



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



# **Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2011**



# **Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2011**



### Izdajatelj:

Ministrstvo za okolje in prostor  
Agencija RS za okolje  
Vojkova 1b, Ljubljana  
Spletni naslov: [www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si)  
E-naslov: [gp.arso@gov.si](mailto:gp.arso@gov.si)

### Urednica:

mag. Tanja Bolte

### Avtorji:

mag. Andrej Šegula, mag. Tanja Bolte, Tanja Koleša, Zorana Komar, Marijana Murovec, dr. Gregor Muri, Irena Kranjc, mag. Drago Groselj, mag. Tanja Cegnar, Manca Štrajhar, Marko Rus, Mateja Gjerek (vsi iz Agencije RS za okolje), dr. Griša Močnik (Aerosol d.o.o.)

### Sodelavci:

Bojan Rode, Marinka Lešnik, Anton Planinšek, Darko Turk, Peter Pavli, Janez Rus, Janez Debeljak, Tilen Čepar, dr. Janja Turšič, Irena Kranjc, Judita Burger, Slavica Tratnik, Barbara Ropotar, Karla Hrovat, Marjetka Vrankar, Slavica Šerjak, Jana Radinja

### Kemijske analize:

Kemijske analize delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> 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

### Fotografije:

mag. Albert Kolar, mag. Andrej Šegula, dr. Gregor Muri, mag. Drago Groselj, Tanja Koleša, Peter Pavli, Roman Kocuvan, Marijana Murovec

### Priprava podatkov iz drugih merilnih mrež:

Mestna občina Ljubljana - Elektroinštitut Milan Vidmar  
Mestna občina Maribor - Zavod za zdravstveno varstvo Maribor  
Salonit Anhovo

ISSN 1855-0827

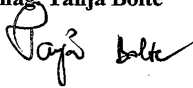
#### Deskriptorji:

Slovenija, zrak, kakovost zraka, žveplov dioksid, dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, ozon, delci, težke kovine, lahkohlapni 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  
mag. Tanja Bolte

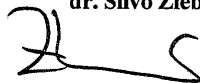


Direktor Urada za hidrologijo in stanje okolja

Jože Knez



Generalni direktor Agencije RS za okolje  
dr. Silvo Žlebir



*Spoštovani,*

*Publikacija se posveča pereči temi kakovosti zunanjega zraka, ki je še posebej v zadnjem času postala zelo aktualna zaradi vse večjega zavedanja o nujnosti čistega zraka za obstoj in razvoj tako ljudi, kot živali in rastlin.*

*Onesnažen zrak je posledica več dejavnikov v okolju. Velik delež k onesnaženosti prispeva človek s svojimi dejanji, predvsem z industrijskimi izpusti, prometom, individualnimi kurišči, pomemben vpliv pa imajo tudi naravni dejavniki, kot so geografski položaj Slovenije, izoblikovanost površja ter vremenske razmere.*

*Zdravo in čisto okolje je želja vsakega človeka!*

*Najzanesljivejši pokazatelj stanja kakovosti zraka so meritve koncentracij onesnaževal. Spremljanje in analiziranje stanja na področju kakovosti zraka izvaja Agencija RS za okolje. Pomembno je, da zagotovimo reprezentativnost podatkov in primerljivost z ostalimi evropskimi državami, zato je potrebno uporabljati standardizirane metode in skupna merila, ki so podana v zakonodaji.*

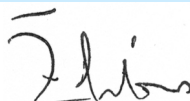
*Če predpisane ciljne vrednosti niso izpolnjene, morajo države z ustreznimi ukrepi to zagotoviti. Zrak ne pozna meja - predvsem ozon in prašni delci se prenašajo preko meja, zato bi se bilo potrebno pri oblikovanju in izvajanju načrtov za kakovost zunanjega zraka uskladiti s sosednjimi državami članicami.*

*Vsi podatki agencije so javno dostopni. Podatke o urnih, dnevnik, mesečnih in letnih koncentracijah onesnaževal objavljamo na spletni strani [www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si) in na teletekstu RTV Slovenija. V primeru preseženih koncentracij izdamo opozorilo in o tem pravočasno obvestimo pristojne institucije (bolnišnice, šole, vrtce, Upravo RS za zaščito in reševanje) ter medije.*

*Pričujoča publikacija »Kakovost zraka v letu 2011« nam daje kratek pregled stanja kakovosti zunanjega zraka, oceno trendov posameznih onesnaževal, zanimive meteorološke situacije v omenjenem letu in s tem povezano povišanje ali znižanje koncentracij.*

*Publikacijo namenjamo širši javnosti, saj se zavedamo, da upravljanje in varovanje zunanjega zraka ne omogoča le učinkovita politika, pač pa z umnim ravnanjem k temu pripomoremo tudi sami.*

*dr. Silvo Žlebir*  
*Generalni direktor Agencije RS za okolje*



# VSEBINA

<b>VSEBINA</b> .....	<b>4</b>
<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>POVZETEK</b> .....	<b>2</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>4</b>
<b>ZAKONODAJA</b> .....	<b>8</b>
ZUNANJI ZRAK .....	9
PADAVINE .....	12
<b>MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA NA STALNIH MERILNIH MESTIH</b> .....	<b>13</b>
MERILNE MREŽE IN NABOR MERITEV .....	14
MERILNE METODE IN KAKOVOST MERITEV .....	18
<i>Zagotavljanje kakovosti podatkov</i> .....	18
<i>Umerjevalni laboratorij – parametri kakovosti zraka</i> .....	23
<i>Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje</i> .....	26
<b>REZULTATI MERITEV</b> .....	<b>35</b>
<i>Žveplov dioksid</i> .....	35
Emisije SO <sub>2</sub> (leto 2010) .....	35
Onesnaženost zraka z žveplovim dioksidom.....	36
<i>Dušikovi oksidi</i> .....	45
Emisije dušikovih oksidov (leto 2010).....	46
Onesnaženost zraka z dušikovimi oksidi.....	46
<i>Ogljikov monoksid</i> .....	53
Emisije ogljikovega monoksida (leto 2010).....	53
Onesnaženost zraka z ogljikovim monoksidom .....	54
<i>Ozon</i> .....	58
Izvori ozona .....	59
Onesnaženost zraka z ozonom .....	60
<i>Delci</i> .....	70
Delci PM <sub>10</sub> .....	72
<i>Določitev virov delcev PM<sub>10</sub> s kemijsko analizo</i> .....	85
<i>Meritve črnega ogljika v Sloveniji</i> .....	88
Delci PM <sub>2,5</sub> .....	93
<i>Kemijska analiza delcev</i> .....	97
Kemijska analiza delcev PM <sub>10</sub> .....	98
Kemijska analiza delcev PM <sub>2,5</sub> .....	105
<i>Lahkohlapni ogljikovodiki</i> .....	107
<i>Živo srebro v zunanjem zraku</i> .....	110
<i>Žveplove in dušikove spojine ter anorganski ioni</i> .....	115
<b>MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA Z MOBILNO POSTAJO</b> .....	<b>118</b>
<b>MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA Z DIFUZIVNIMI VZORČEVALNIKI</b> .....	<b>126</b>
<b>MODELIRANJE KAKOVOSTI ZRAKA</b> .....	<b>130</b>
<b>PROJEKTI</b> .....	<b>136</b>
<b>MERITVE KAKOVOSTI PADAVIN</b> .....	<b>139</b>
MERILNE MREŽE IN NABOR MERITEV .....	140
VZORČENJE IN KAKOVOST MERITEV .....	144
<i>Merilna mreža DMKP</i> .....	144
<i>Merilne mreže na vplivnih območjih termoelektrarn</i> .....	145
<b>REZULTATI MERITEV</b> .....	<b>146</b>
<i>Merilna mreža DMKP</i> .....	146
<i>Merilne mreže na območjih termoelektrarn</i> .....	157
<b>METEOROLOŠKE ZNAČILNOSTI LETA 2011</b> .....	<b>160</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>168</b>

## UVOD

Monitoring zunanjega zraka Agencija RS za okolje izvaja v skladu s *Programom ocenjevanja /17/*, ki je dostopen na spletni strani Agencije RS za okolje.

V februarju 2011 smo v naš pravni red transponirali *Direktivo 2008/50/EC o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo v Uredbo o kakovosti zunanjega zraka (UR. l. RS, št. 9/11)* in *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (UR. l. RS, št. 55/11)*. Naj naštejemo nekaj glavnih sprememb oz. dopolnitev glede na prejšnjo zakonodajo:

- poudarek je na delcih PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> ter na kemijski analizi delcev,
- spremenjeni sta vrednosti spodnjega in zgornjega ocenjevalnega praga koncentracije za delce PM<sub>10</sub>,
- če so preseganja mejne koncentracije delcev posledica naravnih virov, se lahko prispevek teh naravnih virov odšteje,
- poudarek je na načrtih za kakovost zraka (v primeru preseganj predpisanih mejnih vrednosti država pripravi načrte za znižanje koncentracij).

Prav tako sta bila v letu 2011 sprejeta *Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka* in *Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka*. Na podlagi omenjenih aktov bo država pripravila odlok o načrtu za kakovost zunanjega zraka za posamezna podobmočja.

V septembru 2011 smo vzpostavili meritve delcev PM<sub>10</sub> na merilnem mestu Velenje. Podatki bodo objavljeni v poročilu za leto 2012. Dnevne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> od septembra 2011 dalje so javnosti dostopne preko spletni strani ARSO.

V letnem poročilu objavljamo tudi podatke z dopolnilne merilne mreže Mestne občine Maribor (meritve izvaja Zavod za zdravstveno varstvo Maribor). Merilno mesto Tabor je bilo konec leta 2010 ukinjeno. Celoten nabor meritev se izvaja na novi lokaciji Vrbanski plato.

Določitev virov delcev PM<sub>10</sub> s kemijsko analizo smo v letu 2011 izvedli na merilnem mestu Trbovlje. 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<sub>10</sub> po virih.

S kemijsko analizo delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> smo tudi v letu 2011 določali vsebnost težkih kovin in policikličnih organskih spojin v delcih na dveh mestnih merilnih mestih in na podeželski lokaciji na Iskrbi. Meritve delcev in analizo na kovine smo v Žerjavu v Zgornji Mežiški dolini izvajali v skladu z *Odlomkom o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini (Ur.l.RS, št.119/2007)*.

Letno poročilo vključuje rezultate vseh izvedenih meritev v letu 2011, trende, primerjavo s predpisanimi mejnimi vrednostmi iz veljavne zakonodaje in druge značilnosti, ki izhajajo iz rezultatov.

Precejšnja pozornost je veljala spremljanju koncentracij ozona poleti ter s tem povezano opozarjanje prebivalstva in napovedovanje onesnaženosti zraka s tem onesnaževalom. V letu 2011 smo napoved ozona izboljšali. Nadgradili smo statistični model za napovedovanje z modelom, izgrajenim na daljšem časovnem nizu podatkov za posamezno merilno mesto. Prav tako smo vključili tudi napoved ozona za višje ležeča mesta.

V septembru 2011 je Agencija s strani Slovenske akreditacije pridobila listino (reg. Št. LP-30) za sledeče metode: določitev koncentracije delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>, določitev arzena, kadmija, niklja in svinca v delcih PM<sub>10</sub> in določitev benzo(a)pirena v delcih PM<sub>10</sub>.

## POVZETEK

Tudi v letu 2011 smo tako kot v letu poprej imeli predvsem v zimskem času daljša obdobja suhega in hladnega vremena, tako da je onesnaženost zraka ostala na ravni leta 2010 pri večini onesnaževal razen pri delcih  $PM_{10}$  in  $PM_{2,5}$ , kjer se je onesnaženost še nadalje povečala. Poleg prometa in industrije ter drugih manjših virov (resuspenzija prahu, kmetijstvo) vplivajo na onesnaženost 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 povečala zlasti emisija delcev. Problem je predvsem to, da se ne uporabljajo sodobne kurilne naprave z nizkimi emisijami in ne dovolj suha drva.

Kakovost 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 odraza 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 2011:

- Povprečna letna koncentracija **delcev  $PM_{10}$**  je tako kot v prejšnjih dveh letih prekoračila mejno vrednost le na najbolj prometnem merilnem mestu Ljubljana center, dovoljeno letno število prekoračitev mejne dnevne koncentracije pa je bilo preseženo na vseh mestnih merilnih mestih v notranjosti Slovenije. Zgornji ocenjevalni prag koncentracije je bil prekoračen na vseh drugih merilnih mestih razen na Iskrbi, ki je daleč od večjih virov emisije.
- **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 in Iskrba pod spodnjim ocenjevalnim pragom koncentracije, v Žerjavu v Zgornji Mežiški dolini pa je bil pri svincu in kadmiju prekoračen spodnji ocenjevalni prag. Največji razlog je gotovo staro breme, saj je na tem območju desetletja potekala rudniška dejavnost in je okoliška zemlja še vedno močno onesnažena, tako da iz golih površin v okolici (makadamske ceste in dvorišča, bankine, nezatravljene površine – npr. vrtovi) prihaja do dvigovanja ter raznašanja tega prahu po okolici. Poleg tega v Žerjavu obratujejo podjetja MPI Reciklaža metalurgija, plastika in inženiring d.o.o., Tovarna akumulatorskih baterij TAB d.d. in CPM – Gradbeni materiali d.o.o.

- Med policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki je letna ciljna vrednost predpisana le za **benzo(a)piren** in le-ta je bila v letu 2011 prekoračena na mestnih merilnih mestih Ljubljana-Biotehniška fakulteta in Maribor center.
- Koncentracija **benzena**, ki se meri na treh mestnih merilnih mestih, je prekoračila spodnji ocenjevalni prag povprečne letne vrednosti na lokaciji Ljubljana center, na merilnih mestih Maribor center in Ljubljana Bežigrad pa je bila pod spodnjim ocenjevalnim pragom.



- Zaradi neizrazitega poletja oziroma prevladujoče severovzhodne cirkulacije zraka v poletnem času je bila - tako kot v prejšnjih treh letih - onesnaženost zraka z **ozonom** tudi v letu 2011 razmeroma nizka. Urne koncentracije so le nekajkrat prekoračile opozorilno vrednost na Primorskem in ob obali (Nova Gorica, Otlica nad Ajdovščino, Koper), v notranjosti Slovenije pa na Vnajarjih in na sv. Mohorju nad Brestanico. Največ prekoračitev 8-urne ciljne vrednosti pa je bilo tokrat v Kopru, sledita pa višje ležeča Krvavec in Otlica. Na Otlici je bila najbolj prekoračena tudi mejna vrednost parametra AOT40 za varstvo rastlin. Najvišja povprečna letna koncentracija je bila tako kot vsa leta doslej izmerjena na Krvavcu.
- Koncentracije **žveplovega dioksida** so bile tudi v letu 2011 povsod pod spodnjim ocenjevalnim pragom za zaščito zdravja. Le na dveh višje ležečih krajih v Zasavju in na sv. Mohorju nad Brestanico 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 Ljubljana Bežigrad 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 Rakičanu, ki pa zaradi bližine ceste ni povsem reprezentativna lokacija, pa je bil prekoračen spodnji ocenjevalni prag.
- Koncentracije **ogljikovega monoksida** so bile na vseh merilnih mestih pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

## SUMMARY

As in 2010, there were longer periods of dry and cold weather during winter months also in 2011, so the air pollution was mostly on the level of 2010, but with further increase in  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  particles. Besides traffic and industry, small individual heating devices using out-of-date technology and »unclean« fuels considerably contribute to pollution with particulate matter in some populated areas.

Air quality is significantly worse during wintertime when stable non-moving air masses with frequent temperature inversions develop especially over valleys and basins of the interior Slovenia (e. g. Zasavje region), and the need for heating increases.

In 2011 there were more than 35 allowed exceedances of the daily  $PM_{10}$  concentrations at all urban sites in the interior of Slovenia. The upper assessment threshold (UAT) was exceeded elsewhere except at Iskrba EMEP station, which is far from major emission sources.  $PM_{2.5}$  particles were below the annual limit value.

Relatively low **ozone** concentrations in recent years have been the result of unpronounced summers or the prevailing north-east winds. There were just a few exceedances of the ozone information threshold in 2011 at the Primorska and the coastal region, and also at two stations in the interior Slovenia. The 8-hour target value was most frequently exceeded at the coastal station of Koper, followed by the Krvavec and Otlica stations of higher altitude.

**Nitrogen dioxide** was above the limit annual concentration at the urban heavy traffic spot of Ljubljana center. The UAT was exceeded at another traffic station of Maribor center, and the lower assessment threshold (LAT) at the urban background sites of Ljubljana Bežigrad and Nova Gorica.

**Benzene** exceeded the LAT 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  $SO_2$  LAT for vegetation at two sites of higher altitude in the Trbovlje Power Plant influential area, and heavy metals (LAT of cadmium and lead) in the Zgornja Mežiška dolina (village of Žerjav), which still suffers the aftereffects of former lead mine activities, and there is also some industry in the valley.

**Tabela:** Pregled koncentracij onesnaževal, za katera so predpisane mejne vrednosti, v letu 2011. Prekoračene mejne vrednosti so v rdečem tisku, v sivem tisku pa so rezultati z merilnih mest, ki niso reprezentativna za varstvo rastlin.

**Table:** Overview of concentrations of pollutants, for which limit values are defined, in 2011. 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 <sub>2</sub>				dušikov dioksid NO <sub>2</sub>		dušikovi oksidi NO <sub>x</sub>	ogljikov monoksid CO	delci PM <sub>10</sub>		delci PM <sub>2,5</sub>	Ozon O <sub>3</sub>		benzen C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	arzen v PM <sub>10</sub> As	kadmij v PM <sub>10</sub> Cd	nikelj v PM <sub>10</sub> Ni	svinec v PM <sub>10</sub> Pb	benzo(a) piren v PM <sub>10</sub>
	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/8 hours	leto/year	leto/year	leto/year	leto/year	leto/year	leto/year
	Cp (µg/m <sup>3</sup> )	Cp (µg/m <sup>3</sup> )	>MV	>MV	Cp (µg/m <sup>3</sup> )	>MV	Cp (µg/m <sup>3</sup> )	Cmax (mg/m <sup>3</sup> )	Cp (µg/m <sup>3</sup> )	>MV	Cp (µg/m <sup>3</sup> )	>OV	>CV	Cp (µg/m <sup>3</sup> )	Cp (ng/m <sup>3</sup> )	Cp (ng/m <sup>3</sup> )	Cp (ng/m <sup>3</sup> )	Cp (ng/m <sup>3</sup> )	Cp (ng/m <sup>3</sup> )
<b>DMKZ</b>																			
Ljubljana Bežigrad	3	3	0	0	31	0	56	2,2	32	63			0	44	1,6				
Ljubljana Biotehniška f. Maribor center									30	51	25				0,6	0,4	7,2	11,0	1,1
Maribor center	3	4	0	0	34	0	70	2,6	34	64	26	0	0		1,9	0,8	0,5	3,2	11,5
Maribor Vrbanski plato* Kranj					12	0	17		26	25	23	0	37						
Kranj									30	55									
Novo mesto									32	69									
Celje	6	6	0	0	25	0	47	-	35	73		0	39						
Trbovlje	7	7	0	0	17	0	33	2,2	35	68		0	23						
Hrastnik	5	5	0	0					30	51		0	36						
Zagorje	7	8	0	0					36	75		0	15						
Murska S.-Rakičan					16	0	22		33	71		0	44						
Nova Gorica					28	0	57		27	28		2	66						
Koper					22	0	28		27	21		4	81						
Krvavec								0,4				0	76						
Žerjav									34	79				1,9	2,3	2,4	298		
Iskrba	1,0	1,4			2,1				16	3	14	0	35	0,5	0,2	2,3	3,6		0,2
Otlica												1	76						
<b>EIS TES</b>																			
Šoštanj	5	7	0	0															
Topolšica	3	4	0	0															
Veliki Vrh	6	4	3	0															
Zavodnje	4	4	1	0	9	0	11					0	59						
Velenje	3	3	0	0								0	38						
Graška Gora	2	3	0	0															
Pesje	5	6	0	0					22	16									
Škale	7	6	0	0	8	0	10		23	20									
<b>EIS TET</b>																			
Kovk	11	10	0	0	11	0	13					0	65						
Dobovec	8	7	2	0	6	0	7												
Kum	4	3	0	0															
Ravenska Vas	11	9	3	0															
Prapretno									34	49									
<b>OMS Ljubljana center</b>	4	5	0	0	55	0	105		44	94				3,1					
<b>TE-TO Ljubljana (Vnajarje)</b>	3	4	0	0	7	0	8		26	12		2	72						
<b>MO Maribor-Pohorje</b>												0	57						
<b>EIS TEB (sv.Mohor)</b>	3	9	0	0	8	0	9					1	80						
<b>EIS Anhovo (Morsko)</b>									21	13									
<b>EIS Anhovo (Gor.Polje)</b>									23	18									

Oznake pri tabeli / legend to table:

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

**Tabela:** Raven koncentracij onesnaževal, za katera so predpisane mejne vrednosti, v letu 2011 (z – varovanje zdravja, v – varstvo rastlin)

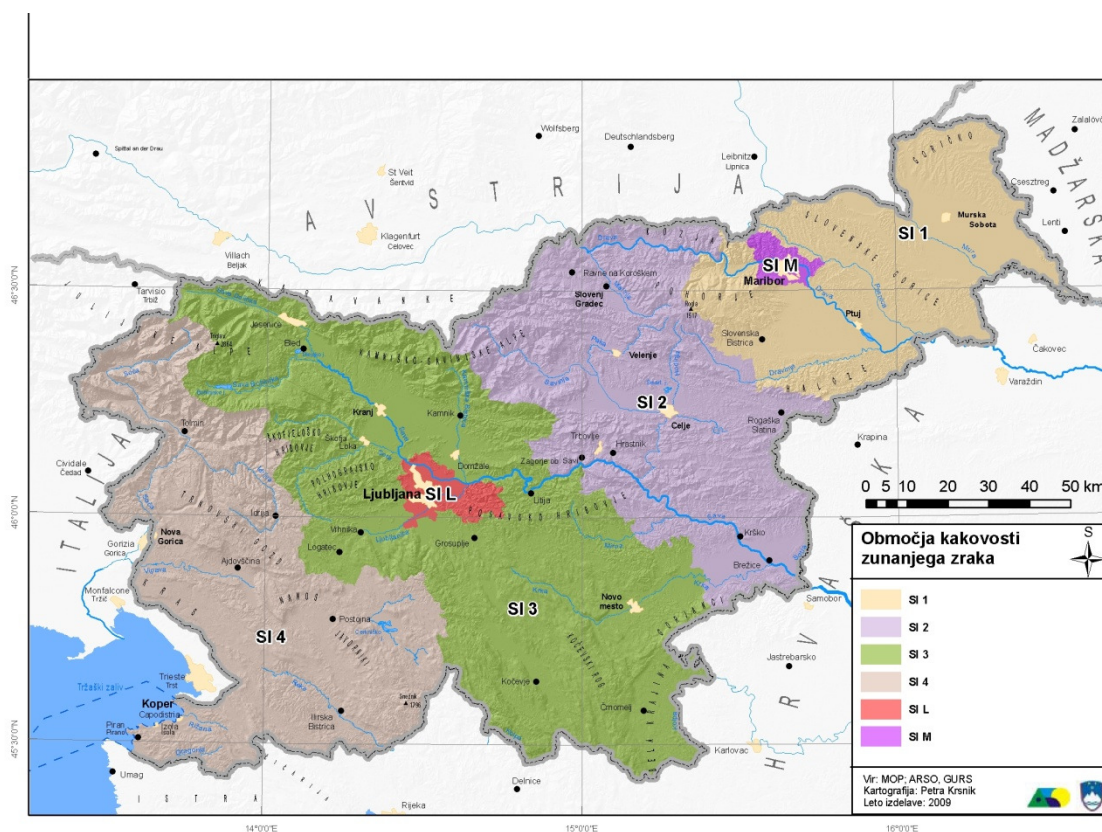
**Table:** Concentration level of pollutants, for which limit values are defined, in 2011 (z – protection of health, v – protection of vegetation)

Merilno mesto/ site	območje/ Zone code	Žveplov dioksid SO <sub>2</sub> <sup>*</sup>		dušikov dioksid NO <sub>2</sub> <sup>*</sup>		dušikovi oksidi NO <sub>x</sub> <sup>*</sup>		ogljikov monoksid CO <sup>*</sup>			ozon O <sub>3</sub>			delci PM <sub>10</sub> <sup>*</sup>		delci PM <sub>2.5</sub> <sup>*</sup>		benzen C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> <sup>*</sup>	arzen v PM <sub>10</sub> As <sup>*</sup>	kadmij v PM <sub>10</sub> Cd <sup>*</sup>	nikelj v PM <sub>10</sub> Ni <sup>*</sup>	svinec v PM <sub>10</sub> Pb <sup>*</sup>	benzo(a) piren v PM <sub>10</sub> <sup>*</sup>
		z	v	z	v	z	z	z	v	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z	
<b>DMKZ</b>																							
Ljubljana Bežigrad	SIL																						
Ljubljana Biotehniška f.	SIL																						
Maribor center	SIM																						
Maribor Vrbanski plato <sup>*</sup>	SIM																						
Kranj	SI3																						
Novo mesto	SI3																						
Celje	SI2																						
Trbovlje	SI2																						
Hrastnik	SI2																						
Zagorje	SI2																						
Murska S.-Rakičan	SI1																						
Nova Gorica	SI4																						
Koper	SI4																						
Žerjav	SI3																						
Krvavec	SI3																						
Iskrba	SI3																						
Otlica	SI3																						
<b>EIS TES</b>																							
Šoštanj	SI2																						
Topolšica	SI2																						
Veliki Vrh	SI2																						
Zavodnje	SI2																						
Velenje	SI2																						
Graška Gora	SI2																						
Pesje	SI2																						
Škale	SI2																						
<b>EIS TET</b>																							
Kovk	SI2																						
Dobovec	SI2																						
Kum	SI2																						
Ravenska Vas	SI2																						
Prapretno	SI2																						
OMS Ljubljana center	SIL																						
TE-TO Ljubljana (Vnajarje)	SI3																						
MO Maribor-Pohorje	SIM																						
EIS TEB (sv.Mohor)	SI2																						
EIS Anhovo (Morsko)	SI4																						
EIS Anhovo (Gor. Polje)	SI4																						

Legenda:

- \* določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag
- prekoračena mejna (ciljna) vrednost/ limit (target) value exceeded
- prekoračen zgornji ocenjevalni prag/ upper assessment threshold exceeded
- prekoračen spodnji ocenjevalni prag/ lower assessment threshold exceeded
- koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom oz. mejno ali ciljno vrednostjo/ concentration below the lower assessment threshold (or limit or target value)

- prekoračena opozorilna vrednost/ information threshold exceeded
- mejna vrednost ni določena/ limit value is not prescribed
- ni meritev/ no monitoring
- ni podatkov/ no data
- Meritve NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> in O<sub>3</sub> izvaja MO Maribor / NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> and O<sub>3</sub> monitoring is carried out by MO Maribor



**Slika:** Območja kakovosti zunanjega zraka  
**Picture:** Zones of Air quality

Agencija RS za okolje je v oktobru 2010 pripravila *Oceno onesnaženosti z žveplovim dioksidom, dušikovimi oksidi, delci PM<sub>10</sub>, ogljikovim monoksidom, benzenom, težkimi kovinami (Pb, As, Cd, Ni) in policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki (PAH) v Sloveniji /20/* na osnovi podatkov iz obdobja 2005-2009, ki je objavljena na spletni strani Agencije za okolje. V omenjeni oceni je Slovenija še vedno razdeljena na dve aglomeraciji in štiri območja. Na podlagi ocene sta bila sprejeta Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka in Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesanženost zunanjega zraka.

Tabela / Table: Območja / Zones

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

Tabela / Table: Poseljeno območje / agglomeration

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

## ZAKONODAJA



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

**Uredbe, ki urejajo področje kakovosti zunanjega zraka, določajo 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 in standardi kakovosti so prav tako predpisani z uredbami oz. pravilniki, podatke pa morajo poročati na Evropsko okoljsko agencijo (EEA) 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 znanstvenim raziskavam in ocenam prenosa onesnaževal z zračnimi tokovi na velike razdalje.**

## Zunanji zrak

mag. Tanja Bolte

Osnova slovenske zakonodaje na področju kakovosti zunanjega zraka (v nadaljevanju kakovost zraka) je *Zakon o varstvu okolja (ZVO, 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 in 108/09)*.

V veljavi je sledeča zakonodaja s področja kakovosti zunanjega zraka

- Uredba o kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 9/11),
- Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 55/11),
- Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku (Ur.l. RS, št. 56/06),
- Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 58/11),
- Odredba o določitvi območ in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesaženost zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 50/11),
- Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini (Ur.l. RS, št. 119/07),
- Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (CLRTAP, protokol EMEP),
- Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur.l. RS, št. 31/07, 61/09).

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.

Mejna vrednost (MV) 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 (AV) 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 (SOP in ZOP). 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.

**Tabela 1:** Mejne, alarmne, dopustne in ciljne vrednosti ter sprejemljiva preseganja koncentracij za leto 2011:

Onesnaževalo	1 ura	3 ure	8 ur	dan	zima	leto
žveplov dioksid ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	350 (MV) <sup>1</sup>	500 (AV)		125 (MV) <sup>3</sup> 75 (ZOP) <sup>3</sup> 50 (SOP) <sup>3</sup>	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) <sup>2</sup> 100 (SOP) <sup>2</sup> 140 (ZOP) <sup>2</sup>	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 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )			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) <sup>5</sup>			40 (MV)
za varstvo:	zdravja		zdravja			materialov
						<b>AOT40</b>
						maj-julij    april-sept.
						18000 (MV)    20000 (MV) rastlin    gozdov
delci PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) *				50 (MV) <sup>4</sup> 25 (SOP) <sup>4</sup> 35 (ZOP) <sup>4</sup>		40 (MV) 20 (SOP) 28 (ZOP)
za varstvo:				zdravja		zdravja
delci PM <sub>2,5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*						28(MV)=25 (CV) + 2,9 (SP) 12 (SOP) 17 (ZOP)
za varstvo:						Zdravja
svinec <sup>▲</sup> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						0,5 (MV) 0,25 (SOP) 0,35 (ZOP)
za varstvo:						zdravja
kadmij <sup>▲</sup> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )						5 (CV) 2 (SOP) 3 (ZOP)
za varstvo:						zdravja
arzen <sup>▲</sup> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )						6 (CV) 2,4 (SOP) 3,6 (ZOP)
za varstvo:						zdravja
nikelj <sup>▲</sup> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )						20 (CV) 10 (SOP) 14 (ZOP)
za varstvo:						zdravja
benzo(a)piren <sup>▲</sup> ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )						1 (CV) 0,4 (SOP) 0,6 (ZOP)
za varstvo:						zdravja

<sup>1</sup> – vrednost je lahko presežena 24-krat v enem letu

<sup>2</sup> – vrednost je lahko presežena 18-krat v enem letu

<sup>3</sup> – vrednost je lahko presežena 3-krat v enem letu

<sup>4</sup> – vrednost je lahko presežena 35-krat v enem letu

<sup>5</sup> – vrednost je lahko presežena 25-krat v enem letu

<sup>▲</sup> izmerjeno v delcih PM<sub>10</sub>



Za živo srebro ni določene mejne letne ali ciljne koncentracije.

\* Med leti 2008 in 2015 velja za delce PM<sub>2,5</sub> letna mejna vrednost koncentracije 25 µg/m<sup>3</sup> povečana za sprejemljivo presežanje, vsako leto za 20 % (tabela 2). To pomeni, da je v letu 2010 mejna letna vrednost za delce PM<sub>2,5</sub> 28,6 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabela 2:** Vrednosti sprejemljivega presežanja (SP) v µg/m<sup>3</sup> za koncentracijo delcev PM<sub>2,5</sub>

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

Vse uredbe 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 (poglavje 1.1). 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.

## Padavine

Za izvajanje državnega monitoringa kakovosti padavin v Sloveniji v okviru državne merilne mreže padavin (DMKP) je v skladu z *Zakonom o varstvu okolja* zadolžena Agencija RS za okolje. 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.

Monitoring kakovosti padavin izvajamo v skladu z naslednjimi akti, ki so podrobneje navedeni že v poglavju Zakonodaja:

- Zakon o varstvu okolja (Ur.l. RS, št. 39/06-ZVO-1-UPB1, 49/06-ZMetD in 66/06-OdlUS 112/06-OdlUS, 33/07-ZPNačrt, 57/08-ZFO-1A, 70/08 in 108/09),
- Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 55/11),
- Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku (Ur.l. RS, št. 56/06) in
- Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (CRLTAP).

## MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA NA STALNIH MERILNIH MESTIH

mag. Tanja Bolte, mag. Andrej Šegula



Merilno mesto Novo mesto (foto: Darko Turk)

Mrežo meritev onesnaženosti zraka v Sloveniji sestavljajo avtomatska merilna mreža stalnih ekološko-meteoroloških postaj državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), ki jo vodi Agencija RS za okolje (ARSO), ter dopolnilne avtomatske merilne mreže, v katerih izvajajo meritve drugi izvajalci (TE Šoštanj, TE Trbovlje, mestni občini Ljubljana, Maribor).

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 (v nadaljevanju Iskrba) in Krvavec, na katerih izvajamo meritve ozadja onesnaženosti zraka, in ki sta vključeni v mednarodni mreži EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) in WMO-GAW (World Meteorological Organisation – Global Atmosphere Watch).

## Merilne mreže in nabor meritev

mag. Andrej Šegula

**Za leto 2011 objavljamo podatke o kakovosti zunanje zraka za 36 stalnih merilnih mest po Sloveniji.**

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-TO Ljubljana in MO Ljubljana nam posreduje Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV), podatke za merilna mesta v Maribor Vrbanski plato in Maribor pohorje Zavod za zdravstveno varstvo Maribor (ZZV Mb) ter podatke za Morsko in Gorenje polje Salonit Anhovo.

Z letom 2011 so bile ukinjene meritve ogljikovega monoksida v Novi Gorici, ker so bile izmerjene koncentracije zadnjih pet let pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Izmenično vsako drugo leto potekajo meritve ogljikovega monoksida na merilnih mestih Celje in Nova Gorica – v letu 2011 so se izvajale v Celju.

V Mariboru se je postaja EIS MO Maribor preselila z lokacije Tabor na Vrbanski plato, kjer ZZV Maribor izvaja meritve dušikovih oksidov, ozona in delcev PM<sub>10</sub>, ARSO pa meri delce PM<sub>2,5</sub>.

Kemijske analize delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> 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 merilni mreži DMKZ še mobilna postaja, ki je bila v letu 2011 locirana na štirih lokacijah v Sloveniji. Z mobilno postajo izvajamo meritve kakovosti zunanje zraka na področjih, kjer ni stalnih meritev.

Lokacije vseh merilnih mest so določene v skladu s priporočili *Pravilnika o monitoringu kakovosti zunanje zraka*, 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, 1998 /16/*.

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.

Merilna mesta mestnega ozadja (Ljubljana Bežigrad, Ljubljana BF, Maribor Vrbanski plato, Celje, Nova Gorica, Koper, Kranj, Novo mesto) 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 takih lokacijah je od 60 do 70 % višja kot na lokacijah mestnega ozadja, kjer živi večina prebivalstva

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 Rakičan pri Murski Soboti 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.

Podrobnejši opis merilnih mest, ki delujejo znotraj DMKZ, se nahaja na Atlasu okolja.

Podatki meritev z merilnih mest Krvavec, Iskrba pri Kočevski Reki in Otlica nad Ajdovščino 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.

**Tabela 1:** Merilna mesta za meritve kakovosti zraka v letu 2011

Kraj	NV	GKKy	GKKx	Tip m. mesta	Tip območja	Značilnost območja	Geog. opis
<b>DMKZ</b>							
Ljubljana Bežigrad	299	462673	102490	B	U	RC	16
Ljubljana BF	297	459457	100591	B	U	R	16
Maribor center	270	550305	157414	T	U	RC	16
Maribor Vrbanski plato*	250	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 S. Rakičan	188	591591	168196	B	R(NC)	A	16
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
<b>MOBILNA postaja-DMKZ</b>							
Slovenska Bistrica	270	542613	139281	B	S	IR	16
Celje Bukovžlak	250	523550	121325	B	S	IR	16
Dravograd	400	501488	160579	B	S	IR	2
Ilirska Bistrica	410	439821	47924	B	R(NC)I	IRA	2
<b>OMS LJUBLJANA</b>							
Ljubljana center	300	461919	101581	T	U	RC	16
<b>EIS-TEŠ</b>							
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
<b>EIS-TET</b>							
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
<b>EIS-TEB</b>							
Sv. Mohor	390	537299	93935	B	R	A	32
<b>EIS-TE-TOL</b>							
Vnajnarje	630	474596	100884	I	R	A	32
<b>EIS MARIBOR</b>							
Maribor Vrbanski plato*	250	548452	158497	B	U	R	16
Maribor Pohorje	725	544682	148933	B	R	A	32
<b>EIS ANHOVO</b>							
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  
N - naravno  
**Geografska značilnost:** 1 – gorsko  
2 - dolina  
4 – obala  
16 – ravnina  
32 – razgibano

**Tabela 2:** Meritve onesnaževal in meteoroloških parametrov na merilnih mestih v letu 2011

Kraj	žveplov dioksid SO <sub>2</sub>	ozon O <sub>3</sub>	dušikovi oksidi NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	delci PM <sub>10</sub>	delci PM <sub>2,5</sub>	ogljikov monoksid CO	lahko-hlapni ogljikovodiki	težke kovine in PAH v delcih PM <sub>10</sub>	žveplove in dušikove spojine/anorganski ioni	težke kovine in ioni v delcih PM <sub>2,5</sub>	EC/OC v PM <sub>2,5</sub>	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		+											+
Mobilna postaja	+	+	+	+		+	+						+
OMS LJUBLJANA													
Ljubljana center	+		+	+			+						+
EIS-TEŠ													
Šoštanj	+												+
Topolšica	+												+
Veliki Vrh	+												+
Zavodnje	+		+										+
Velenje	+	+											+
Graška gora	+												+
Pesje	+			+									
Škale	+		+	+									+
EIS-TET													
Dobovec	+		+										+
Kovk	+	+	+										+
Ravska vas	+												+
Kum	+												+
Prapretno				+									+
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

PM<sub>10</sub> delci z aerodinamičnim premerom do 10 µm  
 PM<sub>2,5</sub> delci z aerodinamičnim premerom do 2,5 µm  
 PAH policiklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM<sub>10</sub>  
 Težke kovine arzen, kadmij, nikelj in svinec v delcih PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>  
 \*\* 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

**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 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, nerefarenčna metoda za PM<sub>10</sub>, CO in VOC se določajo z merilno opremo, katere rezultati so koncentracije v realnem času - t.i. urni podatki.

Koncentracije delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> 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 PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> je potrebna analiza vzorčenih filtrov, rezultati so na voljo po zaključku analize.

*Priloga 6 Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l.RS, št 55/11)* določa, da je treba za plinasta onesnaževala prostornino standardizirati pri temperaturi 293 K in tlaku 101,3 kPa, za delce in snovi, ki jih je treba 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 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. Vse ostalo, 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 (SKZ), ki je zadolžen za kontrolo podatkov, in Sektor za vzdrževanje in razvoj merilnih mrež (v nadaljevanju SVRMM). Pregledajo se podatki s postaj, napake se vpišejo v Obratovalne dogodke informacijskega sistema merilnih mrež (OD ISMM). 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 merilno negotovostjo, 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.

### **Merilna mreža EIMV**

Obratovalni monitoring kakovosti zunanjega zraka mora biti skladen z državno mrežo za zagotavljanje kakovosti zunanjega zraka in z vso veljavno zakonodajo še posebej z zahtevami *Uredbe o kakovosti zunanjega zraka* in *Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka*. Zagotavljanje skladnosti z državno merilno mrežo 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 onesnažil 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 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 14212:2005 - Kakovost zunanjega zraka – Standardna metoda za določanje koncentracije žveplovega dioksida z ultravijolično fluorescenco.

#### **Referenčna metoda za merjenje dušikovega dioksida in dušikovih oksidov**

Standard SIST EN 14211:2005 – Kakovost zunanjega zraka - Standardna metoda za določanje koncentracije dušikovih oksidov - Kemoluminiscenčna metoda.

#### **Referenčna metoda za merjenje ogljikovega monoksida**

Standard SIST EN 14626:2005 - Kakovost zunanjega zraka – Standardna metoda za določanje koncentracije ogljikovega monoksida z nedisperzivno infrardečo spektroskopijo.

#### **Referenčna metoda za merjenje ozona**

Standard SIST EN 14625:2005 - Kakovost zunanjega zraka – Standardna metoda za določanje koncentracije ozona z ultravijolično fotometrijo.

#### **Referenčna metoda za vzorčenje in merjenje benzena**

Standard SIST EN 14662-3:2005 - Kakovost zunanjega 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 PM<sub>10</sub>**

Standard SIST EN 12341:2000 - Kakovost zunanjega zraka – Določitev frakcije suspendiranih delcev PM<sub>10</sub> – Referenčna metoda in terenski preskusni postopek za potrditev enakovrednosti

merilnih metod. Načelo meritve temelji na zbiranju frakcije delcev  $PM_{10}$  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 zunanjega zraka – Standardna gravimetrična metoda za določevanje masne frakcije suspendiranih delcev  $PM_{2,5}$ .

Kjer meritve delcev  $PM_{10}$  izvajamo z referenčnim merilnikom Leckel, 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 $PM_{10}$**

Standard SIST EN 14902:2005 - Kakovost zunanjega zraka – Standardna metoda za določevanje Pb, Cd, As in Ni v frakciji  $PM_{10}$  lebdečih delcev.

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

#### **Metoda za vzorčenje in analizo policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) v $PM_{10}$**

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

#### **Vzorčenje in analiza ionov v delcih $PM_{2,5}$ in $PM_{10}$**

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 $PM_{10}$**

Uporabljamo protokol EUSAAR 2.

Za določevanje ionov ter za določevanje elementarnega/organskega ogljika v delcih  $PM_{2,5}$  in  $PM_{10}$  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 ( $NO_2$ ) v zraku izvajamo z jodidno absorpcijsko metodo (metoda EMEP) 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 metodi EMEP 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 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 <sub>2</sub>	MLU, ML	ultravijolična fluorescenca
NO <sub>2</sub>	MLU, API, TEI	kemoluminiscenca
O <sub>3</sub>	MLU, API, TEI	ultravijolična fotometrična metoda
CO	MLU	nedisperzivna infrardeča absorpcija
VOC	AirmoVOC	plinski kromatograf
PM <sub>10</sub>	TEOM, TEOM-FDMS referenčni merilnik Leckel, Digital, Derenda	oscilirajoča mikrotehnična gravimetrična metoda
PM <sub>2,5</sub>	referenčni merilnik	gravimetrična metoda
Ioni v delcih PM <sub>2,5</sub> in PM <sub>10</sub>	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ionska kromatografija
EC/OC v delcih PM <sub>2,5</sub> in PM <sub>10</sub>	referenčni merilnik	gravimetrična metoda OC/EC analizator z optično korekcijo
Težke kovine v delcih PM <sub>10</sub>	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ICP-MS metoda
Policiklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM <sub>10</sub> (PAH)	referenčni merilnik	gravimetrična metoda plinskim kromatografom sklopljen z masnim spektrometrom (GC-MS),
Levoglukoza v PM <sub>10</sub>	referenčni merilnik	gravimetrična metoda ionska kromatografija
Elementarno živo srebro v zraku	Mercury Instruments Analytical Technologies	atomska absorpcijska spektroskopija hladnih par
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (g), SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (p), NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (p)+HNO <sub>3</sub> (g), NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (p)+NH <sub>3</sub> (g), Na <sup>+</sup> (p), K <sup>+</sup> (p), Ca <sup>2+</sup> (p), Mg <sup>2+</sup> (p), Cl <sup>-</sup> (p)	NILU EK vzorčevalnik zraka	ionska kromatografija
NO <sub>2</sub> (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

V letu 2011 je umerjanja analizatorjev in izvorov plina, ki se uporabljajo v merilni mreži onesnaženosti zraka, izvajal Umerjevalni laboratorij Agencije RS za okolje za naslednje parametre kakovosti zraka: ogljikov monoksid (CO), žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>), dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>) in ozon.

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



Umerjevalni laboratorij - področje parametrov kakovosti zraka (mag. Drago Groselj)

### Merilne metode

Umerjevalni laboratorij uporablja referenčne metode za ocenjevanje koncentracij ogljikovega monoksida, žveplovega dioksida, dušikovega oksida in ozona skladno s *Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka* 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.
- Dušikovi oksidi - standardna metoda za določevanje koncentracij dušikovitih oksidov s kemoliminiscenco.
- Ozon - standardna metoda za določevanje koncentracij dušikovitih 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.

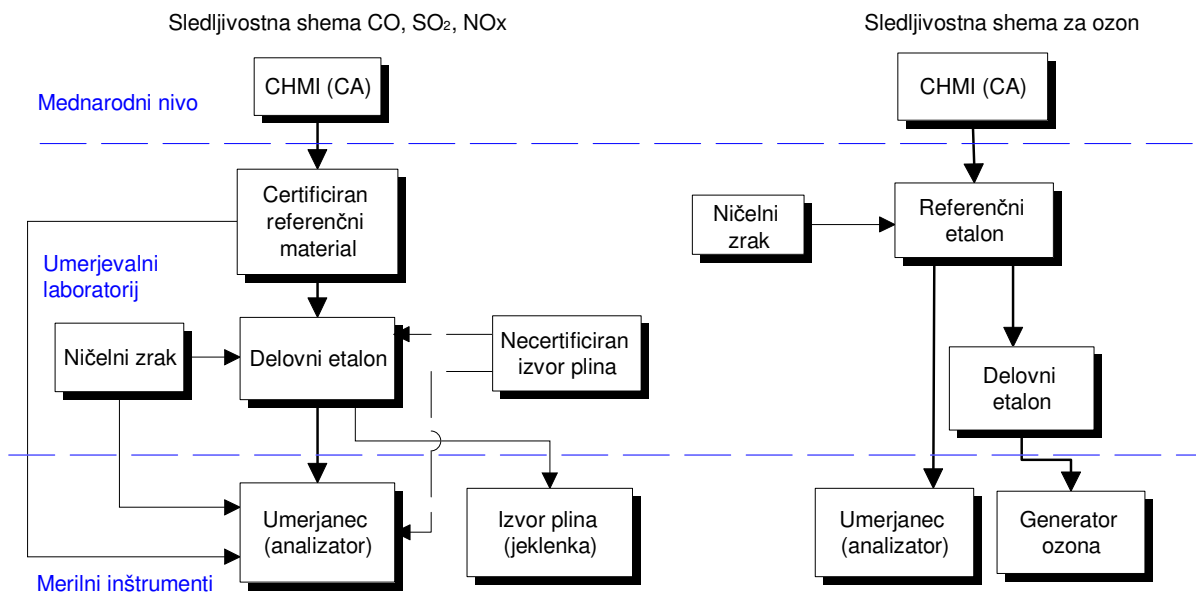
V primeru umerjanja analizatorjev ozona pa se, kot referenčni etalon, uporablja generator ozona, ki je sledljiv na CHMI. Z njim se umerja delovni etalon ali pa direktno merilni inštrument.

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. 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 NO<sub>2</sub>.

Umerjanja in 'testi primernosti' merilnih inštrumentov mreže kakovosti zraka so se v letu 2011 izvajali enkrat letno.



Sledljivostna shema kalibracij v Umerjevalnem laboratoriju

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, dušikovi oksidi, žveplov dioksid in ozon. V letu 2011 se je Umerjevalni laboratorij udeležil medlaboratorijske primerjave omenjenih parametrov.

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 <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	4 ÷ 500 ppbv	4.2 ppbv + c·0.072	primerjalna metoda
Koncentracija O <sub>3</sub>	6 ÷ 500 ppbv	5.0 ppbv + c·0.034	primerjalna metoda
Analizator CO	0 ÷ 13700 ppbv	170 ppbv + c·0.02	direktna metoda
	0 ÷ 15000 ppbv	280 ppbv + c·0.036	primerjalna metoda
Analizator SO <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	0 ÷ 500 ppbv	4.2 ppbv + c·0.072	primerjalna metoda
Analizator O <sub>3</sub>	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, dr. Gregor Muri

V letu 2011 je vse kemijske analize v delcih in v padavinah z izjemo živega srebra izvajal Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje (KAL ARSO).

### Električna prevodnost

Električna prevodnost se določa v padavinah.

Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana – Bežigrad in Iskrba pri Kočevski Reki. Tedenske padavine se analizirajo iz merilnih postaj Rateče – Planica, Rakičan pri Murski Soboti in Škocjan. Slep vzorec predstavlja MQ voda, s katero vzorčevalec spere lijak ob začetku zbiranja vzorca padavine, s čimer se kontrolira čistost vzorčevalnika.

Vzorec padavine prelijemo v čašo ter počakamo, da se segreje na sobno temperaturo. Električno prevodnost izmerimo s konduktometrom WTW InoLab 730. Elektrodo in temperaturni senzor najprej dobro speremo z MQ vodo, potem pa še z vzorcem. Nato elektrodo in temperaturni senzor potopimo v čašo, ter počakamo, da se vrednost električne prevodnosti na inštrumentu stabilizira.



Rezultate podajamo v  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pri  $25^\circ\text{C}$ . Električno prevodnost določamo v skladu s standardom SIST EN 27888. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

## **pH vrednost**

pH se določa v padavinah. Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana – Bežigrad in Iskrba pri Kočevski Reki. Tedenske padavine se analizirajo iz merilnih postaj Rateče – Planica, Rakičan pri Murski Soboti in Škocjan.

Vzorec padavine prelijemo v čašo ter počakamo, da se segreje na sobno temperaturo. pH izmerimo s pH metrom WTW 540 GLP, s stekleno elektrodo SenTix HW. Stekleno elektrodo, temperaturni senzor in mešalo najprej dobro speremo z MQ vodo, potem pa še z vzorcem. Nato stekleno elektrodo, temperaturni senzor in mešalo potopimo v čašo, ter počakamo, da se vrednost pH na inštrumentu stabilizira. pH določamo v skladu s standardom SIST ISO 10523. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

## **Glavni ioni**

Anioni ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , in  $\text{SO}_4^{2-}$ ) in kationi ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  in  $\text{Ca}^{2+}$ ) se določajo v padavinah in v vzorcih filtrov zunanjega zraka.

## Padavine

Analizirajo se dnevne padavine iz merilnih postaj Ljubljana – Bežigrad in Iskrba pri Kočevski Reki. Tedenske padavine se analizirajo iz merilnih postaj Rateče – Planica, Rakičan pri Murski Soboti in Škocjan. Slep vzorec predstavlja MQ voda, s katero vzorčevalec spere lijak ob začetku zbiranja vzorca padavine, s čimer se kontrolira čistost vzorčevalnika. Vsa embalaža in pripomočki za vzorčenje mora biti ustrezno čista. Njihovo čistost pred oddajo na teren preverimo.

Vzorec padavine analiziramo v čim krajšem času po prejemu v laboratorij. Pred analizo vzorec ne potrebuje dodatne obdelave, temveč ga samo filtriramo skozi membranski filter  $0,45\ \mu\text{m}$ , da se odstranijo trdni delci. V vzorcu določamo vse anione in katione. Anione določamo v skladu s standardom *SIST EN ISO 10304-1*, za katione pa je osnova standard *SIST EN ISO 14911*. Obe metodi sta akreditirani pri Slovenski akreditaciji.

## Filtri

Analizirajo se dnevni filtri iz filter kompletov (»filter pack«), ki vsebujejo teflonski, oksalni in KOH filter, in sicer iz merilne postaje Iskrba pri Kočevski reki.

Vzorčenje je 24-urno s pretokom zraka okrog  $14\ \text{l}/\text{min}$  skozi tri zaporedne filtre. Prvi teflonski filter zbira lebdeče delce velikosti okrog  $0,1\text{--}10\ \mu\text{m}$ . Na tem filteru določamo koncentracije aerosolov  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  in  $\text{K}^+$ . Drugi, celulozni filter Whatman 40, je impregniran z raztopino KOH, ki absorbira kisle pline  $\text{SO}_2$  in  $\text{HNO}_3$ . Tretji, prav tako celulozni filter Whatman 40, je impregniran z oksalno kislino in je namenjen vzorčenju  $\text{NH}_3$ . Metoda omogoča v primeru žvepla dobro ločitev med plinsko fazo ( $\text{SO}_2$ ) in trdno fazo (aerosol  $\text{SO}_4^{2-}$ ), v primeru oksidirane in reducirane oblike dušika pa ločitev ni popolna, zato podajamo rezultat meritve kot vsoto koncentracij v plinski fazi ( $\text{HNO}_3$  in  $\text{NH}_3$ ) in trdi fazi (aerosoli  $\text{NO}_3^-$  in  $\text{NH}_4^+$ ), t.j.  $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$  in  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ .

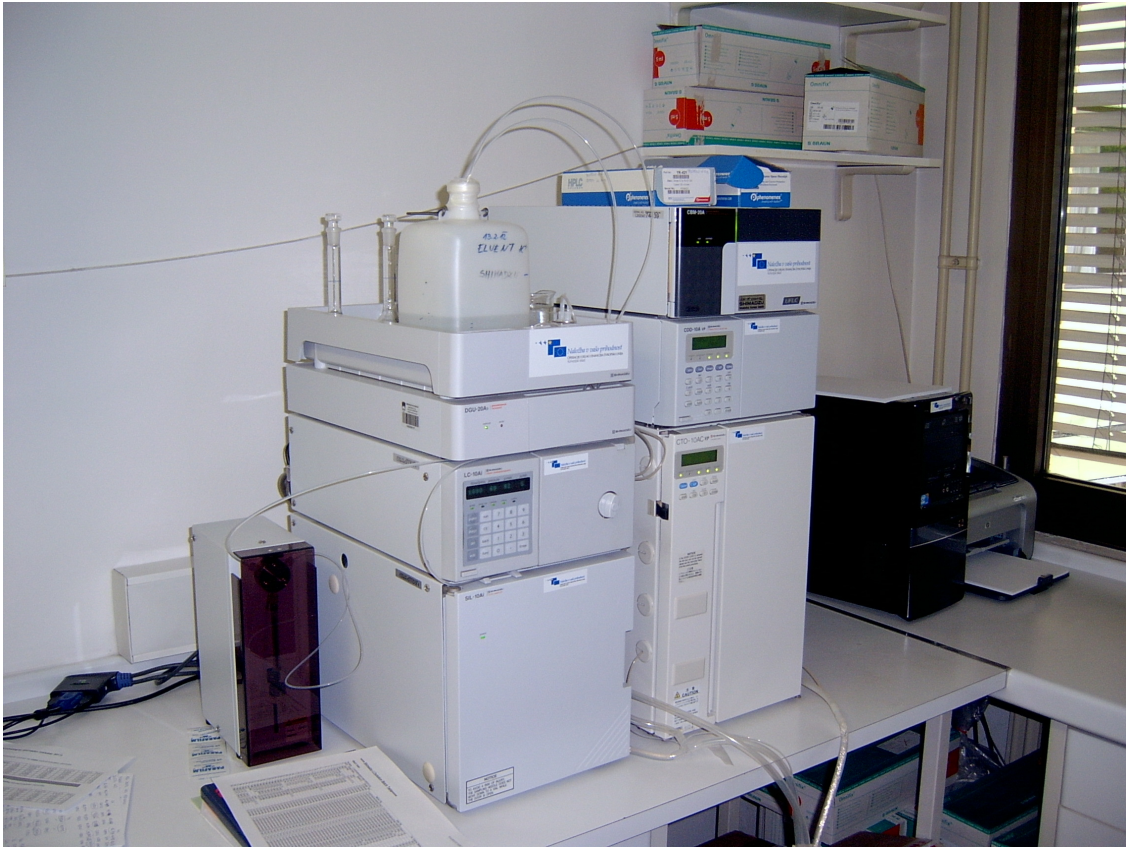
Teflonski filter 30 minut ekstrahiramo v 10 mL MQ vode v ultrazvočni kopeli. V ekstraktu določamo vse glavne anione in katione, kar predstavlja anorganske ione adsorbirane na delcih v zraku. Tudi oksalni filter 30 minut ekstrahiramo v 10 mL MQ vode v ultrazvočni kopeli, na njem pa določamo amonij v zraku, in sicer ga merimo kot  $\text{NH}_4^+$  v ekstraktu. KOH filter 30 minut ekstrahiramo v 10 mL 0,3%  $\text{H}_2\text{O}_2$  v ultrazvočni kopeli. V ekstraktu določamo dušikove in žveplove spojine v zraku. Prve analiziramo kot  $\text{NO}_3^-$ , druge pa kot  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ekstrakte vseh filtrov pred analizo filtriramo skozi membranski filter 0,45  $\mu\text{m}$ , da se odstranijo trdni delci. Anione in katione določamo v skladu z zgoraj omenjenima standardoma, vendar analizna metoda za filter komplete še ni v obsegu akreditacije.

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 pri Kočevski Reki, Ljubljana, Maribor in Maribor-Vrbanski plato ter dnevni vzorci prašnih delcev  $\text{PM}_{10}$  (na kvarčnem filtru  $\varnothing$  150 mm, visoko volumski merilnik) iz merilnih postaj po projektih širom Slovenije. Za kontrolo čistosti samih filtrov se redno analizirajo laboratorijski slepi filtri, medtem ko se čistost vzorčevalnika kontrolira z redno analizo terenskih slepih filtrov.

1/4 kvarčnega filtra  $\varnothing$  47 mm 30 minut ekstrahiramo v 10 mL MQ vode v ultrazvočni kopeli. Pri kvarčnih filtrih  $\varnothing$  150 mm ekstrahiramo samo 1/8 filtra, in sicer 30 minut v 50 mL MQ vode v ultrazvočni kopeli. Ekstrakt pred analizo filtriramo skozi membranski filter 0,45  $\mu\text{m}$ , da se odstranijo trdni delci. Ekstrakt uporabimo za določitev anionov ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , in  $\text{SO}_4^{2-}$ ) in kationov ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  in  $\text{Ca}^{2+}$ ). Anione in katione določamo v skladu z zgoraj omenjenima standardoma, vendar analizna metoda za filtre še ni v obsegu akreditacije.

#### Inštrumentalna analiza

Anione določamo z ionskim kromatografom Dionex DX – 120, na koloni IonPack AS14, dimenzije 4 × 250 mm. Na kolono injiciramo 100  $\mu\text{L}$  vzorca. Predkolona služi za zaščito kolone, medtem ko supresor zmanjša prevodnost ozadja, kar olajša detekcijo. Tudi katione analiziramo z ionskim kromatografom Shimadzu, na koloni Shodex IC YK - 421, dimenzije 4,6 × 125 mm, z inštalirano predkolono. Na kolono injiciramo 100  $\mu\text{L}$  vzorca. V obeh inštrumentih za detekcijo ionov uporabljamo detektor za merjenje prevodnosti. Koncentracije ionov v padavinah in koncentracije ionov na filtrih iz filter kompletov podajamo v mg/L. Koncentracije ionov v delcih  $\text{PM}_{2,5}$  pa podajamo v  $\mu\text{g}/\text{filter}$ .



Ionski kromatograf, s katerim določamo katione v padavinah in delcih (foto: Judita Burger)

### **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 izgorovanja biomase.

Analizirajo se dnevni vzorci prašnih delcev PM<sub>10</sub> (na kvarčnem filtru Ø 150 mm, visoko volumski merilnik) iz merilnih postaj po projektih širom Slovenije. Za kontrolo čistosti samih filtrov se redno analizirajo laboratorijski slepi filtri, medtem ko se čistost vzorčevalnika kontrolira z redno analizo terenskih slepih filtrov.

Za nadaljnjo analizo uporabimo 1/8 kvarčnega filtra Ø 150 mm. Filter ekstrahiramo 30 minut, in sicer v 50 mL MQ vode v ultrazvočni kopeli. Ekstrakt pred analizo filtriramo skozi membranski filter 0,45 µm, da se odstranijo trdni delci.

### **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 (4 x 250 mm) in predkoloni MA1 (4 x 50mm). Za ločitev je uporabljen sledeči gradient (Y. Inuma et.al, Atmospheric Environment 43, 2009, 167-1371):

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

Pretok eluenta je 0,4 mL min<sup>-1</sup>, 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).

## Težke kovine

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

### Padavine

Analizirajo se tedenske padavine iz merilne postaje Iskrba pri Kočevski Reki. Poleg vzorcev tedenskih padavin se analizirajo tudi slepi vzorci in suhe usedline. Slepri 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% HNO<sub>3</sub> v MQ vodi po koncu vzorčenja. Vsa plastična embalaža in pripomočki za vzorčenje morajo biti ustrezno čisti. Njihovo čistost pred oddajo na teren preverimo.

Vsak vzorec ob prejemu v laboratorij stehtamo. Nato vzorec padavine in slepi vzorec ustrezno nakisamo, tako da je končna koncentracija kisline 1 mL HNO<sub>3</sub> na 100 mL vzorca. Vzorec padavine in suho usedlino pred inštrumentalno analizo centrifugiramo. Težke kovine se določajo v skladu s standardom SIST EN ISO 17294-2 in EMEP navodili. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

### Filtri

Analizirajo se dnevni vzorci delcev PM<sub>2,5</sub> in PM<sub>10</sub> (na kvarčnem filtru Ø 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba pri Kočevski Reki, Ljubljana, Maribor in Maribor-Vrbanski plato ter dnevni vzorci delcev PM<sub>10</sub> (na kvarčnem filtru Ø 150 mm, visoko volumski merilnik) iz merilnih postaj po projektih širom Slovenije. Za kontrolo čistosti samih filtrov se redno analizirajo laboratorijski slepi filtri, medtem ko se čistost vzorčevalnika kontrolira z redno analizo terenskih slepih filtrov.

Za nadaljnjo analizo uporabimo cel kvarčni filter Ø 47 mm, oziroma 1/8 kvarčnega filtra Ø 150 mm. Za obdelavo filtra uporabljamo kislinski razklop v mikrovalovni pečici, in sicer z mešanico 8 mL HNO<sub>3</sub> in 2 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Temperaturno kontroliran razklop v mikrovalovni pečici doseže najvišjo temperaturo 220 °C, traja pa 55 minut. Vzorec po razklopu razredčimo na 50 mL v merilni bučki. Težke kovine se določajo v skladu s standardom SIST EN 14902. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

#### Inštrumentalna analiza

Težke kovine 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 HNO<sub>3</sub> na 100 mL za padavine oziroma 16 mL HNO<sub>3</sub> 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 težkih kovin v padavinah podajamo v µg/L padavine, v prašnih delcih PM<sub>2.5</sub> in PM<sub>10</sub> 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

Analizirajo se tedenske padavine iz merilne postaje Iskrba pri Kočevski Reki. 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. Slepi vzorec predstavlja MQ voda, s katero vzorčevalec spere lijak ob začetku zbiranja vzorca padavine, s čimer se kontrolira čistost vzorčevalnika. Vsa steklena embalaža in pripomočki za vzorčenje morajo biti ustrezno čisti. Čistost steklene embalaže dosegamo z žganjem v sušilniku, in sicer 2 uri na temperaturi 400 °C, s čimer se odstrani organska snov.

Vsakemu vzorcu dodamo 50 ng devteriranih PAH standardov benzo(a)antracen  $d_{12}$ , benzo(a)piren  $d_{12}$  in indeno(123-cd)piren  $d_{12}$ . Devteriranih PAH v naravi ni, zato se jih uporablja za kontrolo izkoristka analizne metode. Vzorcju po potrebi dodamo tudi metanol ali MQ vodo, tako da je končna koncentracija metanola v padavini okrog 10 %. S tem se zagotovi, da se PAH nahajajo v vodni fazi, saj se zmanjša adsorpcija PAH na stene posode. Vzorec nato s pomočjo podtlaka počasi prečrpamo skozi SPE kolono, ki je polnjena s C<sub>18</sub> trdno fazo. SPE kolono je potrebno pred uporabo kondicionirati, kar pomeni, da jo speremo z diklorometanom, metanolom in MQ vodo. Ker so PAH relativno nepolarni, se zadržijo na SPE koloni, medtem ko padavina odteče skozi kolono. Po koncu črpanja SPE kolono nekaj minut sušimo s podtlakom, nato pa PAH eluiramo iz SPE kolone z diklorometanom. Dobljen eluat posušimo z Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, da se odstranijo sledovi vode. Končno vzorec skoncentriramo na 1 mL, topilo pa zamenjamo v aceton. PAH se določajo v skladu s standardom pr EN 15980. Analizna metoda je validirana, vendar še ni v obsegu akreditacije.

## Filtri

Analizirajo se dnevni vzorci delcev PM<sub>10</sub> (na kvarčnem filtru Ø 47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba pri Kočevski Reki, Ljubljana in Maribor ter dnevni vzorci delcev PM<sub>10</sub> (na kvarčnem filtru Ø 150 mm, visoko volumski merilnik) iz merilnih postaj po projektih širom Slovenije. Za kontrolo čistosti samih filtrov se redno analizirajo laboratorijski slepi filtri, medtem ko se čistost vzorčevalnika kontrolira z redno analizo terenskih slepih filtrov.

Za nadaljnjo analizo uporabimo 1/2 kvarčnega filtra Ø 47 mm, oziroma 1/8 ali ustrezno manjši delež kvarčnega filtra Ø 150 mm (odvisno od letnega časa in s tem povezane koncentracije PAH v trdnih delcih). Vsakemu vzorcu dodamo 50 ng devteriranih PAH standardov benzo(a)antracen  $d_{12}$ , benzo(a)piren  $d_{12}$  in indeno(123-cd)piren  $d_{12}$ . Devteriranih PAH v naravi ni, zato se jih uporablja za kontrolo izkoristka analizne metode. Za obdelavo filtra uporabljamo ekstrakcijo v mikrovalovni pečici, in sicer z mešanico topil heksan:acetone (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. SPE kolono je potrebno pred uporabo kondicionirati, kar pomeni, da jo speremo z diklorometanom in heksanom. 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 acetone. PAH se določajo v skladu s standardom SIST EN 15549. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji.

## 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. Vsaki standardni raztopini za umeritveno krivuljo dodamo 50 ng devteriranih PAH standardov. 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 delcih PM<sub>10</sub> pa v ng/filter.



Plinski kromatograf sklopljen z masnim spektrometrom (foto: Judita Burger)

## NO<sub>2</sub>

NO<sub>2</sub> se določa v vzorcih zunanjega zraka.

Metoda je primerna za vzorčevalna mesta, kjer so koncentracije dušikovega dioksida nizke, t.j. za območje 0,1–10 µg NO<sub>2</sub>-N/m<sup>3</sup>. Izpostavljeni vzorci so stabilni več tednov, zato je omenjena metoda primerna tudi takrat, ko je vzorčevalno mesto oddaljeno od kemijskega laboratorija.

Analizirajo se dnevni vzorci iz merilne postaje Iskrba pri Kočevski Reki. Poleg dnevnih vzorcev se analizirajo še terenski slepi vzorci. Steklene frite morajo biti pred impregnacijo ustrezno očiščene. Pred odhodom na teren preverimo vsebnost NO<sub>2</sub><sup>-</sup> na impregniranih fritah. V impregniranih steklenih fritah je filter debeline 4 mm, premera 25 mm in porznosti 40-60 µm.

Zrak se s pretokom približno 0,5 L/min črpa skozi stekleno frito, ki je impregnirana z NaJ in NaOH. NO<sub>2</sub> iz zraka se absorbira na frito in J<sup>-</sup> reducira NO<sub>2</sub> do NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Koncentracijo NO<sub>2</sub> v zraku nato določamo spektrofotometrično, z jodidno absorpcijsko metodo (modificirana Griessova metoda).

### Inštrumentalna analiza

Pri ekstrakciji v izpostavljeno stekleno frito dodamo raztopino za redukcijo (trietanolamin v MQ vodi) in pri 230 obratih 15 min stresamo na stresalniku. Nato ekstraktu dodamo barvni reagent (sulfanilamid, NEDA (N-(1-naftil)-etilendiamin-dihidroklorid),  $H_3PO_4$ ).  $NO_2^-$  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, 1cm kiveto, pri valovni dolžini 540 nm. Koncentracijo podajamo v  $\mu g NO_2-N/mL$ .

### **OC/EC**

Organski in elementarni ogljik (OC/EC) se določata v vzorcih filtrov zunanjega zraka.

Analizirajo se dnevni vzorci delcev  $PM_{2.5}$  (na kvarčnem filtru  $\varnothing$  47 mm, nizko volumski merilnik) iz stalnih merilnih postaj Iskrba pri Kočevski Reki, Ljubljana, Maribor in Maribor-Vrbanski plato ter dnevni vzorci delcev  $PM_{10}$  (na kvarčnem filtru  $\varnothing$  150 mm, visoko volumski merilnik) iz merilnih postaj po projektih širom Slovenije. Za kontrolo čistosti samih filtrov se redno analizirajo laboratorijski slepi filtri, medtem ko se čistost vzorčevalnika kontrolira z redno analizo terenskih slepih filtrov.

Za analizo uporabimo  $1,5\text{ cm}^2$  kvarčnega filtra  $\varnothing$  47 oziroma  $\varnothing$  150 mm. Analizna metoda še ni standardizirana.

### Inštrumentalna analiza

OC/EC določamo z OC/EC analizatorjem z optično korekcijo, Sunset Laboratory Inc. Vzorec vložimo v žarilno peč. Temperatura v njej se dviguje po korakih, v skladu s protokolom EUSAAR 2. Atmosfera je najprej reduktiva (He). Desorbirani organski ogljik iz vzorca potuje v oksidacijsko peč ( $MnO_2$ ), kjer se ogljik oksidira v  $CO_2$ . Nastali  $CO_2$  se meša z vodikom, v metanatorju (Ni katalizator) pa se reducira v  $CH_4$ , ki se končno detektira s FID detektorjem. Nato se inštrument preklopi v oksidativno atmosfero (He + 10 %  $O_2$ ), 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  $CO_2$  in  $CH_4$  so enake kot v reduktivni atmosferi, ravno tako detekcija. Na koncu skozi inštrument potuje še kalibracijski plin (He + 5 %  $CH_4$ ), s katerim umerimo inštrument pri vsaki analizi. Ločitev med organskim in elementarnim ogljikom je določena s točko, kjer je prepustnost laserja enaka začetni prepustnosti, ko smo vzorec vstavili v žarilno peč.



## Rezultati meritev

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

To poglavje obsega tabelarične in grafične prikaze nekaterih osnovnih izvedenih statističnih parametrov izmerjenih koncentracij žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, ogljikovega monoksida, ozona, delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>, nekaterih lahkihplapnih ogljikovodikov, težkih kovin in nekaterih policikličnih aromatskih ogljikovodikov v delcih PM<sub>10</sub>, ionov v delcih PM<sub>2,5</sub>, žveplovih in dušikovih spojin, anorganskih ionov v zunanjem zraku v Sloveniji v letu 2011. 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.

Na začetku poglavij posameznih onesnaževal so podani emisijski podatki za leto 2010, ker podatki za leto 2011 še niso na voljo.

### Žveplov dioksid

mag. Andrej Šegula

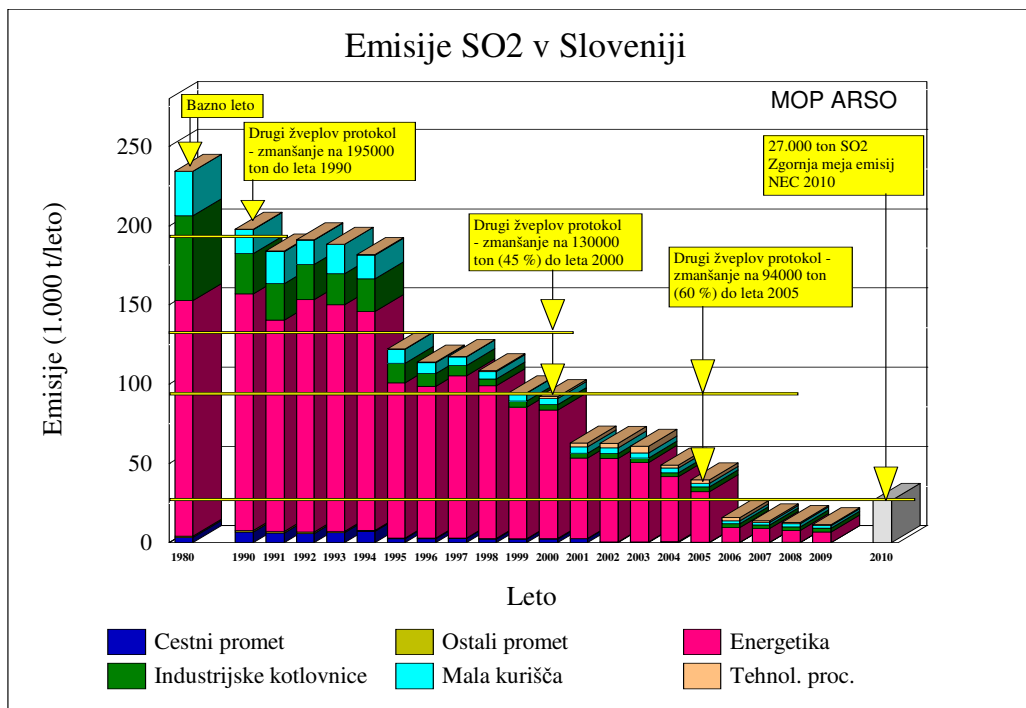
**Koncentracije SO<sub>2</sub> v letu 2011 so bile tako kot že v nekaj zadnjih letih povsod pod spodnjim ocenjevalnim pragom za varovanje zdravja. SOP za varstvo rastlin pa je bil prekoračen ponekod na višje ležečih krajih v Zasavju.**

### Emisije SO<sub>2</sub> (leto 2010)

Letni izpusti SO<sub>2</sub> v Sloveniji so se od leta 1980 do leta 2010 zmanjšali za 95,8 %. V letu 1995 so se izpusti SO<sub>2</sub> glede na predhodna leta znatno zmanjšali, predvsem zaradi delovanja razžvepljevalne naprave na bloku 4 v TE - Šoštanj, pa tudi zaradi nižje vsebnosti žvepla v tekočih gorivih, kakor to zahteva Uredba o kakovosti tekočih goriv. Nadaljnje znatno zmanjšanje je prispevala razžvepljevalna naprava na bloku 5 TE – Šoštanj, ki je začela obratovati v drugi polovici leta 2000,

in razžvepljevalna naprava v TE Trbovlje, ki je pričela obratovati konec leta 2005. V letih 2008 in 2009 so se začeli znatno zniževati izpusti iz sektorja tehnoloških procesov zaradi zahtev, ki so povezane z izdajo IPPC dovoljenj. V zadnjih letih so se znižali tudi izpusti iz cestnega prometa, ker je začela veljati Uredba o fizikalno kemijskih lastnostih tekočih goriv, poleg tega pa se znižujejo tudi emisije iz termoelektrskih objektov zaradi manše porabe goriv.

Največji delež k skupnim izpustom 9798 t SO<sub>2</sub> so v letu 2010 prispevale termoelektrarne in toplarne (TE-TO), in sicer 63 %.



Slika 1: Emisije SO<sub>2</sub> v Sloveniji

Obveznost po direktivi NEC in Göteborgskem protokolu je bila, da v letu 2010 skupni izpusti SO<sub>2</sub> ne smejo presegati 27 tisoč ton. Skupna emisija SO<sub>2</sub> v letu 2010 je bila za 63,7 % nižja od vrednosti, ki je bila zahtevana po direktivi NEC.








### Onesnaženost zraka z žveplovim dioksidom

Letni pregled onesnaženosti zraka z SO<sub>2</sub> na skupaj 22 merilnih mestih po Sloveniji v letu 2011 je podan v tabeli 1. Sprememba glede na leto 2010 je ponovna vzpostavitev meritev na merilnem mestu Maribor center. Objavljamo tudi podatke za merilno mesto TEB sv. Mohor, ker so bile odpravljene pomanjkljivosti v delovanju merilnika. Meritve so avtomatske (»real time« oz. sprotni podatki) povsod razen na Iskrbi, kjer se izvajajo 24-urne neavtomatske meritve koncentracij žveplovega dioksida. Za koncentracijo SO<sub>2</sub> so predpisani naslednji statistični parametri s pripadajočimi dovoljenimi mejnimi vrednostmi: **povprečna letošnja 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 SO<sub>2</sub> v zunanjem zraku (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011 – sivo so obarvani podatki za merilna mesta, ki niso reprezentativna za ugotavljanje vpliva na ekosisteme

Merilno mesto	% pod	Leto		1 ura		3 ure	24 ur **	
		C <sub>p</sub>	zima **	max	>MV	>AV	max	>MV
		varstvo rastlin		varovanje zdravja				
Ljubljana Bežigrad	94	3	3	37	0	0	19	0
Maribor center	94	3	4	33	0	0	19	0
Celje	94	6	6	68	0	0	22	0
Trbovlje	95	7	7	210	0	0	29	0
Hrastnik	95	5	5	90	0	0	39	0
Zagorje	91	7	8	228	0	0	37	0
Iskrba <sup>▲</sup>	92	1,0	1,4				15	0
Ljubljana center	96	4	5	77	0	0	14	0
Vnajnarje	89	3	4	85	0	0	28	0
Šoštanj	95	5	7	124	0	0	28	0
Topolšica	95	3	4	130	0	0	13	0
Veliki Vrh	95	6	4	636	3	0	42	0
Zavodnje	93	4	4	433	1	0	32	0
Velenje	95	3	3	89	0	0	15	0
Graška Gora	95	2	3	148	0	0	19	0
Pesje	95	5	6	81	0	0	19	0
Škale	95	7	6	190	0	0	24	0
Kovk	95	11	10	201	0	0	56	0
Dobovec	94	8	7	1036	2	0	110	0
Kum	94	4	3	66	0	0	18	0
Ravenska Vas	95	11	9	528	3	0	72	0
Brestanica-sv. Mohor	96	3	9	59	0	0	31	0

Legenda:

**	določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag	% pod	odstotek veljavnih podatkov
	prekoračena mejna vrednost	C <sub>p</sub>	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 SO<sub>2</sub> pod spodnjim ocenjevalnim pragom (SOP), urne koncentracije pa pod mejno vrednostjo.

Nekoliko povišane koncentracije SO<sub>2</sub> se občasno in za kratek čas pojavljajo v mestih v Zasavju. Mesta v Zasavju imajo, kar se tiče razredčevanja onesnaževal iz lokalnih virov emisije (TE Trbovlje, industrija, promet, individualna kurišča), zelo neugodno lego, saj ležijo v ozkih dolinah oziroma kotlinah. Treba pa je poudariti, da je med omenjenimi viri vpliv TE Trbovlje v teh nižjih predelih komaj zaznaven, in to le še ob prekinitvah delovanja odžveplovalne naprave, je pa bolj zaznaven vpliv emisij iz ostalih industrijskih virov.

## **Koncentracije na vplivnem območju TE Šoštanj**

Emisija SO<sub>2</sub> v TE Šoštanj je sicer zaradi razžvepljevalnih 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 636 µg/m<sup>3</sup> 8. aprila zvečer ob zmernem severnem vetru. Skupaj so bile na Velikem Vrh tri, na Zavodnjah pa ena prekoračitev mejne urne koncentracije.

## **Koncentracije na vplivnem območju TE Trbovlje**

Kadar pride do izpada v delovanju razžvepljevalne naprave v TE Trbovlje, 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 SO<sub>2</sub> 1036 µg/m<sup>3</sup> je bila izmerjena na Dobovcu na severnem pobočju Kuma 22. avgusta ob šibkem severnem vetru, ko je prišlo do krajše prekinitve delovanja odžvepljevalne naprave v TE Trbovlje. Ta prekinitve je povzročila tudi kratkotrajni porast koncentracij v Trbovljah in Zagorju. Tudi najvišja dnevna koncentracija 110 µg/m<sup>3</sup> je bila izmerjena na Dobovcu, in sicer 20. 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 TE Trbovlje ostali znotraj inverzijske plasti.

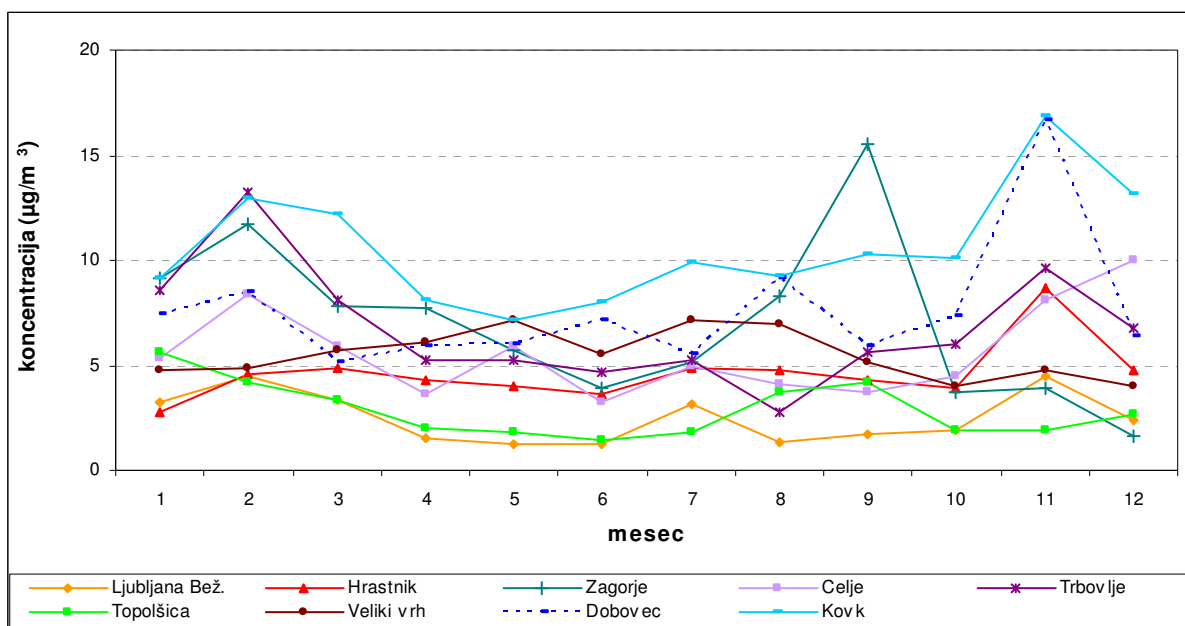
## **Letni in dnevni hod koncentracij**

Koncentracije SO<sub>2</sub> 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. V drugi polovici novembra 2011 pa je segala temperaturna inverzija nekaj dni tako visoko, da so ostali dimni plini znotraj te plasti. Koncentracije imajo en maksimum podnevi.

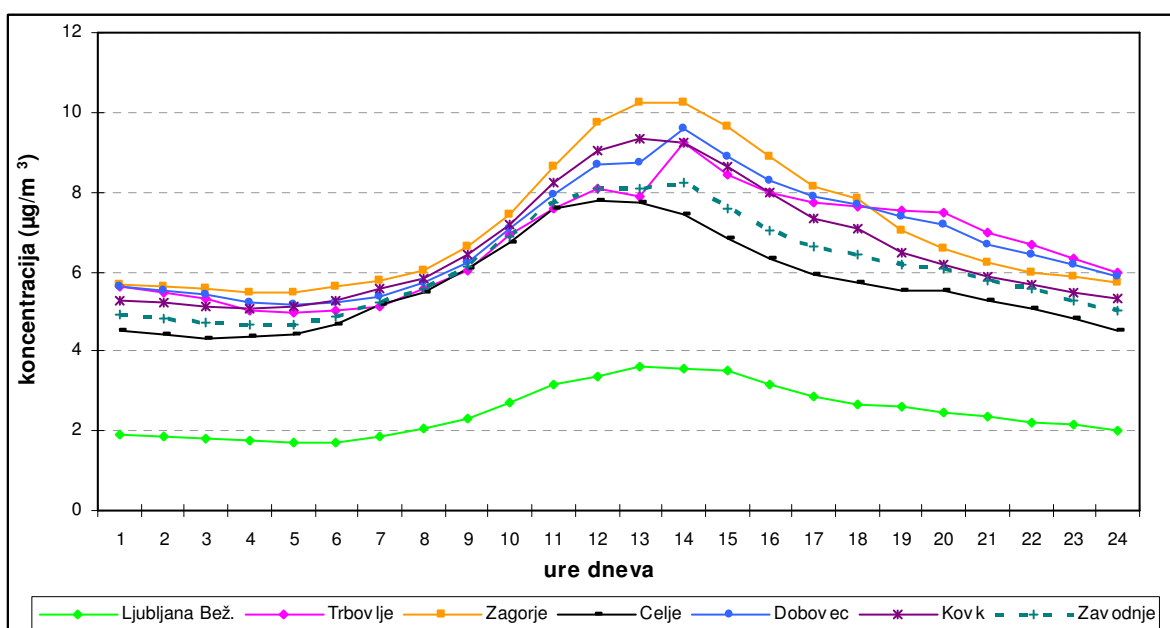
## Časovni trend

Iz analize večletnih vrednosti (slike 4-6, tabele 5-7) sledi:

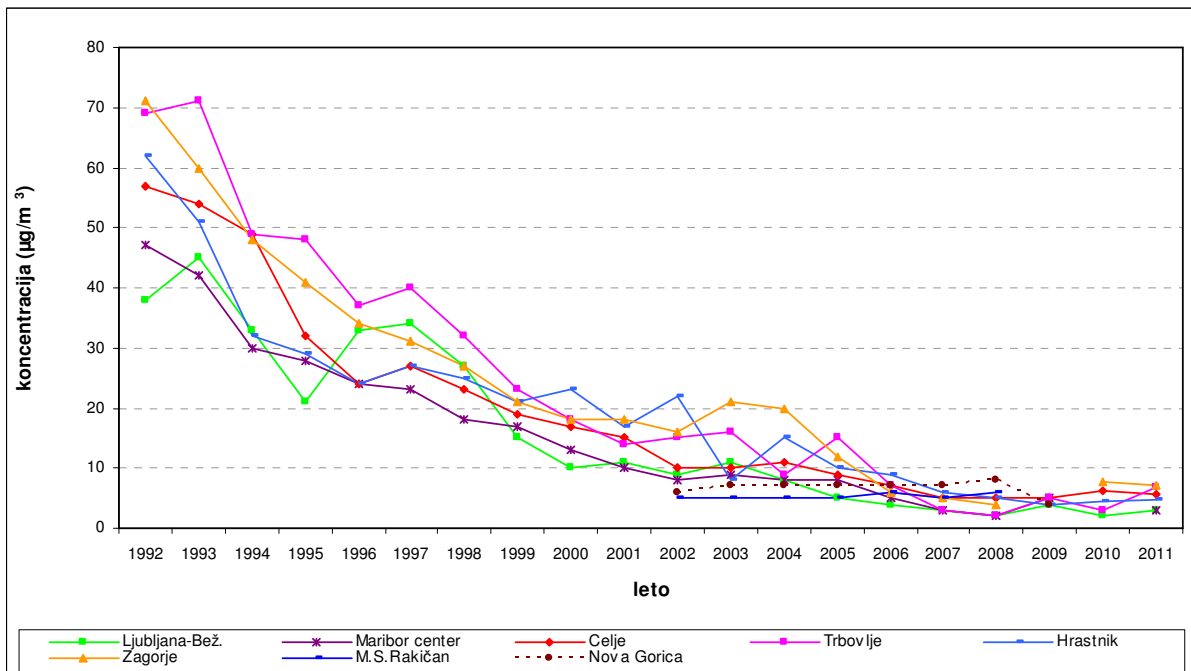
Padajoči trend koncentracij SO<sub>2</sub> se je v letu 2010 ustavil, kar je glede na emisije, ki ostajajo v zadnjih dveh letih v glavnem enake, pričakovano, in marsikje so koncentracije tako nizke, da so le malo nad vrednostjo, ki jo merilniki lahko še izmerijo.



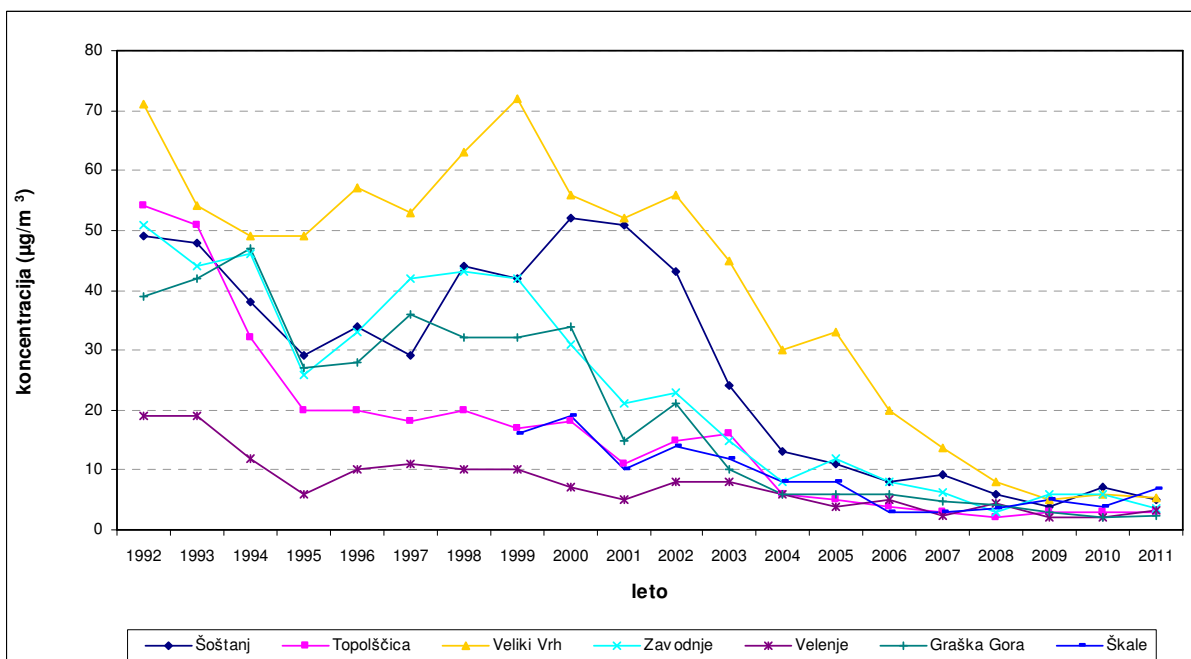
Slika 2: Povprečne mesečne koncentracije SO<sub>2</sub> za 9 merilnih mest v letu 2011



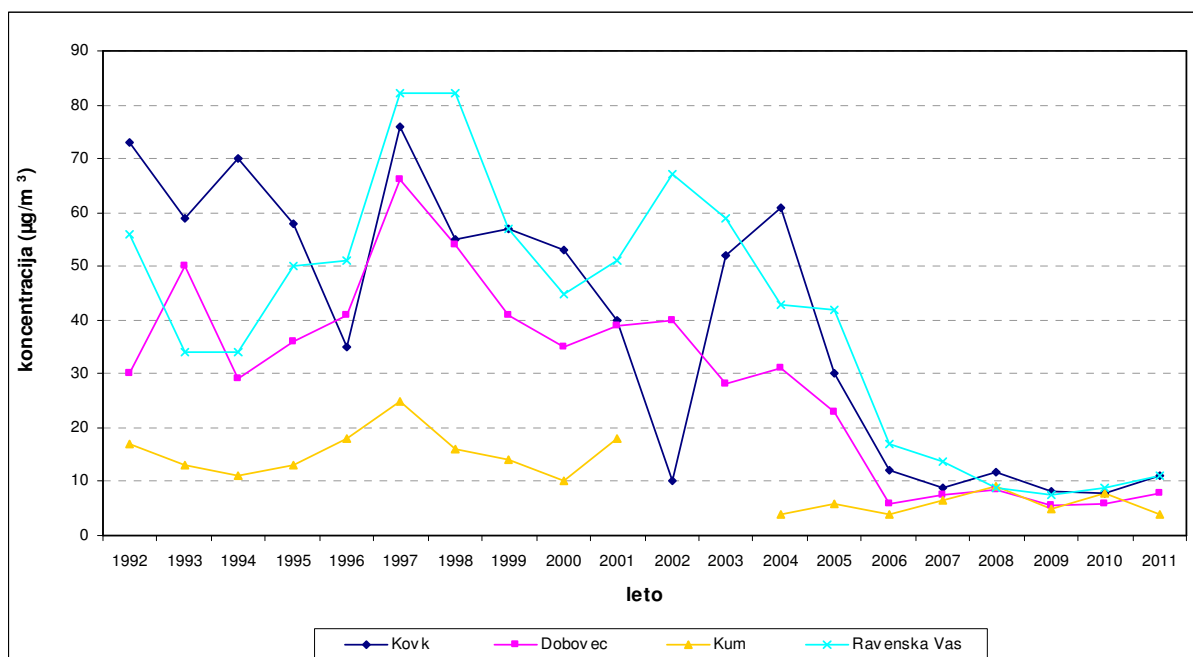
Slika 3: Dnevni hod koncentracij SO<sub>2</sub> na nekaterih merilnih mestih DMKZ v letu 2011



Slika 4: Povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> na merilnih mestih DMKZ



Slika 5: Povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> na merilnih mestih TEŠ



Slika 6: Povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> na merilnih mestih TET



Merilno mesto Šoštanj (foto: Roman Kocuvan)

**Tabela 2:** Povprečne mesečne koncentracije SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana B.	3.2	4.5	3.3	1.5	1.2	1.2	3.1	1.3	1.7	1.9	4.5	2.4
Ljubljana center	6.5	6.2	7.1	4.8	4.0	3.3	4.7	2.9	3.9	2.5	3.3	4.4
Maribor center	3.7	4.7	4.4	2.0	2.3	1.2	1.6	2.3	3.3	3.2	4.4	2.7
Celje	5.3	8.4	5.9	3.6	5.9	3.2	5.0	4.1	3.7	4.5	8.1	10.0
Trbovlje	8.6	13.2	8.1	5.2	5.2	4.7	5.2	2.8	5.6	6.0	9.6	6.8
Hrastnik	2.8	4.6	4.9	4.3	4.0	3.6	4.9	4.8	4.3	3.9	8.7	4.8
Zagorje	9.1	11.7	7.8	7.7	5.7	3.9	5.1	8.3	15.5	3.7	3.9	1.6
Iskrba	1.7	2.7	2.4	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.4	1.5	0.2
Vnajnarje	3.8	6.0	4.6	2.7	3.5	1.7	2.2	1.5	3.0	3.1	4.5	1.0
Šoštanj	4.2	6.1	8.1	5.6	3.2	3.1	4.5	5.9	4.4	5.0	5.1	7.5
Topolšica	5.6	4.2	3.3	2.0	1.8	1.4	1.8	3.7	4.2	1.9	1.9	2.7
Veliki Vrh	4.8	4.9	5.7	6.1	7.1	5.5	7.1	7.0	5.1	4.0	4.8	4.0
Zavodnje	4.9	5.4	4.2	3.5	2.5	1.6	2.1	3.3	3.4	3.4	5.4	3.1
Velenje	2.6	3.2	4.0	0.5	2.0	3.3	1.6	7.2	7.5	1.7	2.0	3.5
Graška Gora	5.0	4.8	5.3	0.7	1.8	0.8	1.0	2.2	1.1	0.8	1.3	3.2
Pesje	3.9	5.5	7.1	4.8	4.7	4.4	5.0	4.8	5.2	5.0	5.0	5.9
Škale	6.4	11.0	5.8	1.8	2.8	7.7	8.8	7.0	9.0	5.3	6.4	8.4
Kovk	9.1	13.0	12.2	8.1	7.1	8.0	9.9	9.2	10.3	10.1	16.9	13.1
Dobovec	7.4	8.5	5.1	5.9	6.0	7.1	5.5	9.1	5.9	7.3	16.7	6.4
Kum	1.3	3.3	3.1	3.6	4.3	4.4	3.7	2.3	4.2	4.7	7.5	8.1
Ravenska vas	8.1	13.0	11.1	7.9	9.1	10.2	10.5	13.9	12.1	12.2	14.8	8.4
Brestanica-sv.Mohor	4.4	7.4	5.5	2.0	0.9	1.1	1.3	1.1	2.5	2.7	5.1	3.4

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

**Tabela 3:** Maksimalne urne koncentracije SO<sub>2</sub> v µg/m<sup>3</sup> po mesecih v letu 2011 (presežena mejna vrednost je v rdečem tisku)

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana B.	24	26	28	10	10	8	13	7	12	18	37	22
Ljubljana center	18	23	77	18	21	11	16	17	25	10	17	13
Maribor center	20	33	27	6	13	4	6	7	12	9	20	16
Celje	29	40	33	16	20	13	17	42	18	28	68	57
Trbovlje	40	57	37	59	31	24	29	210	20	39	132	37
Hrastnik	21	52	61	20	20	24	27	40	32	36	90	23
Zagorje	27	207	38	41	28	23	19	192	228	43	59	8
Vnajnarje	21	35	29	14	18	35	10	59	29	16*	85	24
Šoštanj	25	40	124	68	26	11	90	112	49	48	35	76
Topolšica	25	64	60	89	18	17	130	71	71	67	48	23
Veliki Vrh	313	464	300	636	128	105	247	231	62	151	121	56
Zavodnje	176	70	91	67	39	32	100	91	63	50	433	126
Velenje	39	24	30	39	26	13	11	21	18	7	89	13
Graška Gora	148	45	56	29	27	19	134	36	5	21	22	31
Pesje	44	31	81	48	25	14	37	42	30	14	46	24
Škale	190	31	83	35	31	35	30	42	57	26	37	46
Kovk	54	80	81	59	78	59	78	124	201	126	99	60
Dobovec	58	91	78	133	272	83	130	1036	146	157	308	63
Kum	16	23	22	28	66	26	16	6	14	16	24	20
Ravenska vas	57	477	71	161	67	42	48	454	528	109	253	49
Brestanica-sv.Mohor	23	48	33	9	19	30	7	12	10	14	59	15



**Tabela 4:** Najvišje dnevne koncentracije SO<sub>2</sub> v µg/m<sup>3</sup> po mesecih v letu 2011

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	10	12	16	3	3	2	5	3	4	3	19	7
Ljubljana center	12	11	14	7	9	5	7	5	6	4	6	6
Maribor center	8	17	19	3	6	2	3	4	6	6	9	6
Celje	10	17	22	5	10	8	7	7	7	8	14	16
Trbovlje	17	22	24	11	11	9	8	19	8	12	29	11
Hrastnik	8	14	19	7	8	6	8	8	8	7	39	9
Zagorje	15	37	21	11	8	9	7	36	37	14	16	3
Iskrba												
Vnajnarje	14	19	18	8	11	5	8	7	9	6*	28	5
Šoštanj	12	13	19	13	6	7	9	13	13	12	9	28
Topolšica	10	12	13	10	5	3	12	9	10	6	6	9
Veliki Vrh	35	42	36	30	21	22	21	28	10	14	23	16
Zavodnje	32	18	20	11	8	6	12	18	11	17	31	16
Velenje	9	12	15	3	5	5	3	12	12	4	5	6
Graška Gora	19	17	13	6	6	3	8	5	2	4	5	10
Pesje	13	14	19	10	9	8	9	12	9	11	11	15
Škale	24	20	19	6	7	12	14	11	16	10	12	15
Kovk	23	32	27	26	14	22	22	21	31	28	56	24
Dobovec	17	26	14	15	21	14	21	109	26	24	110	11
Kum	9	11	11	7	18	8	7	4	7	14	15	18
Ravenska vas	16	46	29	15	19	16	17	72	50	25	37	14
Brestanica-sv.Mohor	16	31	24	5	5	3	3	4	6	5	18	5

**Tabela 5:** Povprečne letne koncentracije SO<sub>2</sub> (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
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
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	5	4
Maribor center	47	42	30	28	24	23	18	17	13	10	8	9	8	8	5	3	2	5		3
Celje	57	54	49	32	24	27	23	19	17	15	10	10	11	9	7	5	5	5	6	6
Trbovlje	69	71	49	48	37	40	32	23	18	14	15	16	9	15	7	3	2	5	3	7
Hrastnik	62	51	32	29	24	27	25	21	23	17	22	8	15	10	9	6	5	4	4	5
Zagorje	71	60	48	41	34	31	27	21	18	18	16	21	20	12	6	5	4		8	7
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
Šoštanj	49	48	38	29	34	29	44	42	52	51	43	24	13	11	8	9	6	4	7	5
Topolšica	54	51	32	20	20	18	20	17	18	11	15	16	6	5	4	3	2	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
Zavodnje	51	44	46	26	33	42	43	42	31	21	23	15	8	12	8	6	3	6	6	4
Velenje	19	19	12	6	10	11	10	10	7	5	8	8	6	4	5	3	4	2	2	3
Graška Gora	39	42	47	27	28	36	32	32	34	15	21	10	6	6	6	5	4	3	2	2
Škale	/	/	/	/	/	/	/	16	19	10	14	12	8	8	3	3	4	5	6	7
Kovk	73	59	70	58	35	76	55	57	53	40	10	52	61	30	12	9	12	8	8	11
Dobovec	30	50	29	36	41	66	54	41	35	39	40	28	31	23	6	7	8	6	6	8
Kum	17	13	11	13	18	25	16	14	10	18			4	6	4	7	9	5	8	4
Ravenska Vas	56	34	34	50	51	82	82	57	45	51	67	59	43	42	17	14	9	8	9	11
Vnajnarje	/	/	/	/	19	19	18	14	6	7	8	10		8	4	4	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

**Tabela 6:** Najvišje urne koncentracije SO<sub>2</sub> (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
Ljubljana-Fig.	1328	1194	744	718	1009	919	796	520	128	468	/	/	/	/	/	/	/	/	/	37
Ljubljana-Bež.	1257	1380	532	843	1198	1593	936	786	184	273	157	202	129	94	81	46	58	93	29	77
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78	22	33
Maribor center	928	396	304	286	223	211	161	157	117	180	89	70	64	58	60	21	32	35		68
Celje	719	797	733	993	263	975	623	228	379	666	224	619	396	157	90	76	82	37	64	210
Trbovlje	1456	943	765	797	785	1806	693	849	634	552	811	758	521	848	379	264	65	76	52	90
Hrastnik	1430	638	663	844	1162	1930	978	963	720	731	2168	507	1799	549	134	260	81	52	46	228
Zagorje	1701	1000	716	606	605	914	1092	952	653	1111	788	693	1165	954	183	83	112		57	37
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64	131	89	98	80	64	35	52	/	/
M.S.- Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	58	55	45	53	54	64	49	/	/	/
Šoštanj	2383	2272	2739	1945	1412	1536	1495	2466	2855	2099	2000	1392	937	642	1028	643	360	342	357	124
Topolšičica	2021	2265	1482	878	1107	1050	1245	1345	987	835	1350	812	291	284	288	144	211	118	52	130
Veliki Vrh	1052	988	1142	1493	1543	1720	1530	2257	1678	1569	1450	1320	1329	1110	771	535	561	344	269	636
Zavodnje	1364	3272	2265	1242	1131	2154	2255	1963	1187	954	1536	947	680	1106	731	252	164	577	98	433
Velenje	735	1169	764	261	578	672	1316	709	563	187	725	361	164	210	86	87	151	37	110	89
Graška Gora	1791	1904	2313	990	1270	1579	1076	1844	1505	990	1024	824	463	497	175	509	242	345	106	148
Škale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	522	396	220	262	184	100	161	104	81	190
Kovk	2084	1309	1917	1630	1622	3000	1916	2167	1237	1451	702	1806	1514	1063	511	958	312	389	159	201
Dobovec	2507	3613	2429	4308	6021	6072	4548	3761	4073	3978	4043	2910	4056	1662	2290	2088	299	456	209	1036
Kum	530	539	776	2324	1114	3640	1344	2020	1131	685			1210	1203	11	125	89	60	99	66
Ravenska Vas	1412	869	1103	1111	1078	2578	1846	1021	1471	1397	2093	1378	1779	3275	590	220	437	352	560	528
Vnajnarje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	374	248	232	327	212	115	115	52		45	85
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

**Tabela 7:** Najvišje dnevne koncentracije SO<sub>2</sub> (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
Ljubljana-Fig.	/	/	/	115	95	119	144	90	56	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ljubljana-Bež.	239	312	123	152	128	174	163	94	67	35	38	59	38	33	41	14	14	36		19
Ljubljana center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	33	14	14
Maribor center	221	220	121	119	122	91	69	82	75	36	37	35	22	31	24	11	22	28	12	19
Celje	308	387	212	237	99	275	117	106	165	102	111	72	100	44	35	15	20	22	26	22
Trbovlje	365	425	235	286	179	536	136	342	134	246	328	100	84	129	43	23	19	19	18	29
Hrastnik	342	393	170	218	183	523	123	383	133	184	235	93	625	86	44	30	23	25	21	39
Zagorje	311	396	280	249	250	115	171	398	157	391	315	136	561	158	47	19	14		29	37
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	23	47	22	24	19	17	12	/	/
M.S.- Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16	29	15	33	20	16	28	/	/	/
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38	10	15
Šoštanj	516	441	550	381	471	281	366	453	560	526	553	288	165	116	308	78	54	33	85	28
Topolščica	562	313	293	132	164	149	184	184	255	85	254	82	102	42	29	22	26	19	10	13
Veliki Vrh	673	355	268	353	446	368	472	556	383	269	344	413	263	191	106	72	101	42	28	42
Zavodnje	394	429	686	224	326	497	401	1046	344	140	442	182	72	221	85	49	40	69	22	32
Velenje	278	182	135	74	91	127	113	212	60	54	57	66	64	27	24	26	22	10	14	15
Graška Gora	383	357	412	240	177	366	268	300	343	126	196	88	99	59	55	72	30	27	17	19
Škale							274	293	139	68	131	75	55	66	41	33	19	23	25	24
Kovk	364	347	462	417	514	1067	375	816	360	293	258	383	844	219	88	65	38	36	29	56
Dobovec	432	607	264	460	967	1916	648	998	841	1516	695	332	837	346	196	127	41	102	35	110
Kum	288	89	78	213	200	287	103	193	165	229			78	101	6	25	41	30	37	18
Ravenska Vas	279	151	271	247	383	813	377	860	353	601	580	325	824	490	120	55	67	42	38	72
Vnajnarje	/	97	92	121	131	89	126	99	49	56	53	51	83	57	42	42	22		20	28
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

## Dušikovi oksidi

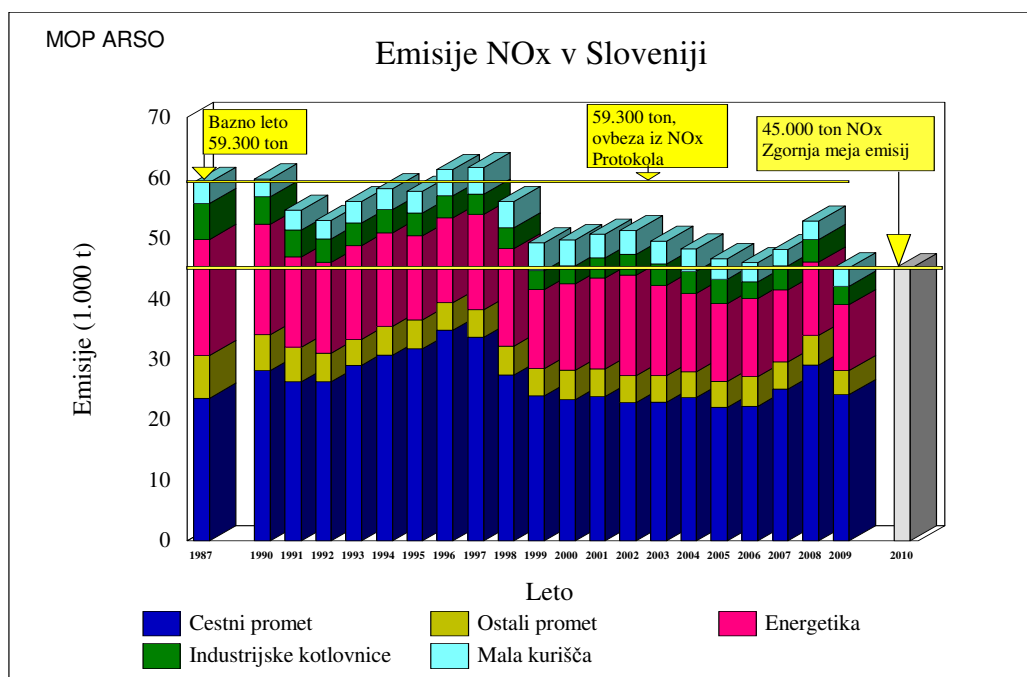
mag. Andrej Šegula

Visoke koncentracije dušikovih oksidov so omejene predvsem na ozek pas ob prometnih cestah in ulicah. Koncentracija NO<sub>2</sub> je v letu 2011 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 Ljubljana Bežigrad in Nova Gorica. Koncentracije NO<sub>x</sub> so bile pod spodnjim ocenjevalnim pragom za varstvo rastlin.

## Emisije dušikovih oksidov (leto 2010)

Letni izpusti NO<sub>x</sub> v Sloveniji so se leta 2010 zmanjšali za skoraj 24,7 % v primerjavi z letom 1987 (izkodiščno leto za Protokol o NO<sub>x</sub>). Po letu 1992 so se izpusti NO<sub>x</sub> začeli povečevati zlasti zaradi povečane gostote prometa z motornimi vozili in s tem povečane prodaje tako bencina kot tudi dizla. Naraščanje je bilo veliko, kljub vedno večjemu številu vozil s katalizatorji. Po letu 1997 so se izpusti NO<sub>x</sub> opazno znižali zaradi zmanjšane porabe goriv iz cestnega prometa na račun manjše prodaje v maloobmejnem prometu. Po letu 2006 pa so začeli izpusti NO<sub>x</sub> ponovno naraščati, predvsem zaradi povečane prodaje dizelskega goriva in povečevanja tranzitnega prometa preko Slovenije. V zadnjih dveh letih pa so se izpusti znatno znižali predvsem zaradi veliko manjše porabe dizelskega goriva v cestnem prometu (višja cena goriva) kot tudi zaradi manjše porabe večine energentov z izjemo lesne biomase, v sektorjih: energetika, industrijske kotlovnice in mala kurišča. Največji delež k celotnim izpustom NO<sub>x</sub> prispeva cestni promet, in sicer 52,2 % v letu 2010.

Leta 2006 je Slovenija ratificirala NO<sub>x</sub> Protokol, zato bo potrebno paziti, da v prihajajočih letih ne presežemo vrednost izpustov NO<sub>x</sub> iz leta 1987. Obveznost po direktivi NEC in Göteborgskem protokolu pa je, da v letu 2010 skupni izpusti NO<sub>x</sub> ne smejo presegati 45 tisoč ton. Skupna emisija NO<sub>x</sub> v letu 2010 je bila za 0,62 % nižja od vrednost, kot je bila zahtevana po direktivi NEC.



Slika 1: Emisije dušikovih oksidov NO<sub>x</sub> v Sloveniji

## Onesnaženost zraka z dušikovimi oksidi

V izpušnih plinih znaša delež NO med 80 in 90 %, v zraku pa NO oksidira v NO<sub>2</sub>. Zato podajamo tudi skupne koncentracije NO<sub>x</sub>, ker so le tako med sabo primerljivi podatki z merilnih mest, ki so različno oddaljena od izvora (prometnic) 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 16 merilnih mestih po Sloveniji v letu 2011 je podan v tabeli 1. V letu 2011 so bile vzpostavljene meritve v Mariboru na lokaciji mestnega ozadja na Vrbanškem platoju, ponovno pa smo po enoletni prekinitvi merili dušikove okside v Rakičanu zaradi povezave z meritvami ozona. Ukinjene pa so bile meritve v Hrastniku. Meritve so kontinuirne povsod razen na Iskrbi, kjer se izvajajo 24-urne meritve koncentracij dušikovega dioksida. Za koncentracijo dušikovih oksidov so predpisani naslednji statistični parametri s pripadajočimi dovoljenimi mejnimi vrednostmi: **za NO<sub>2</sub> mejna urna vrednost, 3-urna alarmna vrednost in mejna letna vrednost za varovanje zdravja ljudi, za NO<sub>x</sub> pa mejna letna vrednost za varstvo rastlin na tistih merilnih mestih, ki niso v bližini cest in večjih naselij.**

**Najvišje urne koncentracije NO<sub>2</sub>** so v mestih povsod presegle vrednost 100 µg/m<sup>3</sup>. Tudi v letu 2011 je bilo na prvem mestu merilno mesto Ljubljana center (prekoračen zgornji ocenjevalni prag ZOP), na drugem mestu merilno mesto mestnega ozadja Ljubljana Bežigrad (prekoračen spodnji ocenjevalni prag SOP) in na tretjem mestu prometno merilno mesto Maribor center (prekoračen SOP). SOP je bil prekoračen še v Novi Gorici.

**Povprečna letna koncentracija NO<sub>2</sub>** je bila daleč najvišja na merilnem mestu Ljubljana center (prekoračena mejna vrednost), sledijo pa merilna mesta Maribor center (prekoračen ZOP) ter Ljubljana Bežigrad 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 NO<sub>x</sub>** na merilnih mestih, ki so reprezentativna za varstvo rastlin v naravnem okolju, so bile kot vsa leta doslej pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

### **Letni in dnevni hod koncentracij**

Večinoma sta oba hoda dobro izražena. Najvišje mesečne koncentracije NO<sub>2</sub> 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 2011 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 PM<sub>10</sub>.

Prevladujoč vpliv emisij iz prometa se kaže v tem, da so bile koncentracije NO<sub>2</sub> 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 5).

## Časovni trend

Povprečna letna koncentracija NO<sub>2</sub> se od leta 2002 naprej bistveno ne spreminja in je povsod razen na lokaciji Ljubljana center pod mejno vrednostjo.

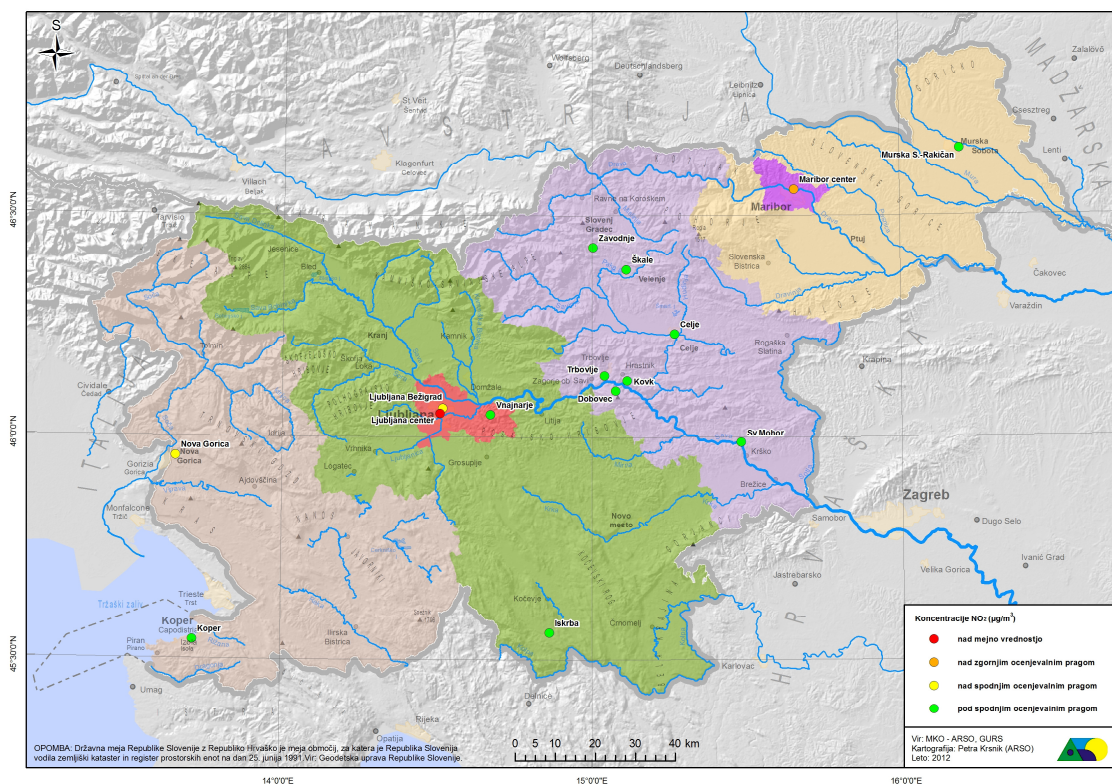
**Tabela 1:** Raven koncentracij NO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub> v zraku (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

Merilno mesto	NO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>		NO <sub>2</sub>		
	varovanje zdravja		varstvo rastlin		varovanje zdravja		
	Leto				1 ura **		3 ure
	% pod	C <sub>p</sub> **	% pod	C <sub>p</sub> **	max	>MV	>AV
Ljubljana Bežigrad	94	31	94	56	139	0	0
Maribor center	91	34	95	70	138	0	0
Maribor Vrbanski p.	85	12	85	17	83	0	
Celje	93	25	93	47	114	0	0
Trbovlje	93	17	95	33	93	0	0
Murska S.-Rakičan	91	16	91	22	105	0	0
Nova Gorica	95	28	94	57	127	0	0
Koper	95	22	95	28	111	0	0
Iskrba <sup>▲</sup>	76	2.1					
Ljubljana center	96	55	96	105	168	0	0
Vnajnarje	88	7	92	8	67	0	0
Zavodnje	94	9	94	11	108	0	0
Škale	94	8	94	10	78	0	0
Kovk	93	11	93	13	69	0	0
Dobovec	93	6	93	7	106	0	0
Brestanica-sv.Mohor	93	8	93	9	56	0	0

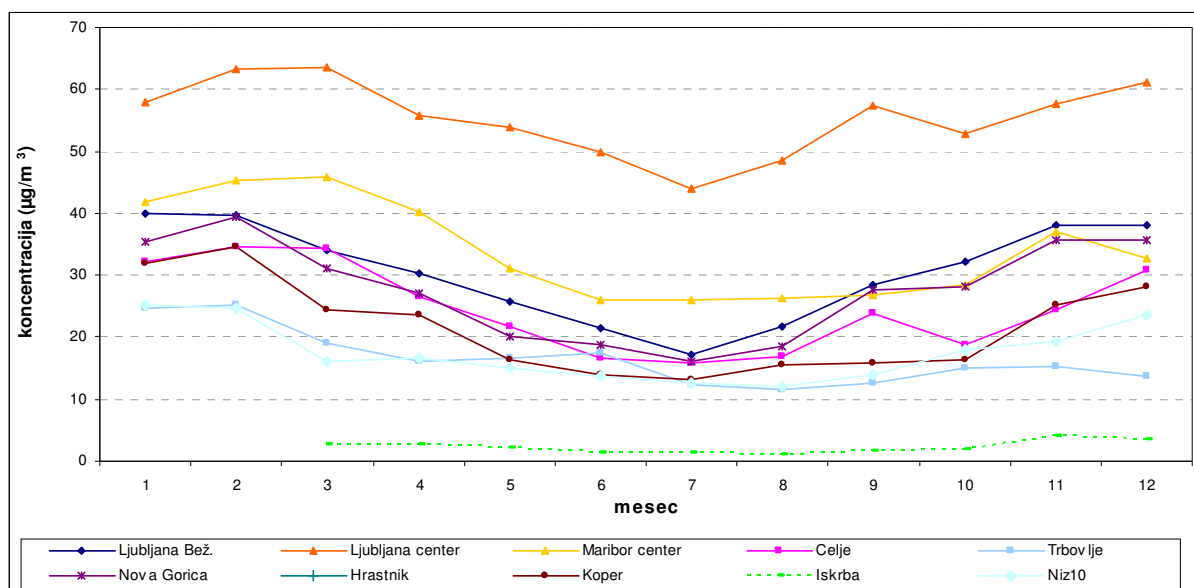
Legenda:

\*\* določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag  
  prekoračena mejna vrednost  
  prekoračen zgornji ocenjevalni prag  
  prekoračen spodnji ocenjevalni prag  
  koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom  
  merilno mesto ni reprezentativno za varstvo rastlin  
<sup>▲</sup> dnevne meritve

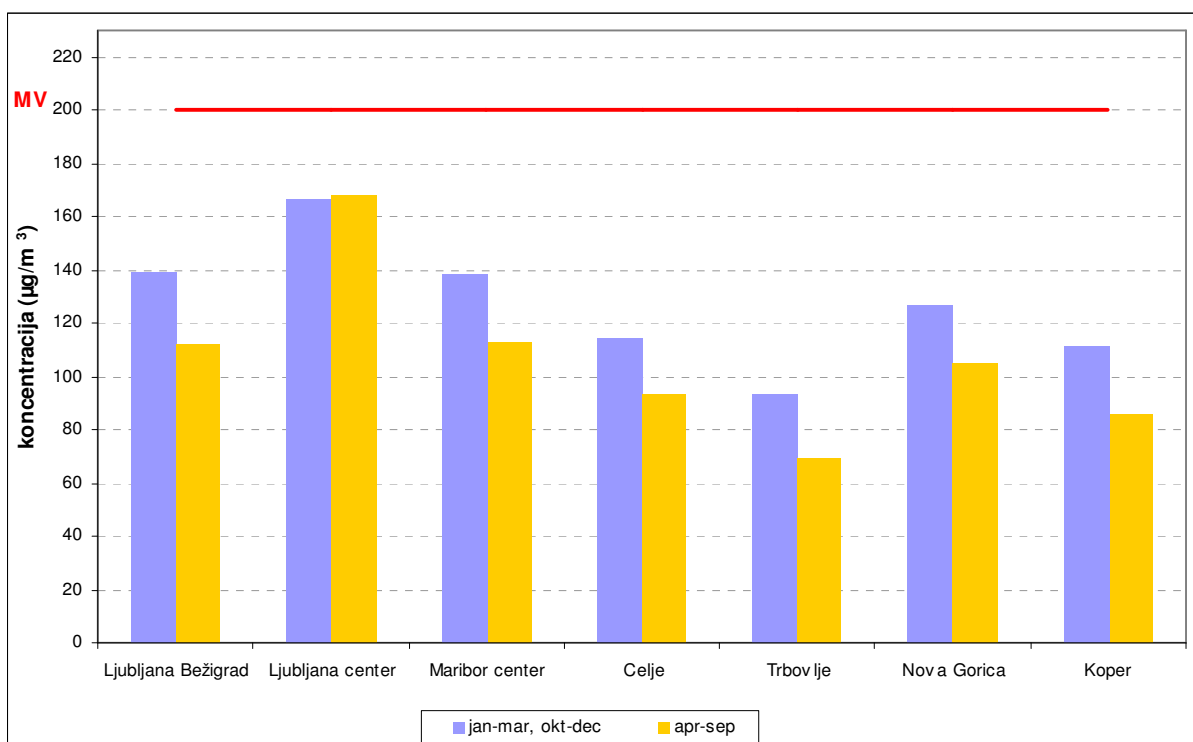
% pod odstotek veljavnih podatkov  
C<sub>p</sub> povprečna koncentracija  
max najvišja koncentracija  
>MV število primerov s prekoračeno mejno vrednostjo  
>AV število primerov s prekoračeno alarmno vrednostjo  
\* Informativni podatek – premalo veljavnih podatkov



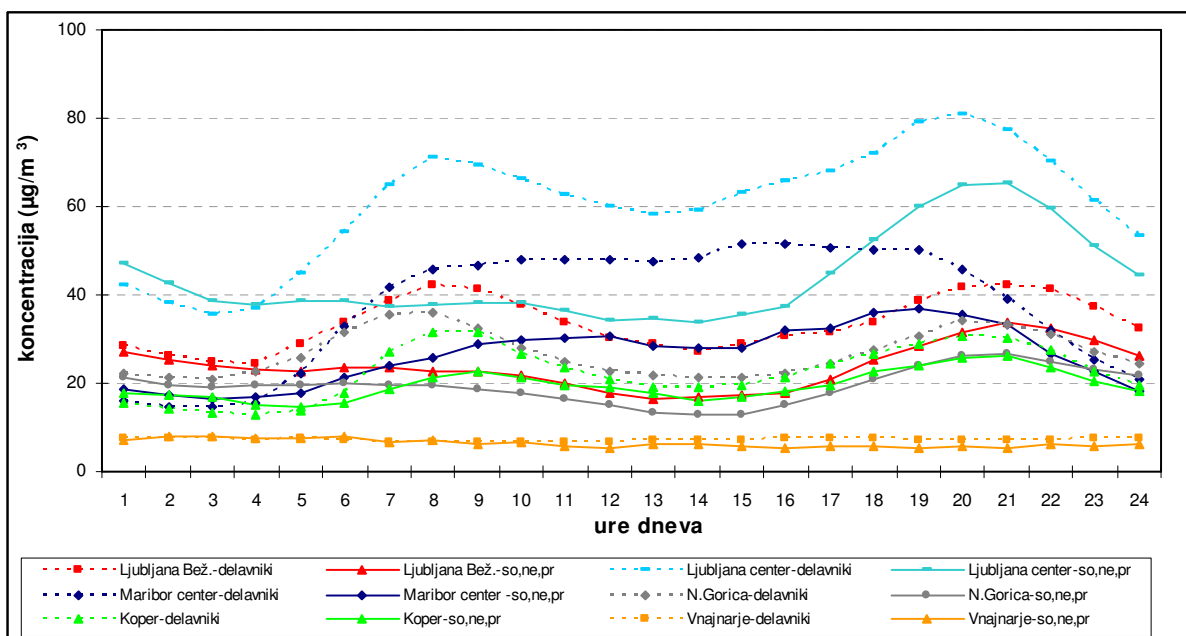
Slika 2: Koncentracije NO<sub>2</sub> v zunanjem zraku v letu 2011



Slika 3: Povprečne mesečne koncentracije NO<sub>2</sub> v letu 2011

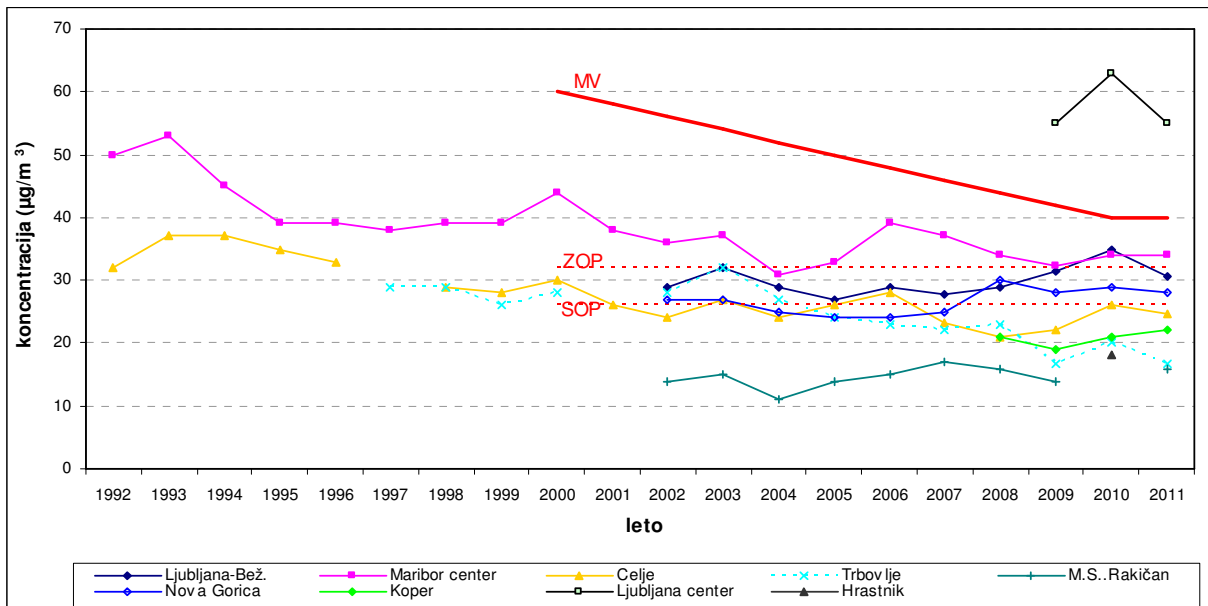


Slika 4: Najvišje urne koncentracije NO<sub>2</sub> v obdobju januar - marec, oktober - december in v obdobju april - september 2011



Slika 5: Dnevni hod koncentracije NO<sub>2</sub> na štirih merilnih mestih v letu 2011

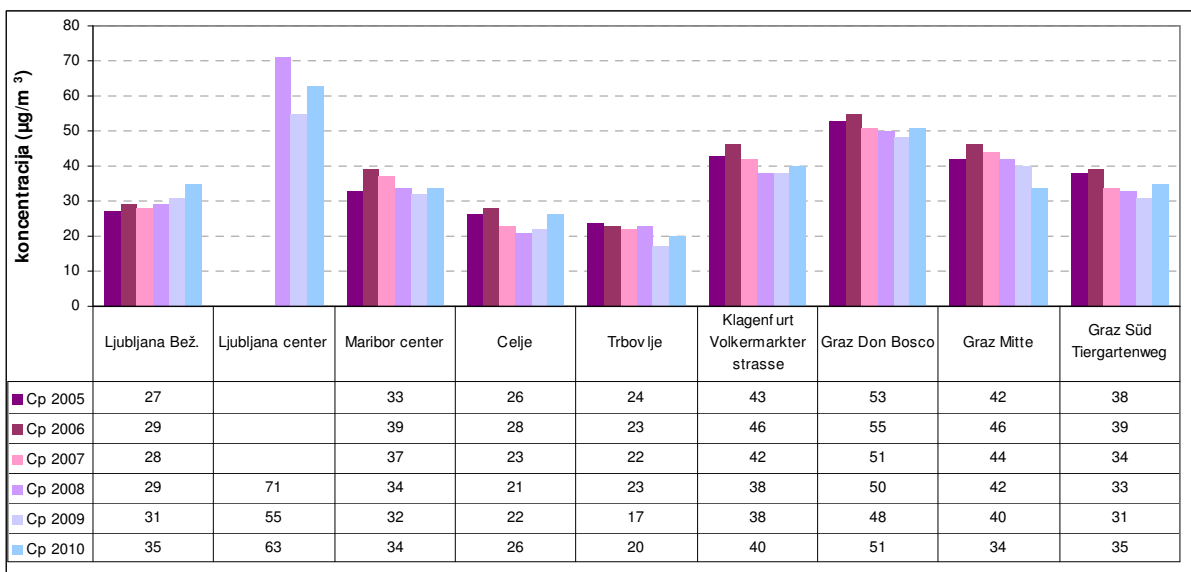




Slika 6: Povprečne letne koncentracije NO<sub>2</sub>

### Primerjava s podatki iz Avstrije

Za primerjavo navajamo podatke o povprečnih letnih koncentracijah NO<sub>2</sub> za obdobje 2005 - 2010 z nekaterih naših mestnih merilnih mest in s štirih mestnih merilnih mest v Celovcu in Gradcu v sosednji Avstriji /26/, od katerih je najbolj prometno Gradec (Don Bosco), ki ima približno enako frekvenco prometa kot merilni mesti Ljubljana center in Maribor center (slika 7). Vidimo, da so koncentracije v štirih slovenskih mestih nižje kot v Celovcu in Gradcu, merilno mesto Ljubljana center pa je po višini koncentracij na prvem mestu.



Slika 7: Povprečne letne koncentracije (Cp) NO<sub>2</sub> na nekaterih mestnih merilnih mestih v Sloveniji in sosednji Avstriji v obdobju 2005-2010

**Tabela 2:** Povprečne mesečne koncentracije NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	40	40	34	30	26	22	17	22	29	32	38	38
Ljubljana center	58	63	64	56	54	50	44	49	57	53	58	61
Maribor center	42	45	46	40	31	26	26	26	27	29	37	33
Maribor Vrbanski p.	21	15	16	9	7*	6	6	5	7	12	23	19
Celje	32	35	34	27	22	17	16	17	24	19	25	31
Trbovlje	25	25	19	16	17	17	12	11	13	15	15	14
Murska S. Rakičan	20	22	19	14	12	8	10	12	12	17	22	20
Nova Gorica	35	39	31	27	20	19	16	19	28	28	36	36
Koper	32	35	25	24	16	14	13	16	16	16	25	28
Iskrba	/	/	2,6	2,6	2,1	1,2	1,4	1,0	1,5	1,9	4,0	3,4
Vnajnarje	13	6	4	4	1	3	4	3	5	9	18	13
Zavodnje	11	13	8	6	6	5	5	7	8	7	16	11
Škale	11	13	13	6	2	5	5	3	6	11	13	13
Kovk	15	19	18	9	8	11	10	6	8	9	14	9
Dobovec	6	8	6	4	4	4	4	3	6	8	16	7
Sv. Mohor	7	12	9	6	5	6	5	3	6	8	18	15

**Tabela 3:** Povprečne mesečne koncentracije NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	99	77	48	40	31	26	20	26	38	59	89	110
Ljubljana center	140	131	106	88	79	73	60	70	94	111	136	165
Maribor center	115	101	85	65	54	47	46	48	52	59	92	83
Maribor Vrbanski p.	31	24	18	10	9*	7	7	7	9	15	37	30
Celje	82	71	58	39	30	22	21	24	39	38	66	78
Trbovlje	45	41	33	30	26	26	19	20	26	42	45	44
Murska S. Rakičan	31	29	24	18	15	10	12	16	16	27	30	37
Nova Gorica	91	89	59	42	28	28	27	31	47	59	89	103
Koper	54	46	29	27	18	16	15	18	18	22	33	39
Vnajnarje	14	8	4	6	1	3	4	3	4	9	21	16
Zavodnje	15	17	10	7	7	6	6	9	9	8	23	13
Škale	15	17	15	7	2	6	5	3	6	11	18	16
Kovk	17	22	20	9	8	12	12	7	9	11	22	10
Dobovec	6	8	6	4	5	4	4	4	6	9	24	8
Sveti Mohor	9	14	10	5	3	6	6	4	6	7	19	17

**Tabela 4:** Maksimalne urne koncentracije NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	110	139	112	101	112	78	58	88	101	106	86	105
Ljubljana center	158	167	160	153	132	120	115	168	165	141	163	144
Maribor center	123	138	123	113	87	84	87	113	85	93	85	109
Maribor Vrbanski p.	70	49	83	41	30*	32	33	27	22	49	68	65
Celje	85	98	114	93	64	71	55	55	78	70	85	73
Trbovlje	80	93	84	69	60	50	45	49	41	45	37	39
Murska S. Rakičan	80	105	80	63	47	36	48	38	53	61	64	51
Nova Gorica	101	127	122	105	101	77	75	85	111	127	125	96
Koper	77	111	95	86	66	74	66	65	65	78	69	72
Vnajnarje	54	33	20	24	15	17	13	11	16	41*	67	55
Zavodnje	65	78	106	75	60	57	51	108	69	70	93	79
Škale	51	49	78	59	60	39	48	29	65	69	42	50
Kovk	54	60	69	48	63	56	65	55	66	67	46	36
Dobovec	27	40	32	39	52	30	106	46	66	58	85	59
Sveti Mohor*	35	38	33	25	22	55	25	28	32	34*	56	54

**Tabela 5:** Povprečne letne vrednosti koncentracij NO<sub>2</sub>

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

## Ogljikov monoksid

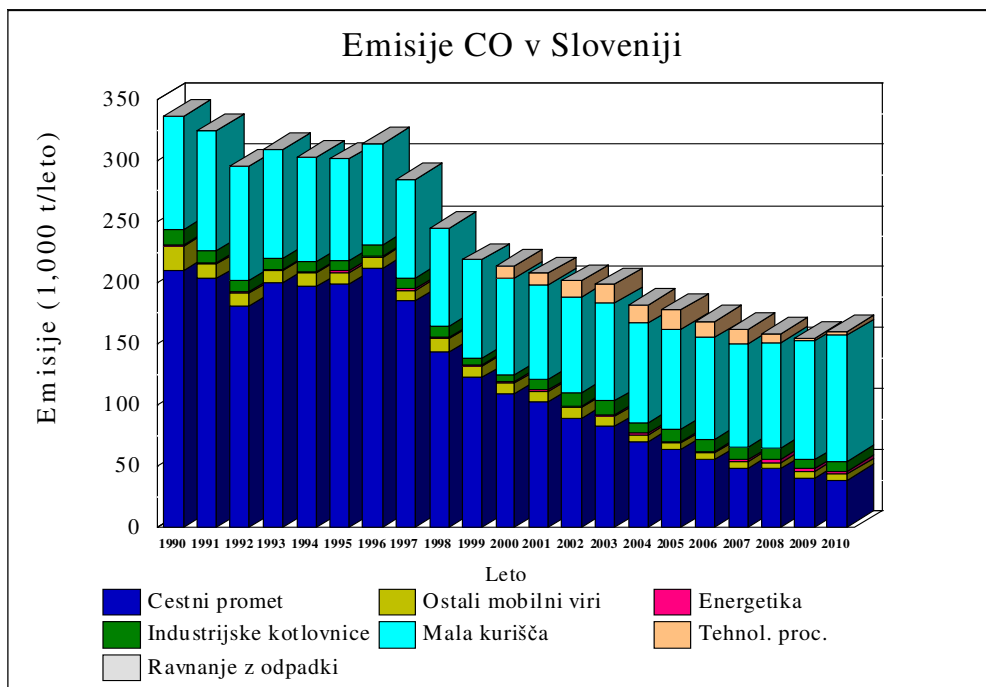
mag. Andrej Šegula

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

### Emisije ogljikovega monoksida (leto 2010)

Od leta 1980 do leta 2010 so letni izpusti CO v Sloveniji bolj ali manj v enakomernem trendu upadanja in so se zmanjšali za 45 %. V zadnjem letu so se znatno znižali predvsem zaradi veliko manjše porabe dizelskega goriva v cestnem prometu. V letih 2008 in 2009 so se začeli znatno zniževati izpusti iz sektorja tehnološki procesi zaradi zahtev, ki so povezane z izdajo IPPC dovoljenj.

Največji delež k skupnim izpustom 124.630 t CO v letu 2010 prispeva sektor »mala kurišča«, in sicer 64,7 %.



**Slika 1:** Emisije CO v Sloveniji

### Onesnaženost zraka z ogljikovim monoksidom

Za CO je predpisana le **8-urna mejna vrednost koncentracije za varovanje zdravja**. Meritve se izvajajo na petih merilnih mestih mreže DMKZ, vendar zaradi dolgotrajne okvare merilnika v Celju za leto 2011 ni bilo dovolj veljavnih podatkov za to merilno mesto. 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 2011 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/m<sup>3</sup> 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.





Da je največji vir CO v mestih promet, kaže slika dnevnega hoda koncentracij z jutranjim in večernim maksimumom ter precej višjimi koncentracijami 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.

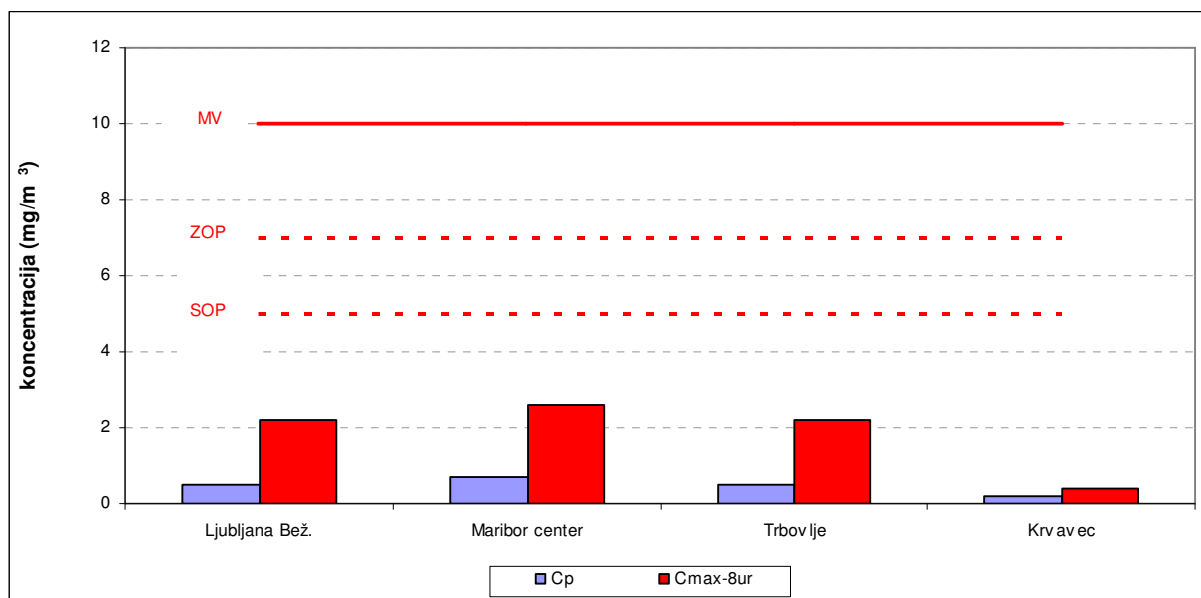
V zadnjih letih se raven koncentracij CO bistveno ne spreminja.

**Tabela 1:** Koncentracije CO v zraku ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) v letu 2011

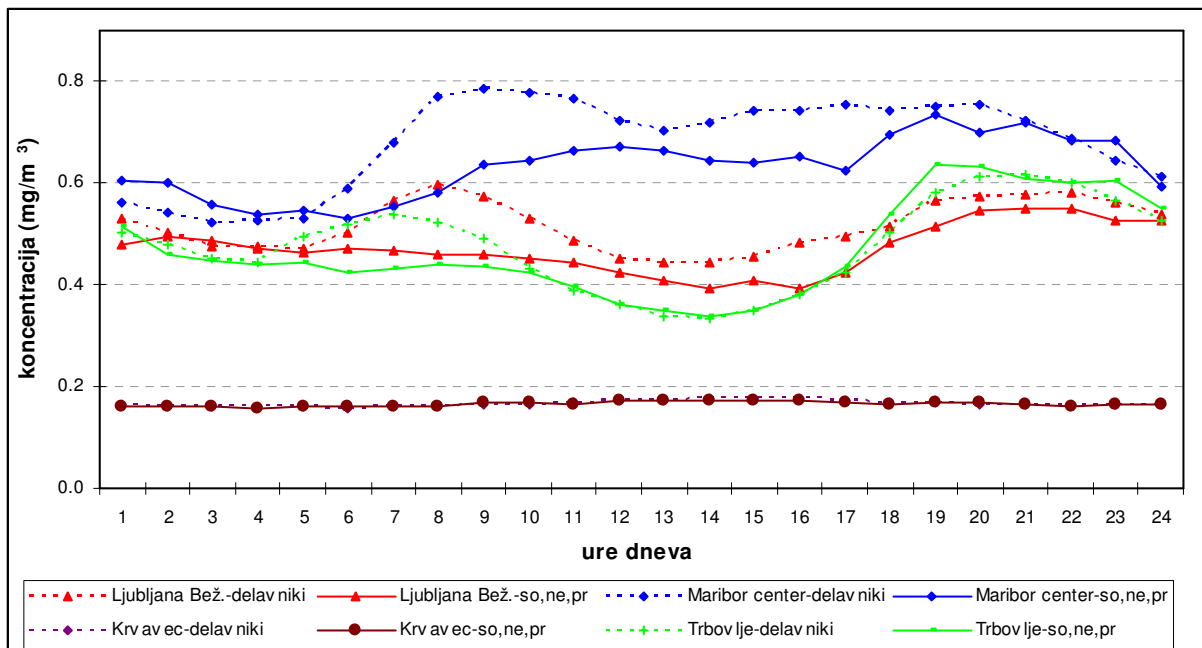
Merilno mesto	Leto		8 ur**	
	% pod	C <sub>p</sub>	max	>MV
Ljubljana Bežigrad	93	0,5	2,2	0
Maribor center	94	0,7	2,6	0
Trbovlje	95	0,5	2,2	0
Krvavec	92	0,2	0,4	0

Legenda:

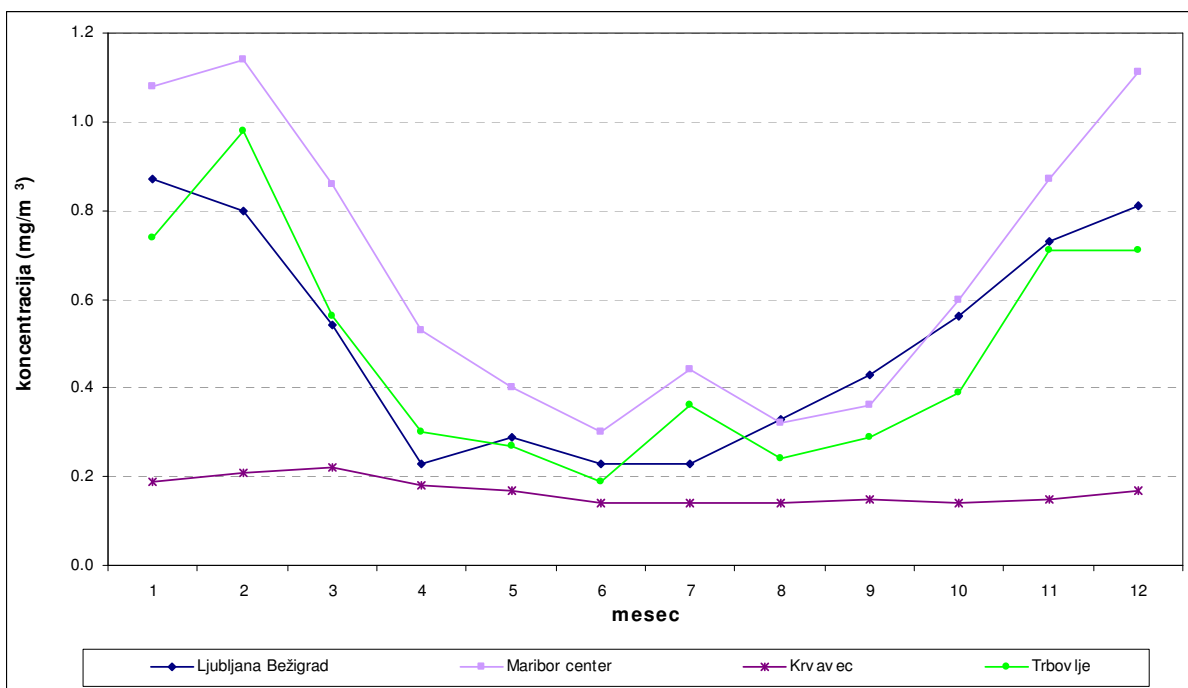
**	določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag	% pod	odstotek veljavnih podatkov
	prekoračena mejna vrednost	C <sub>p</sub>	povprečna koncentracija
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag	max	najvišja koncentracija
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag	>MV	število primerov s prekoračeno mejno vrednostjo
	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom	*	Informativni podatek – premalo veljavnih podatkov



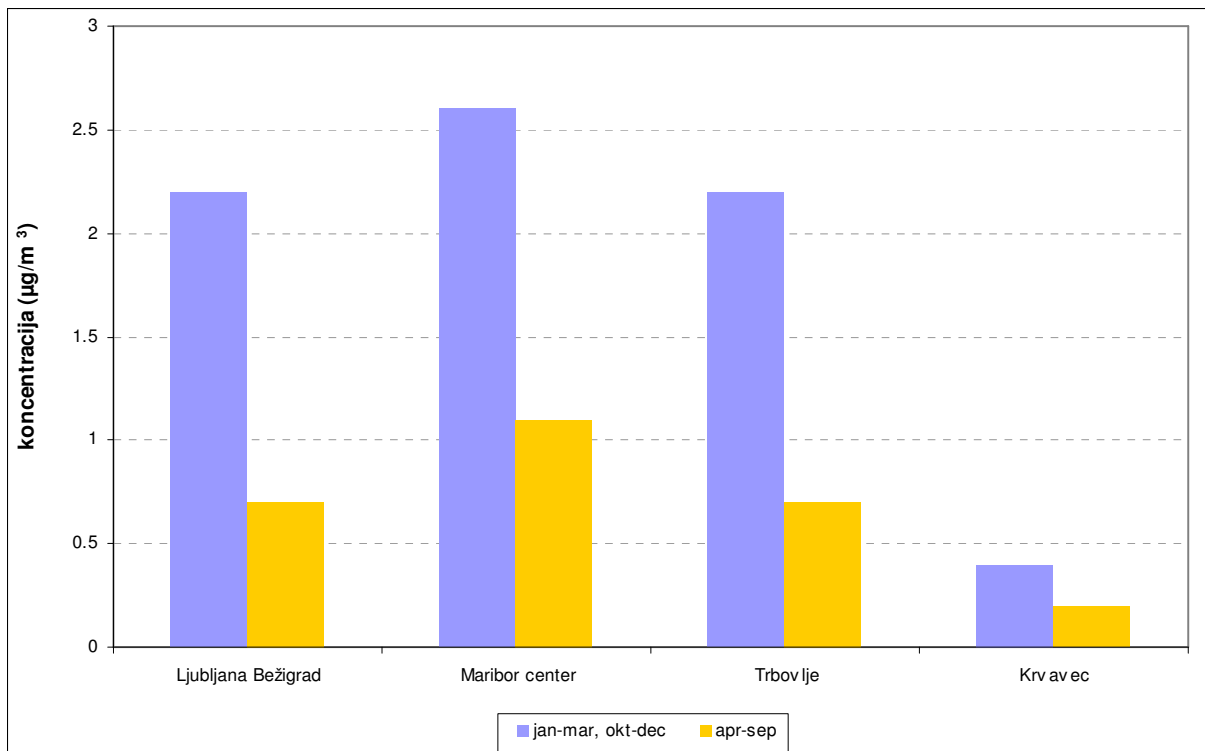
**Slika 2:** Povprečne letne in maksimalne 8-urne koncentracije CO v letu 2011 v  $\text{mg}/\text{m}^3$  (MV-mejna vrednost, SOP-spodnji ocenjevalni prag, ZOP-zgornji ocenjevalni prag)



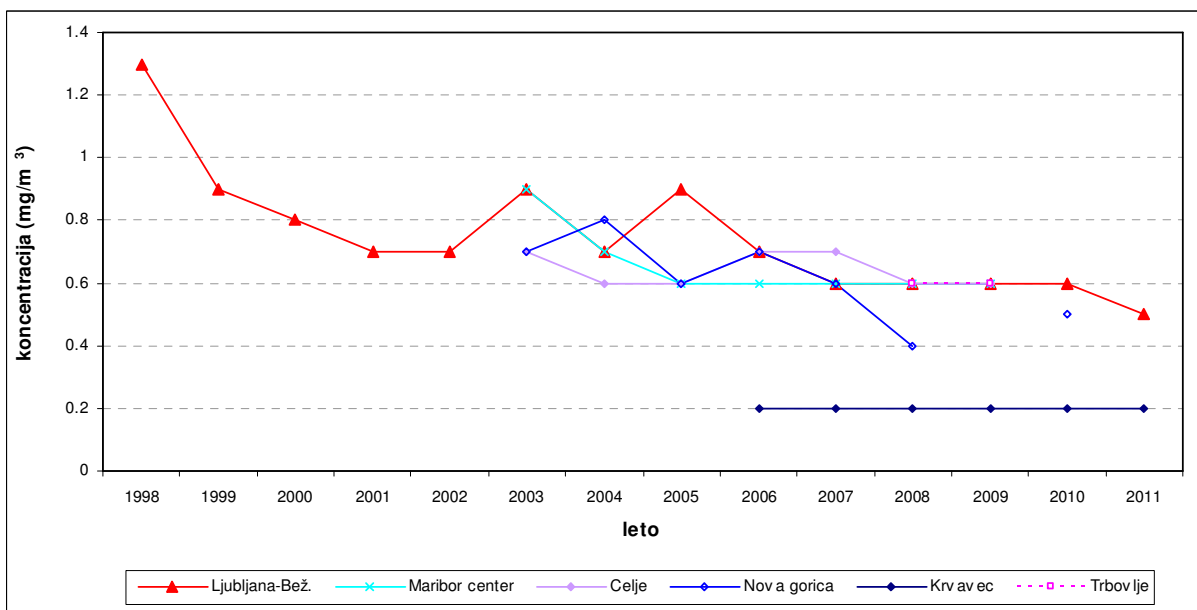
Slika 3: Dnevni hod koncentracije CO na štirih merilnih mestih DMKZ v letu 2011



Slika 4: Povprečne mesečne koncentracije CO (mg/m<sup>3</sup>) po mesecih v letu 2011



Slika 5: Najvišje 8-urne koncentracije CO v obdobju januar - marec, oktober - december in v obdobju april-september 2011



Slika 6: Povprečne letne koncentracije CO na merilnih mestih DMKZ

Tabela 2: Najvišje 8-urne koncentracije CO (mg/m<sup>3</sup>) po mesecih v letu 2011

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	2.2*	1.8	1.2	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.7	1.4	1.6	2.0
Maribor center	2.1	2.6	1.6	1.1	0.8	0.6	0.7	0.8	0.6	1.1	2.2	2.1
Trbovlje	2.2	1.9	1.6	0.7	0.7	0.4	0.6	0.4	0.5	1.1	1.5	1.8
Kravec	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2*	0.2	0.2

## Ozon

mag. Tanja Bolte

Podobno kot v prejšnjih dveh letih so bile koncentracije ozona zaradi neizrazitega poletja razmeroma nizke tudi v letu 2011.

Koncentracije ozona so prekoračile opozorilno urno vrednost  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  štirikrat v Kopru, dvakrat v Novi Gorici in na Vnajnarjih ter enkrat na Otlici nad Ajdovščino in na sv. Mohorju nad Brestanico.

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 in Trbovlje).

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



Merilno mesto Otlica nad Ajdovščino (foto: Peter Pavli)



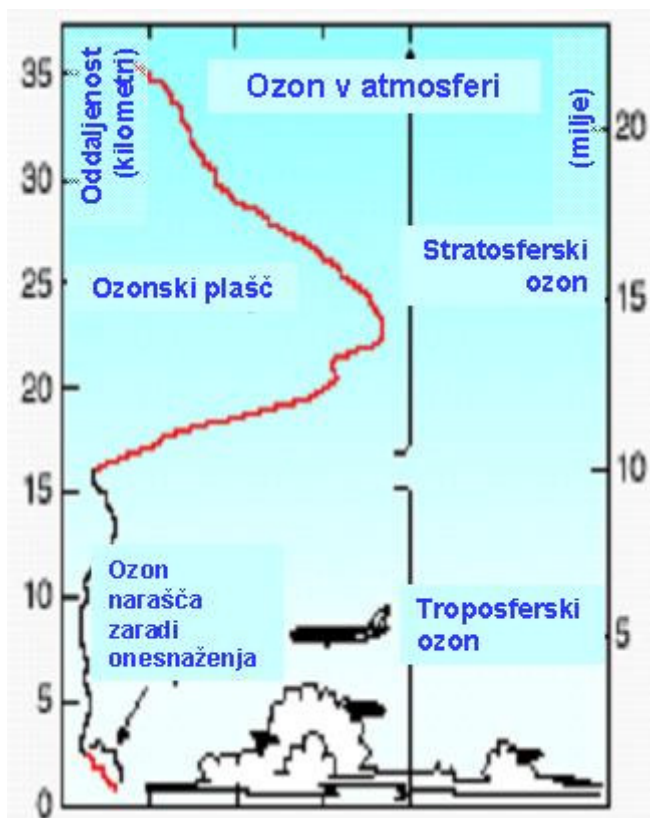
## **Izvori ozona**

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 vrsti ozona: stratosferski »koristen ozon« in troposferski »škodljiv« ozon. Prvi nas ščiti pred nevarnimi UV žarki, drugi pa je škodljiv 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 na 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.



Shematski prikaz procesa nastajanja ozona

### Onesnaženost zraka z ozonom

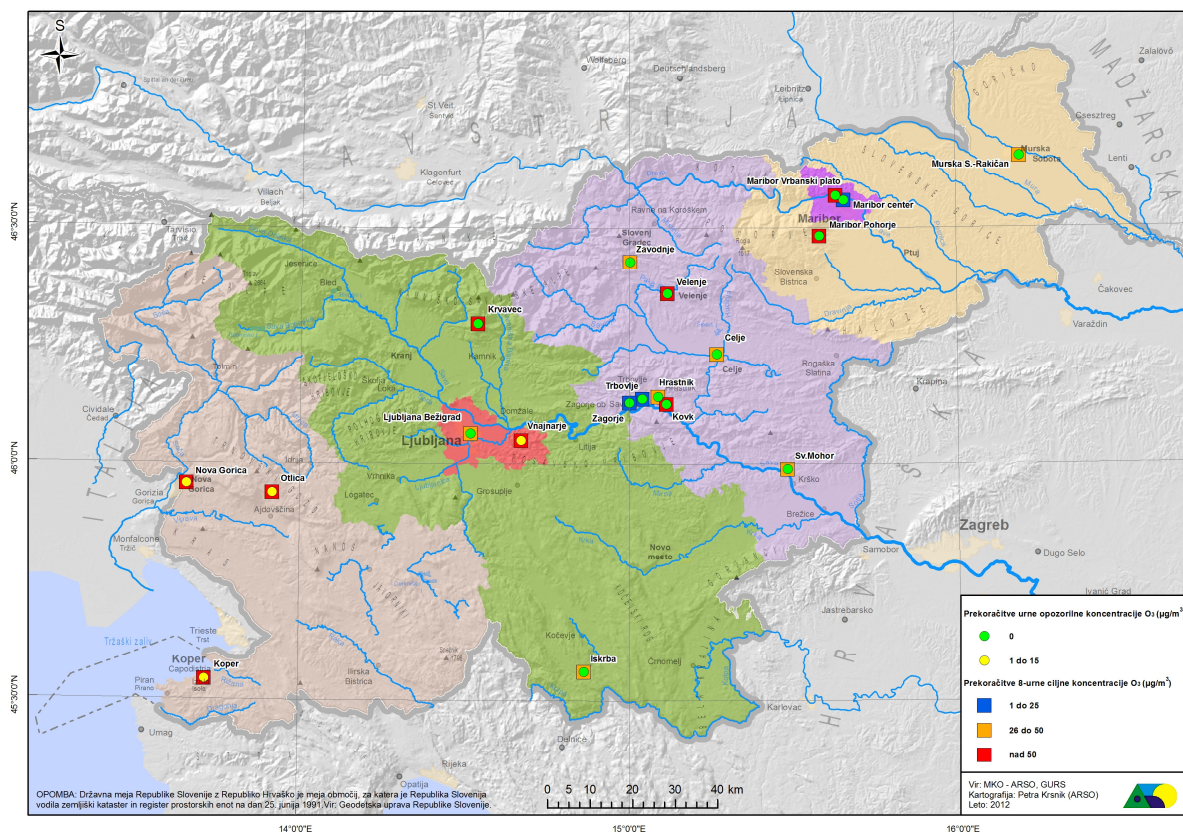
Za zaščito zdravja sta predpisani opozorilna in alarmna urna koncentracija ter ciljna vrednost najvišje 8-urne dnevne koncentracije, za varstvo rastlin pa je za podeželska območja določena mejna vrednost faktorja AOT40 za čas od maja do julija. Letni pregled onesnaženosti zraka z ozonom na skupaj 18 merilnih mestih po Sloveniji v letu 2011 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 pritiska, ko prevladujejo pri nas šibki vetrovi zahodne in jugozahodne smeri. Ker takih vremenskih situacij tako kot v prejšnjih dveh letih tudi v letu 2011 ni bilo, je bilo le malo prekoračitev opozorilne vrednosti – štiri v **Kopru**, po dve v **Novi Gorici** in na **Vnajnarjih**, in po ena na **Otlci nad Vipavsko dolino** in na **sv. Mohorju nad Brestanico**.

Pravo poletje s suhim vremenom smo imeli v letu 2011 šele v drugi polovici avgusta in v septembru, ko so bile temperature zraka precej nad dolgoletnim povprečjem. V tem času pa je nad našimi kraji prevladovala šibka severovzhodna cirkulacija zraka. Zato so koncentracije ozona kljub precej visokim vrednostim tudi na Primorskem in ob obali v glavnem ostale pod opozorilno vrednostjo.

**Tabela 1:** Koncentracije ozona v zraku ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v letu 2011 (prekoračena mejna vrednost AOT40 in mejna letna vrednost ter preseženo dovoljeno število prekoračitev 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	apr-sep	maj-jul
			zaščita materialov	varovanje zdravja					varstvo gozdov	varstvo rastlin
Krvavec	1740	94	95	161	0	0	153	76	49298	24895
Iskrba	540	70	51*	167*	0*	0	154*	35*	38685	20897
Otlica	918	92	80	184	1	0	168	76	63193	30602
Ljubljana Bežigrad	299	95	43	174	0	0	154	44	35695	19609
Maribor center	270	66	37*	127*	0*	0	120*	0	8127	5156*
Celje	240	95	45	162	0	0	149	39	35530	17407
Trbovlje	250	95	41	163	0	0	145	23	26793	12743
Hrastnik	290	92	47	174	0	0	152	36	35067	18474
Zagorje	241	93	41	157	0	0	144	15	22134	11480
Murska S.-Rakičan	188	94	52	163	0	0	143	44	42336	23869
Nova Gorica	113	94	53	186	2	0	168	66	51515	28292
Koper	56	96	72	199	4	0	177	81	56926	31603
Vnajnarje	630	90	77	181	2	0	172	72	43887	22192
Maribor Pohorje	725	91	80	178	0	0	158	57	42299	20013
Maribor Vrbanski p.	250	83	55	163*	0*	0	158*	37*	37105	17821
Zavodnje	770	94	74	172	0	0	163	59	42821	22445
Velenje	390	95	48	166	0	0	152	38	34856	19046
Kovk	600	95	74	177	0	0	165	65	45811	22504
Sv.Mohor	390	96	71	184	1	0	167	80	51127	24881



Slika 1: Število prekoračitev urne opozorilne in 8-urne ciljne koncentracije ozona v letu 2011

### Letni in dnevni hod koncentracij

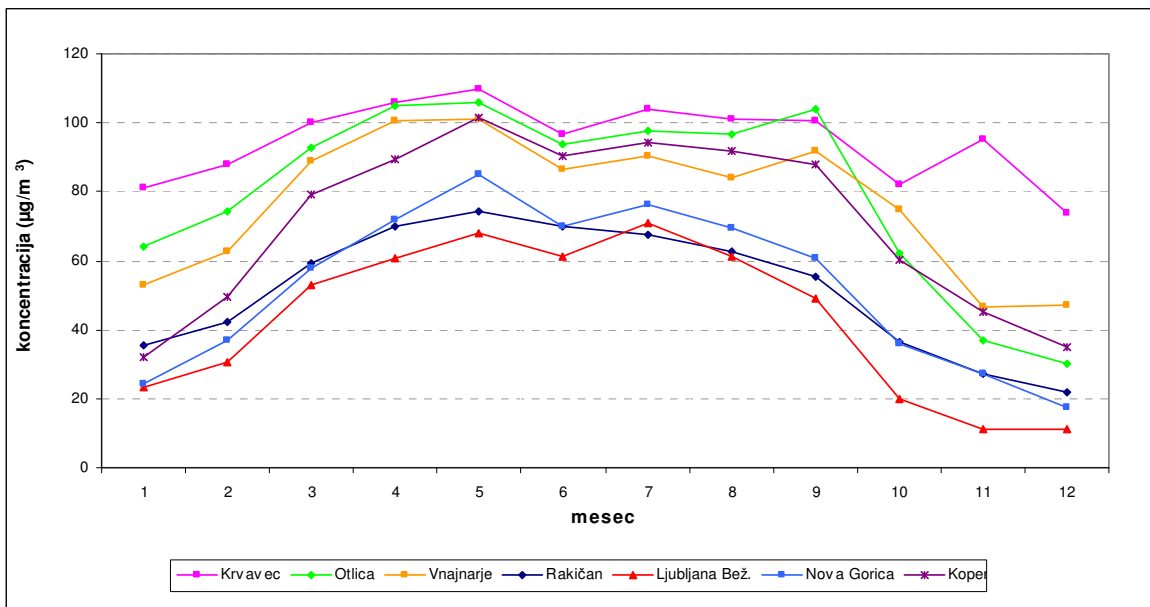
Zaradi vpliva sončnega obsevanja in temperature zraka na kemijske reakcije, pri katerih se razvija ozon, so koncentracije poleti precej višje kot pozimi. Razlika je večja v nižinskih krajih, kjer je pozimi manj sonca zaradi pogoste megle s temperaturno inverzijo.

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 µg/m<sup>3</sup> šele v dnevih, kadar je najvišja dnevna temperatura vsaj 30 °C. Na višje ležečih odprtih legah (Krvavec, Otlica nad Ajdovščino) 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).

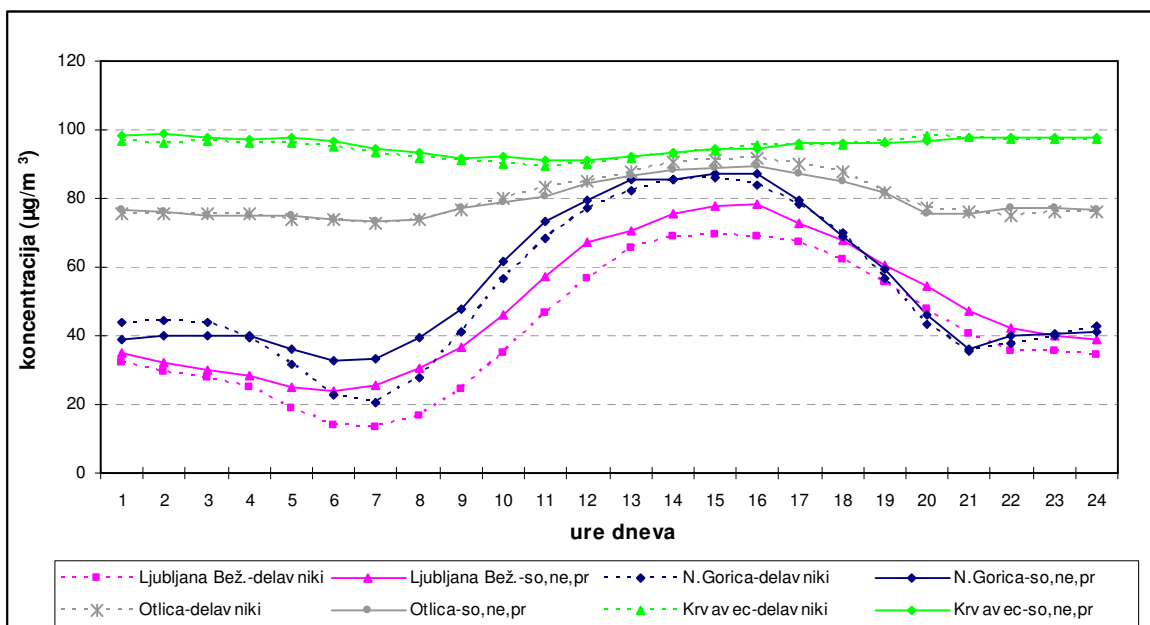
### Časovni trend

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

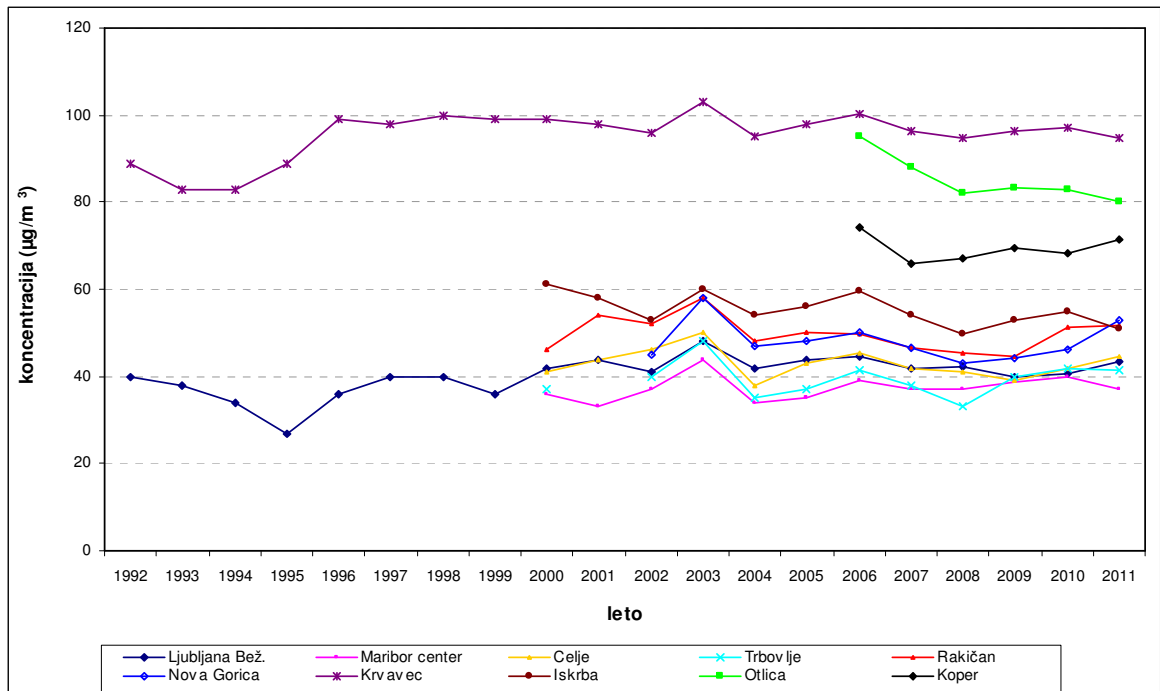
2008 - 2011. Ta nihanja so bolj izražena pri številu prekoračitev ciljne 8-urne vrednosti, še bolj pa pri številu prekoračitev opozorilne urne vrednosti (sliki 5, 6).



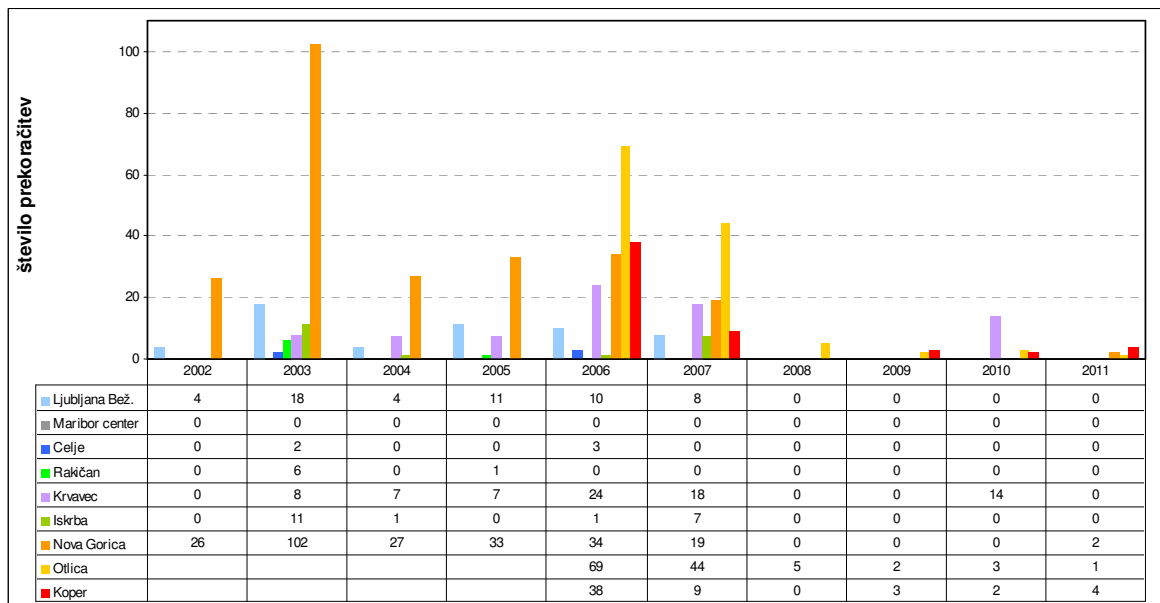
Slika 2: Povprečne mesečne koncentracije ozona v letu 2011



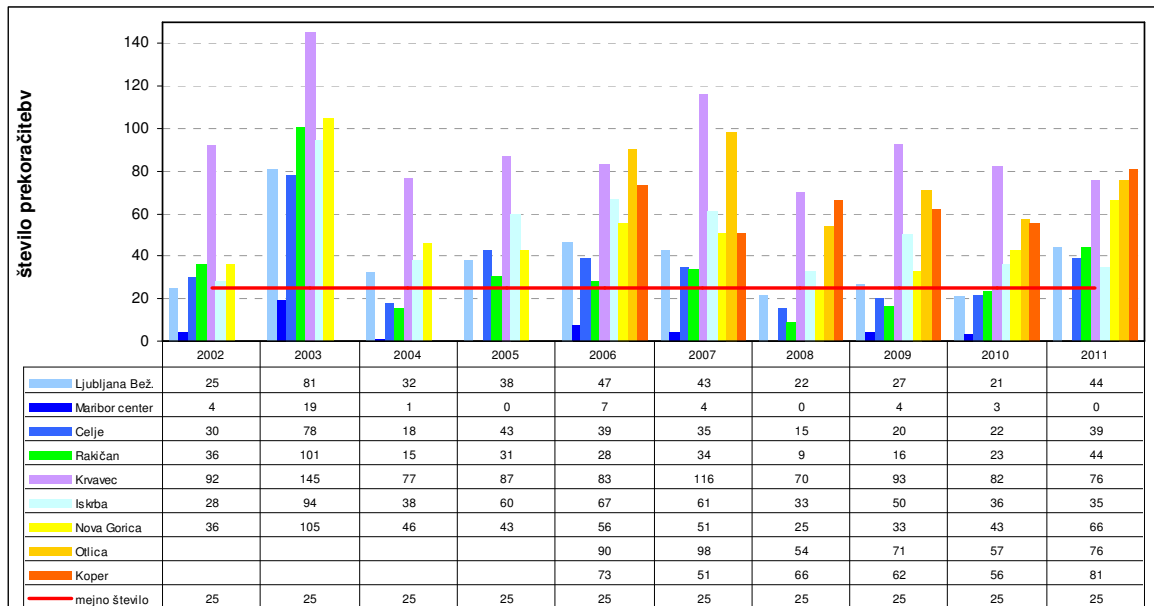
Slika 3: Dnevni hodi koncentracij ozona za leto 2011



Slika 4: Povprečne letne koncentracije ozona



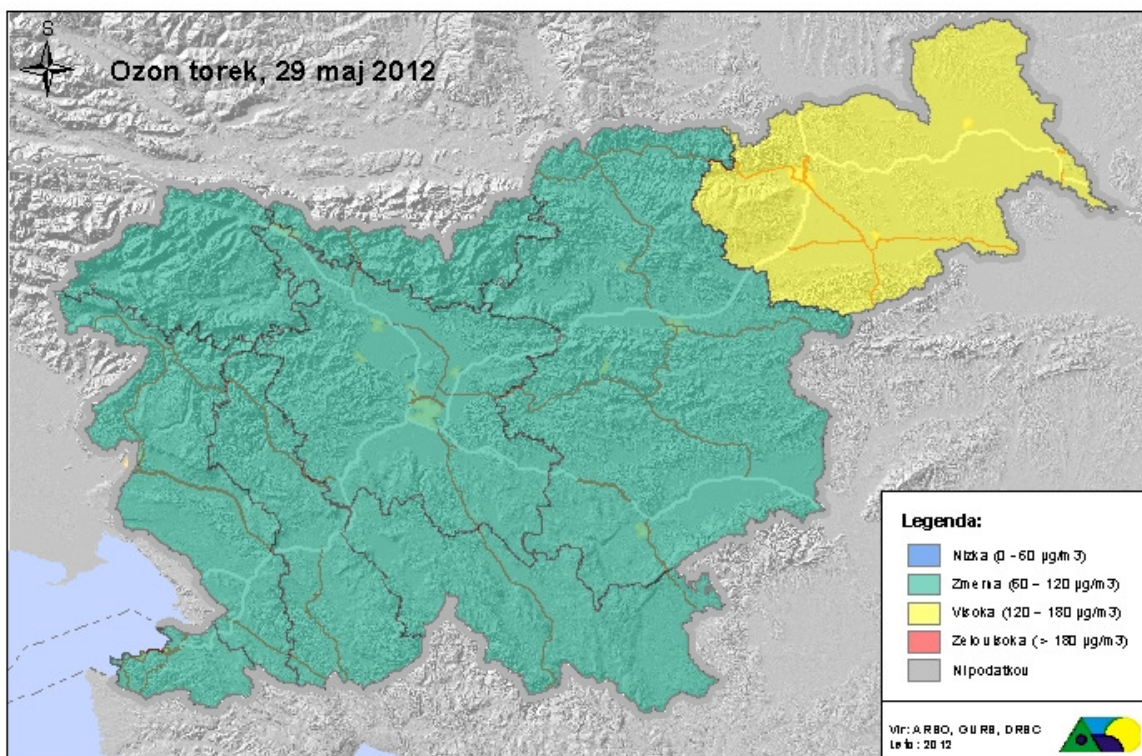
Slika 5: Število prekrščitov urne opozorilne koncentracije ozona za obdobje 2002 - 2011



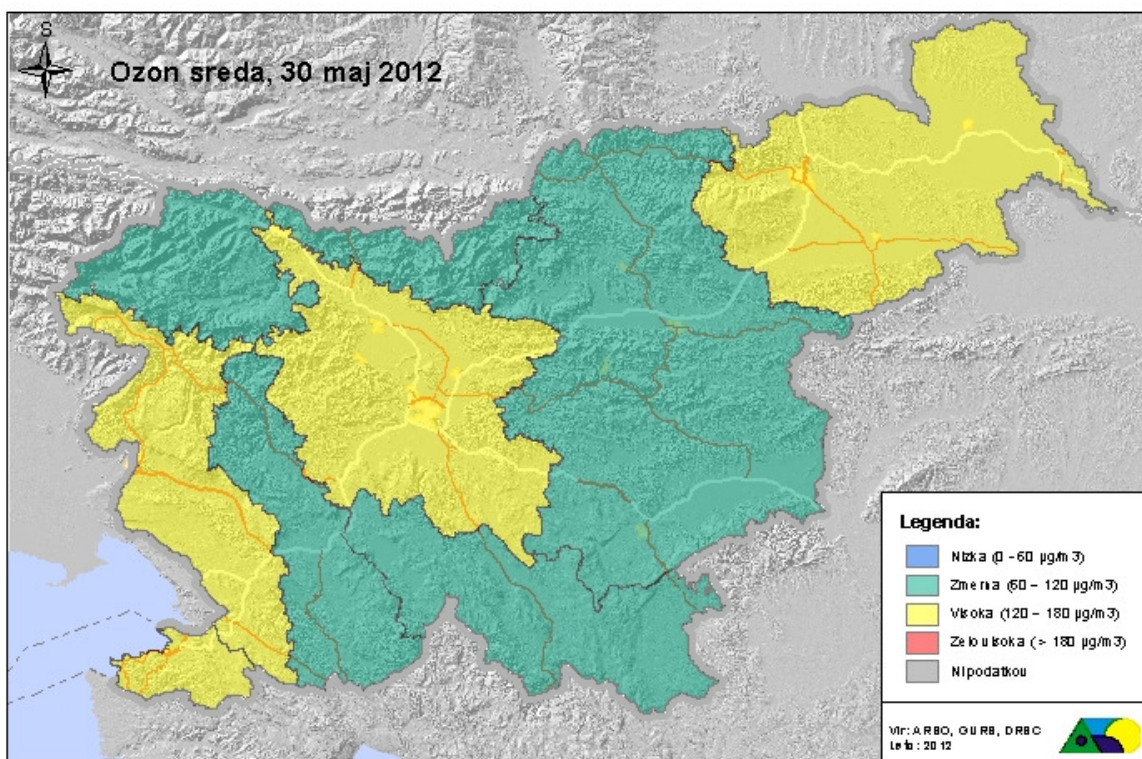
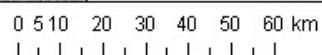
Slika 6: Število prekoračitev ciljne 8-urne koncentracije ozona za obdobje 2002 – 2011

## Napoved ozona

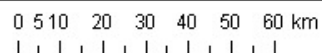
Kot za vsa onesnaževala je tudi za ozon predpisana mejna vrednost koncentracije - opozorilna vrednost je  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , alarmna pa  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ti dve vrednosti sta tisti, pri katerih je potrebno obvestiti javnost in podati informacijo o možnih učinkih na zdravje in priporočenem vedenju. Ena od glavnih nalog Agencije RS za okolje je obveščanje javnosti, zato napovedujemo koncentracijo ozona za dva dni vnaprej za celotno Slovenijo /47,48/, ki je objavljena na spletni strani ARSO.



OPOMBA: Določena meja Republike Slovenije z Republiko Hrvaško je meja območij, za kateri je Republika Slovenija uveljavila zemljišni register prostorskih enot in dan 25. junija 1991. Vir: Geodetska uprava Republike Slovenije.



OPOMBA: Določena meja Republike Slovenije z Republiko Hrvaško je meja območij, za kateri je Republika Slovenija uveljavila zemljišni register prostorskih enot in dan 25. junija 1991. Vir: Geodetska uprava Republike Slovenije.





Obrazložitev legende:

➤ **Ni podatkov**

Podatki manjkajo zaradi nepravilnega delovanja merilne opreme.

➤ **Nizka (0 - 60 µg/m<sup>3</sup>)**

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

➤ **Zmerna (60 – 120 µg/m<sup>3</sup>)**

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

➤ **Visoka (120 – 180 µg/m<sup>3</sup>)**

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/m<sup>3</sup>)**

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.

Primer napovedi ozona, ki je vidna na spletni strani ARSO

Ko je opozorilna urna koncentracija presežena, pošljemo obvestila na različne naslove: bolnišnice, zdravstveni domovi, mediji, center za reševanje, občine, šole, vrtci.

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.

Celotna Agencija je vključena 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 2011 uspešno realizirali in ga celo presegli.

V letu 2011 smo napoved ozona izboljšali. Nadgradili smo statistični model za napovedovanje z modelom, izgrajenim na daljšem časovnem nizu podatkov za posamezno merilno mesto. Prav tako smo vključili tudi napoved ozona za višje ležeča mesta /48/.

**Tabela 2:** Maksimalne 1-urne koncentracije ozona ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v letu 2011 (prekoračena opozorilna vrednost je označena rdeče)

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Krvavec	106	108	136	144	161	143	147	157	153	133	118	97
Iskrba	0*	0*	0*	138*	147	141*	152	167	144	118	96	77
Otlica	96	111	144	152	184	168	159	179	169*	150	96	61
Ljubljana Bežigrad	74	89	136	147	167	137	156	174	146	106	84	72
Maribor center	63*	71	127*	0*	122*	117	124	116*	0*	76*	63	68
Celje	78	84	137	149	149	141	144	161	162	150	95	81
Trbovlje	73	102	142	149	163	143	149	161	141	117	83	73
Hrastnik	77	109	145	152	174	148	153	172	152	120	82	74*
Zagorje	76	92	140	149	157	131	140	155	136	92	72*	74
M. S.-Rakičan	84	110	137	144	153	135	144	163*	153	130	87	86
Nova Gorica	83	94	140	147	178	169	160	186	166	143*	92	83
Koper	82	91	136	151	199	176	149	173	165	132	92	80
Vnajarje	101	107	143	157	181	143	148	155*	159*	172*	120	83
Maribor Pohorje	82	98	127	138	136*	144	151	167	150	153	152	178*
Zavodnje	87	94	137	154	159	138	152	172	142	140	90	83
Velenje	80	95	139	155	166	139	147	153	138	122	85	78
Kovk	84	106	135	154	177	135	143	167	148	123	85	88
Sveti Mohor	89	121*	155	147	152	165	160	180	184	141	105	79
Maribor Vrbanski p.	77*	83*	137*	157	163*	136	131	156	162	162	106	129

**Tabela 3:** Število prekoračitev urne opozorilne koncentracije ozona  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  v letu 2011

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Krvavec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iskrba	0*	0*	0*	0*	0	0*	0	0	0	0	0	0
Otlica	0	0	0	0	1	0	0	0	0*	0	0	0
Ljubljana Bežigrad	0	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	0	0	0
Trbovlje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	0	0	0	0	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	0	0	0	2	0	0*	0	0
Koper	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Vnajarje	0	0	0	0	2	0	0	0*	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	1	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 ozona 120 µg/m<sup>3</sup> v letu 2011

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

**Tabela 5:** Povprečne letne vrednosti koncentracij ozona (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	
Krvavec	89	83	83	89	99	98	100	99	99	98	96	103	95	98	100	96	95	96	97	95	
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	61	58	53	60	54	56	60	54	50	53	55	51*
Otlica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	95	88	82	83	83	80	
Ljubljana Bež.	40	38	34	27	36	40	40	36	42	44	41	48	42	44	45	42	42	40	41	43	
Maribor center	/	/	/	/	/	/	/	/	36	33	37	44	34	35	39	37	37	39	40	37*	
Celje	/	/	/	/	/	/	/	/	41	44	46	50	38	43	45	42	41	39	42	45	
Trbovlje	/	/	/	/	/	/	/	/	37	/	40	48	35	37	41	38	33	40	42	41	
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	46	37	46	52	43	35	50	44	41	42	48	47	
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	34	41	32	44	39	36	30	30	36	41	
M.S. - Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	46	54	52	58	48	50	50	47	45	45	51	52	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	58	47	48	50	47	43	44	46	53	
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	74	66	67	69	68	72	
Zavodnje	79	73	73	71	66	72	72	64	58	75	66	78	64	75	76	71	65	72	73	77	
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	38	40	54	55	43	46	54	51	42	49	51	80	
Kovk	70	68	69	75	69	68	61	70	76	71	65	78	69	72	72	67	61	68	71	74	
Sveti Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	57	68	66	64	59	54	54	48	
Vnajnarje	/	/	/	/	/	/	/	/	77	63	67	73	67	68	76	70	60	74	73	74	
Maribor Vrbanski p.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	55	
Maribor Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/	86	/	/	88	76	79	82	76	74	74	71	71	

## Delci

mag. Tanja Bolte

**Delci so naravnega ali antropogenega izvora in pomembno vplivajo na zdravje ljudi, klimo, vidnost itd. Ločimo različne velikosti delcev: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1,0</sub> 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<sub>4</sub><sup>2-</sup>), nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), amonij (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 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 μm (10<sup>-6</sup> m) in se imenujejo fini delci (v angleščini izraz fine particles). Na zemeljski površini pa nastanejo delci, v glavnem večji od 1 μm, 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 g/cm<sup>3</sup>. 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<sub>10</sub> - delci z aerodinamičnim premerom pod 10 μm,

PM<sub>2,5</sub> - delci z aerodinamičnim premerom pod 2,5 μm,

PM<sub>1,0</sub> - delci z aerodinamičnim premerom pod 1 μm,

UFP – zelo fini delci z aerodinamičnim premerom pod 0,1 μm.

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<sub>10</sub> (delci velikosti pod 10 mikrometrov).

Manjši delci so delci pod 2.5 mikrometrov (100 krat tanjši od človeškega lasu). Ti delci nosijo oznako PM<sub>2,5</sub> (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.

Manjši ko so delci, globlje prodrejo v dihalne poti. Delci večji od 10  $\mu\text{m}$  se ustavijo v zgornjih dihalnih poteh (nos, obnosne votline), manjši od 10  $\mu\text{m}$  pa potujejo v spodnje dihalne poti. Delci manjši od 2.5  $\mu\text{m}$  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  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) in v zadnjih letih predvsem delcem manjšim od 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ), 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  $\mu\text{m}$  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 /33/.

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 /33/.

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 /36, 37/.

Iz študije, opravljene v 22 evropskih mestih o vplivih  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$  40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se stopnja umrljivosti poveča za dobra 2 % /39/.

Iz študij je razvidno, da je učinek  $\text{PM}_{10}$  na zdravje odvisen od koncentracije in časa izpostavljenosti. Dolgotrajna stalna izpostavljenost ima neprimerno večji vpliv na zdravje kot občasna kratkotrajna izpostavljenost večjim koncentracijam  $\text{PM}_{10}$  /35/.

Iz študij je nadalje razvidno, da je odnos med dolgotrajno izpostavljenostjo PM<sub>10</sub> 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 /35/.

Delci večajo umrljivost za boleznimi dihal, srca in ožilja, kar je v skladu z mehanizmom delovanja. Življenje v okolju z delci PM<sub>10</sub> poveča tveganje za umrljivost za boleznimi dihal in boleznimi srca in ožilja, tveganje se poveča za 1,01 za vsakih 10 µg/m<sup>3</sup> /59/.

Slovenija je sodelovala v vseh pomembnih evropskih epidemioloških študijah, ki so raziskovale vpliv dolgotrajne izpostavljenosti delcem PM<sub>10</sub> na umrljivost in obolevnost odraslih za boleznimi dihal, srca in ožilja /39/.

Oceno o ogroženosti zdravja zaradi izpostavljenosti delcem PM<sub>10</sub> smo opravili v mestih Ljubljana in Celje. V oceni smo določili dodatno letno število prebivalcev, ki umrejo zaradi boleznimi dihal, srca in ožilja zaradi dolgotrajne izpostavljenosti trenutni stopnji onesnaženja v primerjavi s povprečno letno vrednostjo 20 µg/m<sup>3</sup> in v primerjavi z zeleno stopnjo onesnaženja (povprečna letna vrednost 10 µg/m<sup>3</sup>) /60/.

### Delci PM<sub>10</sub>

**Koncentracija delcev PM<sub>10</sub> je v letu 2011 presegla letno mejno vrednost na merilnem mestu Ljubljana center.**

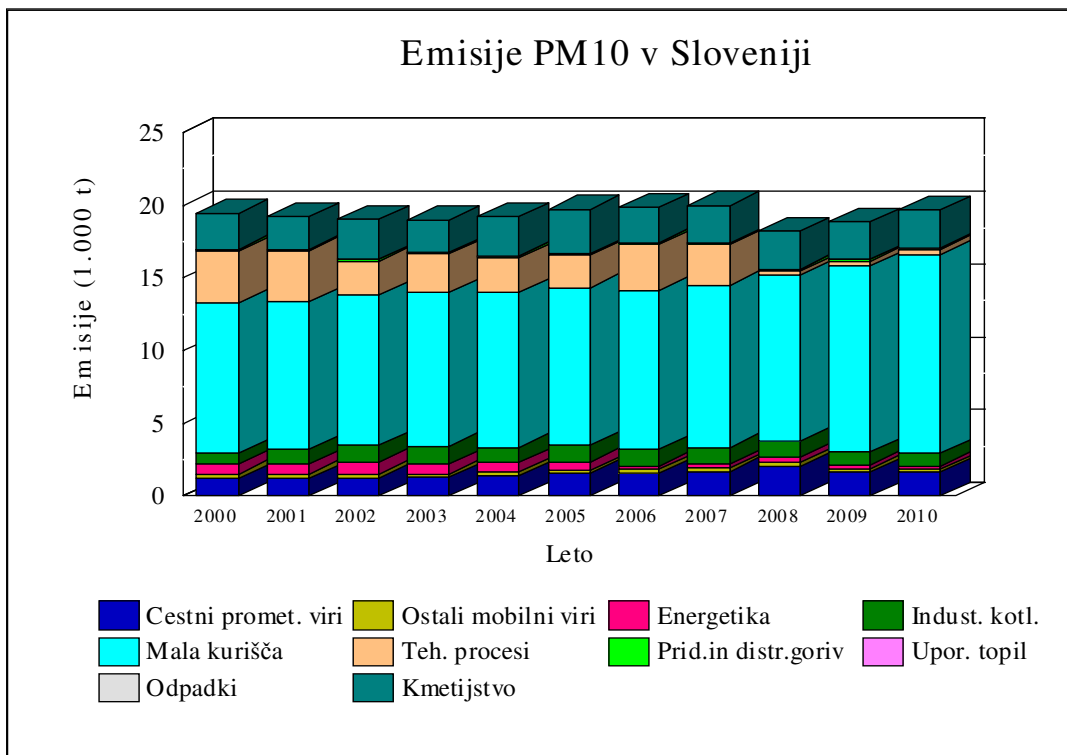
**Dovoljeno število dnevniških presežitev je bilo preseženo na vseh merilnih mestih, ki so pod vplivom prometa, industrije in individualnih kurišč. Predvsem so to vsa mestna merilna mesta z izjemo Kopra, Nove Gorice in lokacije Maribor Vrbanski plato. Preseganj prav tako ni bilo na območjih, ki so daleč od virov emisij, med katerimi je bilo daleč najčistejše merilno mesto Iskrba.**

### Emisije delcev PM<sub>10</sub> (leto 2010)

Od leta 2000 do leta 2010 so se letni izpusti PM<sub>10</sub> v Sloveniji povečali za 1 %. Povečanje je posledica povečevanja porabe lesne biomase za kurjenje v malih kuriščih. Poleg večje porabe pa se je po podatkih Urada za statistiko v letih 2009 in 2010 tudi znatno povečala kalorična vrednost lesne biomase. Ker se istočasno v zadnjih letih povečuje tudi število sodobnih kurilnih naprav na lesno biomaso, za katere sicer še ni na voljo emisijskih faktorjev v metodologiji (sodimo pa da so nižji), je verjetno realno stanje nekoliko drugačno, kot je prikazano na sliki 1.

V letih 2008 in 2009 so se začele znatno zniževati emisije iz sektorja »Tehnološki procesi« zaradi zahtev, ki so povezane z izdajo IPPC dovoljenj.

Največji delež k skupnim izpustom 19.685 t PM<sub>10</sub> v letu 2010 prispeva sektor »Mala kurišča (kurjenje lesne biomase)«, in sicer 69 %.



Slika 1: Emisije delcev PM<sub>10</sub> v Sloveniji

### Onesnaženost zraka z delci PM<sub>10</sub>

Uredba o kakovosti zunanjega zraka in Pravilnik o ocenjevanju zunanjega zraka predpisuje dovoljene mejne vrednosti koncentracij delcev PM<sub>10</sub> za zaščito zdravja - **mejno dnevno vrednost in dovoljeno letno število prekorajitev le-te ter mejno letno vrednost.**

V Pravilniku o ocenjevanju zunanjega zraka je sprememba v vrednosti spodnjega in zgornjega ocenjevalnega praga za delce PM<sub>10</sub>. To spremembo smo upoštevali pri podatki za leto 2011, ker je bil Pravilnik o ocenjevanju zunanjega zraka sprejet v letu 2011.

Tabela 1: Vrednosti za ZOP in SOP, ki so veljale do leta 2011

24 – urno povprečje PM <sub>10</sub>	
Zgornji ocenjevalni prag (ZOP)	30 µg/m <sup>3</sup> ne sme biti preseženo več kot 7-krat v v koledarskem letu
Spodnji ocenjevalni prag (SOP)	20 µg/m <sup>3</sup> ne sme biti preseženo več kot 7-krat v koledarskem letu
Letno povprečje PM <sub>10</sub>	
Zgornji ocenjevalni prag	14 µg/m <sup>3</sup>
Spodnji ocenjevalni prag	10 µg/m <sup>3</sup>

**Tabela 2:** Vrednosti za ZOP in SOP, ki veljajo od leta 2011 dalje

24 – urno povprečje PM <sub>10</sub>		
Zgornji ocenjevalni prag (ZOP)		35 µg/m <sup>3</sup> ne sme biti preseženo več kot 35-krat v koledarskem letu
Spodnji ocenjevalni prag (SOP)		25 µg/m <sup>3</sup> ne sme biti preseženo več kot 35-krat v koledarskem letu
Letno povprečje PM <sub>10</sub>		
Zgornji ocenjevalni prag		28 µg/m <sup>3</sup>
Spodnji ocenjevalni prag		20 µg/m <sup>3</sup>

Letni pregled onesnaženosti zraka z delci po merilnih mestih v letu 2011 je podan v tabeli 3. Podrobnejši podatki so zbrani v tabelah 4 - 7.

V letu 2011 smo na vseh merilnih mestih (izjema sta merilni mesti Ljubljana Bežigrad in Koper) izvajali meritve z merilnikom TEOM (real time) in referenčnim merilnikom (gravimetrija, meritev je v skladu s standardom *SIST EN 12341:2005*). V septembru 2011 smo meritve z referenčnim merilnikom vzpostavili na merilnem mestu Koper, konec leta 2011 pa tudi na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad. Agencija je tako na vseh merilnih mestih, ki delujejo znotraj DMKZ, vzpostavila t.i. referenčne meritve delcev in s tem zadostila zahtevam *priloge 6 Pravilnika o ocenjevanju zunanjega zraka*.

V obdobju od 7. do 9. novembra 2012 je bil v Sloveniji v ozračju prisoten saharski pesek, zato smo število preseganj na določenih lokacijah zmanjšali v skladu z navodili EK. Več o tem je napisano v poglavju Obdobje visokih koncentracij.



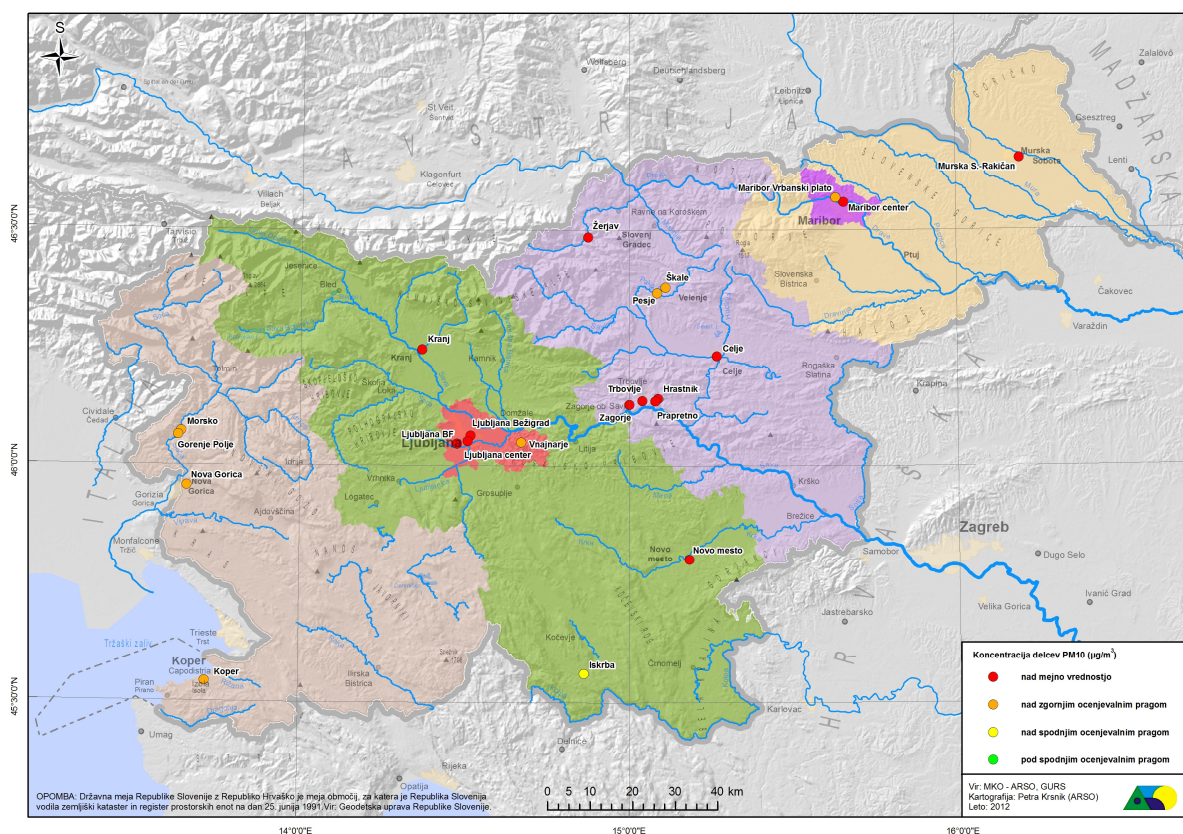
**Tabela 3:** Koncentracije delcev PM<sub>10</sub> v zraku (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

Merilno mesto	Leto**		Dan**		korek. faktor		
	% pod	C <sub>p</sub>	max	>MV	pozimi		poleti
					jan-mar	okt-dec	
Ljubljana Bežigrad	97	32	167	63	1,24	1,24	1,03
Ljubljana BF (R)	98	30	166	51			
Maribor center (R)	100	34	115	64			
Kranj (R)	99	30	117	55			
Novo mesto (R)	99	32	136	69			
Celje (R)	98	35	119	73			
Trbovlje (R)	97	35	117	68			
Zagorje (R)	100	36	138	75			
Hrastnik (R)	100	30	123	51			
Murska S. Rakičan (R)	99	33	111	71			
Nova Gorica (R)	96	27	101	28			
Koper ***	98	27	96	21	1,30	1,30	1,03
Žerjav (R)	97	34	114	79			
Iskrba (R)	94	16	73	3			
Ljubljana center	94	44	134	94	1,00 <sup>▲</sup>	1,00 <sup>▲</sup>	1,00 <sup>▲</sup>
Maribor Vrbanski p.	91	25	100	25	1,30	1,30	1,00
Vnajarje (R)	92	26	100	25			
Pesje	31	27*	84*	6*	1,00 <sup>▲</sup>	1,00 <sup>▲</sup>	1,00 <sup>▲</sup>
Škale	97	22	82	16	1,30	1,30	1,30
Prapretno	93	34	101	49	1,30	1,30	1,30
Morsko (R)	99	21	104	13			
Gorenje Polje (R)	93	23	112	18			

Legenda:

\*\* določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag  
 prekoračena mejna vrednost  
 prekoračen zgornji ocenjevalni prag  
 prekoračen spodnji ocenjevalni prag  
 koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom  
(R) meritve z referenčnim merilnikom – LVS  
<sup>▲</sup> meritve z merilnikom TEOM FDMS

% pod odstotek veljavnih podatkov  
C<sub>p</sub> povprečna koncentracija  
max najvišja koncentracija  
>MV število primerov s sprežeeno mejno vrednostjo  
\*\*\* od 1. 9. 2011 dalje meritve PM<sub>10</sub> izvajamo z referenčnim merilnikom  
\* informativni podatek – premalo celjavnih podatkov



**Slika 2:** Raven povprečne dnevne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> v letu 2011

Merilno mesto **Ljubljana center** je bilo po onesnaženosti zraka z delci PM<sub>10</sub> s povprečno letno koncentracijo 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in s 94 prekoračitvami mejne dnevne koncentracije tudi v letu 2011 na prvem mestu. Edino na tej lokaciji je bila prekoračena povprečna letna mejna koncentracija. Na vseh merilnih mestih, z izjemo Nove Gorice, Kopra, Iskrbe, Maribor Vrbski plato, Vnajarje, Pesje, Škale, Morsko in Gorenje polje, je bilo preseženo letno dovoljeno število prekoračitev mejne dnevne koncentracije.

Rezultati meritev kažejo, da so bile koncentracije delcev PM<sub>10</sub> v letu 2011 višje kot v letu 2010 na vseh merilnih mestih. Prav tako je število preseganj na vseh merilnih mestih višje kot v letu 2010. Poudariti je potrebno, da do povišanih koncentracij delcev in s tem do preseganj mejnih dnevni koncentracij prihaja izključno v zimskih mesecih (oktober – marec).

Poleg prometa dodatno vplivajo na povečano onesnaženost zraka z delci tudi industrija in individualna kurišča. Agencija RS za okolje je izdelala oceno virov onesnaženosti PM<sub>10</sub> na posameznih merilnih mestih po Sloveniji /19/.

Iz omenjene ocene je jasno razvidno, da je v zadnjih dveh 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 CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O nastajajo tudi nezaželene emisije, kot so CO, NO<sub>x</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> in delci, ki ogrožajo tudi 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, količina dodanega goriva, odstranjevanje pepela).

## **Letni in dnevni hod koncentracij**

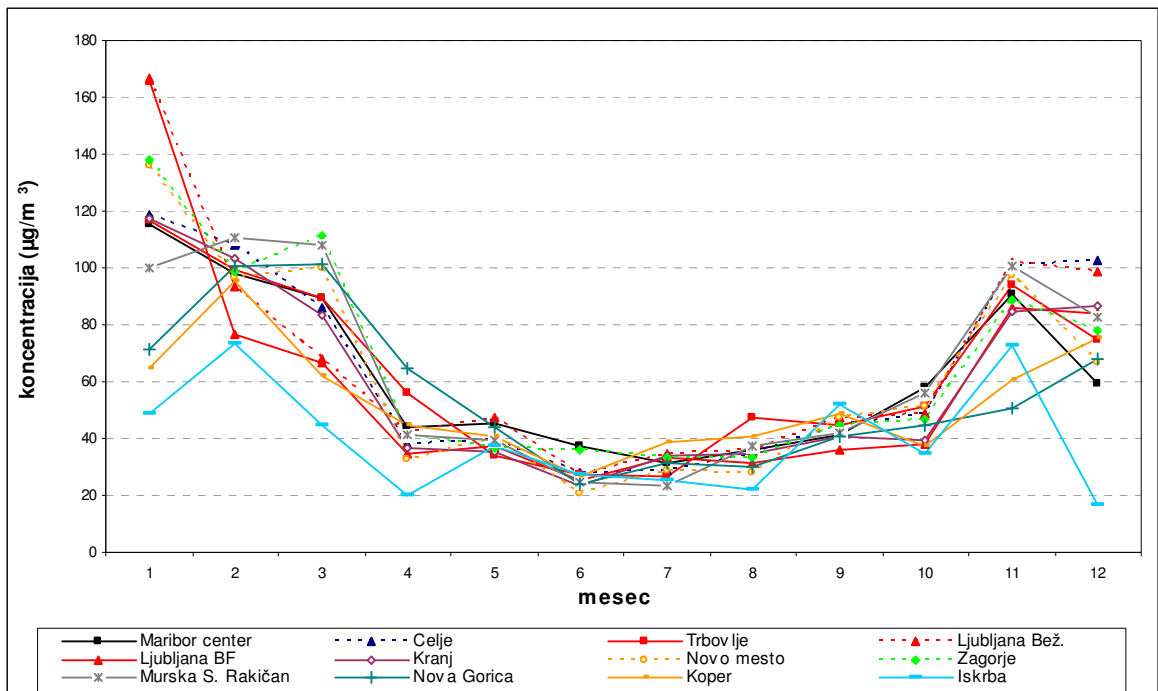
Nižje koncentracije delcev PM<sub>10</sub> poleti in višje pozimi so očitne zlasti v notranjosti Slovenije, saj se pozimi zaradi stabilnejše atmosfere in šibkejših vetrov onesnažen zrak težje razredčuje. Do povišanih koncentracij delcev prihaja predvsem v zimskem času zaradi dodatnih emisij iz individualnih 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).

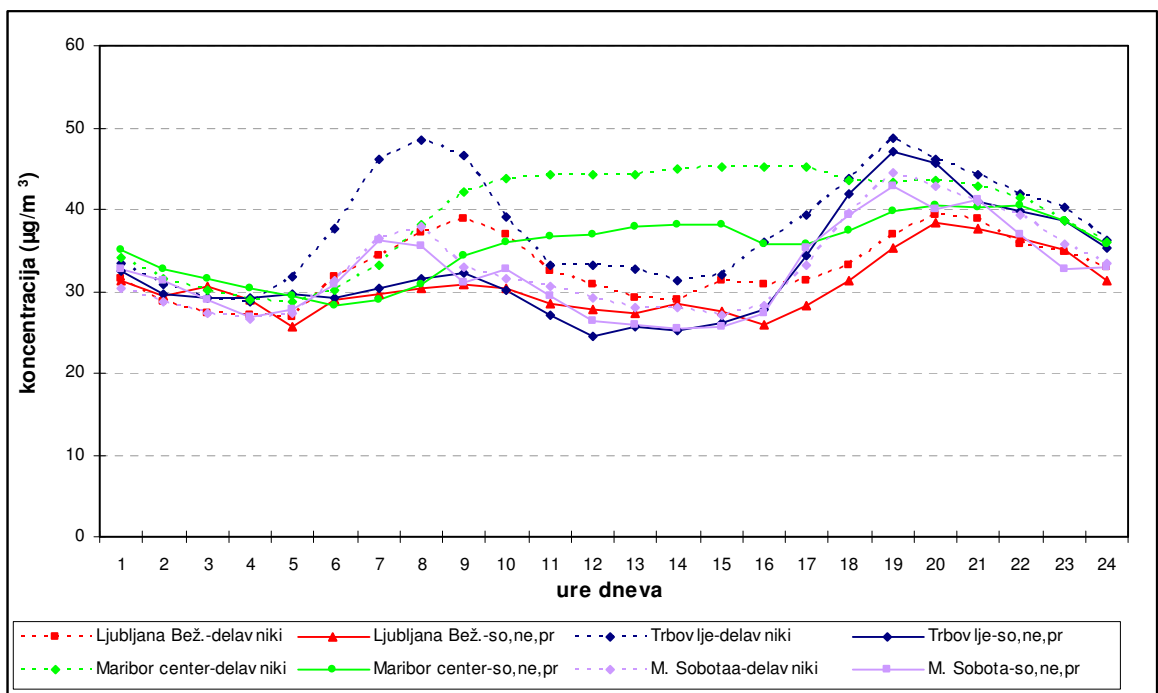
Jutranji in večerni maksimum sta predvsem posledica prometnih konic, pri čemer je vpliv popoldanske premaknjen na večerni čas, ko se hitrost vetra zmanjšuje. Precej višje koncentracije se pojavljajo ob delovnih dnevih kot ob koncu tedna in ob praznikih.

## **Časovni trend**

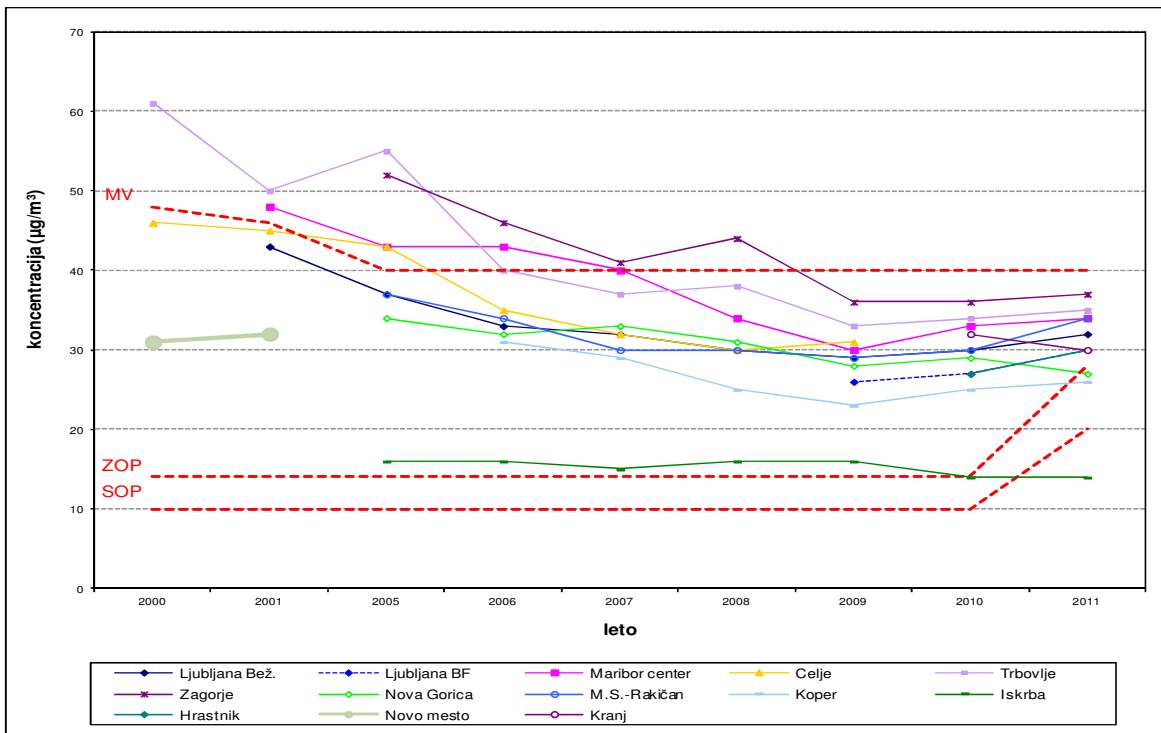
Pri časovnem trendu koncentracij je opazen vpliv prevladujočih vremenskih situacij. Trend zmanjševanja koncentracij delcev PM<sub>10</sub> od 2003 naprej je delno posledica zmanjševanja emisije zaradi izgradnje čistilnih naprav na industrijskih objektih, delno pa posledica ugodnih vremenskih razmer v 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. Podrobneje je to obdobje visokih koncentracij onesnaževal vidno na slikah 7a in 7b.



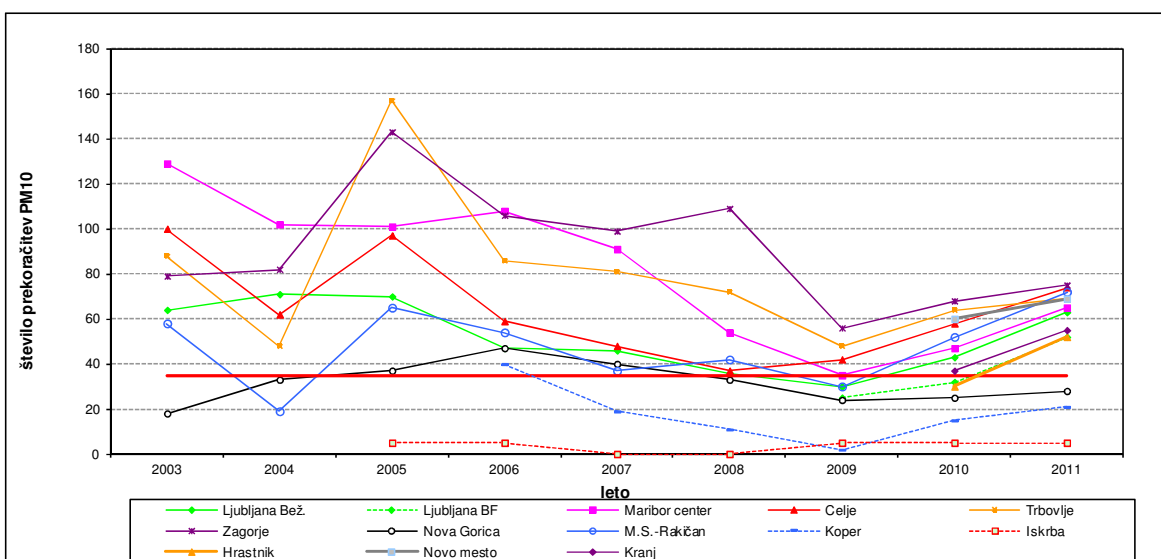
Slika 3: Povprečne mesečne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> v letu 2011



Slika 4: Dnevni hodi koncentracij delcev PM<sub>10</sub> za leto 2011 na štirih merilnih mestih



Slika 5: Povprečne letne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> (MV-mejna vrednost, SOP-spodnji ocenjevalni prag, ZOP-zgornji ocenjevalni prag)



Slika 6: Število prekrščitov mejne dnevne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> za obdobje 2002 - 2011

## Obdobje visokih koncentracij

Najvišje koncentracije onesnaževal v letu 2011 so bile izmerjene v dveh obdobjih stabilnega in suhega vremena med 19. 1. in 28. 2. ter v mesecu novembru. V teh obdobjih so koncentracije delcev PM<sub>10</sub> velikokrat prekoračile mejno dnevno vrednost. Februar je bil sicer nadpovprečno topel, vendar je trajalo najdaljše obdobje brez padavin kar 22 dni.

V prvih dveh mesecih leta 2011 je bilo dovoljeno število preseganj mejne dnevne koncentracije že prekoračeno na lokacijah Zagorje, Celje in Žerjav. Tudi na ostalih lokacijah je bilo število preseganj zelo visoko ( Maribor center 31; Ljubljana BF 26; Trbovlje 34; Hrastnik 25; Kranj 23; Novo mesto 33; Murska sobota 34). Najvišje dnevne koncentracije PM<sub>10</sub> so bile izmerjene v januarju in februarju.

V novembru pa je bila značilna dolgotrajna temperaturna inverzija v notranjosti Slovenije, ko se je po nižinah zadrževal hladen zrak, medtem ko je bilo v višjih legah in na Primorskem jasno in toplejše vreme. To dejstvo je skupaj z 20-dnevnim obdobjem brez padavin prispevalo k veliki onesnaženosti zraka v notranjosti Slovenije, medtem ko so bile koncentracije onesnaževal na merilnih mestih na Primorskem zaradi sončnega vremena občutno nižje.

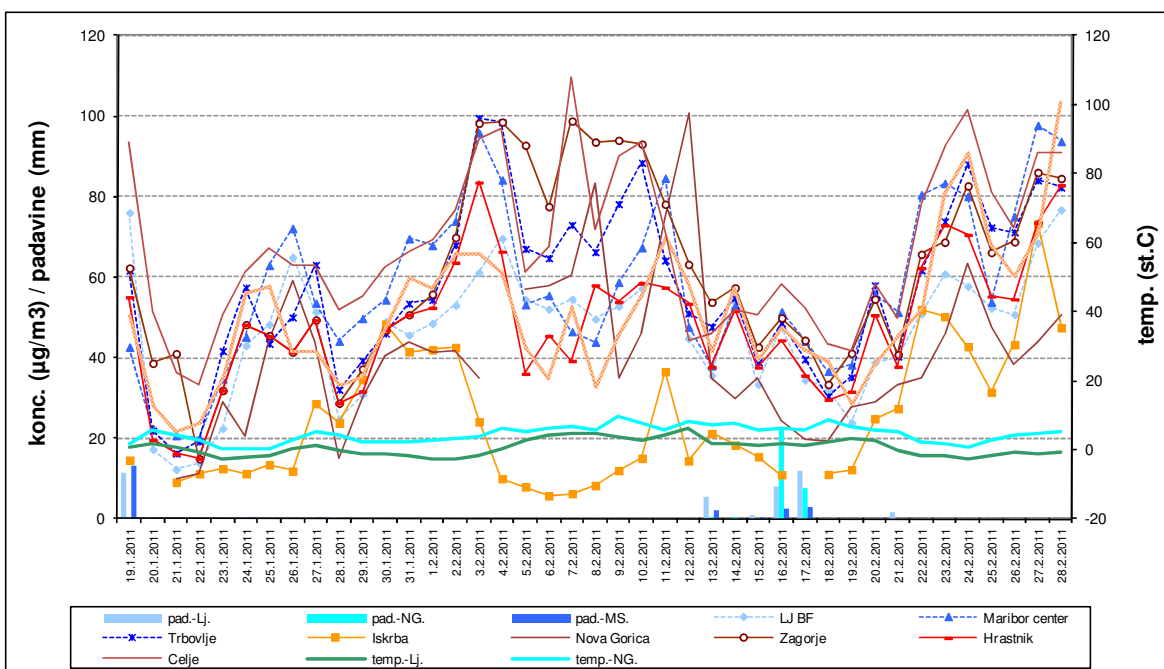
V novembru je bilo število preseganj mejne dnevne koncentracije sledeče: Maribor center 17; Ljubljana BF 11; Zagorje 15; Trbovlje 15; Hrastnik 13; Celje 19; Kranj 17; Novo mesto 16; Murska sobota 16 in Žerjav 12.

V obdobju od 7. do 9. novembra 2011 je bil v Sloveniji v ozračju prisoten saharski pesek. V tem obdobju so bile dnevne koncentracije delcev visoke in so presegle dnevno mejno koncentracijo 50 µg/m<sup>3</sup>. Predvsem 7. in 8. novembra je nad našimi kraji pihal južni veter. Izračunane trajektorije kažejo, da so zračni tokovi potekali preko severne Afrike nad naše kraje.

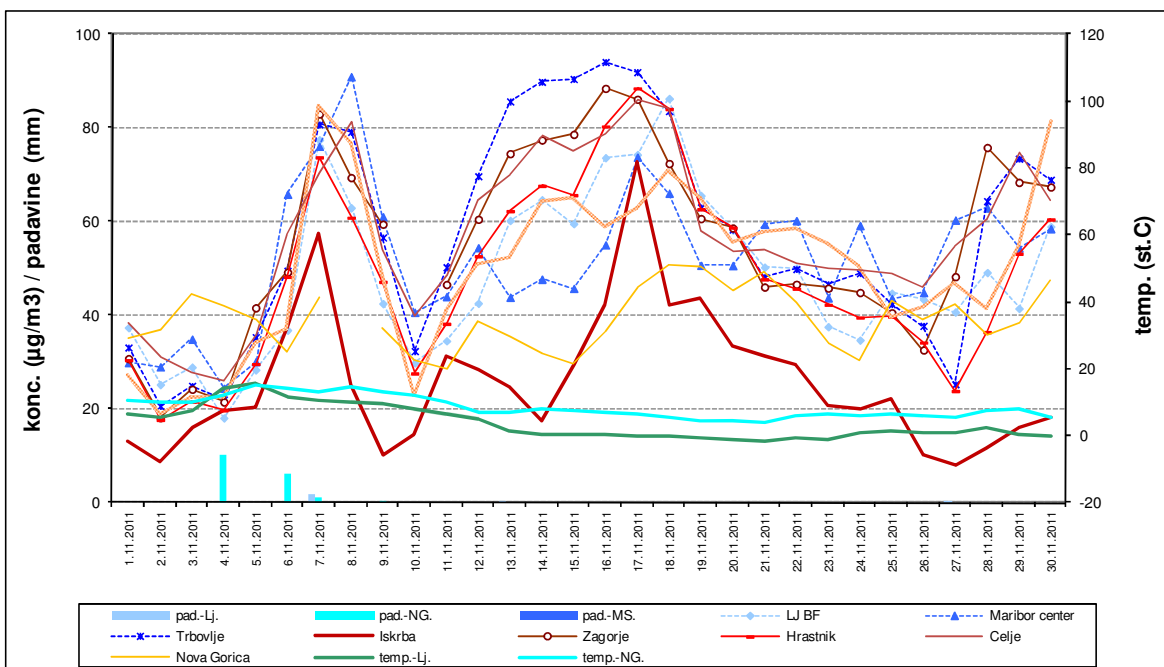
Evropska komisija je pripravila navodilo /49/, na kakšen način detektirati »dogodke«, ki jih uvrščamo med naravne vire emisij, med katere poleg aerosolov iz morja, gozdnih požarov, vulkanskega prahu, uvrščamo tudi saharski pesek.

Vpliv saharskega peska nad Slovenijo je zaznal tudi model BSC-DREAM 8b. Z modelom je viden vpliv saharskega peska v obdobju od 7. do 9. novembra 2011. Ker saharski pesek potuje daljši čas, so piki visokih koncentracij PM<sub>10</sub> lahko na posameznih postajah vidni v različnih dneh. Študije kažejo, da takšen efekt lahko traja od 1 do 3 dni po advekciji zračnih mas iz Afrike.

Po predlaganih navodilih je potrebno na regionalnem merilnem mestu (kamor uvrščamo merilno mesto Iskrba pri Kočevski Reki) identificirati omenjeni vpliv. Iz koncentracij PM<sub>10</sub> je bilo vidno, da je bil vpliv saharskega peska zaznaven le 7. novembra. Ta dan je bil prispevek saharskega peska 32,4 µg/m<sup>3</sup>. Tako smo v skladu z omenjenim navodilom EK za vsako merilno mesto od izmerjene koncentracije delcev PM<sub>10</sub> odšteli prispevek saharskega peska. Situacija je podrobneje opisana v poročilu /61/.



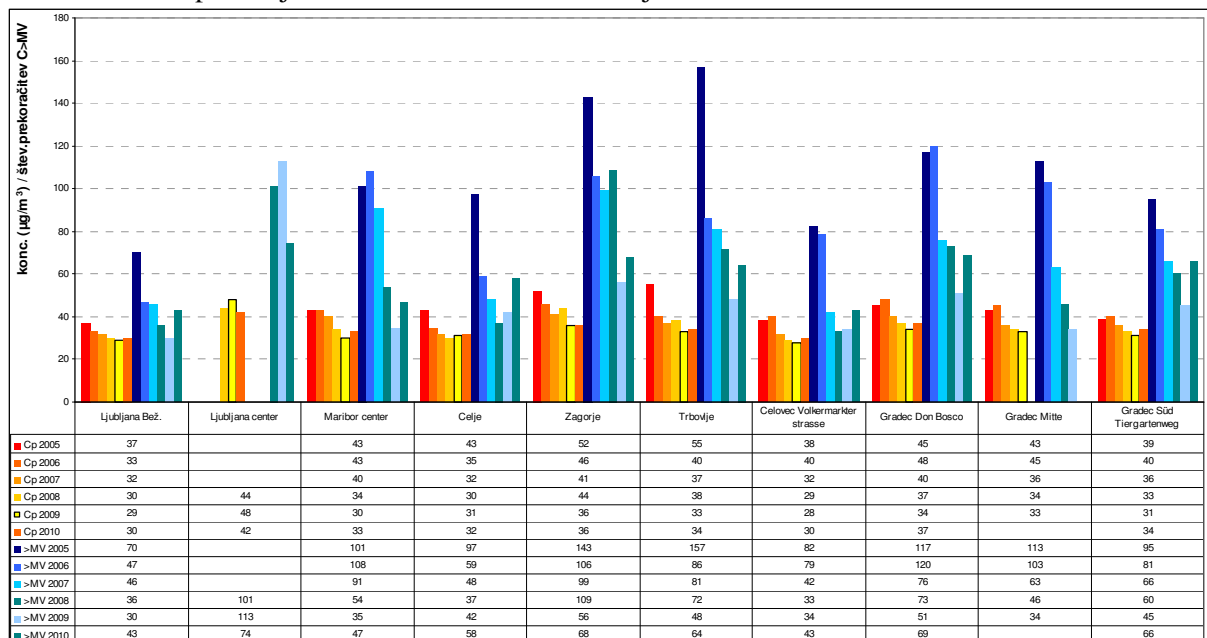
Slika 7a: Koncentracije delcev PM<sub>10</sub>, padavine in temperatura zraka v obdobju od 19. 1. do 28. 2. 2011



Slika 7b: Koncentracije delcev PM<sub>10</sub>, padavine in temperatura zraka v novembru 2011

## Primerjava s podatki iz Avstrije

Za primerjavo navajamo podatke o koncentracijah delcev PM<sub>10</sub> z nekaterih naših mestnih merilnih mest in štirih mestnih merilnih mest v sosednji Avstriji /26/, od katerih je najbolj prometno Gradec-Don Bosco (slika 8). Število preseganj mejne dnevne koncentracije v letu 2010 je bilo na naših merilnih mestih primerljivo z merilnimi mesti v Avstriji.



Slika 8: Povprečne letne koncentracije (Cp) delcev PM<sub>10</sub> ter število prekoračitev dnevne mejne vrednosti na merilnih mestih v Sloveniji in v sosednji Avstriji v letih 2005- 2010

Tabela 2: Povprečne mesečne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

Merilno mesto/Mesec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	45	55	37	25	22	17	17	21	24	29	55	43
Ljubljana BF (R)	45	50	33	23	23	18	16	18	20	23	49	41
Maribor center (R)	49	63	45	28	28	25	20	21	23	26	52	37
Kranj (R)	43	55	39	24	19	15	16	19	21	24	50	40
Novo mesto (R)	51	59	42	24	20	15	14	17	20	28	55	38
Celje (R)	51	64	47	27	23	16	15	19	22	32	60	43
Trbovlje (R)	47	64	47	29	21	18	18	23	23	33	57	40
Zagorje (R)	54	70	51	30	25	21	19	21	23	31	56	42
Hrastnik (R)	42	54	39	25	21	17	16	19	21	27	49	32
Murska S. Rakičan (R)	50	67	48	24	21	15	14	18	20	29	55	42
Nova Gorica (R)	38	45	36	25	21	16	14	17	20	19	35	36
Koper	35	44	33	24	23	18	18	23	23	18	35*	27
Žerjav (R)	64	63	45	30	23	19	16	17	18	26	49	53
Iskrba (R)	16	26	17	13*	19	15	13	14	16	12	26	10
Ljubljana center	57	70	49	40	39	32	31	41	29	32	62	55
Morsko	28	34	30	18	16	14	12	18	17	14	31	26
Gorenje Polje	30	35	33	20	17	14*	13	15	18	16	33	29
Maribor Urbanski p.	37	47	35	20	18	16	15	20	19	24	44	23
Vnajnarje	23	39	32	29	26	21	22	0*	25*	21	27	13
Pesje	25	44	32	24	19	14	14	16	17	17	27	16
Škale	34	46	32	24	13	12	12	15	16	19	35	19
Prapretno	36	54	40	31	33	26	23	31	30	28	49	26



**Tabela 3:** Prekoračitve mejne dnevne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bež.	11	18	8	0	0	0	0	0	0	0	17	9*
Ljubljana BF	10	16	5	0	0	0	0	0	0	0	10	10
Ljubljana center	16	23	12	3	4	0	2	7	0	3	14	10*
Maribor center	11	20	10	0	0	0	0	0	0	2	16	5
Kranj	7	16	9	0	0	0	0	0	0	0	17	6
Novo mesto	14	19	9	0	0	0	0	0	0	2	16	9
Celje	17	18	10	0	0	0	0	0	0	0	18	10
Trbovlje	13	21	10	1	0	0	0	0	0	1	14	8
Zagorje	14	22	15	0	0	0	0	0	0	0	15	9
Hrastnik	7	18	9	0	0	0	0	0	0	0	12	5
M. S.-Rakičan	14	20	11	0	0	0	0	0	0	2	15	9
Nova Gorica	6	8	6	1	0	0	0	0	0	0	2	5
Koper	5	7	2	0	0	0	0	0	0	0	3*	4
Žerjav	18	18	10	0	0	0	0	0	0	2	11	20
Iskrba	0	2	0	0*	0	0	0	0	1	0	1	0
Morsko	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Gorenje Polje	3	4	4	0	0	0*	0	0	0	0	3	4
Maribor Urbanski p.	6	9	6	0	0	0	0	0	0	0	4*	0*
Vnajnarje	2	6	1	0	0	0	0*	0*	1*	0*	2	0
Pesje	2	7	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Škale	4	8	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Prapretno	4	14	8	2	3	0	0	3	1	0	13	1

\*\* prestavitev merilnega mesta Tabor na lokacijo Maribor VP

**Tabela 4:** Povprečne letne vrednosti koncentracij delcev PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (prekoračena mejna letna vrednost je označena rdeče)

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

**Tabela 5:** Število prekoščitev mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) (prekoščena dovoljena letna vsota je označena rdeče)

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

## Določitev virov delcev PM<sub>10</sub> 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 posameznih najpomembnejših virov delcev PM<sub>10</sub> na določenih merilnih mestih, zato je potrebno pridobiti čim več informacij o kemijskih lastnostih delcev.

Na Agenciji Republike Slovenije za okolje 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 PM<sub>10</sub> v zunanjem zraku na enem merilnem mestu vsak dan eno leto.



Viri delcev (foto: Albert Kolar)

Na osnovi povprečnih koncentracij in števila preseganj delcev PM<sub>10</sub> smo se odločili, da bomo v letu 2011 ocenili vire delcev PM<sub>10</sub> na merilnem mestu Trbovlje. Vzorčenje je potekalo od 16.3.2011 do 13.7.2011 in od 27.8.2011 do 11.1.2011. V Trbovljah ima Agencija za okolje postavljeno merilno mesto za spremljanje kakovosti zraka v industrijski coni Nasipi. Lokacija merilnega mesta v Trbovljah je predmestnega tipa z vplivom industrije, delno prometa in predvsem v zimskem času individualnih kurišč. Predvsem za onesnaženost zraka z delci je merilno mesto reprezentativno za celotno Trbovlje.

Po končanem vzorčenju smo iz razlike v masi filtra določili koncentracijo delcev PM<sub>10</sub>, nato pa filter poslali v kemijsko analizo. Delci PM<sub>10</sub> so bili analizirani na naslednje parametre: težke kovine, policiklične aromatske ogljikovodike (v nadaljevanju PAH), ione, elementarni in organski ogljik ter levoglukozan. S pomočjo statističnega modela Positive Matrix Factorization (PMF 3.0) smo na podlagi teh pridobljenih rezultatov in njihovih merilnih negotovosti določili prispevke posameznih virov emisij delcev PM<sub>10</sub> za celotno obdobje merjenja.

V Tabeli 1 so iz različnih strokovnih člankov zbrani elementi (tracer, indikator), ki so značilni za posamezen vir onesnaženja /52, 53, 54/.

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

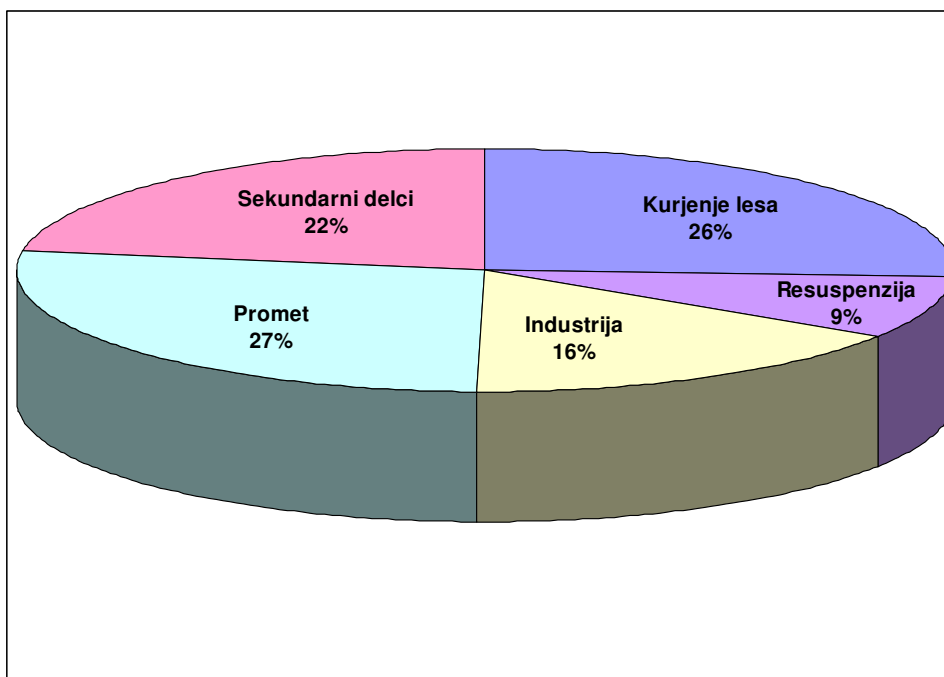
VIR EMISIJE		KARAKTERISTIČNI ELEMENTI
CESTNI PROMET	Emisija izpusta	Br, Pb, Ba, EC, Mn, Cl, Zn, V, Ni, Se, Sb, As, PAH
	Obraba pnevmatik	Zn
	Obraba zavor	Cu, Zn, Pb
	Prah na cestah zaradi prometa	EC, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, Zn
INDUSTRIJA	Industrija železa in jekla	Pb
	Rafinerija	V
	Cementarna	Mg, Al, K, Ti, Mn, Fe
INDIVIDUALNA KURIŠČA	Les	Levoglukozan, 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 <sub>3</sub>
	Premog, livarne	SO <sub>2</sub>
	Izgorevanje	NO <sub>x</sub>

Statističen model PMF je določil 5 virov delcev PM<sub>10</sub>. V tabeli 2 je prikazana porazdelitev virov emisij delcev PM<sub>10</sub> v celotnem obdobju vzorčenja na merilnem mestu Trbovlje, ki smo jih dobili s pomočjo omenjenega modela, na sliki 1 pa je grafično predstavljena porazdelitev teh virov delcev PM<sub>10</sub>. Podrobnejši rezultati so predstavljeni v poročilu /55/, ki je dostopno na internetni strani Agencije RS za okolje.

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

	Prevladujoči indikatorji	Časovni vzorec	Vir emisij	Delež vira
1	PAH*, levoglukozan	Zima, jesen	Kurjenje lesa	26 %
2	V, Mg, Na	Poletje	Resuspenzija	9 %
3	Ca, Sr, Al, Ti, Se, Mg, Ga	Celo leto, delovnik	Industrija (cementarna, termoelektrarna)	16 %
4	Cu, Mn, Fe, EC, Co, Ga, Mo, Sb, Zn, As, Ni, Cr, Pb	Celo leto, delovnik	Promet	27 %
5	Amonij, sulfat	Pomlad, jesen, vikend	Anorganski sekundarni delci (amonij: kmetijstvo, sulfat: premog)	22 %

\* ...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<sub>10</sub> določeni s statističnim modelom PMF

Iz tabele je razvidno, da na območju Trbovelj največji delež pri nastanku delcev PM<sub>10</sub> prispevajo promet, kurjenje lesa, sekundarni delci in industrija.

Kurjenje lesa je prisotno v hladnejših mesecih in ima izrazite vrhove pozimi in jeseni, poleti ta vir ni prisoten.

Promet in industrija sta prisotna skozi celo leto in v večini v času delovnikov, sekundarni delci pa se pojavljajo spomladi in jeseni, tedensko pa so bolj prisotni med vikendom. 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.

## Meritve črnega ogljika v Sloveniji

dr. Griša Močnik

Aerosoliziran črni ogljik je primarno onesnaževalo zraka, neposredno povezano z viri, ki ga lahko merimo z visoko časovno resolucijo. To je koristno, saj imajo lahko različni viri onesnaževanja različne časovne poteke in lahko potek koncentracij črnega ogljika uporabimo za karakterizacijo teh virov, spremljanje učinkov omejevanja prometa ali za ločevanje med različnimi viri. Še več se lahko o virih naučimo, če izmerimo, kako se absorpcija aerosolov spreminja z valovno dolžino svetlobe. Meritve absorpcije aerosolov pri različnih valovnih dolžinah z Aethalometri nam omogočajo ločevanje med različnimi viri onesnaženja zraka.

### Inštrumenti

Črni ogljik smo merili z Aethalometri Magee Scientific AE31 (Aerosol d.o.o., Ljubljana). Vir svetlobe v teh inštrumentih so svetleče diode s karakterističnimi valovnimi dolžinami 370 nm, 470 nm, 520 nm, 590 nm, 660 nm, 880 nm and 950 nm. Meritve v tako širokem spektru nam omogočajo karakterizacijo virov onesnaženja z meritvami od ultravijolične svetlobe do infardeče. Zrak smo vzorčili skozi neselektiven vzorčevalni vhod ali pa iz vzorčevalnega sistema za meritve plinov na merilnih postajah državne mreže.

Aethalometri, uporabljeni v kampanjah po Sloveniji, so vzorčevali zrak s pretokom 4 l/min. Zrak teče skozi kvarčni filterski trak, na katerem se nabirajo aerosoli. Nad filtrom je vir svetlobe, pod njim pa detektorji, s katerim merimo padec intenzitete svetlobe zaradi absorpcije v nabranih aerosolih. Koncentracijo črnega ogljika izračuna inštrument iz hitrosti spreminjanja atenuacije infrardeče svetlobe. Atenuacija je naravni logaritem razmerja intenzitet svetlobe na detektorju pod referenčnim delom traku in pod tistim delom, kjer vzorčujemo aerosole. Atenuacija je izmerjena glede na referenčni čist del traku, skozi katerega zrak ne teče, in se zato na njem aerosoli ne nabirajo.

Na filtru se nabirajo ogljični aerosoli, ki absorbirajo svetlobo, kar povzroči padanje prepustnosti filtra za svetlobo in rast atenuacije. Pretok zraka skozi filter merimo z merilcem masnega pretoka zraka, s čimer tudi reguliramo črpalko za zrak. Aethalometer meri koncentracije vsakih nekaj minut. Iz meritev sprememb prepustnosti filtra izračuna spremembo atenuacije in iz te, z uporabo znanega absorpcijskega preseka, koncentracijo črnega ogljika v zraku. Ko se na filtru nabere dovolj aerosolov, da atenuacija naraste do nastavljene vrednosti, se filterski trak premakne in meritve se začnejo na svežem delu filtra. Hkrati s tem Aethalometer naredi nekaj testov za zagotavljanje kakovosti meritev.

### Merilne kampanje

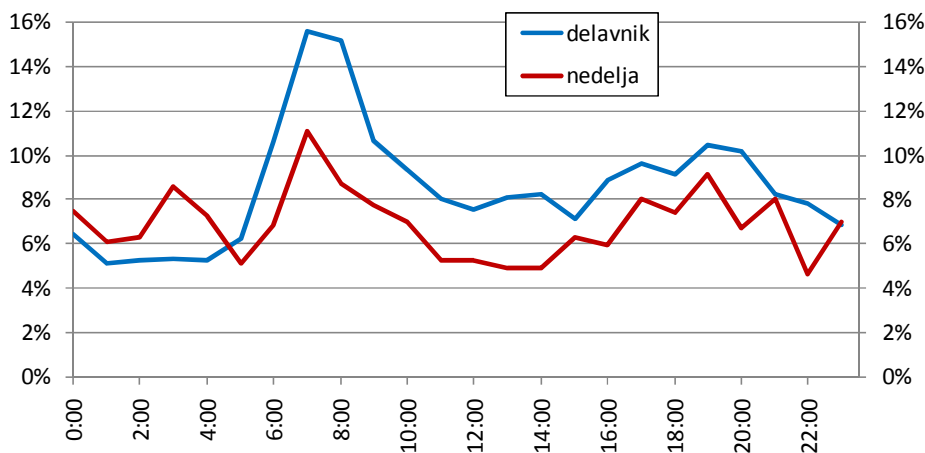
V podjetju Aerosol d.o.o. smo v sodelovanju z Agencijo RS za okolje (ARSO) izvedli nekaj kampanj, v katerih smo poskusili določiti delež onesnaženja zraka, ki ga povzroči zgorevanje biomase (predvsem lesa). Meritve so bile del kampanj za določevanje virov onesnaženja zraka, zato smo inštrumente največkrat postavili na merilna mesta ARSO. Primerjali smo različne metodologije določanja virov na področjih, kjer smo merili. Lokacije kampanj so v Tabeli 1.

**Tabela 1:** Kampanje meritev črnega ogljika od 2008 naprej

merilno mesto	začetek	konec
Ljubljana	januar 2008	marec 2008
Maribor	december 2008	avgust 2009
Zagorje	oktober 2009	december 2009
Nova Gorica	januar 2010	marec 2010
Krvavec	april 2010	januar 2011
Celje	julij 2010	junij 2011
Trbovlje	januar 2011	maj 2011
Trbovlje	november 2011	april 2012
Maribor	julij 2010	še traja
Vrbanski plato	januar 2011	še traja

### Rezultati kampanj

Na vseh lokacijah smo določili povprečne koncentracije črnega ogljika, njihov dnevni potek in razmerje med črnim in elementarnim ogljikom (določenim s termo-optično metodo EUSAAR2). Delež črnega ogljika v  $PM_{10}$  se je čez dan močno spreminjal, kar kaže na to, da moramo preučevati sestavo  $PM_{10}$  na zelo kratki časovni skali; da ne smemo uporabiti fiksnega razmerja med črnim ogljikom in  $PM_{10}$ ; in da moramo meriti črni ogljik z visoko časovno resolucijo (Slika 1). Rekonstruirali smo sestavo  $PM_{10}$  in črni ogljik, ki smo ga pripisali zgorevanju biomase, primerjali z levoglukoanom in drugimi spojinami, karakterističnimi za zgorevanje biomase.



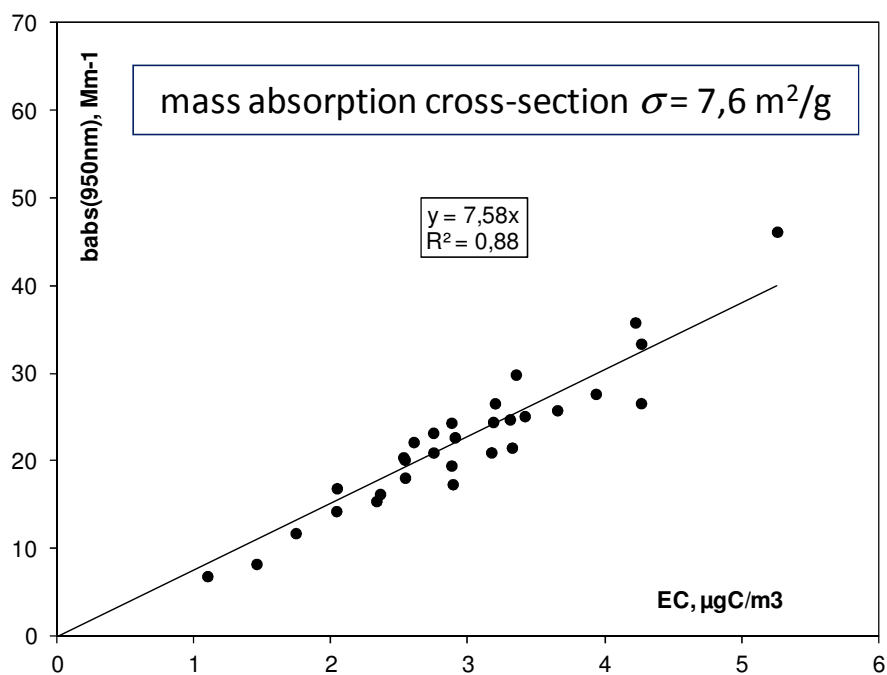
**Slika 1:** Spreminjanje deleža črnega ogljika v  $PM_{10}$  v Novi Gorici čez delavnice in nedelje pozimi, spreminjanje je precejšnje, za faktor do 3

### Določanje virov

Odvisnost absorpcije svetlobe v aerosolih od valovne dolžine najbolje opišemo s parametrom, ki mu rečemo Angstromov eksponent absorpcije. Dizelski izpuh je črn in vrednost Angstromovega eksponenta je zelo blizu 1. Lesni dim (aerosoli, ki nastanejo pri zgorevanju biomase) pa vsebuje aromatične spojine, ki dobro absorbirajo v modrem in ultravijoličnem delu svetlobnega spektra. Visoko absorpcijo pri nizkih valovnih dolžinah lahko opišemo z višjim Angstromovim eksponentom, vrednosti za lesni dim ležijo okrog 2, še višje pa za gozdne požare.

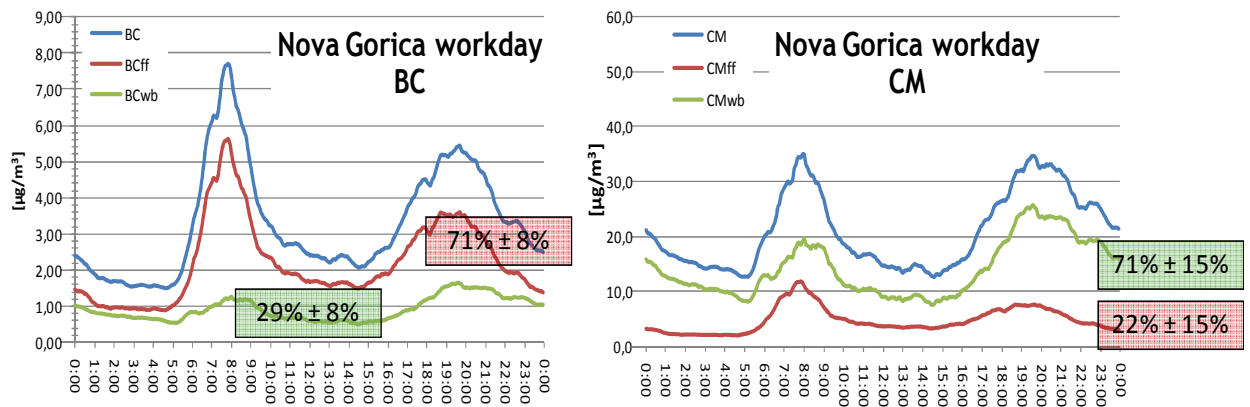
Ti dve vrednosti Angstromovega eksponenta sta specifični za vir onesnaženja: zgorevanje fosilnih goriv (predvsem dizelski izpuh) in biomase (predvsem les za ogrevanje hiš), kar nam omogoči uporabo dvokomponentnega modela, ki mu rečemo »aethalometerski model« /62, 63, 64/ in z njim lahko deleže črnega ogljika pripišemo obema viroma s časovno resolucijo Aethalometra – nekaj minut.

Princip lahko potem razširimo za kvantitativno določanje deležev obeh virov pri koncentracijah vseh ogljičnih aerosolov, za kar potrebujemo meritve organskega in elementarnega ogljika. Časovna resolucija teh meritev je 24 ur. Z »aethalometerskim modelom«, ki smo ga umerili na časovni resoluciji 1 dan, lahko potem s podatki iz Aethalometra določimo deleže obeh virov, prometa in ogrevanja z biomaso, s časovno resolucijo v minutah! Na Sliki 3 vidimo dnevni potek črnega ogljika in vseh ogljičnih aerosolov med zimskimi delavniki v Novi Gorici: h koncentracijam črnega ogljika največ prispeva promet, k ogljičnim aerosolom, ki vsebujejo tako primarne kot sekundarne aerosole, pa prispeva več zgorevanje biomase, saj so emisije organskega ogljika pri zgorevanju biomase veliko večje kot emisije črnega ogljika kateregakoli vira.



**Slika 2:** Primerjava elementarnega ogljika ( $\text{EC}, \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) izmerjenega s termo-optično metodo EUSAAR2 iz fitrov, vzorčevanih 24 ur, in absorpcijskega koeficienta ( $b_{\text{abs}}, \text{Mm}^{-1}$ ) pri 950 nm izmerjenega z Aethalometrom in povprečenega za istih 24 ur. Določili smo absorpcijski presek (mass absorption cross-section):  $7,6 \text{ m}^2/\text{g}$  pri 950 nm v novi Gorici





**Slika 3:** Dnevni potek koncentracij črnega ogljika (BC) in deleži, ki smo jih pripisali zgorevanju biomase ( $BC_{wb}$ ) in fosilnih goriv ( $BC_{ff}$ ) v Novi Gorici – levo; vsi aerosolizirani ogljični aerosoli (CM) in deleži, ki smo jih pripisali zgorevanju biomase ( $CM_{wb}$ ) in fosilnih goriv ( $CM_{ff}$ ) – desno. Vse enote so  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

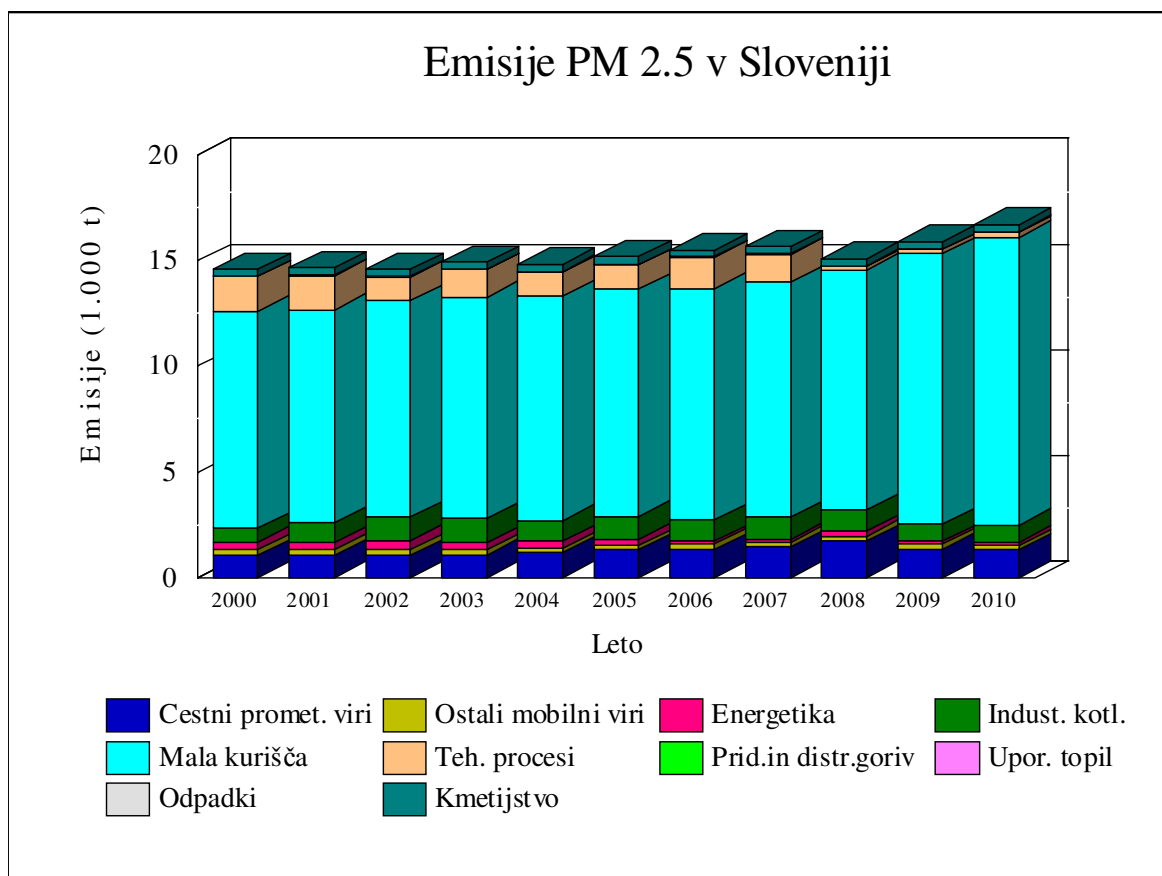


Primeri ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci (foto: Albert Kolar)

## Delci PM<sub>2.5</sub>

Koncentracije delcev PM<sub>2.5</sub> so bile v letu 2011 pod letno mejno vrednostjo. Na vseh merilnih mestih, z izjemo Iskrbe, je bil prekoračen zgornji ocenjevalni prag.

### Emisije delcev PM<sub>2.5</sub> (leto 2010)



**Slika 1:** Emisije delcev PM<sub>2.5</sub> v Sloveniji

Od leta 2000 do leta 2010 so se letni izpusti PM<sub>2.5</sub> v Sloveniji povečali za 14,5 %. Povečanje je posledica povečevanja porabe lesne biomase za kurjenje v malih kuriščih. Poleg večje porabe pa se je po podatkih Urada za statistiko v letih 2009 in 2010 tudi znatno povečala kalorična vrednost lesne biomase. Ker se istočasno v zadnjih letih povečuje tudi število sodobnih kurilnih naprav na lesno biomaso, za katere sicer še ni na voljo emisijskih faktorjev v metodologiji (sodimo pa da so nižji), je verjetno realno stanje nekoliko drugačno, kot je prikazano na sliki. V letih 2008 in 2009 so se začeli znatno zniževati izpusti iz sektorja »Tehnološki procesi« zaradi zahtev, ki so povezane z izdajo IPPC dovoljenj.

Največji delež k skupnim izpustom 16.725 t PM<sub>2.5</sub> v letu 2010 prispeva sektor »Mala kurišča (kurjenje lesne biomase)«, in sicer 81,47 %.

## Onesnaženost zraka z delci PM<sub>2,5</sub>

Delci PM<sub>2,5</sub> so manjši, lažji, in se dlje časa zadržujejo v zraku ter prepotujejo večje razdalje kot večji delci. Delci PM<sub>2,5</sub> imajo znatne negativne posledice na zdravje ljudi. Za zdaj še ni določljivega praga, pod katerim delci PM<sub>2,5</sub> 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 in Pravilnik o ocenjevanju zunanjega zraka* uvajata meritev delcev PM<sub>2,5</sub> in kemijsko analizo le-teh (kationi, anioni, organski in elementarni ogljik) ter kazalnik povprečne izpostavljenosti (KPI).

V letu 2011 velja mejna letna vrednost 28 µg/m<sup>3</sup>. Povprečne mesečne koncentracije PM<sub>2,5</sub> so prikazane v tabeli 2. Najvišja povprečna letna koncentracija delcev PM<sub>2,5</sub> 26 µg/m<sup>3</sup> je bila izmerjena na prometni mestni lokaciji Maribor, kar je še pod ciljno vrednostjo 28 µg/m<sup>3</sup>. Sledita merilni mesti mestnega ozadja v Mariboru in Ljubljani, medtem ko je bila koncentracija precej nižja na regionalnem merilnem mestu Iskrba. Povprečne letne koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub>, izmerjene na merilnem mestu Ljubljana BF in Maribor Vrbanski plato (VP), bodo vključene v izračun KPI.

Najvišje koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> se pojavljajo v zimskih mesecih (slika 2), od novembra do marca. Povprečna letna koncentracija je najnižja na merilnem mestu Iskrba (14 µg/m<sup>3</sup>); spodnji ocenjevalni prag je prekoračen. Na vseh ostalih merilnih mestih je povprečna letna koncentracija pod predpisano mejno vrednostjo, prekoračen pa je zgornji ocenjevalni prag (slika 3).

*Pravilnik o ocenjevanju zunanjega zraka* uvaja nov termin **kazalnik povprečne izpostavljenosti** (v nadaljevanju KPI), 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. Ker Agencija v letu 2008 še ni izvajala meritev na novih lokacijah, bomo srednjo vrednost koncentracije ocenili za leta 2009, 2010 in 2011. Glede na zahteve smo na ARSO v letu 2009 uvedli dodatna merilna mesta, ki ustrezajo definiciji neizpostavljenega mestnega okolja – Vrbanski plato (VP) v Mariboru in merilno mesto pri Biotehnični fakulteti (BF) v Ljubljani.





Za kazalnik KPI velja vrednost 20 µg/m<sup>3</sup>, ki jo je potrebno doseči do leta 2015. Ciljno zmanjšanje je odvisno od vrednosti KPI v začetnem triletnem obdobju v skladu *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka*. Izračunana vrednost KPI za obdobje 2009 - 2011 je 21,6 µg/m<sup>3</sup>, kar pomeni, da bi morala Slovenija v skladu s direktivo to vrednost zmanjšati za 20 % (tabela 2).

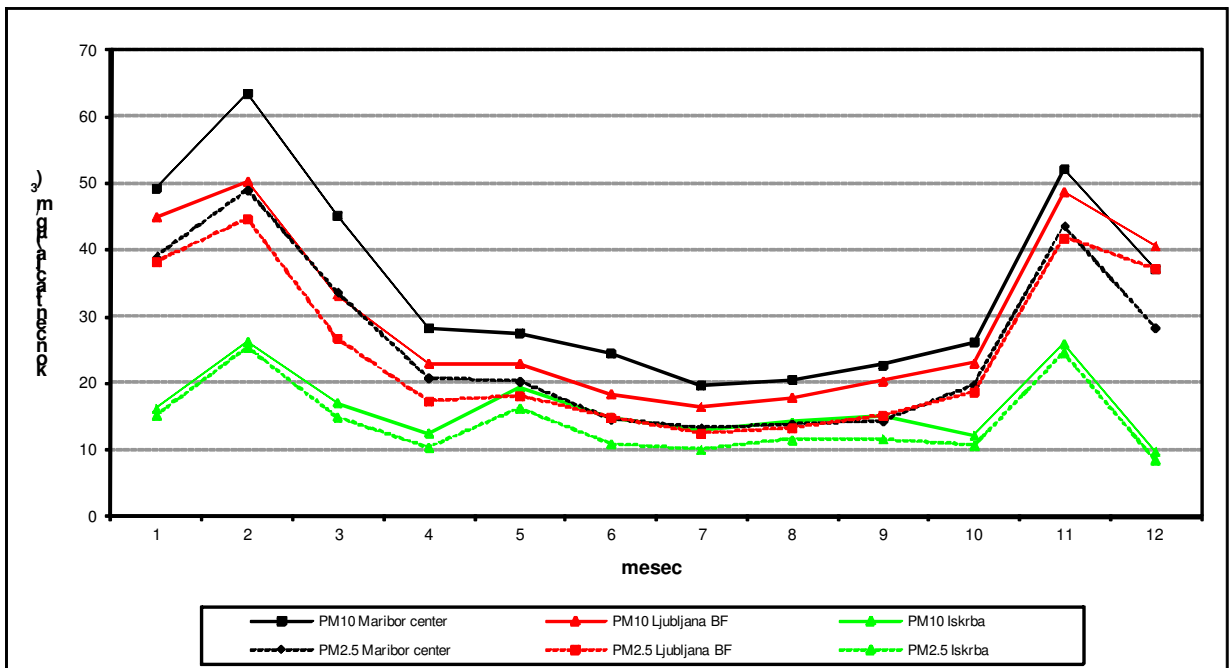
Koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> in PM<sub>10</sub> imajo enak letni hod, ki pa je na podeželski lokaciji Iskrba komaj opazen.

**Tabela 1:** Povprečne letne koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) v letu 2011

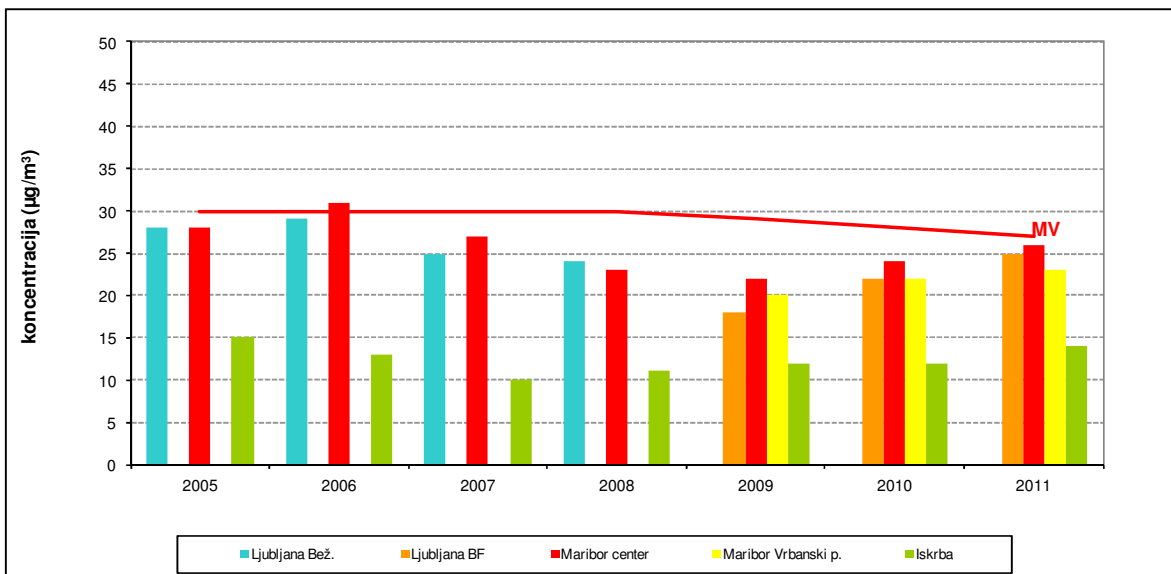
Merilno mesto	Leto	
	% pod	C <sub>p</sub>
Ljubljana BF	96	25
Maribor center	99	26
Maribor VP	99	23
Iskrba	90	14

Legenda:

**	določena sta zgornji in spodnji ocenjevalni prag	% pod	odstotek veljavnih podatkov
	prekoračena mejna vrednost	C <sub>p</sub>	povprečna koncentracija
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag		
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag		
	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom		Maribor VP – Maribor Vrbanski plato



Slika 2: Povprečne mesečne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> v letu 2011



Slika 3: Povprečne letne koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> v letih 2005 – 2011

**Tabela 2:** Izračun kazalnika povprečne izpostavljenosti (KPI)

Merilno mesto	Leto		
	2009	2010	2011
Ljubljana BF	18,1	21,9	24,6
Maribor VP	20,1	21,6	23,0
Povprečna letna koncentracija	19,1	21,8	23,8
KPI	21,6		

**Tabela 3:** Razmerje  $PM_{2,5}/PM_{10}$  po mesecih v letu 2011

Mesec	Maribor center	Ljubljana BF	Iskrba
	$PM_{2,5}/PM_{10}$	$PM_{2,5}/PM_{10}$	$PM_{2,5}/PM_{10}$
Januar	0,79	0,85	0,94
Februar	0,77	0,89	0,97
Marec	0,75	0,80	0,88
April	0,74	0,75	0,83
Maj	0,73	0,79	0,84
Junij	0,59	0,81	0,73
Julij	0,68	0,76	0,76
Avgust	0,68	0,74	0,81
September	0,63	0,74	0,71
Oktober	0,75	0,81	0,88
November	0,84	0,86	0,95
December	0,76	0,92	0,87
Zimsko razmerje	0,78	0,86	0,91
Poletno razmerje	0,67	0,76	0,78

Tabela 3 prikazuje razmerje  $PM_{2,5}/PM_{10}$  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  $\mu m$ ). 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  $PM_{2,5}/PM_{10}$  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  $PM_{2,5}/PM_{10}$  primerljivo na vseh treh merilnih mestih.

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

**Tabela 3:** Povprečne mesečne koncentracije delcev  $PM_{2,5}$  ( $\mu g/m^3$ ) v letu 2011

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Leto
Ljubljana BF	38	45	27	17	18	15	12	13	15	19	42	37	25
Maribor center	39	49	34	21	20	14	13	14	14	20	44	28	26
Maribor VP	35	44	31	18	18	13	12	13	14	18	40	25	23
Iskrba	15	25	15	10*	10	11	10*	12	12	11	25	8	14

## Kemijska analiza delcev

Tanja Koleša

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 sta odvisni predvsem od emisijskih virov (naravnih in antropogenih) ter od meteoroloških pojavov. Iz analize filtra z depozitom delcev PM<sub>10</sub> ali PM<sub>2,5</sub> 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.

Na ARSO so v letu 2011 potekale meritve težkih kovin in PAH delcih PM<sub>10</sub> na treh merilnih mestih v okviru mreže DMKZ v skladu z *Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku* in *Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka*. 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* je potrebno določiti masno koncentracijo delcev PM<sub>2,5</sub> in koncentracije ustreznih spojin za označitev kemijske sestave teh delcev. Filtre se analizira na sledeče parametre: anione (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>), katione (Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>), težke kovine in EC/OC.

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 PM<sub>10</sub> izvaja Preskuševalni laboratorij ARSO, medtem ko Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje (v nadaljevanju KAL) izvaja kemijske analize delcev na težke kovine, PAH in ione. V septembru 2011 smo pridobili s strani Slovenske akreditacije listino (reg. Št. LP-30) za sledeče metode:

- ↑ določitev koncentracije delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>
- ↑ določitev arzena, kadmija, niklja in svinca v delcih PM<sub>10</sub>
- ↑ določitev benzo(a)pirena v delcih PM<sub>10</sub>.

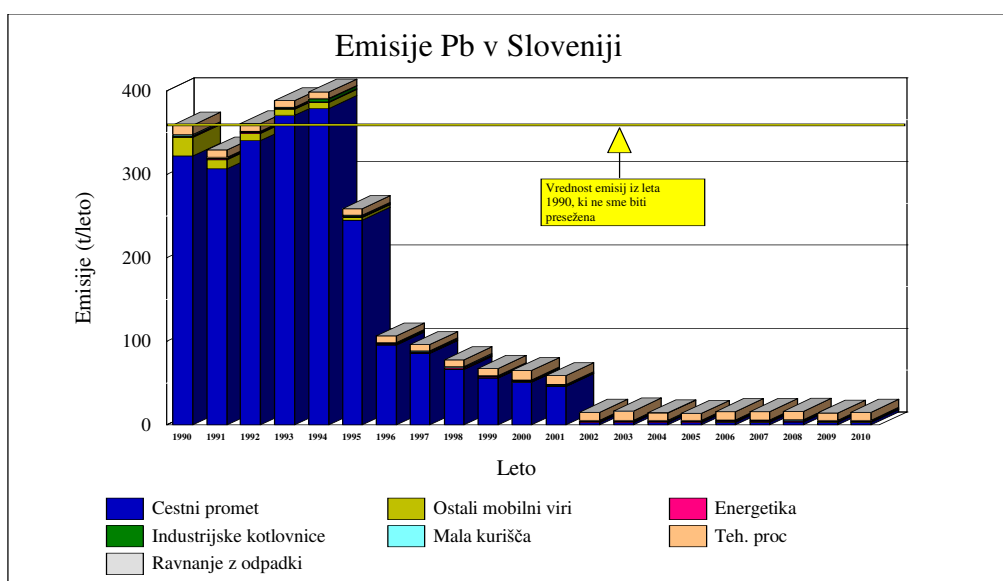
Podrobnejši opisi kemijskih metod so podani v poglavju: Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje.

## Kemijska analiza delcev PM<sub>10</sub>

### Emisije svinca

Letni izpusti svinca v Sloveniji so se od leta 1990 do leta 2010 zmanjšali za 96 %. V letu 1994 so se izpusti Pb glede na predhodna leta začeli zmanjševati, zaradi povečevanja deleža neosvinčenega bencina. Tako je bilo na Slovenskem trgu leta 1996 razmerje med neosvinčenim in osvinčenim bencinom 60 % proti 40 %. Po letu 1995 so se izpusti znatno zmanjšali zaradi nižje vsebnosti svinca v bencinu, kakor to zahteva *Uredba o kakovosti tekočih goriv glede vsebnosti žvepla, svinca in benzena*. Osvinčen bencin je bil popolnoma opuščen julija 2001.

Največji delež k skupnim izpustom 15,15 t Pb v letu 2010 prispevajo industrijski procesi in sicer 62 %.

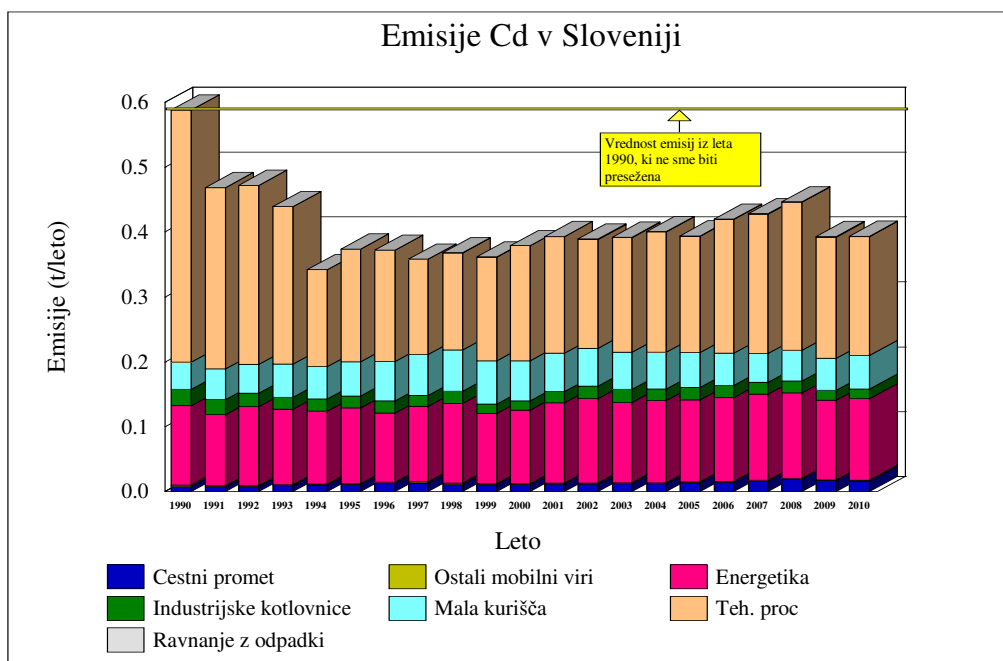


Slika 1: Emisije Pb v Sloveniji

### Emisije kadmija

Letni izpusti kadmija (Cd) v Sloveniji so se od leta 1990 do leta 2009 zmanjšali za 33 %. Po letu 2004 pa se izpusti Cd povečevali, predvsem zaradi zviševanja iz sektorja »Tehnološki procesi«. V zadnjih dveh letih pa so se izpusti Cd v sektorju »Tehnološki procesi« ponovno znižali, delno zaradi zahtev, ki so povezane z izdajo IPPC dovoljenj, delno pa tudi zaradi zmanjševanja proizvodnje. Poleg tega pa beležimo tudi manjše porabe energentov v sektorjih: energetika, industrijske kotlovnice in mala kurišča (z izjemo lesne biomase). Največji delež k skupnim izpustom 0,394 t Cd v letu 2010 prispevajo industrijski procesi in sicer 46 %.





**Slika 2:** Emisije Cd v Sloveniji

### Težke kovine v delcih PM<sub>10</sub>

Koncentracije težkih kovin v delcih PM<sub>10</sub> na merilnih mestih Ljubljana-Biotehniška fakulteta, Maribor center in Iskrba so bile pod spodnjim ocenjevalnim pragom (SOP), medtem ko je bil v Žerjavu v Zgornji Mežiški dolini pri svincu prekoračen SOP in zgornji ocenjevalni prag (ZOP) pri kadmiju.

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 PM<sub>10</sub> v ng/m<sup>3</sup> v letu 2011

Merilno mesto	Arzen		Kadmij		Nikelj		Svinec	
	Cp	% pod	Cp	% pod	Cp	% pod	Cp	% pod
Ljubljana BF	0,59	49	0,44	45	7,2	49	11,0	49
Maribor center	0,76	50	0,46	44	3,2	50	11,5	50
Iskrba	0,45	50	0,19	42	2,3	50	3,6	50

Legenda:

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

Vsebnost arzena, kadmija, niklja in svinca v delcih PM<sub>10</sub> 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 BF.

### Letni trendi koncentracij težkih kovin v delcih PM<sub>10</sub>

V tabeli 3 so predstavljene povprečne letne koncentracije težkih kovin na različnih merilnih mestih v različnih letih. Meritve smo na merilnem mestu Ljubljana BF pričeli izvajati v začetku leta 2009. Vsi rezultati so predstavljeni tudi grafično na sliki 3.

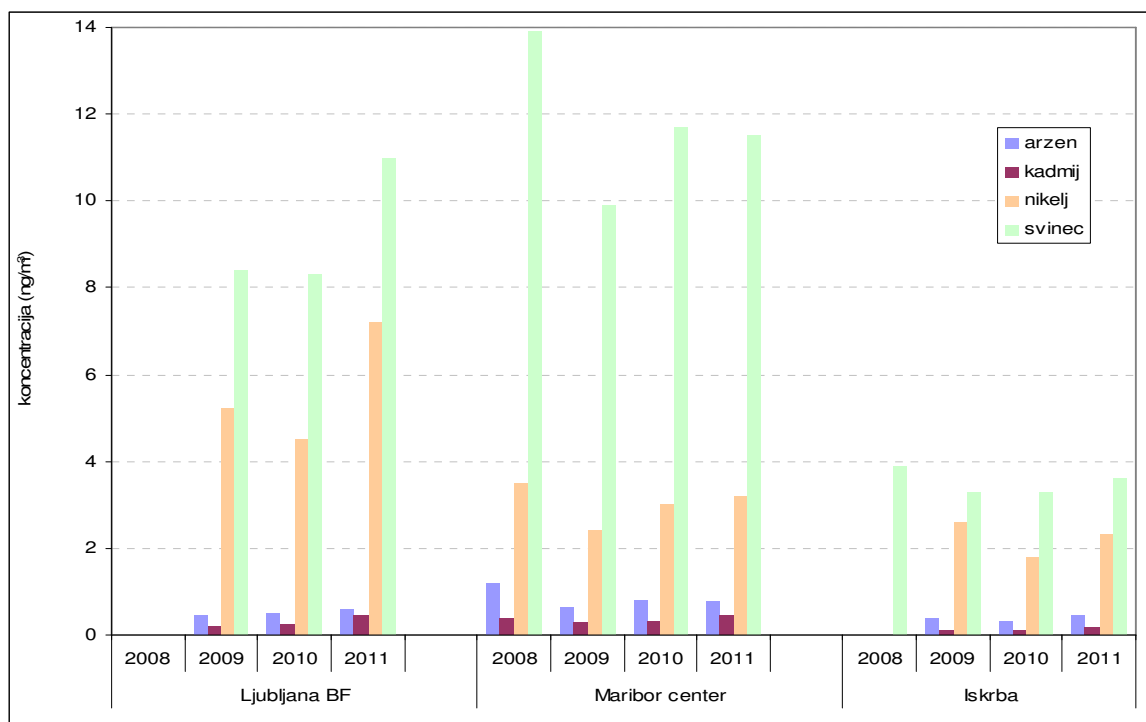
**Tabela 3:** Povprečne letne koncentracije težkih kovin v delcih PM<sub>10</sub> v ng/m<sup>3</sup> v različnih letih

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

Legenda:

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

- ni podatka



**Slika 3:** Povprečne letne koncentracije težkih kovin na treh merilnih mestih v različnih letih

Povprečne letne koncentracije kadmija in niklja so bile v letu 2011 vseh treh merilnih mestih v višje kot v letu 2010. Prav tako velja za arzen in svinec na merilnih mestih Ljubljana BF in Iskrba, le na merilnem mestu Maribor center sta ta dva parametra nekoliko nižja v letu 2011.

## Težke kovine v delcih PM<sub>10</sub> v Zgornji Mežiški dolini




Poleg monitoringa na zgoraj opisanih merilnih mestih smo meritve delcev PM<sub>10</sub> ter nato njihovo analizo na težke kovine izvajali v letu 2011 tudi na merilnem mestu Žerjav v Zgornji Mežiški dolini. Sprejet je bil *Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini (Ur.l.RS, št.119/2007)*, ki določa območja v Zgornji Mežiški dolini, za katera je potrebno sprejeti in izvesti program ukrepov za izboljšanje kakovosti posameznih delov okolja.

Namen meritev je bilo ugotoviti, ali je prišlo v času izvajanja ukrepov do izboljšanja stanja onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM<sub>10</sub> in težkimi kovinami v tej dolini. V tabeli 4 so predstavljene povprečne koncentracije težkih kovin.

**Tabela 4:** Povprečne koncentracije težkih kovin v delcih PM<sub>10</sub> v ng/m<sup>3</sup> na merilnem mestu Žerjav v Zgornji Mežiški dolini v letu 2011

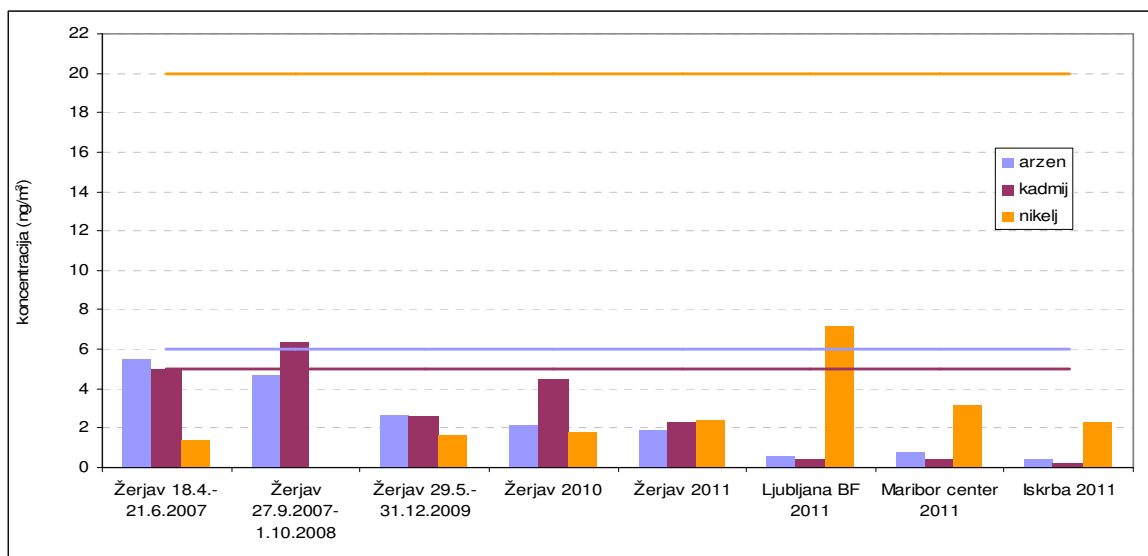
Merilno mesto	Arzen	Kadmij	Nikelj	Svinec
Žerjav	1,9	2,3	2,4	298

Legenda:

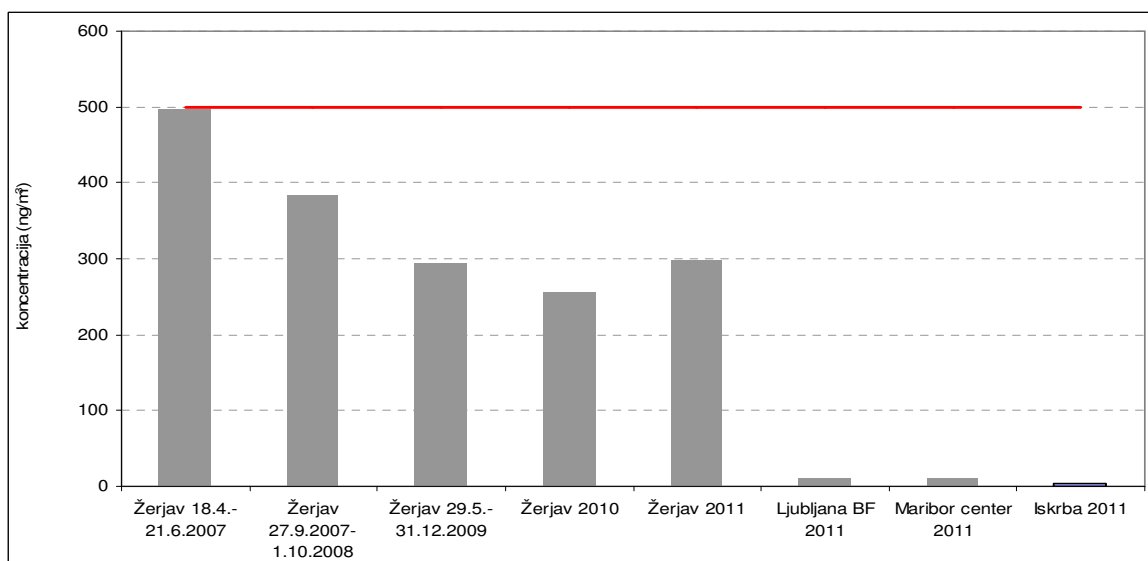
	koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom
	prekoračen spodnji ocenjevalni prag
	prekoračen zgornji ocenjevalni prag

Povprečna letna koncentracija svinca na merilnem mestu Žerjav je bila leta 2011 višja kot v letu 2010 ampak nižja kot v letih 2007 in 2008. Povprečna letna koncentracija arzena je bila v letu 2011 nižja kot v prejšnjih letih. Povprečna letna koncentracija kadmija se je v Žerjavu v letu 2011 znižala v primerjavi s prejšnjimi leti. V primerjavi z ostalimi merilnimi mesti po Sloveniji (Ljubljana in Maribor) so koncentracije svinca, arzena in kadmija še vedno zelo visoke. Koncentracije niklja so nižje kot drugje po Sloveniji in se skozi celotno obdobje vzorčenja ne spreminjajo.

Vse primerjave so grafično prikazane na slikah 4 in 5. Posebej so označene ciljne letne vrednosti. V dveh obdobjih, ki sta prikazana na grafih, vzorčenje ni potekalo celo leto, zato je primerjava z ciljnim letnimi vrednostmi neustrezna.



Slika 4: Povprečne koncentracije arsena, kadmija in niklja v Sloveniji za obdobje 2007 – 2011



Slika 5: Povprečne koncentracije svinca v obdobju 2007 - 2011

## Policiklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM<sub>10</sub>

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 in trdnem agregatnem stanju na delcih, ki so manjši od 2.5 µm.

V delcih PM<sub>10</sub> smo v letu 2011 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 2011 so predstavljene v tabeli 5, povprečne mesečne koncentracije pa v tabeli 6.

**Tabela 5:** Povprečne letne koncentracije PAH v delcih PM<sub>10</sub> v ng/m<sup>3</sup> v letu 2011 (ciljna vrednost je predpisana le za benzo(a)piren)

PAH	Ljubljana BF	Maribor center	Iskrba
Benzo(a)antracen	0,90	0,87	0,15
Benzofluoranteni	2,7	2,6	0,72
Benzo(a)piren	1,1	1,1	0,23
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.

Na sliki 4 so prikazane dnevne koncentracije benzo(a)pirena v letu 2011 na merilnih mestih Ljubljana BF in Maribor center. Policiklični aromatski ogljikovodiki PAH so indikator za promet in kurjenje lesa (biomasa, individualna kurišča na drva).

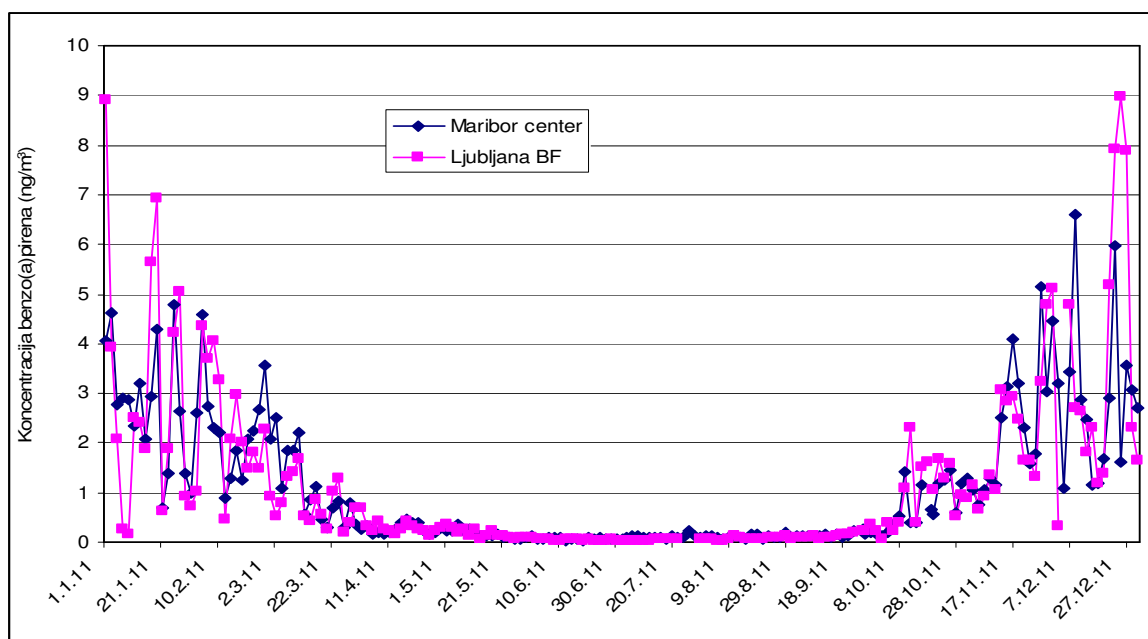
V tabeli 7 so predstavljene povprečne letne koncentracije benzo(a)pirena na različnih merilnih mestih v različnih letih. Podatkov za leto 2008 za merilno mesto Ljubljana BF ni, ker so se meritve do takrat izvajale na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad. Rezultati so predstavljeni tudi grafično na sliki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

**Tabela 7:** Povprečne letne koncentracije benzo(a)pirena v  $\text{ng/m}^3$  v različnih letih v delcih  $\text{PM}_{10}$

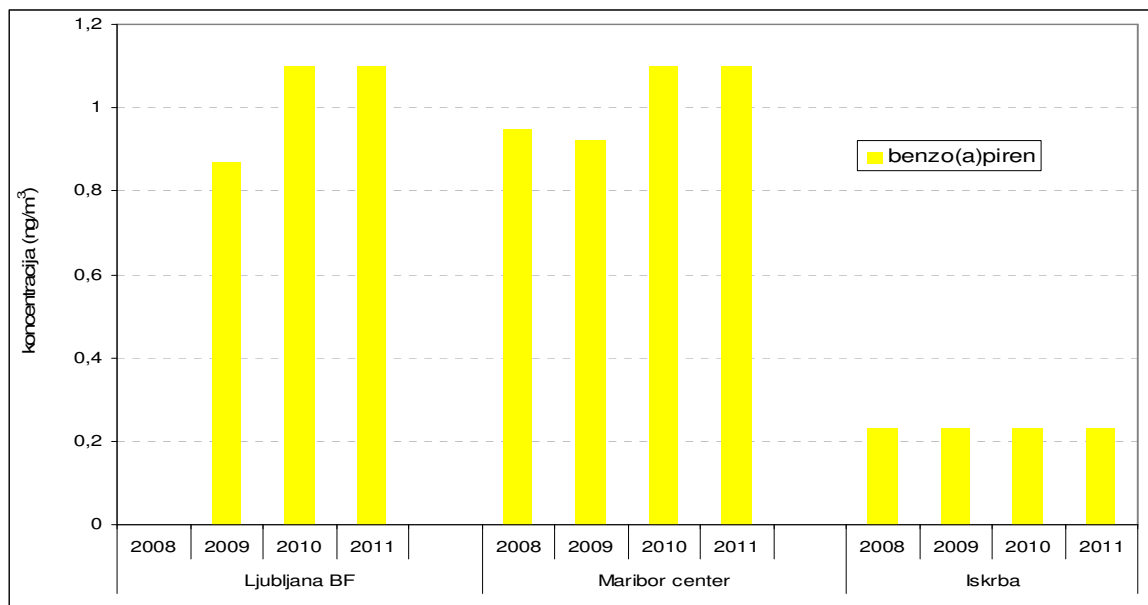
PAH	Ljubljana BF				Maribor center				Iskrba			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
<b>Benzo(a)piren</b>	-	0,87	1,1	1,1	0,95	0,92	1,1	1,1	0,23	0,23	0,23	0,23

Legenda:

- ni podatka



**Slika 6:** Dnevne koncentracije benzo(a)pirena na merilnih mestih Ljubljana BF in Maribor center letu 2011



Slika 7: Povprečne letne koncentracije benzo(a)pirena na treh merilnih mestih v različnih letih

Povprečne letne koncentracije benzo(a)pirena so bile na vseh treh merilnih mestih v letu 2011 na ravni prejšnjih let.

### Kemijska analiza delcev PM<sub>2,5</sub>

Kemijsko analizo delcev PM<sub>2,5</sub> izvajamo v skladu z *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka (Ur.l.RS, št.9/11)* in *Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l.RS, št. 55/11)*. Mejne oz. ciljne koncentracije težkih kovin in drugih snovi v delcih PM<sub>2,5</sub> zakonsko niso določene. Delce PM<sub>2,5</sub> smo v letu 2011 analizirali na težke kovine, ione ter na elementarni in organski ogljik.

### Težke kovine v delcih PM<sub>2,5</sub>

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<sub>2,5</sub> v ng/m<sup>3</sup> v letu 2011

Težka kovina	Arzen		Kadmij		Nikelj		Svinec	
	Cp[ng/m <sup>3</sup> ]	% podatkov	Cp [ng/m <sup>3</sup> ]	% podatkov	Cp [ng/m <sup>3</sup> ]	% podatkov	Cp [ng/m <sup>3</sup> ]	% podatkov
Ljubljana BF	0,48	49	0,43	45	5,2	49	9,7	49
Maribor center	0,56	50	0,42	44	2,0	50	9,4	50
Maribor VP	0,54	50	0,36	44	1,8	50	8,4	50
Iskrba	0,39	50	0,17	42	2,4	49	3,3	50

Legenda:

BF-Biotehniška fakulteta

VP-Vrbanski plato

Povprečne letne koncentracije težkih kovin v delcih PM<sub>2,5</sub> so bile nižje kot v delcih PM<sub>10</sub>.

## Ioni v delcih PM<sub>2,5</sub>

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

**Tabela 10:** Povprečne letne koncentracije ionov v delcih PM<sub>2,5</sub> v µg/m<sup>3</sup> v letu 2011

Merilno mesto	% podatkov	Nitrat	Sulfat	Klorid	Natrij	Amonij	Kalij	Magnezij	Kalcij
Ljubljana BF	49	2,3	3,4	0,11	0,05	1,8	0,28	0,03	0,09
Maribor center	50	2,6	3,1	0,14	0,07	1,8	0,29	0,04	0,11
Maribor VP	50	2,3	3,1	0,10	0,06	1,8	0,30	0,04	0,07
Iskrba	50	0,38	3,4	0,04	0,04	1,3	0,18	0,02	0,07

Legenda:

BF-Biotehniška fakulteta

VP-Vrbanski plato

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

## Elementarni in organski ogljik (EC/OC) v delcih PM<sub>2,5</sub>

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 izgorjevanju 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 izgorjevanja, 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<sub>2,5</sub> v µg C /m<sup>3</sup> v letu 2011

Merilno mesto	% podatkov	EC	OC
Ljubljana BF	49	1,5	7,1
Maribor center	50	2,0	6,8
Maribor VP	50	0,96	6,5
Iskrba	50	0,35	3,8

Legenda:

BF-Biotehniška fakulteta

VP-Vrbanski plato



## Lahkohlapni ogljikovodiki

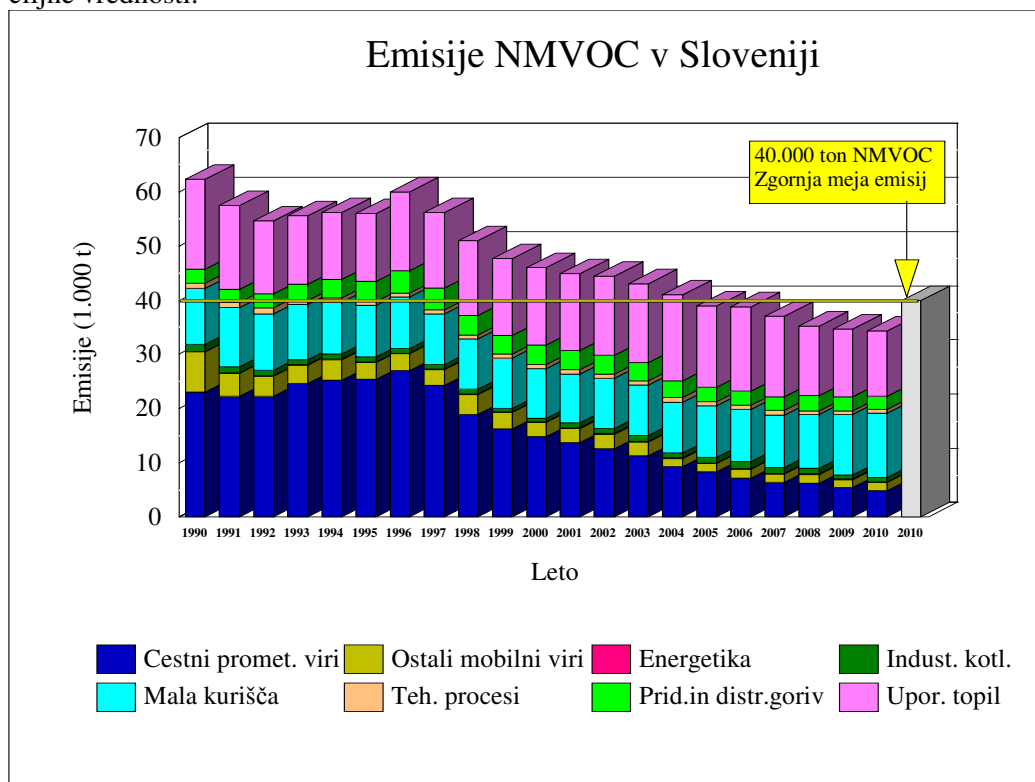
Zorana Komar

**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.**

### Emisije lahkohlapnih ogljikovodikov (leto 2010)

Od leta 1990 do leta 2009 so se letni izpusti NMVOC v Sloveniji zmanjšali za 45 %. Izpusti so po letu 1993 začeli naraščati zaradi povečevanja gostote prometa in porabe goriv. V letu 1997 beležimo znaten padec izpustov zaradi zmanjšane porabe goriva v obmejnem pasu z Italijo. Po letu 1998 pa začnejo izpusti padati zaradi povečevanja števila vozil z katalizatorji. V zadnji letih pa tudi zaradi implementacije uredbe o emisiji hlapnih organskih spojin (HOS) v zrak iz naprav za skladiščenje in pretakanje motornega bencina ter implementacije uredbe o mejnih vrednostih emisije HOS v zrak iz naprav v katerih se uporabljajo organska topila. V zadnjem letu pa so se izpusti NMVOC znižali zaradi manjše porabe energentov (z izjemo lesne biomase) v sektorjih: energetika, industrijske kotlovnice in mala kurišča. Največji delež k skupnim izpustom 34.587 t NMVOC v letu 2010 prispevata sektorja »Uporaba topil« 35 %, in mala kurišča 35 %.

Obveznost po direktivi NEC in Göteborgškem protokolu je, da v letu 2010 skupni izpusti NMVOC ne smejo presegati 40 tisoč ton. Izpusti NMVOC so bili v letu 2010 za 13 % nižji od predvidene ciljne vrednosti.



Slika 1: Emisije NMVOC Sloveniji

## Onesnaženost zraka z lahkohlapnimi ogljikovodiki

V Agenciji RS za okolje smo v letu 2011 na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor center merili koncentracije benzena, toluena, etilbenzena in m, p, o-ksilena (BTX), objavljamo pa tudi meritve na merilnem mestu OMS Ljubljana center, ki nam jih posreduje Elektroinštitut Milan Vidmar.

Po Uredbi o kakovosti zunanjega zraka (Ur.l.RS, št. 9/11) in Pravilniku o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (UR.l.RS, št. 55/11) je za benzen predpisana **letna mejna vrednost koncentracije za zaščito zdravja in pa spodnji in zgornji ocenjevalni prag** (glej poglavje 1.1). V prilogi 9 Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka 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 spletni strani ARSO. 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 2011, podaja tabela 1 mesečne koncentracije benzena pa tabela 2.

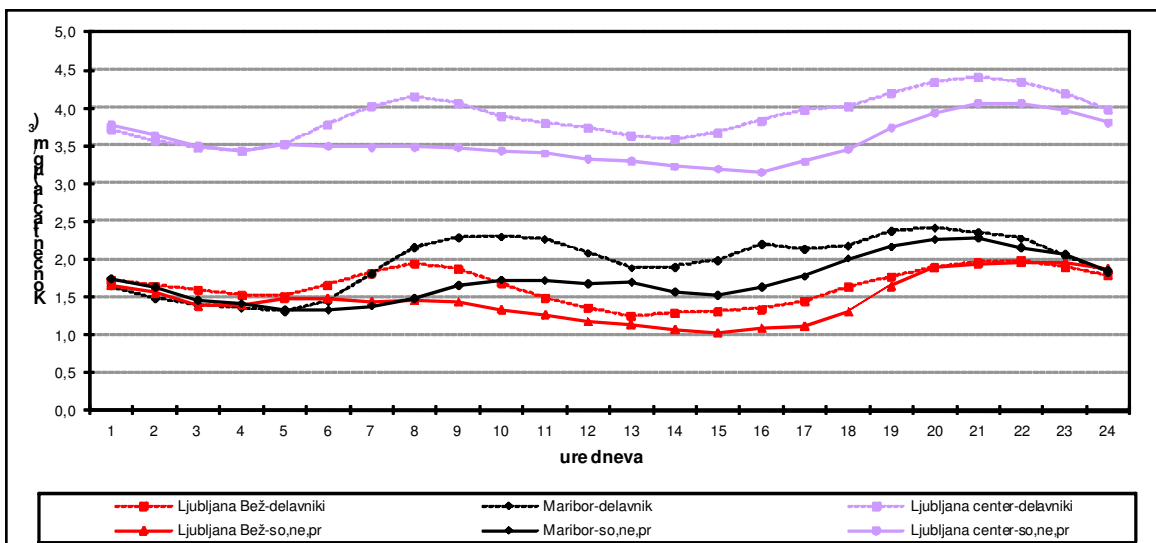
**Tabela 1:** Povprečna letna koncentracija lahkohlapnih ogljikovodikov v zraku ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v letu 2011

Merilno mesto	% pod	benzen	toluen	etilbenzen	m,p-ksilen	o-ksilen
		C <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>
Ljubljana Bežigrad	95	1,6	3,5	0,7	2,2	0,6
Ljubljana center	96	3,1	5,6	0,5	4,3	0,5
Maribor center	95	1,9	3,1	0,6	2,1	0,7

Legenda:

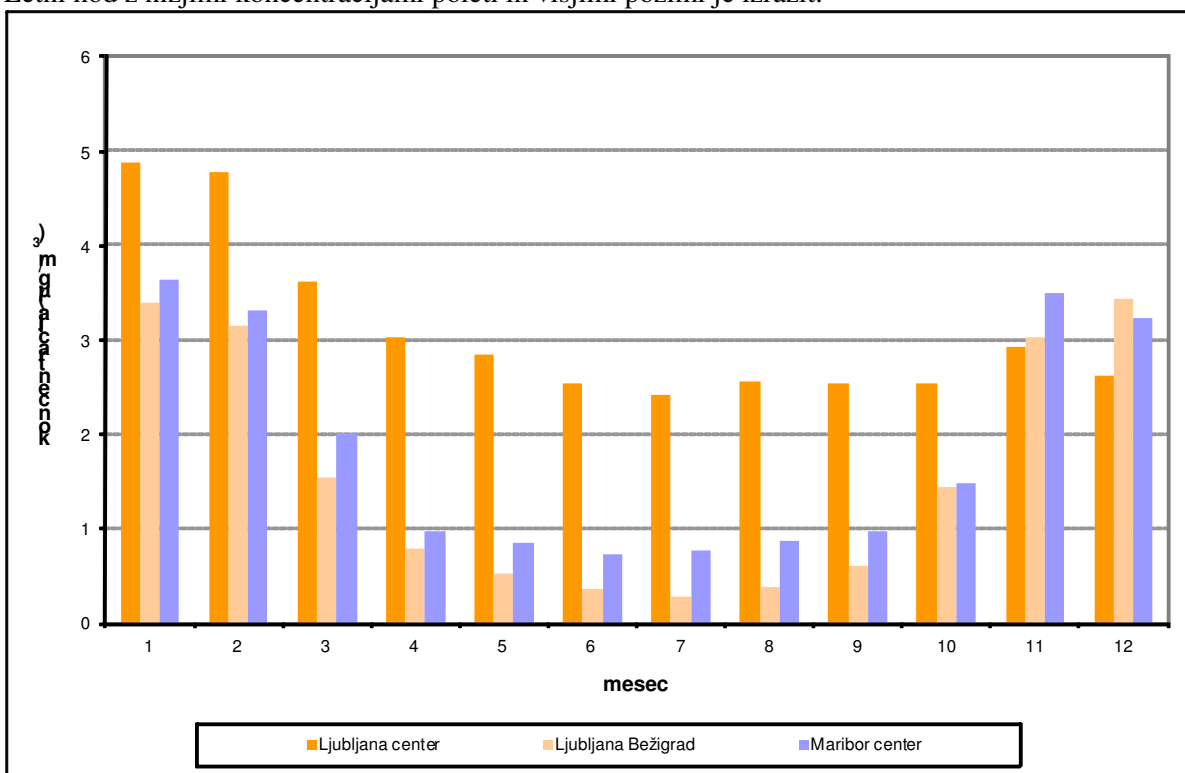
-  prekoračen zgornji ocenjevalni prag
-  prekoračen spodnji ocenjevalni prag
-  koncentracija pod spodnjim ocenjevalnim pragom

**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 leta prekoračen**.



Slika 1: Dnevni hod koncentracij benzena na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad, Ljubljana center in Maribor center za leto 2011

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



Slika 2: Povprečne mesečne koncentracije benzena v letu 2011

Okoljski merilni sistem v Ljubljani, ki ga ima v upravljanju Elektroinštitut Milan Vidmar, 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. Onesnaženje s temi onesnaževali je predvsem v hladnem delu leta v

povezavi z obdobji temperaturne inverzije, šibke zračne cirkulacije in megle močno povečano. V toplen delu leta pa so izmerjene vrednosti opazno nižje.

V začetku leta 2011 so bile vremenske razmere v kombinaciji z gostim prometom in drugimi emisijskimi viri zelo neugodne. Izmerjene so bile visoke koncentracije benzena. Dnevne koncentracije benzena so počasi upadale in se v jesenskem času gibale med 2 in 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . V novembru je opazen porast koncentracij, vendar onesnaženje ni več doseglo ravni iz začetka leta.

**Tabela 2:** Povprečne mesečne koncentracije benzena ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v letu 2011

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

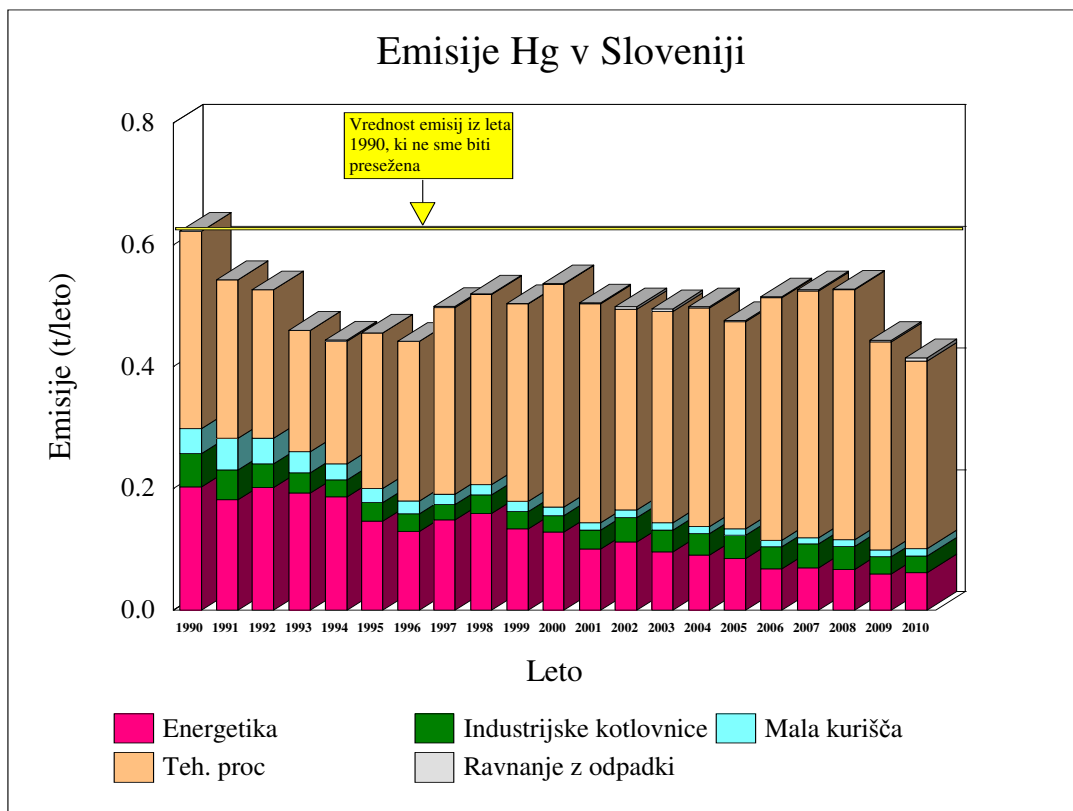
## Živo srebro v zunanjem zraku

Tanja Koleša

### Emisije živega srebra (leto 2010)

Letni izpusti živega srebra (Hg) v Sloveniji so se od leta 1990 do leta 2009 zmanjšali za 30 %. V letu 1995 in 2001 so se izpusti Hg znatno znižali, predvsem zaradi delovanja razžvepljevalne naprave na bloku 4 (1995) in 5 (2001) v TE – Šoštanj in 2005 TE Trbovlje. Po letu 2006 pa se izpusti Hg ponovno povečujejo, tako zaradi povečevanja v sektorju cestni promet, kot tudi v sektorju proizvodnji procesi. V zadnjem letu pa so se izpusti Hg znižali zaradi manjše porabe energentov v sektorjih: energetika, industrijske kotlovnice in mala kurišča, še zlasti pa so se znižali v sektorju tehnološki procesi.

Največji delež k skupnim izpustom 0,816 t Hg v letu 2009 prispevajo industrijski procesi in sicer 44 %.



**Slika 1:** Emisije Hg Sloveniji

V skladu z Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku (Ur.l.RS, št.56/2006) in Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 55/11) je potrebno v zunanjem zraku izvajati meritve živega srebra. Te meritve za Agencijo RS za okolje na merilni lokaciji ekološko-meteorološke postaje Iskrba pri Kočevski reki izvaja Institut Jožef Štefan, Odsek za znanost o okolju.

Meritve elementarnega živega srebra v zunanjem zraku se izvaja z detektorjem za Hg "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.

Na sliki je prikazan inštrument za merjenje elementarnega živega srebra v zunanjem zraku na merilni postaji Iskrba.



Merilnik živega srebra Mercury Ultratracer UT-3000 na merilni postaji Iskrba s prenosnim računalnikom za odčitavanje izmerjenih podatkov (foto: Tanja Koleša)

Detektor črpa zrak iz zunanosti do detektorja preko okoli 2 m dolge teflonske cevi. Instrument je nastavljen na čas vzorčenja 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 Hg v zraku, so navedene v tabeli 1 in grafično prikazane na sliki 1.

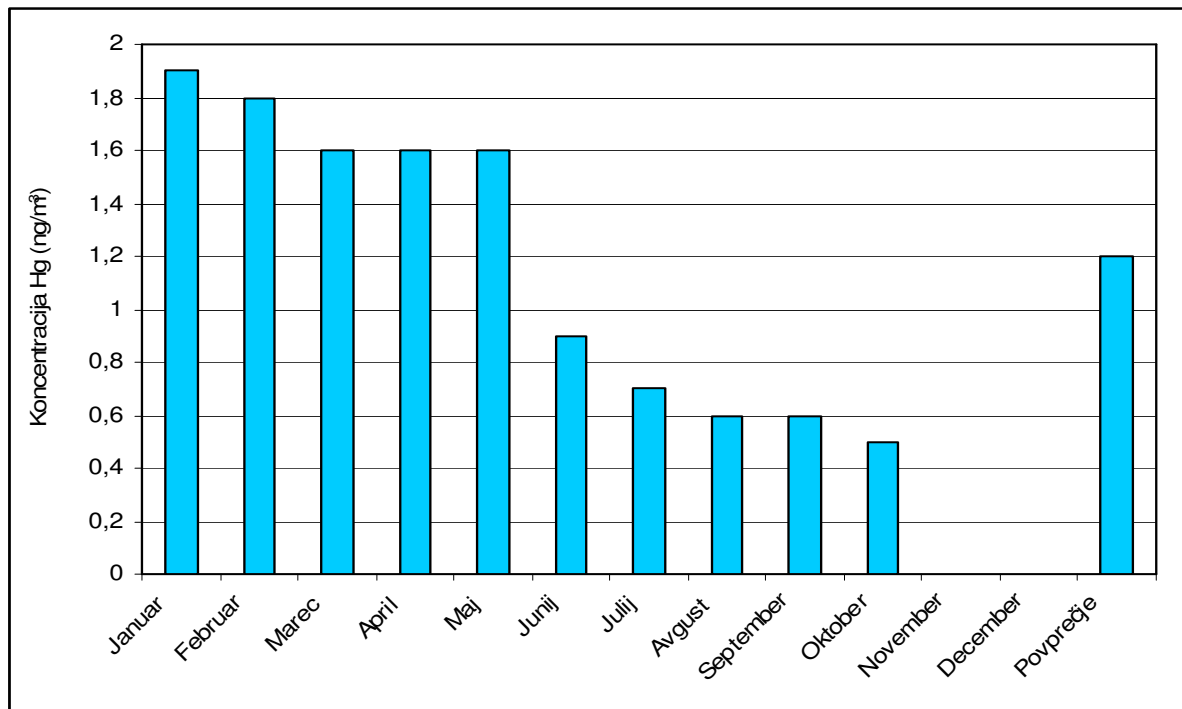
**Tabela 1:** Rezultati meritev vsebnosti Hg v zraku na na merilni postaji Iskrba v letu 2011

Mesec	Število meritev	Povprečje (ng m <sup>-3</sup> )	Najnižja vrednost* (ng m <sup>-3</sup> )	Najvišja vrednost* (ng m <sup>-3</sup> )
Januar	777	1,9	1,5	2,1
Februar	1320	1,8	1,5	2,1
Marec	1445	1,6	1,4	2,0
April	725	1,6	1,4	2,0
Maj	1462	1,6	1,2	2,2
Junij	1416	0,9	0,4	1,6
Julij	1463	0,7	0,4	1,1
Avgust	1591	0,6	0,4	1,0
September	1447	0,6	0,3	1,4
Oktober	579	0,5	0,3	0,9
November	-	-	-	-
December	-	-	-	-
<b>Povprečje/Skupaj</b>	<b>12225</b>	<b>1,2</b>	<b>0,2</b>	<b>2,2</b>

Legenda:

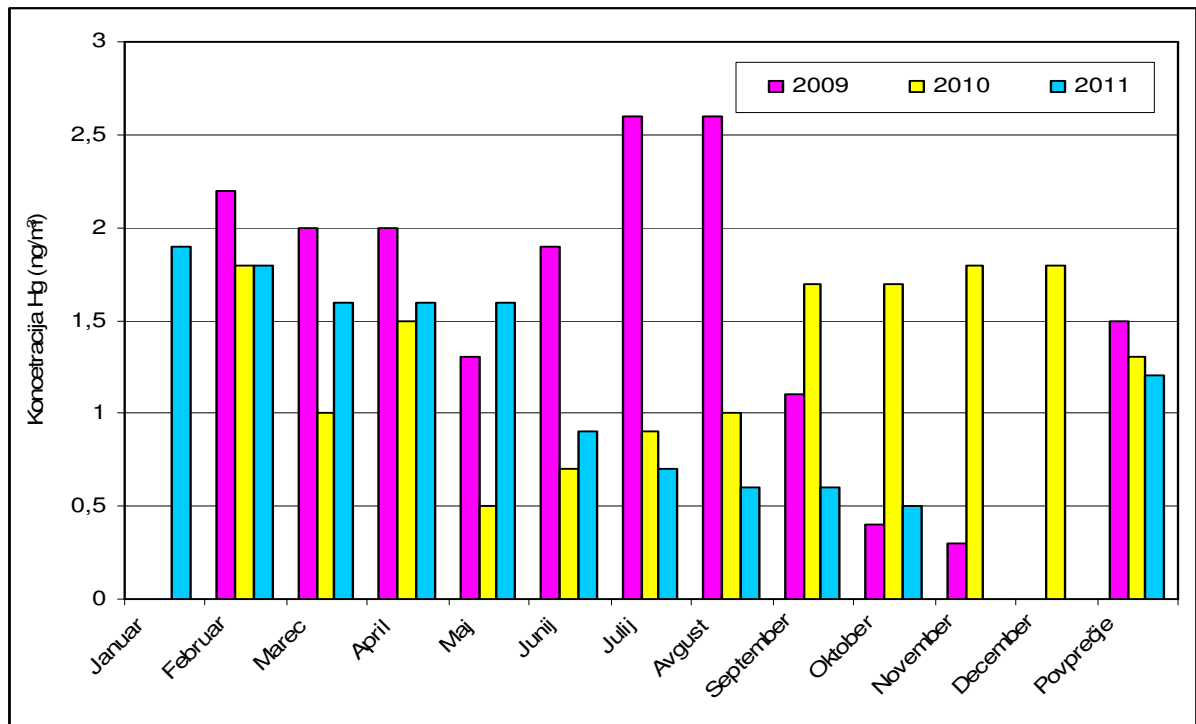
- merilnik ni deloval;

\* izmerjena polurna vrednost



**Slika 1:** Povprečne koncentracije Hg v zunanjem zraku za leto 2011 na merilni postaji Iskrba pri Kočevski Reki

Najnižja izmerjena koncentracija elementarnega plinastega Hg v zraku na merilni postaji Iskrba je bila v obdobju med avgustom in oktobrom 2011, ko so se izmerjene vrednosti gibale med 0,3 in 1,4  $\text{ng/m}^3$ , s povprečno mesečno koncentracijo med 0,6 in 0,7  $\text{ng/m}^3$ . Najvišje vsebnosti Hg v zraku so bile zabeležene med januarjem in majem (1,2 do 2,2  $\text{ng/m}^3$ ). Podobno sezonsko sliko s primerljivimi razponi koncentracij smo zabeležili tudi v preteklih letih. Najvišje povprečne mesečne vrednosti so bile izmerjene maja (2,2  $\text{ng/m}^3$ ).



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

V zraku je Hg večinoma (nad 80 %) prisotno kot plinasto elementarno Hg ( $Hg^0$ ) z zadrževalnim časom od nekaj mesecev do enega ali dveh let ter je dokaj enakomerno razporejeno po troposferi /56/. V neurbanih področjih Slovenije so značilne koncentracije, ki so tipične tudi za neonesnažena področja severne hemisfere (okoli  $2 \text{ ng/m}^3$ ) (Lindquist and Rodhe, 1985). 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 /56/, ko se poveča kurjenje fosilnih goriv, ki je tudi največji antropogen vir Hg v atmosferi.

Podobna sezonska razporeditev se kaže tudi na merilni postaji Iskrba, kjer ugotavljamo, da so v zimskih mesecih koncentracije Hg 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 Hg 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 Hg v zraku praviloma nekajkrat nižje, kot med obdobji ko snežne odeje ni. Za koncentracije Hg 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.



## Žveplove in dušikove spojine ter anorganski ioni

Marijana Murovec

V tem poglavju podajamo meritve oksidirane žvepla ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), oksidirane dušika ( $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$ ), reducirane dušika ( $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ ) in anorganskih ionov ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ), ki dajejo informacijo o kislno-alkalnih komponentah v zraku. Navedene parametre spremljamo v okviru mednarodnega programa EMEP. Koncentracije so podane v enotah  $\mu\text{g}$  posameznega elementa/ $\text{m}^3$ .

V tabeli 1 podajamo povprečne in najvišje izmerjene koncentracije oksidirane žvepla, oksidirane dušika, reducirane 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 oksidirane žvepla, oksidirane dušika, reducirane dušika in nekaterih anorganskih ionov v zraku na Iskrbi za nekurilno sezono, kurilno sezono ter za celo leto 2011

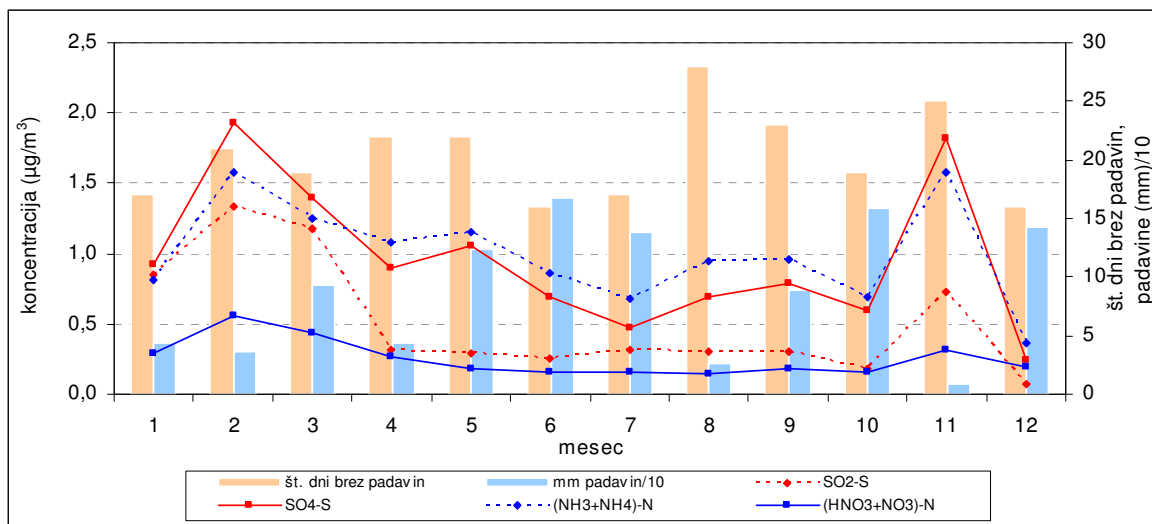
Parameter	Statistična veličina	Poletna sezona ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Zimska sezona ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Letne vrednosti ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	$C_p$	0,767	1,137	0,951
	$C_{\text{max}}$	4,45	8,23	8,23
$\text{SO}_2\text{-S}$	$C_p$	0,297	0,715	0,505
	$C_{\text{max}}$	1,89	7,59	7,59
$(\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-)\text{-N}$	$C_p$	0,182	0,324	0,253
	$C_{\text{max}}$	0,598	2,81	2,81
$(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$	$C_p$	0,948	1,03	0,991
	$C_{\text{max}}$	3,28	5,00	5,00
$\text{Cl}^-$	$C_p$	0,029	0,075	0,052
	$C_{\text{max}}$	0,312	0,955	0,955
$\text{Ca}^{2+}$	$C_p$	0,189	0,122	0,156
	$C_{\text{max}}$	0,938	0,635	0,938
$\text{Mg}^{2+}$	$C_p$	0,054	0,034	0,044
	$C_{\text{max}}$	0,204	0,119	0,204
$\text{Na}^+$	$C_p$	0,080	0,105	0,092
	$C_{\text{max}}$	0,698	1,07	1,07
$\text{K}^+$	$C_p$	0,114	0,220	0,167
	$C_{\text{max}}$	0,516	0,817	0,817

Legenda:

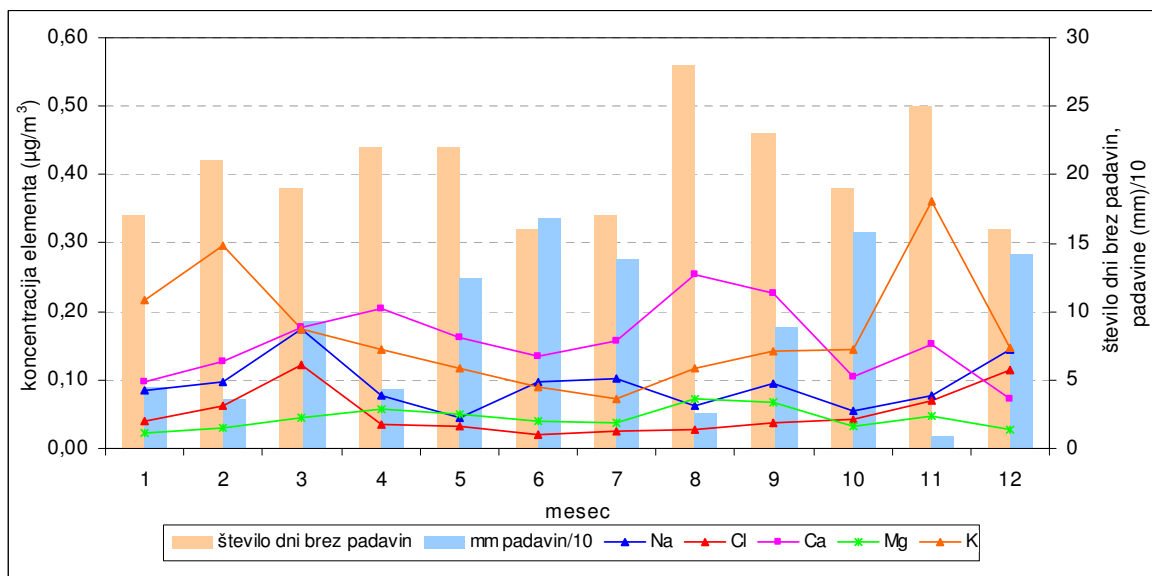
$C_p$  povprečna koncentracija  
 $C_{\text{max}}$  najvišja izmerjena koncentracija

Koncentracije oksidirane žvepla ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )–S, oksidirane dušika ( $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$ )–N, reducirane dušika ( $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ )–N (slika 1) in kalija (slika 2) so bile najvišje v zimski sezoni. Predvsem so navedene koncentracije izstopale v mesecih januarju in februarju ter v novembru, ki so ju zaznamovali nizka temperatura in posledično kurjenje v individualnih kuriščih, majhna količina padavin ter veliko število dni brez padavin.

Nivo koncentracij ostalih komponent razen kalcija in magnezija (slika 2), ki sta bili nekoliko višji v poletnih mesecih, pa je bil skozi vse leto na približno enakem nivoju. Ocenjujemo, da je bilo njihovo nihanje povezano predvsem s pogostostjo in količino padavin.



**Slika 1:** Povprečne mesečne koncentracije oksidiranega žvepla  $\text{SO}_2\text{-S}$  in  $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ , oksidiranega dušika  $(\text{HNO}_3 + \text{NO}_3)\text{-N}$  ter reduciranega dušika  $(\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+)\text{-N}$  v zraku na Iskrbi za leto 2011



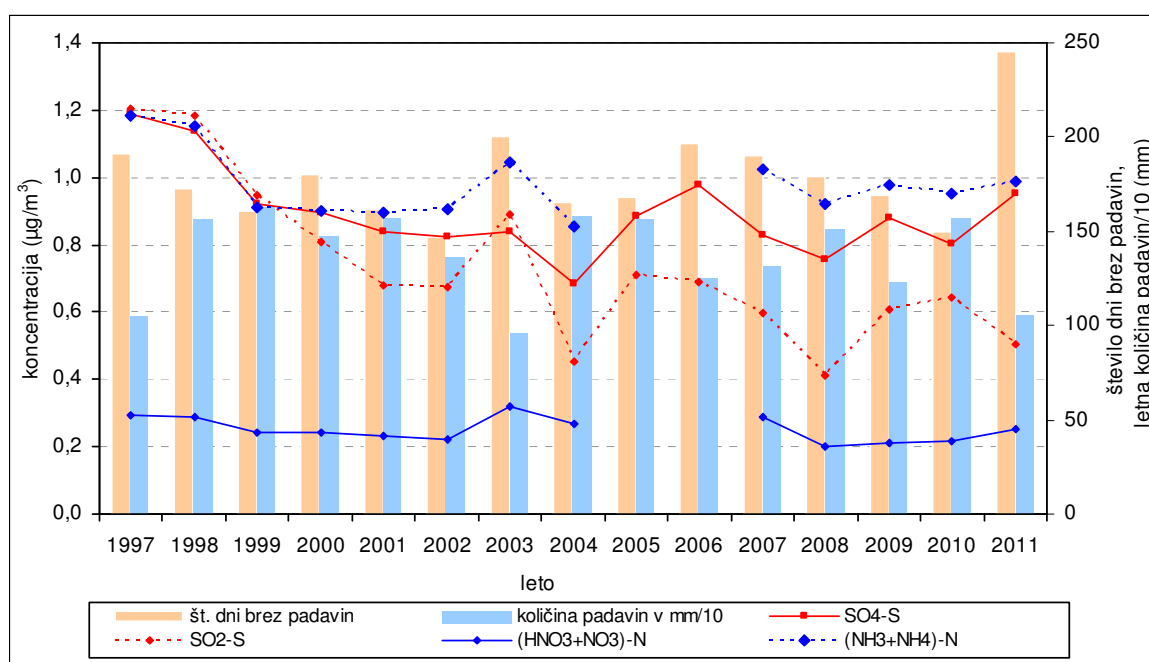
**Slika 2:** Povprečne mesečne koncentracije natrija, kalcija, klorida, magnezija in kalija v zraku na Iskrbi za leto 2011

## 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,
- čim daljša so obdobja brez padavin, večja je akumulacija posameznih ionov in s tem koncentracija.

Od leta 1997 dalje, ko na merilnem mestu Iskrba izvajamo meritve, se raven povprečnih letnih koncentracij oksidiranega žvepla ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )-S, oksidiranega dušika ( $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$ )-N in reduciranega dušika ( $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$ )-N v zraku bistveno ne spreminja (slika 3). Manjša medletna nihanja povezujemo s pogostostjo in količino padavin v posameznih letih. Izjema so povprečne letne koncentracije oksidiranega žvepla ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ )-S, kjer je ne glede na vremenske razmere nakazan trend upadanja povprečne letne koncentracije. Predvidevamo, da so razlogi za upadanje koncentracije  $\text{SO}_2$  predvsem v zmanjšani uporabi premoga pri proizvodnji energije in pa dograjevanje razžvepljevalnih naprav za čiščenje dimnih plinov.



**Slika 3:** Povprečne letne koncentracije oksidiranega žvepla  $\text{SO}_2$ -S in  $\text{SO}_4^{2-}$ -S, oksidiranega dušika ( $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$ )-N ter reduciranega dušika ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ )-N v zraku na Iskrbi za leto 2011 – dnevno vzorčenje

## MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA Z MOBILNO POSTAJO

mag. Andrej Šegula

**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 evropske okoljske agencije in v skladu s predpisi, ki veljajo na področju kakovosti zunanjega zraka za žveplov dioksid, dušikove okside, ogljikov monoksid, delce PM<sub>10</sub>, ogljikovodike in ozon (poglavje Zakonodaja).

Tu objavljamo le glavne poudarke iz povzetkov posameznih poročil /28, 29, 30, 31/. Poročila so javnosti dostopna preko Atlasa okolja Agencije RS za okolje.

### Slovenska Bistrica (20.10.2010 – 10.1.2011)



Mobilna postaja je bila locirana ob lokalni cesti na mestu, kjer se konča Slovenska Bistrica in se začne raztreseno naselje individualnih hiš Zgornja Bistrica, neposredno ob tovarni IMPOL. Gosteje naseljeni del Slovenske Bistrice se začne okrog 800 metrov jugovzhodno od merilnega mesta mobilne postaje. Emisija onesnaževal na območju Slovenske Bistrice – vključno s tovarno IMPOL - je po podatkih o emisijah iz večjih industrijskih objektov, ki so dostopni tudi na spletni strani Agencije RS za okolje ([http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje\\_zraka/devices](http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/devices)), majhna. Lokacijo merilnega mesta mobilne postaje uvrščamo po sedaj veljavni mednarodni klasifikaciji v primestno ozadje v delno industrijskem okolju (SBI).

Meritve z mobilno postajo so potekale v hladnem delu leta, ko je onesnaženost zraka predvsem v notranjosti Slovenije večja kot v toplem delu leta. V hladni polovici leta je zrak bolj onesnažen

zaradi neugodnih vremenskih razmer (temperaturne inverzije ob mirnem, stabilnem vremenu) in zaradi dodatnih emisij iz ogrevalnih naprav, predvsem iz individualnih kurišč.

Položaj Slovenske Bistrice je, kar se tiče kakovosti zraka, ugoden. Mesto leži na južnem obrobju Pohorja in je geografsko odprto, tako da je prevetrenost boljša kot v mestih, ki ležijo v bolj zaprtem reliefu (npr. Ljubljana, Celje, Zasavje). Predvsem v poletnem času razmere dodatno izboljšuje pobočni veter na južni strani Pohorja.

Značilni za čas meritev med 20. oktobrom 2010 in 10. januarjem 2011 sta bili dve dvanajstdnevni obdobji suhega vremena – od 27. oktobra do 7. novembra 2010 in od 26. decembra do 7. januarja, ko so koncentracije onesnaževal v večini krajev po Sloveniji dosegle najvišje vrednosti.

Rezultati meritev na merilnem mestu Slovenska Bistrica in na drugih lokacijah stalne merilne mreže DMKZ med 20. oktobrom 2010 in 10. januarjem 2011 kažejo tele splošne značilnosti:

- Onesnaženost zraka z **delci  $PM_{10}$**  na lokaciji mobilne postaje je bila z 8 prekoračitvami mejne dnevne koncentracije med najnižjimi v Sloveniji. Nižje je bila le na merilnih mestih Koper in Morsko (merilna mreža cementarne Anhovo) ter na Iskrbi pri Kočevski Reki, ki pa je merilno mesto podeželskega ozadja, daleč od virov emisije. Na drugih naseljenih območjih po Sloveniji, ki so predvsem pod vplivom prometa, ponekod pa tudi emisije iz industrije in individualnih kurišč (npr. Zasavje), je bilo število prekoračitev mejne dnevne koncentracije med 10 in 28. Na osnovi meritev z mobilno postajo in glede na ugodne reliefne značilnosti območja sklepamo, da je onesnaženost z delci  $PM_{10}$  v Slovenski Bistrici manjša kot v tistih krajih v notranjosti Slovenije, ki so geografsko bolj zaprti in s tem predvsem v hladnem delu leta slabše prevetreni.
- Koncentracija  **$NO_2$** , katerega glavni izvor je promet, je bila na lokaciji mobilne postaje najnižje med vsemi merilnimi mesti. Najvišja je bila v Ljubljani in Mariboru, kjer je lokalni mestni promet najgostejši. Tu so urne koncentracije, ki so bile sicer povsod pod mejno vrednostjo, največkrat prekoračile zgornji ocenjevalni prag.
- Onesnaženost zraka z  **$SO_2$**  že nekaj let v Sloveniji ni več problematično. Tudi v obdobju meritev v Slovenski Bistrici so bile koncentracije povsod nizke - pod spodnjim ocenjevalnim pragom.
- Koncentracije **benzena** na lokaciji mobilne postaje so bile sorazmerno visoke - na ravni koncentracij, izmerjenih na mestnih merilnih mestih Ljubljana-Bežigrad in Maribor center. Pri teh dveh merilnih mestih gre skoraj izključno za emisije iz prometa, medtem ko moramo pri postaji v Slovenski Bistrici upoštevati še vpliv bližnjih individualnih kurišč.
- Povprečna koncentracija **ozona** v Slovenski Bistrici je bila zaradi ugodne geografske lega višja kot v večini krajev v notranjosti Slovenije, ki ležijo v bolj zaprtem reliefu in imajo zato več megle. Sicer pa je onesnaženost zraka z ozonom aktualna le v obdobju od maja do septembra, ko so temperature zraka višje in je sončno obsevanje močnejše.

### Celje Bukovžlak (12.1.-27.2.2011)



Mobilna postaja je bila locirana ob lokalni neprometni cesti na robu sadovnjaka pri hiši Bukovžlak 89. Okolica je poseljena v glavnem z raztresenimi individualnimi hišami. Cinkarna Celje je oddaljena 500 metrov proti zahodu. Tudi večina drugih industrijskih objektov, ki lahko glede na vetrovne razmere, pogojene z reliefom v smeri vzhod-zahod, v večji meri vplivajo na kakovost zraka na lokaciji mobilne postaje, leži zahodno od lokacije mobilne postaje v oddaljenosti od 1 do 5 kilometrov. Edini vir emisije nekaterih onesnaževal, med drugim tudi vodikovega sulfida, na vzhodni strani je Regionalni center za ravnanje z odpadki Celje (v nadaljevanju: Simbio), oddaljen 2 kilometra na manjši vzpetini. Zaznaven je vpliv industrijskih naprav, ki obratujejo v Štorah, iz podatkov o izdanih okoljevarstvenih dovoljenjih je razvidno, da tam obratujejo tri večje naprave, katerih proizvodni program je proizvodnja in predelava kovin in sicer Štore Steel, Kovis Livarna in Valji Štore. Lokacijo merilnega mesta mobilne postaje uvrščamo po sedaj veljavni mednarodni klasifikaciji v predmestno ozadje v industrijskem okolju (SI).

Meritve z mobilno postajo so potekale v hladnem delu leta, ko je onesnaženost zraka predvsem v notranjosti Slovenije precej večja kot v toplem delu leta. V hladni polovici leta je zrak bolj onesnažen zaradi neugodnih vremenskih razmer (temperaturne inverzije ob mirnem, stabilnem vremenu) in zaradi dodatnih emisij iz ogrevalnih naprav, predvsem iz individualnih kurišč.

Položaj Celja z okolico je, kar se tiče kakovosti zraka, neugoden. Mesto leži na južnem, najnižjem delu Celjske kotline. Pozimi pogosto nastane jezero hladnega zraka, v katerem se lahko dalj časa zadržuje onesnažen zrak.

Značilna za čas meritev med 12. januarjem in 27. februarjem 2011 so bila daljša obdobja suhega in hladnega vremena po vsej Sloveniji. V teh obdobjih pa ni bilo močnejših prizemnih temperaturnih inverzij, ker je prevladovala nizka oblačnost s severovzhodnim vetrom v nižjih plasteh. Sicer bi bila onesnaženost zraka še večja.

Rezultati meritev na merilnem mestu Bukovžlak in na merilnih mestih stalne državne merilne mreže za spremljanje kakovosti (DMKZ) Agencije RS za okolje med 12. januarjem in 27. februarjem 2011 kažejo tele splošne značilnosti:

- Onesnaženost zraka z **delci  $PM_{10}$**  na lokaciji mobilne postaje je bila skoraj enaka kot na mestnem merilnem mestu Celje-ARSO na prostoru Splošne bolnišnice Celje; bila je med najvišjimi v Sloveniji, višja je bila le še v Zagorju. Velik delež pri tem ima emisija iz manjših kurišč.

- Koncentracija  $H_2S$  na Bukovžlaku je bila nizka, pod mejo zaznave vonja. Na območju Celja sta dva evidentirana vira  $H_2S$  in sicer Cinkarna Celje in Simbio, iz meritev sklepamo da na meritve  $H_2S$  na mobilni postaji vplivata obe napravi. Na podlagi podatkov o emisiji iz Cinkarne Celje sklepamo, da na lokaciji Bukovžlak koncentracija ob bolj pogostem zahodnem vetru lahko doseže prag zaznave vonja, zagotovo pa ne praga, ki po kriterijih Svetovne zdravstvene organizacije že ogroža zdravje prebivalstva.
- Onesnaženost zraka z  $SO_2$  že nekaj let v Sloveniji ni več problematično. Tudi v obdobju meritev na Bukovžlaku so bile koncentracije povsod nizke - pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Raven koncentracije na Bukovžlaku je bila enaka kot na postaji Celje-ARSO.
- Koncentracija  $NO_2$  na Bukovžlaku je bila nižja kot na mestni lokaciji Celje-ARSO, kjer je vpliv prometa večji. Spodnji ocenjevalni prag za zaščito zdravja je bil prekoračen največkrat na mestnem merilnem mestu Ljubljana Bežigrad.
- Onesnaženost zraka s  $CO$ , ki v Sloveniji ni problematična, je bila na vseh merilnih mestih pod spodnjim ocenjevalnim pragom za zaščito zdravja.
- Povprečna koncentracija *ozona* na Bukovžlaku je bila višja kot na mestni lokaciji Celje-ARSO, kjer vsebnost ozona v zraku zmanjšujejo emisije iz prometa. Ozon je sicer aktualen v mesecih od maja do septembra, pa še to v zadnjih letih zaradi nestanovitnih poletij le na Goriškem, Primorskem in na Obali.
- Koncentracija *benzena* na Bukovžlaku je bila višja kot na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor center, kar pomeni, da velik delež prispeva emisija iz malih kurišč in nekaterih industrijskih objektov, raztresenih v okolici.

Kot posebej problematično onesnaževalo na območju Bukovžlaka je bil izpostavljen vodikov sulfid ( $H_2S$ ), ki ga po pripovedovanju prebivalci tega območja pogosto zaznavajo z vonjem. V času meritev na Bukovžlaku koncentracije niso dosegle praga občutljivosti za vonj. Razmere se lahko poslabšajo ob drugačnih vremenskih pogojih (bolj pogost zahodni veter), vendar iz podatkov o emisiji  $H_2S$  iz Cinkarne Celje koncentracija ne more doseči bistveno višje vrednosti, kot so bile najvišje izmerjene do sedaj.

Tako kot v večini drugih mestnih območij Slovenije so tudi v Celju najbolj problematično onesnaževalo delci  $PM_{10}$ . Število prekoračitev mejne dnevne koncentracije predvsem v mestih vsako leto preseže dovoljeno mejno število. Raven koncentracije delcev  $PM_{10}$  na lokaciji mobilne postaje na Bukovžlaku je bila v času meritev enaka kot v Celju. Z gotovostjo lahko sklepamo, da je v vremensko bolj neugodnih letih, ko je dovoljeno število prekoračitev mejne koncentracije preseženo na večini merilnih mest v naseljenih krajih v notranjosti Slovenije, to preseženo tudi na Bukovžlaku.

### **Dravograd (1.3.-6.4., 2.8.-31.8.2011)**



Mobilna postaja je bila locirana ob športnem stadionu na zahodnem obrobju Dravograda. Severovzhodno od lokacije postaje se na drugi strani stadiona začne stanovanjsko naselje na obeh straneh glavne ceste, ki vodi ob Dravi naprej v Avstrijo. Ta cesta je oddaljena cca 160 metrov. Zahodno od lokacije postaje je ozek pas gozda. Ta se strmo spušča proti Dravi, ki teče okrog 30 metrov nižje. Zahodno in južno od lokacije mobilne postaje ni večjih naselij.

Po podatkih o emisijah iz večjih industrijskih objektov, ki so dostopni tudi na spletni strani Agencije RS za okolje (<http://www.arso.gov.si>) v samem Dravogradu ni večjih virov onesnaževanja zraka. Lesna industrija z večjo emisijo onesnaževal (organske ogljikove spojine, ogljikov monoksid, dušikovi oksidi, žveplov dioksid) je v Šentjanžu in na Otiškem vrhu, ki sta oddaljena okrog 5 kilometrov proti jugu in jugovzhodu. Ta industrija pa zaradi oddaljenosti nima večjega vpliva na kakovost zraka v Dravogradu. Lokacijo merilnega mesta mobilne postaje uvrščamo po sedaj veljavni mednarodni klasifikaciji v primestno ozadje v pretežno stanovanjskem okolju (SB).

Meritve z mobilno postajo so potekale zgodaj spomladi, ko je onesnaženost zraka že manjša kot pozimi, in poleti (avgust), ko je zrak najčistejši. V hladni polovici leta je zrak predvsem v notranjosti Slovenije bolj onesnažen zaradi neugodnih vremenskih razmer (temperaturne inverzije ob mirnem, stabilnem vremenu) in zaradi dodatnih emisij iz ogrevalnih naprav, predvsem iz individualnih kurišč.

V obeh obdobjih meritev, to je, od 1. 3. do 6. 4. in od 2. 8. do 31. 8. 2011 je tako v Dravogradu kot tudi drugod po Sloveniji prevladoval severovzhodni veter. Do 11. marca je bilo še skoraj zimsko hladno in tudi onesnaženost zraka (predvsem z delci  $PM_{10}$ ) je bila v tem času še sorazmerno visoka. Potem je nastopila pomlad s čistejšim zrakom. V avgustu je bila onesnaženost zraka povsod po Sloveniji nizka.

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



- Onesnaženost zraka z **delci  $PM_{10}$**  na lokaciji mobilne postaje je bila med nižjimi v notranjosti Slovenije, kar je pričakovano, saj v neposredni bližini ni prometnih cest, kurilnih naprav in industrije. Višje koncentracije z več prekoračitvami mejne dnevne vrednosti so bile izmerjene na vseh tistih mestnih merilnih mestih, na katera odločilno vpliva promet, ponekod pa tudi individualna kurišča in industrija (npr. Zasavje). Iz meritev v Dravogradu sklepamo, da je dovoljeno letno število prekoračitev mejne dnevne koncentracije delcev  $PM_{10}$  na merilnem mestu mobilne postaje lahko preseženo le v izjemno neugodnih letih, ko se to zgodi na večini merilnih mest po Sloveniji, medtem ko mejna letna koncentracija ni prekoračena. Ocenjujemo še, da je koncentracija delcev  $PM_{10}$  v središču Dravograda nekoliko višja kot na lokaciji mobilne postaje zaradi večjega vpliva prometa in kurilnih naprav v zimskem času.
- Koncentracija  **$NO_2$** , katerega glavni izvor je promet, je bila na lokaciji mobilne postaje najnižja med vsemi merilnimi mesti. Najvišja je bila v Ljubljani in Mariboru, kjer je lokalni mestni promet najgostejši. Urne koncentracije so ponekod v mestih prekoračile le spodnji ocenjevalni prag – največkrat v Mariboru.
- Onesnaženost zraka z  **$SO_2$**  že nekaj let v Sloveniji ni več problematično. Tudi v obdobju meritev v Dravogradu 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 skoraj izključno za emisije iz prometa, medtem ko za postajo v Dravogradu ne moremo reči, kateri vir emisije je bil v času meritev odločilen. Koncentracije so bile sicer na vseh treh merilnih mestih pod spodnjim ocenjevalnim pragom, predpisanim za celoletno povprečje.
- Onesnaženost zraka z **ozonom** v Dravogradu je bila na ravni drugih merilnih mestih v notranjosti Slovenije, ki niso pod neposrednim vplivom prometa. Emisije raznih onesnaževal iz prometa namreč zmanjšajo vsebnost ozona v zraku ob prometnih cestah, ker se ozon porablja v kemičnih procesih s temi onesnaževali.

### **Ilirska Bistrica (20.5.-31.7., 2.9.-30.11.2011)**



Mobilna postaja je bila locirana v majhnem naselju Rečica, en kilometer zahodno od večjega naselja Trnovo in dva kilometra od Ilirske Bistrice. V razdalji dveh kilometrov so še manjša naselja Zarečje, Dobro Polje in Zarečica. Rečica in vsa druga majhna naselja v okolici so poseljena z individualnimi hišami, ki se v hladnem delu leta ogrevajo s kurišči pretežno na drva. Poleg množice teh malih kurišč je edini večji vir onesnaževanja zraka tovarna Lesonit, ki leži 600 metrov jugovzhodno od lokacije mobilne postaje.

Po podatkih o emisijah iz večjih industrijskih objektov, ki so dostopni tudi na spletni strani Agencije RS za okolje ([http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje\\_zraka/devices](http://okolje.arso.gov.si/onesnazevanje_zraka/devices)), je tovarna Lesonit po emisiji dušikovih oksidov na desetem mestu v Sloveniji, po emisiji delcev pa med desetim in petnajstim mestom. Velik delež emisije delcev so v zimskem času tudi individualna kurišča, ki uporabljajo za gorivo drva. Po grobi oceni je emisija delcev PM<sub>10</sub> iz kurišč v Ilirski Bistrici in bližnjih vaseh, ki ležijo v isti kotlini, 70 ton, emisija iz tovarne Lesonit pa je bila v letu 2011 34 ton.

Bolj prometne lokalne ceste so oddaljene okrog 200 metrov, najbolj prometna cesta proti Reki pa je 1 kilometer daleč proti zahodu. Delež onesnaženosti zraka zaradi emisije iz vseh teh cest na merilnem mestu mobilne postaje je majhen. Lokacijo merilnega mesta mobilne postaje uvrščamo po sedaj veljavni mednarodni klasifikaciji v podeželsko obmestno ozadje z vplivom industrije RB(NC)I.

Meritve z mobilno postajo so potekale poleti, ko je zrak najčistejši, in v pozni jeseni (oktober, november), ko je zrak bolj onesnažen. Zlasti v novembru je bil zrak po Sloveniji zelo onesnažen, saj so vladale že prav zimske razmere z izrazitimi temperaturnimi inverzijami povsod v notranjosti Slovenije.

Kar se kakovosti zraka tiče, so reliefni in vremenski pogoji v Ilirski Bistrici ugodnejši kot v večini krajev v notranjosti Slovenije, pa nekoliko slabši kot na Primorskem in ob obali. Temperaturne inverzije, ki se čez dan tudi pozimi vsaj delno razkrojijo, segajo 70 do 80 metrov visoko nad dnom kotline, tako da se onesnažen zrak iz vseh virov (tudi iz tovarne Lesonit) akumulira v inverzijski plasti zraka. Izrazit jutranji maksimum koncentracij NO<sub>2</sub> in PM<sub>10</sub> je posledica premešanja onesnaženega zraka ob razkroju inverzije.

V obeh obdobjih meritev, to je, od 20. 5. do 31. 7. in od 2. 9. do 30. 11. 2011 je povsod po Sloveniji v nižjih plasteh prevladovala šibka severovzhodna cirkulacija zraka s krajšimi obdobji jugozahodnega vetra poleti in z brezvetrjem v novembru. Onesnaženost zraka (predvsem z delci  $PM_{10}$ ) se je zelo povečala v novembru, ko so nastopile že omenjene neugodne vremenske razmere.

Rezultati meritev na merilnem mestu Ilirska Bistrica – Rečica in na drugih lokacijah stalne merilne mreže DMKZ v obeh obdobjih meritev kažejo sledeče splošne značilnosti:

- Onesnaženost zraka z **delci  $PM_{10}$**  na lokaciji mobilne postaje je bila z 9 prekoračitvami mejne dnevne koncentracije nižja kot v notranjosti Slovenije, kjer je bilo prekoračitev med 10 in 19, in višja kot na Primorskem in ob obali, kjer so bile največ tri prekoračitve. Dovoljeno letno število prekoračitev mejne dnevne koncentracije delcev  $PM_{10}$  je v mestih v notranjosti Slovenije preseženo skoraj vsako leto, na Primorskem in ob obali pa zelo redko – v Novi Gorici trikrat v zadnjih 9 letih, v Kopru pa enkrat v zadnjih 5 letih. Iz meritev v Ilirski Bistrici sklepamo, da se na merilnem mestu mobilne postaje v Rečici ob nespremenjenih emisijah to zgodi le v zelo neugodnih letih, medtem ko mejna letna koncentracija ni prekoračena. Ocenjujemo še, da je koncentracija delcev  $PM_{10}$  (in tudi drugih onesnaževal) v sami Ilirski Bistrici na enaki ravni kot na lokaciji mobilne postaje - nekoliko več je vpliva prometa in več je malih kurišč, manjši pa je vpliv tovarne Lesonit.
- Koncentracija  **$NO_2$**  je bila na lokaciji mobilne postaje najnižja med vsemi merilnimi mesti. Urne koncentracije so le ponekod v večjih mestih prekoračile spodnji ocenjevalni prag.
- Koncentracija skupnih dušikovih oksidov  **$NO_x$**  je bila pod spodnjim ocenjevalnim pragom za zaščito vegetacije.
- Onesnaženost zraka z  **$SO_2$**  že nekaj let v Sloveniji ni več problematično. Tudi v obdobju meritev v Ilirski Bistrici 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 sta v Ilirski Bistrici glavna vira tovarna Lesonit in individualna kurišča. Koncentracije so bile sicer na vseh treh merilnih mestih pod spodnjim ocenjevalnim pragom, predpisanim za celoletno povprečje.
- Onesnaženost zraka z **ozonom** v Ilirski Bistrici je bila nekoliko višja kot v notranjosti Slovenije in nižja kot na Goriškem in ob Obali.

# MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA Z DIFUZIVNIMI VZORČEVALNIKI

Tanja Koleša



Meritve z difuzivnimi vzorčevalniki izvajamo na Agenciji RS za okolje kot dopolnilo merilni mreži avtomatskih meritev in kot pomoč za oceno onesnaženosti na širšem področju Slovenije, katerega merilna mreža avtomatskih meritev ne pokriva.

V letu 2011 smo izvedli eno merilno kampanjo in sicer v mesecu aprilu na območju Ljubljane Bežigrad z namenom ugotavljanja ravni onesnaženja zunanjega zraka z lahkihlapnimi organskimi spojinami: benzen, toluen, etilbenzen, m, p, o - ksilen (v nadaljevanju BTX).

Meritve z difuzivnimi vzorčevalniki izvajamo na Agenciji RS za okolje, kot dopolnilo merilni mreži avtomatskih meritev in kot pomoč za oceno onesnaženosti na širšem področju Slovenije, katerega merilna mreža avtomatskih meritev ne pokriva. V letu 2011 smo izvedli eno merilno kampanjo in sicer v mesecu aprilu na območju Ljubljane Bežigrad z namenom ugotavljanja ravni onesnaženja zunanjega zraka z lahkihlapnimi organskimi spojinami: benzen, toluen, etilbenzen, m, p, o - ksilen (v nadaljevanju BTX).

Difuzivni vzorčevalniki merijo prisotnost določenih snovi v zunanjem zraku z metodo pasivnega vzorčenja, kar pomeni, da vanje zraka ne dovajamo s pomočjo črpalke, pač pa so le izpostavljeni zunanjim razmeram. Stopnja vzorčenja je nadzorovana s stopnjo difuzije onesnažila. Difuzivni vzorčevalniki so tako cevke, v katerih se vzpostavi linearen difuzijski gradient med koncentracijo v zraku na eni strani in ničelno koncentracijo na drugi strani cevke, kjer je nameščen adsorbent. Molekule plina potujejo do adsorbenta po principu difuzije. Prednost merjenja z difuzivnimi vzorčevalniki so, da le-ti ne potrebujejo elektrike, so tihi, ne potrebujejo kalibracije na terenu, imajo širok koncentracijski razpon, so stroškovno učinkoviti, meritve pa izvajamo in situ. Seveda pa imajo tovrstne meritve tudi slabosti, saj je potrebno veliko ročnega dela v laboratoriju, dobimo pa lahko le povprečne koncentracije v času, ko je bil vzorčevalnik postavljen na merilno mesto. Tako kot ostale meritve so lahko tudi meritve z difuzivnim vzorčevalnikom obremenjene z napakami, ki so lahko nepojasnjene vzroka. Zato smo meritve izvedli s tremi vzorčevalniki. Končno vrednost smo izračunali iz povprečja vseh treh, če pa je katera izmed vrednosti močno odstopala od ostalih dveh smo le to izločili. Koncentracije izmerjene z difuzivnimi vzorčevalniki niso zelo natančne in se uporabljajo le kot informacija o velikostnem razredu, v katerem se nahaja merjeno onesnaževalo.

Slika prikazuje ohišje difuzivnega vzorčevalnika v katerem je prostor za tri vzorčevalnike. Na drugi sliki je prikazan difuzivni vzorčevalnik za organske spojine. Zrak vstopa v vzorčevalnik na spodnji strani cevke.



Ohišje difuzivnega vzorčevalnika (levo) in difuzivni vzorčevalnik za organske spojine (desno)  
(foto: Tanja Koleša)

Po končanem vzorčenju, difuzivne vzorčevalnike hermetično zapremo in jih pošljemo v kemijsko analizo v laboratorij Gradko v Angliji. Benzen in ostale lahkohlapne organske spojine se analizirajo po principu termične desorpcije s plinsko kromatografijo.

Meritve smo izvajali na 22 merilnih mestih na območju Ljubljane Bežigrad med 15.4. in 22.4.2011. Rezultate meritev lahkohlapnih organskih spojin na terenu smo primerjali z rezultati meritev na merilnem mestu Ljubljana Bežigrad-ARSO. V tabeli 1 so navedeni naslovi in koordinate postavitve difuzivnih vzorčevalnikov. V tabeli 2 so predstavljeni rezultati koncentracij BTX spojin v obdobju merjenja.

**Tabela 1:** Naslov in koordinate postavitve difuzivnih vzorčevalnikov

	Naslov postavitve difuzivnega vzorčevalnika	GKY	GKX
1	Posavskega ulica 6	462428	103176
2	Posavskega ulica (nasproti 27, pri garažah)	462154	103217
3	Kardeljeva ploščad (pri sr. gradbeni šoli)	462673	103307
4	Triglavska ulica 46	462124	103385
5	Triglavska ulica (nasproti 11)	462303	103360
6	Kardeljeva ploščad 4	462697	103461
7	Dimičeva 6	462628	103145
8	Dimičeva 13	462781	103124
9	Glavarjeva ulica 42	462141	103528
10	Glavarjeva ulica (pri vrtcu)	462351	103499
11	Glavarjeva ulica 8	462455	103488
12	Mašera-Spasičeva ulica 15 (nasproti SCT)	462131	103641
13	Mašera-Spasičeva ulica (nasproti Salusa)	462280	103609
14	Mašera-Spasičeva ulica 3 (nasproti Hypo banke)	462131	103641
15	Kardeljeva ploščad (križišče z Gosarjevo)	462710	103532
16*	Tolstojeva ulica (nasproti 57)	462197	103818
17	Tolstojeva ulica (nasproti 25)	462345	103787
18	Tolstojeva ulica 3(nasproti Merkurja)	462563	103737
19	Hubadova ulica 49	462314	103867
20	Hubadova ulica 19	462439	103825
21	Hubadova ulica 5	462549	103806
ARSO	Agencija za okolje, Vojkova 1b	462675	102490

\* Pri pobiranju difuzivnih vzorčevalnikov, ohišja z njimi na tej lokaciji ni bilo.

**Tabela 2: Koncentracije BTX spojin**

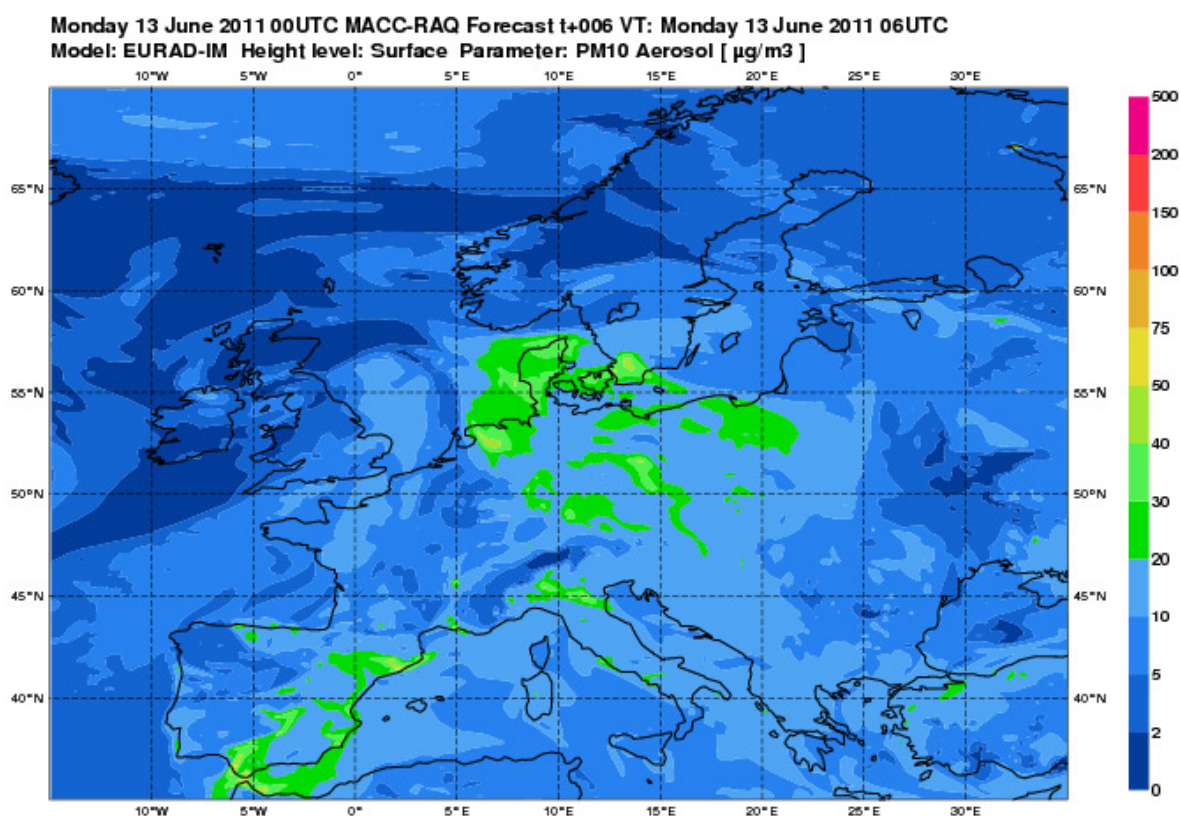
Oznaka merilnega mesta	benzen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	toluen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	etilbenzen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	m, p-ksilen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	o-ksilen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
1	2,3	5,8	1,3	2,8	1,0
2	1,4	5,1	1,3	2,5	0,83
3	1,6	4,1	1,4	2,1	0,69
4	1,7	6,4	1,1	2,4	0,85
5	1,7	4,9	1,1	2,2	0,80
6	1,9	4,6	1,3	2,2	0,80
7	2,0	4,8	1,1	2,2	0,74
8	1,5	4,1	1,1	2,2	0,69
9	1,8	5,9	1,2	2,6	0,79
10	1,6	5,3	1,3	2,6	0,84
11	1,6	5,0	1,2	2,3	0,79
12	2,0	6,4	1,6	2,7	0,77
13	1,8	5,1	1,0	2,3	0,71
14	2,1	8,4	1,3	4,0	1,4
15	2,2	5,8	1,5	2,6	1,3
17	1,9	5,6	1,6	2,8	0,97
18	1,9	6,0	1,3	2,7	0,92
19	2,0	5,7	1,2	2,5	0,75
20	2,0	5,4	1,1	2,3	0,71
21	1,8	5,3	1,2	2,3	0,77
ARSO	1,7	4,3	1,0	2,3	0,61

Iz zgornje tabele je razvidno, da so koncentracije vseh BTX v istem velikostnem razredu in da se koncentracije BTX izmerjene v okolici Tolstojeve ulice, glede na kakovost rezultatov, ki jih pričakujemo od meritev z difuzivnimi vzorčevalniki, ne razlikujejo od tistih izmerjenih na lokaciji Ljubljana Bežigrad. Najvišje koncentracije toluena, mp-ksilena in o-ksilena so bile izmerjene na lokaciji Mašera-Spasičeva ulica 3 (nasproti Hypo banke). Razlogov za višje koncentracije glede na ostale lokacije je več, ta lokacija je bila od vseh postavljena najbližje zelo prometni Dunajski cesti, poleg tega je ta lokacija v južni smeri najbližje tiskarni Akana d.o.o. Dodaten razlog pa je tudi v visokih stavbah, ki obkrožajo to merilno mesto in je zaradi tega pretok svežega zraka omejen.

Poročila o meritvah kakovosti zunanega zraka z difuzivnimi vzorčevalniki so javnosti dostopna preko Atlasa okolja Agencije RS za okolje.

## MODELIRANJE KAKOVOSTI ZRAKA

Manca Štrajhar, 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 v ozračju za dva dni vnaprej.



## Namen in cilji modeliranja

Sistem monitoringa onesnaženosti zunanjega zraka nam omogoča poznavanje trenutnega in preteklega stanja onesnaženosti zraka. Podatki avtomatskih postaj so v realnem času dostopni širši javnosti, kar vsakemu posamezniku omogoča, da v primeru povečanih koncentracij in preseženih mejnih vrednosti posameznih onesnaževal upošteva varnostne ukrepe in s tem poskrbi za čim manjši vpliv na zdravje in okolje. Monitoring nam torej omogoča poznavanje trenutnega stanja onesnaženosti zunanjega zraka in s tem načrtovanje izvajanja preventivnih ukrepov in aktivnosti samo v trenutnem času. Za varovanje zdravja ljudi in izvajanje ukrepov za preprečevanje preseganj mejnih vrednosti koncentracij pa je potrebno razvijati sistem modeliranja in napovedovanja onesnaženosti zunanjega zraka za nekaj dni vnaprej.

Osnovno orodje za napovedovanje onesnaženosti zraka so kompleksni numerični modeli, ki obravnavajo kemijske in fizikalne procese v ozračju. Zaradi kompleksnosti procesov, ki so zajeti v takih modelih, je negotovost rezultatov lahko precejšnja. 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.

V projektni nalogi *Modeliranje onesnaženosti zunanjega zraka za območje Slovenije*, ki poteka v sodelovanju Fakultete za matematiko in fiziko in Agencije RS za okolje, je bil za računanje onesnaženosti zraka za območje Slovenije izbran model CAMx (The Comprehensive Air quality Model with Extensions). Razlogi za izbiro omenjenega modela so predvsem v zelo dobro opisani kemiji ozona in delcev, poleg mnogih držav po celem svetu pa ga uporabljajo tudi naši sosede na ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) v Avstriji. Na Agenciji RS za okolje je model CAMx sklopljen z operativnim meteorološkim modelom ALADIN, testni operativni zagoni se zaenkrat izvajajo le za izbrane vremenske situacije, ob povečanih koncentracijah ozona in delcev. Pred operativno uporabo bo potrebno dodati še biogene emisije (zdaj je to v fazi vključevanja), ki prispevajo znaten delež h koncentracijam ozona, ter opraviti še obsežno validacijo modela CAMx. Rezultati simulacij z modelom CAMx bodo služili napovedovanju onesnaženosti zraka za območje Slovenije. Napovedi za več vrst onesnaževal (prednost imajo delci in ozon) naj bi se izdajale vsak dan za dva do tri dni vnaprej. Poleg dnevnih napovedi bi se s pomočjo simulacij s CAMx-om delali tudi testni izračuni letnih ocen koncentracij onesnaževal za območja, kjer ni meritev onesnaženosti zraka, in za pripravo različnih scenarijev, ocen dodatnih obremenitev, ocen vpliva posameznega vira, itd.

V Sloveniji se trenutno v poletnem času napoveduje le koncentracije ozona. V nekaterih evropskih državah je sistem modeliranja onesnaženosti zraka že dobro razvit in nekaj takšnih modelov je vključenih v projekt MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate - <http://www.gmes-atmosphere.eu/>), kjer so na voljo dnevne napovedi koncentracij ozona, delcev in še nekaterih drugih onesnaževal za celo Evropo.

Na strežniku <http://macc.ifg.kfa-juelich.de:500080> so dostopni tudi globalni podatki o koncentracijah za 28 različnih kemijskih spojin kot rezultat obdelave 3-dnevnih napovedi globalnega kemijskega modela MOZART (Model for OZone And Related chemical Tracers) in modelskega sistema IFS (Integrated Forecast System), ki delujeta v okviru Evropskega centra za srednjeročne vremenske napovedi (ECMWF).

## Opis modela CAMx

CAMx je Eulerjev fotokemijski disperzijski model, ki s pomočjo reševanja kontinuitetne enačbe za vsako kemijsko spojino simulira emisije, disperzijo, kemijske reakcije in odstranjevanje delcev v troposferi. Eulerjeva kontinuitetna enačba opisuje časovno spreminjanje povprečnih koncentracij znotraj volumske celice za posamezno kemijsko spojino, pri čemer so zajeti vsi fizikalni in kemijski procesi znotraj volumske celice. Kemija je obravnavana z reševanjem sistema enačb kemijskih reakcij, ki so definirane s posebnimi kemijskimi mehanizmi. Odstranjevanje delcev pa vključuje suho depozicijo in odstranjevanje delcev s padavinami.

V vsakem časovnem koraku kontinuitetno enačbo razbijemo na manjše kose in posebej izračunamo prispevke posameznih členov. Prvi proces v vsakem časovnem koraku je vključitev meteoroloških podatkov in emisij iz vseh virov znotraj našega območja, nato se izvedeta horizontalna in vertikalna advekcija, sledita jima vertikalna in horizontalna difuzija, kemijske reakcije in na koncu še suha ter mokra depozicija. Pri obravnavi suhe depozicije je upoštevana velikost delcev, reaktivnost, topnost in difuzivnost plinov, vremenski pogoji in karakteristike površja. Mokra depozicija je prevladujoč proces odstranjevanja delcev v atmosferi. Delci se obnašajo kot kondenzacijska jedra za nastanek oblačnih kapljic in se nato s padavinami izločajo iz atmosfere. Poleg tega pa padavinske kapljice izpirajo delce, ki se nahajajo na njihovi poti. Mokra depozicija je tudi pomemben proces odstranjevanja relativno topnih plinastih onesnaževal.

V Eulerjevih modelih za napovedovanje onesnaženosti ozračja so koncentracije snovi v ozračju močno odvisne od tega, kako dobro model na nivoju mreže rešuje emisije, transport in kemijo. Eulerjevi modeli zaradi omejitev pri horizontalni ločljivosti in zaradi potrebe po čim boljšem opisu točkovnih emisij uporabljajo 'Plume-in-Grid sub-model', ki sledi posameznim dimnim »skupkom« (angl. puff) v Lagrangovem smislu, pri čemer upošteva disperzijo in kemijski razvoj posameznih onesnaževal toliko časa, da je širina dimne zavese vsaj istega reda velikosti kot modelska mreža. Od te točke časovnega razvoja naprej se masa nekaterih (lahko tudi vseh) dimnih »skupkov« obravnava Eulerjevsko.

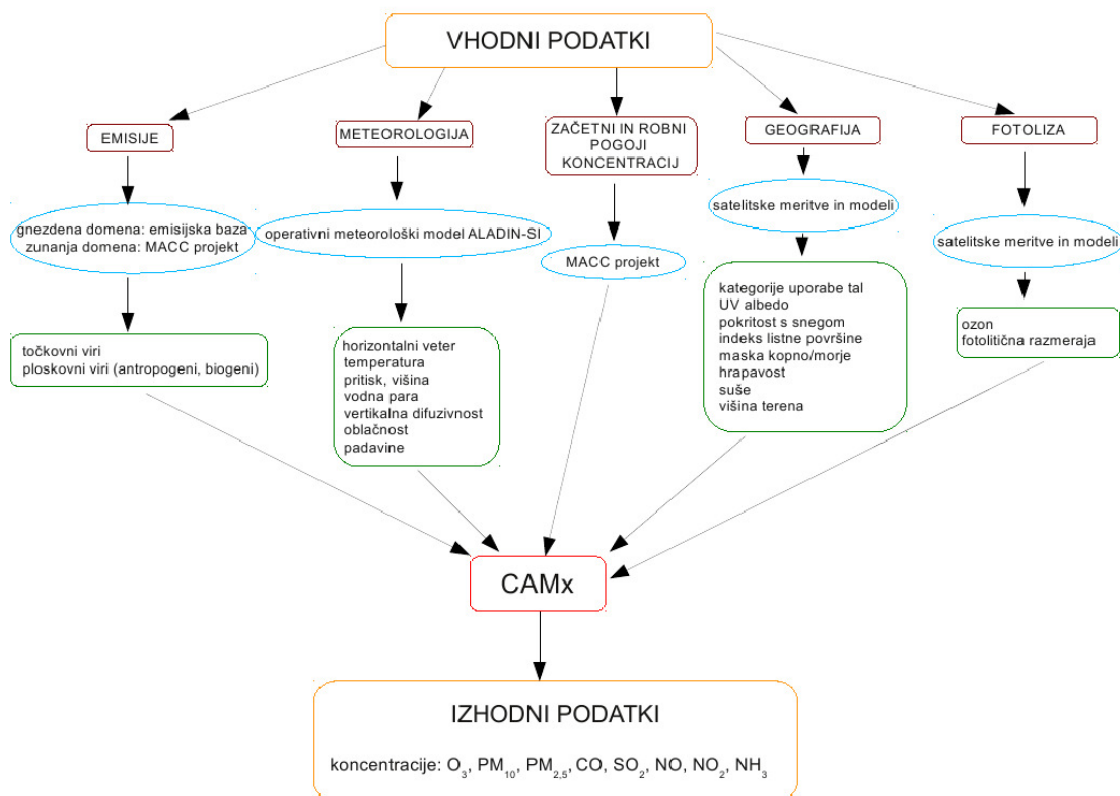
## Modelski sistem

Za zagon CAMx-a so potrebne vhodne datoteke, ki konfigurirajo simulacijo, definirajo kemijske mehanizme in opišejo fotokemijske pogoje, karakteristike tal, začetne in robne pogoje, emisijska razmerja in različna meteorološka polja preko celotne domene. Shema vhodnih in izhodnih podatkov za CAMx je predstavljena na sliki 3.

Opisane informacije je potrebno predhodno pripraviti v točno določeni obliki, ki je primerna za vhod v CAMx. Meteorološka polja je priporočljivo pripravljati s prognostičnim meteorološkim modelom, kar je v našem primeru model ALADIN-SI s horizontalno ločljivostjo 4,4 km in 43 vertikalnimi računskimi nivoji. Zaradi zahtev po pripravi dnevnih napovedi v realnem času in zaradi omejitve pri uporabi števila procesorjev za poganjanje CAMx-a na ARSO je bilo potrebo optimalno določiti domeno in ločljivost ter način izračuna CAMx-a. Potrebno je bilo gnezdenje: zunanja domena je enaka domeni modela ALADIN-SI in ima ločljivost 13,2 km, gnezdena domena pa ima enako ločljivost kot model ALADIN-SI 4,4 km in obsega območje nad Slovenijo in širšo okolico. Poleg tega smo zanemarili vpliv najvišje ležečih modelskih nivojev v ALADIN-u. Pri modeliranju onesnaženosti zraka smo tako upoštevali samo spodnjih 34 vertikalnih nivojev. Iz polj,

ki jih dobimo iz modela ALADIN-SI, je za vhod v CAMx potrebno dodatno izračunati vertikalno difuzivnost in optično debelino. Poleg meteoroloških vhodnih podatkov potrebujemo tudi začetne in robne pogoje koncentracij snovi (kakovost zraka), ki jih dobimo iz projekta MACC (avtomatski prenos globalnih kemijskih podatkov z njihovega strežnika). Naslednja skupina vhodnih podatkov so emisije, ki jih ločimo v dve skupini. Prva skupina so emisije pri tleh (na najnižjem modelskem nivoju) – "gridded emissions", kamor sodijo antropogeni viri (promet, individualna kurišča,..) in biogeni viri. Za izračun biogenih emisij bo na podoben način kot fotokemijski model CAMx potrebno sklopiti emisijski model SMOKE (Sparse Matrix Operator Kernel Emissions) z meteorološkim modelom ALADIN. Druga skupina emisij pa so točkovni viri, ki imajo zaradi dimnega dviga vpliv tudi na višje modelske nivoje – "point emissions". Podatke o emisijah za zunanjo domeno dobimo iz projekta MACC, podatke za gnezdeno domeno pa je potrebno pripraviti na način, ki je opisan v naslednjem poglavju. Vhod v CAMx sta tudi dve skupini parametrov, med katerimi je nekaj takih, ki so konstantni, nekaj se jih spreminja na dnevni časovni skali, nekateri na mesečni, sezonski ali letni časovni skali. V teh dveh skupinah najdemo podatke o kategorijah uporabe tal, pokritosti s snegom, indeks listne površine, fotolitična razmerja, ozon,...

V izhodnih datotekah simulacij CAMx-a so časovna povprečja koncentracij za izbrane snovi.



Glede na zahteve izbranega kemijskega modela za modeliranje ozona in delcev potrebujemo emisijske karte 7 primarnih onesnaževal (NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), poleg tega pa še karte skupin organskih spojin (te skupine so odvisne od kemijskega mehanizma, ki ga uporablja izbran fotokemijski model).

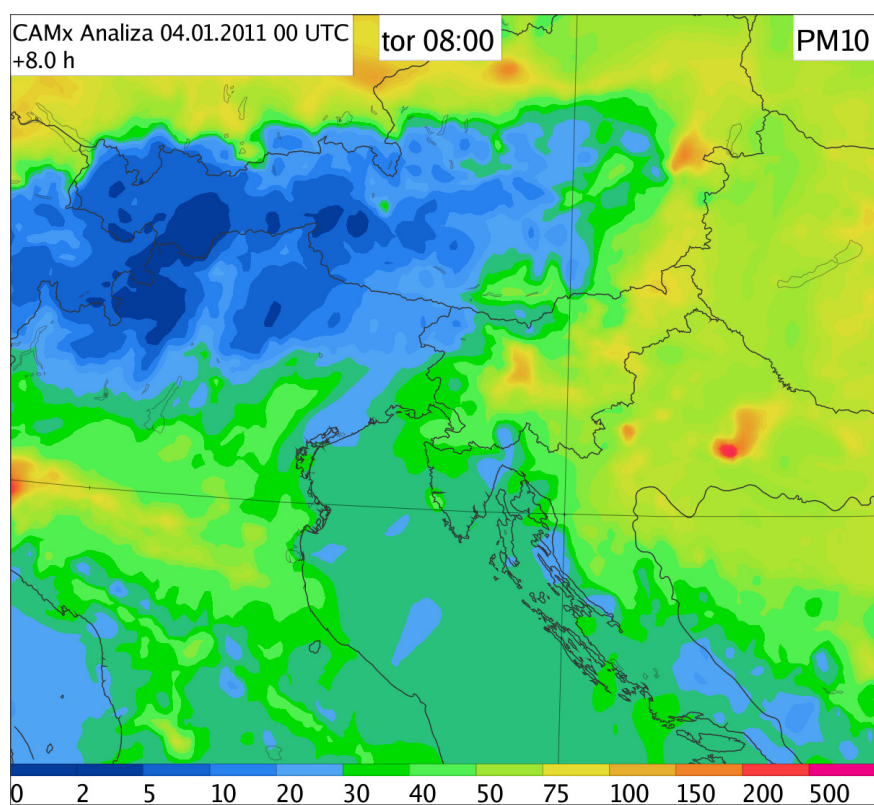
Da je mogoče iz skupne količine NMVOC pripraviti emisije po posameznih organskih spojinah v modelu, je potrebno za vsak vir posebej določiti profil NMVOC, ki se ga izbere na osnovi natančnega poznavanja vira (vrste industrijskega obrata, količine uporabljenih posameznih vrst kuriva, ...itd.) . Npr. po navodilih EPA se vsakemu viru priredi koda SCC (source classification code, <http://www.nj.gov/dep/aqm/es/scc.pdf>), nato pa se iz obstoječih tabel (SPECIATE, <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/speciate/index.html>) določi masne deleže različnih organskih spojin za vsak vir posebej. Različne organske spojine se nato glede na reaktivnost združuje v modelske skupine organskih spojin, za kar je primeren npr. Carterjev program (<http://www.engr.ucr.edu/~carter/emitdb/>), ki vsebuje večino organskih spojin, ki nastopajo v profilih virov in s katerim je možno dokaj preprosto izvesti združevanje spojin v skupine modelskega mehanizma (RADM2, CB4, SAPRC99, SAPRC07). Podoben je tudi postopek priprave skupin PM<sub>2.5</sub>. Pomembno je le, da za vsak vir posebej opredelimo najbolj smiselno razdelitev PM<sub>2.5</sub> v 5 podskupin.

Tipična časovna ločljivost emisijskih podatkov za modeliranje ozona in delcev je 1 ura. Običajno je postopek pri pripravi emisij s tolikšno časovno ločljivostjo tak, da izhajamo iz letnih podatkov o emisijah in potem za vsak vir posebej (oziroma za vsak tip vira posebej) ocenimo letni in dnevni emisijski hod, lahko pa tudi tedenski hod (ali pa morda vsaj razmerje med emisijami ob koncih tedna in obdelavnikih).

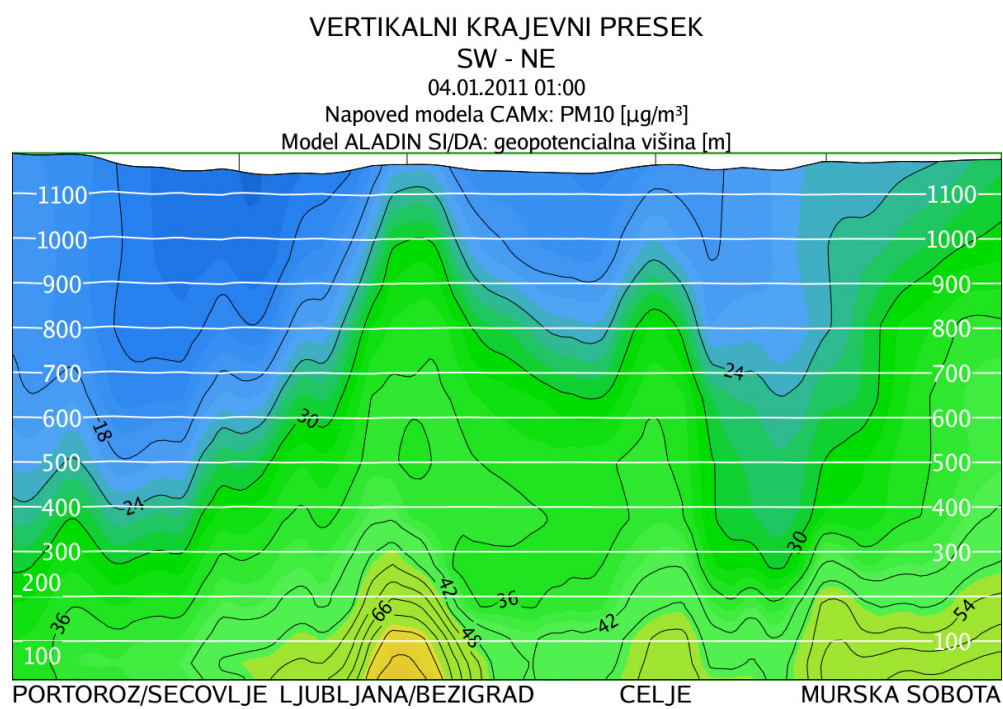
Kar se tiče krajevne ločljivosti, je potrebno točkovne vire opisati s točno lokacijo izpusta (če ima industrijski obrat več ločenih odvodnikov, se določi lokacija vsakega posebej). Poleg tega so za izračun dimnega dviga potrebni tudi nekateri drugi podatki (temperatura izstopnih plinov, volumski tok, izstopna hitrost, premer dimnika – za vsak odvodnik posebej). Za linijske vire (ceste, železnice) je potrebno podatke zbrati po posameznih odsekih – emisije se določajo iz gostote in vrste prometa posameznega odseka. Za emisije, ki se pripravljajo ploskovno, pa je zaželeno, da je krajevna ločljivost čim boljša, vsekakor pa ne slabša kot 1 km.

## **Modelski rezultati**

Pri prikazovanju koncentracij posameznih onesnaževal smo obravnavali predvsem vremenske dogodke s povišanimi koncentracijami ozona in delcev. Visoko koncentracijo ozona beležimo v najtoplejših mesecih, ob sončnih dneh z visokimi dnevnimi temperaturami in slabo dinamiko v ozračju. V tem primeru se v močno onesnaženi zračni masi učinkovito tvorijo sekundarna onesnaževala. Nasprotno pa se najvišje koncentracije delcev pojavljajo v zimskih mesecih (aktivna mala kurišča), in sicer v zgodnjih jutranjih urah, ko je temperaturni obrat najizrazitejši. Problem povišanih koncentracij delcev pesti predvsem mesta, kjer je gostota malih kurišč večja. Na slikah 1 in 2 sta prikazana potek koncentracij PM<sub>10</sub> nad gnezdenim računskim območjem ter vertikalni presek koncentracij PM<sub>10</sub> nad Slovenijo.



**Slika 1:** Polje koncentracij  $PM_{10}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) na notranji računski domeni z ločljivostjo 4.4km, za 4.1.2011 ob 8.uri zjutraj



**Slika 2:** Vertikalni krajevni presek koncentracij  $PM_{10}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) od Portoroža do Murske Sobote, za 4.1.2011 ob 8.uri zjutraj

## PROJEKTI

Mateja Gjerek, mag. Tanja Bolte



Agencija RS za okolje je v letu 2011 sodelovala v dveh projektih: PMinter in MACC.

V sklopu projekta PMinter bo Agencija zagotovila podatke iz obstoječe državne merilne mreže, izvedla nekaj dodatnih meritev na območju občine Maribor, in pomagala s strokovnim znanjem.

Naloga ARSO v projektu MACC je bila predvsem pošiljanje sprotnih urnih podatkov z merilnih mest ter priprava nove klasifikacije merilnih mest.

## **Projekt PMinter**

Projekt 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.

Agencija RS za okolje (ARSO) bo zagotovila podatke iz obstoječe državne merilne mreže, izvedla nekaj dodatnih meritev na območju občine Maribor, in pomagala 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>.

## **Projekt MACC**

Projekt MACC *Monitoring Atmospheric Composition & climate* se je začel junija 2009 in se je zaključil decembra 2011. V projektu je sodelovalo 45 partnerjev (11 meteoroloških centrov, 4 okoljske agencije, univerze,...) iz 18 evropskih držav. Koordinator projekta je bil evropski center za srednjeročno vremensko prognozo ECMWF, med sodelujočimi je bil tudi ARSO. Projekt se sicer nadaljuje kot projekt MACC II, vendar v tem delu ARSO ne sodeluje.

Cilj projekta MACC je bila priprava operativnih produktov in informacij, ki so in bodo podpora pri izvajanju Evropske politike in širših mednarodnih programov na področju izboljšanja kakovosti zraka. Projekt spremlja in raziskuje regionalne in globalne atmosferske pojave in je sestavni del

GMES-a (Globalno spremljanje okolja in varnosti). Financiran je iz 7. okvirnega programa Evropske Unije.

Glavne naloge projekta so bile:

- zbiranje podatkov o meritvah kakovosti zraka ter zbiranje meteoroloških in satelitskih meritev. Ti podatki »in situ« se uporabljajo tako za nadaljnjo analizo kot tudi za verifikacijo izdelkov. Ena od nalog projekta je tudi zbiranje emisijskih podatkov,
- razvoj produktov, ki so povezani s klimatskimi dogajanjem in kakovostjo zraka na regionalni, to je evropski oziroma globalni (t.i. svetovni) ravni,
- sodelovanje in podpora različnih institucij, kot so Evropska okoljska agencija, program EMEP (Program za spremljanje in vrednotenje onesnaževanja zraka v Evropi na velike razdalje), sodelovanje z nacionalnimi okoljskimi agencijami, podpora politiki pri odločitvah, ki se nanašajo na področje klimatskih sprememb in onesnaženosti zraka, podpora znanosti, zdravstvu....

Naloga ARSO v sklopu projekta je bila pošiljanje sprotih urnih podatkov z merilnih mest, kjer se izvajajo meritve kakovosti zunanjega zraka, priprava analize veljavnosti in pravočasnosti posredovanih podatkov ter priprava nove klasifikacije merilnih mest.

Več informacij o projektu in predstavljene rezultate lahko najdete na spletni stran <http://www.gmes-atmosphere.eu/>.



## MERITVE KAKOVOSTI PADAVIN

Marijana Murovec



Kapucinka po dežju (foto: Marijana Murovec)

V okviru državne merilne mreže padavin se v obdobju od leta 2005 do leta 2011 raven izmerjenih električnih prevodnosti, pH vrednosti ter kumulativnih letnih mokrih depozicij posameznih ionov bistveno ne spreminja. 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 2011 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 ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ , ogljikovodiki). Le-ti so v obliki disociiranih kislin ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ) 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 ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ), ki so prisotni v delcih naravnega prahu, ter amonijev ion ( $\text{NH}_4^+$ ) 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 policiklični aromatski ogljikovodiki (v nadaljevanju 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 nadaljevanju TK) v padavinah, predvsem arzena, kadmija, bakra, kroma, niklja, svinca in cinka ter količin nekaterih PAH ugotovljamo, kakšne so depozicije teh genotoksičnih rakotvornih snovi, ki pomembno vplivajo na zdravje ljudi. Poglavitni vir atmosferskih depozicij TK 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 pa 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 državne merilne mreže (DMKP), ki jih izvaja ARSO, 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 2011, 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 pa 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.

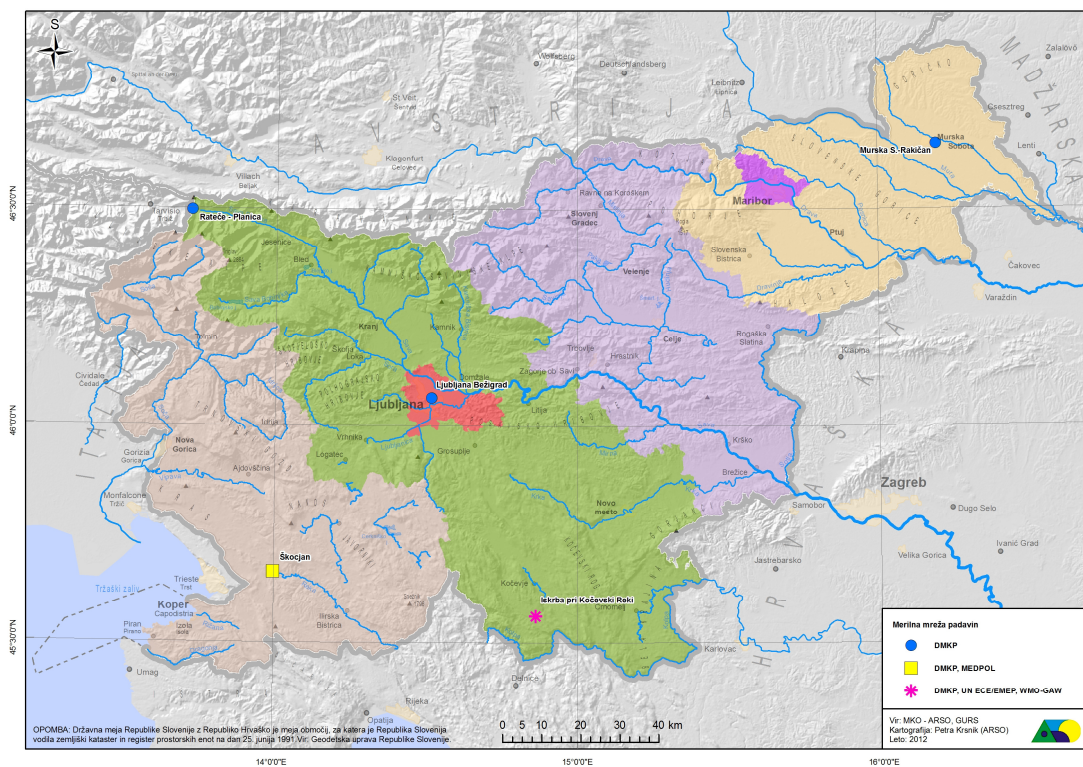
Poleg meritev, ki jih izvajamo v mreži DMKP, spremlja Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV) kakovost padavin in koncentracijo prašnih usedlin na 27 merilnih mestih na vplivnih območjih termoelektrarn Šoštanj (TEŠ), Trbovlje (TET), Ljubljana (TE-TOL, JPE) in Brestanica (TEB). V poročilu objavljamo podatke 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 2011

Merilno mesto	Nadmorska višina (m)	GKK <sub>x</sub>	GKK <sub>y</sub>
<b>DMKP</b>			
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 2011

Merilno mesto	Nadmorska višina (m)	GKK <sub>x</sub>	GKK <sub>y</sub>
<b>EIS-TEŠ</b>			
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
<b>EIS-TET</b>			
Dobovec	695	5106865	5506034
Kovk	608	5109315	5508834
Ravenska vas	577	5108809	5501797
Kum	1209	5104856	5506031
Prapretno	384	5110684	5506026
Lakonca	366	5110201	5504017
<b>TE-TO Ljubljana</b>			
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 2011 - merilna mreža DMKP



Vzorčevalniki za padavine Eigenbrodt na Iskrbi pri Kočevski Reki (foto Marijana Murovec)

Nabor meritev, ki jih izvaja Agencija RS za okolje 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 2011

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

Legenda:

Ioni Osnovni kationi in anioni: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>  
 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 izvaja Agencija RS za okolje 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
<b>EIS-TEŠ</b>							
Šoštanj	+	+	+	+	+	+	+
Topolšica	+	+	+	+	+	+	
Veliki Vrh	+	+	+	+	+	+	
Zavodnje	+	+	+	+	+	+	+
Velenje	+	+	+	+	+	+	
Graška gora	+	+	+	+	+	+	
Pesje	+	+	+	+	+		
Škale	+	+	+	+	+		
<b>EIS-TET</b>							
Dobovec	+	+	+	+	+	+	
Kovk	+	+	+	+	+	+	+
Ravenska vas	+	+	+	+	+	+	
Kum	+	+	+	+	+	+	
Prapretno	+	+	+	+	+	+	
Lakonca	+	+	+	+	+	+	
<b>TE-TOL</b>							
Zadobrova	+	+	+	+	+	+	+
Deponija	+	+	+	+	+	+	
Partizanska	+	+	+	+	+	+	
Toplarniška	+	+	+	+	+	+	
JP Energetika	+	+	+	+	+	+	
EIMV	+	+	+	+	+	+	

Legenda:

Ioni Osnovni kationi in anioni: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>  
 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 Cd, Pb, Zn, na izbranih mernih mestih (oznaka\*) pa tudi As, Co, Cu in Hg

## 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 PAH v zunanjem zraku (Ur.l.RS, št. 56/06)* 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 Hg. 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 <sup>-</sup> , K <sup>+</sup>	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

\* 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 Kemijsko analitskega laboratorija Agencije RS za okolje (v nadaljevanju KAL) in Odseka za znanost o okolju na Inštitutu Jožef Štefan (v nadaljevanju 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 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 /40/*.

Vodila, cilji zagotavljanja kakovosti in standardni operativni postopki za GAW so podani v navodilih GAW */41/*. 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 Hg 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, je podrobneje opisano v poglavju Kemijsko analitski laboratorij Agencije RS za okolje.

IJS izvaja meritve celokupnega Hg v vzorcih padavin v skladu z zahtevami EMEP in interno metodo, povzeto po US EPA 1631. Izvajalec je za navedeno meritev akreditiran in dosega spodnjo mejo detekcije 0,5 ng/L, zagotavljanje kakovosti meritev pa ima opisano v internih dokumentih.

## **Merilne mreže na vplivnih območjih termoelektrarn**

### **Postopki vzorčenj padavin**

Na vseh 21 merilnih mestih katerih rezultate objavljamo v tem poročilu, zbira Elektroinštitut Milan Vidmar 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 Elektroinštitut Milan Vidmar izvaja redni mesečni pregled in po potrebi izvaja ukrepe.

### **Zagotavljanje kakovosti meritev**

Kakovost meritev Elektroinštitut Milan Vidmar 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-TO Ljubljana, za katere posreduje rezultate inštitut 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 (mokra/celotno; dnevno, tedensko/mesečno) niso primerljivi.

### Merilna mreža DMKP

#### pH vrednost, električna prevodnost in osnovni ioni v padavinah

V tabeli 6 so podane povprečne letne ter minimalne in maksimalne vrednosti pH vrednosti, električnih prevodnosti in koncentracij osnovnih ionov v padavinah za leto 2011. Navedeni parametri so izmerjeni v dnevnikih (Iskrba, Ljubljana) oziroma tedenskih (Rakičan, Rateče in Škocjan) vzorcih padavin.

H kislosti padavin v največji meri prispevajo nitratni, sulfatni in kloridni ioni. Najnižje povprečne letne koncentracije le teh (tabela 6) smo v letu 2011 zabeležili na merilnem mestu Rateče. Kljub temu, da je bila v letu 2011 v padavinah iz merilnega mesta Rakičan povprečna letna koncentracija nitratov in kloridov primerljiva z Ljubljano in je bila povprečna letna koncentracija sulfata daleč najvišja v Sloveniji, je povprečna letna pH vrednost primerljiva s padavinami iz Rateč, kjer so povprečne letne koncentracije sulfatnih ionov daleč najnižje v Sloveniji. To je delno posledica najvišje povprečne letne koncentracije amonijevih ionov in kalcija v padavinah z merilnega mesta Rakičan. Tako amonij kot kalcij, ki zaradi alkalnosti prispevata k zmanjševanju kislosti padavin, sta na tem merilnem mestu prisotna v višjih koncentracijah zaradi kmetijske dejavnosti v bližini postaje.

V padavinah z merilnega mesta Ljubljana smo v letu 2011 zabeležili primerljive koncentracije nitratnih, sulfatnih in kloridnih ionov glede na Iskrbo in Škocjan. Koncentracija amonijevih ionov pa je bila v Ljubljani višja kot na navedenih dveh postajah. Glede na to, da sta merilni mesti Škocjan in Iskrba oddaljeni od neposrednih virov onesnaženja, ocenjujemo, da so nizke pH vrednosti padavin s teh merilnih mest predvsem posledica izpostavljenosti vplivom transporta onesnaževal na večje razdalje.

Leto 2011 je bilo v primerjavi z letom 2010 bolj suho leto. Posebej majhne količine padavin smo zabeležili v mesecu novembru, ko zaradi premajhnih količin vzorcev na merilnih postajah Ljubljana in Rakičan pH vrednosti in električne prevodnosti nismo mogli izmeriti niti v enem samem vzorcu. Tako kot v prejšnjih letih je bila najnižja minimalna pH vrednost (tabela 7) izmerjena v dnevnikih vzorcih padavin z Iskrbe (4,02) in le za spoznanje višja v tedenskih vzorcih iz Škocjana (4,17).



**Tabela 6:** Povprečne letne vrednosti, ter minimalne in maksimalne vrednosti za električno prevodnost, pH vrednost in koncentracije osnovnih ionov v padavinah v letu 2011

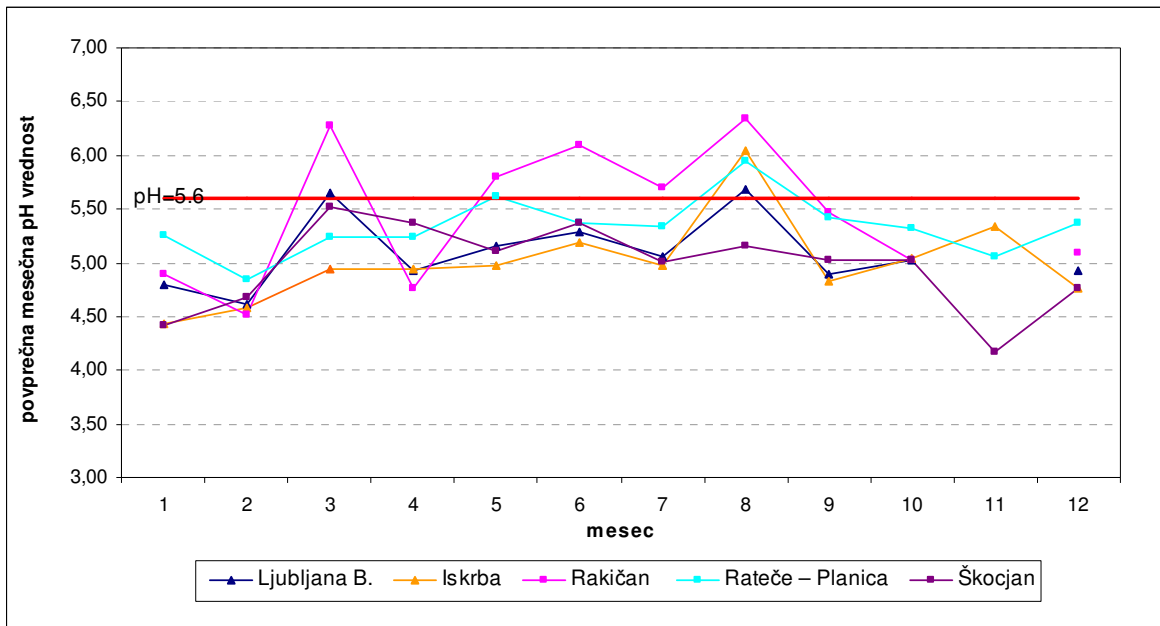
Merilno mesto	Statist. veličina	Električna prevodnost pri 250C ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH	Koncentracija ionov (mg/L)							
				$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$
Iskrba	povp.	11	4,91	0,355	1,237	1,115	0,338	0,253	0,051	0,200	0,061
	min.	2	4,02	0,016	0,176	0,071	0,021	0,018	0,0025	0,0075	0,005
	maks.	65	6,43	5,79	15,6	10,8	9,78	5,41	0,667	5,42	1,04
Ljubljana	povp.	11	5,06	0,473	1,330	1,103	0,257	0,358	0,056	0,153	0,050
	min.	4	4,36	0,046	0,317	0,289	0,054	0,023	0,0025	0,017	0,005
	maks.	39	6,69	3,35	10,6	8,62	2,96	4,69	0,386	2,14	0,650
Rakičan	povp.	13	5,26	0,829	1,44	1,62	0,213	0,428	0,057	0,125	0,142
	min.	5	4,35	0,203	0,53	0,278	0,045	0,055	0,015	0,019	0,029
	maks.	56	6,99	4,11	13,3	18,5	5,86	3,85	0,363	2,34	3,23
Rateče	povp.	5	5,29	0,218	0,696	0,462	0,101	0,178	0,029	0,073	0,032
	min.	2	4,61	0,035	0,181	0,086	0,007	0,051	0,003	0,008	0,004
	maks.	22	6,72	1,893	4,444	2,190	0,772	2,038	0,190	0,495	0,160
Škocjan	povp.	12	4,98	0,395	1,49	1,08	0,532	0,316	0,060	0,331	0,051
	min.	5	4,17	0,110	0,382	0,303	0,051	0,058	0,011	0,026	0,005
	maks.	51	6,61	2,93	13,6	6,97	5,48	1,67	0,544	4,19	0,388

**Tabela 7:** Kisle padavine v Sloveniji v letu 2011 v okviru DMKP

Merilno mesto	Vrsta vzorca	Št. vseh vzorcev	Št. vzorcev z izmerjenim pH	Št. vzorcev s pH<5,6	* Vol. delež (%) s pH<5,6	*Delež kisljih vzorcev (%)	pH <sub>min</sub>	mm padavin
Iskrba	dnevni	130	71	61	84	86	4,02	1059
Škocjan	tedenski	42	35	30	89	86	4,17	1007
Rakičan	tedenski	38	30	12	43	40	4,35	703
Ljubljana	dnevni	105	61	42	75	69	4,36	929
Rateče	tedenski	45	38	23	60	79	4,57	1275

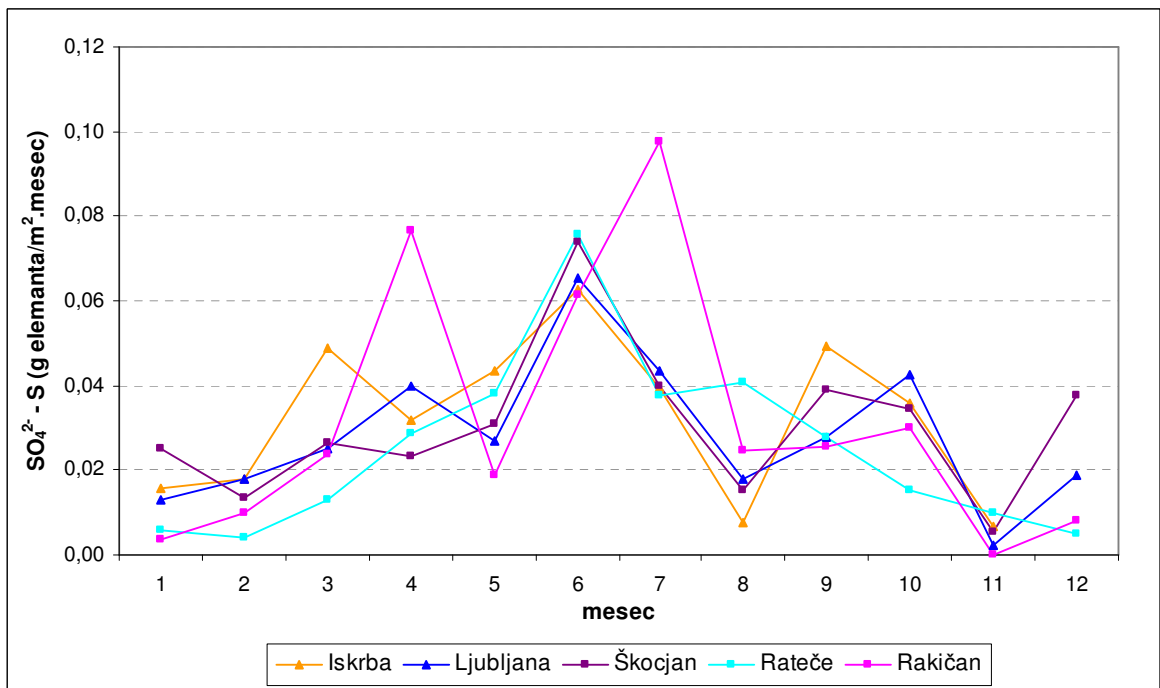
\* Pri izračunih deležev so upoštevani le vzorci z izmerjeno vrednostjo pH.

Daleč največji volumski delež vzorcev padavin s pH vrednostjo pod 5,6 (tabela 7) smo zabeležili na merilnih mestih Škocjan (89 %) in Iskrba (84 %), sledita merilni mesti Ljubljana Bežigrad (75 %) in Rateče (60 %). Najnižji volumski delež kisljih padavin pa smo zabeležili na merilnem mestu Rakičan pri Murski Soboti (43 %).



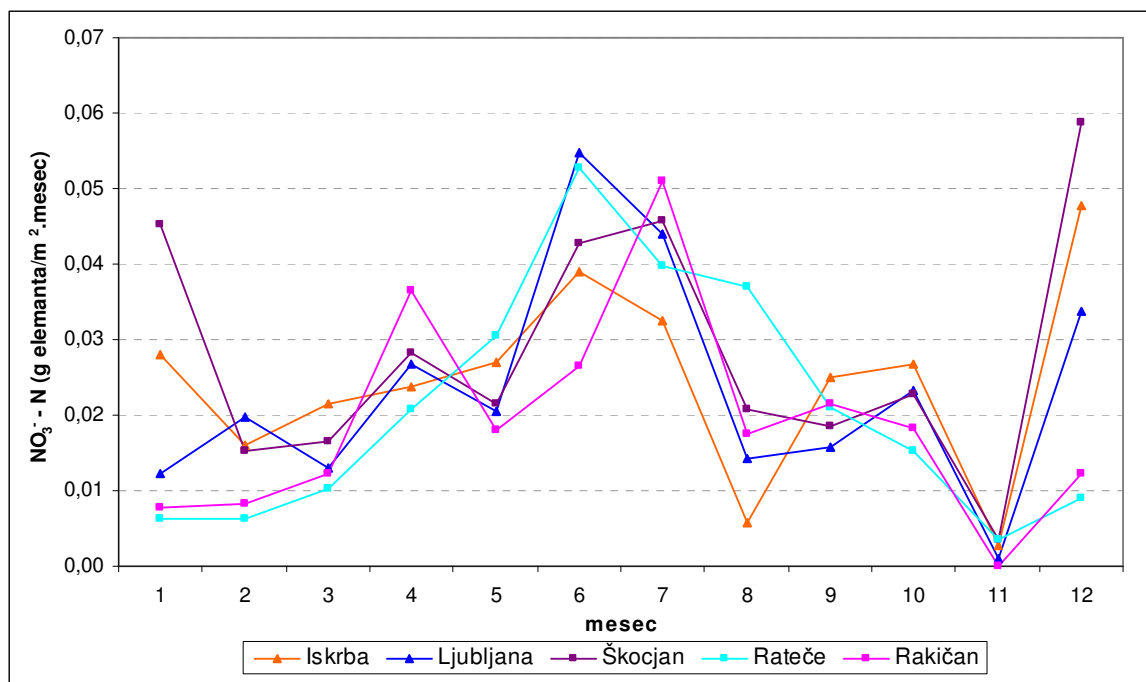
Slika 2: Povprečne mesečne pH vrednosti padavin v letu 2011

Kisle padavine so se povsod po Sloveniji pojavljale preko celega leta (slika 2). Na večini merilnih mest so se najnižje pH vrednosti pojavljale pogosteje v zimskem obdobju, predvsem v januarju in februarju ter v novembru in decembru. Izjema so tedenske padavine z merilnega mesta Rakičan, kjer je v tednu od 25. 04. - 02. 05. 2011 padla za to merilno mesto zelo velika količina močno kislih padavin. V času teh padavin je pihal pretežno severovzhodni veter s hitrostjo cca. 3 m/s zato predvidevamo, da so bolj kisle padavine v tem obdobju povezane s prenosom onesnaževal na velike razdalje iz območij, ki ležijo severovzhodno od Slovenije.



Slika 3: Mesečne depozicije žvepla sulfatnega izvora v padavinah v letu 2011

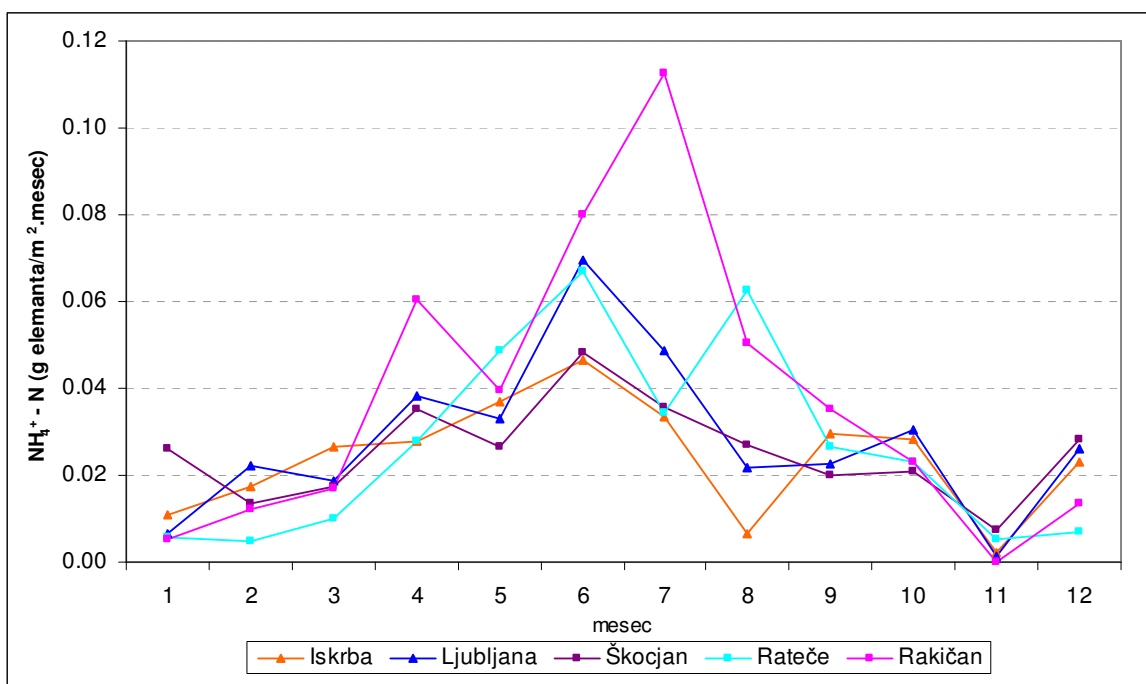
Iz prikazanih diagramov je razvidno da so bile mesečne depozicije žvepla sulfatnega izvora (slika 3), dušika nitratnega izvora (slika 4) in dušika amoniakalnega izvora (slika 5) preko leta v splošnem precej odvisne predvsem od količine in pogostosti padavin (slika 6). Najvišje mesečne depozicije žvepla in dušika smo na večini merilnih mest zabeležili v mesecu juniju, ki so ga zaznamovale pogoste plohe in nevihte in razmeroma velika količina padavin. Izjema je merilno mesto Rakičan, kjer so bile najvišje mesečne depozicije žvepla in dušika zabeležene julija, ko je bilo na tej lokaciji izmerjena tudi največja količina padavin.



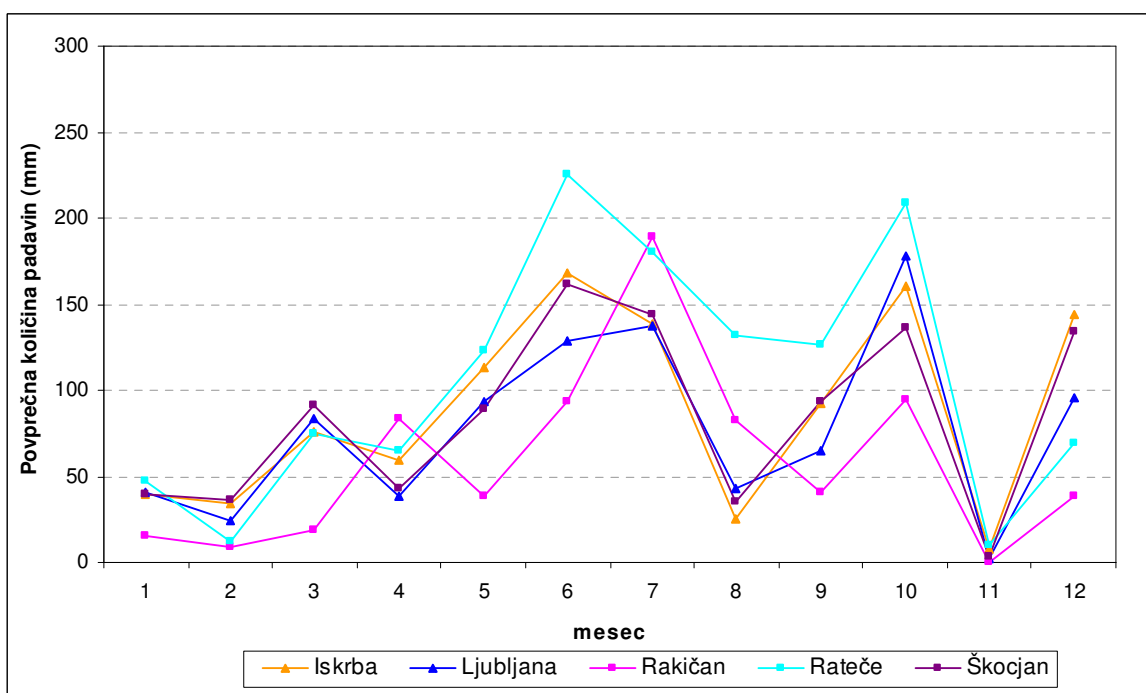
**Slika 4:** Mesečne depozicije dušika, nitratnega izvora v padavinah v letu 2011

Visoke depozicije dušika, nitratnega izvora v mesecih od aprila do julija povezujemo z večjo količino padavin. Višje vrednosti dušika, nitratnega izvora na merilnih mestih Škocjan in Iskrba v mesecih januarju in decembru pa so verjetno posledica kurjenja.

Tudi mesečne depozicije dušika amoniakalnega izvora (slika 5) so bile na vseh merilnih mestih povezane predvsem s količino padavin. V splošnem smo daleč najvišje mesečne depozicije dušika amoniakalnega izvora zabeležili na merilnem mestu Rakičan. V spomladanskih in poletnih mesecih je tam zaradi kmetijske dejavnosti v okolici v zraku večja količina amonijevih ionov, kot na drugih merilnih mestih.



Slika 5: Mesečne depozicije dušika amoniakalnega izvora v padavinah v letu 2011



Slika 6: Mesečne količine padavin zbrane z ekološkimi vzorčevalniki v letu 2010

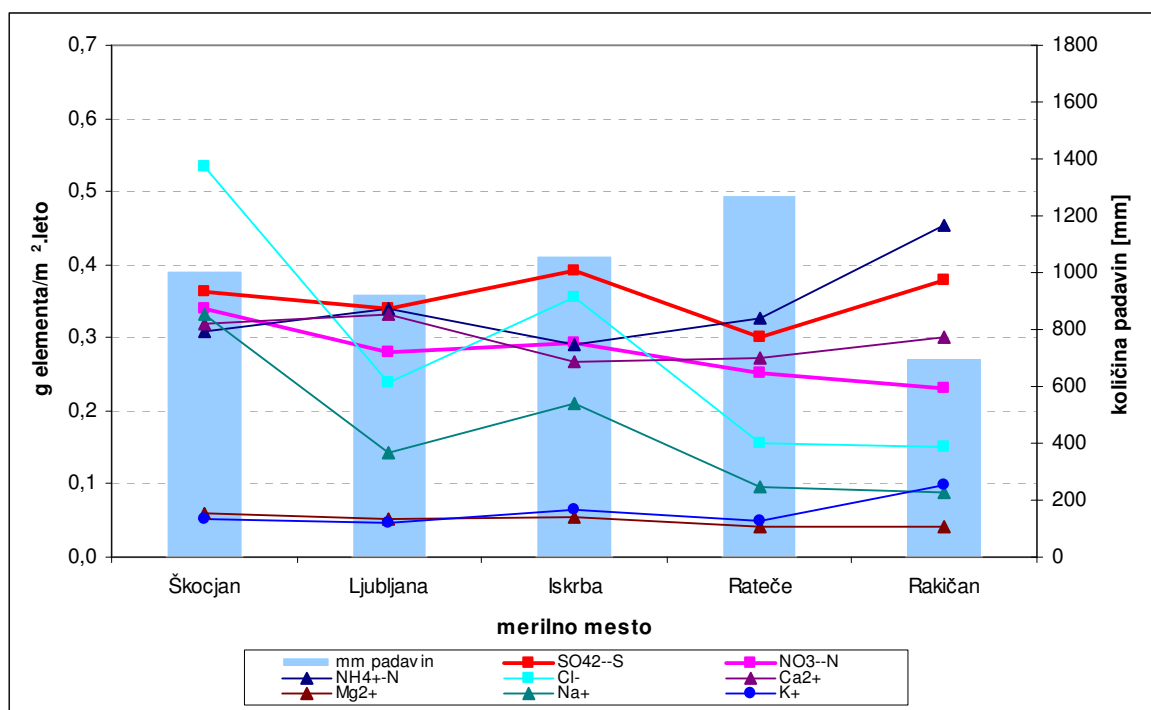
Največjo količino padavin smo zabeležili na merilnem mestu Rateče, kjer pa so bile depozicije žvepla sulfatnega izvora in dušika nitratnega izvora najnižje. V poletnih mesecih smo v Ratečah zabeležili nekoliko višje depozicije dušika amoniakalnega izvora, kar je verjetno posledica kmetijskih aktivnosti na okoliških njivah in pašnikih.

**Tabela 8:** Kumulativna letna mokra depozicija ionov v letu 2011

Merilno mesto	Količina padavin	Kumulativna mokra depozicija (g/m <sup>2</sup> .leto)								
	(mm/leto)	* H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
Iskrba	1059	12,7·10 <sup>-3</sup>	0,291	0,295	0,392	0,356	0,267	0,053	0,210	0,064
Ljubljana	929	8,1·10 <sup>-3</sup>	0,341	0,279	0,341	0,238	0,331	0,052	0,142	0,047
Rakičan	703	3,8·10 <sup>-3</sup>	0,453	0,230	0,380	0,149	0,301	0,040	0,088	0,100
Rateče	1275	5,3·10 <sup>-3</sup>	0,325	0,252	0,301	0,156	0,272	0,040	0,097	0,048
Škocjan	1007	10,3·10 <sup>-3</sup>	0,310	0,340	0,364	0,535	0,318	0,061	0,333	0,052

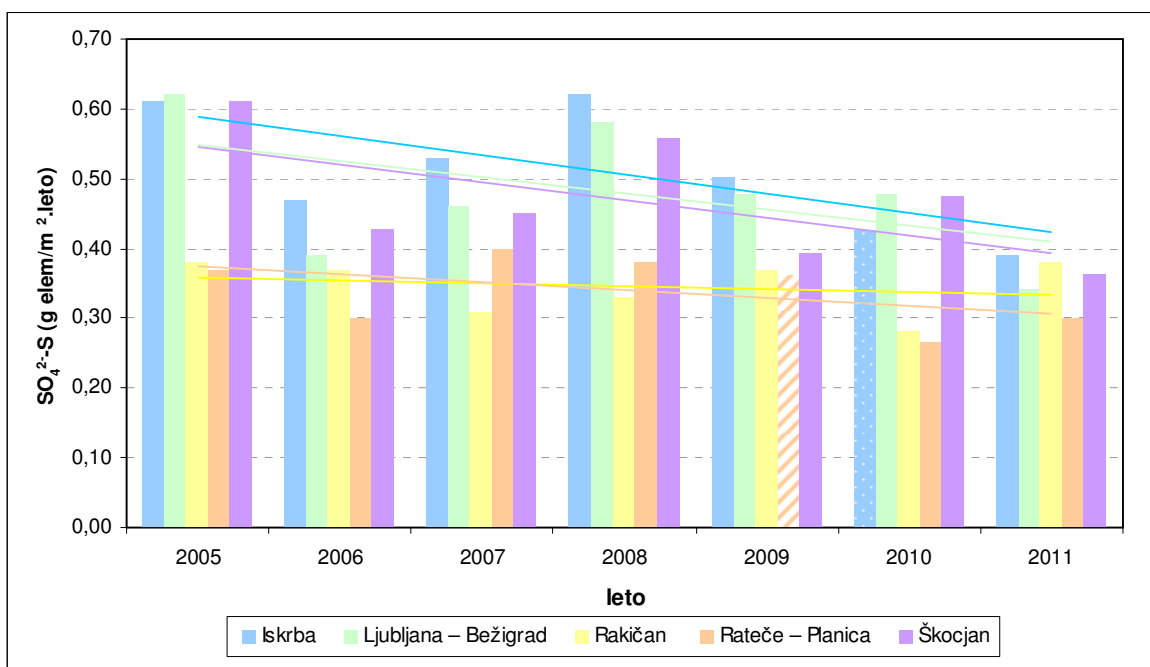
Opomba: \* Kumulativna depozicija H<sup>+</sup> je izračunana iz izmerjenih pH vrednosti

Kot je razvidno iz tabele 8 in slike 7, so bile v letu 2011 kumulativne letne mokre depozicije žvepla sulfatnega izvora na vseh merilnih mestih na razmeroma primerljivem nivoju; kljub daleč največji količini padavin pa so bile najnižje na merilnem mestu Rateče. Kumulativne letne mokre depozicije dušika nitratnega izvora so bile na primerljivem nivoju na postajah Škocjan, Iskrba in Ljubljana, nekoliko nižje pa smo zabeležili na merilnem mestu Rateče in še nižje na merilnem mestu Rakičan. Kljub daleč najmanjši količini padavin so bile kumulativne letne mokre depozicije kalijevega iona in dušika amoniakalnega izvora (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) najvišje v Rakičanu, kar povezujemo predvsem z bližino obdelovalnih površin ter uporabo umetnih gnojil na njih.



**Slika 7:** Letne kumulativne mokre depozicije osnovnih anionov in kationov v letu 2011

V skladu s pričakovanji so bile kumulativne letne depozicije natrijevih in kloridnih ionov povezane z oddaljenostjo posameznega merilnega mesta od morja. Te so bile torej najvišje na merilnem mestu Škocjan, sledili sta Iskrba in Ljubljana, najnižje pa smo zabeležili na merilnih mestih Rateče in Rakičan.



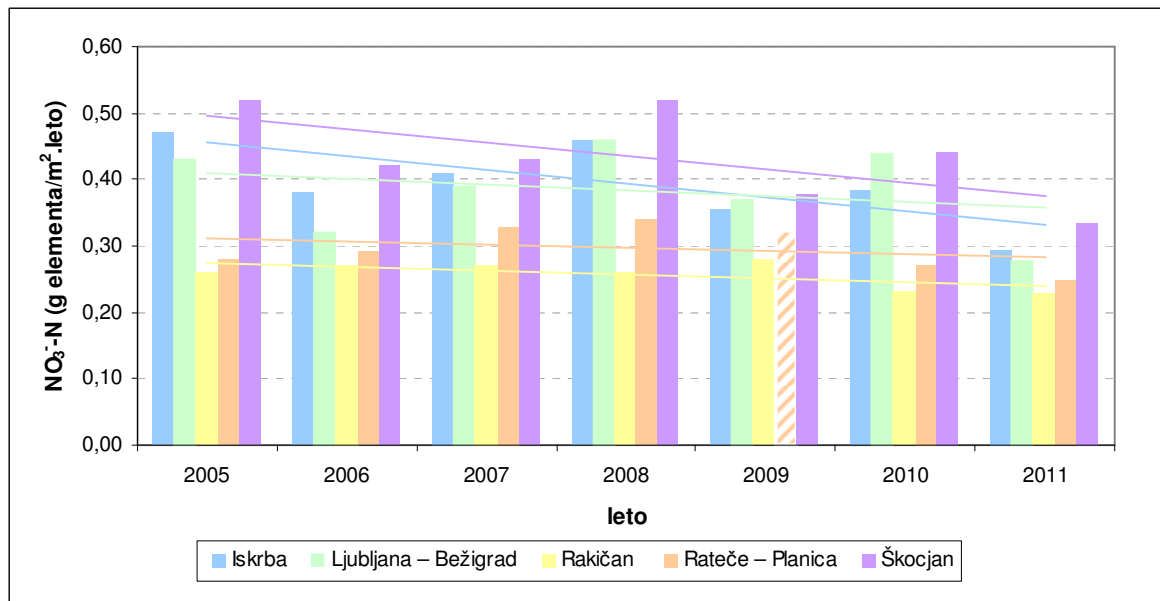
**Slika 8:** Kumulativna letna depozicija žvepla sulfatnega izvora v padavinah v letih 2005-2011

Opomba 1: V letu 2009 smo zaradi okvare vzorčevalnika zbrali 20% manj padavin v primerjavi z meteorološko določenimi količinami, zato rezultat podajamo le kot orientacijsko vrednost.

Opomba 2: V septembru leta 2010 zaradi izrednih razmer na merilnem mestu Iskrba ni bila zbrana celotna količina padavin, zato rezultat podajamo le kot orientacijsko vrednost.

Opomba 3: Meritve kakovosti padavin na merilnih mestih Iskrba, Ljubljana, Rateče in Rakičan izvajamo že od leta 2003. Ker pa smo na merilnem mestu Škocjan z meritvami pričeli šele v drugi polovici leta 2004, na spodnjih slikah navajamo le podatke od leta 2005 dalje.

Iz slik 8 in 9 je razvidno, da se v obdobju od leta 2005 do leta 2011 raven kumulativnih letnih depozicij žvepla sulfatnega izvora in dušika nitratnega izvora bistveno ne spreminjata. Nihanja povezujemo predvsem z medletnimi nihanji letne količine padavin.



Slika 9: Kumulativna letna depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah v letih 2005-2010

### Težke kovine, celotno živo srebro in PAH v padavinah

Meritve 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 03.01.2011 do 02.01.2012 ter
- Hg v štirinajst dnevni intervalih od 27.12.2010 do 27.12.2011.

Obdobja za katera podajamo statistične količine depozicij so naslednja:

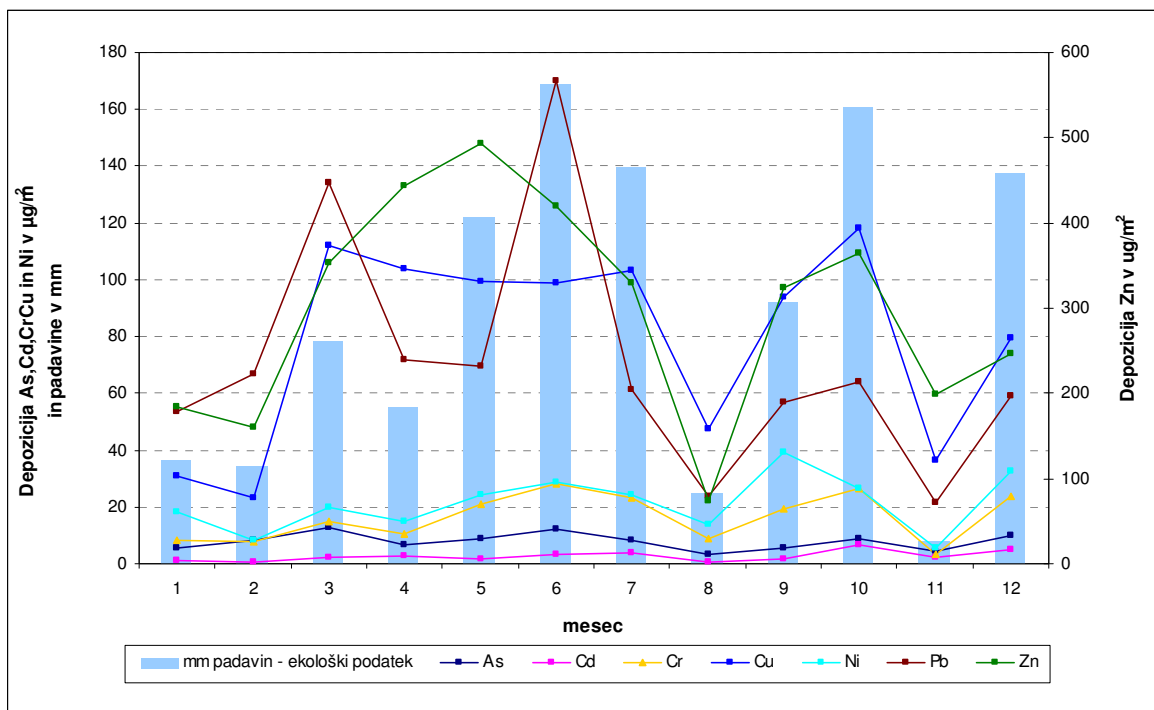
- poletna sezona: april – september,
- zimska sezona: januar – marec in oktober – december,
- letna količina: januar – december.

### Težke kovine v padavinah

Tako kot v preteklih letih, smo tudi v letu 2011 zabeležili daleč najvišjo letno depozicijo cinka  $3,59 \text{ mg/m}^2$  (tabela 8), ki je dosegla najvišjo vrednost v mesecu maju ( $0,5 \text{ mg/m}^2$ ) (tabela 9). Sledita letni depoziciji za baker z  $0,947 \text{ mg/m}^2$  in svinec z  $0,852 \text{ mg/m}^2$ . Še nižje letne depozicije smo zabeležili za krom z  $0,195 \text{ mg/m}^2$ , arzen z  $0,094 \text{ mg/m}^2$  in kadmij z  $0,032 \text{ mg/m}^2$ .

Tabela 8: Kumulativna celotna letna depozicija nekaterih težkih kovin na Iskrbi v obdobju vzorčenja 03.01.2011 do 02.01.2012

Težka kovina	Arzen	Kadmij	Krom	Baker	Nikelj	Svinec	Cink
$\text{mg/m}^2$	0,094	0,032	0,195	0,947	0,257	0,852	3,59



**Slika 10:** Depozicije težkih kovin v letu 2011 - obdobje od 03.01.2011 do 02.01.2012 (tedensko vzorčenje)

**Tabela 9:** Mesečne depozicije nekaterih težkih kovin na Iskrbi za obdobje vzorčenja od 03.01.2011 do 02.01.2012

Mesec	Depozicija onesnaževala ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )							Količina padavin (mm)
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
Jan	5,33	0,939	8,03	31,1	18,2	53,4	184	36,6
Feb	8,39	0,645	7,46	23,0	8,50	66,9	160	34,4
Mar	12,4	2,432	15,0	112	19,8	134	353	78,4
Apr	6,45	2,638	10,6	104	15,1	71,6	443	55,1
Maj	9,08	1,70	20,7	99,5	24,0	69,7	493	122
Jun	12,3	3,12	28,3	99,0	28,9	170	419	169
Jul	8,29	3,94	23,4	103	24,4	61,2	330	140
Avg	3,04	0,675	9,07	47,4	14,0	24,0	74,5	24,9
Sep*	5,61	1,75	19,1	94,0	39,2	56,7	324	91,9
Okt	8,83	6,48	26,5	118	26,5	63,9	364	161
Nov	4,60	2,32	3,47	36,2	5,49	21,5	200	7,7
Dec	9,99	4,87	23,6	79,4	32,5	59,2	246	137

Nihanja depozicij težkih kovin, ki smo jih zabeležili v posameznih obdobjih vzorčenja so bile v veliki meri povezane s količino padavin v opazovanem obdobju. Zaradi pretežne jugozahodne smeri vetra v marcu so bile povišane vrednosti za Pb, Cu in Zn verjetno posledica transporta iz industrijskega območja v okolici Reke.

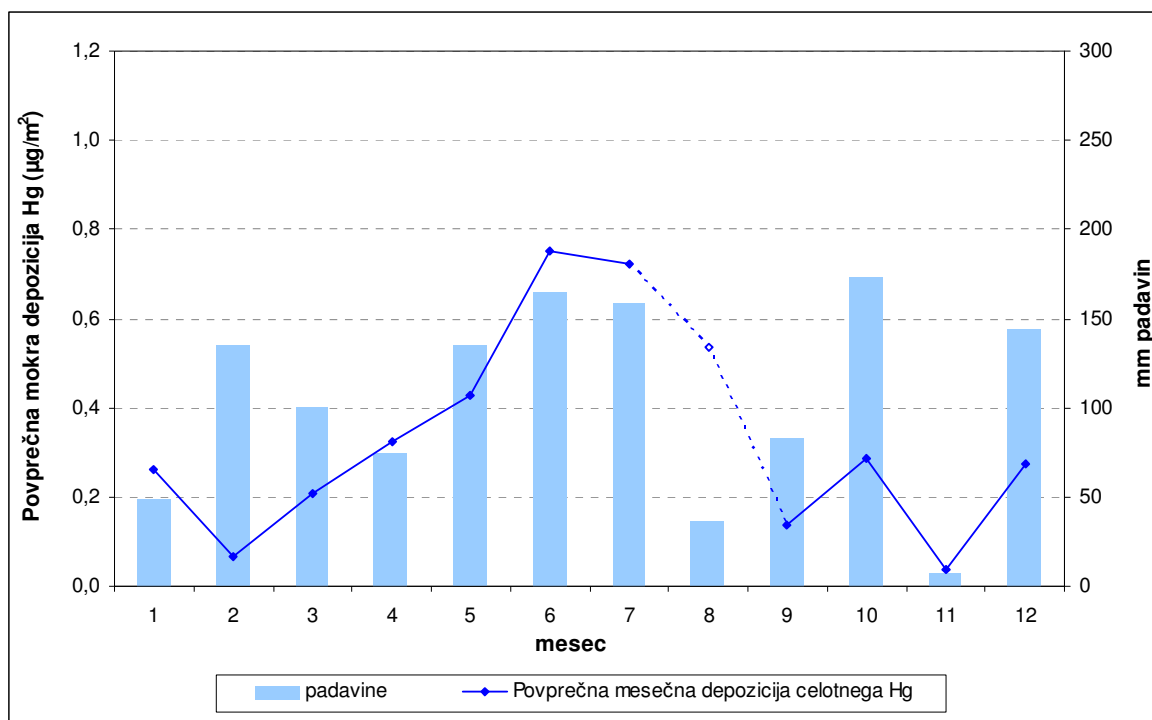
Raven kumulativnih letnih depozicij težkih kovin se v letih od 2008 do 2011 ni bistveno spemila. Nihanja povezujemo predvsem z medletnimi nihanji letne količine padavin, nakazane trende upadanja na nekaterih merilnih mestih pa predvsem z s trendi količine padavin.



## Celotno živo srebro v padavinah

Koncentracije celotnega Hg v mokrih padavinah so se v letu 2011 gibale med 0,6 in 19 ng/L, kar je primerljivo z vrednostmi, ki jih poročajo tudi za neonesnažena področja drugod po svetu /42/ ter nekajkrat nižje od izmerjenih v padavinah zbranih na onesnaženih področjih Italije /43/, osrednje Evrope /44/ in Kanade /45/. Večino živega srebra v padavinah so po drugih študijah našli v anorganski obliki ter vezanega na delce. Iz navedenega in izvedenih meritev je mogoče sklepati, da so koncentracije celokupnega Hg v padavinah zbranih v letu 2011 na Iskrbi, povsem primerljive z drugimi neonesnaženimi področji v Sloveniji in po svetu.

Iz tabele 10 in slike 11 lahko povzamemo, da so bile tako kot to velja tudi za druga onesnaževala, depozicije celotnega Hg v letu 2011 v precejšnji meri povezane predvsem s količino padavin. Večje depozicije celokupnega Hg v poletnih mesecih pa povezujemo tudi z višjimi temperaturami, pri katerih je izparevanje Hg iz tal večje. Kumulativna mokra depozicija živega srebra na merilnem mestu Iskrba je v obdobju vzorčenja od 03.01.2011 do 02.01.2012 znašala 6,88  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ . Nižja izmerjena kumulativna letna depozicija kot v letu 2010 je po eni strani povezana z dejstvom, da izvajalec ni opravil analiz vseh vzorcev, zajetih v mesecu avgustu in pa z dejstvom, da je bila količina padavin na Iskrbi v letu 2011 najnižja odkar izvajamo meritve celokupnega živega srebra.



**Slika 11:** Povprečna mesečna depozicija celokupnega živega srebra v letu 2011 za obdobje od 27.12.2010 do 27.12.2011 (14 dnevno vzorčenje)

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

**Tabela 10:** Povprečne mesečne depozicije celokupnega Hg na Iskrbi za obdobje vzorčenja od 27.12.2010 do 27.12.2011 (14 dnevno vzorčenje)

Mesec	Povprečna mesečna depozicija celokupnega Hg ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )	Količina padavin mm
Januar	0,477	48
Februar	0,366	42
Marec	0,264	101
April	0,486	74
Maj	0,838	135
Junij	1,274	165
Julij	1,447	159
Avgust*	0,536	81
Septemer	0,138	84
Oktober	0,441	174
November	0,038	8
December	0,569	144

\* niso bile opravljene analize vseh zajetih vzorcev

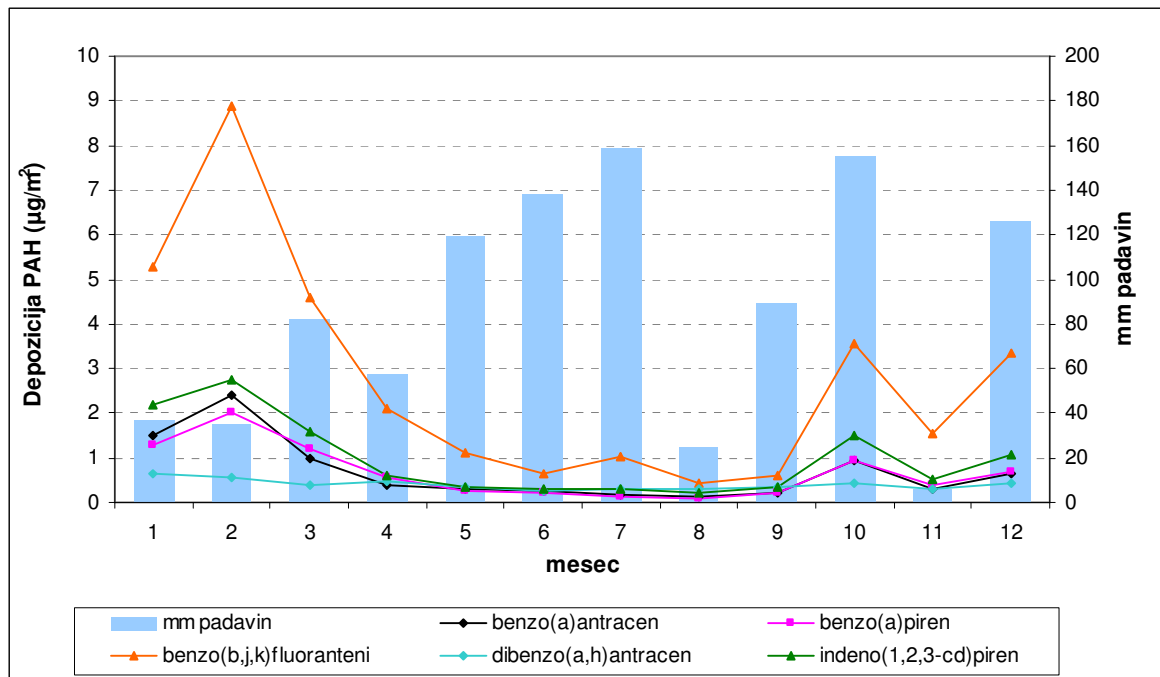
### Policiklični aromatski ogljikovodiki v padavinah

V tabeli 11 so prikazane kumulativne celotne depozicije nekaterih PAH v letu 2011, tabela 12 in slika 12 pa prikazujeta mesečne depozicije le-teh. Povišane depozicije nekaterih PAH smo zabeležili predvsem v zimskih mesecih od januarja do marca ter v oktobru in decembru. Kljub izjemno nizkim količinam padavin v novembru, pa so bile takrat zabeležene depozicije PAH, primerljive s poletnimi meseci, ko je bila količina padavin visoka.

**Tabela 10:** Kumulativna celotna depozicija nekaterih PAH za obdobje vzorčenja od 03.01.2011 do 02.01.2012

PAH	benzo(a)antracen	benzo(a)piren	benzo(b,j,k)fluoranten	dibenzo(a,h)antracen	Indeno (1,2,3-cd)piren
$\mu\text{g}/\text{m}^2$	8,20	8,01	33,1	4,78	11,7

Podobno kot v letu 2010 smo v letu 2011 zabeležili največjo depozicijo vsote visokomolekularnih benzo(b,j,k)fluorantenov. Sledijo depozicije indeno(1,2,3-cd)pirena, benzo(a)antracena in benzo(a)pirena, ki so na približno enakem nivoju. Najnižja pa je depozicija dibenzo (a,h) antracena. Depozicije vseh PAH, izmerjene v letu 2011 na Iskrbi, so nekoliko nižje kot v letu 2010, kar je predvsem posledica manjše količine padavin, njihov nivo pa je primerljiv z depozicijami, ugotovljenimi na centralno evropskih jezerih /46/.



Slika 12: Depozicije nekaterih PAH v letu obdobju od 03.01.2011 do 02.01.2012

Tabela 12: Celotne depozicije nekaterih PAH za obdobje vzorčenja od 03.01.2011 do 02.01.2012

Mesec	Depozicije nekaterih PAH (µg/m <sup>2</sup> )					Količina padavin (mm)
	Benzo(a)antracen	Benzo(a)piren	Benzo(b,j,k)fluoranteni	Dibenz(ah)antracen	Indeno(1,2,3-cd)piren	
Jan	1,48	1,29	5,27	0,645	2,18	37,1
Feb	2,42	2,03	8,89	0,555	2,77	34,9
Mar	1,00	1,22	4,60	0,399	1,57	82,4
Apr	0,377	0,552	2,09	0,462	0,601	57,1
Maj	0,281	0,257	1,13	0,357	0,346	119
Jun	0,270	0,202	0,649	0,276	0,298	139
Jul	0,182	0,150	1,04	0,286	0,288	158
Avg	0,120	0,082	0,409	0,305	0,229	25,1
Sep	0,205	0,227	0,616	0,330	0,346	89,4
Okt	0,924	0,955	3,56	0,413	1,50	156
Nov	0,297	0,379	1,53	0,305	0,534	6,1
Dec	0,635	0,667	3,35	0,449	1,07	126
Jan	1,48	1,29	5,27	0,645	2,18	37,1

### 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 2011 so podane v tabeli 13.

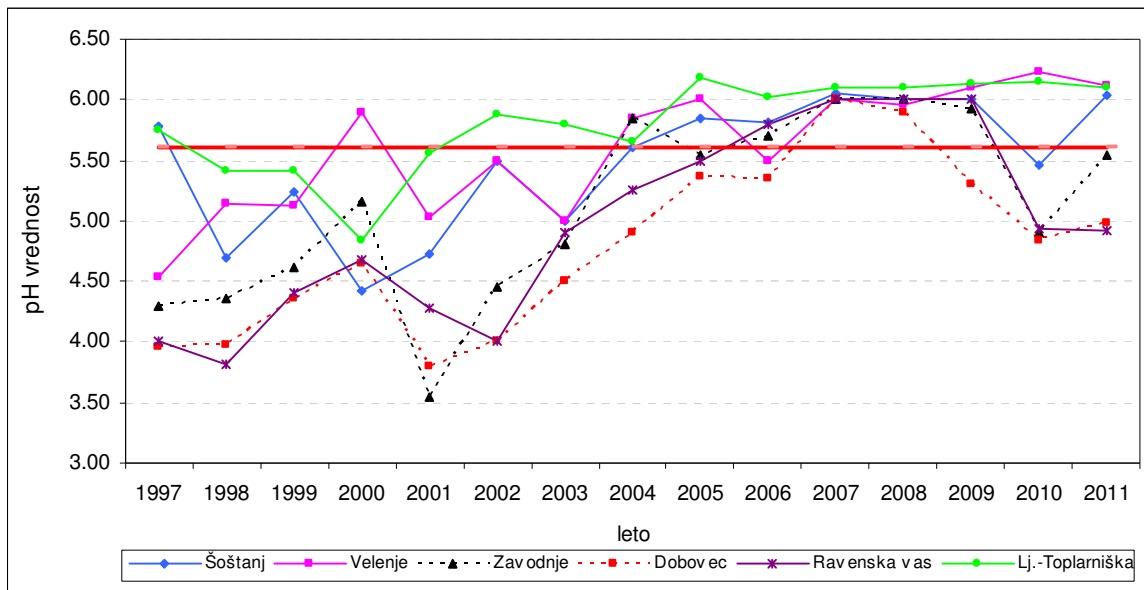
**Tabela 13:** Količina padavin, povprečna pH vrednost, povprečne koncentracije ionov v padavinah in kumulativna depozicija v letu 2011

Merilno mesto	Količina padavin (mm)	pH /	Koncentracija ionov mg/L				Kumulativna letna depozicija g elementa/m <sup>2</sup> .leto				
			Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	*H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S
<b>EIS-TEŠ</b>											
Šoštanj	915	6.56	2.18	0.35	2.38	2.19	2,50·10 <sup>-4</sup>	3,22	0,32	0,67	1,19
Topolšica	938	6.37	1.28	0.40	1.74	2.16	4,03·10 <sup>-4</sup>	1,25	0,58	0,40	0,73
Zavodnje	960	6.08	1.88	0.85	2.60	2.45	7,97·10 <sup>-4</sup>	1,00	0,53	0,47	0,66
Graška gora	921	6.35	2.78	0.25	1.69	2.38	4,10·10 <sup>-4</sup>	1,47	0,19	0,48	0,63
Velenje	877	6.46	1.66	0.33	1.93	2.49	3,06·10 <sup>-4</sup>	1,29	0,40	0,36	0,66
Veliki vrh	888	6.07	1.52	0.56	1.24	2.46	7,58·10 <sup>-4</sup>	0,87	0,54	0,27	0,73
Pesje	876	6.07	1.22	0.38	2.13	2.38	751·10 <sup>-4</sup>	1,13	0,33	0,45	0,72
Škale	974	5.56	1.08	0.39	1.32	1.64	2,70·10 <sup>-3</sup>	0,92	0,31	0,30	0,71
<b>EIS-TET</b>											
Kovk	873	6.05	1.39	0.32	1.62	2.27	7,74·10 <sup>-4</sup>	1,17	0,35	0,26	0,72
Dobovec	888	5.61	1.24	0.45	1.76	2.50	2,18·10 <sup>-3</sup>	0,74	0,36	0,22	0,62
Kum	790	6.55	1.83	0.45	1.48	2.48	2,21·10 <sup>-4</sup>	0,95	0,39	0,24	0,51
Ravenska vas	807	5.73	1.25	0.33	1.49	2.33	1,49·10 <sup>-3</sup>	0,78	0,32	0,24	0,66
Lakonca	820	6.24	1.45	0.32	1.59	2.26	4,76·10 <sup>-4</sup>	2,37	0,29	0,35	0,68
Prapretno	889	6.62	1.36	0.45	1.45	2.34	2,11·10 <sup>-4</sup>	1,72	0,48	0,30	0,65
<b>TE-TOL</b>											
Zadobrova	752	6.29	1.52	0.35	1.47	2.03	5,42·10 <sup>-4</sup>	0,95	0,28	0,26	0,61
Deponija	945	6.38	1.60	0.55	1.63	2.02	3,92·10 <sup>-4</sup>	1,72	0,52	0,40	0,85
Partizanska	965	6.59	1.63	0.41	1.79	1.75	2,48·10 <sup>-4</sup>	1,57	0,43	0,37	0,80
Toplarniška	939	6.44	1.64	0.54	1.91	2.98	3,38·10 <sup>-4</sup>	1,39	0,38	0,37	0,73
JP Energetika	1014	6.70	1.74	0.51	1.68	3.20	2,01·10 <sup>-4</sup>	1,72	0,44	0,36	0,74
EIMV	1006	6.39	1.83	0.44	1.57	2.92	4,11·10 <sup>-4</sup>	1,33	0,39	0,37	0,69

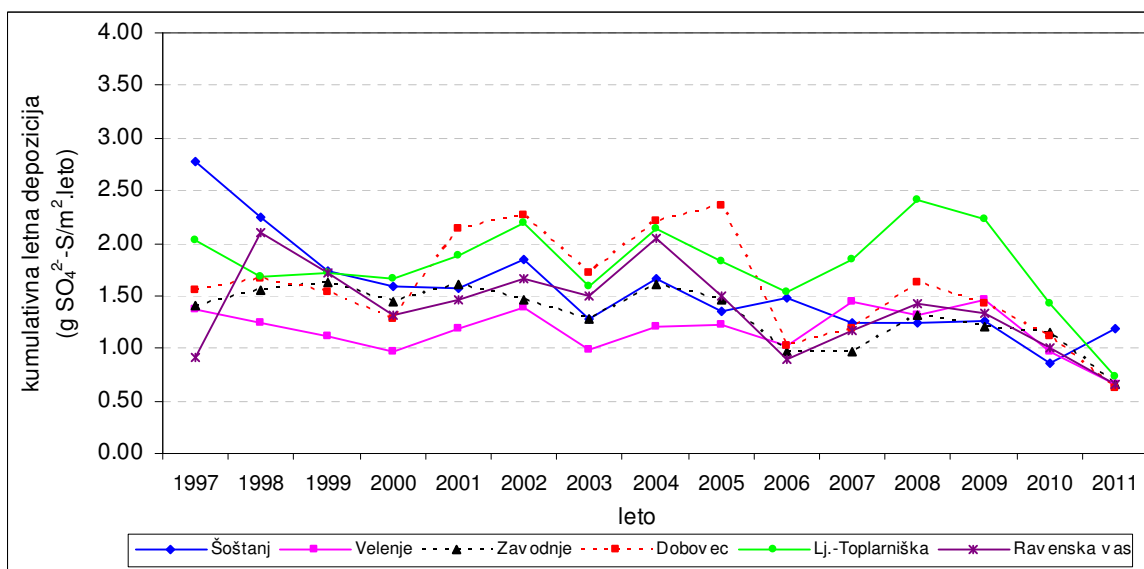
Opomba 1: Rezultati meritev kakovosti padavin v DMKP in merilne mreže na območjih termoelektrarn, ki jih izvaja EIMV zaradi razlik v načinu vzorčenja niso direktno primerljivi.

Iz slike 13 je mogoče razbrati, da se v obdobju od leta 2005 do 2011 na večini merilnih mest na območjih termoelektrarn minimalna izmerjena pH vrednost v padavinah 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 letih 2010 in 2011 še nekoliko nižja. Minimalna izmerjena pH vrednost padavin z Ravenske vasi in Zavodenj je znatno pod vrednost 5,6 padla v letu 2010. Med tem, ko se je ta vrednost v padavinah z Zavodenj v letu 2011 zopet približala vrednosti 5,6, pa je v padavinah z merilnega mesta Ravenska vas ostala na nivoju leta 2010.

Od leta 2005 dalje se na vseh postajah merilne mreže na območjih termoelektrarn nakazuje trend upadanja depozicij žvepla sulfatnega izvora. V letu 2011 smo na vseh postajah zabeležili depozicije žvepla sulfatnega izvora, ki so nižje od povprečja za obdobje med letoma 2005 in 2010.



**Slika 13:** Minimalna mesečna pH vrednost padavin v letih 1997-2011 (mesečno bulk vzorčenje padavin)



**Slika 14:** Kumulativna letna celotna depozicija sulfata v letih 1997- 2011 (mesečno bulk vzorčenje padavin)

V obdobju, prikazanem na sliki 14, se raven kumulativnih letnih depozicij sulfata bistveno ne spreminja. Nihanja povezujemo predvsem z medletnimi nihanji letne količine padavin.

# METEOROLOŠKE ZNAČILNOSTI LETA 2011

mag. Tanja Cegnar



V letu 2011 so bili nadpovprečno topli vsi meseci razen oktobra in novembra ter ponekod februarja. Količina padavin pa je dosegla le okrog 75 % običajne letne količine. Med najbolj suhimi so bili meseci januar, februar in november. Onesnaženost zraka je bila največja v novembru, ko smo imeli v nižinskem delu notranjosti Slovenije dolgo obdobje hladnega vremena s temperaturno inverzijo.

Leto je bilo po vsej državi nadpovprečno toplo, odklon se je gibal med 1 in 2 °C. Tako velik odklon povprečne letne temperature opazno presega običajno spremenljivost in leto 2011 se uvršča med nekaj najtoplejših od začetka meritev. Na Kredarici so izmerili najvišjo povprečno letno temperaturo doslej, in sicer 0,2 °C. Večina mesecev v letu 2011 je bila nadpovprečno toplih, najbolj je izstopal september, ko je odklon povsod presegel 3 °C, v visokogorju pa november, ko je bila povprečna temperatura za 4,3 °C višja kot običajno.

Največ padavin v letu 2011 je bilo v severozahodni Sloveniji in Kamniško-Savinjskih Alpah, kjer so izmerili nad 1300 mm, v Posočju nad 1700 mm, ponekod je padlo tudi nad 2100 mm. Na Kredarici so zabeležili 1497 mm, v Ratečah 1293 mm in v Lescah 1105 mm. Na približno polovici ozemlja je bilo med 900 in 1300 mm padavin, najmanj pa so jih zabeležili na Obali in v vzhodnem delu države, od Bele krajine čez severni del Dolenjske, Štajersko in Prekmurje, in sicer pod 900 mm. V Mariboru je padlo 730 mm, v Portorožu 614 mm, na Bizeljskem 663 mm in v Murski Soboti 693 mm.

Padavin je bilo po vsej državi manj kot običajno, a zaostanek ni bil večji od polovice. Na Obali je padlo 62 %, na Bizeljskem 63 %, v Lendavi 66 %, v Kočevju in Žagi 67 % ter v Postojni, Sevnem, Kobaridu in Biljah 68 % običajnih vrednosti. V večjem delu države so dosegli med 70 in 80 % dolgoletnega povprečja, najbolj pa so se običajnim razmeram približali v Murski Soboti (85 %), Ratečah (83 %) ter Soči in Logu pod Mangartom (82 %).

Leto 2011 je bilo bolj sončno kot običajno. Najbolj so povprečje presegli v delu Štajerske ter v širokem pasu od meje z Julijskimi in Kamniško-Savinjskimi Alpami, Posavskim hribovjem, Suho krajino in Kočevskim čez osrednjo Slovenijo, Notranjsko in Goriško vse do Obale. Največji presežek je bil zabeležen v Ljubljani, kjer so z 2235 urami povprečje presegli za 31 %, v Biljah, kjer 2610 ur ustreza 30 %, in Postojni z 2360 urami, kar je 26 %. V večjem delu države je bilo med 10 in 20 % več sonca kot običajno, najmanjši presežek pa so zabeležili v Ratečah, kjer je znašal 8 %.

Na kratko preletimo še značilnosti posameznih mesecev v letu 2011. Za primerjavo uporabljamo obdobje 1961–1990, ker takrat posledice naraščanja vsebnosti toplogrednih plinov v ozračju še niso bile tako očitne.

Povprečna mesečna temperatura je bila januarja po vsej državi nad dolgoletnim povprečjem. Najbolj je k temu prispevalo izrazito pretoplo obdobje, ki se je začelo 7. januarja. Največji odklon so zabeležili v Murski Soboti, kjer je znašal 3,1 °C; v vzhodni polovici države pa je večinoma presegel 2 °C. Na zahodu so bili odkloni manjši. Na Kredarici so dolgoletno povprečje presegli zgolj za 0,4 °C. Največ padavin so zabeležili na severozahodu države, v delu Posočja tudi nad 120 mm, najmanj pa na vzhodu, severovzhodu in na Obali, kjer je padlo pod 30 mm. Dolgoletno povprečje padavin ni bilo preseženo nikjer, več kot tri petine običajnih vrednosti pa so zabeležili na območju med Ljubljano in mejo s Hrvaško. Na Kredarici so v začetku druge tretjine meseca zabeležili 380 cm snega, kar je tretja največja vrednost doslej. Sonca je bilo več kot običajno v Ljubljanski kotlini in v pasu severno čez območje Kamniško-Savinjskih Alp do meje z Avstrijo, na Koroškem in v severnem delu Štajerske. Najmanj sonca v primerjavi z običajnimi razmerami je bilo na Goriškem, Obali ter v Beli krajini, kjer so zabeležili pod tri četrtine običajne osončenosti.

V pretežnem delu države je bil **februarja** odklon povprečne mesečne temperature v intervalu  $\pm 1$  °C, večji pozitivni odklon je bil na Obali, Krasu in na severozahodu države, v visokogorju so dolgoletno povprečje presegli kar za 2,2 °C. Najmanj padavin, do 20 mm, je bilo na Koroškem, Štajerskem, v Prekmurju, večjem delu Dolenjske, delu visokogorja in v Ratečah. Najobilnejše so

bile padavine v Posočju, kjer je mestoma padlo vsaj 60 mm. Nikjer niso dosegli niti polovice običajnih padavin, v večini severovzhodne Slovenije ni padla niti petina običajnih padavin. Na Kredarici je debelina snežne odeje 18. februarja dosegla 350 cm, kar je nekoliko nad dolgoletnim povprečjem. Sončnega vremena je glede na dolgoletno povprečje nekoliko primanjkovalo v Pomurju in manjšem delu Štajerske. Večina ozemlja je beležila presežek do ene petine, v Postojni in na Obali pa je sonce sijalo kar dve petini dlje kot običajno.

V večjem delu države je bil **marec** 1 do 2 °C toplejši kot običajno, le na Goriškem in Trnovski planoti, v Beli krajini, na Kočevskem in v delu Pomurja odklon ni dosegel 1 °C. Na Obali, Ratečah in v večini vzhodne polovice države je padlo manj kot 70 mm, največ padavin pa je bilo v Zgornjem Posočju, na nekaterih merilnih mestih so presegli 280 mm. Dolgoletno povprečje padavin je bilo preseženo v Vipavski dolini, Posočju in manjšem delu Gorenjske. Od Bele krajine prek vzhodne Dolenjske in južnega ter vzhodnega dela Štajerske do Prekmurja je bil pas s padavinami pod 60 %. Sonce je povsod sijalo vsaj za desetino dlje kot običajno; del Štajerske in območje, ki je segalo od Goriške in Krasa vse do Ljubljane, pa je beležilo presežek nad 30 %.

**April** je bil topel, suh in sončen. Čeprav ni bil rekordno topel, se na večini merilnih postaj uvršča med 7 najtoplejših doslej. Povprečna temperatura je povsod vsaj za 2 °C presegla dolgoletno povprečje, več kot polovica ozemlja pa je zabeležila odklon nad 3 °C. Nad 80 mm padavin so zabeležili v Kamniški Bistrici in Črnomlju, najmanj, pod 20 mm, pa je padlo v Soči, Godnjah, Portorožu in Žagi. Padavin je bilo povsod manj kot običajno, na zahodu države ni padla niti četrtnina običajnih padavin, nad tri četrtine dolgoletnega povprečja pa so zabeležili v Beli krajini, vzhodni Dolenjski in Pomurju. Sončnega vremena je bilo povsod več kot običajno, v Pomurju je bilo 15 % bolj sončno kot v dolgoletnem povprečju, drugod so povprečje presegli za eno do dve petini, v osrednji Sloveniji, na Notranjskem in v večjem delu Primorske pa je bil presežek nad 40 %.

Povprečna **majska** temperatura je bila po vsej državi nad dolgoletnim povprečjem. Odkloni so večinoma presegli 1, na približno tretjini ozemlja tudi 2 °C. Le na Kočevskem in v Beli krajini temperaturni odklon ni dosegel 1 °C. Največ padavin je bilo na Kredarici, kjer so izmerili 168 mm. Manj kot 70 mm je padlo na Obali, Krasu in v severovzhodnem delu Slovenije. Dolgoletno povprečje padavin je bilo preseženo le na Koroškem, na območju Nove vasi in Kočevja. V Ljubljani je sonce sijalo 332 ur, v Portorožu pa 356, kar sta največji vrednosti, odkar potekajo meritve. Tudi drugje maj spada med nekaj najbolj osončenih doslej. Največji presežek so zabeležili v Ljubljani (58 %), a tudi na Goriškem, delu Gorenjske, v Postojni ter Mariboru je sonce sijalo za polovico več časa kot v dolgoletnem povprečju. V Ljubljani je bilo 7 jasnih dni, kar je največja vrednost od začetka meritev.

**Junija** je bilo po vsej državi vsaj 1 °C topleje kot v dolgoletnem povprečju. Najmanjši odklon je bil v Kočevju, kjer so dolgoletno povprečje presegli le za 1,4 °C, največji pa v Postojni, 2,5 °C. Dva izrazita in kratkotrajna prodora hladnega zraka smo imeli 19. in 24. junija. Največ padavin so namerili v Logu pod Mangartom, in sicer 302 mm, najmanj pa na Obali, Goriškem in večjem delu Štajerske ter Prekmurja, kjer je padlo do 100 mm. Dobra polovica ozemlja je bila bolj namočena kot običajno, presežek pa večinoma ni presegel četrtnine. Dežja je opazno primanjkovalo na Obali, Goriškem in ponekod na Dravskem polju. Kljub pogostim ploham in nevihtam junija nismo zabeležili kakšne večje vremenske ujme. V večjem delu države je bilo več sončnega vremena kot običajno. V Mariboru so dolgoletno povprečje presegli kar za dobro četrtnino. Na severozahodu države in v Alpah ter večjem delu Karavank so za dolgoletnim povprečjem zaostajali, na severozahodu kar za četrtnino. Junija smo imeli lunin mrk; luna je potovala točno skozi središče Zemljine sence, kar se je zgodilo prvič po 11 letih.



Temperaturni odklon je bil **julija** v pretežnem delu Slovenije do 1 °C, le v delu Krasa, osrednji Sloveniji in v krajih od Metlike prek Novega mesta in vzdolž meje s Hrvaško do Ormoža so zabeležili odklon med 1 in 2 °C. Za dolgoletnim povprečjem so nekoliko zaostali na Trnovski planoti in v visokogorju. Po hladnem začetku meseca se je hitro ogrelo in julij je zaznamoval vročinski val v prvi polovici meseca, v drugi polovici julija pa se je nad našimi kraji zadrževal razmeroma hladen in vlažen zrak, padavine pa so bile pogoste. Največ padavin je bilo na Kredarici in v Logu pod Mangartom, nad 200 mm, na območju Lendave pa le 89 mm. Dolgoletnega povprečja padavin niso dosegli v večjem delu Alp in Gorenjske, v Karavankah, na Koroškem in delu Notranjske. Najbolj je bilo povprečje preseženo na Obali in Krasu, v Metliki ter na območju Pomurske ravnine, in sicer za več kot 60 %. Poleg hude vročine so državo 11. julija prizadele močne nevihte, veliko škode je povzročilo silovito neurje s točo v Obsotelju in na Kozjanskem. Sončnega vremena je bilo več kot običajno le v Ljubljani; na severozahodu države, Postojnskem, v Beli krajini, Novomeški kotlini, večjem delu Štajerske, na Koroškem in v Prekmurju so za dolgoletnim povprečjem zaostajali 10 do 20 %.

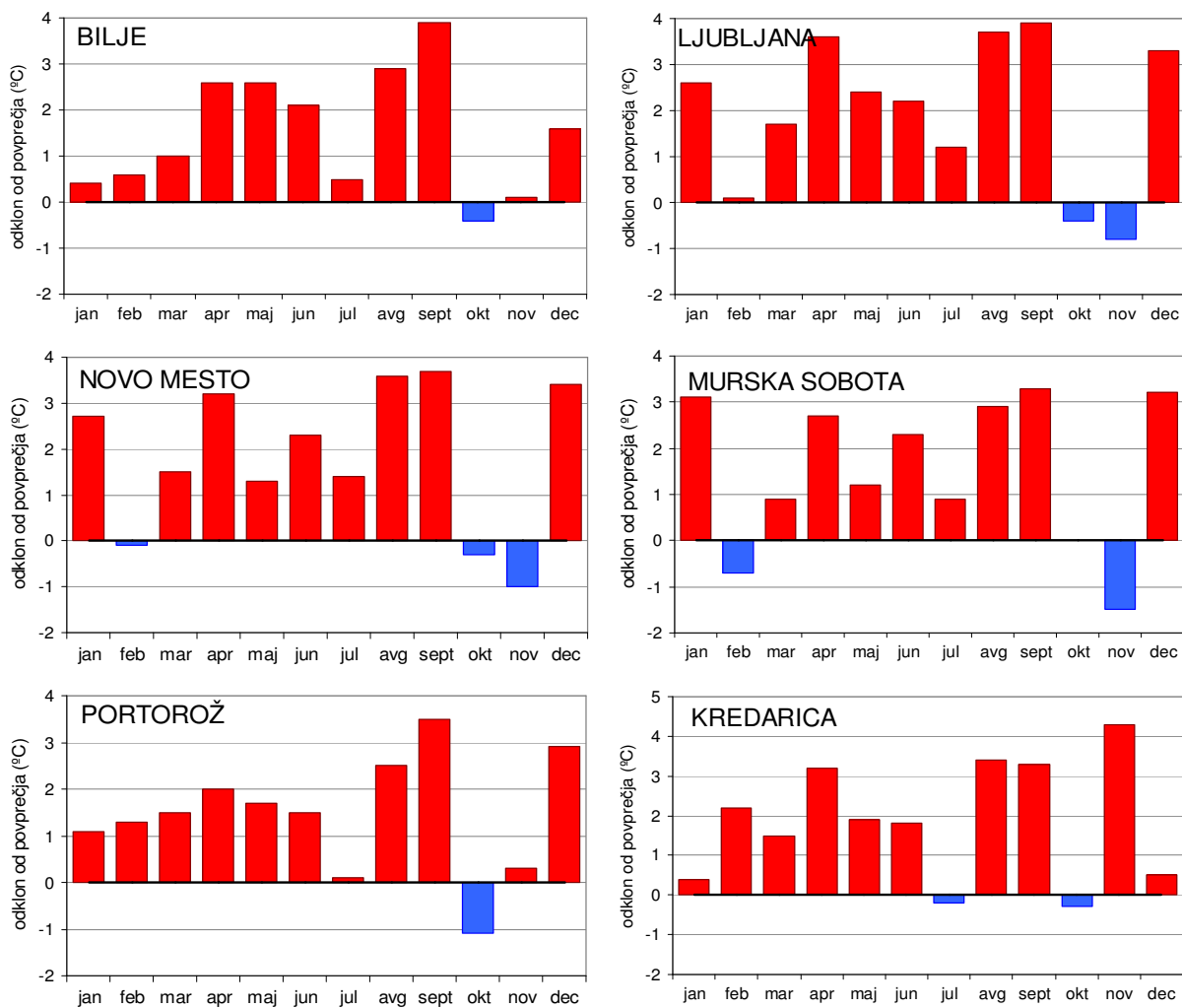
Z izjemo Goričkega je povprečna **avgustovska** temperatura dolgoletno povprečje presegla za 2 do 4 °C. K velikemu odklonu je najbolj prispeval vročinski val v zadnji tretjini meseca, po njegovi zaslugi je mesec je izstopal tudi po številu dni z zelo visoko temperaturo zraka, kar 5 dni se je v prestolnici segrelo na vsaj 35 °C, rekorden avgustovski maksimum pa so na Kredarici izmerili 22. avgusta, in sicer 19,6 °C. Največ padavin, nad 200 mm, so namerili v Trenti, sicer pa je v državi dežja občutno primanjkovalo; na večjem delu ozemlja je padlo pod 50 mm. V južni polovici države niso dosegli niti četrte povprečnih padavin. Trajanje sončnega obsevanja je povsod preseglo dolgoletno povprečje vsaj za petino. Največji presežek je bil v osrednjem delu države, kjer je bilo dolgoletno povprečje preseženo za več kot dve petini. V Ljubljani so zabeležili rekordno osončenost, sonce je sijalo kar 333 ur.

S **septembrom** se začne meteorološka jesen, a je letos vreme bolj spominjalo na poletje kot na jesen. Povprečna septembrska temperatura zraka je povsod vsaj za 2 °C presegla dolgoletno povprečje, na pretežnem delu ozemlja je bil odklon med 3 in 4 °C, na Krasu pa je presežek dosegel 4,3 °C. Letošnji september je bil v pretežnem delu države najtoplejši od sredine minulega stoletja, ponekod drugi najtoplejši. Predvsem popoldnevi so bili občutno toplejši kot običajno. V Ljubljani je bila povprečna temperatura zraka rekordnih 19,4 °C, kar je 3,9 °C nad dolgoletnim povprečjem. Zabeležili so tudi rekordno število toplih in vročih dni. V manjšem delu Zgornjega Posočja so namerili nad 200 mm padavin, pod 50 mm pa je padlo v Sevnem, Lendavi in na Bizeljskem. Padavine so le na Jezerskem dosegle dolgoletno povprečje, drugod je bilo dežja manj kot običajno. Sončnega vremena je bilo opazno več kot navadno, v Ljubljanski kotlini so dolgoletno povprečje presegli za dobro polovico. V prestolnici je bil z 254 urami to najbolj sončen september doslej. Tudi del Posavskega hribovja je prejel nad dve petini več sončnega obsevanja kot običajno, na Obali in na severozahodu države pa presežek ni dosegel petine.

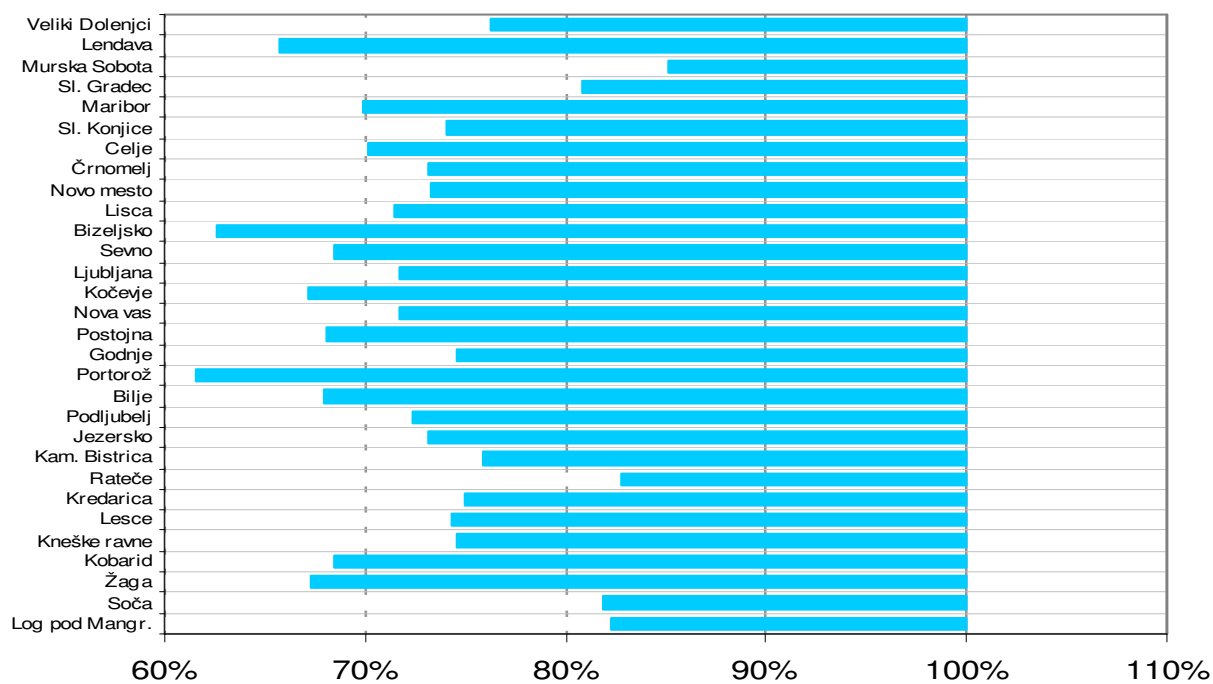
**Oktober** je bilo z izjemo Goričkega in dela Krasa hladneje kot v dolgoletnem povprečju, v večjem delu države se je odklon gibal med 0 in -1 °C, le na Obali, Trnovski planoti in na Kočevskem je znašal do -2 °C. Po zaslugi toplega obdobja v začetku meseca je bilo po nižinah rekordno veliko toplih dni. Največ padavin je bilo v Julijcih, kjer so ponekod celo presegle 460 mm, manj kot 160 mm pa so zabeležili v vzhodni polovici države in v južnem delu zahodne polovice Slovenije. 7. oktobra je ob prehodu hladne fronte snežilo marsikje po nižinah; tako je bilo tudi ob prehodu hladne fronte 20. oktobra. Dolgoletno povprečje padavin je bilo skoraj povsod preseženo, najbolj v Posočju in na območju od Ljubljane do Jesenic, kjer je bilo padavin za dobro polovico več kot običajno. Sonce je oktobra večinoma sijalo dlje kot običajno, dolgoletnega povprečja niso dosegli le na Koroškem, v Beli krajini in Novomeški kotlini. Največji presežek so zabeležili na Obali in Krasu, kjer je presegel eno petino.

Povprečna mesečna temperatura je bila **novembra** v visokogorju opazno nad dolgoletnim povprečjem. Največji odklon so zabeležili na Kredarici, kjer je bilo z 0,3 °C kar 4,3 °C topleje kot v dolgoletnem povprečju in predstavlja rekordno vrednost od začetka meritev. Povprečje je bilo preseženo tudi drugod na zahodu države, večina ozemlja pa je bila hladnejša kot običajno, v Beli krajini so za dolgoletnim povprečjem zaostajali kar za 2,3 °C. Največ padavin je bilo v Zgornjem Posočju, kjer so večinoma namerili nad 60 mm, v večjem delu države pa padavine niso dosegle niti 30 mm. V ekstremno suhem novembru 2011 so za dolgoletnim povprečjem povsod po državi močno zaostajali; v Žagi so dosegli tretjino običajnih padavin, v Logu pod Mangartom četrtno, marsikje pa je bil mesec povsem suh. Snežne odeje po nižinah ni bilo. Manj sončnega vremena kot običajno je bilo v Ljubljani, delu Novomeške kotline in Beli krajini ter na severovzhodu države. Drugod je bilo sončnega vremena več kot v dolgoletnem povprečju. Na Obali in Kredarici je sonce sijalo vsaj dve tretjini več časa kot običajno, v Postojni in Biljah pa je presežek običajne osončenosti dosegel kar štiri petine.

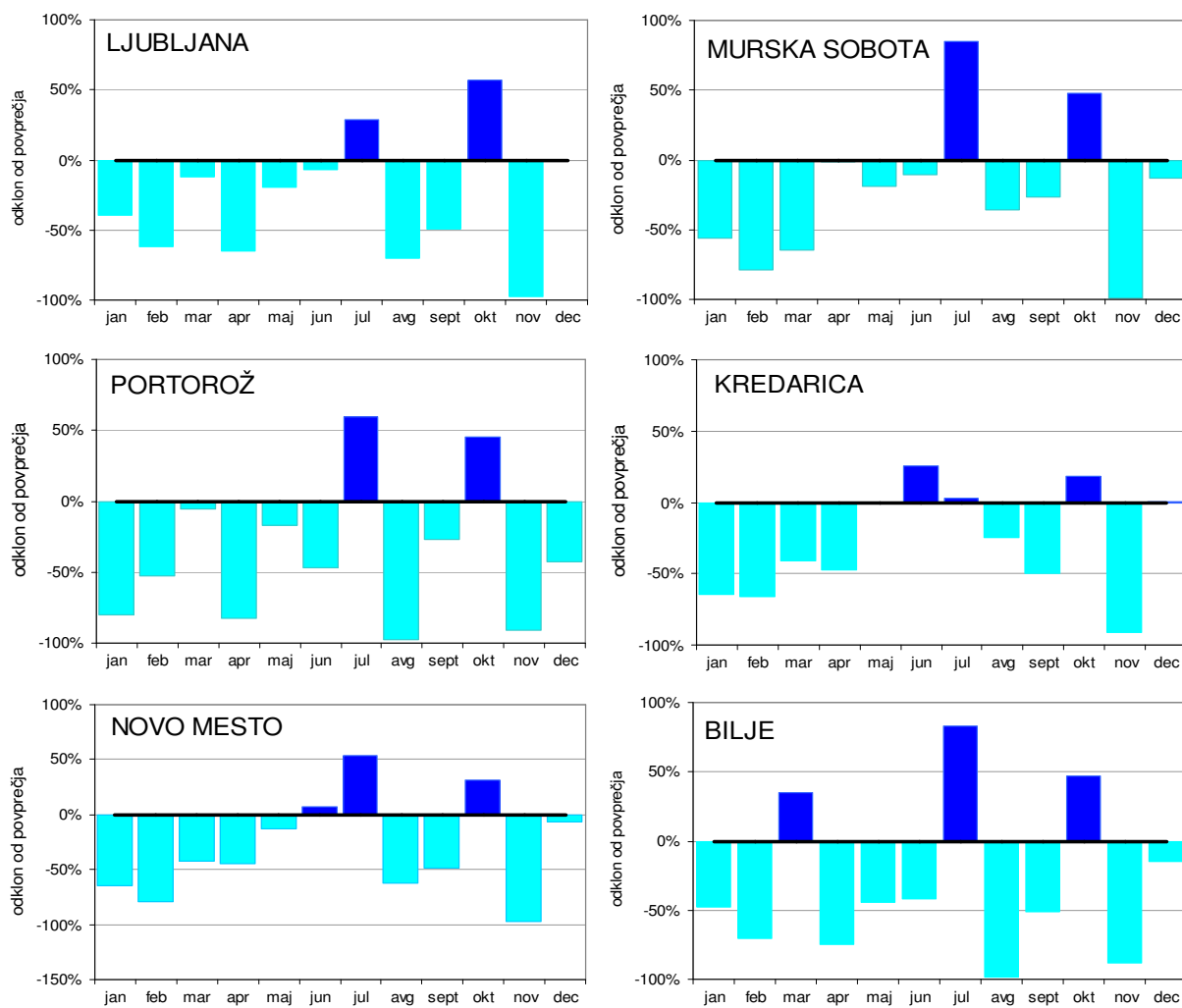
**December** je bil povsod toplejši kot običajno, v visokogorju je bilo dolgoletno povprečje komaj preseženo, v pretežnem delu države pa je odklon presegel 2 °C, marsikje tudi 3 °C. V Novem mestu so zabeležili največji odklon, in sicer 3,4 °C. Največ padavin je bilo v Julijcih, kjer je ponekod padlo tudi nad 200 mm, na večini ozemlja pa padavine niso presegle 120 mm. V primerjavi z dolgoletnim povprečjem je bilo na večini ozemlja padavin več kot običajno. Padavin je najbolj primanjkovalo v Breginjskem kotu, kjer niso dosegli niti polovice običajnih decembrskih padavin. Na Obali so se komaj približali trem petinam dolgoletnega povprečja. Večina padavin je bila zbranih v osrednji tretjini meseca, v zadnji tretjini pa so bile padavine zelo skromne. Pod dolgoletnim povprečjem je bila osončenost v pretežnem delu države. Sončnega vremena je na Koroškem in severozahodu države opazno primanjkovalo, saj so za dolgoletnim povprečjem zaostajali za več kot petino. V Murski Soboti je sonce sijalo toliko časa kot običajno, na Mariborskem ga je bilo za desetino več kot običajno, nekoliko so dolgoletno povprečje presegli tudi na Obali in v Ljubljani.



**Slika 1:** Mesečni odkloni temperature v letu 2011 od povprečja obdobja 1961–1990



**Slika 2:** Padavine leta 2011 v primerjavi s povprečjem obdobja 1961–1990



**Slika 3:** Padavine po mesecih v letu 2011 v primerjavi s povprečjem obdobja 1961–1990


## LITERATURA

1. Uredba o kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 9/11)
2. Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 55/11)
3. Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku (Ur.l. RS, št. 56/06)
4. Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka Ur.l. RS, št. 58/11)
5. Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesaženost zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 50/11)
6. Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 55/11),
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. Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (CLRTAP, protokol EMEP)
9. Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur.l. RS, št. 31/07, 61/09)
10. Zakon o varstvu okolja (ZVO, Ur.l. RS 39/06-ZVO-1-UPB1, 49/06-ZMetD in 66/06-OdiUS, 112/06-OdiUS, 33/07-ZPNačrt, 57/08-ZFO-1A, 70/08 in 108/09)
11. Uredba o mejnih vrednostih emisije HOS v zrak iz naprav v katerih se uporabljajo organska topila (Ur.l.RS, št. 46/02, 14/04 in 112/05)
12. Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja in o programu ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini (Ur.l.RS, št.119/07)
13. Vlada Republike Slovenije, Operativni program varstva zunanjega zraka pred onesnaževanjem s PM<sub>10</sub> (OP PM<sub>10</sub>), november 2009
14. Agencija RS za okolje, Letna poročila o kakovosti zraka, 1997-2011 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
15. Agencija RS za okolje, Mesečni bilteni ARSO, 2001-2011 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
16. EUROAIRNET – site selection, 1998
17. Agencija RS za okolje, Program ocenjevanja kakovosti zunanjega zraka za obdobje 2012-2014 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
18. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Kazalci okolja v Sloveniji ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
19. Agencija RS za okolje, Ocena onesnaženosti zraka z SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, delci PM<sub>10</sub>, svincem, CO, benzenom, težkimi kovinami (As, Cd, Hg, Ni) in policikličnimi organskimi spojinami v Sloveniji, oktober 2010 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
20. Fine! Dust-Free, 2nd International Congress in Klagenfurt on Worthersee, 1 to 2 October 2009
21. A European aerosol phenomenology, Joint Research Centre, 2003 (<http://ccu.ei.jrc.it/ccu/>)
22. Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry, Akademiai Kiado, Budapest
23. Kakovost zraka v Mariboru – letno poročilo 2011, Zavod za zdravstveno varstvo Maribor
24. Bolte T., Pavli P., Turšič J., Podkrajšek B., Grgič I. : Physico-chemical characteristics of particulate matter in Slovenia in 2004 and 2005. International conference, COST action 633, particulate matter: Properties related to health effects - five interactive workshops, April 3 to 5, 2006, Austrian Academy of Sciences, Vienna, Austria
25. Bolte T., Turšič J., Šegula A., Gomišček B. Analysis of contribution of different sources to PM<sub>10</sub> concentration levels at three different locations in Slovenia. European Aerosol Conference 2007, September 9-14, 2007, Salzburg, Austria
26. Jahresbericht der Luftgutemessungen in Osterreich 2005-2010. Umweltbundesamt
27. Agencija RS za okolje, Poročilo o pilotnem projektu – Opredelitev virov delcev PM<sub>10</sub> v Sloveniji, november 2007 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
28. Meritve onesnaženosti zraka z mobilno postajo v Slovenski Bistrici od 20. oktobra 2010 do 10. januarja 2011, Agencija RS za okolje, 2011 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
29. Meritve onesnaženosti zraka z mobilno postajo na Bukovžlaku od 12. januarja do 27. februarja 2011, Agencija RS za okolje, 2011 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))

30. Meritve onesnaženosti zraka z mobilno postajo v Dravogradu od 1. 3. do 6. 4. 2011 in od 2. 8. do 31. 8. 2011, Agencija RS za okolje, 2011 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
31. Meritve onesnaženosti zraka z mobilno postajo v Ilirski Bistrici od 20. 5. do 31. 7. in od 2. 9. do 30. 11. 2011, Agencija RS za okolje, 2012 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
32. Lindquist, O. And Rodhe, H.: Atmospheric mercury-a review. *Tellus*, 37B, 136-159, 1985
33. 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
34. Henry, E., A., Dodge-Murphy, L. J., Bigham, G. N., Klein, S. M., Gilmour, C. C.: Total mercury and methylmercury mass balance in an alkaline hypereutrophic urban lake (Onondonga Lake, NY). *Water, Air and Soil Pollution*, 80, 509-518, 1995
35. 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
36. 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, *C irculation* 2004, 109, 71-77
37. Laden F, Schwartz J, Speizer FE. Reduction in fine particulate air pollution and mortality:
38. Extended follow- up of the Harvard six cities study. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*. 2006, 173, 667- 662
39. 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
40. 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
41. World Meteorological Organization, Global Atmosphere Watch, No, 160, Manual for the GAW Precipitation Chemistry programe (guidelines, Data Quality Objectives and Standard operating Procedures), November 2004
42. Brosset C: Total airborne mercury and its possible origin. *Water, Air and Soil Pollution*, 17, 37-50, 1982
43. 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
44. 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
45. Tomlinsson 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 bufferd water, mercury and fish. *Proc. Int. Conf. Ecol. Impact Acid Precip.*, Sandefjord, Norway, 1980
46. Gregor Muri, Stuart G: Source assessment and sedimentary record of polycyclic aromatic hydrocarbons in Lake Bled, Wekeham
47. Žabkar R.: Statistično napovedovanje ozona s predhodnim razvrščanjem trajektorij v skupine, april 2007
48. Žabkar R.: Nadgradnja modela statističnega napovedovanja ozona s predhodnim razvrščanjem trajektorij v skupine, maj 2011 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
49. Guidance on the quantification of the contribution of natural sources under the EU Air Quality Directive 2008/50/EC, July 2009
50. Guidance on assessing the contribution of winter sanding and salting under the EU Air Quality Directive, july 2009
51. Določitev prispevka soljenja in posipanja cest na koncentracijo delcev PM<sub>10</sub>, maj 2011 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))

52. Morawska, L., Zhang, J. 2001. Combustion sources of particles: source signatures. Atmospheric Environment Special Issue on SGOMSEC –14
53. Vienna University of technology, Chemistry, Transport and Impact of Atmospheric Pollutants Andechs, Oct. 10-12, 2005
54. European Commission, Joint Research Centre: A review of Source apportionment techniques and marker substances, 2006
55. Agencija RS za okolje: Opredelitev virov delcev PM<sub>10</sub> v Trbovljah, julij 2012 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
56. Lindquist . O. And Rhode. H. 1958: Atmospheric Mercury-a review. Tellus. 37B. 136-159
57. Quality Guidelines, Global update 2005,
58. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO, 2006
59. Quality Guidelines, Global update 2005, Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO, 2006
60. Boldo E. et al., Health impact assessment of long-term exposure to PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in 23 European cities. European Journal of Epidemiology (2006)
61. Vpliv saharkega peska na koncentracijo delcev PM<sub>10</sub> v letu 2011, julij 2011 ([www.arso.gov.si](http://www.arso.gov.si))
62. Favez O., et al., 2010, Inter-comparison of source apportionment models for the estimation of wood burning aerosols during wintertime in an Alpine city (Grenoble, France), Atmos. Chem. Phys., 10, 5295–5314.
63. Močnik G., et al, 2011, Optical detection and discrimination between biomass and fossil fuel combustion: influence on air quality in different environments, Monitoring Ambient Air, London, 12 December 2011, dostop 1. junij 2012, <http://rsc-aamg.org/Documents/Papers/MAA2011/GMocnik.pdf>
64. Sanndradewi J., et al., 2008, 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.





*Globoko se zazri v naravo in  
vse boš bolje razumel.*

*(A. Einstein)*

*Zemlja je velika učiteljica  
tistim, ki ji znajo prisluhniti.*

*(Louise L. Hay)*