0,13	0,25	0,44	0,46

Sulfat

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	2,2	3,7	2,4	1,3	1,5	2,3	2,1	1,9	2,4	2,0	2,3	2,0
Maribor center	1,8	3,5	2,3	1,5	1,6	2,1	1,7	1,6	2,6	2,0	2,3	1,4
Maribor VP	1,8	3,2	2,5	1,5	1,8	2,2	1,9	1,6	2,5	1,9	2,1	1,5
Iskrba	1,7	3,3	2,4	1,4	1,7	2,7	2,4	2,1	2,6	3,0	3,8	0,8

Klorid

Merilno m.	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana	0,24	0,15	0,09	0,06	0,04	0,04	0,04	0,07	0,05	0,08	0,12	0,26
Maribor c.	0,25	0,24	0,12	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,19	0,29
Maribor VP	0,14	0,12	0,09	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,24
Iskrba	0,06	0,12	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05

Natrij

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,10	0,13	0,08	0,09	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04
Maribor center	0,12	0,20	0,08	0,06	0,04	0,05	0,03	0,03	0,07	0,05	0,03	0,05
Maribor VP	0,07	0,10	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04	0,03	0,08	0,04	0,03	0,04
Iskrba	0,06	0,09	0,07	0,11	0,02	0,06	0,03	0,02	0,05	0,04	0,01	0,02

Amonij

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	1,9	2,7	1,6	0,66	0,64	0,91	0,82	0,76	1,0	1,3	1,5	2,1
Maribor center	1,2	2,6	1,6	0,85	0,65	0,82	0,68	0,67	1,0	1,1	1,6	1,5
Maribor VP	1,2	2,2	1,9	0,79	0,70	0,85	0,72	0,68	0,99	1,0	1,4	1,3
Iskrba	0,70	1,6	1,1	0,62	0,68	1,1	0,91	0,82	1,0	1,2	1,5	0,41

Kalij

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,45	0,43	0,24	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,12	0,18	0,28	0,62
Maribor center	0,37	0,45	0,22	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,12	0,19	0,29	0,54
Maribor VP	0,40	0,42	0,28	0,11	0,08	0,07	0,08	0,08	0,13	0,17	0,30	0,44
Iskrba	0,18	0,30	0,2	0,07	0,06	0,09	0,10	0,10	0,12	0,16	0,21	0,22

Magnezij

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Maribor center	0,05	0,06	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06	0,04	0,04	0,04
Maribor VP	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04	0,02
Iskrba	0,01	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Kalcij

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	0,10	0,10	0,12	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11	0,10	0,08	0,08	0,08
Maribor center	0,11	0,11	0,12	0,10	0,08	0,08	0,08	0,10	0,19	0,13	0,08	0,10
Maribor VP	0,09	0,09	0,10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
Iskrba	0,06	0,09	0,10	0,10	0,08	0,09	0,09	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06

Opomba: Rezultati, ki vsebujejo znak < so pod mejo kvantifikacije, ki jo je podal laboratorij.

Elementarni in organski ogljik (EC/OC) v delcih PM_{2,5}

Ogljik je pomembna frakcija v atmosferskih delcih, posebno tistih iz urbanega okolja. Pojavlja se v zelo različnih spojinah, ki vsebujejo atome ogljika, in jih v grobem lahko razdelimo v tri skupine – organski ogljik, elementarni oz, črni ogljik in karbonate. Ogljik v vseh oblikah ima pomembno vlogo z vidika vpliva na zdravje, kemijskih procesov v atmosferi, zmanjševanja vidnosti in vpliva na klimatske spremembe. Elementarni oz, črni ogljik ima strukturo podobno grafitu.

Elementarni ogljik je primarno onesnaževalo in nastaja pri nepopolnem izgorevanju fosilnih goriv in biomase. Organski ogljik je kompleksna mešanica različnih ogljikovodikov, od katerih so nekatere spojine zdravju škodljive (npr, policiklični organski ogljikovodiki, dioksini, furani...). Lahko je primarnega in sekundarnega izvora. Primarni viri obsegajo procese izgorevanja, pri čemer nastajajo predvsem delci manjši od 1 µm. Ostali procesi, povezani z emisijami spor in cvetnega prahu, ostankov vegetacije, obrabo pnevmatik in resuspenzijo zemlje pa vodijo do nastanka grobih delcev. Sekundarni nastanek organskega ogljika je povezan z reakcijami v atmosferi, kjer prihaja do pretvorbe hlapnih organskih spojin v trdne delce zaradi kondenzacije nizko hlapnih organskih komponent ali zaradi fizikalnih in kemijskih procesov plinastih zvrsti na površini delcev.

V tabeli 12 so predstavljene povprečne letne koncentracije EC/OC na različnih merilnih mestih, v tabeli 13 pa povprečne mesečne koncentracije. Mejna letna ali ciljna koncentracija za EC/OC ni določena.

Tabela 12: Povprečne letne koncentracije EC/OC v delcih PM_{2,5} v µg C /m³ v letu 2012

Merilno mesto	% podatkov	EC	OC
Ljubljana BF	48	1,6	6,1
Maribor center	50	2,0	5,7
Maribor VP	50	1,1	5,5
Iskrba	45	0,35	3,5

Tabela 13: Povprečne mesečne koncentracije EC/OC v µg/m³ v delcih PM_{2,5} v letu 2012

EC

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	4,0	2,3	2,1	0,81	0,85	0,60	0,68	0,91	0,95	1,3	1,7	2,4
Maribor center	2,9	3,3	2,4	1,4	1,5	1,5	1,2	1,3	1,4	1,9	2,1	2,9
Maribor VP	2,0	1,9	1,2	0,58	0,46	0,43	0,35	0,37	0,51	0,83	1,2	1,6
Iskrba	0,50	0,94	0,50	0,21	0,16	0,17	0,18	0,19	0,24	0,31	0,33	0,43

OC

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana BF	9,4	10,2	6,8	3,3	3,7	3,6	3,6	3,7	3,7	4,7	6,8	12,1
Maribor center	7,3	11,3	6,5	3,9	4,2	3,9	3,4	3,8	4,0	4,9	6,9	8,4
Maribor VP	8,0	10,2	6,9	3,6	3,6	3,5	3,2	3,5	3,5	4,3	6,8	8,5
Iskrba	3,5	6,9	4,6	2,3	2,6	3,0	2,9	3,0	2,6	3,0	3,9	3,1

Lahkohlapni ogljikovodiki

Zorana Komar

Povprečna letna koncentracija benzena je bila na lokacijah Ljubljana Bežigrad, Maribor center in Občina Medvode pod spodnjim ocenjevalnim pragom, na prometnem merilnem mestu Ljubljana center pa je le-ta prekoračen.

Onesnaženost zraka z lahkohlapnimi ogljikovodiki

V letu 2012 smo na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor center merili koncentracije benzena, toluena, etilbenzena in meta, para in orto – ksilena (BTX), objavljamo pa tudi meritve na merilnem mestu Ljubljana center, ki nam jih posreduje EIMV ter na merilnem mestu Občine Medvode, ki nam jih posreduje izvajalec meritev Studio okolje d.o.o..

Po Uredbi o kakovosti zunanjega zraka /2/ in Pravilniku o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/ je za benzen predpisana letna mejna vrednost koncentracije za zaščito zdravja in pa spodnji in zgornji ocenjevalni prag. V Prilogi 9 Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka /4/ so navedeni tudi predhodniki ozona in njihov priporočen seznam. Določene snovi iz tega seznama spremljamo na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor center in jih objavljamo, kot mesečne podatke na naši spletni strani. V letnem poročilu objavljamo podatke le za BTX.




Glavni viri emisije organskih spojin so promet, industrija, pri kateri se uporabljajo oziroma se proizvajajo veziva, barve, topila, aerosoli, ter industrija nafte in plina. Manjši viri BTX, predvsem benzena, so individualna kurišča, ki v zadnjem času vse bolj uporabljajo za gorivo les in lesne odpadke.

Letni pregled parametrov, ki kažejo na onesnaženost zraka z BTX za leto 2012, podaja tabela 1 mesečne koncentracije benzena pa tabela 2.

Tabela 1: Povprečna letna koncentracija lahkohlapnih ogljikovodikov v zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2012

Merilno mesto	% pod	benzen	toluen	etilbenzen	m,p-ksilen	o-ksilen
		C _p	C _p	C _p	C _p	C _p
Ljubljana Bežigrad	94	1,4	3,1	0,6	1,9	0,6
Ljubljana center /21/	99	2,7	4,1	0,2	2,8	0,2
Občina Medvode	100	1,7	4,2	1,2	4,3	0,8
Maribor center	90	1,6	3,3	0,6	1,9	0,6

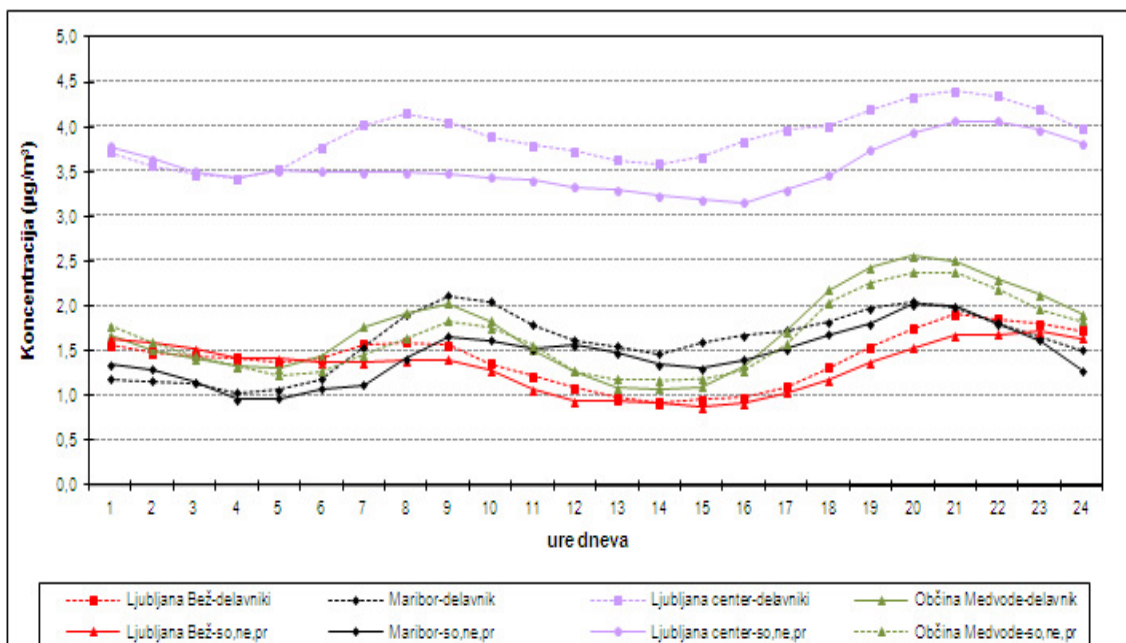
Legenda:

-  prekoračen zgornji ocenjevalni prag
-  prekoračen spodnji ocenjevalni prag
-  koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom

Povprečna letna koncentracija benzena je bila na lokacijah Ljubljana Bežigrad, Maribor center in Občina Medvode pod spodnjim ocenjevalnim pragom, na prometnem merilnem mestu Ljubljana center pa je le-ta prekoračen.

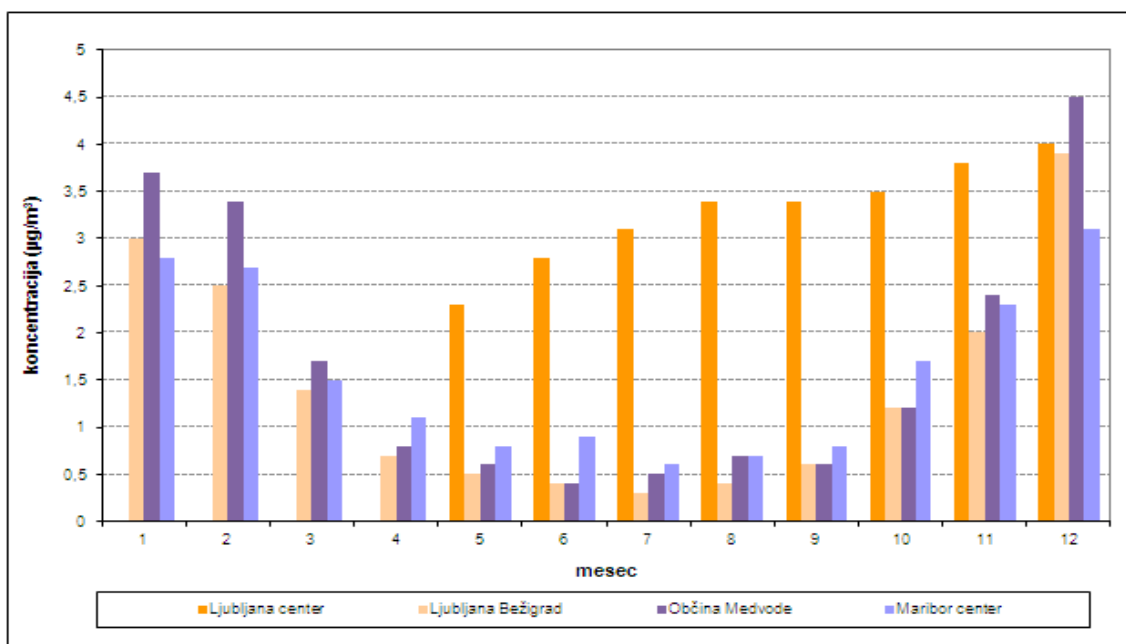
Tabela 2: Povprečne mesečne koncentracije benzena ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2012

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	3,0	2,5	1,4	0,7	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	1,2	2,0	3,9
Ljubljana center	-	-	-	-	2,3	2,8	3,1	3,4	3,4	3,5	3,8	4,0
Občina Medvode	3,7	3,4	1,7	0,8	0,6	0,4	0,5	0,7	0,6	1,2	2,4	4,5
Maribor center	2,8	2,7	1,5	1,1	0,8	0,9	0,6	0,7	0,8	1,7	2,3	3,1



Slika 1: Dnevni hod koncentracij benzena na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad, Ljubljana center, Maribor center in Občina Medvode za leto 2012

Letni hod z nižjimi koncentracijami poleti in višjimi pozimi je izrazit.



Slika 2: Povprečne mesečne koncentracije benzena v letu 2012

Okoljski merilni sistem v Ljubljani, ki ga ima v upravljanju EIMV, se nahaja na izrazito prometni lokaciji v neposredni bližini bencinske črpalke. Tivolska cesta je v prometnih konicah redno preobremenjena in pogoste so počasne kolone vozil. V takih obdobjih je onesaženje z emisijami iz prometa nadpovprečno kar posledično pomeni visoke koncentracije nekaterih ogljikovodikov.

Okoljska merilna postaja, na kateri potekajo kontinuirane meritve koncentracij BTX in gibanja zraka, se nahaja na območju med glavnimi industrijskimi obrati na območju Občine Medvode. Postaja stoji na obrobju Medvod in je od posameznih industrijskih obratov oddaljena 100 do 500 metrov ter od glavne prometnice 300 metrov. Cilj mobilne postaje je spremljati vplive industrije, prometa ter individualnih kurišč na kakovost zunanjšega zraka v Medvodah in širši okolici. Analiza meritev na okoljski merilni postaji v Občini Medvode je pokazala, da v letu 2012 koncentracije plinov benzena, toluena, etilbenzena in ksilenov niso bile tako visoke, da bi presegle zakonsko določene mejne vrednosti na področju Slovenije in mejnih vrednosti, ki jih priporoča Svetovna zdravstvena organizacija. Ker so bila krajša obdobja povišanih imisijskih koncentracij izmerjena pri različnih razredčevalnih sposobnostih atmosfere, tako dobrih kot tudi slabih, povišane koncentracije niso le posledica vremenskih razmer, ampak so očitno emisije iz proizvodnih obratov podjetij variabilne. V obdobjih s povišanimi koncentracijami nekaterih plinov iz skupine plinov BTX, ki so posledica emisij iz industrije, je bil možen tudi pojav neprijetnih vonjav. Primerjava meritev plinov BTX v letnem in zimskem času kaže, da so povišane vrednosti benzena v zimskem času posledica večjih emisij iz individualnih kurišč, medtem ko se povišane vrednosti preostalih plinov, torej toluena, etilbenzena, n&p ksilena in o ksilena pojavljajo v krajših obdobjih preko celega leta.



Slika 3: Povprečne letne koncentracije BTX na merilnih postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor center

Živo srebro v zunanjem zraku

Tanja Koleša

V skladu z Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku /3/ je potrebno v zunanjem zraku izvajati meritve živega srebra. Te meritve za ARSO na merilni lokaciji ekološko-meteorološke postaje Iskrba pri Kočevski reki izvaja IJS, Odsek za znanost o okolju.

Onesnaženost zraka z živim srebrom

Meritve živega srebra v zraku se izvajajo z detektorjem za živo srebro "Mercury Ultratracer UT-3000" proizvajalca Mercury Instruments Analytical Technologies iz Nemčije.

Meritve celotnega plinastega živega srebra so avtomatizirane. Med obratovanjem inštrument črpa vzorčevalni plin skozi 0,45 µm PTFE filter preko zlate pasti, kjer se živo srebro amalgamira na zlatem prahu, sledi termična desorpcija iz zlate pasti ter nato detekcija na AAS (atomska absorpcijska spektrometrija). Volumen prečrpanega vzorčevalnega plina je odvisen od trajanja vzorčenja.

Detektor črpa zrak iz zunanosti do detektorja preko okoli 2 m dolge teflonske cevi. Instrument je nastavljen na čas vzorčevanja 1 uro in 40 l prečrpanega zraka. Meritve so odčitane vsake pol ure. Povprečne mesečne koncentracije in povprečna letna vrednost, vključno z osnovnimi statističnimi parametri živega srebra v zraku, so navedene v tabeli 1 in grafično prikazane na sliki 1.

Tabela 1: Rezultati meritev vsebnosti Hg v zraku na merilni postaji Iskrba v letu 2012

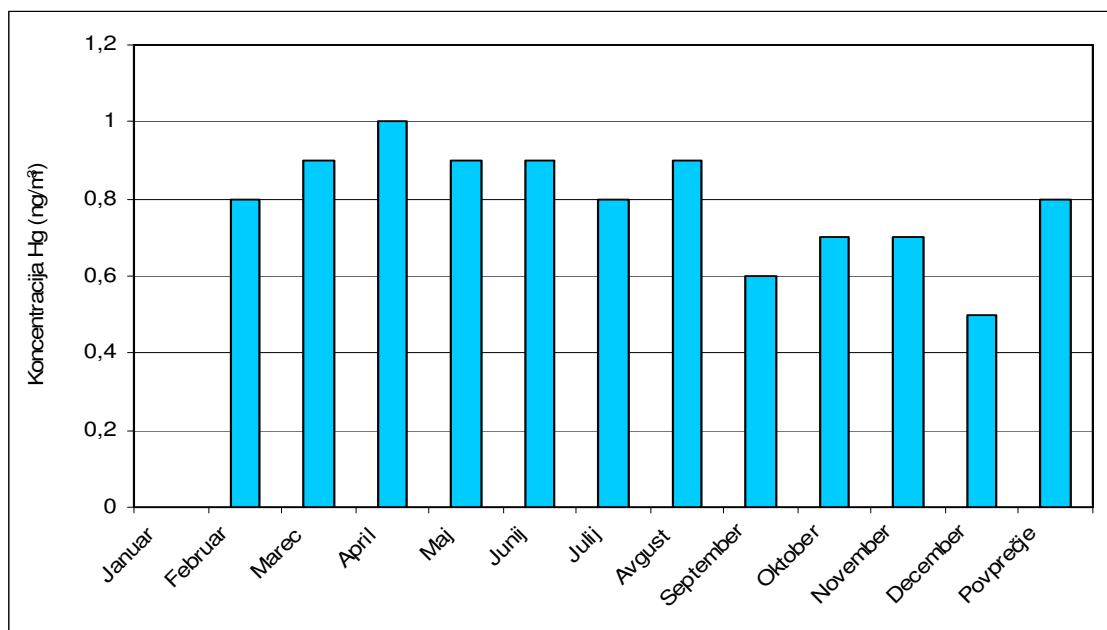
Mesec	Število meritev	Povprečje (ng/m ³)	Najnižja vrednost* (ng/m ³)	Najvišja vrednost* (ng/m ³)
Januar	/	/	/	/
Februar	1107	0,8	0,5	1,1
Marec	1466	0,9	0,5	1,2
April	1586	1,0	0,6	1,5
Maj	1457	0,9	0,5	1,4
Junij	1380	0,9	0,4	1,5
Julij	1435	0,8	0,3	1,8
Avgust	781	0,9	0,5	1,9
September	821	0,6	0,3	1,2
Oktober	883	0,7	0,3	2,9
November	1403	0,7	0,4	2,0
December	1475	0,5	0,2	0,9
Povprečje/Skupaj	13794	0,8	0,4	1,6

Legenda:

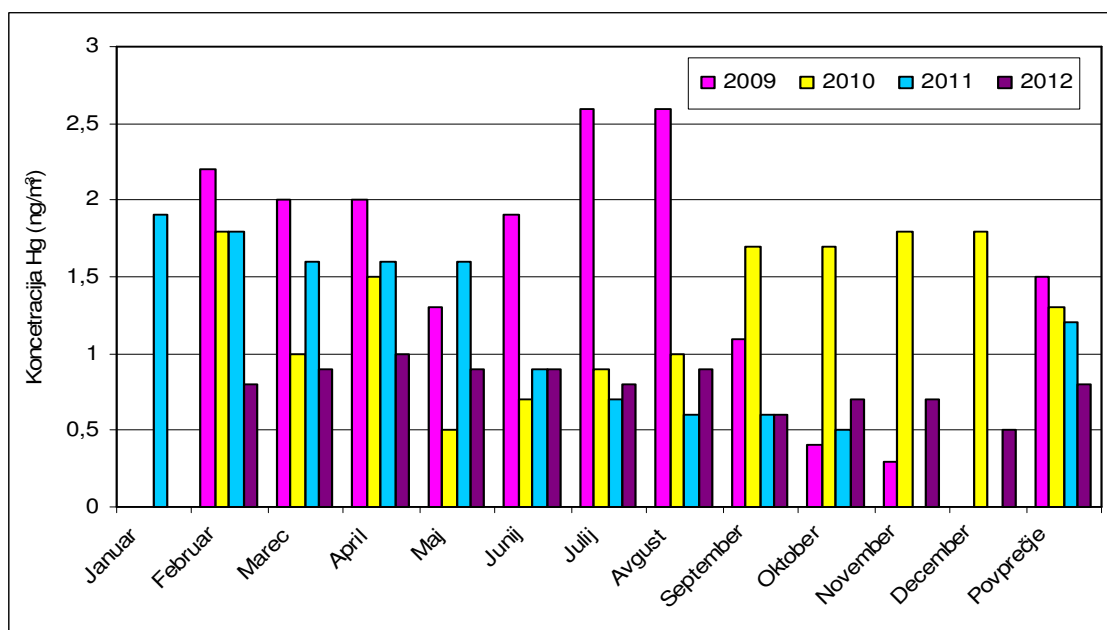
/ - merilnik ni deloval;

Najnižja izmerjena koncentracija elementarnega plinastega živega srebra v zraku na merilni postaji Iskrba je bila v mesecu decembru, ko so se izmerjene vrednosti gibale med 0,2 in 0,9 ng/m³, s povprečno mesečno koncentracijo 0,5 ng/m³. Najvišje vsebnosti živega srebra v zraku so bile zabeležene julija, avgusta, oktobra in novembra (1,9 do 2,9 ng/m³). Podobno sezonsko sliko s primerljivimi razponi koncentracij smo zabeležili tudi v preteklih letih. Najvišje povprečne mesečne vrednosti so bile izmerjene aprila (1,0 ng/m³). V meritvenem obdobju za leto 2012 je bilo

povprečna koncentracija živega srebra v zraku $0,8 \text{ ng/m}^3$, kar je nekoliko nižje kot v preteklih letih (slika 2).



Slika 1: Povprečne koncentracije Hg v zunanjem zraku za leto 2012 na merilni postaji Iskrba



Slika 2: Primerjava povprečnih koncentracij Hg v zunanjem zraku na Iskrbi v letih 2009, 2010, 2011 in 2012

V zraku je živo srebro večinoma (nad 80 %) prisotno kot plinasto elementarno živo srebro (Hg_0) z zadrževalnim časom od nekaj mesecev do enega ali dveh let ter je dokaj enakomerno razporejeno po troposferi /42/. V neurbanih področjih Slovenije so značilne koncentracije, ki so tipične tudi za neonesnažena področja severne hemisfere (okoli 2 ng/m^3) /42/. Za področje severne Evrope poročajo o nižjih koncentracijah v poletnih mesecih ($2 - 3 \text{ ng/m}^3$), ter nekoliko višjih ($3 - 4 \text{ ng/m}^3$) v zimskih mesecih /42/, ko se poveča kurjenje fosilnih goriv, ki je tudi največji antropogen vir živega srebra v atmosferi.

Podobna sezonska razporeditev se kaže tudi na merilni postaji Iskrba, kjer ugotavljamo, da so v zimskih mesecih koncentracije živega srebra v zraku nekoliko višje kot poleti.

Za koncentracije živega srebra v zraku so značilne dnevne in sezonske variacije. Podnevi se zaradi višjih temperatur in sončne svetlobe poveča izhlapevanje iz zemeljske skorje, kar ima za posledico višje koncentracije živega srebra v zraku tekom dneva. Podobno velja, da so v poletnih in bolj toplih mesecih koncentracije v zraku višje kot med hladnejšimi. V obdobjih s snežno odejo so koncentracije živega srebra v zraku praviloma nekajkrat nižje, kot med obdobji ko snežne odeje ni. Za koncentracije živega srebra v zraku, izmerjene na Iskrbi, lahko rečemo, da so v razponu značilnih koncentracij, ki veljajo za območje neonesnaženih predelov severne hemisfere, opazna pa so tudi dnevna in sezonska nihanja, ki pa so zelo nizka.

Od leta 2008 do 2012 opazamo na Iskrbi padanje koncentracij živega srebra v zraku (od 2,5 do 0,8 ng/m³), ter višanje depozicije živega srebra iz atmosfere. Pojav bi lahko bil povezan z spremembo ali ukinitvijo kakšnega lokalnega vira oz. vpliva zmanjšanja industrije, spremembo pogojev v atmosferi, ki pospešujejo odstranjevanje živega srebra iz atmosfere. Podoben pojav opazamo tudi pri meritvah na Rektorskem Centru v Podgorici pri Ljubljani, kjer so v teh letih koncentracije padle iz okoli 3 – 4 na 1 – 2 ng/m³.

Žveplove in dušikove spojine ter anorganski ioni

Marijana Murovec

V tem poglavju podajamo meritve oksidiranege žvepla (SO_2 , SO_4^{2-}), oksidiranege dušika ($\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$), reduciranege dušika ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) in anorganskih ionov (Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), ki dajejo informacijo o kislno-alkalnih komponentah v zraku. Navedene parametre spremljamo v okviru mednarodnega programa EMEP. Koncentracije so podane v enotah μg posameznega elementa/ m^3 .

V tabeli 1 podajamo povprečne in najvišje izmerjene koncentracije oksidiranege žvepla, oksidiranege dušika, reduciranege dušika in nekaterih anorganskih ionov v zraku na Iskrbi. Rezultate meritev podajamo za poletno sezono (od aprila do septembra – nekurilna sezona), zimsko sezono (od januarja do marca in od oktobra do decembra – kurilna sezona) ter za celo leto.

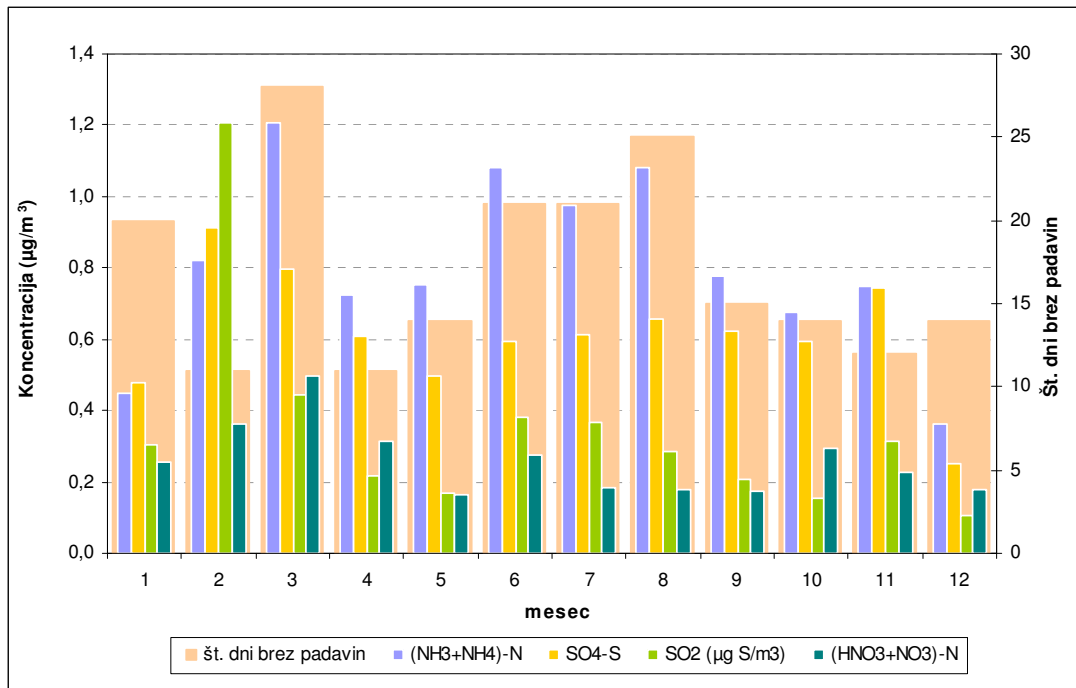
Tabela 1: Povprečne in najvišje izmerjene koncentracije oksidiranege žvepla, oksidiranege dušika, reduciranege dušika in nekaterih anorganskih ionov v zraku na Iskrbi za nekurilno sezono, kurilno sezono ter za celo leto 2012

Parameter	Statistična veličina	Poletna sezona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zimska sezona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Letne vrednosti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	C_p	0,598	0,623	0,610
	C_{max}	2,67	2,78	2,78
$\text{SO}_2\text{-S}$	C_p	0,271	0,400	0,334
	C_{max}	1,94	3,51	3,513
$(\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-)\text{-N}$	C_p	0,214	0,284	0,256
	C_{max}	1,20	1,28	3,03
$(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$	C_p	0,894	0,699	0,801
	C_{max}	2,503	2,06	2,59
Cl^-	C_p	0,099	0,083	0,091
	C_{max}	1,28	1,14	1,28
Ca^{2+}	C_p	0,231	0,120	0,176
	C_{max}	1,59	0,561	1,59
Mg^{2+}	C_p	0,065	0,040	0,052
	C_{max}	0,329	0,162	0,329
Na^+	C_p	0,142	0,119	0,130
	C_{max}	1,03	1,10	1,10
K^+	C_p	0,114	0,184	0,184
	C_{max}	0,447	0,693	0,693

Legenda:

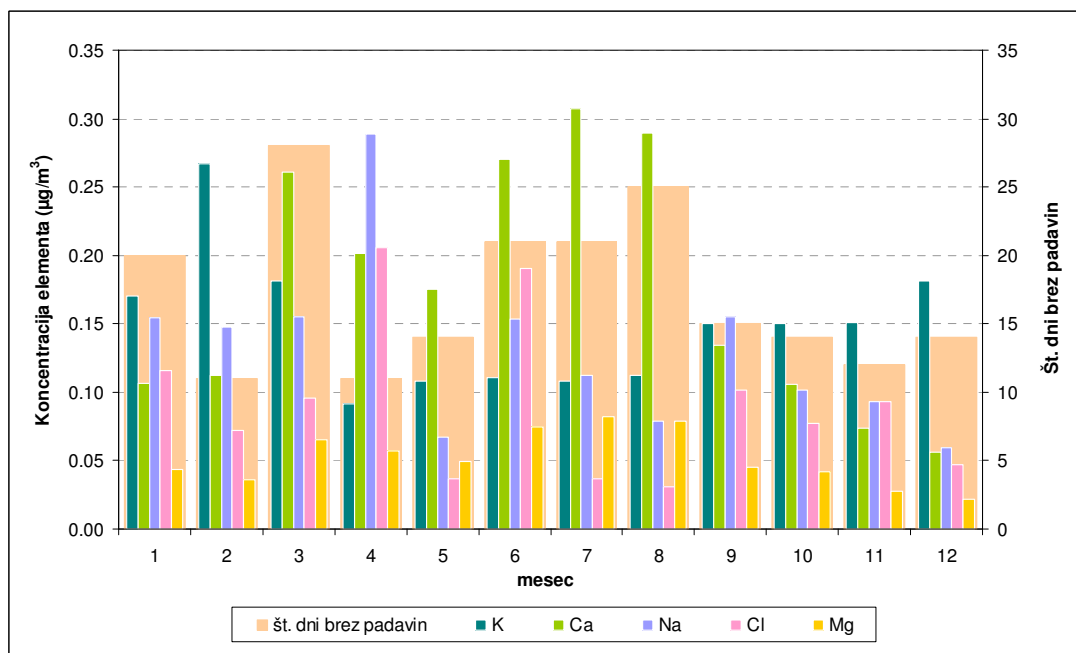
C_p povprečna koncentracija
 C_{max} najvišja izmerjena koncentracija

Koncentracije oksidiranege žvepla (SO_2 , SO_4^{2-})-S, oksidiranege dušika (HNO_3 , NO_3^-)-N, reduciranege (slika 1) in kalija (slika 2) v zraku so bile najvišje v zimski sezoni. Predvsem so izstopale koncem januarja in v prvi polovici februarja. To obdobje so namreč zaznamovale izredno nizke temperature (dnevno povprečje med -7 in -16°C). Nekoliko višje koncentracije reduciranege dušika ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$)-N v zraku, smo v letu 2012 zabeležili v poletni sezoni, predvsem pa je bila njegova koncentracija višja v mesecih z večjim številom dni brez padavin.



Slika 1: Povprečne mesečne koncentracije oksidiranega žvepla SO₂-S in SO₄²⁻-S, oksidiranega dušika (HNO₃ + NO₃)-N ter reduciranega dušika (NH₃ + NH₄⁺)-N v zraku na Iskrbi za leto 2012

Nivo ostalih komponent razen kalcija (slika 2), je bil skozi vse leto na približno enakem nivoju. Ocenjujemo, da je bilo njihovo nihanje povezano predvsem s pogostostjo in količino padavin, kar se je najbolj izrazilo pri koncentracijah kalcija, saj je bila njegova koncentracija posebej v poletnih mesecih izrazito proporcionalna s številom dni brez padavin.



Slika 2: Povprečne mesečne koncentracije natrija, kalcija, klorida, magnezija in kalija v zraku na Iskrbi za leto 2012

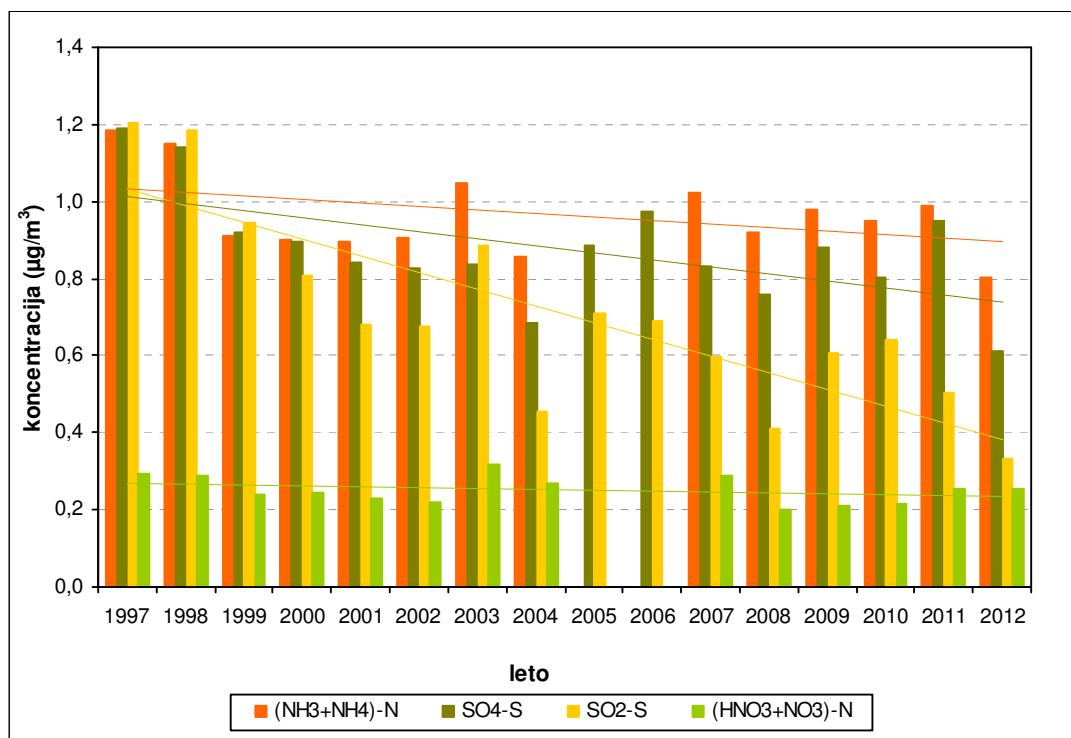
Časovni trendi onesnaženosti zraka z žveplovimi in dušikovimi spojinami

Medletna nihanja povprečnih koncentracij posameznih onesnaževal so v glavnem posledica različnih vremenskih razmer. V glavnem gre za dva vpliva:

- čim več je padavin, tem manjša je koncentracija posameznih ionov v zraku,
- čim daljša so obdobja brez padavin, tem večja je akumulacija posameznih ionov in s tem njihova koncentracija v zraku.

Meritve koncentracij žveplovih in dušikovih spojin ter nekaterih kationov in anionov v zraku smo na merilnem mestu Iskrba pričeli izvajati leta 1997. Rahel padec nivoja koncentracij dušikovih in žveplovih spojin smo zabeležili v letu 1999. Od takrat dalje bistvenih sprememb v ravni koncentracij dušikovih spojin v zraku ne beležimo, manjša medletna nihanja pa povezujemo s pogostostjo in količino padavin v posameznih letih.

Koncentracije žveplovih spojin kažejo trend upadanja, ki je bolj izrazit pri koncentracijah žveplovega dioksida in nekoliko manj pri koncentracijah SO_4^{2-} ionov. Ocenjujemo, da je ta trend verjetno posledica zmanjšane uporabe premoga ter uporabe premoga z nižjo vsebnostjo žveplovih spojin pri proizvodnji energije in hkratnega dograjevanja razžveplevalnih naprav za čiščenje dimnih plinov.



Slika 3: Povprečne letne koncentracije oksidiranega žvepla $\text{SO}_2\text{-S}$ in $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$, oksidirane dušika ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$)-N ter reducirane dušika ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)-N v zraku na Iskrbi za leto 2012 – dnevno vzorčenje

MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA Z MOBILNO POSTAJO

Anton Planinšek

Namen meritev z avtomatsko mobilno ekološko-meteorološko postajo je pridobiti podatke o kakovosti zraka na območjih, kjer ni meritev s stalnimi postajami. Mobilna postaja deluje enako in meri iste ekološke in meteorološke parametre kot vse ostale stalne postaje v avtomatski merilni mreži.

Podatki so obdelani po predpisanih postopkih EEA in v skladu s predpisi, ki veljajo na področju kakovosti zunanjega zraka za žveplov dioksid, dušikove okside, ogljikov monoksid, delce PM₁₀, ogljikovodike in ozon (poglavje Zakonodaja).

Tu objavljamo le glavne poudarke iz povzetkov posameznih poročil /15, 16, 17/ Poročila so javnosti dostopna preko Atlasa okolja Agencije RS za okolje.

Ptuj
(6.12.2011 – 13.3.2012)



Mobilna postaja je bila locirana znotraj območja bolnišnice Ptuj. Lokacija je z vseh strani obdana z bolnišničnimi zgradbami, s stanovanjskimi naselji, z manj prometnimi ulicami in z večjim parkiriščem v neposredni bližini. V bližini lokacije mobilne postaje se poslopja (bližnji stanovanjski bloki, bolnišnica) ogrevajo daljinsko, v širši okolici pa deloma iz kotlovnice, ki uporabljajo za gorivo plin ali kurilno olje, manjša individualna kurišča pa uporabljajo za gorivo les in lesne odpadke. Slednja, katerih delež je okrog 20 %, izpuščajo v zrak največ delcev, od BTX-ov pa predvsem benzen.

Po podatkih o emisijah iz večjih industrijskih objektov, ki so po zakonu dolžni sporočati emisijske podatke in so dostopni tudi na spletni strani ARSO:

(http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/devices),

na ožjem mestnem področju Ptuja ni industrije z večjimi emisijami onesnaževal.

Lokacijo merilnega mesta mobilne postaje uvrščamo po sedaj veljavni mednarodni klasifikaciji v poseljeno mestno ozadje UB(R).

Meritve z mobilno postajo so potekale večinoma pozimi, ko je zrak najbolj onesnažen. Koncentracije onesnaževal so povsod po Sloveniji dosegle najvišje vrednosti v obdobju mrzlega zimskega vremena med 8. in 14. februarjem 2012.

Glede kakovosti zraka so reliefni in vremenski pogoji na območju Ptuja ugodnejši kot v večini krajev v notranjosti Slovenije, pa nekoliko slabši kot na Primorskem in ob obali. Temperaturne inverzije na tem pretežno ravnem območju so manj izrazite kot v kotlinah in dolinah, pa tudi premikanje zraka vzdolž reke Drave ni omejeno.

V obdobju meritev, od 6. 12. 2011 do 13. 3. 2012 je povsod po Sloveniji v nižjih plasteh prevladovala severovzhodna cirkulacija zraka. Padavin je bilo zelo malo. Onesnaženost zraka (predvsem z delci PM_{10}) se je občasno zelo povečala, kadar so nastopili jasni dnevi z brezvetrjem in s tem slabši pogoji mešanja zraka. V februarju 2012 smo imeli tudi obdobje nizkih temperatur in s tem povečane emisije iz kurilnih naprav za ogrevanje.

Rezultati meritev na merilnem mestu Ptuj in na drugih lokacijah stalne merilne mreže DMKZ v kažejo sledeče splošne značilnosti:

- Onesnaženost zraka z **delci PM_{10}** na lokaciji mobilne postaje na Ptuju je bila s 24 prekoračitvami mejne dnevne koncentracije na ravni večine mestnih merilnih mest. Več prekoračitev je bilo v mestih z neugodnejšimi reliefnimi pogoji in industrijo (Zasavje, Celje, Žerjav), manj pa predvsem na Primorskem in ob obali, kjer jih je bilo med 6 in 14.
- Koncentracija **dušikovega dioksida** je bila na lokaciji mobilne postaje med nižjimi v Sloveniji – pod spodnjim ocenjevalnim pragom. V večini drugih mest so urne koncentracije prekoračile SOP.
- Onesnaženost zraka z **žveplovim dioksidom** že nekaj let v Sloveniji ni več problematična. Tudi v obdobju meritev na Ptuju so bile koncentracije povsod nizke - pod spodnjim ocenjevalnim pragom.
- Koncentracija **benzena** na lokaciji mobilne postaje je bila sorazmerno visoka v primerjavi z merilnima mestoma Ljubljana Bežigrad in Maribor center. Pri teh dveh merilnih mestih gre v veliki večini za emisije iz prometa, medtem ko je na Ptuju določen delež treba pripisati emisiji iz individualnih kurišč. Koncentracije so bile sicer na vseh treh merilnih mestih med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom, ki sta definirana za obdobje celega leta.
- Onesnaženost zraka z **ozonom** na Ptuju je bila zaradi manj meglenih dni nekoliko višja kot v mestih v notranjosti Slovenije in nižja kot na Goriškem in ob Obali. Ozon nastaja iz predhodnikov (dušikovi oksidi in ogljikovodiki) ob dovolj močnem sončnem sevanju, zato so koncentracije ozona pozimi nizke, ciljne vrednosti so presežene šele od meseca maja naprej.
- Rezultati meritev z mobilno postajo kažejo, da razmere na Ptuju glede onesnaženosti zraka z delci niso tako slabe kot v mestih, ki ležijo v dolinah in kotlinah v notranjosti Slovenije. Kljub temu pa ocenjujemo, da bi bilo dovoljeno letno število prekoračitev mejne dnevne koncentracije marsikatero leto preseženo, mejna letna koncentracija pa ne bi bila prekoračena.

Škofja Loka – Trata **(12.4.2012 – 8.10.2012)**



Meritve z mobilno postajo smo izvajali na Trati v naselju individualnih hiš. V neposredni bližini lokacije meritev ni prometnih cest. Po podatkih o emisijah iz večjih industrijskih objektov, ki so po zakonu dolžni sporočati emisijske podatke in so dostopni tudi na spletni strani ARSO:

(http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/devices),

je v bližnji okolici mobilne postaje edini vir z večjimi emisijami več onesnaževal tovarna Knauf Insulation, ki je oddaljena 500 metrov proti zahodu. Predvsem južno in vzhodno od lokacije postaje je še nekaj manjših virov delcev (industrija, terciarna dejavnost).

Lokacijo merilnega mesta mobilne postaje na Trati uvrščamo po veljavni mednarodni klasifikaciji v poseljeno predmestno ozadje z vplivom industrije SB(RI). Meritve z mobilno postajo na lokaciji Trata so se začele 12. aprila in so trajale do 8. oktobra, kar pomeni, da niso zajele zimskega časa, ko je zrak bolj onesnažen zaradi neugodnih vremenskih razmer (temperaturne inverzije) in zaradi še dodatnih emisij iz kurilnih naprav, predvsem iz malih kurišč.

Reliefni in vremenski pogoji na območju Trate in v Škofji Loki so glede kakovosti zraka nekoliko ugodnejši kot v tistih krajih v notranjosti Slovenije, ki ležijo v bolj zaprtih kotlinah in dolinah. Predvsem je ugoden vpliv šibke lokalne cirkulacije zraka v nočnem času zaradi pobočij in dolin na zahodni strani (Selška in Poljanska dolina).

Rezultati meritev na merilnem mestu Trata in na drugih lokacijah stalne merilne mreže DMKZ v kažejo sledeče splošne značilnosti:

- Onesnaženost zraka z **delci PM_{10}** na lokaciji mobilne postaje na Trati je bila primerljiva z večino drugih merilnih mest v notranjosti Slovenije. Prekoračitev mejne dnevne koncentracije ni bilo nikjer, kar je običajno za ta letni čas.
- Koncentracija **dušikovega dioksida** je bila na lokaciji mobilne postaje najnižja v Sloveniji. Koncentracije so bile povsod razen na prometni lokaciji Maribor Center pod spodnjim ocenjevalnim pragom.
- Onesnaženost zraka z **žveplovim dioksidom** že nekaj let v Sloveniji ni več problematično. Tudi v obdobju meritev na Trati so bile koncentracije povsod nizke - pod spodnjim ocenjevalnim pragom.
- Koncentracije **benzena** so bile pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Ker je glavni vir benzena promet, so najvišje koncentracije izmerjene na prometnem merilnem mestu Maribor center.
- Onesnaženost zraka z **ozonom** na Trati je bila na ravni drugih merilnih mest v notranjosti Slovenije. Nižje so bile le koncentracije na merilnih mestih, ki so bližje prometnim cestam. V poletju 2012 so koncentracije ozona večkrat prekoračile opozorilno vrednost za zaščito zdravja kot v zadnjih nekaj letih. Na Trati je bila najvišja urna vrednost tik pod opozorilno vrednostjo ($179 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ciljna 8-urna vrednost pa je bila presežena v 34 dnevih (letno je dovoljeno 25 preseganj).

Na lokaciji Trata sta prevladujoči smeri vetra jugozahod in jugovzhod, tako da je maksimum koncentracij onesnaževal, ki izhajajo iz tovarne Knauf Insulation (predvsem dušikov dioksid, žveplov dioksid in delci PM_{10}) ali iz drugih virov, na južnih delih Sorškega polja izven naseljenega območja.

Škofja Loka **(10.10.2012 – 17.4.2013)**



Meritve z mobilno postajo v Škofji Loki so bile izvedene ob Šolski ulici. V neposredni bližini merilnega mesta je športno igrišče, šola, pokopališče, nekaj stanovanjskih blokov in uradov, ni zelo prometnih cest, so pa v okolici parkirišča.

Po podatkih o emisijah iz večjih naprav, katerih upravljavci so po zakonu dolžni sporočati emisijske podatke in ki so dostopni tudi na spletni strani ARSO: (http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/devices), na razdalji 450 m od lokacije mobilne postaje v smeri jugozahod deluje livarna LTH ULITKI d.o.o.

Lokacijo merilnega mesta mobilne postaje uvrščamo po mednarodni klasifikaciji v mestno ozadje (UB).

Meritve z mobilno postajo na lokaciji Škofja Loka center so trajale od 9. oktobra 2012 do 18. aprila 2013. Zajeli smo zimski čas, ko je zrak bolj onesnažen kot poleti zaradi neugodnih vremenskih razmer (temperaturne inverzije) in zaradi emisij iz kurilnih naprav, predvsem iz individualnih kurišč.

Glede kakovosti zraka so reliefni in vremenski pogoji na območju Škofje Loke nekoliko ugodnejši kot v tistih krajih v notranjosti Slovenije, ki ležijo v bolj zaprtih kotlinah in dolinah. Predvsem je ugoden vpliv šibke lokalne cirkulacije zraka v nočnem času zaradi pobočij in dolin na zahodni strani (Selška in Poljanska dolina), kjer ni večjih virov emisij.

Rezultati meritev na merilnem mestu Škofja Loka v primerjavi z drugimi lokacijami stalne merilne mreže DMKZ v kažejo sledeče splošne značilnosti:

- Onesnaženost zraka z **delci PM_{10}** na lokaciji mobilne postaje v Škofji Loki je bila primerljiva z večino drugih merilnih mest v notranjosti Slovenije. Prekoračene so bile mejne dnevne koncentracije, število dni s preseženo mejno dnevno koncentracijo pa ni preseglo dovoljenih 35 dni.
- Raven koncentracij **dušikovega dioksida** v Škofji Loki je bila obravnavanem obdobju podobna kot v primerljivo velikih mestih v Sloveniji. Urne koncentracije NO_2 v Škofji Loki niso prekoračile mejne vrednosti. Zgornji ocenjevalni prag je bil presežen v Ljubljani, v Mariboru, Celju, Novi Gorici in v Škofji Loki so koncentracije presegle spodnji ocenjevalni prag, drugod so bile nižje.
- Onesnaženost zraka z **žveplovim dioksidom** že nekaj let v Sloveniji ni več problematična. Tudi v obdobju meritev v Škofji Loki so bile koncentracije povsod nizke - pod spodnjim ocenjevalnim pragom.
- Koncentracije **benzena** so bile nad zgornjim ocenjevalnim pragom. Bile so višje kot v Ljubljani in Mariboru.
- Onesnaženost zraka z **ozonom** v Škofji Loki je bila na ravni drugih merilnih mest v notranjosti Slovenije, na Primorskem pa so bile precej višje. Koncentracije ozona so v jesenskem in zimskem času nižje od ciljnih vrednosti, kar se je dogajalo tudi v obravnavanem obdobju.
- Raven koncentracij **ogljikovega monoksida** v obravnavanem obdobju meritev je bila pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

MODELIRANJE KAKOVOSTI ZRAKA

Marko Rus

Modeliranje meteoroloških in kemijskih procesov v ozračju je numerično orodje (več obsežnih računalniških programov), ki numerično opisujejo relevantne procese. Na podlagi začetih meteoroloških in kemijskih vhodnih podatkov in ob upoštevanju predvidenih virov emisij ter naravnih zakonitosti izračuna koncentracije različnih onesnaževal za dva dni vnaprej.

Namen in cilji modeliranja

Modeliranje onesnaženosti zraka je numerični postopek, kjer na podlagi začetnih meteoroloških in kemijskih vhodnih podatkov ter emisijskih vrednosti računamo koncentracije najrazličnejših vrst onesnaževal v ozračju. Pri tem poskušamo s pomočjo numeričnih postopkov kar se da najbolje opisati meteorološke in fotokemične procese v ozračju.

Za potrebe napovedovanja koncentracij ozona in delcev na področju Slovenije smo v sodelovanju s Fakulteto za matematiko in fiziko sestavili modelski sistem, v katerem smo disperzijsko-fotokemični model CAMx (The Comprehensive Air quality Model with Extensions) združili z operativnim meteorološkim modelom ALADIN-SI.

Z modeliranjem onesnaženosti zraka izračunamo polja koncentracij večih vrst onesnaževal in tako napovedujemo oziroma ocenjujemo koncentracije onesnaževal na lokacijah, ki jih z monitoringom onesnaženosti zraka ne zajamemo. Podatki z merilnih postaj namreč opisujejo le trenutno oziroma preteklo stanje tega, kar je v zraku, ničesar pa nam ne povedo o koncentracijah onesnaževal v prihodnosti. Zaradi zapletenosti fizikalnih in kemijskih procesov, ki so zajeti v fotokemičnih modelih, sta negotovost in lokalna spremenljivost rezultatov lahko precejšnji. Dodatno oviro pri regionalnem modeliranju onesnaženosti zraka predstavlja razgiban relief, ki poleg meteoroloških razmer in emisij močno vpliva na lokalno onesnaženost zraka. Prav zaradi tega ima dober opis reliefa v regionalnih modelih pomembno vlogo.

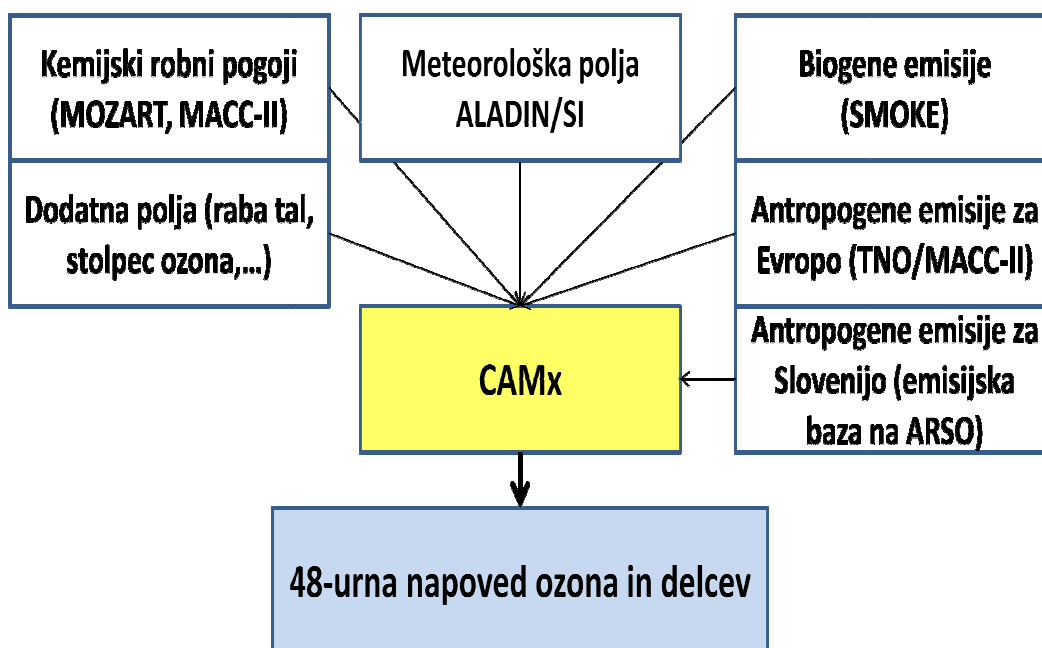
Na ARSO zaenkrat izvajamo le testne operativne zagone ter računske simulacije ob izbranih vremenskih situacijah (visoke koncentracije ozona in delcev). Napovedi za več vrst onesnaževal (prednost imajo delci in ozon) se bodo izdajale vsak dan za do dva dni vnaprej. Poleg dnevnih napovedi se bodo s pomočjo simulacij s CAMx-om izvajali tudi testni izračuni letnih ocen koncentracij onesnaževal za območja, kjer ni meritev onesnaženosti zraka, hkrati pa se bodo modelski rezultati uporabljali za pripravo različnih scenarijev, oceno dodatnih obremenitev, oceno vpliva posameznih vrst emisij, itd.

Modelske sistem ALADIN-CAMx

Model CAMx je disperzijsko-fotokemični model, ki računa transport, turbulentno difuzivnost, kemijske in fotokemične pretvorbe snovi v ozračju ter izločanje snovi iz ozračja. Za te izračune potrebuje meteorološka polja, ki jih je potrebno simulirati ločeno z meteorološkim modelom, ter

različna druga vhodna polja, kot so npr. emisije (antropogene+biogene), kemijski robni pogoji, razne geografske spremenljivke, skupna količina ozona v ozračju,... Antropogeni viri se nadalje delijo na točkovne in ploskovne emisijske vire. Struktura modelskega sistema je prikazana na sliki 1.

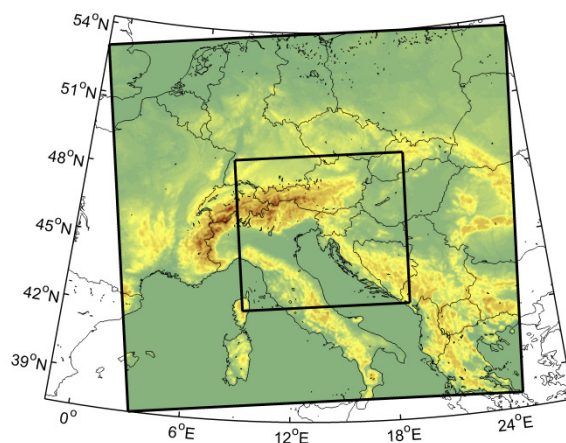
Začetna polja koncentracij onesnaževal v zraku modelski sistem prebere iz prejšnje simulacije, oziroma jih nastavi na ničelne vrednosti, če je simulacija začetna; tedaj mora od začetnega zagona modela preteči dovolj časa, da lahko vpliv začetnega stanja na rezultate simulacij zanemarimo. Koncentracije onesnaževal na stranskih robovih modelskega območja pa pridobivamo iz operativnega globalnega fotokemijskega modela MOZART (Model for OZone And Related chemical Tracers).



Slika 1: Poenostavljena shema modelskega sistema ALADIN-CAMx.

V sedANJI konfiguraciji modelskega sistema ALADIN-CAMx je območje modeliranja prilagojeno obstoječi konfiguraciji modela na ARSO. Zaradi časovne zahtevnosti modela CAMx je bil uporabljen postopek gnezdenja, v katerem imamo dve računski območji (slika 2). Horizontalna ločljivost notranjega (gnezdenega) računskega območja s 185x167 računskimi točkami je enaka ločljivosti operativne konfiguracije ALADIN/SI modela (4.4 km), horizontalna ločljivost zunanjega računskega območja s 145x135 računskimi točkami pa je trikrat manjša (13.2 km). Modelske točke v notranjem računskem območju modela CAMx sovpadajo z modelskimi točkami sedanje operativne konfiguracije modela ALADIN, medtem ko v zunanjem računskem območju modela CAMx točke sovpadajo z vsako tretjo točko ALADIN modela. Notranje računsko območje med drugim vključuje tudi industrializirano Padsko nižino, ki s svojimi emisijami ob določenih vremenskih razmerah vpliva na povečano koncentracijo nekaterih pomembnih onesnaževal tudi v Sloveniji.

Vertikalni modelski nivoji v sedANJI konfiguraciji sovpadajo z vertikalnimi nivoji v modelu ALADIN, le da imamo v modelu CAMx vključenih le spodnjih 34 nivojev (od skupno 43 nivojev v modelu ALADIN). Računanje disperzije onesnaževal in fotokemijskih pretvorb na zgornjih 9 nivojih namreč zaradi velike nadmorske višine teh nivojev za potrebe napovedovanja kakovosti zraka v plasti zraka blizu tal ni potrebno.

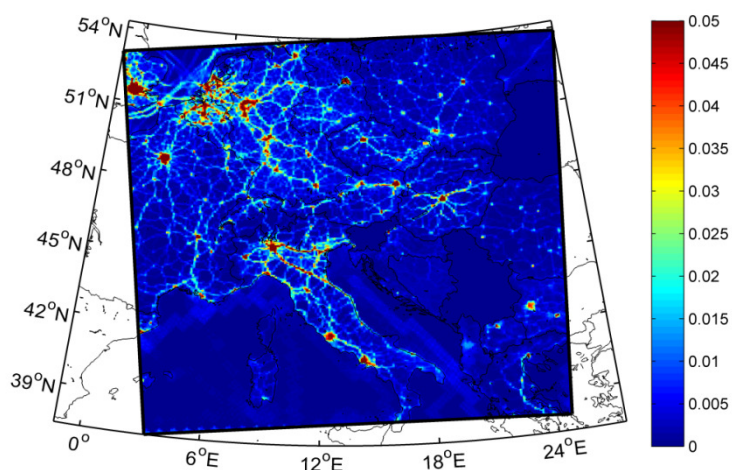


Slika 2: Območje modeliranja v sedANJI konfiguraciji modelskega sistema ALADIN-CAMx. Prikazano je tudi gnezdeno računsko območje.

Emisije

Antropogene emisije

Polja antropogenih emisij so bila pripravljena ločeno za območje Slovenije in za ostale evropske države. Za območje Slovenije so bili pri teh preračunih uporabljeni podatki, pripravljene s strani ARSO, na območju izven Slovenije pa podatki, pridobljeni iz projekta MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate). V obeh primerih so bile urne vrednosti točkovnih in ploskovnih virov emisij NO_x, CO, NMVOC, NH₃, SO₂, CH₄, PM₁₀ in PM_{2.5} preračunane iz letnih emisijskih vrednosti. Trenutno sta v uporabi emisijski bazi za leto 2009.



Slika 3: Polje ploskovnih emisij NO_x v tonah/h v prostorski ločljivosti 4,4 km na območju modeliranja (izvzeta je Slovenija) na ponedeljek v mesecu avgustu ob 9h zjutraj.

Biogene emisije

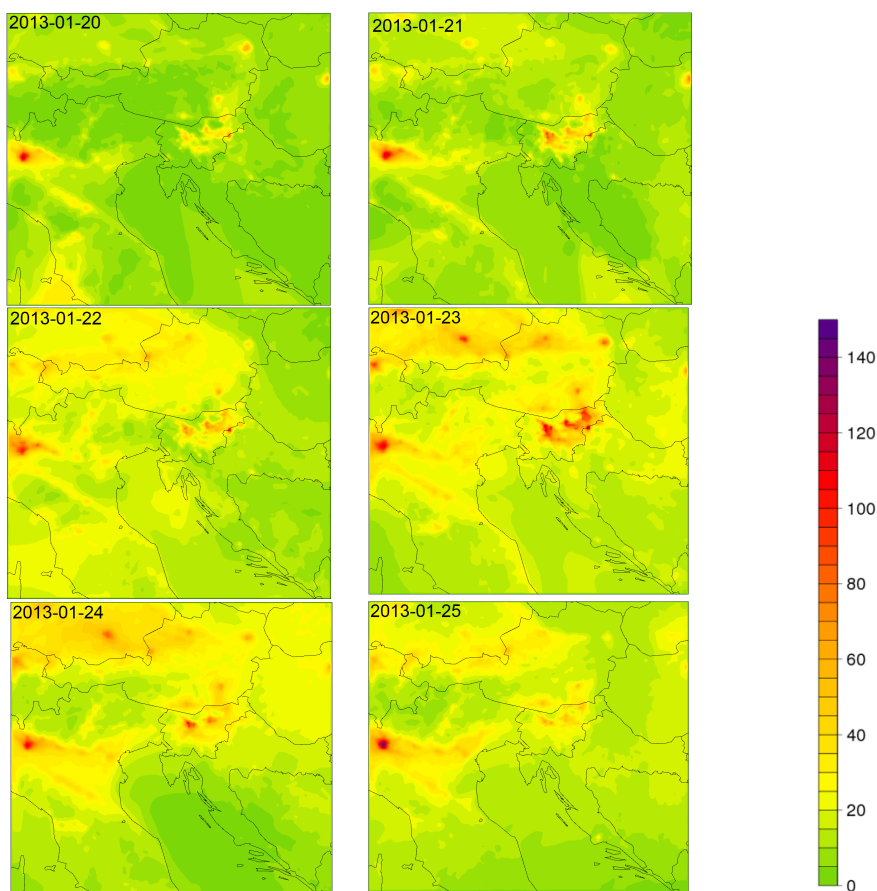
Biogene emisije so ploskovne emisije, ki jih povzroča flora na površju Zemlje in niso posledica človeškega vpliva. Odvisne so od meteoroloških parametrov na površju Zemlje, sončnega sevanja, padavin. Večinski delež biogenih emisij predstavljajo lahkohlapne organske snovi, ki so ključne za dobro napovedovanje in ocenjevanje koncentracij ozona. Za izračun tovrstnih emisij je na ARSO v uporabi emisijski model SMOKE.

Modelski rezultati

Izbira epizode oziroma vremenskega dogodka za zagon modelskega sistema je odvisna predvsem od vrste onesnaževala. Problem s povišanimi koncentracijami ozona tako obravnavamo v sončnih poletnih mesecih, pri čemer se osredotočamo na dneve z visokimi dnevnimi temperaturami in slabo dinamiko v ozračju. V tem primeru ozon kot sekundarno onesnaževalo nastane v prisotnosti dušikovih oksidov in lahkohlapnih organskih snovi.

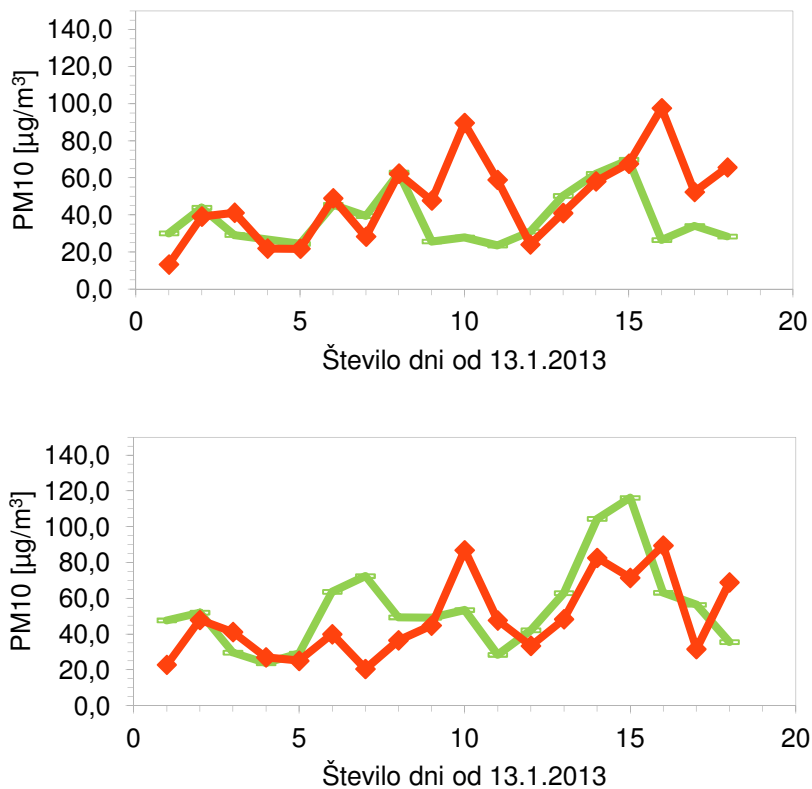
Težave s povišanimi koncentracijami delcev pa se večinoma pojavljajo pozimi, ko so temperaturne inverzije izrazite, vertikalno mešanje šibko, mala kurišča pa aktivna. Najvišje urne koncentracije delcev v dnevu se pojavljajo v jutranjih urah, ko je temperaturni obrat najizrazitejši. S tovrstnim problemom se ubadajo predvsem v mestih, saj je tam gostota malih kurišč največja.

Primeri polj izračunanih koncentracij delcev na območju Slovenije za izbrano zimsko obdobje (14-31 januar, 2013) je prikazan na sliki 4.



Slika 4: Povprečne dnevne koncentracije PM10 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) modelskega sistema ALADIN-CAM, za obdobje 20. - 25. januar, 2013. Prikazane so koncentracije na prvem modelskem nivoju v notranjem gnezdenem območju.

Narejena je bila tudi primerjava dnevnih koncentracij delcev z meritvami na vseh merilnih lokacij v Sloveniji. Na sliki 5 sta prikazani primerjavi v mestih Ljubljana in Maribor.



Slika 5: Primerjava napovedanih dnevnih koncentracij PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) modelskega sistema ALADIN-CAMx z izmerjenimi vrednostmi v Ljubljani (zgoraj) in Mariboru (spodaj), za obdobje od 14. do 31. januarja, 2013. Modelski rezultati so obarvani z rdečo, meritve pa z zeleno barvo.

MERITVE ČRNEGA OGLJIKA IN DOLOČITEV VIROV

dr. Griša Močnik

Decembra 2012 je Aerosol d.o.o. izvedel meritve črnega ogljika na dveh lokacijah v Ljubljani in sicer na merilni postaji na Vošnjakovi ulici ter na postaji na območju Kmetijskega inštituta Slovenije na Hacquetovi ulici. Meritve koncentracije črnega ogljika na Vošnjakovi ulici so bile skoraj dvakrat višje kot na območju Kmetijskega inštituta Slovenije. Iz določitve virov sklepamo, da je razlika posledica večjega prispevka prometa zaradi bližnje ceste. Prispevek prometa je bil približno 6000 ng/m^3 na Vošnjakovi in 3000 ng/m^3 na KIS-u, prispevek kurjenja lesa na obeh lokacijah je znašal približno 800 ng/m^3 . V izbranem obdobju so se temperature gibale okoli 10°C , zato prispevek ogrevanja ni reprezentativen za celotno obdobje dolge zime.

Namen projekta

Meritve črnega ogljika v Ljubljani z Aethalometrom so namenjene karakterizaciji ogljičnih aerosolov. Aerosolizirani črni ogljik je primarni produkt nepopolnega izgorevanja. Je dober kazalec primarnih emisij, saj je neposredno povezan z viri, zato se ga pogosto uporablja za spremljanje učinkovitosti ukrepov za zmanjšanje delcev v zraku (PM_{10} ali $\text{PM}_{2,5}$). Delci PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ v zraku so mešanica primarnih in sekundarnih aerosolov. Optične lastnosti aerosolov, ki jih merimo z Aethalometrom, lahko uporabimo za kvantitativno razlikovanje med dizelskim izpuhom in dimom, ki nastane pri izgorevanju lesa ali biomase.

Merilno mesto

Podatke meritev v Ljubljani smo obdelali za obdobje od 26. novembra do 5. decembra 2012 (meritve so trajale nekoliko dlje).

Aethalometra sta delovala na merilni postaji na Vošnjakovi – poleg prometne Tivolske ceste, in na dvorišču Kmetijskega inštituta Slovenija (KIS, Hacquetova 17) – stoji sredi blokovskega naselja in predstavlja urbano ozadje.

Merilna metoda – Aethalometer

Aethalometer vzorči zrak s pretokom nekaj litrov na minuto skozi filtrski trak iz kvarčnih vlaken. Nad filtrom je izvor svetlobe, pod njim pa so detektorji, ki merijo prepustnost traku za svetlobo. Koncentracijo črnega ogljika izračunamo iz atenuacije svetlobe z valovno dolžino 880 nm. Na delu filtra, skozi katerega teče zrak, se nabirajo aerosoli. Absorbpcijo (oziroma atenuacijo, glej nižje) merimo relativno glede na vzporedno meritev optične prepustnosti referenčnega dela istega filtra, skozi katerega zrak ne teče. To naredimo enkrat na merilno periodo, ki je tipično nekaj minut. Atenuacija je definirana kot logaritem razmerja meritve intenzitete svetlobe pod referenčnim delom filtra in delom, na katerem se nabirajo aerosolizirani delci.

Postopno nabiranje ogljičnih aerosolov, ki absorbirajo svetlobo, povzroči postopno padanje optične prepustnosti filtra oziroma rast atenuacije. Pretok zraka skozi filter merimo s senzorjem masnega pretoka, ki hkrati služi kot meritev, potrebna za stabilizacijo zračne črpalke. Aethalometer meri in shranjuje podatke vsako merilno periodo. Iz meritev prepustnosti svetlobe določi Aethalometer vsakokratno povečanje atenuacije. To potem z znanim presekom optične absorpcije na enoto mase črnega ogljika preračuna v koncentracijo črnega ogljika izraženo v nanogramih na kubični meter (ng/m^3). Ko se na filtru nabere toliko aerosolov, da izmerjena intenziteta svetlobe pod filtrom pade pod določeno vrednost, se trak premakne naprej in meritev se začne na svežem delu traku. Ob premiku traku izvede Aethalometer teste, s katerimi zagotovi kvaliteto podatkov.

Črni ogljik in Angstromov koeficient smo merili z inštrumentoma Aethalometer AE-33. Svetlobni izvor v tem tipu inštrumenta so svetleče diode s spektri, ki imajo maksimume pri valovnih dolžinah 370 nm, 470 nm, 520 nm, 590 nm, 660 nm, 880 nm in 950 nm. Meritve v tako širokem svetlobnem spektru nam omogočajo karakterizacijo absorpcije aerosolov v področju od ultravijolične do infrardeče. Aethalometer je imel nastavljen pretok 5 l/min. Časovno obdobje med posamičnimi meritvami je bilo 1 minuta.

Angstromov eksponent opisuje, kako se absorpcijski koeficient aerosolov spreminja z valovno dolžino svetlobe. Za popolnoma črne sferične aerosole Mieva izračun kaže, da je absorpcijski koeficient b obratno sorazmeren z valovno dolžino λ : $b = A / \lambda$. Enačbo lahko posplošimo v: $b = A / \lambda^\alpha$, Angstromov eksponent α za popolnoma črne aerosole je tako 1. Za aerosole, ki močneje absorbirajo pri nizkih valovnih dolžinah pričakujemo, da imajo višji Angstromov eksponent.

Dizelski izpuh vsebuje velik delež črnega ogljika in ima, dokler je svež, Angstromov koeficient blizu 1/39. Dim, ki nastaja pri zgorevanju lesa, vsebuje aerosolizirane snovi, ki močno absorbirajo v modrem in ultravijoličnem (UV) delu svetlobnega spektra. V infrardečem (IR) delu spektra ne absorbirajo. Visoko absorpcijo teh aerosolov pri nizkih valovnih dolžinah opazimo pri preučevanju odvisnosti absorpcijskega koeficienta od valovne dolžine kot zvišan Angstromov eksponent /40/. Za lesni dim ali dim, ki nastane pri sežiganju biomase, pričakujemo Angstromov eksponent okoli 2 /40/ in citati v tem članku, /46/, /41/.

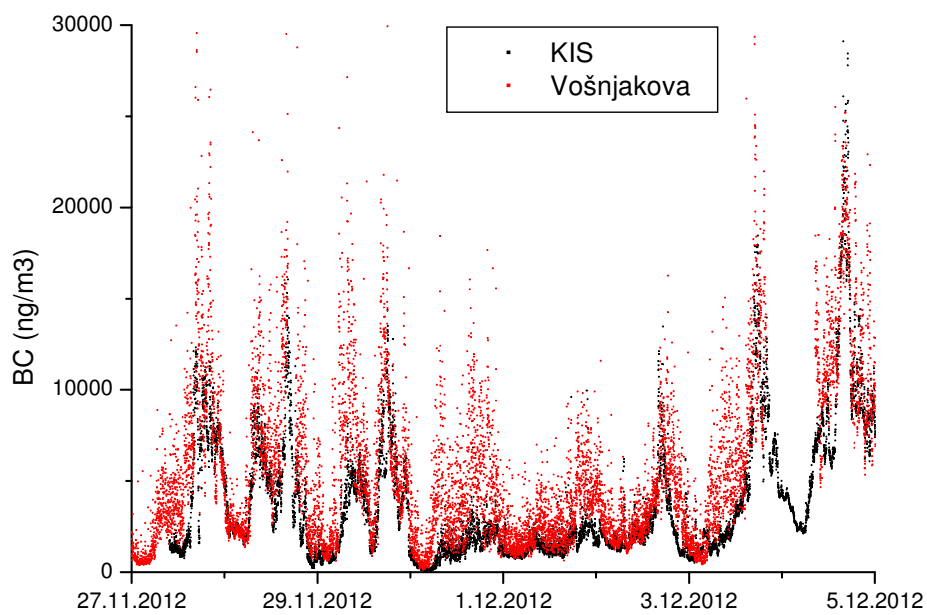
Angstromov eksponent je tako parameter, na podlagi katerega lahko razlikujemo med lesnim dimom in izpuhi dizelskih motorjev. Izračunali smo ga za interval valovnih dolžin med 370 nm in 520 nm, saj je tam kontrast med aerosoli različnih virov največji. Za izračun smo uporabili metodologijo temelječo na /46/.

Rezultati

Povprečna koncentracija črnega ogljika (tabela 1) na Vošnjakovi ulici je bila skoraj dvakrat višja kot na območju Kmetijskega inštituta Slovenije. Na podlagi spektralne odvisnosti absorpcije aerosolov smo določili vire: kaže, da je v merjenem obdobju prispevek kurjenja lesa približno $800 \text{ nm}/\text{m}^3$ v celi Ljubljani. Prispevek prometa med lokacijam se bistveno razlikuje: 6000 na Vošnjakovi in $3000 \text{ ng}/\text{m}^3$ KIS-u. V izbranem obdobju so se temperature močno spreminjale, zato prispevek ogrevanja ni reprezentativen za obdobje zime. Prispevek kurjenja lesa k primarnemu onesnaženju zraka, katerega dober pokazatelj je črni ogljik, je enak na obeh lokacijah. Prispevek prometa je na Vošnjakovi dvakrat višji kot na KIS. To ni nenavadno, saj je merilno mesto na Vošnjakovi močno obremenjeno s prometom. V prihodnje bi bilo zelo zanimivo izmeriti, kakšne so koncentracije vseh ogljičnih aerosolov po Ljubljanski kotlini, s čimer bi ugotovili prispevke obeh virov k najpomembnejšemu delu PM_{10} .

Tabela 1: Povprečne koncentracije črnega ogljika (BC)

Merilno mesto	Povprečen BC (ng/m ³)	BC _{promet} (ng/m ³)	BC _{les} (ng/m ³)
Vošnjakova	6768	6027	741
KIS	3865	3080	784



Slika 1: Časovni potek koncentracij črnega ogljika na merilnih mestih Vošnjakova in KIS.

PROJEKTI

mag. Tanja Bolte

V letu 2012 smo sodelovali v projektu PMinter. V sklopu projekta smo zagotovili podatke iz obstoječe državne merilne mreže, izvedli nekaj dodatnih meritev na območju občine Maribor, in pomagali s strokovnim znanjem.

Projekt PMinter je namenjen mednarodnemu reševanju problematike onesnaženosti okolja z delci.

Vodilni partner projekta PMinter je Magistrat deželnega glavnega mesta Celovec ob Vrbskem jezeru. Ostali partnerji v projektu so:

- Mestna občina Maribor,
- Zavod za zdravstveno varstvo Maribor,
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
- Urad koroške deželne vlade,
- Urad štajerske deželne vlade in
- Tehnična univerza v Gradcu.

Za potrebe projekta smo zagotovili podatke iz obstoječe državne merilne mreže, izvedli nekaj dodatnih meritev na območju občine Maribor in pomagali s strokovnim znanjem.

Cilj projekta PMinter je poglobitev razumevanja o interakciji lokalnih in regionalnih emisij, o meteoroloških vplivih, o inštrumentih za monitoring kakovosti zraka in o širjenju škodljivih snovi s pomočjo računalniške simulacije in meritev na skupnem čezmejnem območju Celovca s spodnjo avstrijsko Koroško, južne avstrijske Štajerske in Maribora s severno Slovenijo.

Obravnavana bodo naslednja strokovna vprašanja:

- vir visokega deleža, ki ga k onesnaženosti s PM_{10} prispeva ozadje,
- vpliv malih kurišč, zlasti zaradi emisij iz kurilnih naprav, ki uporabljajo za gorivo les,
- vpliv dogajanj v ozkih ulicah, ob katerih so na obeh straneh neprekinjene vrste zgradb, na kakovost zraka,
- prispevek mednarodnega transporta in čezmejnih emisij.

Prikazati želimo, kako bi bilo mogoče doseči evropske cilje za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ v časovnem obdobju od 10 – 15 let. Prvi pomembni ukrepi bodo izvedeni že v času trajanja projekta, tako da bo možno spremljati izboljšanje kakovosti zraka (PM_{10}) na obstoječih in novih merilnih mestih za merjenje kakovosti zraka v Celovcu, Mariboru in Lipnici. Navsezadnje je najpomembnejši cilj izboljšanje kakovosti zraka, kar pomeni zmanjšano tveganje za zdravje ljudi na obravnavanem območju.

Več informacij o omenjenem projektu si lahko preberete na spletni strani <http://pminter.eu/sl>.

MERITVE KAKOVOSTI PADAVIN

Marijana Murovec

V obdobju od leta 2003 do leta 2012 v okviru državne merilne mreže izmerjene pH vrednosti nakazujejo trend zmanjševanja kislosti padavin na vseh merilnih mestih, kar se izkazuje tudi v trendu zniževanja električne prevodnosti kot tudi kumulativnih letnih mokrih depozicij ionov, ki vplivajo na kislost padavin. Izjema je merilno mesto Rakičan, kjer je trend upadanja koncentracij žvepla sulfatnega izvora izrazito manjši kot na ostalih postajah, nivo koncentracij dušika, amoniaknega izvora, ki pa vpliva na zmanjšanje kislosti padavin, pa ostaja na nivoju preteklih let.

Podobno velja za depozicije težkih kovin, celokupnega živega srebra in policikličnih aromatskih ogljikovodikov. Nihanja povezujemo predvsem z medletnimi nihanji letne količine padavin.

Od leta 2005 dalje se na vseh postajah merilne mreže na območjih termoelektrarn nakazuje trend upadanja depozicij žvepla sulfatnega izvora. Minimalna izmerjena pH vrednost na večini merilnih mest na območjih termoelektrarn se od leta 2005 do 2012 ni bistveno spreminjala.

Škodljive snovi se iz zraka odlagajo na zemljo kot mokre in/ali suhe usedline. Suhe usedline so plini ali trdni delci, mokre usedline pa so kapljice padavin (dež, sneg, aerosoli v megli).

Kemijska sestava padavin je merilo za stopnjo onesnaženosti zraka. Glavne sestavine padavin so produkti oksidacije najpogostejših onesnaževal v zraku (žveplov dioksid, dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, ogljikovodiki). Le-ti so v obliki disociiranih kislin (SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^-) povzročitelji kislosti padavin. H kislosti padavin prispevajo deloma tudi specifična onesnaževala (fluoridi, fosfati, organske kisline) vendar v manjši meri, ker se pojavljajo v manjšem obsegu v onesnaženem zraku v primerjavi z žveplovimi in dušikovimi spojinami.

V skladu z mednarodnim dogovorom so kisle padavine tiste, katerih pH vrednost je manjša od 5,6. Kislost padavin je odvisna od razmerja anionov disociiranih kislin in kationov, ki izvirajo iz topnih soli. Anioni kislin povečujejo kislost padavin, medtem ko jih kationi (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), ki so prisotni v delcih naravnega prahu, ter amonijev ion (NH_4^+) nevtralizirajo ali naredijo celo alkalne.

Znanstveni dokazi kažejo, da so težke kovine (predvsem arzen, kadmij, krom, baker, svinec, živo srebro, cink in nikelj) ter nekateri PAH genotoksične rakotvorne snovi in da ni mogoče določiti praga, pod katerim le-te ne predstavljajo tveganja za zdravje ljudi tako s koncentracijami v zraku kot tudi z usedanjem.

Z meritvami koncentracij težkih kovin v padavinah: arzena, kadmija, bakra, kroma, niklja, svinca in cinka ter količin nekaterih PAH ugotavljamo, kakšne so depozicije teh genotoksičnih rakotvornih snovi, ki pomembno vplivajo na zdravje ljudi. Poglavitni vir atmosferskih depozicij težkih kovin so rudniki, topilnice, galvanizacijski obrati, razne vrste kovinske industrije in promet. Pomemben antropogeni vir živega srebra so: izgorevanje fosilnih goriv, odpadne baterije, akumulatorji in krematoriji. Glavni viri onesnaženj s PAH so emisije pri visokotemperaturnem

izgorevanju fosilnih goriv in lesa, gozdni požari, individualna kurišča, industrija, oljni madeži in cestno konstrukcijski materiali. Prisotnost PAH v ozračju je tudi posledica naravnih procesov (nastajanje naravnih organskih snovi, mikrobne modifikacije, ...).

Posamezni PAH so v ozračju porazdeljeni med plinasto in trdno fazo, porazdelitev teh spojin pa je odvisna od fizikalno kemijskih značilnosti. Zaradi kemijske stabilnosti PAH praktično kemijsko nespremenjeni potujejo na velike razdalje in se odlagajo tako v urbanih kot tudi drugih območjih.

Merilne mreže in nabor meritev

Meritve kakovosti padavin v okviru DMKP, ki jih izvajamo, potekajo na petih merilnih mestih, ki so enakomerno razporejena po Sloveniji.

V tabeli 1 je podan opis merilnih mest za meritve kakovosti padavin v letu 2012, ki delujejo v okviru DMKP. Štiri merilna mesta so v relativno čistem, podeželskem okolju (Iskrba pri Kočevski Reki, Rakičan pri Murski Soboti, Rateče–Planica, Škocjan), v urbanem območju pa je le merilno mesto Ljubljana Bežigrad. Slika 1 prikazuje prostorsko razporeditev merilnih mest v okviru državne merilne mreže.

Merilno mesto Iskrba je vključeno tudi v evropsko merilno mrežo EMEP, v okviru katere spremljamo transport onesnaženosti zraka na velike razdalje preko meja, in v svetovno merilno mrežo GAW, ki je raziskovalnega značaja in spremlja kemijsko sestavo atmosfere ter beleži časovne trende. Iskrba leži v neobremenjenem okolju, proč od lokalnih virov onesnaženosti zraka in je namenjena spremljanju tako imenovanega ozadja onesnaženosti zraka. Na merilnem mestu Škocjan v okviru programa MEDPOL po Barcelonski konvenciji spremljamo vnos snovi iz zraka v Sredozemsko morje.

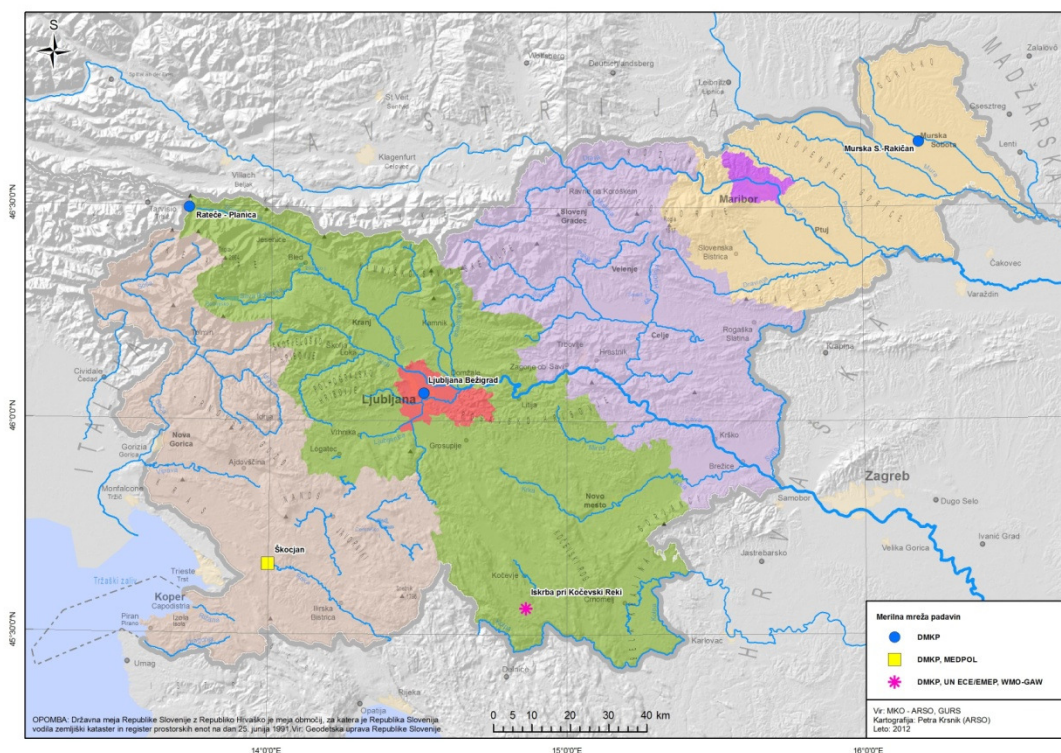
Poleg meritev, ki jih izvajamo v mreži DMKP, spremlja EIMV kakovost padavin in koncentracijo prašnih usedlin na 27 merilnih mestih na vplivnih območjih TEŠ, TET, TE-TOL, JPE in TEB. V poročilu objavljamo podatke o kakovosti padavin za 21 merilnih mest, ki delujejo kot stalne postaje v okviru monitoringov kakovosti zunanega zraka in padavin v zaledju posameznih termoelektrarn.

Tabela 1: Nadmorska višina in koordinate merilnih mest za meritve kakovosti padavin v DMKP v letu 2012

Merilno mesto	Nadmorska višina (m)	GKK _x	GKK _y
DMKP			
Iskrba pri Kočevski Reki	540	5046323	5489292
Ljubljana Bežigrad	299	5102490	5462673
Rakičan pri Murski Soboti	188	5168196	5591591
Rateče – Planica	864	5151142	5401574
Škocjan	420	5058228	5421892

Tabela 2: Nadmorska višina in koordinate merilnih mest za meritve kakovosti padavin na vplivnih območjih termoelektrarn v letu 2012

Merilno mesto	Nadmorska višina (m)	GKK _X	GKK _Y
EIS-TEŠ			
Šoštanj	362	5137017	5504504
Topolšica	399	5140003	5501977
Lokovica - Veliki Vrh	555	5134126	5503542
Zavodnje	765	5142689	5500244
Velenje	389	5135147	5508982
Graška gora	774	5141184	5509905
Pesje	391	5135806	5506513
Škale	423	5138457	5507764
EIS-TET			
Dobovec	695	5106865	5506034
Kovk	608	5109315	5508834
Ravska vas	577	5108809	5501797
Kum	1209	5104856	5506031
Prapretno	384	5110684	5506026
Lakonca	366	5110201	5504017
TE-TO Ljubljana			
Zadobrova	280	5103114	5468131
Deponija	285	5101579	5465450
Partizanska	291	5101600	5464340
Toplarniška	280	5101353	5465130
JP Energetika	304	5103688	5461890
EIMV	294	5100233	5460944



Slika 1: Merilna mesta za meritve kakovosti padavin v letu 2012 - DMKP

Nabor meritev, ki jih izvajamo v okviru DMKP na posameznih merilnih mestih, je podan v tabeli 3.

Tabela 3: Nabor parametrov za meritve kakovosti padavin na merilnih mestih DMKP v letu 2012

Kraj	Količina padavin	pH	Električna prevodnost	Osnovni kationi in anioni	Težke kovine	PAH
DMKP						
Iskrba	+	+	+	+	+	+
Ljubljana Bežigrad	+	+	+	+		
Rateče	+	+	+	+		
Rakičan pri Murski Soboti	+	+	+	+		
Škocjan	+	+	+	+		

Legenda:

Ioni Osnovni kationi in anioni: Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻
 PAH policiklični aromatski ogljikovodiki: benzo (a) piren, benzo (a) antracen, benzo (b,j,k) fluoranten, indeno (1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen]
 Težke kovine As, Cd, Co, Cu, Hg, Pb in Zn

Nabor parametrov za meritve kakovosti padavin, ki jih izvaja EIMV na vplivnih območjih termoelektrarn je podoben kot ga izvajamo na merilnem mestu Iskrba in je podan v tabeli 4.

Tabela 4: Nabor parametrov za meritve kakovosti padavin, ki jih na merilnih mestih na vplivnih območjih termoelektrarn izvaja EIMV

Kraj	Količina padavin	Količina prašnih usedlin	pH	Električna prevodnost	Osnovni kationi in anioni	Težke kovine	PAH
EIS-TEŠ							
Šoštanj	+	+	+	+	+	+*	+
Topolšica	+	+	+	+	+	+	
Veliki Vrh	+	+	+	+	+	+	
Zavodnje	+	+	+	+	+	+*	+
Velenje	+	+	+	+	+	+	
Graška gora	+	+	+	+	+	+	
Pesje	+	+	+	+	+		
Škale	+	+	+	+	+		
EIS-TET							
Dobovec	+	+	+	+	+	+	
Kovk	+	+	+	+	+	+*	+
Ravska vas	+	+	+	+	+	+	
Kum	+	+	+	+	+	+	
Prapretno	+	+	+	+	+	+	
Lakonca	+	+	+	+	+	+	
TE-TOL							
Zadobrova	+	+	+	+	+	+*	+
Deponija	+	+	+	+	+	+	
Partizanska	+	+	+	+	+	+	
Toplarniška	+	+	+	+	+	+	
JP Energetika	+	+	+	+	+	+	
EIMV	+	+	+	+	+	+	

Legenda:

Ioni Osnovni kationi in anioni: Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻
 PAH policiklični aromatski ogljikovodiki: benzo (a) piren, benzo (a) antracen, benzo (b,j,k) fluoranten, indeno (1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen]
 Težke kovine As, Cd, Co, Cu, Hg, Pb in Zn

Vzorčenje in kakovost meritev

Merilna mreža DMKP

Postopki vzorčenj padavin

V okviru DMKP izvajamo dnevna in tedenska vzorčenja mokrih ali »wet only« padavin za določitev količine padavin, pH, električne prevodnosti, osnovnih kationov ter anionov, ki so predvsem merilo za zakisljevanje in evtrofikacijo.

Na merilnem mestu Iskrba v skladu z *Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku /3/* izvajamo tudi celotna ali »bulk« vzorčenja padavin za določitev težkih kovin (arzen, baker, kadmij, krom, nikelj in svinec) in PAH ter mokra ali »wet only« vzorčenja za določitev celokupnega živega srebra. V primerih, ko so količine padavin majhne, v vzorcih ni mogoče določiti vseh navedenih parametrov. Vsa vzorčenja izvajamo z vzorčevalniki Eigenbrodt. Načini vzorčenja, tipi vzorčevalnikov in vrste vzorcev za analizo so podani v tabeli 5.

Tabela 5: Način vzorčenja, tip vzorčevalnika in vrsta vzorcev za analizo

Parametri	Način vzorčenja	Tip vzorčevalnika	Vrsta vzorca
pH, el. prevodnost, A ⁻ , K ⁺	Wet only – le mokre usedline	Eigenbrodt NSA 181/S	Dnevni, tedenski
TK razen Hg	Bulk – suhe in mokre usedline	*Eigenbrodt NSA 181/S	tedenski
Celokupno živo srebro	Wet only – le mokre usedline	Eigenbrodt NSA 181/S	14 dnevni
PAH	Bulk – suhe in mokre usedline	*Eigenbrodt UNS 130 E	tedenski

^a prilagojen za bulk vzorčenje

Zagotavljanje kakovosti vzorčenja

Vzorčevalnike padavin redno letno servisiramo, izvajamo pa tudi tedenski in dnevni nadzor njihovega delovanja. Količine padavin, ki jih zberemo z ekološkimi vzorčevalniki, primerjamo s količinami padavin, izmerjenimi s klasičnim meteorološkim dežemerom in z avtomatskim merilnikom. Sprejemljivo odstopanje ekoloških količin padavin od meteorološko izmerjenih pri vrednostih nad 2 mm je do 10 %. V kolikor količina padavin, ki smo jo prestregli z ekološkim vzorčevalnikom, odstopa od meteorološko izmerjene, poskrbimo za servis vzorčevalnika.

Kakovost čiščenja opreme za vzorčenje in rokovanje z vzorci padavin do analize v laboratoriju nadziramo s pomočjo terenskih slepih vzorcev. Podrobnejši opisi postopkov čiščenja in priprave opreme za vzorčenje so podani v interni dokumentaciji KAL ARSO in Odseka za znanost o okolju na IJS, opisi odvzema terenskih slepih vzorcev pa so v navodilih za posamezna vzorčenja, ki jih pripravlja odgovorno osebje Sektorja za kakovost zraka.

Zagotavljanje kakovosti meritev

Sistem zagotavljanja kakovosti podatkov zajema vse postopke od vzorčenja preko izvedbe fizikalno kemijskih analiz do obdelave podatkov in v celoti sledi splošnim zahtevam programov EMEP in GAW. Namen teh zahtev je pridobiti podatke dovolj dobre znane kakovosti.

Postopki in zahteve za zagotavljanje kakovosti podatkov zajemajo zahteve za merilno mesto, vzorčenje kot tudi za izvajanje kemijskih analiz za EMEP in so podrobneje podani v navodilih *EMEP /37/*.

Vodila, cilji zagotavljanja kakovosti in standardni operativni postopki za GAW so podani v navodilih *GAW /38/*. Navedene kriterije zagotavljanja kakovosti uporabljamo v celotni mreži DMKP.

Na vseh merilnih mestih poleg ekoloških vzorčenj potekajo tudi meritve meteoroloških parametrov. Podatki o meteoroloških količinah padavin nam služijo za nadzor nad kakovostjo delovanja ekoloških vzorčevalnikov padavin.

Fizikalno kemijske meritve vseh predpisanih parametrov razen celokupnega živega srebra v padavinah izvaja KAL ARSO, ki je akreditiran za izvedbo večine meritev kakovosti padavin. Zagotavljanje kakovosti kemijskih meritev, ki jih v okviru monitoringa kakovosti izvaja KAL ARSO, je podrobneje opisano v poglavju Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje.

IJS izvaja meritve celokupnega živega srebra v vzorcih padavin v skladu z zahtevami EMEP in interno metodo, povzeto po US EPA 1631. Izvajalec za navedeno meritev dosega spodnjo mejo zaznavnosti 0,18 ng/L in mejo določanja 0,6 ng/L. Postopke zagotavljanja kakovosti meritev ima izvajalec opisano v svojih internih dokumentih.

Merilne mreže na vplivnih območjih termoelektrarn

Postopki vzorčenj padavin

EIMV na vseh 21 merilnih mestih, katerih rezultate objavljamo v tem poročilu, zbira celotne (bulk) mesečne vzorce padavin z zbiralniki tipa Bergerhoff. Pri izbiri merilnih mest so upoštevane zahteve EMEP in GAW.

Zagotavljanje kakovosti vzorčenja

Na vseh merilnih mestih EIMV izvaja redni mesečni pregled in po potrebi izvaja ukrepe.

Zagotavljanje kakovosti meritev

Kakovost meritev EIMV zagotavlja s postopki v skladu z zahtevami EMEP in GAW, poleg tega pa sodeluje v medlaboratorijskih primerjalnih shemah.

Rezultati meritev

V nadaljevanju ločeno podajamo rezultate meritev za merilno mrežo DMKP in za merilne mreže EIS TEŠ, EIS TET in TE-TOL, za katere posreduje rezultate EIMV. Rezultati meritev pH vrednosti, električne prevodnosti ter osnovnih ionov obeh merilnih mrež zaradi večjih razlik tako v načinu zagotavljanja kakovosti kot tudi v načinu vzorčenja (mokro/celotno; dnevno, tedensko/mesečno) niso primerljivi.

Merilna mreža DMKP

pH vrednost, električna prevodnost in koncentracije ionov v padavinah

Povprečne letne vrednosti, ter minimalne in maksimalne vrednosti za električno prevodnost, pH vrednost in koncentracije osnovnih ionov v padavinah v letu 2012 so številčno podane v tabeli 6. Vrsto in število vseh vzorcev, število vzorcev padavin z izmerjeno pH vrednostjo, število kislih vzorcev padavin, volumski delež kislih vzorcev padavin in količino padavin, zajetih v letu 2012 s pomočjo ekoloških vzorčevalnikov v okviru DMKP pa podajamo v tabeli 7.

V letu 2009 smo zaradi okvare vzorčevalnika v Ratečah zbrali 20% manj padavin v primerjavi z meteorološko določenimi količinami, zato rezultat podajamo le kot orientacijsko vrednost.

Meritve kakovosti padavin na merilnih mestih Iskrba, Ljubljana, Rateče in Rakičan izvajamo že od leta 2003. Z meritvami na merilnem mestu Škocjan smo zato podatke za to postajo podajamo le od leta 2005 dalje.

Tabela 6: Povprečne letne vrednosti, ter minimalne in maksimalne vrednosti za električno prevodnost, pH vrednost in koncentracije osnovnih ionov v padavinah v letu 2012

Merilno mesto	Statist. veličina	Električna prevodnost pri 250C ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Koncentracija ionov (mg/L)							
				NH_4^+	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba	povp.	9	5,02	0,316	1,02	0,919	0,348	0,251	0,049	0,201	0,039
	min.	2	4,06	0,013	0,142	0,086	0,043	0,016	0,003	0,008	0,005
	maks.	52	6,64	5,12	12,3	15,4	7,25	6,42	0,816	4,810	0,751
Ljubljana	povp.	10	5,16	0,483	1,17	0,946	0,274	0,315	0,055	0,152	0,046
	min.	2	4,14	0,036	0,099	0,161	0,044	0,030	0,013	0,008	0,005
	maks.	46	6,88	2,96	8,60	4,57	3,71	3,79	0,597	2,34	3,68
Škocjan	povp.	11	5,08	0,387	1,31	0,961	0,437	0,328	0,056	0,269	0,040
	min.	4	4,54	0,039	0,264	0,387	0,094	0,045	0,018	0,022	0,005
	maks.	38	6,71	5,09	17,6	9,44	3,07	3,44	0,297	2,33	0,405
Rateče	povp.	6	5,49	0,316	0,834	0,617	0,202	0,275	0,043	0,112	0,042
	min.	2	4,46	0,047	0,174	0,105	0,057	0,023	0,005	0,016	0,005
	maks.	19	6,70	1,38	5,47	3,37	1,25	1,05	0,209	0,852	0,331
Rakičan	povp.	11	5,35	0,717	1,48	1,270	0,188	0,332	0,052	0,099	0,068
	min.	3	4,22	0,143	0,243	0,219	0,080	0,046	0,005	0,022	0,005
	maks.	41	6,60	5,92	15,8	7,85	2,26	2,50	0,447	1,450	0,510

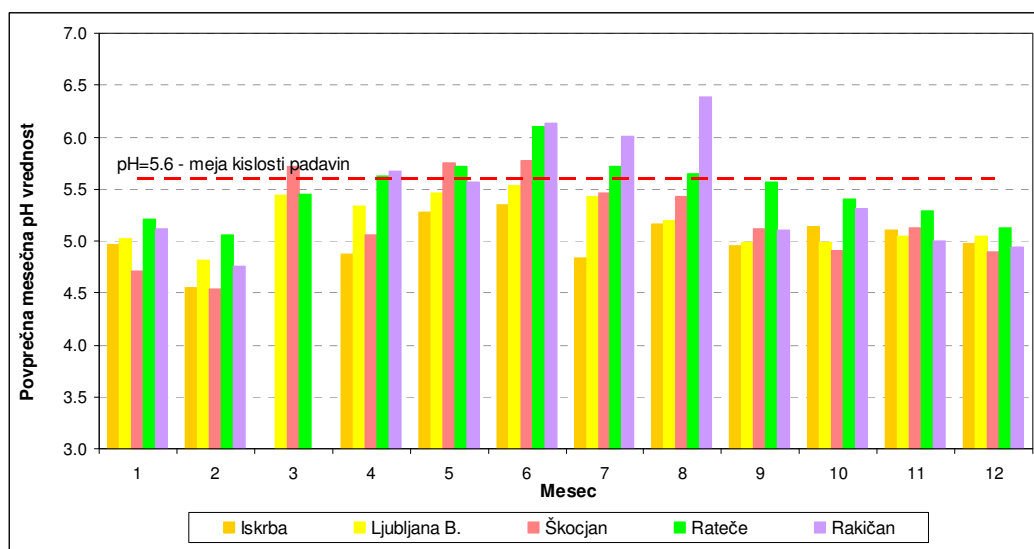
Tabela 7: Vrsta in število vzorcev, število vzorcev, število vzorcev z izmerjeno pH vrednostjo, število kislih vzorcev, volumski delež kislih vzorcev in količina padavin zajetih s pomočjo ekoloških vzorčevalnikov v letu 2012 v okviru DMKP

Merilno mesto	Vrsta vzorca	Št. vseh vzorcev	Št. vzorcev z izmerjeno pH vrednostjo	Št. vzorcev s pH<5,6	* Vol. delež (%) s pH<5,6	mm padavin
Iskrba	dnevni	164	92	73	83	1542
Ljubljana	dnevni	123	80	49	75	1198
Škocjan	tedenski	39	34	20	59	1003
Rateče	tedenski	48	45	26	58	1551
Rakičan	tedenski	44	37	18	45	762

* Pri izračunih deležev so upoštevani le vzorci z izmerjeno vrednostjo pH.

Leto 2012 je bilo v primerjavi z letom 2011 bolj mokro. Manj padavin je bilo v mesecu marcu, ko zaradi premajhnih količin vzorcev padavin z merilnih mest Iskrba in Rakičan nismo mogli izmeriti pH vrednosti in električne prevodnosti niti v enem samem vzorcu (slika 2). Tako kot v preteklih letih, so se tudi v letu 2012 na večini merilnih mest preko celega leta pojavljale predvsem kisle padavine (slika 2). Vrednosti pH v padavinah z vseh merilnih mest so bile nižje v zimskih mesecih. To povezujemo s spiranjem večje količine najbolj razširjenih onesnaževalcev zraka, ki povzročajo kislost padavin, kot so nitrat, sulfat in karbonat, ki se jih takrat nahaja v zraku več kot posledica kurjenja. Meritve v mesecih od marca do avgusta so pokazale, da so bile v tem obdobju pH vrednosti padavin z vseh merilnih mest nekoliko višje. To velja še posebej za padavine z merilnih mest Rateče, Rakičan in Škocjan, kjer so v posameznih mesecih dosegle oziroma celo presegle mejo kislosti.

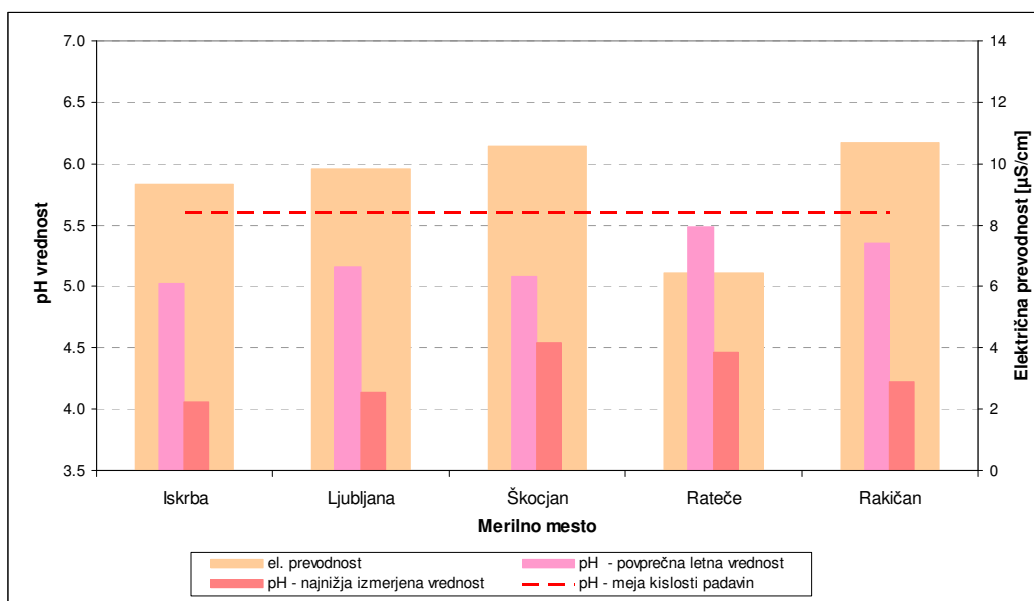
Zmanjšanje kislosti padavin in s tem povečanje pH vrednosti med marcem in avgustom povezujemo tako s prenehanjem kurjenja, kot tudi s povečanjem kmetijskih aktivnosti. V tem obdobju smo v padavinah zaznali znatno višje koncentracije amonijevih ionov, ki nevtralizirajo kislost, včasih pa tudi zvišajo pH vrednost padavin. Največji porast pH vrednosti od marca do avgusta smo zabeležili v padavinah z merilnega mesta Rakičan, kjer se obdelovalne površine nahajajo v neposredni bližini merilnega mesta in pa v padavinah z merilnih mest Škocjan in Rateče (slika 2). Obe merilni mesti se nahajata v ruralnih okoljih.



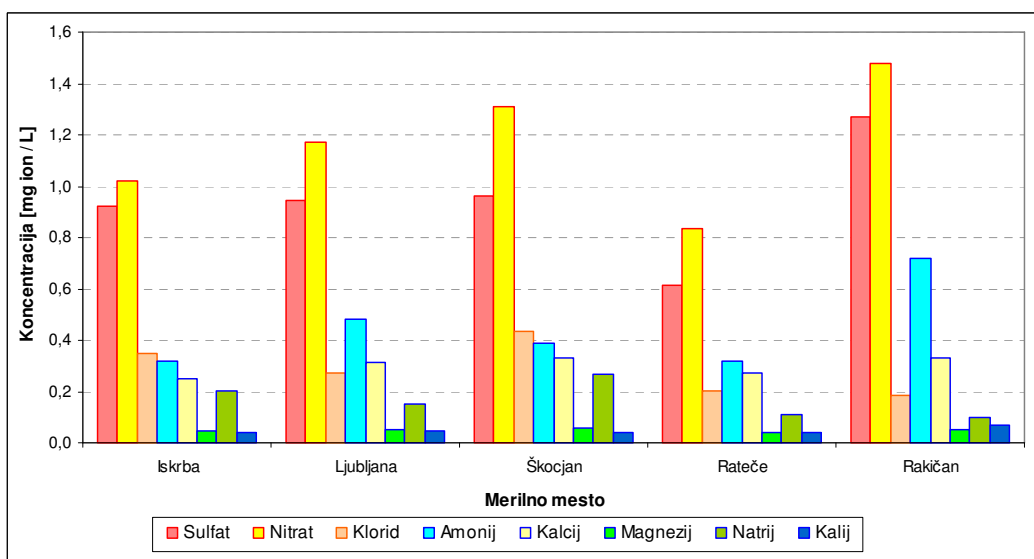
Slika 2: Povprečne mesečne pH vrednosti padavin v letu 2012

Glede na izmerjene povprečne vrednosti električnih prevodnosti, ki so merilo za količino raztopljenih snovi v padavini in povprečne letne koncentracije (tabela 6, slika 4) lahko ugotovimo, da smo največje količine osnovnih ionov izmerili v padavinah z merilnih mest Rakičan in Škocjan. Za spoznanje nižje letne koncentracije osnovnih ionov smo izmerili v padavinah z merilnega mesta Ljubljana in še nekoliko nižje v padavinah z merilnega mesta Iskrba.

Povprečne letne koncentracije osnovnih ionov na naštetih mestih so na razmeroma primerljivem nivoju (slika 4), izstopajo pa povprečne letne koncentracije ionov z merilnega mesta Rateče. V teh padavinah smo zabeležili znatno najnižjo povprečno letno vrednost električne prevodnosti (slika 3) in najnižje povprečne letne koncentracije osnovnih ionov (slika 4). Iz navedenega lahko sklepamo, da je onesnaženost padavin, ki je eden izmed pokazateljev onesnaženosti zraka, na območju celotne Slovenije na razmeroma primerljivem nivoju. Izjema so padavine z merilnega mesta Rateče, ki so znatno manj onesnažene in tudi manj kisle.



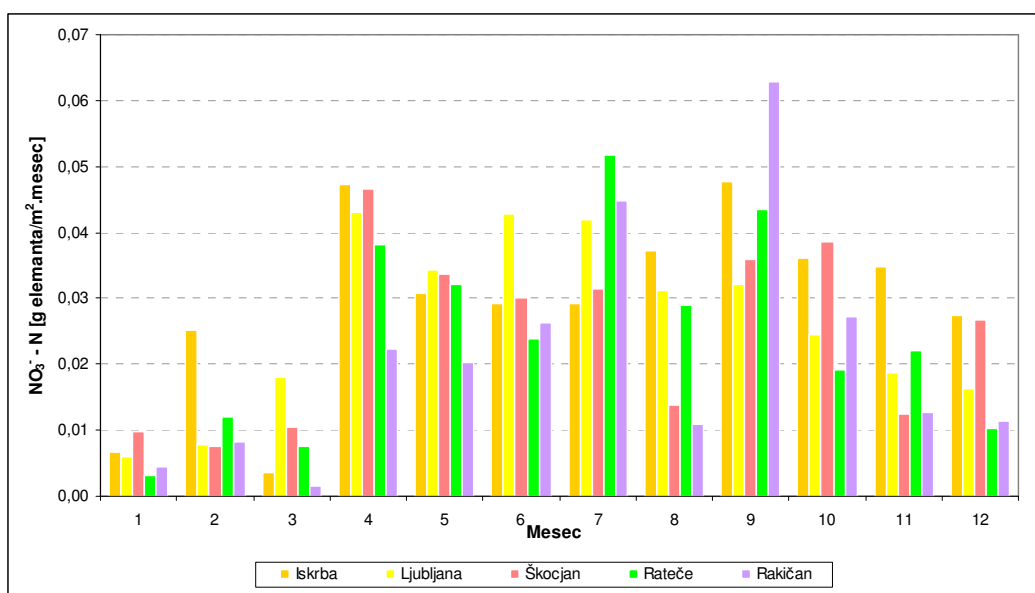
Slika 3: Povprečne letne pH ter vrednosti, minimalne izmerjene pH vrednosti in električne prevodnosti padavin v letu 2012



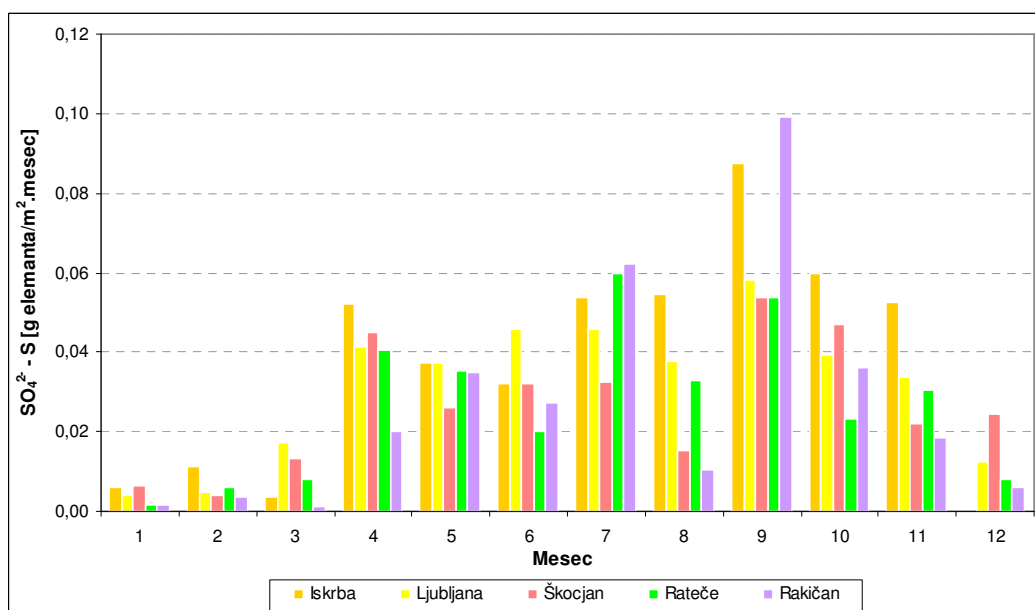
Slika 4: Povprečne letne koncentracije osnovnih ionov v padavinah v letu 2012

Depozicije osnovnih ionov

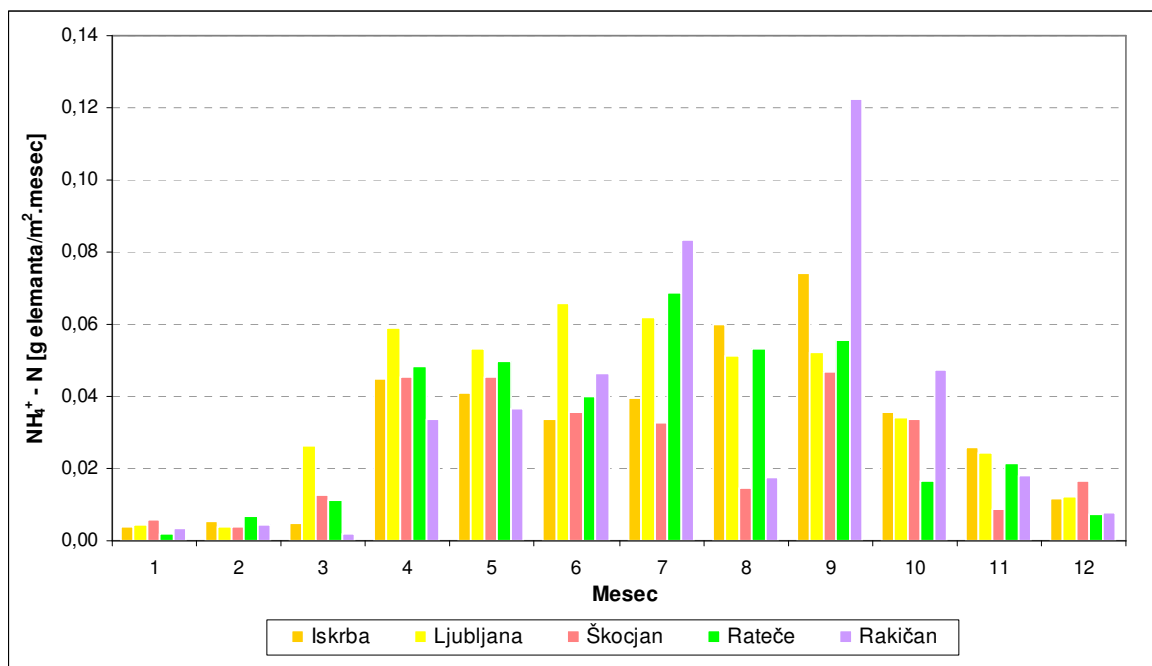
Na slikah od 5-7 prikazujemo mesečne mokre depozicije osnovnih ionov, ki odločilno vplivajo na zakisanje (NO_3^- , SO_4^{2-}) in evtrofikacijo (NO_3^- , NH_4^+), na sliki 8 pa mesečne količine padavin po posameznih merilnih mestih. Tako kot v preteklih letih, se je tudi v letu 2012 izkazalo, da so mokre depozicije onesnaževal na spodaj ležeče površine v pretežni meri odvisne od količine padavin in nekoliko manj od njihove koncentracije v padavinah. Kljub visokim koncentracijam nitratov in sulfatov v padavinah, zbranih v zimskih mesecih, so bile mokre depozicije obeh od januarja do marca ter v novembru in decembru 2012 (slika 5) zaradi manjše količine padavin manjše kot v obdobju od aprila do oktobra, ko je na večini postaj padlo več padavin (slika 8).



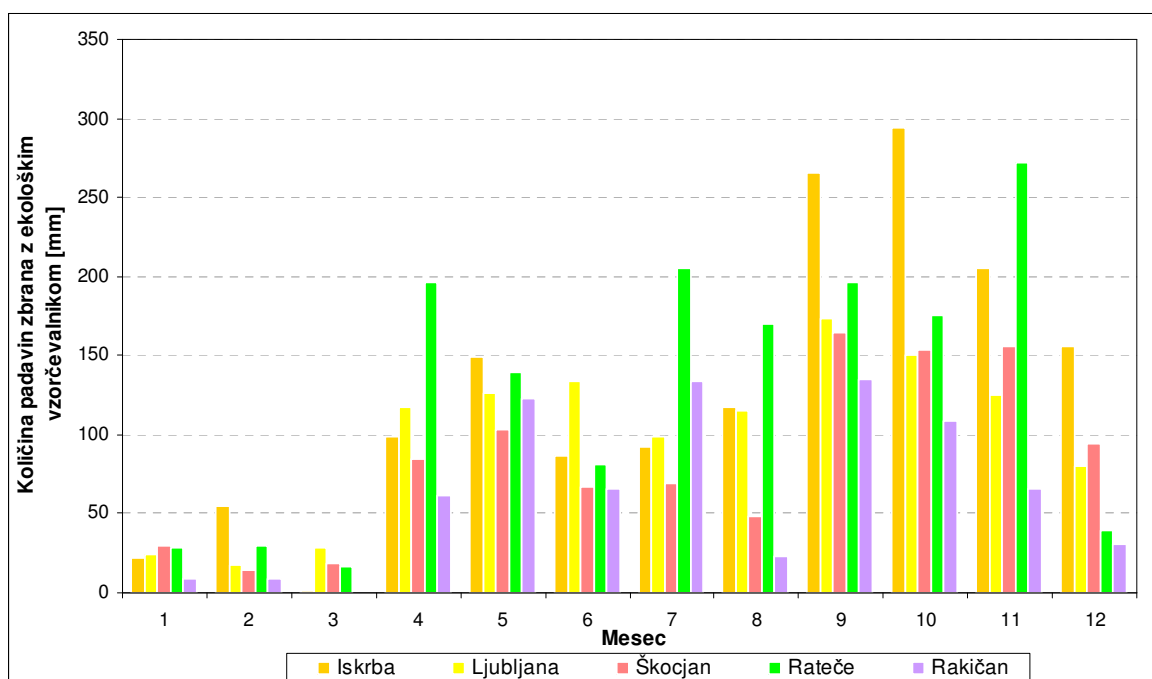
Slika 5: Mesečne depozicije dušika, nitratnega izvora v padavinah v letu 2012



Slika 6: Mesečne depozicije žvepla sulfatnega izvora v padavinah v letu 2012



Slika 7: Mesečne mokre depozicije dušika amoniakalnega izvora v padavinah v letu 2012



Slika 8: Mesečne količine padavin zbrane z ekološkimi vzorčevalniki v letu 2012

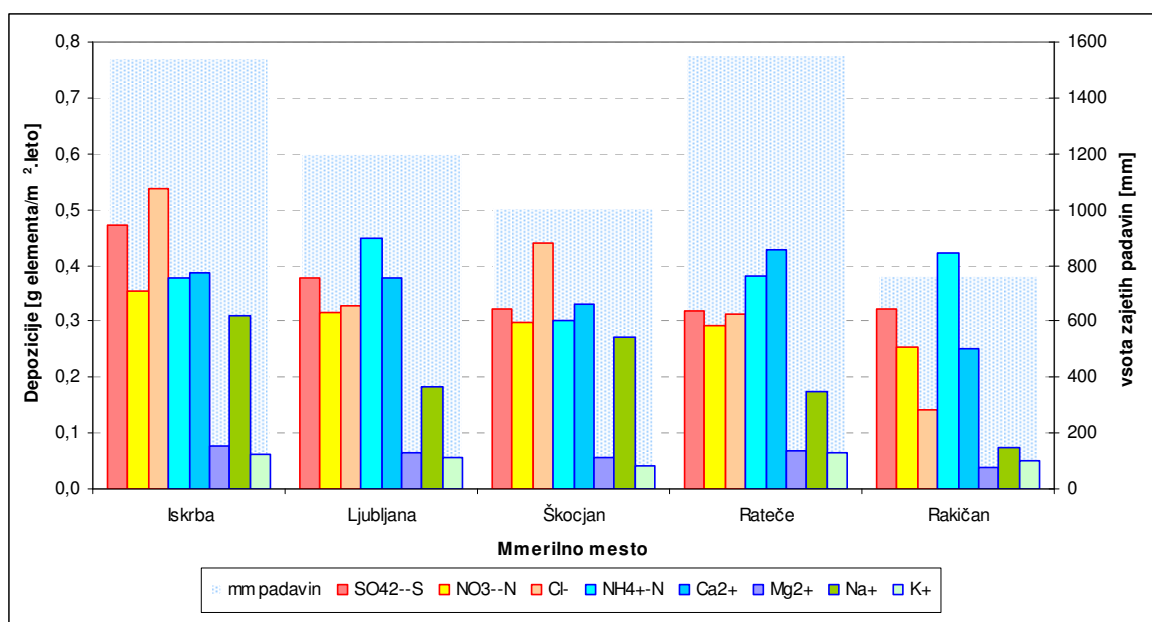
Številčne vrednosti količine padavin in kumulativnih mokrih depozicij ionov za leto 2012 podajamo v tabeli 8, grafično pa so prikazane na sliki 9.

Tabela 8: Kumulativna letna mokra depozicija ionov v letu 2012

Merilno mesto	Količina padavin	Kumulativna mokra depozicija (g/m ² .leto)								
	(mm/leto)	* H ⁺	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻ -S	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
Iskrba	1542	14,7·10 ⁻³	0,379	0,353	0,473	0,537	0,387	0,075	0,310	0,061
Ljubljana	1198	8,4·10 ⁻³	0,450	0,317	0,378	0,328	0,378	0,066	0,182	0,055
Škocjan	1003	8,3·10 ⁻³	0,302	0,298	0,322	0,439	0,330	0,056	0,270	0,040
Rateče	1551	5,0·10 ⁻³	0,378	0,290	0,317	0,311	0,424	0,066	0,172	0,065
Rakičan	762	3,4·10 ⁻³	0,423	0,253	0,322	0,143	0,252	0,039	0,075	0,051

Opomba: * Kumulativna depozicija H⁺ je izračunana iz izmerjenih pH vrednosti

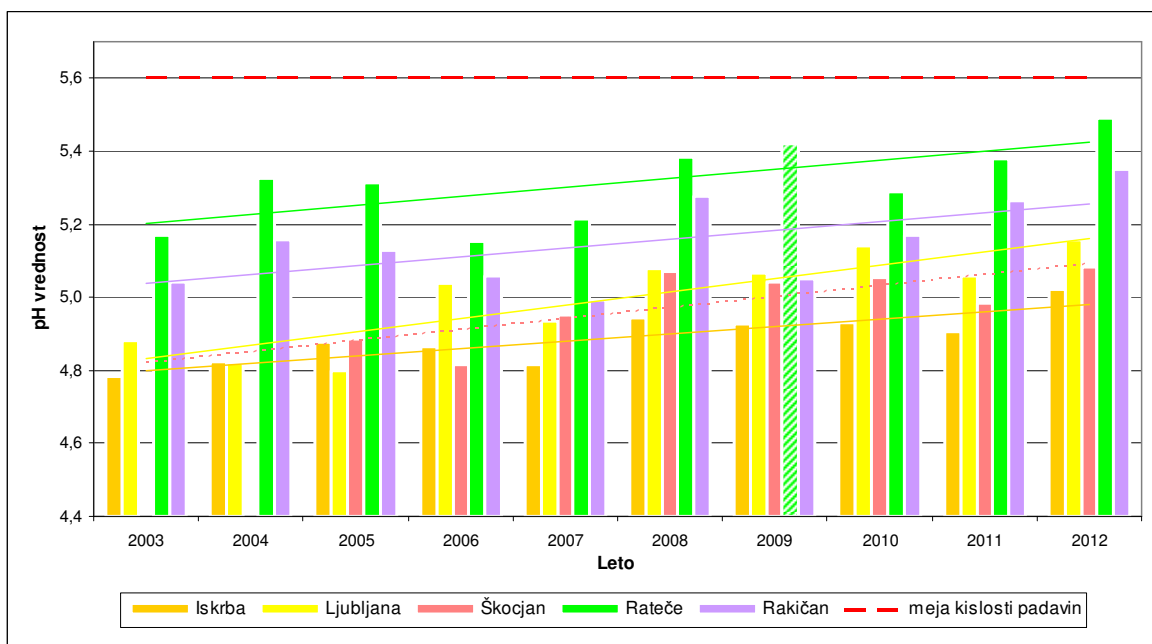
Kumulativne mokre depozicije osnovnih ionov so bile v letu 2012 na vseh merilnih postajah na razmeroma primerljivem nivoju (tabela 8, slika 9). Nekoliko višje mokre depozicije žvepla sulfatnega izvora smo, kljub podobnim povprečnim letnim koncentracijam kot na merilnih postajah Škocjan in Ljubljana (slika 4), podobno kot že v preteklih letih zabeležili na merilnem mestu Iskrba (slika 9). Za to merilno mesto je namreč značilno, da poleg Rateč, tam navadno pade letno največja količina padavin. Kljub najvišjim povprečnim letnim koncentracijam osnovnih ionov v padavinah z merilnega mesta Rakičan (slika 4), pa smo na tem merilnem zabeležili mokre depozicije osnovnih ionov, ki so nižje, kot na ostalih merilnih postajah. To je posledica znatno manjše letne količine padavin, ki je bila v letu 2012 kar za polovico manjša, kot na merilnih mestih Rateče in Iskrba (tabela 8, slika 9).



Slika 9: Kumulativne letne mokre depozicije osnovnih ionov v padavinah v letu 2012

Trendi

Na sliki 10 prikazujemo povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Na vseh merilnih mestih v Sloveniji se nakazujejo trendi zviševanja pH vrednosti padavin, kar pomeni, da so padavine v Sloveniji iz leta v leto manj kisle. Daleč najmanj kisle so padavine z merilnega mesta Rateče, ki se počasi približujejo meji kislosti. Nekoliko bolj kisle so padavine z merilnega mesta Rakičan, kar pa za razliko od Rateč, žal ni posledica manjše količine raztopljenih snovi (slika 11), temveč visokih mokrih depozicij dušika, amoniakalnega izvora (slika 14), ki reagira s kislimi komponentami v padavinah in na ta način zmanjšuje njihovo kislost.

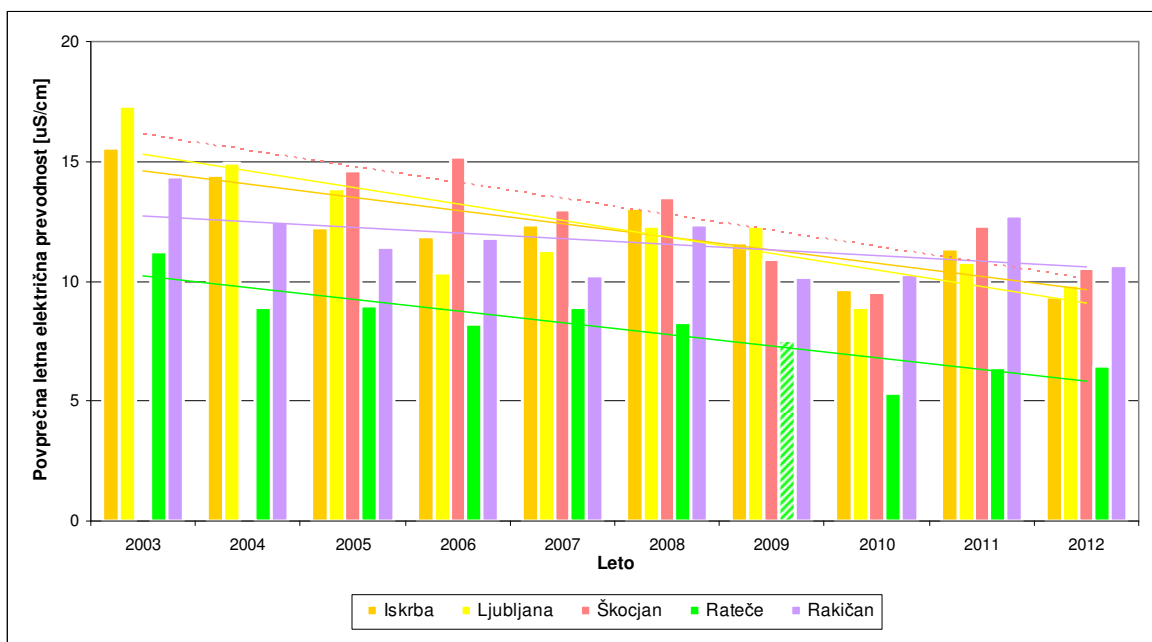


Slika 10: Povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje

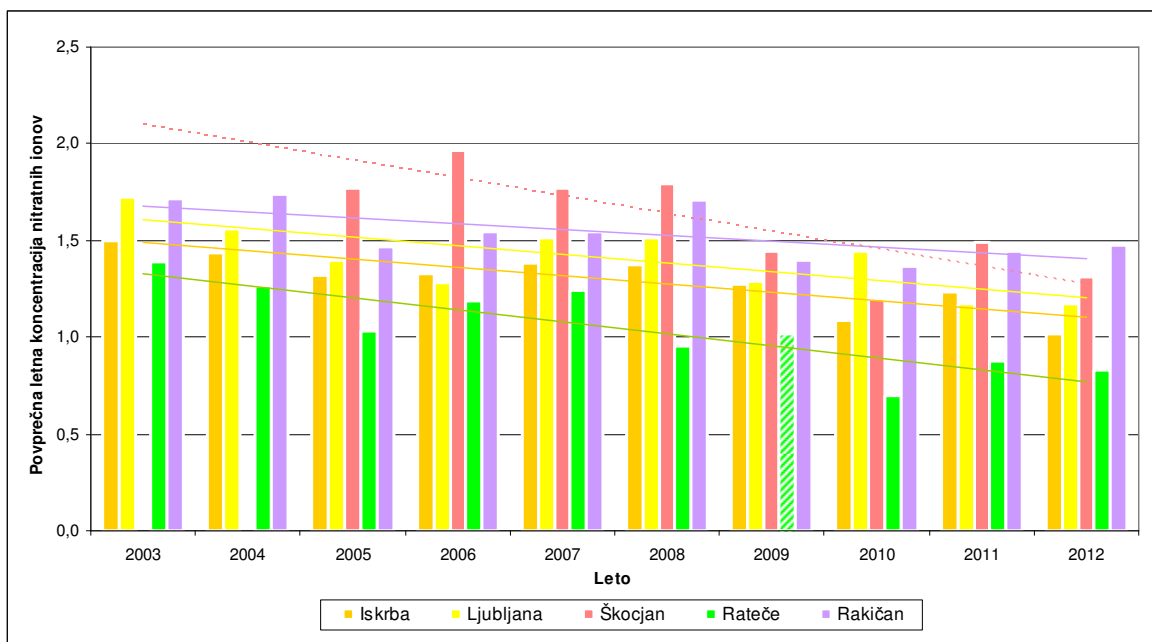
Povprečne letne vrednosti električne prevodnosti padavin, ki je merilo za količino raztopljenih snovi v padavinah prikazuje slika 11. Navedena slika nakazuje trende upadanja količine raztopljenih snovi za celotno področje Slovenije. Je pa ta trend znatno manj izrazit za merilno mesto Rakičan. To pomeni, da se na tem merilnem mestu količina raztopljenih snovi v padavinah bistveno ne znižuje, za razliko od padavin z drugih merilnih mest pa so na tem merilnem mestu višje pH vrednosti padavin predvsem posledica nevtralizacije raztopljenih kislih snovi.

Slike od 12 do 14 prikazujejo kumulativne letne mokre depozicije ionov, ki najpomembneje vplivajo na kislost padavin in na eutrofikacjo. Za padavine z vseh merilnih mest razen Rakičana je nakazan trend upadanja depozicij za dušik nitratnega izvora in žveplo sulfatnega izvira, ki povišujeta kislost padavin kot tudi za dušik amoniakalnega izvora, ki kislost padavin zmanjšuje.

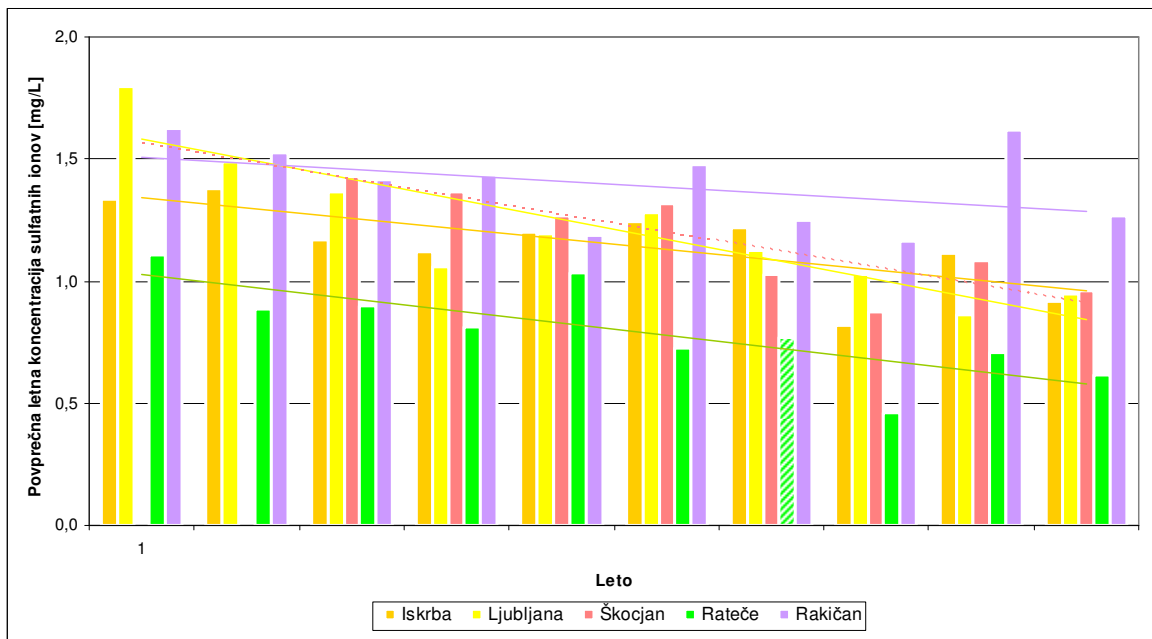
Trendi upadanja depozicij dušika nitratnega izvora, žvepla sulfatnega izvora in dušika amoniakalnega izvora so najizrazitejši za merilno mesto Škocjan in nekoliko manj za merilni mesti Iskrba in Ljubljana. Najbolj blagi so trendi upadanja naštetih elementov na merilnem mestu Rateče, med tem ko depozicije na merilnem mestu Rakičan ostajajo ves čas meritev praktično nespremenjene.



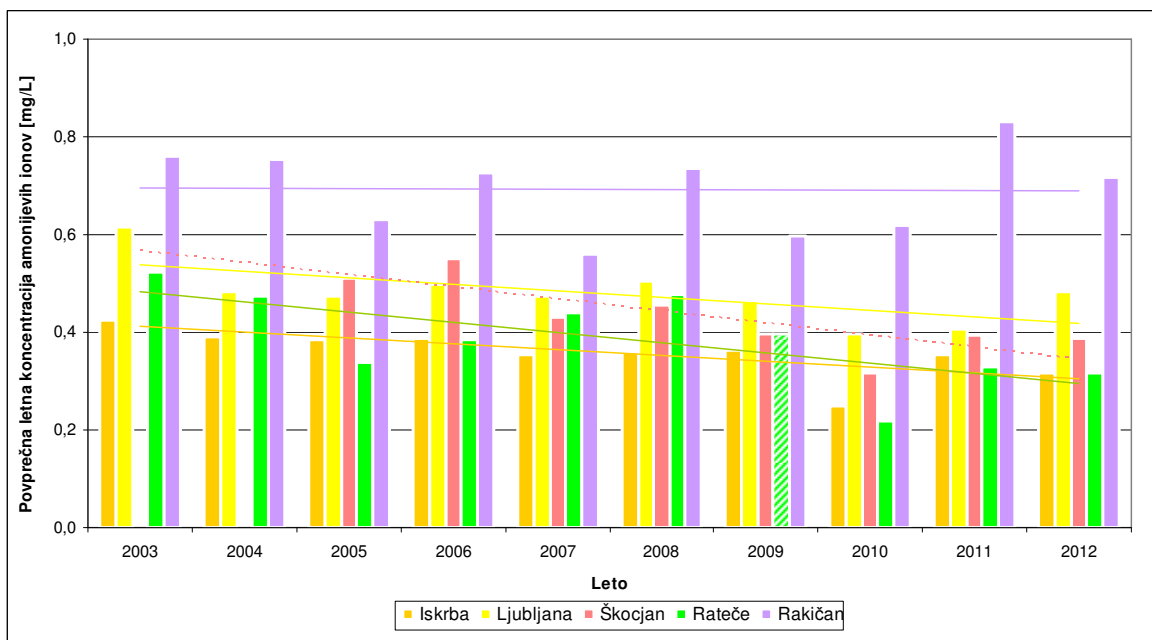
Slika 11: Povprečne letne vrednosti električne prevodnosti padavin od leta 2003 dalje



Slika 12: Kumulativna letna mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje



Slika 13: Kumulativna letna mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora v padavinah od leta 2005 dalje



Slika 14: Kumulativna letna mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje

Težke kovine, celotno živo srebro in PAH v padavinah

Vzorčenje padavin za določitev težkih kovin, celotnega živega srebra in PAH so potekale v okviru osnovne padavinske merilne mreže na merilnem mestu Iskrba in sicer za določitev:

- težke kovine (arzen, baker, kadmij, krom, nikelj in svinec) in PAH tedensko od 02.01.2012 do 31.12.2012 ter
- živo srebro v štirinajst dnevni intervalih od 27.12.2011 do 7.1.2013.

Obdobja za katera podajamo statistične količine depozicij so naslednja:

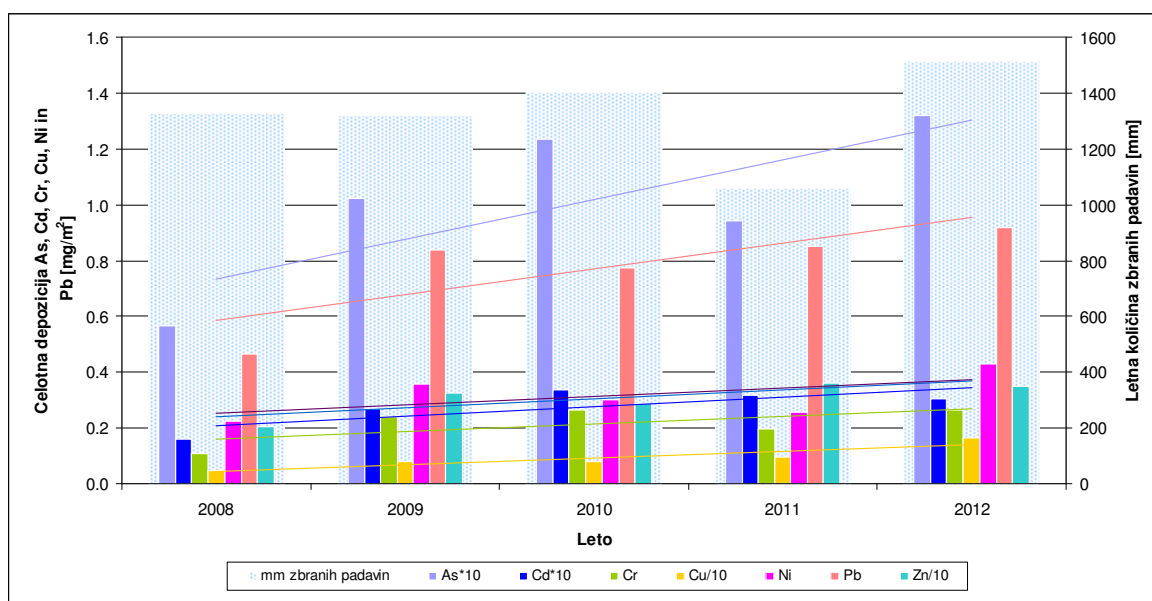
- poletna sezona: april – september,
- zimska sezona: januar – marec in oktober – december,
- letna količina: januar – december.

Težke kovine v padavinah

Tako kot v preteklih letih, smo tudi v letu 2012 zabeležili daleč najvišjo celotno letno depozicijo cinka $3,49 \text{ mg/m}^2$ (tabela 9), ki je dosegla najvišjo vrednost v mesecu septembru ($0,5 \text{ mg/m}^2$). Sledita celotni letni depoziciji za baker z $1,63 \text{ mg/m}^2$ in svinec z $0,916 \text{ mg/m}^2$, kar je enkrat več kot v letu 2011. Še nižje letne depozicije smo zabeležili za krom z $0,264 \text{ mg/m}^2$, arzen z $0,132 \text{ mg/m}^2$ in kadmij z $0,030 \text{ mg/m}^2$.

Tabela 9: Kumulativna celotna letna depozicija nekaterih težkih kovin na Iskrbi v letu 2012

Težka kovina	Arzen	Kadmij	Krom	Baker	Nikelj	Svinec	Cink
mg/m^2	0,132	0,030	0,264	1,63	0,428	0,916	3,49



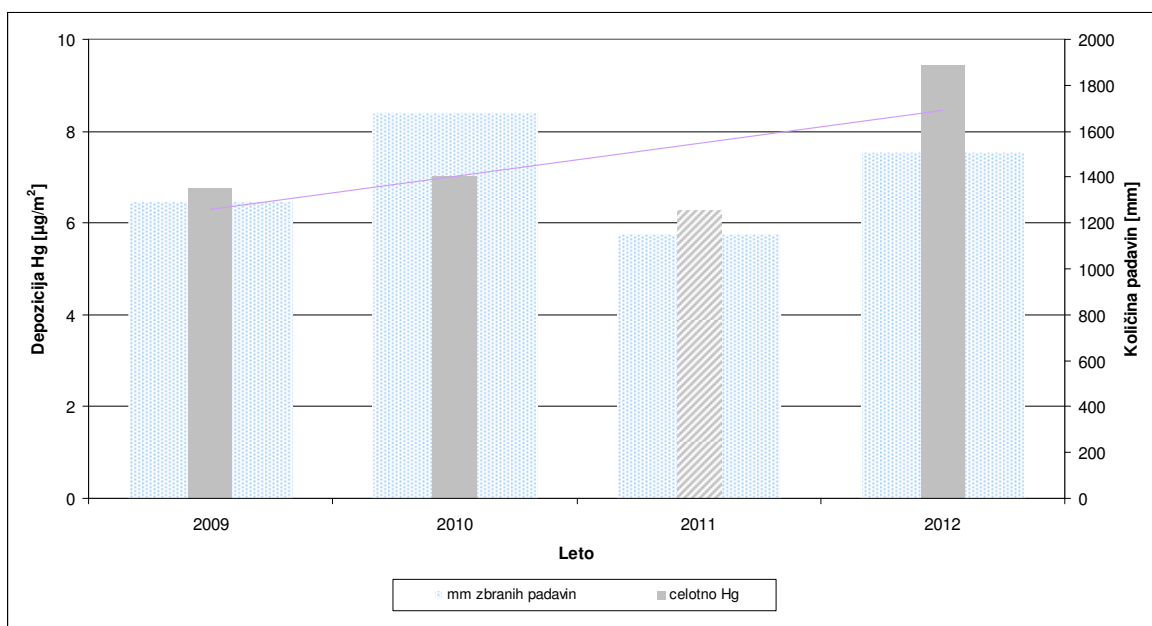
Slika 15: Depozicije težkih kovin v letih od 2008 do 2012

Kot je mogoče sklepati iz slike 15, se raven kumulativnih letnih depozicij večine težkih kovin od pričetka meritev v letu 2008 do leta 2012 ni bistveno spremenila. Najbolj izrazito spremembo smo zabeležili pri depoziciji bakra, saj je bila ta v letu 2012 za dobrih 70% višja kot v preteklem letu. Za spoznanje višje depozicije kot v preteklih letih smo zabeležili tudi pri arzenu, niklju in svincu. Višje vrednosti bi bile lahko povezane tako s prenosom snovi na velike razdalje, kakor tudi z izvajanjem gradbenih del v neposredni bližini merilnega mesta.

Celotno živo srebro v padavinah

Koncentracije celotnega živega srebra v mokrih padavinah so se v letu 2012 gibale med 1,46 in 49,6 ng/L. V splošnem so bile koncentracije višje v sušnih mesecih. Nivo zabeleženih koncentracij je primerljiv z vrednostmi, ki jih poročajo tudi za neonesnažena področja drugod po svetu /34/ ter nekajkrat nižji od izmerjenih v padavinah zbranih na onesnaženih področjih Italije /35/, osrednje Evrope /36/ in Kanade /33/.

Kumulativna mokra depozicija živega srebra na merilnem mestu Iskrba je v letu 2012 znašala 9,40 $\mu\text{g}/\text{m}^2$. Najvišjo izmerjeno mokro depozicijo v obdobju odkar izvajamo meritve živega srebra v padavinah (slika 16) povezujemo z dejstvom, da sta poletje 2012 zaznamovali nadpovprečna suša in vročina, kar je prispevalo k večjemu izparevanju živega srebra iz tal. Ta je bila kljub podpovprečni količini padavin še posebej visoka v mesecu avgustu, ko je znašala 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^2$.



Opomba: V mesecu avgustu 2011 izvajalec ni opravil analize v vseh zajetih vzorcih padavin, zato podatek za to leto podajamo zgolj informativno.

Slika 16: Kumulativne letne depozicije celotnega Hg od leta 2009 do leta 2012

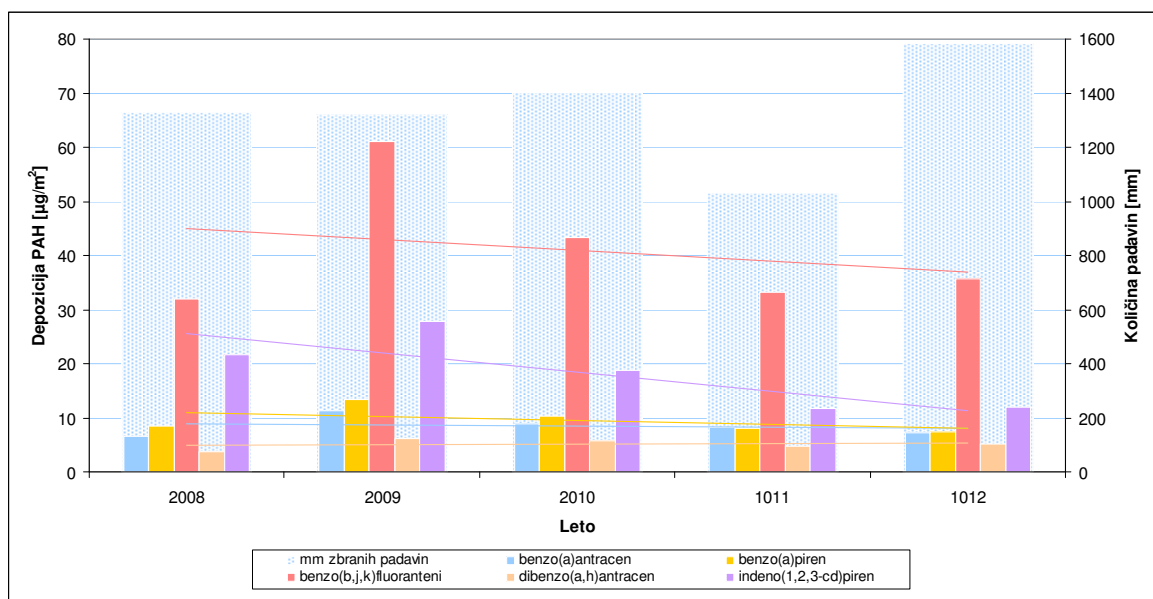
Policiklični aromatski ogljikovodiki v padavinah

V tabeli 10 so prikazane kumulativne celotne depozicije nekaterih PAH v letu 2012. Povišane depozicije nekaterih PAH smo zabeležili predvsem v mesecih in sicer januarja, februarja in aprila ter od oktobra do decembra.

Tabela 10: Kumulativna celotna depozicija nekaterih PAH za leto 2012

PAH	benzo(a)antracen	benzo(a)piren	benzo(b,j,k)fluoranten	dibenzo(a,h)antracen	Indeno (1,2,3-cd)piren
$\mu\text{g}/\text{m}^2$	7,24	7,41	35,7	5,1	12,0

Kljub znatno večji količini padavin kot v preteklem letu, so celotne depozicije posameznih PAH v letu 2012 ostale na enakem nivoju (slika 17), kar je posledica nižjih koncentracij le teh v padavinah. Podobno kot preteklih letih smo tudi v letu 2012 zabeležili največjo celotno depozicijo vsote visokomolekularnih benzo(b,j,k)fluorantenov, več kot polovico nižja je bila celotna depozicija indeno(1,2,3-cd)pirena. Še nižji sta bili celotni depozicije benzo(a)antracena in benzo(a)pirena, ki sta na približno enakem nivoju. Najnižja je bila celotna depozicija dibenzo (a,h) antracena (tabela 10). Nivo navedenih celotnih depozicij je primerljiv z depozicijami, ugotovljenimi na centralno evropskih jezerih /33/.



Slika 17: Depozicije PAH v letih od 2008 do 2012

Merilne mreže na območjih termoelektrarn

V tem poročilu navajamo le rezultate meritev pH, električne prevodnosti in osnovnih kationov in anionov. Rezultati meritev, ki jih izvaja EIMV, sicer kažejo, da se raven prašnih usedlin v zadnjih letih ne spreminja, vendar teh podatkov v poročilu ne navajamo, ker nova zakonodaja teh meritev ne predvideva. Rezultati vseh meritev, ki jih na vplivnih območjih elektrarn izvaja EIMV, so podani v njihovih poročilih, dosegljivih na spletu.

Podatki o količini padavin, povprečnih pH vrednostih, povprečnih koncentracijah ionov v padavinah in kumulativnih depozicijah na merilnih mestih mreže na območju termoelektrarn za leto 2012 so podane v tabeli 11.

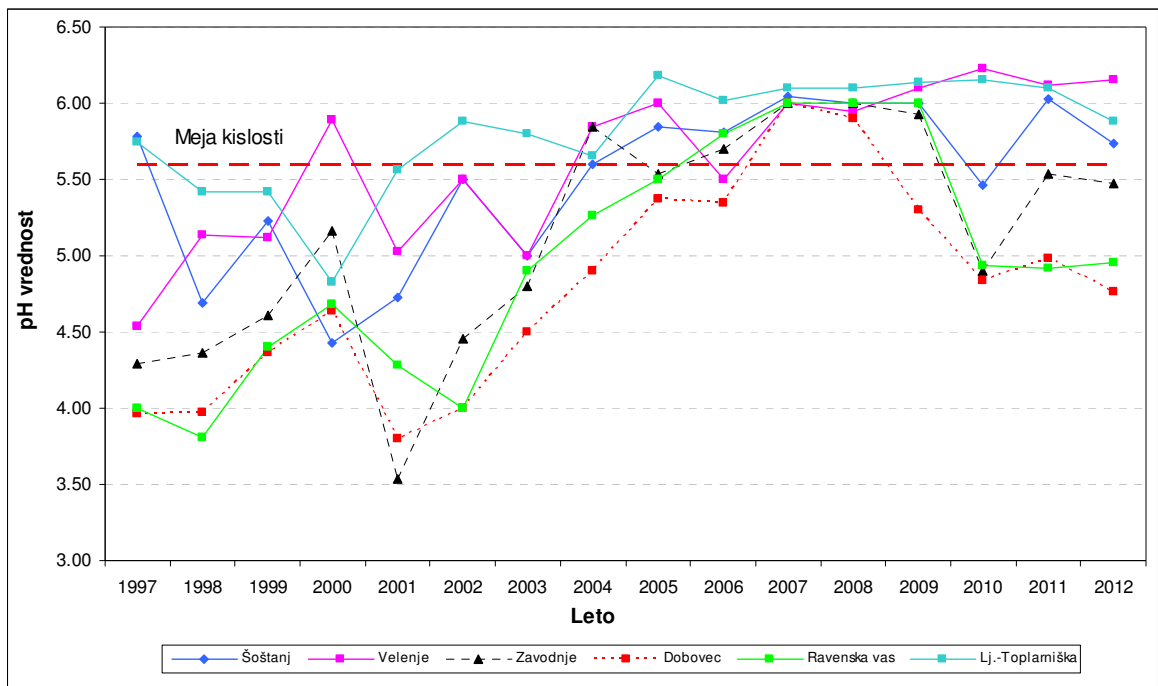
Tabela 11: Količina padavin, povprečna pH vrednost, povprečne koncentracije ionov v padavinah in kumulativna depozicija v letu 2012

Merilno mesto	Količina padavin	pH	Koncentracija ionov mg/L				Kumulativna letna depozicija g elementa/m ² .leto				
	(mm)		/	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	*H ⁺	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N
EIS-TEŠ											
Šoštanj	1046	6.20	1,36	0,54	1,69	2,81	6,64*10 ⁻⁴	1,42	0,44	0,40	0,98
Topolšica	1211	6.11	0,87	0,48	1,22	2,71	9,34*10 ⁻⁴	1,05	0,46	0,33	1,09
Zavodnje	1307	5.93	0,89	0,66	1,27	2,44	0,15*10 ⁻³	1,16	0,67	0,37	1,06
Graška gora	1044	6.76	0,96	0,43	1,23	2,64	0,18*10 ⁻⁴	1,00	0,35	0,29	0,92
Velenje	1087	6.45	0,95	0,52	1,29	2,69	0,39*10 ⁻⁴	1,03	0,44	0,32	0,97
Veliki vrh	1016	5.81	1,03	0,62	1,41	3,10	0,16*10 ⁻⁴	1,05	0,49	0,32	1,05
Pesje	1065	6.29	0,95	0,51	1,28	3,06	0,54*10 ⁻³	1,02	0,42	0,31	1,09
Škale	1140	6.06	0,78	0,52	1,23	2,33	0,10*10 ⁻³	0,88	0,46	0,32	0,89
EIS-TET											
Kovk	1157	5.64	0,76	0,53	1,39	2,52	0,26*10 ⁻³	0,88	0,48	0,36	0,97
Dobovec	1192	5.63	0,84	0,52	1,33	2,47	0,28*10 ⁻³	1,00	0,48	0,36	0,98
Kum	1201	6.44	0,92	0,59	1,50	2,58	0,44*10 ⁻⁴	1,11	0,55	0,41	1,03
Ravenska vas	1074	5.40	0,86	1,24	1,43	2,65	0,43*10 ⁻³	0,92	1,04	0,35	0,95
Lakonca	1109	6.14	0,98	0,42	1,63	2,66	0,80*10 ⁻³	1,09	0,36	0,41	0,98
Prapretno	1171	6.14	0,95	0,63	1,47	2,39	0,85*10 ⁻³	1,11	0,57	0,39	0,93
TE-TOL											
Zadobrova	1195	6.13	0,75	0,49	1,42	2,36	0,88*10 ⁻³	0,90	0,45	0,38	0,94
Deponija	1174	6.46	0,98	1,02	1,47	3,10	0,41*10 ⁻³	1,15	0,93	0,39	1,21
Partizanska	1258	6.32	1,01	0,59	1,53	2,52	0,60*10 ⁻³	1,28	0,58	0,44	1,06
Toplarniška	1213	6.44	1,00	0,56	1,92	2,70	0,44*10 ⁻³	1,22	0,53	0,52	1,09
JP Energetika	1194	6.73	1,03	0,55	1,51	2,53	0,22*10 ⁻³	1,23	0,51	0,41	1,01
EIMV	1146	6.09	0,89	0,52	1,74	2,67	0,92*10 ⁻³	1,01	0,46	0,45	1,02

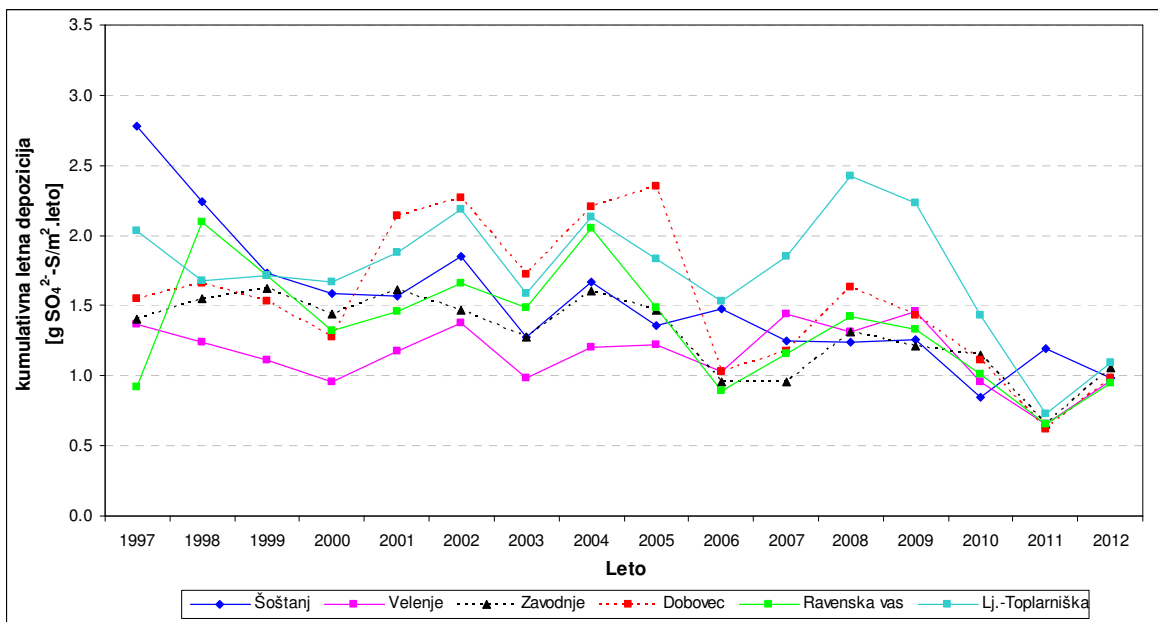
Opomba 1: Rezultati meritev kakovosti padavin v DMKP in merilne mreže na območjih termoelektrarn, ki jih izvaja EIMV zaradi razlik v načinu vzorčenja niso direktno primerljivi.

Iz slike 18 je mogoče razbrati, da se v obdobju od leta 2005 do 2012 na večini merilnih mest na območjih termoelektrarn minimalna izmerjena pH vrednost v padavinah od leta 2004 dalje ni bistveno spreminjala. Izjema so padavine z merilnih mest Dobovec, Zavodnje in Ravenska vas. V padavinah z Dobovca je že v letu 2009 minimalna izmerjena pH vrednosti zopet padla znatno pod vrednost 5,6 in je bila v nadaljnjih letih še nekoliko nižja. Minimalna izmerjena pH vrednost padavin z Ravenske vasi in Zavodenj je v letu 2010 padla znatno pod vrednost 5,6. Med tem, ko se je pH vrednost v padavinah z Zavodenj v letu 2011 in 2012 zopet približala vrednosti 5,6, pa je v padavinah z merilnega mesta Ravenska vas ostala na nivoju leta 2010.

V zadnjih treh letih se je na vseh postajah merilne mreže na območjih termoelektrarn nakazoval trend upadanja depozicij žvepla sulfatnega izvora (slika 19). V letu 2012 smo v primerjavi z letom 2011 na vseh postajah, z izjemo merilnega mesta Šoštanj, zabeležili ponoven porast depozicije žvepla sulfatnega izvora, vendar pa so depozicije kljub povišanju nižje od povprečja za obdobje med letoma 2005 in 2010.



Slika 18: Minimalna mesečna pH vrednost padavin v letih 1997-2012 (mesečno bulk vzorčenje padavin)



Slika 19: Kumulativna letna celotna depozicija sulfata v letih 1997 -2012 (mesečno bulk vzorčenje padavin)

V obdobju, prikazanem na sliki 19, se raven kumulativnih letnih depozicij sulfata bistveno ne spreminja. Nihanja povezujemo predvsem z medletnimi nihanji letne količine padavin.

EMISIJE V LETU 2011

Bojan Rode, dr. Martina Logar

V tem poglavju so podatki o emisijah tistih onesnaževal v Sloveniji, za katere izvajamo meritve koncentracij v zunanjem zraku. Zaradi teh emisij imamo v naših krajih občasno povišane koncentracije. Pri nekaterih onesnaževalih je pomemben tudi prenos preko meja, predvsem pri delcih in ozonu oziroma njegovih predhodnikih. V poročilu so podatki za leto 2011, ker zaradi načina zbiranja in obdelave podatkov le-teh za leto 2012 še ni.

Direktiva 2001/81/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2001 o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka, Ur. L 309, 27.11.2001 (direktiva NEC) in Protokol o zmanjševanju zakisljevanja, evtrofikacije in prizemnega ozona h Konvenciji iz leta 1979 o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja /MPZZE/, Ur.l. RS-MP, št. 9/2004 (Goeteborški protokol) predpisujeta za posamezne države ciljne vrednosti, ki ne smejo biti presežene po letu 2010.

Skupne emisije **žveplovih oksidov** v Sloveniji po letu 2010 ne smejo presegati 27 Gg. Emisije so v letu 2011 bile za 60 % nižje od te predpisane ciljne vrednosti. Letne emisije **žveplovega dioksida** so bile leta 2011 v Sloveniji 11 Gg. V primerjavi z letom 1980 so se zmanjšale za 95 %. Največji delež k skupnim emisijam žveplovega dioksida so v letu 2011 prispevale termoelektrarne in toplarne (TE-TO), in sicer 62 %.

Skupne emisije **dušikovih oksidov** po letu 2010 ne smejo presegati 45 Gg. Emisije so bile v letu 2011 zgolj za 1 % nižje od predpisane ciljne vrednosti. Letne emisije **dušikovih oksidov** so bile leta 2011 v Sloveniji 44 Gg. V primerjavi z letom 1987 so se zmanjšale za 24 %. Največji delež k celotnim emisijam dušikovih oksidov je v letu 2011 prispeval sektor Cestni promet (54 %).

Skupne emisije **nemetanskih hlapnih organskih snovi** po letu 2010 ne smejo presegati 40 Gg. Emisije so bile v letu 2011 za 22 % nižje od predpisane ciljne vrednosti. Letne emisije **nemetanskih hlapnih organskih snovi** so bile leta 2011 v Sloveniji 32 Gg. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšale za 51 %. Največji delež k skupnim emisijam nemetanskih hlapnih organskih snovi sta v letu 2011 prispevala sektorja Uporaba topil in Mala kurišča, vsak po 34 %.

Letne emisije **ogljikovega monoksida** so leta 2011 v Sloveniji znašale 148 Gg. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšale za 56 %. Največji delež k skupnim emisijam ogljikovega monoksida je v letu 2011 prispeval sektor Mala kurišča (63 %). Ogljikov monoksid nastaja pri nepopolnem zgorevanju goriv, predvsem lesa, v starih neučinkovitih kotlih.

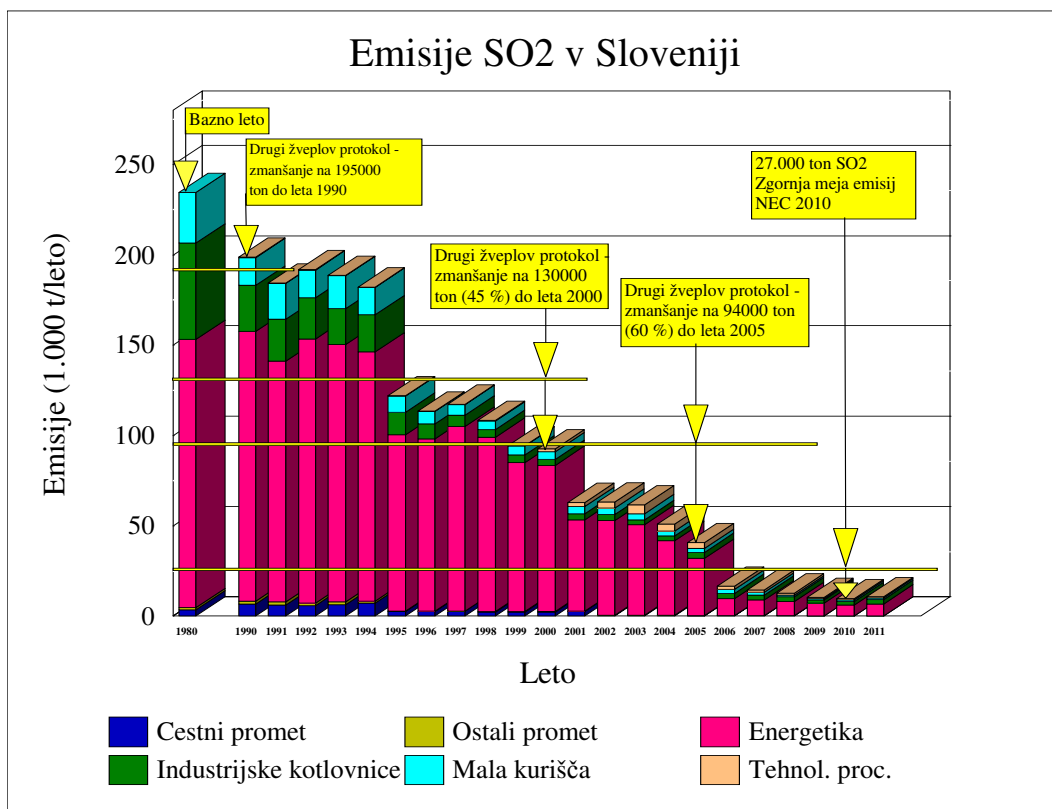
Revizija Goeteborškega protokola predpisuje zmanjšanje emisij primarnih **delcev PM_{2,5}** za 15 % do leta 2020 glede na vrednosti emisij v letu 2005. V letu 2011 so bile emisij delcev PM_{2,5} za 18 % višje od predpisanih ciljnih vrednostih. Letne emisije primarnih **delcev PM_{2,5}** so leta 2011 v Sloveniji znašali 15 Gg. V primerjavi z letom 2000 so se povečale za 4 %. Daleč najpomembnejši vir delcev PM_{2,5} so mala kurišča, ki prispevajo kar 79 % k skupnim emisijam primarnih delcev manjših od 2.5 µm, sledi promet z 9 %. Delci v sektorju promet nastajajo pri zgorevanju goriv (predvsem dizla) in pri obrabi cest, gum in zavor. Najnovejše tehnologije v osebnih vozilih (EURO 5) uvajajo strožje emisijske standarde za delce, saj predvidevajo za dizelska vozila kar 80 % zmanjšanje emisij v primerjavi z vozili EURO 4. Zmanjšanja emisij delcev iz prometa kljub strožjim emisijskim standardom pa ni zaznati tudi zaradi velike gostote prometa in večje porabe dizelskega goriva.

Letne emisije primarnih **delcev PM_{10}** so leta 2011 v Sloveniji znašale 19 Gg. V primerjavi z letom 2000 so se zmanjšale za 6 %. Glavni vir delcev je zgorevanje goriv v gospodinjstvih in komercialnem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v neučinkovitih, starih kotlih na trdna goriva ali v drugih napravah z neoptimalnim zgorevanjem lesne biomase. Sektor Mala kurišča je v letu 2011 prispeval 66 % k skupnim emisijam primarnih delcev manjših od 10 μm .

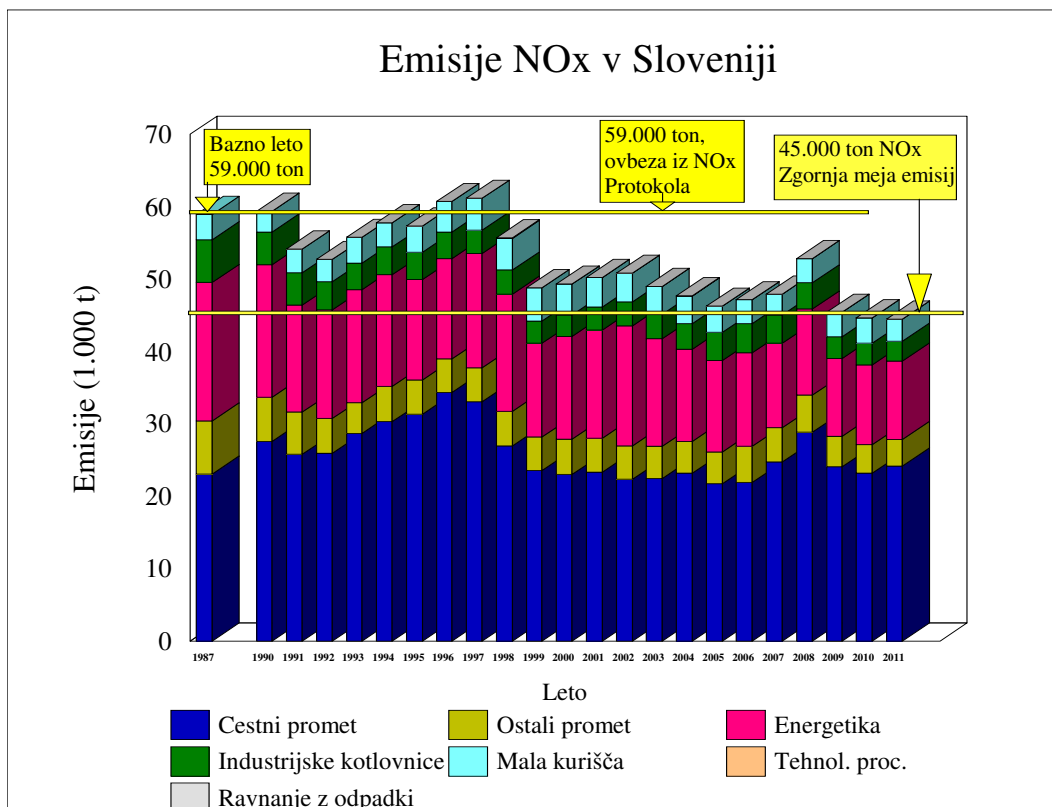
Letne emisije **svince** v Sloveniji so leta 2011 znašale 16,9 ton. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšale za 95 %. Največji delež k skupnim emisijam svince je v letu 2011 prispeval sektor Tehnološki procesi (57 %). Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji iz leta 1979 o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja /MPTK/, Ur.l. RS-MP, št. 1/2004. Skupne državne vrednosti emisij svince ne smejo presegati vrednosti iz izhodiščnega leta 1990.

Letne emisije **živega srebra** v Sloveniji so leta 2011 znašale 0,44 ton. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšale za 30 %. Največji delež k skupnim emisijam živega srebra je v letu 2011 prispeval sektor Tehnološki procesi (76 %). Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji iz leta 1979 o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja /MPTK/, Ur.l. RS-MP, št. 1/2004. Skupne državne vrednosti emisij živega srebra ne smejo presegati vrednosti iz izhodiščnega leta 1990.

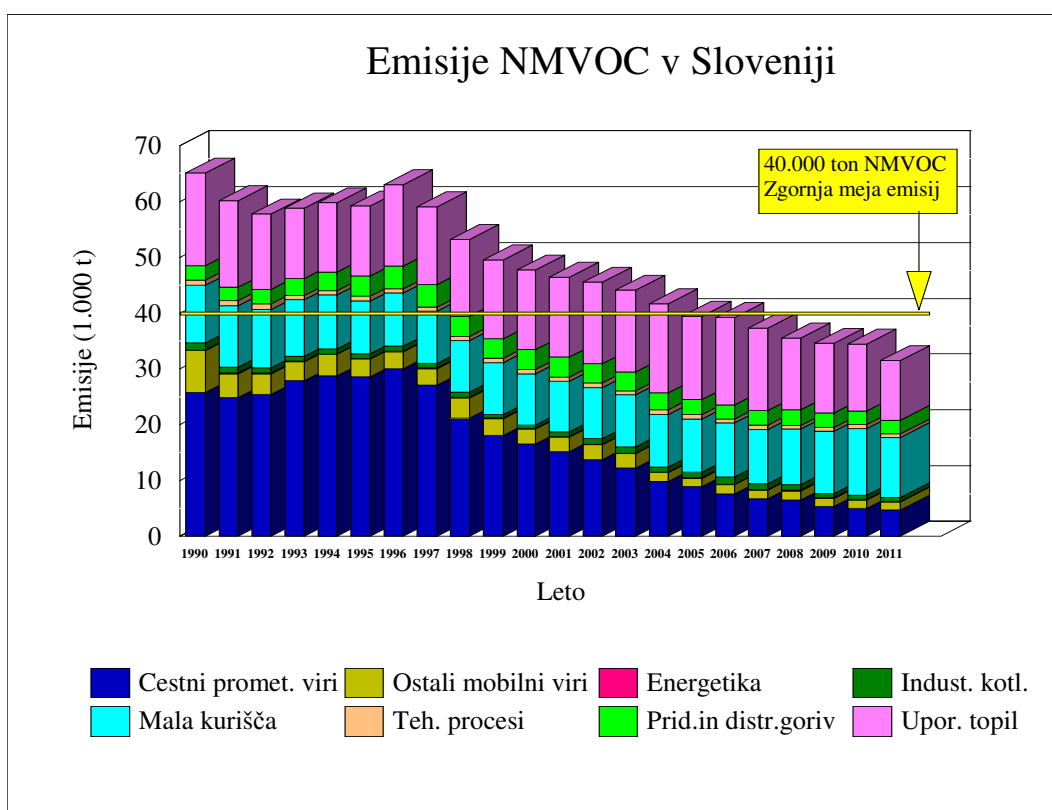
Letne emisije **kadmija** so leta 2011 v Sloveniji znašale 0,40 ton. V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšale za 33 %. Največji delež k skupnim emisijam kadmija je v letu 2011 prispeval sektor Tehnološki procesi (47 %). Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji iz leta 1979 o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja /MPTK/, Ur.l. RS-MP, št. 1/2004. Skupne državne vrednosti emisij kadmija ne smejo presegati vrednosti iz izhodiščnega leta 1990.



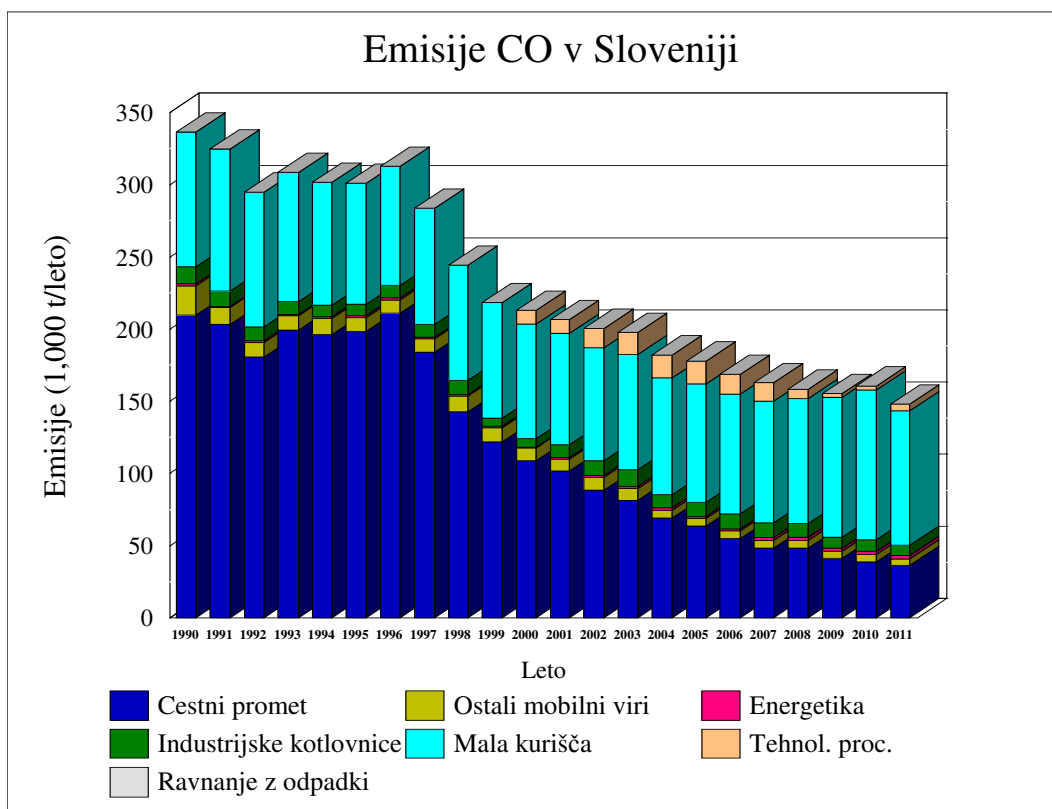
Slika 1: Emisije SO₂ v Sloveniji



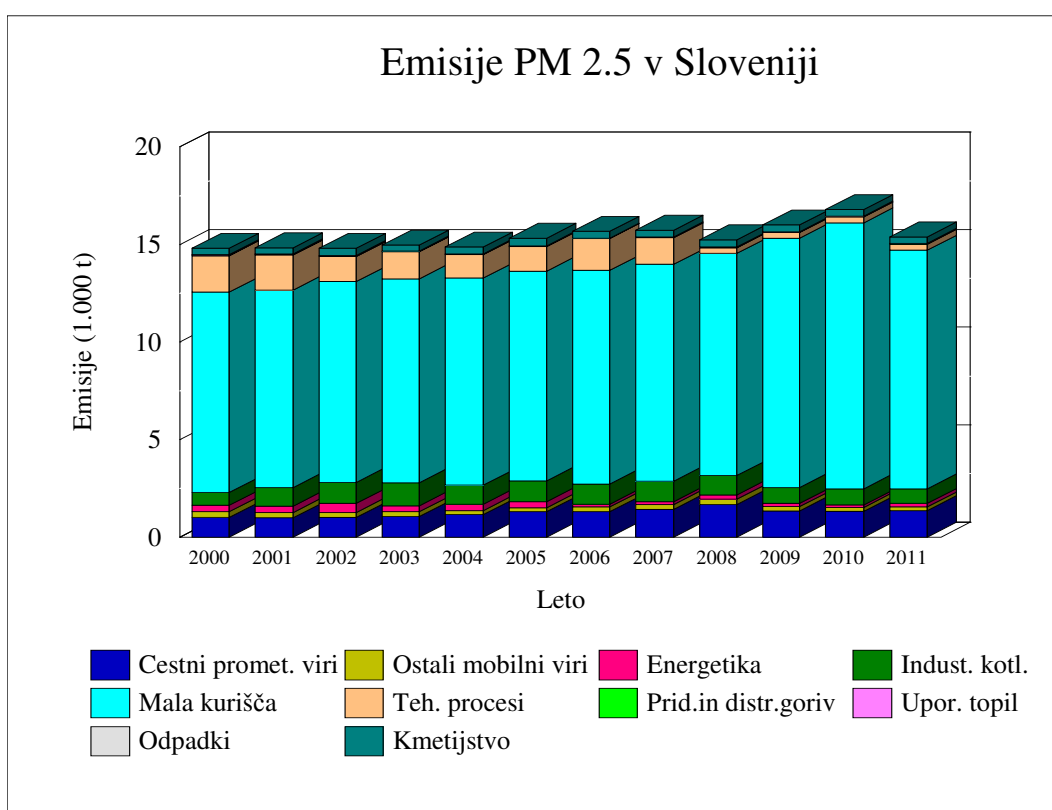
Slika 2: Emisije NOx v Sloveniji



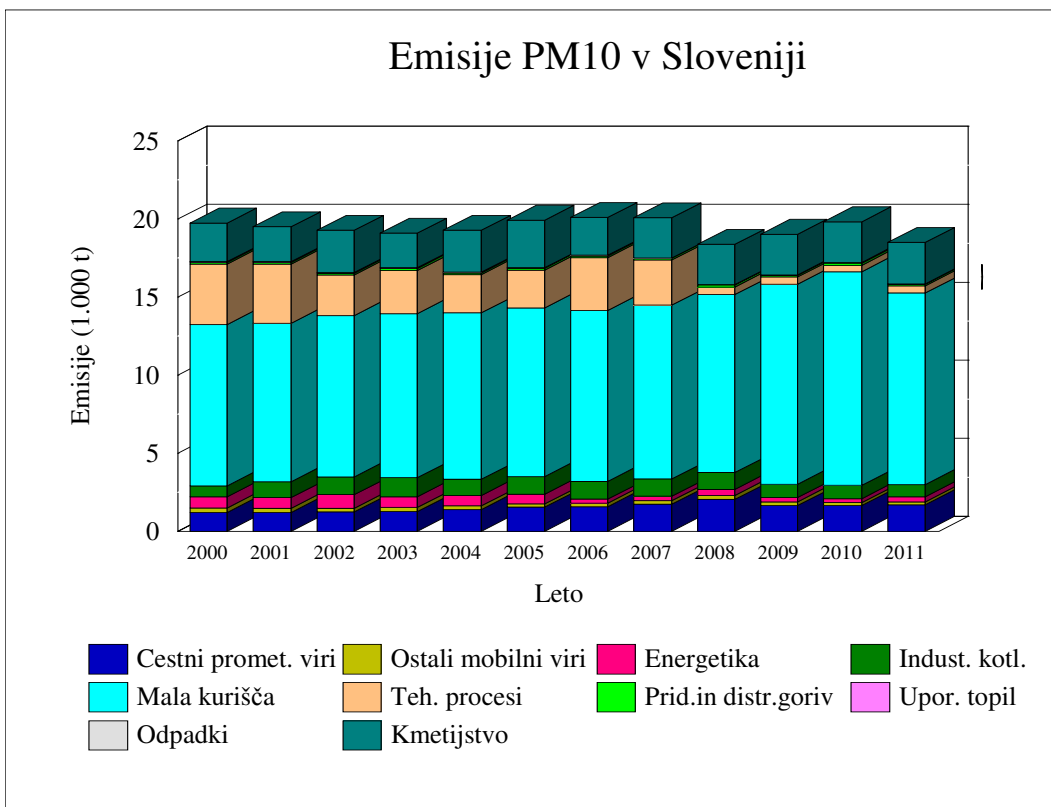
Slika 3: Emisije NMVOC v Sloveniji



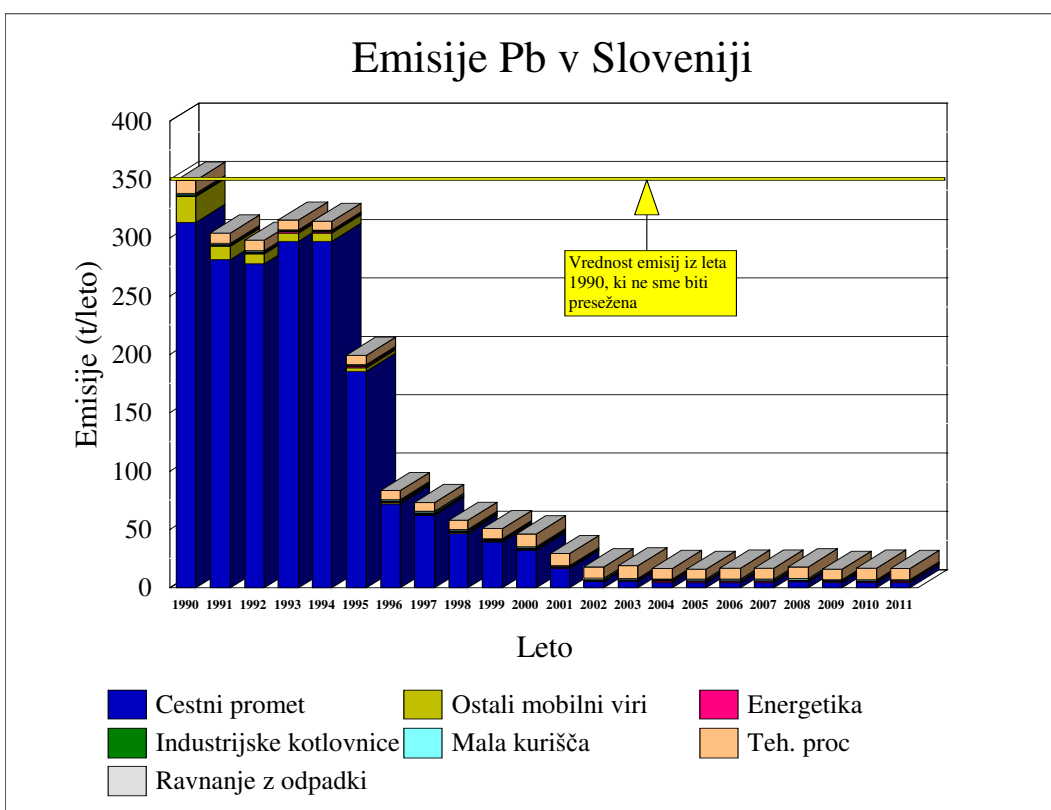
Slika 4: Emisije CO v Sloveniji



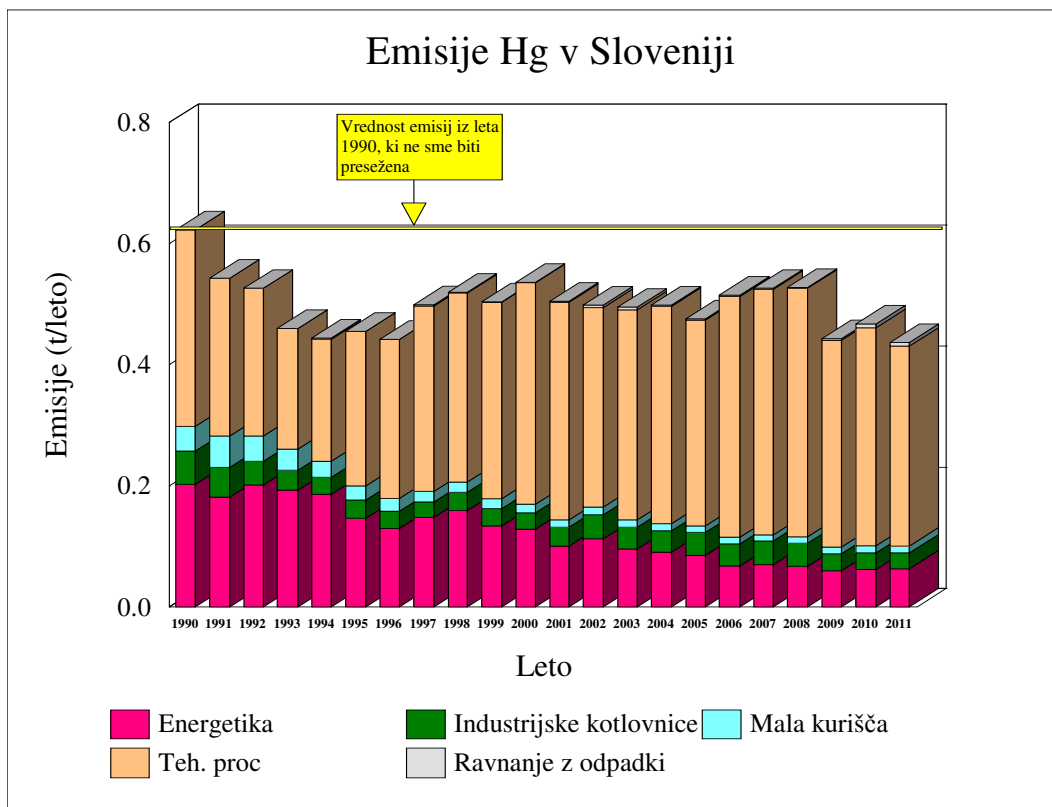
Slika 5: Emisije delcev PM_{2.5} v Sloveniji



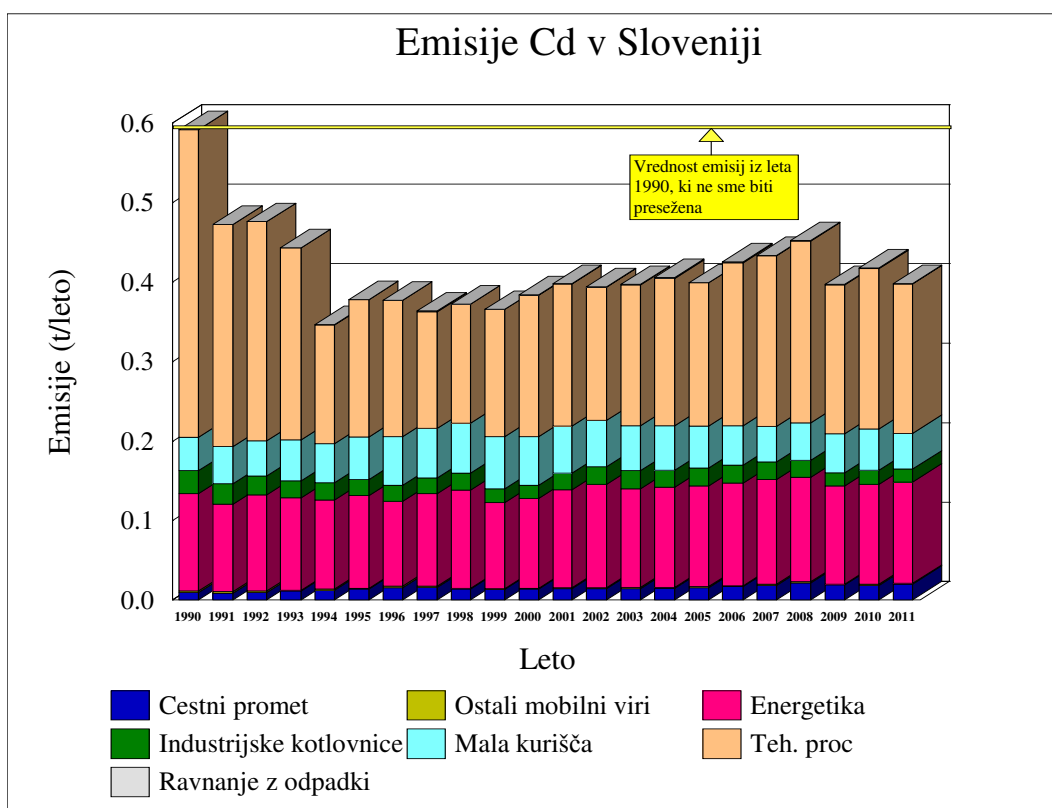
Slika 6: Emisije delcev PM₁₀ v Sloveniji



Slika 7: Emisije Pb v Sloveniji



Slika 8: Emisije Hg v Sloveniji



Slika 9: Emisije Cd v Sloveniji

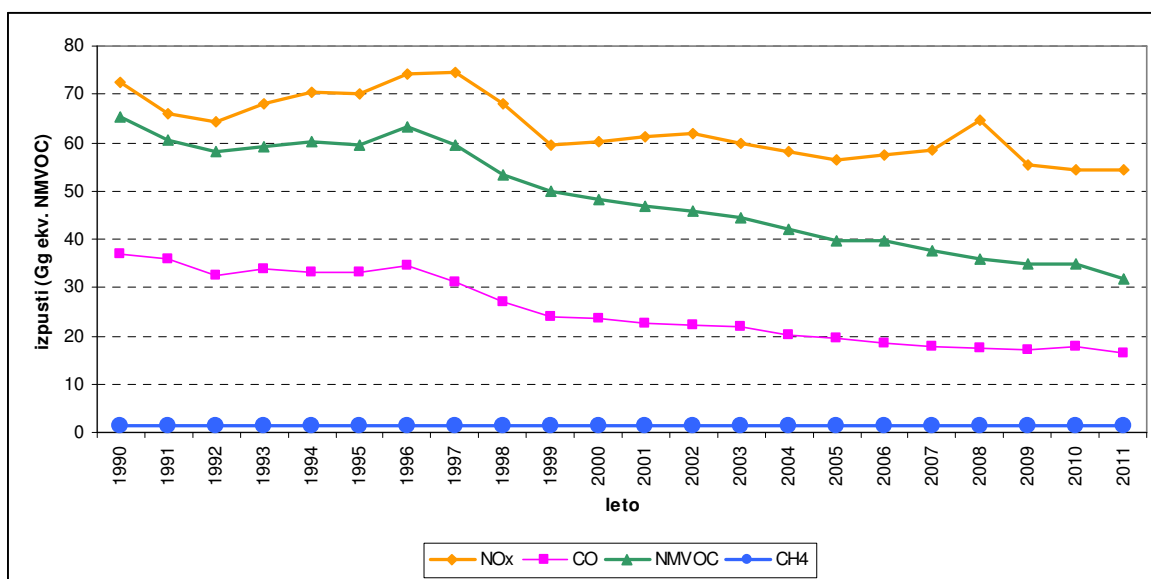
Emisije predhodnikov ozona

K nastanku prizemnega (troposferskega) ozona prispevajo emisije dušikovih oksidov, ogljikovega monoksida, metana in nemetanskih hlapnih organskih snovi, ki vstopajo v zapletene fotokemične reakcije v spodnjih plasteh atmosfere. Spojine, dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, metan in nemetanske hlapne organske snovi imenujemo tudi predhodniki prizemnega ozona.

Med emisijami predhodnikov ozona v Sloveniji v letu 2011 je bilo največ dušikovih oksidov (52 %). Ogljikovega monoksida je bilo 31 %, nemetanskih hlapnih organskih spojin pa 16 %. Prispevek metana je bil zgolj 1 %.

Glavni vir skupnih emisij predhodnikov ozona je bil v letu 2011 promet (43 %), sledila je raba goriv v gospodinjstvih in komercialnem sektorju (24 %) ter raba topil in drugih izdelkov (11 %). Prispevek industrijskih procesov, kmetijstva in ravnanja z odpadki je bil majhen. Emisije predhodnikov ozona so se v obdobju 1990-2011 zmanjšale za 41 %. Najbolj so se zmanjšale emisije ogljikovega monoksida (za 56 %), sledijo emisije nemetanskih hlapnih organskih snovi (za 51 %), dušikovih oksidov (za 25 %) in metana (za 7 %).

Skupne emisije snovi, ki povzročajo nastanek prizemnega ozona so izražene kot vsota emisij vseh štirih onesnaževal in pomnoženi s pripadajočimi faktorji nastanka prizemnega ozona. Posamezna onesnaževala imajo različen potencial za tvorbo prizemnega ozona. Emisije so podane v ekvivalentu NMVOC (ekv. NMVOC). Faktorji nastanka prizemnega ozona: NO_x = 1,22; NMVOC = 1,0; CO = 0,11; CH₄ = 0,014.



Slika 10: Emisije predhodnikov ozona v Sloveniji v obdobju 1990-2011

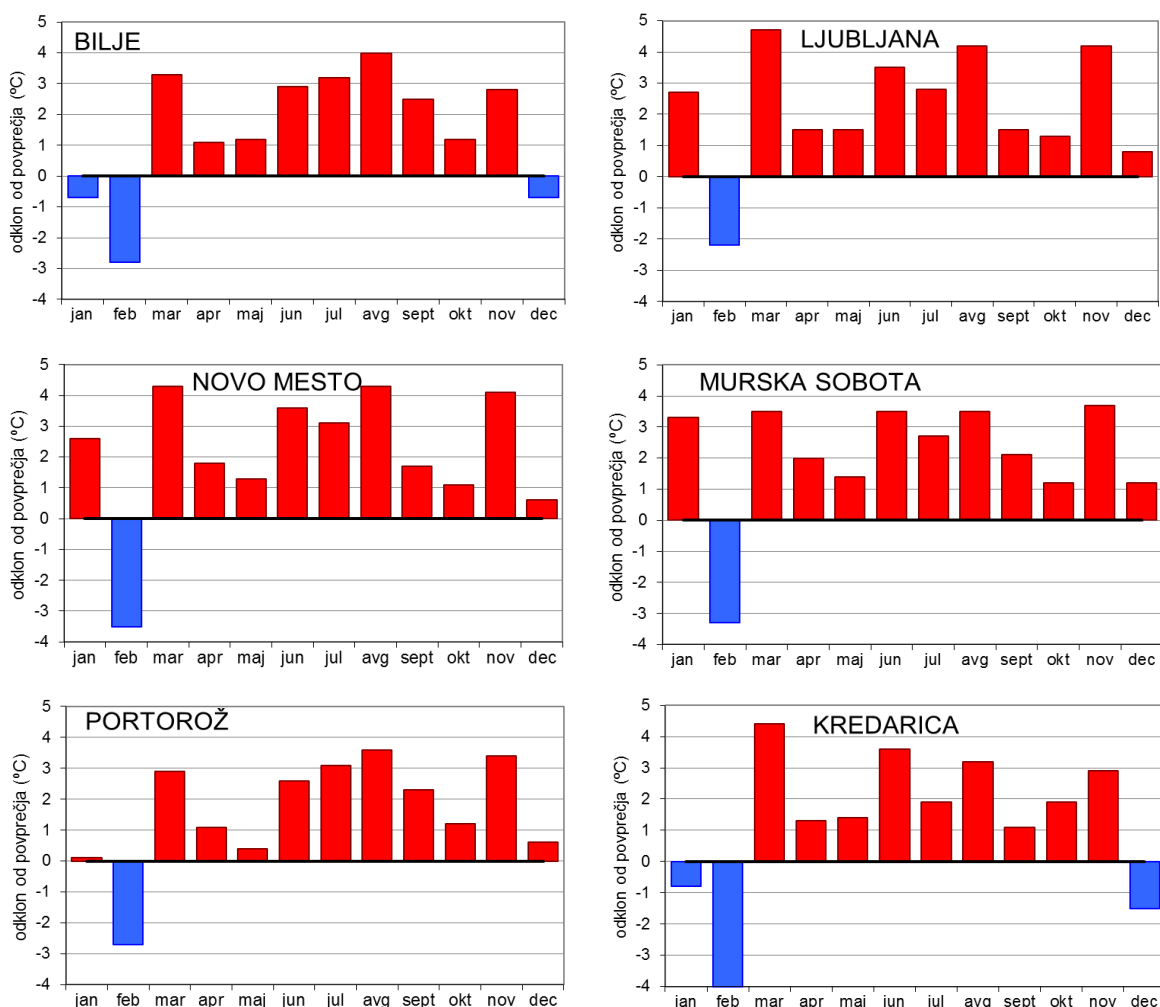
Vir: Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, Državne evidence izpustov toplogrednih plinov, Agencija RS za okolje, 2013

METEOROLOŠKE ZNAČILNOSTI LETA 2012

mag. Tanja Cegnar

Leto 2012 si bomo zapomnili po februarskem mrazu in močni burji, pomanjkanju padavin v prvih treh mesecih leta, poletni suši in vročini, oktobrskem sneženju ter katastrofalnih novembrskih poplavah. Leto je bilo po vsej državi med nekaj najtoplejšimi doslej, odklon se je v večjem delu države gibal med 1 in 2 °C, le v osrednji Sloveniji, na severovzhodu države, delu Notranjske in Dolenjske je presegel 2 °C.

Večina mesecev v letu 2012 je bila nadpovprečno toplih, povsod pa je bil opazno hladnejši kot običajno februar, ko je negativni odklon večinoma presegel 3 °C, v visokogorju tudi 4 °C. V Biljah in na Kredarici sta bila hladnejša kot običajno še januar in december. Večinoma je bil temperaturni odklon največji marca, le v Biljah in Portorožu avgusta.



Slika 1: Mesečni odkloni temperature v letu 2012 od povprečja obdobja 1961–1990

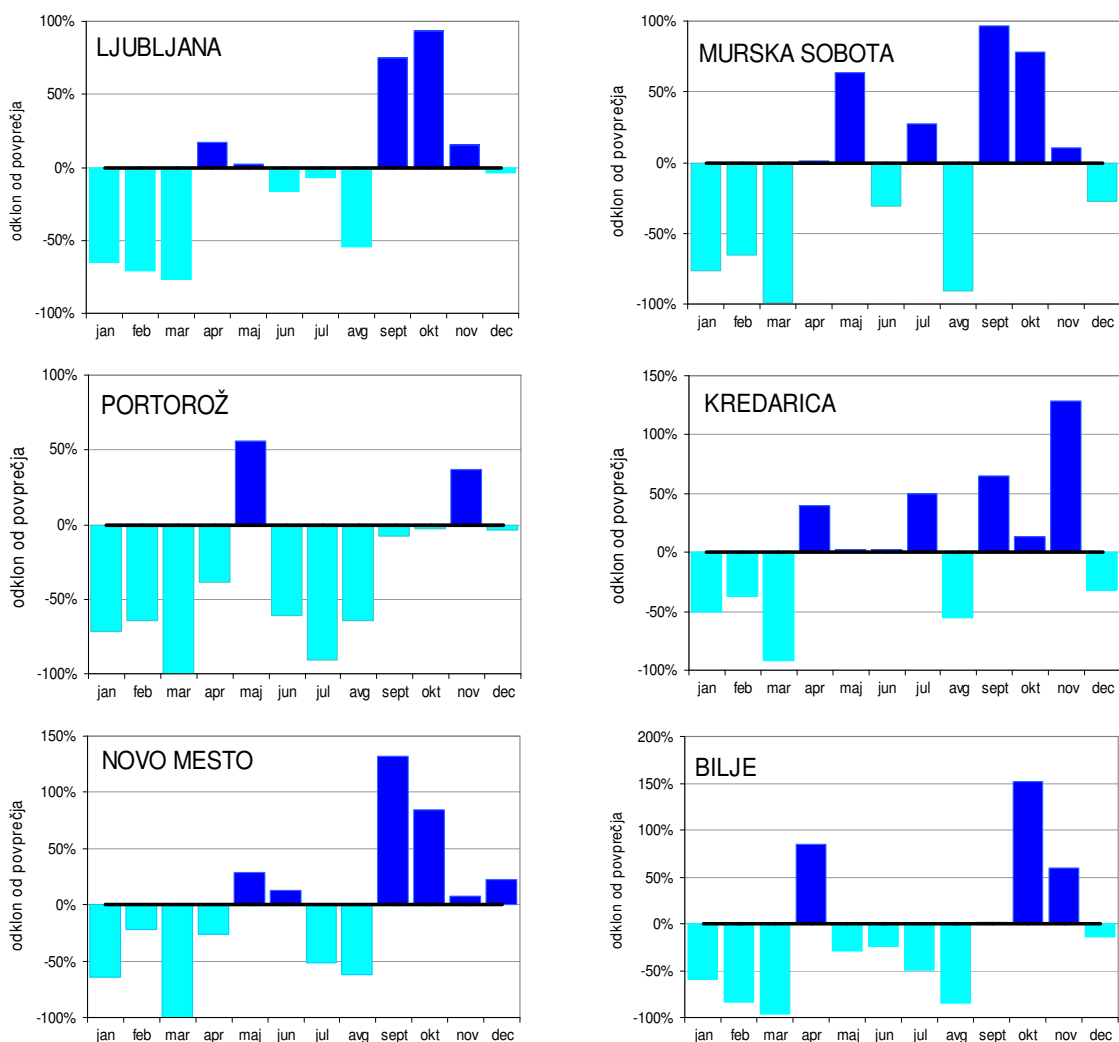
Povprečna letna temperatura zraka je bila po vsej državi višja kot običajno, največji odklon so zabeležili v Ljubljani, kjer je znašal 2,3 °C, v Novem mestu z 2,2 °C ter v Murski Soboti z 2,0 °C.

Najmanjši odklon so zabeležili v Kočevju, 1,2 °C. Tudi v posameznih letnih časih so prevladovali pozitivni temperaturni odkloni

Zima 2011/2012 je bila v večjem delu države toplejša kot običajno, z izjemo Posočja in juga države; v pomladi 2012 je temperaturni odklon večinoma presegel 2 °C, le na Obali, Krasu in Beli krajini se je gibal med 1 in 2 °C. Poletje je bilo vsaj 2 °C toplejše kot običajno, v večjem delu države pa 3 °C. Tudi jesen je bila toplejša kot v dolgoletnem povprečju; odklon je večinoma presegel 2 °C.

Pozimi, spomladi in poleti je bilo padavin večinoma manj kot običajno, le jeseni so padavine povsod presegle dolgoletno povprečje.

Pozimi, spomladi in poleti je sonce sijalo več časa kot običajno, jeseni pa je bilo veliko oblakov in padavin, temu ustrezno je osončenost zaostajala za dolgoletnim povprečjem. Leto 2012 je bilo z izjemo visokogorja med najtoplejšimi doslej, v Ljubljani je bila povprečna temperatura z 12,1 °C skupaj z letom 2007 druga najvišja od začetka meritev, prav tako v Murski Soboti z 11,3 °C.



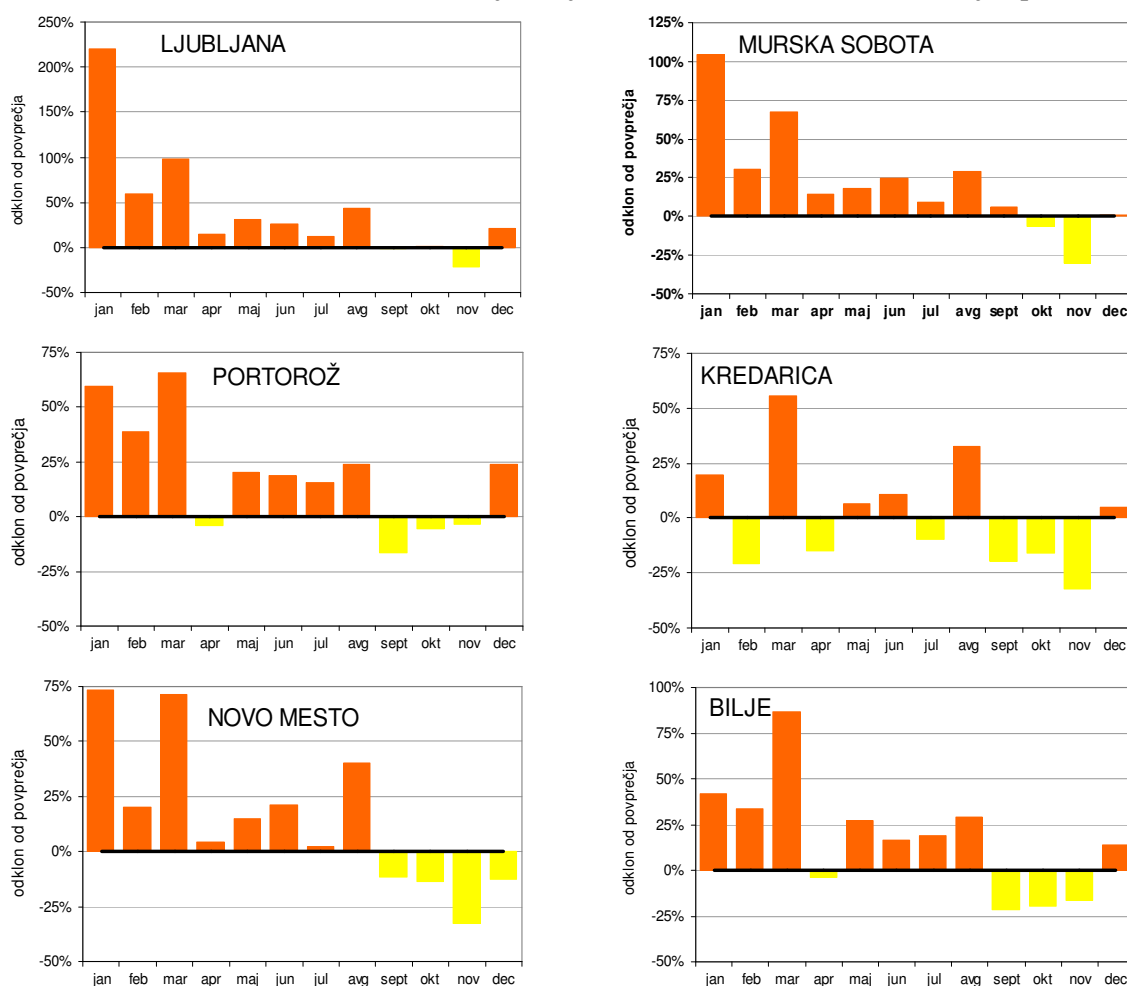
Slika 2: Padavine po mesecih v letu 2012 v primerjavi s povprečjem obdobja 1961–1990

Največ padavin v letu 2012 je bilo v severozahodni Sloveniji, kjer so jih večinoma zabeležili nad 1800 mm. V Posočju je padlo nad 2200 mm, ponekod tudi nad 2600 mm. Na Kredarici so izmerili 2204 mm, v Ratečah 1701 mm, v Lescah 1625 mm. V večjem delu Slovenije je padlo med 1000 in

1400 mm, najmanj padavin pa je bilo na Obali in severovzhodu države, pod 1000 mm. V Murski Soboti so zabeležili 782 mm, v Mariboru pa 836 mm.

Padavin je bilo v večjem delu države manj kot običajno, povprečje so presegle le na severozahodu ter v pasu od Koroške čez Velenje, Novo mesto, Gorjance in Belo krajino vse do meje s Hrvaško. Na Kredarici, v Črnomlju in Slovenj Gradcu je presežek znašal 10 %, v Ratečah in Lescah 9 %, v Soči in Logu pod Mangartom 6 % ter v Novem mestu 1 %. Drugod je bilo med 80 in 100 % običajnih padavin, le na Obali, zahodnem delu Notranjske in na vzhodu Goriškega pod 80 %. V Portorožu je bilo 69 % običajnih padavin, v Postojni 71 %, v Velikih Dolencih 78 % in v Mariboru 80 %. V letu 2012 je bilo padavin več kot v letu 2011, ki je izstopalo po rekordno skromnih padavinah od začetka meritev v Novem mestu, in sicer 834 mm, ter v Portorožu, kjer je padlo skromnih 614 mm. Večina mesecev je bila podpovprečno namočena, najbolj je padavin v primerjavi z dolgoletnim povprečjem primanjkovalo marca. Največji pozitivni odkloni so bili septembra, oktobra ali novembra, v Portorožu maja.

Leto 2012 je bilo po vsej državi bolj sončno kot običajno. Večina mesecev je bila po državi nadpovprečno osončena. Največji pozitivni mesečni odklon sončnega obsevanja so v Ljubljani, Murski Soboti in Novem mestu zabeležili januarja, v Portorožu, na Kredarici in Biljah pa marca.



Slika 3: Sončno obsevanje po mesecih leta 2012 v primerjavi s povprečjem obdobja 1961–1990

Januarski odklon je v Ljubljani presegel 200 %. Negativni odkloni so bili v večjem delu države zabeleženi septembra, oktobra in novembra, v Ljubljani je bilo manj sonca kot običajno le novembra, v Murski Soboti oktobra in novembra, v Biljah in Portorožu poleg jesenskih mesecev še aprila, v Novem mestu decembra, na Kredarici pa še februarja, aprila in julija.

Tako kot za temperaturo in padavine tudi za sončno obsevanje velja, da so lahko razlike med pokrajinami v posameznih mesecih velike. Leto 2012 je bilo v Ljubljani že šestnajsto zapored z nadpovprečnim trajanjem sončnega obsevanja; sonce je sijalo 2260 ur, kar je 32 % več od dolgoletnega povprečja in rekordna vrednost. Veliko sončnega vremena je bilo v prestolnici še v letih 2003 (2251 ur), 2000 (2244 ur) in 2011 (2235 ur). Daleč najmanj sončnega vremena je bilo v letih 1954 (1377 ur), 1960 (1387 ur) ter 1972 (1445 ur).

Na kratko predstavljamo še značilnosti posameznih mesecev v letu 2012.

Povprečna mesečna temperatura je **januarja** le na Goriškem, v Posočju in delu Alp nekoliko zaostajala za dolgoletnim povprečjem, drugod po državi so bile običajne vrednosti presežene, odklon pa je naraščal od zahoda proti vzhodu. V Murski Soboti je bilo kar 3,3 °C topleje kot v dolgoletnem povprečju. Največ padavin so zabeležili na severozahodu države, dolgoletnega povprečja padavin pa niso dosegli nikjer v Sloveniji. Sonca je bilo več kot običajno. Največji presežek v primerjavi s povprečjem obdobja 1961–1990 so dosegli v Ljubljanski kotlini, v Ljubljani je bilo sonca več kot trikrat toliko kot običajno. Vsaj dvakratno običajno osončenost so zabeležili tudi v večjem delu Prekmurja in delu Štajerske. Najmanjši presežek, do 50 %, so dosegli v Ilirski Bistrici, na Goriškem in severozahodnem delu države ter na Koroškem.

Zaradi izjemno mrzle prve polovice meseca je bila povprečna **februarska** temperatura povsod občutno nižja kot običajno. Največji odklon so zabeležili v Beli krajini, kjer so za dolgoletnim povprečjem zaostajali za več kot 5 °C. Približno polovica ozemlja je bila v pasu s temperaturnim odklonom med –4 in –3 °C, večina zahodne in severne Slovenije pa je zabeležila odklon, ki ni presegel –3 °C. Februarja je bilo najmanj padavin (do 20 mm) na Obali, Krasu, Goriškem, v večjem delu Zgornjega Posočja, Lescah z okolico, na Koroškem in v Pomurju. Največ padavin, nad 60 mm, so zabeležili na Trnovski planoti in v manjšem delu Notranjske. Padavin je bilo povsod manj kot v dolgoletnem povprečju. Nad tri četrtine običajnih padavin so zabeležili v manjšem delu Notranjske, večjem delu Dolenjske, Beli krajini in na Bizeljskem. Manj od četrtine običajnih padavin je bilo na Krasu, v Vipavski dolini, Posočju, manjšem delu Gorenjske in Lendavi. Sončnega vremena je primanjkovalo na severozahodu države, drugod pa je bilo bolj sončno kot navadno; v pasu od Obale, Krasa in Goriške proti severovzhodu vse do Prekmurja so dolgoletno povprečje presegli vsaj za četrtino. Največji presežek pa je bil v Ljubljani, kjer so običajno osončenost presegli več kot za polovico.

Povprečna temperatura je **marca** povsod opazno presegla dolgoletno povprečje. Največji odklon so zabeležili na Gorenjskem, Krasu, Postojnskem, v večjem delu Posočja, osrednji Sloveniji, Novem mestu, Mariboru in na Goričkem, kjer je presegel 4 °C. Drugod po državi se je odklon gibal med 3 in 4 °C, v Beli krajini, Portorožu in južnem Pomurju pa je bil manjši od 3 °C. Največ padavin, nad 51 mm, so zabeležili v Žagi, drugod v Posočju je bilo večinoma med 20 in 40 mm. Na Koroškem, Gorenjskem, v osrednji Sloveniji in ponekod na Notranjskem je padlo nad 10 mm, drugod pa je bilo padavin manj; v Portorožu, na Bizeljskem, v Novem mestu in Velikih Dolencih padavin sploh niso zabeležili, v Črnomlju, Murski Soboti in Kočevju je padel zgolj 1 mm, na Kredarici pa 10 mm, kar so najmanjše vrednosti, odkar potekajo meritve. Po vsej državi so opazno zaostali za dolgoletnim povprečjem. Marca je bilo povsod opazno več sonca kot običajno. Za več kot dvakrat so povprečje presegli v Postojni, drugod na Notranjskem, Krasu in v osrednji Sloveniji pa je presežek znašal več kot 80 %. V Ljubljani je dosegel 98 % in v Biljah 87 %.

April je bil povsod toplejši od dolgoletnega povprečja, v pretežnem delu države je bil temperaturni odklon med 1 in 2 °C. Največ padavin so zabeležili na severozahodu države, kjer je večinoma padlo nad 200 mm, ponekod tudi nad 400 mm. Najbolj so dolgoletno povprečje padavin presegli v Posočju, kjer je presežek znašal nad 60 %. Drugod na zahodu in severozahodu je večinoma padlo nad 30 % več padavin kot običajno, povprečje so presegli tudi v pasu od Krasa čez Nanos,

Vrhniko, Ljubljansko barje in osrednji del države do Kamniško-Savinjskih Alp, Koroške, Celjske kotline in Posavskega hribovja, prav tako tudi v Murski Soboti. Trajanje sončnega obsevanja je bilo v zahodnem delu države pod dolgoletnim povprečjem. Največji primanjkljaj so zabeležili v Julijcih. V pretežnem delu države so beležili do petine več sončnega obsevanja kot običajno, na območju Maribora pa so dolgoletno povprečje presegli za četrtno.

Povprečna temperatura je **maja** presegla dolgoletno povprečje. Odklon je bil na jugu države do 1 °C, drugod po državi do 2 °C. Padavine so bile pogoste in večina države je bila bolj namočena kot običajno. Dolgoletno povprečje je bilo preseženo v večjem delu države, za več kot polovico so ga presegli v Novi vasi (157 %), na Koroškem (168 %), v Murski Soboti (164 %) in Lendavi (168 %) ter na Obali (156 %). Z izjemo obalnega območja je bilo na Primorskem in od tam vse do osrednje Slovenije manj padavin kot običajno. Največji relativni primanjkljaj padavin so zabeležili na Goriškem in v Žagi, kjer so dosegli komaj 70 % običajnih padavin. Sončnega obsevanja je bilo povsod več kot običajno. Na Kredarici so dolgoletno povprečje presegli za desetino, drugod je bil presežek večji, v prestolnici je sonce sijalo kar 30 % dlje časa kot običajno. Za četrtno so dolgoletno povprečje presegli na Goriškem, v Postojni in Mariboru.

Povprečna temperatura zraka je bila **junija** po vsej državi opazno nad dolgoletnim povprečjem; v večjem delu države je bila druga najvišja od začetka meritev, rekordno vrednost pa so izmerili leta 2003. Odklon je večinoma presegel 3 °C, na Krasu, Obali, Lescah, Kočevju in v Celju pa se je gibal med 2 in 3 °C. V drugi polovici meseca smo imeli dva vročinska vala, drugi se je iz junija nadaljeval v julij. Večina padavin je bila zbrana v prvi polovici junija. Dolgoletno povprečje padavin so presegli v Beli krajini, Gorjancih, Krško-Brežiški kotlini, na območju Novega mesta in na Kredarici. Drugod je bilo manj padavin kot običajno. Najbolj so za povprečjem zaostali na Obali, Koroškem, Pohorju, Velenju in na Kozjaku, kjer je padlo do 60 % dolgoletnega povprečja. Sonca je bilo junija nadpovprečno veliko. Najbolj so povprečje presegli na območju Maribora z okolico, in sicer za več kot 30 %, najmanjši presežek pa je bil na zahodu države in v Celju z okolico, kjer je bil manjši od petine.

Povprečna temperatura zraka je bila **julija** opazno nad običajnimi vrednostmi, v Portorožu celo rekordna. Odkloni so se v večjem delu države gibal med 2 in 3 °C, na jugu države so celo presegli 3 °C. Padavin je bilo v pretežnem delu države manj kot običajno, za povprečjem so najbolj zaostali na jugozahodu države, kjer je bilo do 50 % običajnih padavin, ob morju pa je padlo le 7 mm. Relativna namočenost je bila največja v severnem delu države. Največ padavin v primerjavi z dolgoletnim povprečjem je bilo na skrajnem severozahodu, kjer so ponekod presegli 200 % običajnih vrednosti. Sonca je bilo večinoma več kot običajno. V Slovenskih goricah, na Ptujskem, v osrednji Sloveniji, na Krasu, Obali in v Posavju je bil presežek večji od desetine, na severozahodu in v okolici Celja pa so za povprečjem zaostali.

Avgust je bil opazno toplejši kot običajno. Na večjem delu ozemlja se je odklon gibal med 3 in 4 °C, v Novem mestu, na Krasu, delu Notranjske in Ljubljani. V Ratečah, na Kočevskem, Koroškem in Celjskem pa je bil odklon manjši od 3 °C. Največ padavin, 149 mm, so namerili na Jezerskem, v Kamniški Bistrici je padlo 138 mm, Slovenj Gradcu 122 mm, na Kredarici pa 101 mm. Drugod po državi je bilo padavin manj kot 100 mm. Padavine niso nikjer dosegle dolgoletnega povprečja. Najbolj so se mu približali v Slovenj Gradcu s 94 %. Do desetine dolgoletnega povprečja je padlo v Prekmurju in Žagi, do petine pa v Biljah in Postojni. Trajanje sončnega obsevanja je povsod vsaj za petino preseglo dolgoletno povprečje. V Prekmurju, Celju in na zahodu države je bil presežek med 20 in 30 %; večina ozemlja je bila obsijana 30 do 40 % dlje kot običajno, v Ljubljani in večjem delu Dolenjske so dolgoletno povprečje presegli vsaj za dve petini.

Povprečna temperatura zraka je **septembra** povsod presegla dolgoletno povprečje, večinoma do 2 °C, v Murski Soboti, na Goriškem, Krasu in ob morju pa tudi za več kot 2 °C. V Biljah je odklon znašal 2,5 °C, najmanjši pa je bil v Kočevju, 0,6 °C. Največ padavin je bilo v delu Julijskih Alp, nad 280 mm; na večjem delu ozemlja so zabeležili med 200 in 280 mm padavin, najmanj pa jih je

bilo na Krasu, Obali in v Prekmurju, pod 120 mm. Padavin je bilo z izjemo Krasa in Obale ter Slovenskih Konjic več kot v dolgoletnem povprečju, na Gorjancih, v Novomeški kotlini in na območju Sevnice so povprečje presegle za več kot dvakrat. Sončnega vremena je bil več kot navadno le na severovzhodu države, drugod pa dolgoletnega povprečja niso dosegli. V Ratečah, Posočju in na Goriškem niso dosegli 80 % običajne osončenosti.

Povprečna temperatura je bila **oktobra** povsod po državi nad dolgoletnim povprečjem, v večjem delu države se je odklon gibal med 1 in 2 °C, le na jugovzhodu, severu ter večjem delu Štajerske in Prekmurja ni dosegel 1 °C. Največji odklon so zabeležili na Kredarici, 1,9 °C, med nižinskimi postajami v Postojni (1,6 °C), najmanjšega pa v Kočevju, 0,5 °C. Največ padavin, nad 360 mm, je bilo ponekod v Posočju, pod 120 pa so zabeležili na Obali in v Pomurju. Le v Portorožu so zaostajali za dolgoletnim povprečjem, dvakratna količina padavin je padla na Goriškem in v krajih od Ljubljane do Kočevja ter severa Dolenjske in jugozahoda Štajerske. V večjem delu države je bilo več padavin kot običajno, v vzhodni polovici večinoma nad 150 povprečnih vrednosti. Sončnega vremena je bilo več kot običajno le v Ljubljani, na Koroškem in večjem delu Štajerske. Ob ohladitvi zadnje dni v mesecu je 28. oktobra snežilo tudi po nižinah v notranjosti države.

Povprečna mesečna temperatura je **novembra** po vsej Sloveniji opazno preseгла dolgoletno povprečje. Največji odklon, ki je presegel 4 °C, so zabeležili v delu Dolenjske, osrednji Sloveniji in od tam proti severu vse do meje z Avstrijo. Večina ozemlja je bila 3 do 4 °C toplejša kot običajno, le v porečju Soče in v Vipavski dolini odklon ni presegel 3 °C. Največ padavin je bilo v Zgornjem Posočju, kjer so ponekod izmerili tudi nad 600 mm. Dolgoletno povprečje padavin je bilo preseženo, izjema je bil le del Štajerske. Na dobri polovici ozemlja so namerili od 100 do 130 % dolgoletnega povprečja. Dvakratna običajna količina padavin je padla na manjšem območju Julijskih Alp. Največji relativni presežek padavin je bil na Kredarici, kjer so s 456 mm dosegli 229 % dolgoletnega povprečja. Epizoda obilnih padavin je povzročila katastrofalne poplave. Nad 200 mm padavin so ob tej padavinski epizodi izmerili v Posočju, lokalno pa so poročali tudi o preseženih 400 mm v osemindesetih urah. Zaradi razmočenih tal in taljenja snežne odeje so obilnemu deževju sledile obsežne poplave, ki jim je na Koroškem in Štajerskem botrovala predvsem rekordno vodnata Drava, ki je k nam pritekla iz Avstrije. Povsod po Sloveniji je bilo sončnega vremena manj kot običajno. Še najbližje dolgoletnemu povprečju so bili na Obali, v Portorožu je sonce sijalo 97 ur, kar je 96 % dolgoletnega povprečja. V Biljah je sonce sijalo 86 ur, kar je 84 % dolgoletnega povprečja. Na večini ozemlja je sonce sijalo od 60 do 80 % običajnega časa. Samo 39 ur sončnega vremena so imeli v Ratečah, to pa je le 45 % dolgoletnega povprečja.

Z izjemo visokogorja in dela severovzhodne Slovenije, je bila je bila povprečna **decembrska** temperatura blizu povprečja obdobja 1961–1990, ki ga uporabljamo za primerjavo, da bi bolj izpostavili spremembe podnebja, ki smo jim priča v zadnjih desetletjih. V pretežnem delu države je bil odklon v mejah ± 1 °C. V visokogorju je bil odklon $-1,5$ °C, v Mariboru in Murski Soboti pa je nekoliko presegel 1 °C. Vsi odkloni so v mejah običajne spremenljivosti. Padavine so bile razporejene dokaj neenakomerno, v Kneških Ravnah so namerili 214 mm, večinoma je padlo od 50 do 130 mm, najmanj padavin pa je bilo na Koroškem, severu Štajerske in v Prekmurju, kjer padavine niso dosegle niti 50 mm. V Beli krajini so dosegli 130 % dolgoletnega povprečja, v Žagi in v ozkem pasu vzdolž avstrijske meje niso dosegli 70 % dolgoletnega povprečja. V Ratečah, Beli krajini in Novem mestu ter Prekmurju je bilo manj sončnega vremena kot običajno; na Obali, v Ljubljani in delu Štajerske pa so dolgoletno povprečje presegle za več kot petino.

LITERATURA

1. Zakon o varstvu okolja (Ur.l. RS 39/06-ZVO-1-UPB1, 49/06-ZMetD in 66/06-OdlUS, 112/06-OdlUS, 33/07-ZPNačrt, 57/08-ZFO-1A, 70/08, 108/09, 48/12 in 57/12)
2. Uredba o kakovosti zunanega zraka (Ur.l. RS, št. 9/11)
3. Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku (Ur.l. RS, št. 56/06)
4. Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka (Ur.l. RS, št. 55/11)
5. Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanega zraka (Ur.l. RS, št. 58/11)
6. Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanega zraka (Ur.l. RS, št. 50/11)
7. Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini (Ur.l.RS, št.119/07)
8. Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur.l. RS, št. 31/07, 70/08, 61/09 in 50/13)
9. Uredba o emisiji hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav za skladiščenje in pretakanje motornega bencina (Ur.l.RS, št. 11/99, 41/04-ZVO-1 in 36/12)
10. Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila (Ur.l.RS, št. 112/05, 37/07, 88/09, 92/10 in 51/11)
11. Agencija RS za okolje, Mesečni bilteni ARSO, 2001-2012, (www.arso.gov.si)
12. Agencija RS za okolje, Program ocenjevanja kakovosti zunanega zraka za obdobje 2012-2014, (www.arso.gov.si)
13. Agencija RS za okolje, Kazalci okolja v Sloveniji (www.arso.gov.si)
14. Agencija RS za okolje, Ocena onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom, dušikovimi oksidi, delci PM₁₀, ogljikovim monoksidom, benzenom, težkimi kovinami (Pb, As, Cd, Ni) in policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki (PAH) v Sloveniji za obdobje 2005-2009, oktober 2010, (www.arso.gov.si)
15. Agencija RS za okolje, Meritve onesnaženosti zraka z mobilno postajo na Ptuj od 6. 12. 2011 do 13. 3. 2012, 2012 (www.arso.gov.si)
16. Agencija RS za okolje, Meritve onesnaženosti zunanega zraka z mobilno postajo na Trati pri Škofji Loki od 12. 4. 2012 do 8. 10. 2012, 2012, (www.arso.gov.si)
17. Agencija RS za okolje, Meritve onesnaženosti zunanega zraka z mobilno postajo v Škofji Loki od 10. 10. 2012 do 17. 4. 2013, 2013, (www.arso.gov.si)
18. Agencija RS za okolje, Vpliv sahorskega peska na koncentracijo delcev PM₁₀ v letu 2012, avgust 2013, (www.arso.gov.si)
19. Agencija RS za okolje, Opredelitev virov delcev PM₁₀ v Ljubljani Biotehniška fakulteta, julij 2013, (www.arso.gov.si)
20. Vlada Republike Slovenije, Operativni program varstva zunanega zraka pred onesnaževanjem s PM₁₀ (OP PM₁₀), november 2009
21. Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Kakovost zraka v Mariboru – letno poročilo 2012
22. Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (CLRTAP, protokol EMEP)
23. EUROAIRNET – site selection, 1998
24. Žabkar R.: Statistično napovedovanje ozona s predhodnim razvrščanjem trajektorij v skupine, april 2007
25. Žabkar R.: Nadgradnja modela statističnega napovedovanja ozona s predhodnim razvrščanjem trajektorij v skupine, maj 2011 (www.arso.gov.si)
26. Johanson, K., Aastrup, M., Andersson, A., Bringmark, L., Iverfeldt, A.: Mercury in Swedish forest soils and waters - assesment of critical load. Water, Air and Soil Pollution, 56, 267-281, 1991

27. Pope CA, Burnett RT, Thurston GD et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: Epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease, *Circulation* 2004, 109, 71-77
28. Laden F, Schwartz J, Speizer FE. Reduction in fine particulate air pollution and mortality: Extended follow-up of the Harvard six cities study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2006, 173, 667- 662
29. Katsouyanni K., et al. (1996). Short Term Effect of Air Pollution on Health: A European Approach Using Epidemiologic Time Series Data: The APHEA Protocol. *Journal of Epidem. and Com. Health*, 50, (Suppl 1), S12-S18
30. Naess O, Nafstad P, Aamodt G, Claussen B, Rosland P. Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway. *Am J Epidemiol.* 2007 Feb 15; 165(4):435-43. Epub 2006 Nov 29
31. Quality Guidelines, Global update 2005, Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO, 2006
32. Boldo E. et al., Health impact assessment of long-term exposure to PM_{2.5} and PM₁₀ in 23 European cities. *European Journal of Epidemiology* (2006)
33. Tomlinson G.H., Brouzes R.J.P., Mclean R.A.N. and Kadleck J.: The role of clouds in atmospheric transport of Mercury and other pollutants. I. The link between acid precipitation, poorly buffered water, mercury and fish. *Proc. Int. Conf. Ecol. Impact Acid Precip.*, Sandefjord, Norway, 1980
34. Brosset C: Total airborne mercury and its possible origin. *Water, Air and Soil Pollution*, 17, 37-50, 1982
35. Ferrara R., Petrosino A., Maserti. E., Seritti. A. and Barghigiani C. 1982: The biogeochemical cycle of mercury in the Mediterranean. Part 2: Mercury in the atmosphere, aerosol and in rainwater of a northern part of Tyrrhenian area. *Environmental Technology Letters.*, 3, 449-456
36. Ebinghaus R. and Krüger O: Emission and local deposition estimates of atmospheric mercury in North-Western and Central Europe. In: *Global and regional mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass balances*, W. Baeyens et al. eds., 135-159, 1996
37. Norwegian Institute for Air Research: EMEP manual for sampling and chemical analysis, EMEP/CCC-Report 1/95, Reference O-7726, March 1996, Revision november 2001
38. World Meteorological Organization, Global Atmosphere Watch, No, 160, Manual for the GAW Precipitation Chemistry programme (guidelines, Data Quality Objectives and Standard operating Procedures), November 2004
39. Schnaiter, M. et al., 2003. UV-VIS-NIR spectral optical properties of soot and soot-containing aerosols. *J. Aerosol Sci.* 34, 1421-1444.
40. Sandradewi, J. et al., 2008a. A study of wood burning and traffic aerosols in an Alpine valley using a multi-wavelength Aethalometer. *Atmos. Environ.* 42, 101-112.
41. Favez et al., 2009, Evidence for a significant contribution of wood burning aerosols to PM_{2.5} during the winter season in Paris, France. *Atmos. Environ.* 43, 3640-3644.
42. Lindquist, O. And Rodhe, H.: Atmospheric mercury-a review. *Tellus*, 37B, 136-159, 1985
43. Morawska, L., Zhang, J. 2001. Combustion sources of particles: source signatures. *Atmospheric Environment Special Issue on SGOMSEC -14*
44. Vienna University of technology, Chemistry, Transport and Impact of Atmospheric Pollutants Andechs, Oct. 10-12, 2005
45. European Commission, Joint Research Centre: A review of Source apportionment techniques and marker substances, 2006
46. Sandradewi J. et al., 2008b. Using aerosol light absorption measurements for the quantitative determination of wood burning and traffic emission contributions to particulate matter. *Environ. Sci. Technol.* 42, 3316-3323.