

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2015

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2015

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ljubljana, 2016

Poročilo in podatki so zaščiteni po določilih avtorskega prava, tisk in uporaba podatkov sta dovoljena le v obliki izvlečkov z navedbo vira.

Meja med Republiko Slovenijo in Republiko Hrvaško na kopnem in morju je predmet arbitražnega postopka (v skladu z Arbitražnim sporazumom med Vlado Republike Slovenije in Vlado Republike Hrvaške z dne 4. novembra 2009). Nič v poročilu Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2015 ne pomeni prejudica med Republiko Slovenijo in Republiko Hrvaško.

Land and maritime border between the Republic of Slovenia and the Republic of Croatia is a matter of ongoing arbitration proceedings (in accordance with the Arbitration agreement between the Government of the Republic of Slovenia and the Government of the Republic of Croatia signed on November 2009). Therefore document Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2015 is without prejudice to the border between the Republic of Slovenia and the Republic of Croatia.

ISSN 1855-0827

Deskriptorji:

kakovost zraka, kakovost padavin, onesnaževala, izpusti, delci, ozon, dušikovi oksidi, ogljikov monoksid, benzen.

Descriptors:

air quality, precipitations quality, pollutants, emissions, particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, carbon monoxide, benzene.

Izdajatelj:

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

Direktor Urada za meteorologijo:

dr. Klemen Bergant

**Generalni direktor Agencije Republike Slovenije za okolje:**

mag. Joško Knez

**Pripravili in uredili:**

mag. Tanja Cegnar, mag. Mojca Dolinar, Mateja Gjerek, Tanja Koleša, dr. Martina Logar, Marijana Murovec, dr. Boštjan Paradiž, dr. Jana Faganeli Pucer, Bojan Rode, Marko Rus, dr. Janja Turšič, dr. Rahela Žabkar

Avtorji iz drugih organizacij:

doc. dr. Andreja Kukec, Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta
Peter Otorepec, dr. med., spec. higijene in MDPŠ, Nacionalni inštitut za javno zdravje
Andrej Uršič, univ. dipl. biol., Nacionalni inštitut za javno zdravje
mag. Simona Uršič, dr. med., spec. higijene, Nacionalni inštitut za javno zdravje

Priprava podatkov drugih merilnih mrež:

Elektroinštitut Milan Vidmar pripravlja podatke: EIS TEŠ, EIS TET, MO Ljubljana, Lafarge cement, TE-TO Ljubljana, MO Celje
Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano Maribor pripravlja podatke MO Maribor
Salonit Anhovo pripravlja podatke za EIS Anhovo

Kazalo

1	Uvod	1
2	Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka	7
2.1	Meritve na stalnih merilnih mestih	8
2.2	Modeliranje kakovosti zraka	14
3	Delci PM₁₀ in PM_{2,5}	19
3.1	Izpusti primarnih delcev in predhodnikov	20
3.2	Zahteve za kakovost zraka	24
3.3	Ravni onesnaženosti	24
3.4	Epizode čezmerne onesnaženosti	34
3.5	Kemijska in elementna sestava delcev	35
3.6	Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov	35
3.7	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	38
4	Onesnaževala v delcih - benzo(a)piren in težke kovine	41
4.1	Benzo(a)piren	41
4.2	Težke kovine	44
5	Ozon	55
5.1	Zahteve za kakovost zraka	55
5.2	Ravni onesnaženosti	56
5.3	Epizode čezmerne onesnaženosti	65
5.4	Modeliranje in napovedovanje ravni ozona	65
5.5	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	65
6	Dušikovi oksidi	67
6.1	Izpusti	67
6.2	Zahteve za kakovost zraka	69
6.3	Ravni onesnaženosti	69
6.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	77

7	Žveplov dioksid	79
7.1	Izpusti	79
7.2	Zahteve za kakovost zraka	81
7.3	Ravni onesnaženosti	81
7.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	89
8	Ogljikov monoksid	91
8.1	Izpusti	91
8.2	Zahteve za kakovost zraka	93
8.3	Ravni onesnaženosti	93
9	Benzen	95
9.1	Izpusti	95
9.2	Zahteve za kakovost zraka	97
9.3	Ravni onesnaženosti	97
10	Živo srebro v zraku	101
10.1	Izpusti	101
10.2	Ravni onesnaženosti	102
10.3	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	104
11	Kakovost padavin	105
11.1	Ravni onesnaženosti	105
11.2	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	110
12	Žveplove in dušikove spojine ter ostali anorganski ioni	113
12.1	Ravni onesnaženosti	113
12.2	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	116
13	Meteorološke značilnosti leta 2015	117
13.1	Vreme leta 2015	117
13.2	Značilnosti posameznih letnih časov	117

Nagovor direktorja

Spoštovani,

spremljanje kakovosti zraka in ugotavljanje vzrokov za njegovo onesnaženost je ena izmed ključnih dejavnosti Agencije Republike Slovenije za okolje. Na Agenciji že pol stoletja sistematično spremljamo kakovost zraka. Pripravljamo tudi nacionalne evidence izpustov v zrak in zbiramo podatke o izpustih industrije. Podatke meritev sproti objavljamo na spletu, pripravljamo pa tudi napoved onesnaženosti zraka. Letno pripravimo celovito poročilo o kakovosti zraka, v katerem predstavljamo rezultate meritev kakovosti zraka, njihovo analizo in interpretacijo.

Kakovost zraka ima na zdravje in počutje ljudi največji vpliv med okoljskimi dejavniki. V Sloveniji je onesnaženost zraka zaradi specifičnih nacionalnih okoliščin posebej izražen problem. Večina Slovenije je slabo prevetrena, pogoste so tudi temperaturne inverzije, ki omejujejo razredčevanje izpustov, ki se pogosto kopičijo v prizemni plasti ozračja. V takšnih pogojih lahko že nižja gostota izpustov povzroči čezmerno onesnaženost zraka. Na strani izpustov nam je nekdam največ težav povzročal domač premog, ki je pri uporabi v gospodinjstvih in v večjih kurilnih napravah brez čistilnih naprav zaradi visoke vsebnosti žvepla in pepela močno onesnaževal ozračje. Danes poleg velikega obsega lokalnega in tranzitnega cestnega prometa ozračje najbolj onesnažujejo zastarele kurilne naprave gospodinjstev.

Živimo v postindustrijski družbi, ko na onesnaženost zraka v veliki meri vplivamo s svojimi odločitvami in ravnanjem mi, posamezniki. Da se lahko odločamo, je potrebna ustrezna obveščенost o vzrokih onesnaženosti. Temu je namenjeno tudi to poročilo.

mag. Joško Knez
Generalni direktor



Seznam kratic

EU	Evropska unija
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
EEA	Evropska okoljska agencija
EIMV	Elektroinštitut Milan Vidmar
IJS	Institut Jožef Stefan
BF	Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani
EIS	Ekološki informacijski sistem
TE-TOL	Termoelektrarna Toplarna Ljubljana
TEB	Termoelektrarna Brestanica
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj
TET	Termoelektrarna Trbovlje
AMP	Avtomatska merilna postaja
DMKP	Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti padavin
DMKZ	Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti zunanjega zraka
EMEP	Evropski program za spremljanje in ocenjevanje v okviru Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja
WMO-GAW	Program Svetovne meteorološke organizacije za globalno spremljanje ozračja
NEC	Direktiva o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija
US EPA	Agencija za okolje Združenih držav Amerike
AV	Alarmna vrednost
CV	Ciljna vrednost
MV	Mejna vrednost
OV	Opozorilna vrednost
EC/OC	Elementni in organski ogljik
PM	Delci v zraku
PAH	Policiklični aromatski ogljikovodiki
BaP	Benzo(a)piren
KPI	Kazalnik povprečne izpostavljenosti

Povzetek

Kakovost zraka je pomemben okoljski vidik, saj onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi. V Sloveniji je bil pred desetletji največji problem žveplov dioksid. Tedaj so ravni za več kot red velikosti presegle danes veljavne mejne vrednosti. Po izvedenih ukrepih v termoelektrarnah in industriji ter uvedbi goriv z nizko vsebnostjo žvepla v prometu in gospodinjstvih, v Sloveniji težav z žveplovim dioksidom nimamo več. Sedaj je v Sloveniji najbolj izražena problematika povezana s čezmerno ravno delcev PM_{10} in ozona.

Slovenija se glede delcev uvršča med države Evropske unije z bolj onesnaženim zrakom in je v samem vrhu po izpustih delcev na prebivalca in tudi na enoto površine. Visoki specifični izpusti delcev v Sloveniji so predvsem posledica močno razširjene uporabe lesa v zastarelih kurilnih napravah gospodinjstev. Visoke ravni delcev v zraku so tudi posledica neugodnih vremenskih razmer v slabo prevetrenih kotlinah in dolinah celinskega dela Slovenije, kjer so pogoste in izrazite temperaturne inverzije. Tedaj lahko že manjša gostota izpustov povzroči čezmerno onesnaženost zraka. Preseganja dnevnih mejnih vrednosti so omejena na hladni del leta, ko so meteorološke razmere za razredčevanje izpustov še posebej neugodne, hkrati pa zrak onesnažujejo male kurilne naprave, ki imajo v Sloveniji kar dvotretjinski delež v skupnih izpustih delcev. S skladnostjo z letnimi mejnimi vrednostmi je v Sloveniji manj težav kot z dnevnimi mejnimi vrednostmi, ker so ravni delcev v topli polovici leta nizke zaradi boljše prevetrenosti, poleg tega pa so izpusti delcev izven kurilne sezone bistveno manjši. Čezmerna onesnaženost z delci v Sloveniji je predvsem posledica lokalnih izpustov in le v manjši meri prenosa onesnaževal v regionalnem merilu. V zadnjih petih letih je bilo dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce PM_{10} preseženo na skoraj vseh stalnih merilnih mestih v urbanem okolju. Preseganje dopustnega števila dnevnih mejnih vrednosti nismo zabeležili na Primorskem, kjer je boljša prevetrenost kot v celinskem delu Slovenije, hkrati pa je potreba po ogrevanju manjša in so zato manjši tudi izpusti malih kurilnih naprav za ogrevanje stavb. Od merilnih mest na urbanih področjih celinskega dela Slovenije dopustnega števila preseganj nismo presegli le na merilnem mestu Velenje. Tudi tam so meteorološke razmere neugodne, so pa zaradi razvitega sistema daljinskega ogrevanja, ki je nadomestil večino malih kurilnih naprav za ogrevanje stavb na tem območju, ravni delcev PM_{10} pod mejnimi vrednostmi. Letna mejna vrednost za delce PM_{10} je bila po letu 2008 prekoračena le na merilnem mestu Ljubljana Center, ki je izpostavljeno izpustom prometa.

Za doseganje skladnosti z mejnimi vrednostmi za delce PM_{10} je Vlada Republike Slovenije v sodelovanju z lokalnimi skupnostmi pripravila Načrte za kakovost zunanjega zraka za mestne občine Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto ter Zasavske občine Hrastnik,

Trbovlje in Zagorje. Načrti so usmerjeni predvsem v zmanjševanje izpustov zaradi ogrevanja stavb in izpustov cestnega motornega prometa. Izdelana kvantitativna ocena vplivov na zdravje kaže, da bi se ob okvirni prepolovitvi ravni delcev v zraku na teh območjih, pričakovana življenjska doba prebivalstva podaljšala za pol do enega leta.

Ravni delcev PM_{10} so bile leta 2015 višje kot leto poprej. Dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce PM_{10} (35) je bilo preseženo na osmih merilnih mestih v urbanem okolju, leta 2014 pa le na štirih merilnih mestih. Največ, 85 preseganj, je bilo leta 2015 izmerjenih na prometno zelo obremenjenem merilnem mestu Ljubljana Center. Več od dopustnih 35 preseganj je bilo izmerjeno tudi na postajah Celje AMP Gaji (76), Celje (70), Zagorje (70), Trbovlje (50), Murska Sobota Rakičan (47), Ljubljana Bežigrad (43) in Novo mesto (41). Letna mejna vrednost za delce PM_{10} v letu 2015 na nobenem merilnem mestu ni bila presežena, čeprav se je povprečna letna koncentracija delcev PM_{10} na postaji Ljubljana Center zelo približala mejni vrednosti. Po letu 2002 je predvsem na urbanih lokacijah opazen trend zmanjševanja ravni delcev, hkrati pa so prisotne izrazite medletne variacije zaradi različnih meteoroloških razmer posameznih let. Trend zmanjševanja ravni delcev pripisujemo predvsem zmanjšanju izpustov v industriji.

Za delce $PM_{2,5}$ je določena le letna mejna vrednost. V Sloveniji se s povišanimi ravnmi delcev srečujemo predvsem v hladni polovici leta, letno povprečje pa zniža z delci manj onesnažen zrak v topli polovici leta. Od začetka meritev in tudi v letu 2015 na nobenem od štirih merilnih mest mejna vrednost za delce $PM_{2,5}$ ni bila prekoračena.

Onesnaženost z ozonom ima v nasprotju z onesnaženostjo z delci izrazit regionalni značaj z velikim vplivom čezmejnega transporta onesnaženosti. Podatki meritev kažejo, da je Slovenija ena izmed z ozonom bolj onesnaženih evropskih držav. Dopustno število prekoračitev ciljne maksimalne 8-urne koncentracije za zaščito zdravja je bilo v zadnjih letih preseženo skoraj na vseh merilnih mestih. Izjema so le merilna mesta pod neposrednim vplivom izpustov prometa, kjer so ravni na omejenem območju nižje. Ravno tako so na reprezentativnih merilnih mestih za zaščito vegetacije presežene tudi kritične vrednosti. Onesnaženost z ozonom je najvišja na Primorskem, ki je bolj pod vplivom čezmejnega transporta ozona in njegovih predhodnikov in ima ugodnejše meteorološke pogoje za tvorbo ozona. V povprečju pa so v Sloveniji najvišje izmerjene ravni ozona na merilnem mestu na Krvavcu, kar je značilno za postaje v visokogorju.

V letu 2015 so bile ravni ozona podobne kot v preteklih letih, a nekoliko višje kot leta 2014. Nekoliko višje ravni ozona v letu 2015 pripisujemo ugodnejšim meteorološkim pogojem za tvorbo ozona. Opozorilna urna vrednost je bila devetkrat prekoračena v Kopru, šestkrat v Novi Gorici, štirikrat v Sv. Mohorju, enkrat na Kovku in enkrat na Krvavcu.

Onesnaženost zraka z dušikovim dioksidom je največja na merilnih mestih izpostavljenih cestnemu prometu, ki je največji vir dušikovih oksidov. Glede na skladnost z mejnimi vrednostmi za dušikov dioksid Slovenija spada med manj onesnažene države Evrope. Čezmerna onesnaženost je bolj izrazit problem večjih mest in aglomeracij. Dnevna mejna vrednost v Sloveniji v letu 2015, kot tudi v preteklih letih, ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Letna mejna vrednost po letu 2013 ni prekoračena tudi na z dušikovimi oksidi najbolj obremenjeni merilni postaji Ljubljana Center.

Po onesnaženosti zraka z benzo(a)pirenom je Slovenija nekoliko nad povprečjem držav EU. Ravni so bistveno višje pozimi zaradi manj ugodnih meteoroloških pogojev in izpustov malih kurilnih

naprav. Ravni benzo(a)pirena v urbanem okolju (merilni mesti Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center) sta bili v letu 2015 na nivoju ciljne vrednosti, ki pa ni bila presežena. Raven benzo(a)pirena na merilnem mestu Iskrba je bistveno nižja.

Za žveplov dioksid je za vsako merilno mesto dopustno 24 prekoračitev urne mejne vrednosti v koledarskem letu. V letu 2015 na nobenem od merilnih mestih v Sloveniji ni bila izmerjena niti ena prekoračitev urne mejne vrednosti za žveplov dioksid. Izmerjene povprečne dnevne ravni so na vseh postajah globoko pod mejno vrednostjo.

Ravni benzena, ogljikovega monoksida in težkih kovin so pod mejnimi oziroma ciljnimi vrednostmi. Povprečna letna raven benzena na merilnem mestu mestnega ozadja Ljubljana Bežigrad in na prometnem merilnem mestu Maribor Center je v letu 2015, kakor tudi v vseh drugih letih v nizu meritev, znašala manj kot tretjino mejne vrednosti. Najvišja izmerjena raven ogljikovega monoksida se na nobenem merilnem mestu ni niti približala mejni vrednosti. Nekoliko povišane so le ravni težkih kovin na merilnem mestu Žerjav v Mežiški dolini, ki so posledica dolgoletnega pridobivanja svinca in njegove predelave, ki poteka še danes. Na merilnem mestu Žerjav je raven svinca v letu 2015 znašala približno dve tretjini mejne vrednosti, raven kadmija pa se je približala ciljni vrednosti. Na drugih merilnih mestih so ravni arzena, kadmija, niklja in svinca močno pod mejnimi oziroma ciljnimi vrednostmi.

Škodljive snovi v tla in površinske vode se lahko vnašajo tudi s padavinami. Onesnaženost in kislost padavin v Sloveniji, ki je predvsem pokazatelj regionalne kakovosti zraka, je manjša, kot v povprečju v Evropi in kaže rahel trend izboljševanja.

Povzetek rezultatov meritev kakovosti zraka v letu 2015, s poudarkom na skladnosti z mejnimi in ciljnimi vrednostmi, je podan v tabeli 1. Tabela prikazuje okvirne ravni kakovosti zraka, pri čemer so kot kriteriji izbrane mejna ali ciljna vrednost ter spodnji in zgornji ocenjevalni prag. Spodnji in zgornji ocenjevalni prag se sicer uporabljata za določevanje načina ocenjevanja kakovosti zraka, posredno pa lahko služita tudi za ilustracijo kakovosti zraka.

Summary

Air quality is an important indicator of the state of the environment. Moreover, air quality has more pronounced influence on the health and human well-being than any other environmental aspect. In the past the main issue regarding air quality in Slovenia were extreme sulphur dioxide levels. Due to abatement measures in power plants and industry and after the introduction of low sulphur fuels, levels of sulphur dioxide decreased drastically. Nowadays the elevated PM₁₀ and ozone levels are of the most concern in Slovenia. Slovenia is one of the countries in Europe with the highest PM₁₀ levels. It also has one of the largest PM₁₀ emissions per capita and per land area in European Union. High emissions are due to widespread use of wood for domestic heating in technically outdated stoves and boilers. In basins and valleys in the continental part of Slovenia there are prevailing low wind speed conditions and frequent, pronounced long-lasting temperature inversions in the colder period of the year. Those unfavourable meteorological conditions significantly contribute to the high PM₁₀ levels. Most urban monitoring stations in the continental part of Slovenia in the last five years exceeded the allowed number of exceedances, while there were fewer exceedances in the Primorska region, Mediterranean part of Slovenia, where low wind and stable atmospheric conditions are much less common. As exceedances are mostly attributed to wood combustion in domestic heating appliances, levels in the warmer part of the year are much lower than in winter. After 2008 the yearly limit value for PM₁₀ was exceeded only at the monitoring site Ljubljana Centre that is directly influenced by road transport. Due to the lower levels in the warmer part of the year, the yearly limit value for PM_{2,5} has never been exceeded at any of the monitoring sites.

As a response to the exceedances of the PM₁₀ daily limit value, the government of Slovenia has prepared, in cooperation with the local communities, air quality plans for the municipalities of Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto and for the municipalities in Zasavje region Hrastnik, Trbovlje and Zagorje. For those municipalities it was estimated, that reducing the PM levels to approximately half of the current value, would result in the increase of the life expectancy in the range from half to nearly one year.

In 2015 the PM₁₀ levels were slightly higher than in 2014. This could be mainly attributed to the less favourable meteorological conditions. More than 35 exceedances of the daily limit value were measured at the monitoring sites Ljubljana Center, Celje AMP Gaji, Celje, Zagorje, Trbovlje, Murska Sobota Rakičan, Ljubljana Bežigrad and Novo mesto. In 2015, as well as in 2014, there were no exceedances of the yearly PM₁₀ limit value recorded on any of the measuring sites. Similarly, the yearly limit value for PM_{2,5} was not exceeded anywhere. In general decreasing trend of the PM levels is observed after 2002, although there are significant yearly variations due to different

meteorological conditions in each year. The decrease in PM levels is attributed mainly to decrease in industrial emissions.

In Slovenia ozone pollution is determined by the pronounced influence of the trans-boundary pollution which ranks Slovenia among the most ozone affected countries in Europe. The maximum daily eight hour mean value for the protection of human health is exceeded at almost every measuring site. As expected, lower concentrations were measured at the sites, which are directly influenced by the road transport. The AOT40 value for vegetation protection was also exceeded at all representative monitoring sites. The highest concentrations are measured in Primorska region that is under the greatest direct influence of trans-boundary pollution. The highest average concentrations are measured at the high altitude monitoring sites (e.g. Krvavec). In 2015 levels of ozone pollution were slightly higher than in 2014.

Nitrogen dioxide levels are the highest at road transport monitoring sites because traffic is the main source of nitrogen oxides. Excessive nitrogen dioxide pollution is an issue especially in large cities and agglomerations. Slovenia ranks as one of less polluted countries in Europe with respect to nitrogen dioxide. In the past years the yearly limit value was exceeded only at the monitoring site Ljubljana Centre while the daily limit value was not exceeded at any monitoring site. From 2014 there were no exceedances of the yearly limit value for nitrogen dioxide recorded at any of the monitoring stations in Slovenia.

The benzo(a)pirene levels in Slovenia are above the European average. In 2015 yearly concentrations were very close to the exceedance of the target value at the urban monitoring sites Ljubljana Biotehniška fakulteta and Maribor Centre. As expected, the levels at the remote station Iskrba were much lower.

In 2015 there were no exceedances of the hourly, daily and yearly sulfur dioxide limit value recorded in Slovenia.

Benzene, carbon monoxide and heavy metal levels are below limit or target values at all monitoring sites in Slovenia. At the urban background monitoring site Ljubljana Bežigrad and at the traffic monitoring site Maribor Centre, the yearly concentrations of benzene were less than one third of the limit value. The maximum concentration of carbon monoxide was far below the limit value. Similarly the concentrations of arsenic, cadmium, nickel and lead are much below their target or limit values. The only exception was the average concentration of lead in Žerjav which was approximately two third of the limit value. Cadmium at that site was close to the target value in 2015. The surroundings of Žerjav is contaminated with heavy metals because of the past and ongoing processing of lead.

Precipitation can also contribute to the contamination of soil and water. Pollutant content and acidity of precipitation is an important indicator of regional air quality. In general precipitation in Slovenia is in comparison to Europe less polluted and the situation is also slightly improving.

The outline of pollution levels at the individual stations for the year 2015 is presented in table 1.

1. *Uvod*

Onesnaževala zraka so tiste snovi, ki škodljivo vplivajo na človeka ali na okolje. Mednje sodijo plini kot so na primer dušikovi in žvepovi oksidi ali ozon. Med onesnaževala zraka uvrščamo tudi delce različne velikosti in sestave, ki zaradi svoje majhnosti lebdijo in zato ostanejo dalj časa v zraku. Onesnaženost zraka je predvsem posledica človekove dejavnosti, kakovost zraka pa lahko poslabšajo tudi naravni viri, kot so na primer izbruhi ognjenikov, požari v naravnem okolju ali saharski prah. Nekatera onesnaževala v zrak neposredno sproščajo viri onesnaževanja. Druga, tako imenovana sekundarna onesnaževala, kot na primer ozon, pa nastajajo v ozračju kot produkt zapletenih kemičnih pretvorb snovi, ki jih imenujemo predhodniki. Pomemben vidik onesnaženosti zraka je tudi transport onesnaževal zaradi gibanja zračnih mas, ki lahko poteka tudi na velike razdalje. Tako lahko onesnaževala vplivajo na človeka in okolje daleč od mesta njihovega izpusta.

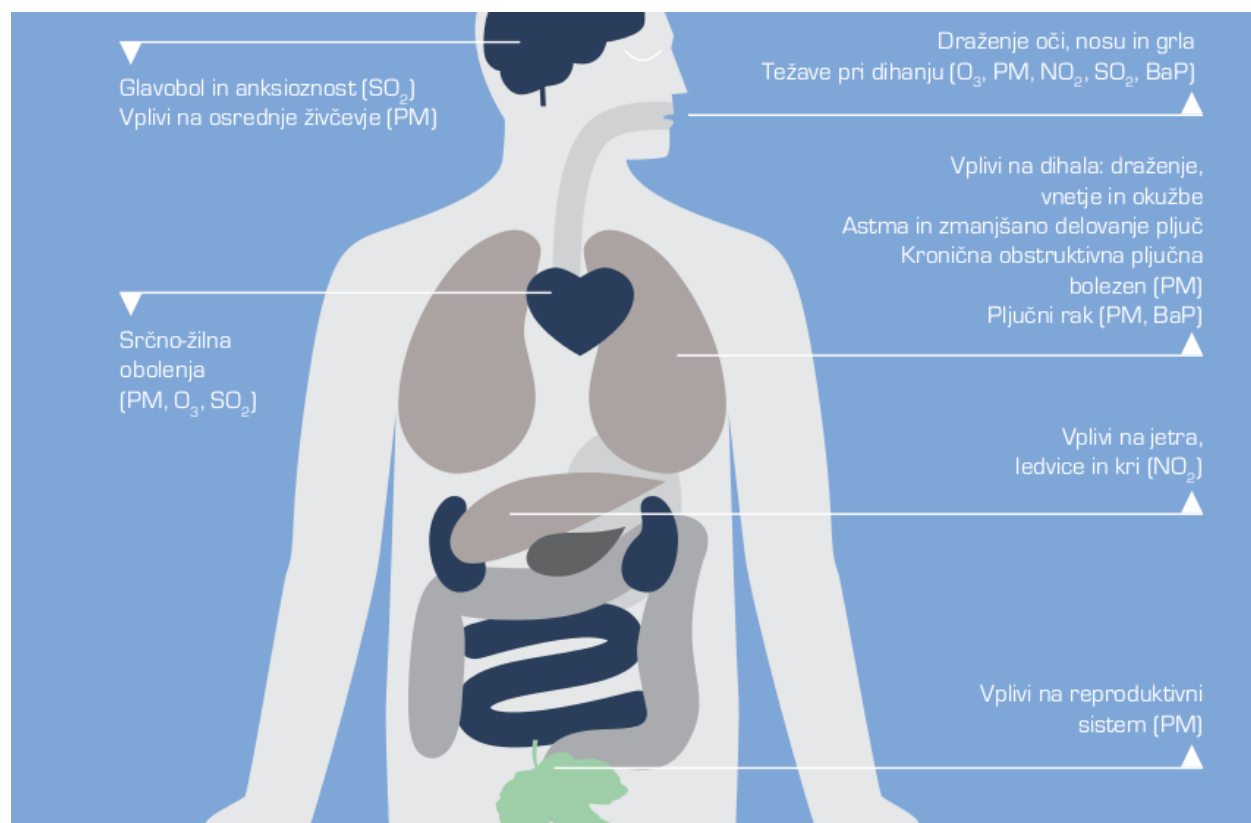
Kakovost zraka je eden izmed najpomembnejših vidikov stanja okolja. Še več, onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi in velja za najpomembnejši javno zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. Predstavlja tveganje za zdravje, ki se mu praktično ni možno izogniti. V Evropi je bilo v obdobju od 2011 do 2013 več kot 90 odstotkov mestnega prebivalstva izpostavljenega ravnem onesnaževal v zraku, ki so višja od priporočil Svetovne zdravstvene organizacije (WHO) [1]. Neposredni vplivi onesnaženega zraka na človeka potekajo predvsem preko dihalnih organov, kjer škodljive snovi prehajajo v telo in na kompleksen način vplivajo na procese v človeku (slika 1.1 in tabela 1.1). Škodljive snovi v zraku pa lahko onesnažijo tudi tla ali hrano, vstopijo v prehransko verigo človeka in tudi po tej poti vplivajo na človekovo zdravje in počutje.

Ocenjuje se, da je onesnažen zrak v EU-28 v letu 2012 povzročil več kot 400.000 prezgodnjih smrti [1]. Najpogostejši vzroki prezgodnje smrti povezani z onesnaženostjo zraka so bolezni srca in obtočil, srčna kap (80 % primerov), sledijo bolezni pljuč in pljučni rak [2]. Poleg prezgodnjih smrti onesnažen zrak zvišuje pogostnost zbolevanja za številnimi boleznimi dihal, boleznimi srca in obtočil in pljučnim rakom.

Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) je onesnažen zunanji zrak leta 2013 uvrstila med kancerogene za ljudi. S povečano incidenco raka je najtesneje povezana onesnaženost zraka z delci. Izpostavljenost onesnaženemu zraku povzroča nastanek pljučnega raka in je povezana s povečanim tveganjem za nastanek raka na mehurju [3]. Novejše raziskave kažejo, da lahko izpostavljenost onesnaženemu zraku v zgodnjem otroštvu pomembno vpliva na razvoj otroka in sproži nastanek bolezni, ki se pokažejo šele kasneje v odrasli dobi [4]. Po podatkih WHO lahko izpostavljenost onesnaženemu zraku med nosečnostjo med drugim povzroči zmanjšano rast plodu, prezgodnje

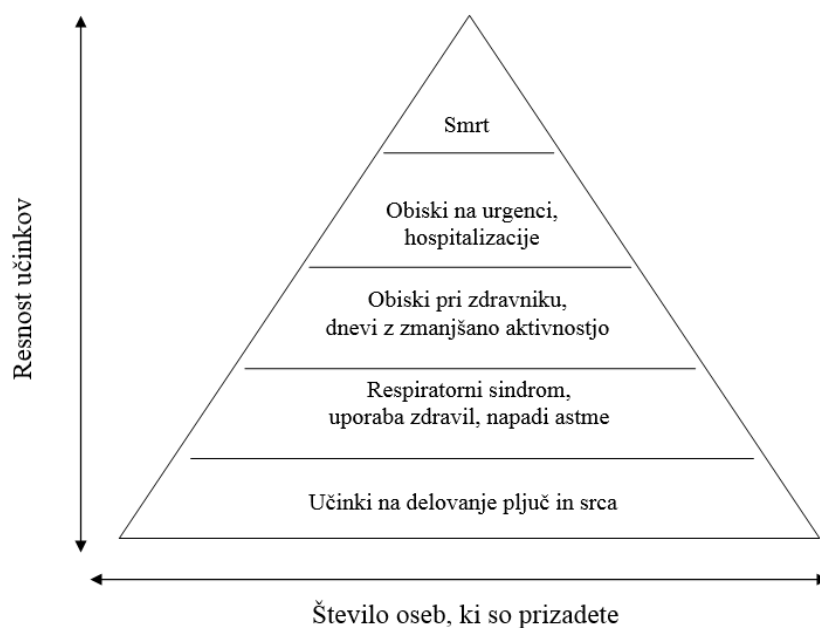
rojstvo in spontani abortus [5, 6]. Obstajajo indikacije, da je lahko prizadet tudi imunski sistem novorojenčkov. Vplivi onesnaženega zraka na razvijajoči se zarodek so še posebej zaskrbljujoči, saj lahko vplivajo na razvoj otroka in sprožijo nastanek različnih bolezni, ki se razvijejo kasneje v življenju (astma, alergije, diabetes) [7].

Pri ocenjevanju vpliva onesnaženega zraka na zdravje in počutje ljudi je pomembno, da je delež ljudi, na katere ima onesnažen zrak manjše učinke, bistveno večji od deleža ranljivejše populacije, ki ima izrazit zdravstven odziv na onesnažen zrak (slika 1.2).



Slika 1.1: Vpliv onesnaževal na človeka [8].

Onesnažen zrak v znatni meri prizadene tudi ekosisteme, tako neposredno, kakor tudi posredno zaradi vnosa škodljivih snovi preko zraka v vode in tla. Leta 2010 je bilo 7 % površine ekosistemov v EU-28 izpostavljenih zakisljevanju zaradi žveplovih in dušikovih oksidov. Še več, istega leta je bilo kar 63 % površine ekosistemov EU izpostavljenih onesnaženosti zraka, ki presega meje evtrofikacije. Na območjih Nature 2000 je ta delež še višji in znaša 73 % [1]. Ekonomski vidik onesnaženosti zraka se zrcali v naraščajočih stroških medicinske oskrbe in zmanjšanju produktivnosti zaradi bolezni. Onesnažen zrak zmanjšuje pridelke v kmetijstvu in škodljivo vpliva na gozdove, škoduje pa tudi zgradbam in drugim konstrukcijam. Skupni eksterni stroški, ki so posledica vplivov na zdravje, so v razponu od 330 do 940 milijard EUR. Neposredna gospodarska škoda vključuje 15 milijard EUR zaradi izgubljenih delovnih dni, zdravstvene stroške v višini 4 milijard EUR, izgubo pridelka v višini 3 milijard EUR in škodo na objektih, ki znaša 1 milijardo EUR [2]. Kljub bistvenemu zmanjšanju onesnaženosti zraka v zadnjih 50 letih je izboljšanje kakovosti zraka še vedno eden izmed osrednjih ciljev okoljskih politik.



Slika 1.2: Piramida učinkov na zdravje (Vir: US EPA).

Onesnaženost zraka in podnebne spremembe sta različna, a povezana problema. Toplogredni plini, ki se v ozračju zadržujejo daljši čas, tudi več stoletij, so inertni in na zdravje človeka nimajo neposrednega vpliva. Čas zadrževanja onesnaževal zraka v atmosferi pa je le nekaj dni ali tednov. Kljub temu nekatera onesnaževala zraka vplivajo na podnebje, nekatera prispevajo k neto ohlajanju atmosfere, druga pa povzročajo njeno segrevanje. Poleg tega onesnaževala in toplogredne pline pogosto sproščajo iste aktivnosti, kot je na primer uporaba fosilnih goriv, zato obstajajo sinergije med zmanjševanjem onesnaženosti zraka in blaženjem podnebnih sprememb. Obstajajo pa tudi nasprotja med reševanjem teh dveh problemov, kot na primer uporaba lesa v energetske namene, ki je CO₂ nevtravno gorivo, sprošča pa lahko visoke emisije delcev, še posebej, če se uporablja v zastarelih malih kurilnih napravah. Izzive izboljševanja kakovosti zraka in blaženja podnebnih sprememb je zato potrebno reševati povezano in s celovitim pristopom.

Področje varstva zraka je eden izmed okoljskih vidikov, kjer so se najprej začeli procesi usklajevanja in priprave enotnih politik na nivoju Evropske Skupnosti. To velja za standarde kakovosti zraka, ki so enotno urejeni za vse države članice Evropske Skupnosti. Poleg tega je na nivoju EU sprejet širok nabor ukrepov, ki je usmerjen neposredno v zmanjševanje izpustov pri proizvodnji elektrike in toplote, iz industrije, vozil in tudi v kakovost goriv, ki vplivajo na izpuste. Dodatno so s posebno direktivo [9] omejeni tudi izpusti žveplovih in dušikovih oksidov ter hlapnih organskih spojin in amoniaka na nivoju posameznih držav članic. Standarde kakovosti zraka določata Direktiva 2008/50/ES o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo [10] ter Direktiva 2004/107/ES o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih [11] v zunanjem zraku. Direktivi določata mejne in ciljne vrednosti ravni onesnaževal v zraku. Mejna vrednost je raven, določena na podlagi znanstvenih spoznanj, katere cilj se je izogniti škodljivim učinkom na zdravje ljudi oziroma okolje, jih preprečiti ali zmanjšati. Mejno vrednost onesnaževal je treba doseči v določenem roku, ko pa se ta doseže, se ne sme več preseči. Ciljna vrednost je raven, določena s

ciljem izogniti se škodljivim učinkom na zdravje ljudi oziroma okolje, jih preprečiti ali zmanjšati. Ciljno vrednost je treba, če je to mogoče, doseči v določenem času. Mejne in ciljne vrednosti so postavljene ob upoštevanju smernic WHO, a so v večini primerov nekoliko višje zaradi zagotavljanja njihove izvedljivosti. Za varstvo rastlin so določene kritične vrednosti. Pri onesnaževalih z akutno toksičnostjo so prepisane tudi opozorilne in alarmne vrednosti. Opozorilna vrednost pomeni raven, katere preseganje pomeni tveganje za zdravje ljudi zaradi kratkotrajne izpostavljenosti še posebej občutljivega dela prebivalstva in pri kateri je potrebno takojšnje obveščanje javnosti. Pri preseženi alarmni vrednosti pa je tveganje za zdravje ljudi že tolikšno, da se zahteva takojšnje ukrepanje. Zakonodaja predpisuje mejne vrednosti za delce PM₁₀ in PM_{2,5}, žveplov dioksid (SO₂), ogljikov monoksid (CO), dušikov dioksid (NO₂) ter svinec (Pb) in benzen (C₆H₆). Ciljne vrednosti so predpisane za onesnaževala ozon (O₃), arzen (As), kadmij (Cd), nikelj (Ni) in benzo(a)piren. Kritične vrednosti so predpisane za dušikove okside (NO_x) in žveplov dioksid. Opozorilna vrednost je predpisana za ozon, alarmne vrednosti pa za dušikov dioksid, žveplov dioksid in ozon.

V primeru prekoračenih mejnih vrednosti direktiva [10] zahteva pripravo načrtov za kakovost zraka. Ti načrti na čezmerno onesnaženih področjih nadgrajujejo ukrepe, ki so bili za izboljšanje zraka sprejeti na evropski ali nacionalni ravni. Tako je za doseganje skladnosti z mejnimi vrednostmi za delce PM₁₀ Vlada Republike Slovenije v sodelovanju z lokalnimi skupnostmi pripravila Načrte za kakovost zunanjega zraka za mestne občine Celje [12], Kranj [13], Ljubljano [14], Maribor [15], Mursko Soboto [16], Novo mesto [17] ter Zasavske občine Hrastnik, Trbovlje in Zagorje [18]. Ti načrti, ki so bili sprejeti v letih 2013 in 2014, so usmerjeni predvsem v zmanjševanje izpustov zaradi ogrevanja stavb in izpustov cestnega motornega prometa.

Direktivi 2008/50/ES in 2004/107/ES na nivoju Evropske skupnosti določata tudi načine ocenjevanja kakovosti zraka. Tako so lahko podatki o kakovosti zraka primerljivi med članicami EU.

Direktivi 2008/50/ES in 2004/107/ES sta v slovenski pravni red preneseni z Uredbo o kakovosti zunanjega zraka [19], Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka [20] in Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [21]. Ti uredbi in pravilnik so skupaj z drugimi predpisi s področja ocenjevanja in upravljanja s kakovostjo zraka zbrani in dostopni na spletnem naslovu pristojnega ministrstva.

Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka določa, da v Sloveniji ocenjevanje kakovosti zraka zagotavlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Poleg meritev, namenjenih ugotavljanju skladnosti s standardi kakovosti zraka, ARSO izvaja tudi meritve programa EMEP, ki deluje v okviru Konvencije o prenosu onesnaženja na velike razdalje preko meja [22] in GAW, ki je program Svetovne meteorološke organizacije. Oba programa sta namenjena ugotavljanju prenosa onesnaženja v širših regionalnih in kontinentalnih razsežnostih. Te meritve obsegajo tudi spremljanje kakovosti padavin in usedlin. Podatke o kakovosti zunanjega zraka na ARSO sproti objavljamo na spletu. Izdajamo mesečni bilten, v katerem so predstavljeni tudi rezultati meritev kakovosti zraka. Objavljeni rezultati sprotnih meritev na spletu in rezultati, prikazani v mesečnih biltenih, imajo status začasnih podatkov. Rezultati meritev, objavljeni v tem poročilu, so bili dodatno preverjeni na vseh stopnjah kontrole podatkov in imajo status dokončnih podatkov.

V tem poročilu prikazujemo rezultate meritev kakovosti zraka v letu 2015 in za ponazoritev trendov onesnaženosti zraka tudi rezultate meritev iz prejšnjih obdobj. Podajamo tudi podatke o

izpustih onesnaževal iz državnih evidenc onesnaževal zraka, ki jih tudi vodimo na ARSO. Pripravili smo tudi primerjave izpustov onesnaževal zraka in kakovosti zraka v Sloveniji s stanjem v drugih državah Evropske unije. Osredotočili smo se predvsem na onesnaževala, ki imajo predpisane mejne ali ciljne vrednosti, vključili pa smo tudi rezultate spremljanja kakovosti padavin, ki prispevajo k vnosu snovi v vode in tla.

Tabela 1.1: Vplivi onesnaževal na zdravje ([23], [1]).

DELCI (PM)
Rezultati epidemioloških raziskav kažejo, da ima največji vpliv na zdravje onesnaženost zraka z delci (PM). Izpostavljenost delcem povzroča (ali poslabša) nastanek boleznih dihal ter srca in obtočil, srčnih napadov in aritmij. Povezana je z nastankom ateroskleroze in pljučnega raka. Pri otrocih izpostavljenost z delci onesnaženemu zraku poveča obolevnost za boleznimi dihal (astma). Študije dokazujejo povezavo med onesnaženostjo z delci in prezgodnjo umrljivostjo, boleznimi centralnega živčnega sistema (Alzheimer), presnovnimi boleznimi (sladkorna bolezen tipa 2), ugotavljajo pa tudi druge učinke (npr. prenizka porodna teža).
OZON (O₃)
Izpostavljenost ozonu lahko vpliva na pogostnost obolevanja za astmo, poslabša resnost boleznih in razvoj pljučnih funkcij. Vpliva lahko tudi na prezgodnjo umrljivost. Zadnje epidemiološke raziskave nakazujejo, da je vpliv ozona na umrljivost večji kot je to veljalo do sedaj.
DUŠIKOVI OKSIDI (NO_x)
Številne raziskave objavljene v zadnjem desetletju navajajo povezave med izpostavljenostjo dušikovim oksidom in smrtnostjo zaradi vseh vzrokov ter smrtnostjo zaradi srčno-žilnih boleznih in boleznih dihal ter obolevnostjo dihal.
POLICIKLIČNI AROMATSKI OGLJIKOVODIKI (PAH)
Policiklični aromatski ogljikovodiki s posebnim poudarkom na benzo-a-pirenu (BaP) veljajo za kancerogene. WHO v svojih publikacijah navaja tudi nove dokaze o povezavah med izpostavljenostjo PAH in povečano obolevnostjo in umrljivostjo zaradi boleznih srca in obtočil.
ŽVEPLOVI OKSIDI (SO_x)
Izpostavljenost žveplovim oksidom poslabšuje astmo, lahko zmanjša pljučno funkcijo in povzroča vnetja dihal. Izpostavljenost žveplovim oksidom lahko povzroča tudi glavobol, splošno slabo počutje in razdražljivost.
OGLJIKOV MONOKSID (CO)
Izpostavljenost ogljikovemu monoksidu lahko vodi v boleznih srca in obtočil ter poškodbe živčnega sistema. Povzroči lahko tudi glavobol, omotico in utrujenost.
ARZEN (As)
Anorganski arzen je za človeka rakotvoren. Pri izpostavljenosti z vdihovanjem lahko povzroča raka pljuč.
KADMIJ (Cd)
Kadmij in njegove spojine so kancerogene. Vnos kadmija z vdihavanjem predstavlja pri nekadilcih le minimalni del celotne izpostavljenosti, njegova prisotnost v zraku pa je lahko pomembna zaradi posedanja na tla, vstopa v prehransko verigo in s tem zaužitja s hrano.
SVINEC (Pb)
Svinec lahko prizadene skoraj vse organe in sisteme, še posebej pa to velja za živčni sistem in obtočila. Posebej so ranljivi pri otrocih, pri katerih vpliva na razvoj možganov, pri odraslih pa izpostavljenost svincu lahko povzroči povišan krvni tlak.
ŽIVO SREBRO (Hg)
Izpostavljenost živemu srebru lahko negativno vpliva na jetra, ledvice, prebavila in dihala. Škodljivo lahko vpliva tudi na centralni živčni sistem.
NIKELJ (Ni)
Nikelj in številne nikljeve spojine so kancerogene, ima pa tudi druge učinke na zdravje. Vpliva lahko npr. na delovanje žlez.
BENZEN (C₆H₆)
Benzen je rakotvorna snov, ki lahko povzroči levkemijo. Lahko škoduje plodu, vpliva na kri (povzroča slabokrvnost in pretirano krvavenje) in imunski sistem (zmanjšuje odpornost pred infekcijami).

2. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka

V skladu z Direktivo o kakovosti zunanjega zraka [10] se ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka lahko opravlja s pomočjo rezultatov meritev na stalnih merilnih mestih, indikativnih meritev ali modeliranja kakovosti zraka ter objektivnih ocen. Za meritve na stalnih merilnih mestih Direktiva o kakovosti zraka predpisuje stroge zahteve za kakovost in razpoložljivost rezultatov meritev. Zahteve glede kakovosti meritev za indikativne meritve so nižje, zato jih je mogoče opravljati s preprostejšimi metodami in/ali z manjšo časovno pokritostjo.

Način ocenjevanja kakovosti zraka je odvisen od onesnaženosti posameznega območja, če je onesnaženost višja, so potrebne kakovostnejše meritve. Direktiva o kakovosti zunanjega zraka za posamezno onesnaževalo določa spodnji in zgornji ocenjevalni prag. Če so ravni onesnaženosti posameznega onesnaževala pod spodnjim ocenjevalnim pragom, za ocenjevanje kakovosti zraka zadostujejo objektivne ocene ali modeliranje. Če so ravni onesnaženosti nad spodnjim ocenjevalnim pragom, so v posameznem območju ali aglomeraciji obvezne meritve na stalnih merilnih mestih. V primeru, da je onesnaženost zraka večja od zgornjega ocenjevalnega praga, so zahteve za najmanjše število merilnih mest večje. Za vsa onesnaževala na vseh območjih in aglomeracijah smo na ARSO pripravili oceno onesnaženosti zraka za določitev načina ocenjevanja kakovosti zraka.

Slovenija je bila v letu 2015 po Uredbi o kakovosti zunanjega zraka za ocenjevanje kakovosti zraka razdeljena na dve območji in dve aglomeraciji, in sicer različno za težke kovine in druga onesnaževala. Za ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka glede na ravni SO₂, NO₂, CO, O₃, C₆H₆, PM₁₀, PM_{2,5} in BaP je Slovenija razdeljena na celinski (SIC) ter primorski (SIP) del. Za težke kovine pa je zaradi svoje specifičnosti iz območja celotne Slovenije izvzeta Zgornja Mežiška dolina.

Tabela 2.1: Definicija območij in aglomeracij v Sloveniji.

Območje/aglomeracije	Statistične regije	Št. prebivalcev	Površina (km ²)
SIC	Pomurska in Podravska brez MO Maribor, Koroška, Savinjska in Zasavska, Spodnjiesavska, Gorenjska, Osrednjeslovenska in Jugovzhodna Slovenija brez MO Ljubljana in MO Maribor	1.381.554	15.026
SIL	Območje mesta Ljubljana	282.741	275
SIM	Območje mesta Maribor	111.115	148
SIP	Goriška, Notranjsko-Kraška in Obalno-Kraška	283.704	4.825

V letu 2015 smo za ocenjevanje kakovosti zraka uporabljali meritve na stalnih merilnih mestih, ki smo jih dopolnjevali tudi z rezultati modeliranja kakovosti zraka.

2.1 Meritve na stalnih merilnih mestih

Sistematične meritve ravni onesnaževal na stalnih merilnih mestih so se v Sloveniji začele v sredini sedemdesetih let prejšnjega stoletja. Avtomatski merilniki onesnaženosti zraka so se začeli uvajati v okviru državne mreže ANAS (analitično-nadzorni alarmni sistem) v začetku osedemdesetih let. V prvem obdobju delovanja državne mreže je bil največji poudarek namenjen meritvam ravni žveplovega dioksida. Kasneje se je merilna mreža počasi širila in tudi nadgrajevala z meritvami večjega nabora onesnaževal.

Državno merilno mrežo za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ) upravlja ARSO. V letu 2015 jo je sestavljalo 19 merilnih mest, s katerimi lahko zagotavljamo osnovne podatke o kakovosti zraka v Sloveniji. Poleg merilnih mest v okviru DMKZ na stalnih merilnih mestih potekajo meritve za spremljanje vpliva nekaterih večjih energetskih in industrijskih objektov. Dodatne meritve kakovosti zraka zagotavljajo tudi nekatere lokalne skupnosti. V tem poročilu so poleg rezultatov meritev DMKZ navedeni tudi rezultati ekoloških informacijskih sistemov (EIS) termoelektrarn (TEŠ, TET, TEB in TE-TOL), cementarn Lafarge Cement in Salanit Anhovo ter mestnih občin (MO) Ljubljana, Maribor in Celje.

Podatki o merilnih mestih, na katerih spremljamo ravni onesnaževal in meteorološke veličine, so podani v tabelah 2.2 in 2.3 ter prikazani na sliki 2.1. Lokacije merilnih mest v okviru DMKZ so bile izbrane v skladu z določili Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zraka. Za vsako merilno mesto je podana nadmorska višina, geografske koordinate, tip merilnega mesta, tip in značilnosti območja ter geografski opis. Pri tej določitvi so upoštevane smernice Evropske okoljske agencije.

Merilna mreža kakovosti zraka DKMZ je bila v letu 2015 po številu merilnih mest, njihovi lokaciji in naboru merjenih veličin, enaka kot v letu 2014. Merilna mesta mestnega ozadja, med katera uvrščamo Ljubljano Bežigrad, Ljubljano Biotehniška Fakulteta, Maribor Vrbanski plato, Celje, Hrastnik, Novo Gorico, Koper, Kranj, Novo mesto in Velenje, so reprezentativna za gosteje naseljene predele teh mest, v katerih živi večina prebivalstva. Te lokacije so praviloma bolj obremenjene zaradi večje gostote izpustov iz prometa v neposredni bližini .

Z meritvami na prometnih merilnih mestih Ljubljana center, Maribor center in Zagorje pridobimo podatke o kakovosti zraka ob prometnih cestah.

Merilna mesta predmestnega ozadja, kot na primer merilno mesto Trbovlje, podajajo razmere glede kakovosti zraka na obrobju mest ali večjih naselij, za katere je značilna manjša gostota prometa in poselitve. Merilno mesto Rakičan uvrščamo v tip podeželskega/obmestnega ozadja. Na to merilno mesto neposredno vplivajo izpusti iz bližnje ceste in naselja ter tudi obdelava kmetijskih površin. Podatki meritev z merilnih mest Krvavec, Iskrba in Otlica so namenjeni predvsem za pridobivanje informacij o stanju onesnaženosti zraka na širšem področju za zaščito okolja (narava, rastline, živali) in ljudi ter za potrebe določanja in raziskav daljinskega transporta onesnaženosti.

Merilno mesto Iskrba je vključeno v program EMEP, ki se v okviru Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja osredotoča predvsem na daljinski transport onesnaženosti ter posledično zakisljevanje in evtrofikacijo. Merilno mesto Krvavec pa je del programa GAW Svetovne meteorološke organizacije in je pomembno predvsem za spremljanje transporta ozona. Podrobnejši opis merilnih mest, ki delujejo v okviru DMKZ, je na spletni strani ARSO v Atlasu okolja.

Meritve kakovosti zraka na stalnem merilnem mestu morajo biti točne, natančne in zanesljive.

Zahteva se uporaba standardiziranih referenčnih metod, ki jih navaja direktiva o kakovosti zraka in jih povzema Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka. Druge metode se lahko uporabljajo le, če je bila s preskusi dokazana njihova ekvivalentnost referenčni metodi.

Merilniki na osnovi referenčnih metod za ozon, dušikove okside, žveplov dioksid, ogljikov dioksid in benzen zagotavljajo rezultate meritev v realnem času s časovno ločljivostjo ena ura ali manj. Referenčna tako imenovana gravimetrična metoda za delce PM₁₀ in PM_{2,5} temelji na laboratorijskem tehtanju filtrov, skozi katere se je 24 ur prečrpaval zrak. Podatki referenčnih meritev delcev so na voljo le za dnevno povprečje in z večtedenskim zamikom. Enako velja tudi za določanje ravni težkih kovin in policikličnih aromatskih spojin, kjer se v laboratoriju analizira njihova vsebnost v delcih zbranih na filtrih.

Na nekaterih postajah meritve delcev PM₁₀ vzporedno z referenčno metodo izvajamo tudi z avtomatsko metodo. Avtomatska metoda je sicer manj točna, vendar so podatki na voljo v realnem času in s časovno ločljivostjo 30 minut. Podatke z avtomatskih merilnikov delcev PM₁₀ DMKZ uporabljamo predvsem za obveščanje javnosti in analize obdobji s prekomerno onesnaženostjo in ne za določanje skladnosti z mejnimi vrednostmi. Za meritve ravni drugih onesnaževal zraka na ARSO uporabljamo referenčne metode.

Meritve kakovosti padavin v okviru državne merilne mreže kakovosti padavin (DMKP), ki jih izvaja ARSO, potekajo na petih merilnih mestih, ki so enakomerno razporejena po Sloveniji. V tabelah 2.4 in 2.5 je podan opis merilnih mest za meritve kakovosti padavin v letu 2015, ki delujejo v okviru DMKP. Štiri merilna mesta so v podeželskem okolju (Iskrba pri Kočevski Reki, Rakičan pri Murski Soboti, Rateče Planica, Škocjan), v urbanem območju pa je le merilno mesto Ljubljana Bežigrad. Tudi za mrežo kakovosti padavin velja, da se glede na leto 2014 ni spremenila.

ARSO ima status nacionalnega referenčnega laboratorija za področje kakovosti zunanjega zraka in sodeluje v evropskem združenju AQUILA – mreži nacionalnih referenčnih laboratorijev za kakovost zraka. Redno sodelujemo v mednarodnih primerjalnih meritvah, ki jih organizira Skupni raziskovalni center Evropske komisije v Ispri. Umerjevalni laboratorij ARSO, ki skrbi za kalibracijo merilnikov ogljikovega monoksida, žveplovega dioksida, dušikovih oksidov in ozona v mreži DMKZ, je akreditiran po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005 za področje parametrov kakovosti zraka že od leta 2005. Obseg akreditacije je naveden na spletnem mestu Slovenske akreditacije. Zagotavljanje kakovosti meritev onesnaženosti zraka je podrobneje opisano v Poročilu o kakovosti zraka v Sloveniji v letu 2012 [24]. Kemijske analize delcev in padavin, z izjemo določanja živega srebra, izvajamo v laboratoriju ARSO. Za meritve težkih kovin in policikličnih organskih ogljikovodikov v delcih, ki imajo predpisane mejne oziroma ciljne vrednosti, je laboratorij akreditiran pri Slovenski akreditaciji. Poleg kemijskih analiz je laboratorij akreditiran tudi za meritve delcev PM₁₀ in PM_{2,5}. Postopki, uporabljeni standardi in merilna oprema so navedeni v Poročilu o kakovosti zraka v Sloveniji v letu 2012 [24]. Obseg akreditacije Kemijsko analitskega laboratorija je naveden na spletnem mestu Slovenske akreditacije.

Tabela 2.2: Nadmorska višina (NV), Gauss-Kruegerjevi koordinati (GKK_y, GKK_x), tip merilnega mesta, tip območja in značilnosti območja za stalna merilna mesta kakovosti zraka v letu 2015.

Merilno mesto	NV	GKK _y	GKK _x	Tip merilnega mesta	Tip območja	Značilnost območja
DMKZ						
LJ Bežigrad	299	462673	102490	B	U	RC
LJ Biotehniška	297	459457	100591	B	U	R
Maribor	270	550305	157414	T	U	RC
MB Vrbanski*	280	548452	158497	B	U	R
Kranj	391	451356	122802	B	U	R
Novo mesto	214	514163	73066	B	U	R
Celje	240	520614	121189	B	U	R
Trbovlje	250	503116	110533	B	S	RCI
Zagorje	241	500070	109663	T	U	RCI
Hrastnik	290	506805	111089	B	U	IR
Nova Gorica	113	395909	91034	B	U	RC
Koper	56	399911	45107	B	U	R
MS Rakičan	188	591591	168196	B	R(NC)	A
Velenje*	389	508928	135147	B	U	RCI
Žerjav	543	490348	149042	I	R	RA
Krvavec	1740	464447	128293	B	R(REG)	N
Iskrba	540	489292	46323	B	R(REG)	N
Otlica	918	415980	88740	B	R(REG)	N
Dopolnilna merilna mreža						
OMS MO Ljubljana						
LJ Center	300	461919	101581	T	U	RC
EIS TEŠ						
Šoštanj	362	504504	137017	I	S	I
Topolšica	399	501977	140003	B	S	IR
Veliki Vrh	555	503542	134126	I	R(REG)	A
Zavodnje	765	500244	142689	I	R(REG)	A
Velenje	389	508928	135147	B	U	RCI
Graška gora	774	509905	141184	I	R(REG)	A
Pesje	391	506513	135806	B	S	IR
Škale	423	507764	138457	B	S	IR
EIS TET						
Dobovec	695	506034	106865	I	R	A
Kovk	608	508834	109315	I	R	A
Ravenska vas	577	501797	108809	I	R	A
Kum	1209	506031	104856	B	R(REG)	I
Prapretno	380	506155	110524	I	R	A
Lafarge Cement						
Zelena trava	467	502393	109693	I	R	A
EIS TEB						
Sv.Mohor	390	537299	93935	B	R	A
EIS TE-TOL						
Vnajnarje	630	474596	100884	I	R	A
MO Celje						
AMP Gaji	240	522888	122129	B	U	IC
MO MARIBOR						
MB Vrbanski	280	548452	158497	B	U	R
MBPohorje	725	544682	148933	B	R	A
EIS ANHOVO						
Morsko	130	394670	104013	B	R	AI
Gorenje Polje	120	393887	103094	B	R	AI

Tip merilnega mesta: B=ozadje (background), T=prometno (traffic), I=industrijsko (industrial)

Tip območja: U=mestno (urban), S=predmestno (suburban), R=podeželjsko (rural), NC=primestno (near city)
REG=regionalno (regional)

Začilnosti območja: R=stanovanjsko (residential), C=poslovno (commercial), I=industrijsko (industrial),
A=kmetijsko (agricultural), N=naravno (natural)

* Z merilnim mestom ne upravlja ARSO

Tabela 2.3: Meritve onesnaževal in meteoroloških parametrov na stalnih merilnih mestih v letu 2015.

Merilno mesto	SO ₂	O ₃	NO ₂ , NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	Benzen	Težke kovine in PAH v PM ₁₀	Ioni v zraku	EC/OC v PM _{2,5} in ioni	Hg	Meteorološki parametri
DMKZ												
LJ Bežigrad	+	+	+	+		+	+					+
LJ Biotehniška				+	+			+		+		
Maribor	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+
MB Vrbanski*					+					+		
Kranj				+								
Novo mesto				+								+
Celje	+	+	+	+								+
Trbovlje	+	+	+	+		+						+
Žagorje	+	+	+	+								+
Hrastnik	+	+		+								+
Nova Gorica			+	+								+
Koper			+	+								+
MS Rakičan		+	+	+								+
Žerjav				+				***				
Krvavec		+				+						+
Iskrba	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+
Otlica		+										+
Velenje*				+								
Dopolnilna merilna mreža												
OMS MO LJUBLJANA												
LJ Center	+		+	+				+				+
EIS TEŠ												
Šoštanj	+											+
Topolšica	+											+
Veliki Vrh	+											+
Zavodnje	+	+	+									+
Velenje	+	+										+
Graška gora	+											+
Pesje	+			+								
Škale	+		+	+								+
EIS TET												
Dobovec	+		+	+								+
Kovk	+	+	+	+								+
Ravenska vas	+											+
Kum	+											+
Prapretno				+								+
Lafarge Cement												
Zelena trava	+		+	+				+				+
EIS TEB												
Sv. Mohor	+	+	+									+
EIS TE-TOL												
Vnajnarje	+	+	+	+								+
MO MARIBOR												
MB Vrbanski			+	+	+							+
MB Pohorje			+									
MO Celje												
AMP Gaji	+		+	+								
EIS ANHOVO												
Morsko				+								
Gorenje Polje				+								

PM₁₀: delci z aerodinamičnim premerom do 10 μm

PM_{2,5}: delci z aerodinamičnim premerom do 2,5 μm

PAH: policiklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM₁₀

Težke kovine: arzen, kadmij, nikelj in svinec v delcih PM₁₀ in PM_{2,5}

EC/OC: Elementni in organski ogljik

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

* Z merilnim mestom ne upravlja ARSO

** Samo analiza težkih kovin

Tabela 2.4: Nadmorska višina in koordinate merilnih mest za meritve kakovosti padavin v DMKP.

	NV	GKK _y	GKK _x
Iskrba	540	489292	46323
MS Rakičan	188	591591	168196
Rateče	864	401574	151142
Škocjan	420	421891	58228

Tabela 2.5: Nabor meritev za ugotavljanje kakovosti padavin na merilnih mestih DMKP.

	Količina padavin	pH	Električna prevodnost	Osnovni kationi in anioni	Težke kovine	PAH
Iskrba	+	+	+	+	+	+
MS Rakičan	+	+	+	+		
Rateče	+	+	+	+		
Škocjan	+	+	+	+		
LJ Bežigrad*	+	+	+	+		

Osnovni kationi in anioni:

Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}

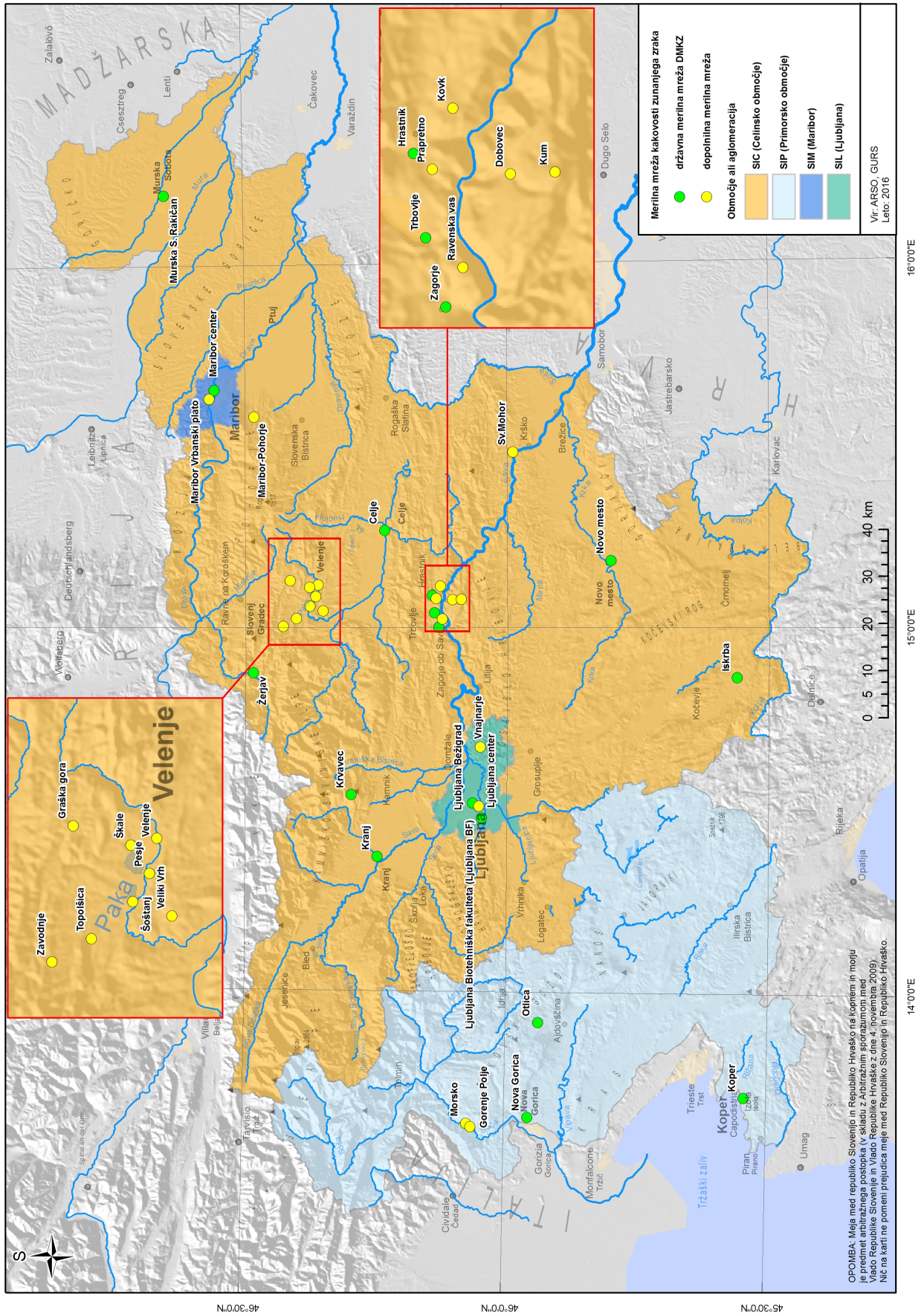
Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH):

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

* V letu 2015 zaradi gradbenih del v bližini merilnega mesta ni bilo meritev



Slika 2.1: Merilna mreža kakovosti zunanjega zraka.

2.2 Modeliranje kakovosti zraka

Pri modeliranju kakovosti zraka simuliramo fizikalne in kemične procese, ki vplivajo na ravni onesnaževal, ko se razširjajo in pretvarjajo v ozračju. Z modeliranjem kakovosti zraka lahko ocenimo prispevek posameznih skupin virov ali območja k onesnaženosti zraka. Modeli so nepogrešljivi pri vrednotenju scenarijev izpustov in oceni učinkov posameznih ukrepov. Poleg tega zagotavljajo podatke o prostorski porazdelitvi onesnaženosti zraka in tako dopolnjujejo rezultate majhnega števila meritev na stalnih merilnih mestih. Negotovost rezultatov je predvsem odvisna od negotovosti vhodnih podatkov, povezanih z izpusti onesnaževal in opisom polj vhodnih meteoroloških parametrov. Drug vidik modeliranja kakovosti zraka je napovedovanje ravni onesnaževal. To je potrebno za izvajanje kratkoročnih akcijskih načrtov za kakovost zraka, ki se sprožijo v primeru napovedane čezmerne onesnaženosti zraka in za obveščanje javnosti.

Za namen ocenjevanja in napovedovanja koncentracij na ARSO uporabljamo modelski sistem ALADIN/SI-CAMx. Zaradi negotovosti vhodnih polj, pomanjkljivosti v opisu procesov v modelskem sistemu, predvsem pa zaradi kompleksnosti terena in hkrati slabe prostorske ločljivosti modela (4,4 km × 4,4 km), modelski rezultati večinoma podcenijo koncentracije onesnaževal. V primeru delcev PM₁₀ modelski izračuni tipično podcenijo izmerjene vrednosti približno za faktor 2. Ocenjujemo, da je to v veliki meri posledica slabe prostorske ločljivosti modela, saj je večina območij z najvišjimi koncentracijami onesnaževal manjša od velikosti modelske celice. To pomeni, da se izpusti v modelski simulaciji ne obravnavajo ločeno, ampak kot povprečje v celotni modelski celici. Izboljšanje rezultatov modela lahko dosežemo s tehnikami združevanja podatkov (angl. data fusion), pri katerih modelske vrednosti združujemo s točkovnimi meritvami koncentracij onesnaževal.

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati združevanja za letne koncentracije delcev PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ in NO_x na območju Slovenije za leto 2011. Gre za prvo tovrstno analizo prostorske porazdelitve koncentracij onesnaževal za celotno območje Slovenije.

2.2.1 Modelski sistem ALADIN/SI-CAMx

Disperzijsko-fotokemijski model CAMx (The Comprehensive Air quality Model with Extensions) je Agencija Združenih držav za varstvo okolja (US Environmental Protection Agency, US EPA) odobrila za modeliranje ozona in delcev v različnih časovnih in prostorskih ločljivostih [25]. Na ARSO uporabljamo model CAMx, sklopljen z operativnim meteorološkim modelom ALADIN/SI [26], kar zagotavlja najboljši razpoložljiv modelski opis meteoroloških pogojev na širšem območju Slovenije. Za namen priprave prostorske porazdelitve koncentracij onesnaževal na območju Slovenije za leto 2011 so bila vhodna meteorološka polja (zračni tlak, temperatura zraka, hitrost in smer vetra, specifična vlaga, oblačna in padavinska voda, koeficient vertikalne turbulentne difuzivnosti) ponovno izračunana s pomočjo shranjenih robnih pogojev za obravnavano obdobje. Koncentracije onesnaževal ob začetnem času in na robovih modelskega območja so dobljene iz reanaliz kemijskega globalnega modelskega sistema IFS-TMP5 [27]. Uporabljene antropogene emisije na območju Slovenije so ocenjene na osnovi zbirke podatkov o izpustih za leto 2011, na območjih izven Slovenije pa so bile uporabljene TNO/MACC-II evidence.

2.2.2 Združevanje podatkov

Združevanje podatkov je ena od tehnik asimilacije podatkov [28]. V postopkih ocenjevanja onesnaženosti zraka se ta metodologija pogosto uporablja za izboljšanje modelskih rezultatov s pomočjo točkovnih meritev [29]. Absolutne vrednosti koncentracij onesnaževal, ki jih izračunamo z numeričnim modelom, so namreč odvisne od prostorske ločljivosti numeričnega modela in njegovih ostalih lastnosti, predvsem od podrobnosti opisa dinamičnih, fizikalnih in kemičnih procesov v atmosferi ter od negotovosti vhodnih podatkov. Ravno nasprotno nam meritve dajo zelo natančne vrednosti koncentracij onesnaževal na lokacijah merilnih mest (obremenjene le z mersko napako), vendar pa zaradi omejene gostote merilnih mest nimamo informacije o koncentracijah drugod v prostoru. S tehniko združevanja podatkov izračunana modelska polja popravimo z meritvami, pri čemer je vpliv izmerjenih vrednosti na modelske koncentracije v vsaki točki obravnavanega območja odvisen od terena in oddaljenosti lokacije merilnih postaj. Rezultat takšnega postopka je boljša ocena prostorske porazdelitve onesnaževal [29].

Izbira najbolj primerne statistične metode za določanje prostorske porazdelitve koncentracij onesnaževal je močno pogojena z zadostno količino izmerjenih vrednosti, torej s številom merilnih postaj. Zaradi relativno majhne gostote točkovnih meritev (tabela 2.6) smo bili pri izboru metodologije omejeni. Odločili smo se za geostatistični pristop, t.i. kriging z zunanjim vplivom [30]. Le v primeru izračuna prostorske porazdelitve koncentracij delcev $PM_{2,5}$ smo zaradi izrazito omejenega števila merilnih točk izdelali enostavni empirični model. Združevanje podatkov je bilo narejeno ločeno po posameznih mesecih, izračun letnih polj pa je bil narejen s povprečenjem mesečnih koncentracij. Podrobnosti uporabljene metodologije so opisane v [31].

Tabela 2.6: Število merilnih mest za posamezna onesnaževala, ki so bila uporabljena v postopku združevanja podatkov za leto 2011.

	PM_{10}	$PM_{2,5}$	NO_2	NO_x
Število postaj	21	4	17	16

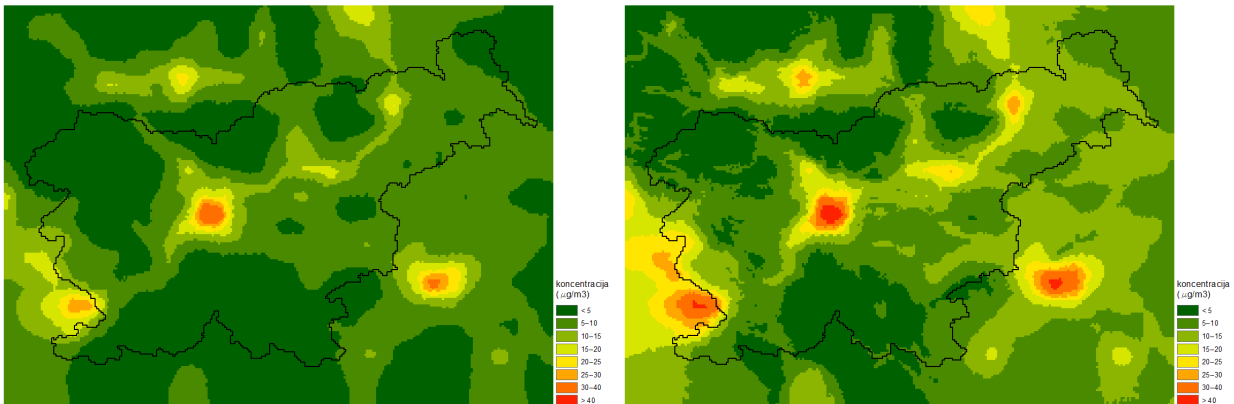
Vzorec meritev koncentracij je bil za vsa onesnaževala zelo majhen, zato neodvisnega vzorca za preverjanje kakovosti rezultatov nismo mogli oblikovati. Kvaliteto rezultatov smo preverili z navzkrižnim preverjanjem, kjer smo izmenično izločali meritve v posamezni točki in v izločeni točki ocenili koncentracijo z geostatističnim modelom. Ujemanje merjenih in modelskih vrednosti v merilnih točkah smo ocenili s Pearsonovim korelacijskim koeficientom (R) in z determinacijskim koeficientom (R^2), ki pove, kolikšen delež prostorske spremenljivosti koncentracije posameznega onesnaževala smo pojasnili z modelskimi rezultati, nadmorsko višino in geografskimi koordinatami. Pri tem se je potrebno zavedati, da so zaradi majhnega števila merilnih točk rezultati preverjanja lahko dali le grobe ocene zanesljivosti letnih polj koncentracij onesnaževal.

2.2.3 Rezultati

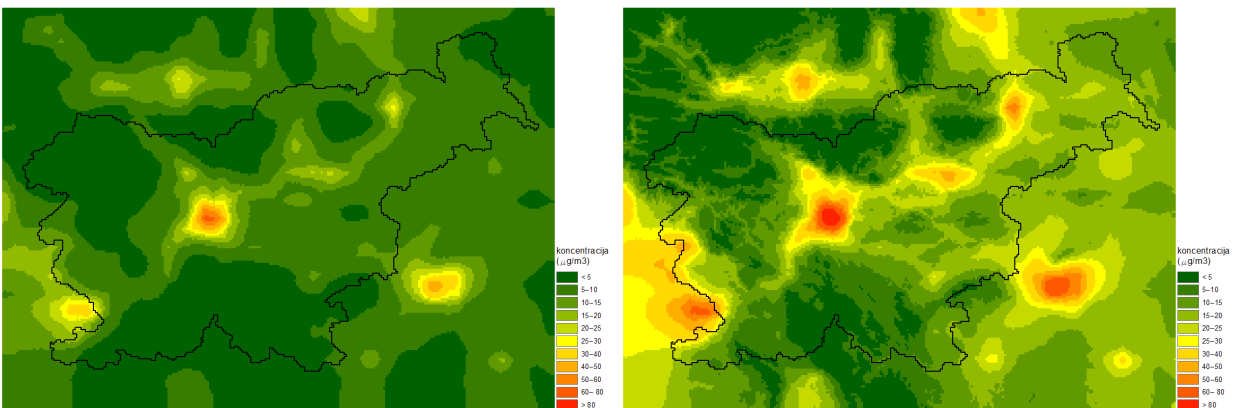
Primerjava prostorske porazdelitve koncentracij onesnaževal, ki jih dobimo z numeričnim modeliranjem in združevanjem podatkov (slike 2.2 do 2.5) pokaže, da s korakom združevanja podatkov izboljšamo dve lastnosti prostorskih polj:

- Absolutna vrednost koncentracij je v končnem polju primerljiva z meritvami.

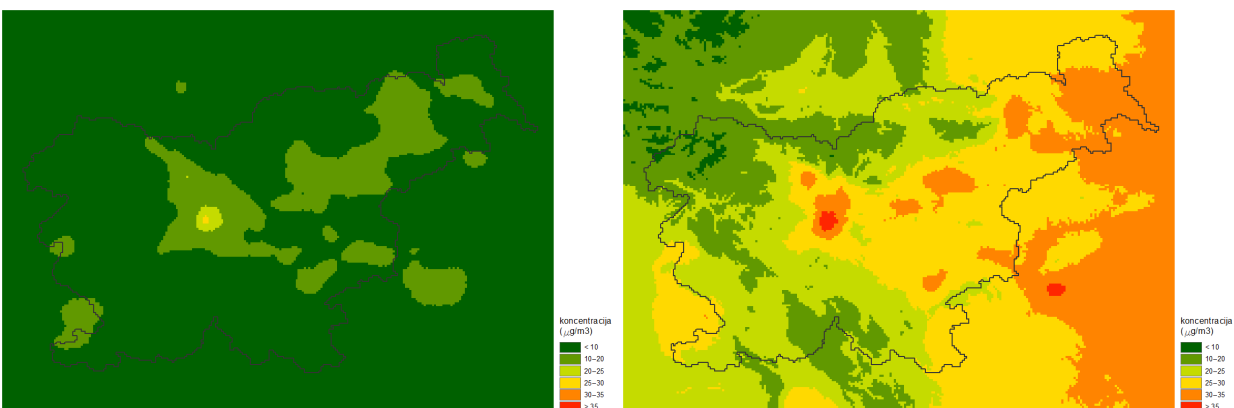
- Ločljivost prostorskih polj – po združevanju podatkov lahko iz prostorske porazdelitve koncentracije onesnaževal razločimo več podrobnosti, ki so povezane tudi s terenom.



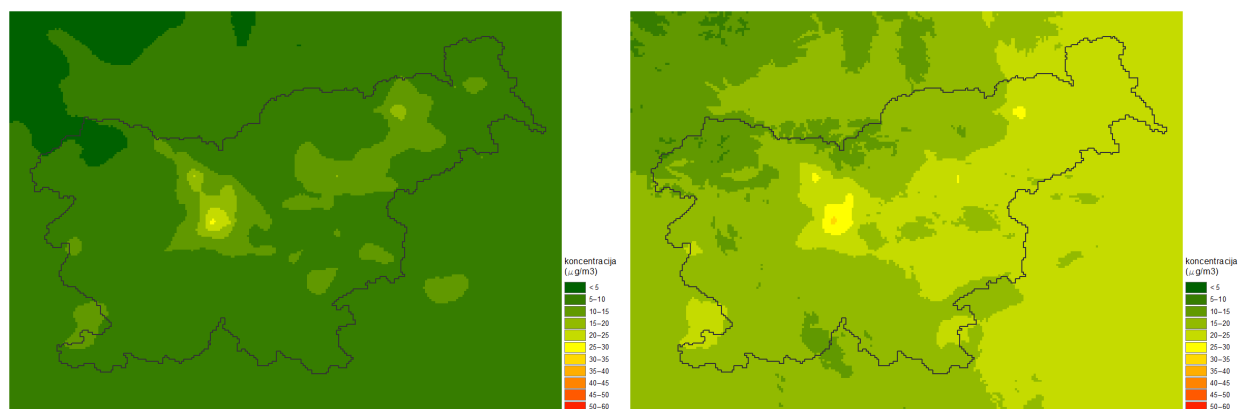
Slika 2.2: Prostorska porazdelitev povprečne letne koncentracije NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) izračunane z numeričnim modelom (levo) in po postopku združevanja podatkov (desno).



Slika 2.3: Prostorska porazdelitev povprečne letne koncentracije NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) izračunane z numeričnim modelom (levo) in po postopku združevanja podatkov (desno).



Slika 2.4: Prostorska porazdelitev povprečne letne koncentracije delcev PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) izračunane z numeričnim modelom (levo) in po postopku združevanja podatkov (desno).



Slika 2.5: Prostorska porazdelitev povprečne letne koncentracije delcev $PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) izračunane z numeričnim modelom (levo) in po postopku združevanja podatkov (desno).

Navzkrižno preverjanje rezultatov združevanja meritev z modelskimi rezultati je pokazalo, da so izračunane vrednosti letnih koncentracij dovolj zanesljive, saj je za večino primerov korelacijski koeficient R med izračunanimi in izmerjenimi vrednostmi višji od 0,5. Rezultati združevanja podatkov za koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ so bistveno boljši za mesece v hladni polovici leta (R med 0,70 in 0,89), ko je zaradi visokih vrednosti spremljanje koncentracij bolj pomembno, kot v topli polovici leta (R med 0,17 in 0,54). Slabši rezultati za tople mesece so posledica manjše prostorske spremenljivosti koncentracij, zato je s statističnim modelom težje zaznati razlike med območji z višjimi koncentracijami in ozadjem. V povprečju so rezultati združevanja najboljše za NO_2 , kjer je najnižji korelacijski koeficient (0,49) v mesecu juliju. Rezultati za koncentracije NO_x so le nekoliko slabši. Tudi v primeru dušikovih oksidov so rezultati združevanja podatkov boljši za hladne mesece kot za tople, vendar razlika med meseci ni tako velika kot v primeru delcev.

Pomembna ugotovitev je, da je za vsa onesnaževala zelo velik del prostorske spremenljivosti pojasnjen z linearnim (determinističnim) modelom, kjer upoštevamo povezanost koncentracij z rezultati numeričnega modela. Koeficient determinacije je za koncentracije delcev v večini primerov višji od 40 %, za koncentracije dušikovih oksidov pa višji kot 50 %. To pomeni, da se v končnih rezultatih v veliki meri odražajo rezultati numeričnega modela.

Ena od težav, s katero smo se srečevali v postopku združevanja podatkov, je bilo majhno število merilnih mest. Predvsem nam je za vsa onesnaževala primanjkovalo merilnih mest z meritvami ozadja. Glede na rezultate numeričnega modela so tudi koncentracije ozadja odvisne od terena in vplivov iz okoliških regij, česar pa z eno samo merilno točko (merilno mesto Iskrba) pri združevanju podatkov nismo mogli pokriti.

Za namen vrednotenja rezultatov smo letna polja onesnaževal PM_{10} in NO_2 na državni meji primerjali z vrednostmi izračunanimi v sosednjih državah v okviru FAIRMODE (Forum for air quality modelling in Europe, <http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>). Prostorska polja letnih koncentracij smo primerjali na meji s Hrvaško (za leto 2011), Italijo (za leto 2012) in na meji z Avstrijo (leto 2010). Primerjava polj NO_2 pokaže ujemanje koncentracij na mejah z Italijo in Avstrijo. Nekoliko manj konsistentna je situacija na meji s Hrvaško, predvsem zaradi slabše ločljivosti njihovega regionalnega modela in domnevno slabših evidenc o izpustih (potek glavnih cest ni razviden). Primerjava koncentracij PM_{10} kaže na previsoke koncentracije na vzhodnem delu Slovenije, ki so

posledica pomanjkanja merilnih postaj na tem območju in ne odražajo realnega stanja v Sloveniji (slika 2.4). V Ljubljani in okolici so koncentracije PM_{10} primerljive ali pa celo višje v primerjavi z industrializiranim delom Padske nižine, kar gre pripisati dejstvu, da smo za območje Slovenije modelske rezultate nadgradili z meritvami.

3. *Delci PM₁₀ in PM_{2,5}*

Izraz delci (angl. Particulate Matter – PM) se uporablja kot splošen pojem, ki obsega suspendirane delce (tekoče in trdne) v plinu. PM_{2,5} se nanaša na fine delce (angl. fine particles), ki imajo aerodinamski premer manjši od 2,5 µm. PM₁₀ pa se nanaša na delce z aerodinamičnim premerom pod 10 µm. PM₁₀ tako poleg finih delcev z aerodinamičnim premerom pod 2,5 µm vključujejo tudi grobe delce (angl. coarse particles) z aerodinamičnim premerom med 2,5 in 10 µm.

Glede na izvor lahko delce razdelimo na primarne in sekundarne. Primarne delce sproščajo v ozračje viri izpustov direktno, sekundarni delci pa nastajajo v ozračju z oksidacijo in pretvorbo primarnih plinastih izpustov. Najbolj pomembni plini, ki prispevajo k tvorbi delcev, so SO₂, NO_x, NH₃ in hlapne organske spojine. Imenujemo jih predhodniki delcev. Pri reakcijah med SO₂, NO_x in NH₃ pride do nastanka spojin, ki vsebujejo sulfat, nitrat in amonij in s kondenzacijo tvorijo delce, ki jih imenujemo sekundarni anorganski aerosoli. Pri oksidaciji določenih hlapnih organskih spojin nastajajo manj hlapne spojine, ki tvorijo sekundarne organske aerosole. Nastajanje sekundarnih delcev je odvisno od številnih kemijskih in fizikalnih faktorjev. Med najpomembnejšimi dejavniki so koncentracija glavnih predhodnikov, reaktivnost ozračja, ki je odvisna predvsem od koncentracije visoko reaktivnih spojin (ozon in hidroksilni radikali) in meteorološke spremenljivke (sončno sevanje, relativna vlaga, oblačnost). Sekundarni anorganski in organski aerosoli, elementarni ogljik, dviganje usedlin s tal (resuspenzija) in morski aerosoli, predstavljajo približno 70 % mase PM₁₀ in PM_{2,5}. Preostalih 30 % lahko pripišemo vodi.

Delci so lahko naravnega ali antropogenega izvora. Naravni viri so predvsem posledica vnosa morske soli, naravne resuspenzije tal, saharkega prahu in cvetnega prahu. Antropogeni viri obsegajo izpuste povezane z izgorevanjem goriv v termoenergetskih objektih in industriji, ogrevanjem stanovanjskih in drugih stavb ter prometom. V naseljih predstavljajo pomemben vir delcev predvsem izpusti iz prometa in individualnih kurišč ter resuspenzija s cestišč. Značilnost teh virov so nizke višine izpustov, ki so navadno nižje od 20 m, zato ti viri občutno prispevajo k ravnem onesnaženosti zunanjega zraka pri tleh.

Epidemiološke študije kažejo, da imajo z vidika onesnaženosti zraka najbolj negativen vpliv na zdravje prav delci. Celotne koncentracije pod sedanjimi zakonodajnimi mejnimi vrednostmi predstavljajo zdravstveno tveganje. Poročila Svetovne zdravstvene organizacije kažejo na to, da ne obstaja meja, pod katero ni pričakovati vpliva na zdravje. Do vpliva na zdravje prihaja zaradi vdihavanja delcev in posledičnega vdora v pljuča in krvni sistem, kar povzroča okvare respiratornega, kardiovaskularnega, imunskega in živčnega sistema. Manjši kot so delci, bolj globoko lahko prodrejo v pljuča. Do vnetja ali poškodb tkiva prihaja tako zaradi kemijskih kot fizikalnih interakcij med delci in tkivom.

Poleg negativnega vpliva na zdravje, onesnaženost z delci vpliva tudi na podnebje in ekosisteme. Delci v ozračju zmanjšajo vidnost, povzročajo škodo na objektih, vplivajo na padavinski režim in spreminjajo odbojnost zemeljske površine za svetlobo.

3.1 Izpusti primarnih delcev in predhodnikov

Letni izpusti PM₁₀ v Sloveniji so leta 2014 znašali 14 tisoč ton (slika 3.1 in tabela 3.1). V primerjavi z letom 2000 so se zmanjšali za 15 %. Glavni vir delcev je zgorevanje goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v zastarelih kurilnih napravah. Mala kurišča so v letu 2014 prispevala kar 61 % k skupnim izpustom primarnih delcev manjših od 10 μm.

Letni izpusti PM_{2,5} v Sloveniji so leta 2014 znašali 12 tisoč ton (slika 3.2 in tabela 3.2). V primerjavi z letom 2000 so se zmanjšali za 5 %. Daleč najpomembnejši vir delcev PM_{2,5} so mala kurišča, ki prispevajo kar 67 % k skupnim izpustom primarnih delcev manjših od 2,5 μm, sledi cestni promet z 9 %. Delce v cestnem prometu sproščajo predvsem dizelski motorji, nastajajo pa tudi pri obrabi cest, gum in zavor. Delež izpustov na izpuhu predstavlja 67 % delcev PM_{2,5} iz cestnega prometa, obraba gum in zavor prispevata 21 % in obraba cest 12 %. Slika 3.3 prikazuje prevladujočo vlogo kurilnih naprav na les v skupnih izpustih malih kurilnih naprav.

Izpusti delcev PM₁₀ in delcev PM_{2,5} so se v letu 2014 zmanjšali glede na leto 2013. Večina zmanjšanja izpustov lahko pripišemo toplejši kurilni sezoni v letu 2014 in s tem manjši porabi goriv za ogrevanje. V tabeli 3.4 podajamo temperaturni primanjkljaj za značilna mesta v Sloveniji, ki je okvirno sorazmeren s potrebo po ogrevanju stavb.

Tabela 3.1: Podatki o izpustih delcev PM₁₀ od leta 2000 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežni izpusti	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	Kmetijstvo	SKUPAJ
2000	670	701	1227	460	7628	205	3596	1	2197	16685
2001	652	996	1228	444	7420	187	3545	1	2247	16720
2002	764	1144	1240	437	7528	210	2548	1	2289	16161
2003	654	1222	1287	440	7653	214	2729	1	2121	16321
2004	633	1300	1402	430	7750	213	2440	1	1823	15992
2005	626	1413	1553	434	7853	199	2432	1	1846	16357
2006	329	1280	1567	483	7923	199	3225	1	1772	16779
2007	372	1096	1743	434	7921	196	2520	1	1891	16174
2008	678	1110	2046	435	8073	195	510	1	1995	15043
2009	449	928	1675	361	10183	191	467	1	1959	16214
2010	390	947	1649	335	10501	200	479	1	1864	16366
2011	493	858	1713	309	10251	194	462	1	1696	15977
2012	506	753	1722	311	10080	184	554	1	1756	15867
2013	428	821	1594	294	10356	169	485	1	1845	15993
2014	350	961	1463	304	8639	136	482	1	1834	14170

Tabela 3.2: Podatki o izpustih delcev PM_{2,5} od leta 2000 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

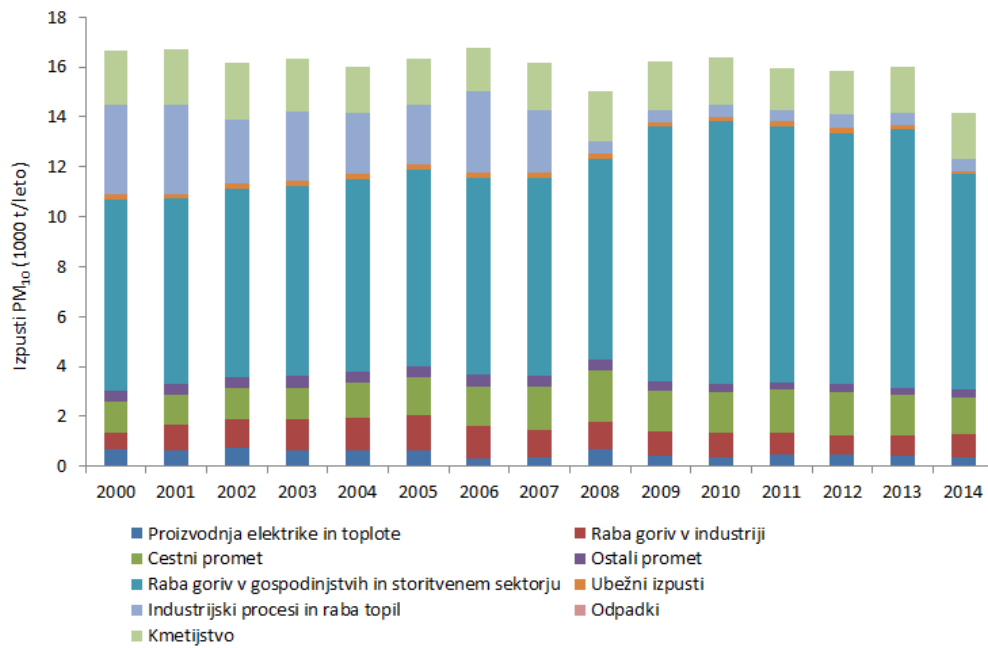
Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežni izpusti	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	Kmetijstvo	SKUPAJ
2000	302	673	1025	443	7466	38	2016	0	1021	12986
2001	295	959	1007	427	7263	34	1988	0	1074	13047
2002	328	1097	1016	420	7367	37	1484	0	1090	12839
2003	284	1176	1053	422	7489	35	1578	0	939	12978
2004	274	1253	1155	413	7584	35	1413	0	718	12846
2005	305	1363	1308	417	7685	31	1450	0	707	13266
2006	192	1233	1306	466	7752	31	1824	0	645	13450
2007	205	1051	1443	418	7750	29	1382	0	768	13046
2008	205	1051	1443	418	7750	29	1382	0	768	13046
2009	293	893	1363	347	9962	28	326	1	954	14167
2010	257	913	1341	322	10273	36	334	1	850	14325
2011	315	824	1380	296	10028	27	331	1	747	13950
2012	320	723	1380	299	9860	26	386	1	805	13800
2013	290	790	1270	282	10130	26	353	1	900	14041
2014	249	928	1141	292	8448	21	350	1	887	12316

Tabela 3.3: Podatki o izpustih delcev PM₁₀ in PM_{2,5} iz malih kurilnih naprav glede na vrsto uporabljenega goriva v letu 2014.

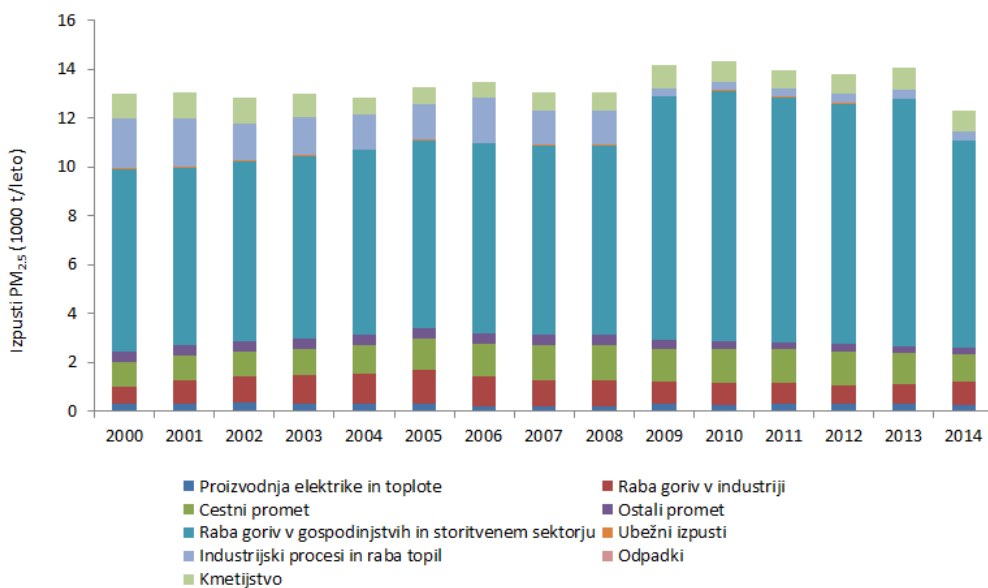
	Premog	Ekstra lahko kurilno olje	Zemeljski plin	Utekočinjeni naftni plin	Les	Bioplin
PM ₁₀	3636	67807	5624	17614	8543597	340
PM _{2,5}	3582	67807	5624	17614	8353268	340

Tabela 3.4: Temperaturni primanjkljaj za meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, Letališče Edvarda Rusjana Maribor in Bilje pri Novi Gorici. Temperaturni primanjkljaj je preračunan na temperaturo prostorov 20 °C.

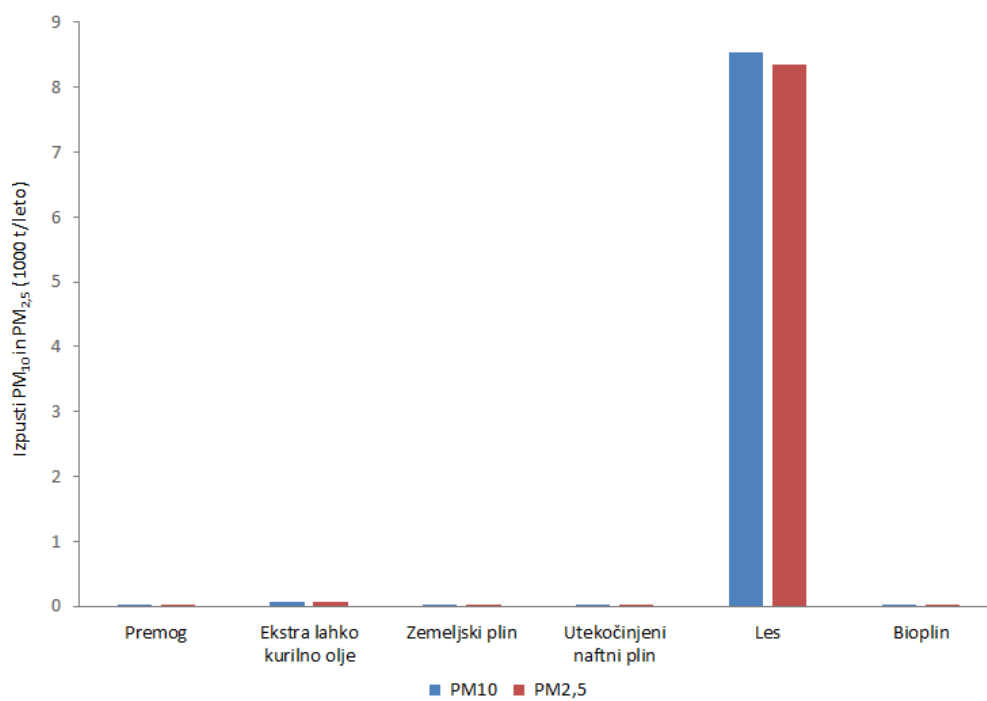
	Ljubljana Bežigrad	Letališče Maribor	Bilje pri Novi Gorici
	Število dni		
2010	3094	3228	2505
2011	2870	3086	2339
2012	2766	3030	2369
2013	2856	3061	2273
2014	2182	2450	1686
2105	2746	2929	2312



Slika 3.1: Letni izpusti delcev PM₁₀ po sektorjih v Sloveniji.



Slika 3.2: Letni izpusti delcev PM_{2,5} po sektorjih v Sloveniji.



Slika 3.3: Izpusti delcev PM₁₀ in PM_{2,5} iz malih kurišč glede na vrsto uporabljenega goriva v letu 2014.

3.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejne vrednosti za delce so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [19]. Prikazane so v tabeli 3.5. Za delce PM₁₀ sta predpisani dnevna in letna mejna vrednost. Dnevna mejna vrednost, ki znaša 50 µg/m³, ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu. Za delce PM_{2,5} je predpisana letna mejna vrednost 25 µg/m³.

Tabela 3.5: Mejne in ciljne vrednosti za PM₁₀ in PM_{2,5} ter WHO smernice.

	Čas merjenja	Vrednost	Komentar	WHO
PM ₁₀ , mejna vrednost	1 dan	50 µg/m ³	Največ 35 preseganj v koledarskem letu.	50 µg/m ³
PM ₁₀ , mejna vrednost	Koledarsko leto	40 µg/m ³	Datum, do katerega je bilo treba doseči mejno vrednost, je 1.1.2005.	20 µg/m ³
PM _{2,5}	1 dan			25 µg/m ³
PM _{2,5} , mejna vrednost	Koledarsko leto	25 µg/m ³	Datum, do katerega je bilo treba doseči mejno vrednost, je 1.1.2015.	
PM _{2,5} , mejna vrednost	Koledarsko leto	20 µg/m ³	Datum, do katerega je bilo treba doseči mejno vrednost, je 1.1.2020.	
PM _{2,5} , obveznost glede stopnje izpostavljenosti	Triletno povprečje	20 µg/m ³		2015
PM _{2,5} , ciljno zmanjšanje izpostavljenosti	0-20 % zmanjšanje izpostavljenosti (odvisno od indeksa povprečne onesnaženosti v referenčnem letu)			

Tabela 3.6: Mejna vrednost z vključenim sprejemljivim preseganjem za delce PM_{2,5} (µg/m³). Po letu 2015 je sprejemljivo preseganje 0 µg/m³ in je tako mejna vrednost 25 µg/m³.

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
30	29	29	28	27	26	26	25	25

Kazalnik povprečne izpostavljenosti za PM_{2,5}, izražen v µg/m³ (v nadaljnjem besedilu: KPI), temelji na meritvah na mestih v neizpostavljenem mestnem okolju. Mesta v neizpostavljenem mestnem okolju so merilna mesta v mestih, na katerih so ravni reprezentativne za izpostavljenost mestnega prebivalstva in nanje praviloma ne vpliva samo en vir onesnaževanja. KPI je treba oceniti kot drseče povprečje srednjih vrednosti letnih koncentracij v treh zaporednih koledarskih letih na relevantnih vzorčevalnih mestih. KPI za leto 2015 je triletno drseče povprečje vrednosti koncentracij na vseh teh vzorčevalnih mestih za leta 2013, 2014 in 2015. Predpisana stopnja izpostavljenosti znaša 20 µg/m³ in naj bi bila dosežena do leta 2015. S KPI se preveri izpolnjevanje obveznosti glede stopnje izpostavljenosti. KPI se uporablja za preverjanje doseganja ciljnega zmanjšanja izpostavljenosti na nacionalni ravni.

3.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih ravni delcev PM₁₀ v letu 2015 je prikazan v tabelah 3.7, 3.8 in 3.9 ter na slikah 3.4 in 3.6. Onesnaženost zraka z delci PM₁₀ je bila leta 2015 večja kot leto poprej. Dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce PM₁₀ (35) je bilo preseženo na osmih merilnih mestih v urbanem okolju, leta 2014 pa le na štirih merilnih mestih. Največ, 85 preseganj, je bilo leta 2015 izmerjenih na prometno zelo obremenjenem merilnem mestu Ljubljana Center. Leta 2014 je bilo na tem merilnem mestu 55 preseganj mejne dnevne vrednosti. Sledijo Celje AMP Gaji (76), Celje (70), Zagorje (70), Trbovlje (50), Murska Sobota Rakičan (47), Ljubljana Bežigrad (43) in Novo

mesto (40). Na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center je bilo število preseganj tik pod dopustnim pragom. Na lokaciji Iskrba, kjer izmerjene vrednosti predstavljajo naravno ozadje, v letu 2015 nismo zabeležili niti enega preseganja dnevne mejne vrednosti. Letna mejna vrednost $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ni bila presežena na nobenem merilnem mestu, le v Ljubljani Center je bilo letno povprečje zelo blizu preseganja. Najvišja dnevna vrednost $142 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila v letu 2015 izmerjena v Celju dne 1.1.2015, kar je verjetno posledica ognjemetov. Na vseh lokacijah so bile najvišje koncentracije izmerjene v zimskem obdobju, prav tako je tudi do preseganj dnevne mejne koncentracije prihajalo skoraj izključno v hladnejšem obdobju leta med oktobrom in aprilom. Zimski maksimum je precej manj izražen na Obali in na Primorskem, saj tam ne prihaja pogosto do temperaturnih inverzij in je prevetrenost boljša tudi v zimskem času.

Hkrati je zaradi višjih temperatur na Obali in Primorskem tudi manjša potreba po ogrevanju. V zadnjem obdobju se izkazuje, da imajo na povišane koncentracije delcev znaten vpliv izpusti zaradi izgorevanja biomase v individualnih kuriščih. Kurjenje drv v zastarelih pečeh in kotlih tako predstavlja največji delež pri izpustih delcev. Dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji, ko se zaradi pogostih in izrazitih temperaturnih inverzij onesnažen zrak dalj časa zadržuje v kotlinah in dolinah.

Povprečni dnevni hodi koncentracij PM_{10} v zimskem obdobju za merilna mesta Ljubljana Bežigrad, Zagorje, Maribor in Koper so prikazani na sliki 3.5. Na vseh lokacijah sta opazna jutranji in večerni maksimum. Bolj izrazit je večerni maksimum, ko se prometni konici pridružijo še emisije zaradi ogrevanja, hkrati pa se v večernem času začne pojavljati talna inverzija, ki močno omejuje prenos onesnaženega zraka v višje plasti ozračja.

V tabelah 3.10 in 3.11 ter na slikah 3.7 in 3.8 so prikazani trendi onesnaženosti v obdobju med 2002 in 2015. Kljub temu, da so bile v letu 2015 izmerjene višje koncentracije kot leta 2014, je v obdobju od leta 2002 naprej predvsem na urbanih lokacijah opazen trend zmanjševanja koncentracij. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov industrije. V zadnjih zimah so k zmanjšanju koncentracij pripomogle predvsem ugodne vremenske razmere. V ruralnem okolju trend zmanjševanja onesnaženja z delci ni tako izrazit. V tem okolju se v zadnjem obdobju za ogrevanje vse več uporablja lesna biomasa, kar prispeva k večjim izpustom. Vpliv ugodnejših vremenskih pogojev v zadnjih zimah je zaradi tega vzroka manj izrazit. Podoben trend je opazen tudi v primeru števila dni s preseženo mejno koncentracijo, ki je prikazan na sliki 3.8. V prikazu za ruralno okolje (slika 3.4 in 3.6) izstopa lokacija Žerjav, ki zaradi bližnje industrije ni tipična ruralna lokacija.

Koncentracije delcev $\text{PM}_{2,5}$ spremljamo na štirih merilnih mestih – Maribor Center, Maribor Urbanski plato, Ljubljana Biotehniška fakulteta in Iskrba. Pregled izmerjenih vrednosti za delce $\text{PM}_{2,5}$ je prikazan v tabeli 3.12 ter na slikah 3.9 in 3.10. Za delce $\text{PM}_{2,5}$ je predpisana mejna vrednost kot letno povprečje, ki od začetka meritev ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Zaradi neugodnih vremenskih razmer so bile povprečne letne koncentracije delcev $\text{PM}_{2,5}$ leta 2015 na vseh merilnih mestih višje kot leta 2014. Najvišjo povprečno letno koncentracijo $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ smo izmerili na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta. Na prometnem merilnem mestu Maribor Center je bila povprečna letna koncentracija $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Letni trendi koncentracij delcev $\text{PM}_{2,5}$, ki so prikazani v tabeli 3.13 in na sliki 3.11, kažejo, da nivoji onesnaženosti ostajajo na približno istem nivoju.

Glede na smernice WHO ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je povprečna letna koncentracija delcev $\text{PM}_{2,5}$ presežena na vseh merilnih mestih razen na Iskrbi. V tabeli 3.12 je v stolpcu z oznako WHO izračunano število dni s preseženo dnevno koncentracijo $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ki po smernicah WHO naj ne bi bila presežena. Na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta je takih dni v letu 2015 kar 99, v Maribor Centru 96, na Vrbanškem platoju 76 in na Iskrbi 7.

Kazalnik povprečne izpostavljenosti za $\text{PM}_{2,5}$ je znašal leta 2015 za merilna mesta v neizpostavljenem mestnem okolju $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ljubljana Biotehniška fakulteta) in $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Maribor Vrbanški plato). Obveznost glede stopnje izpostavljenosti znaša za leto 2015 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Izračuni kazalnika povprečne izpostavljenosti so prikazani v tabeli 3.14.

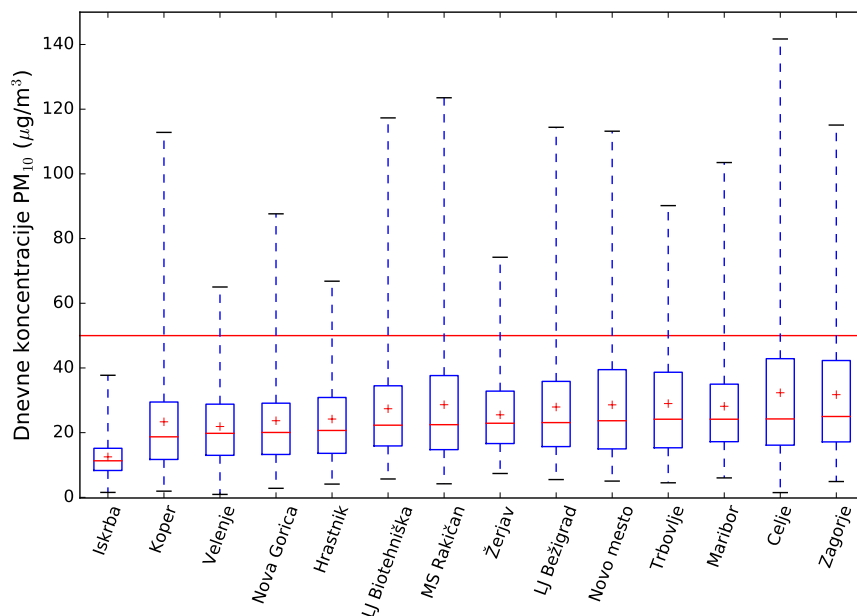
Tabela 3.7: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne (C_p), maksimalne dnevne (max) koncentracije ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in število preseganj mejne vrednosti (>MV) za delce PM_{10} na stalnih merilnih mestih v Sloveniji v letu 2015. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je označeno s krepko pisavo.

Merilno mesto	Leto		Dan	
	%pod	C_p	max	>MV
DMKZ				
LJ Bežigrad	99	28	114	43
Maribor	100	28	104	34
Celje	99	32	142	70
MS Rakičan	96	29	124	47
Nova Gorica	98	24	88	24
Trbovlje	99	29	90	50
Zagorje	100	32	115	70
Hrastnik	100	24	67	22
Koper	100	23	113	28
Iskrba	98	13	38	0
Zerjav	93	26	74	7
LJ Biotehniška	98	27	117	35
Kranj	89	26	100	17
Novo mesto	97	29	113	40
Velenje	99	22	68	9
Dopolnilna merilna mreža				
EIS Šoštanj				
Pesje	98	24	64	9
Škale	97	17	43	0
Šoštanj	97	16	44	0
EIS Trbovlje				
Prapretno	95	21	49	0
Kovk	79	13	41	0
Dobovec	54	12	37	0
OMS - MOL				
LJ Center	97	40	107	85
Lafarge cement				
Zelena trava	100	16	71	1
EIS TE-TOL				
Vnajnarje	93	16	51	1
MO Celje				
AMP Gaji	94	35	118	76
M0 Maribor				
MB Vrbanški	99	21	80	3
Salonit Anhovo				
Morsko	98	18	97	7
Gorenje polje	97	20	93	12

Tabela 3.8: Povprečne mesečne koncentracije PM₁₀ (µg/m³).

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	41	38	31	19	16	19	19	23	17	24	41	47
Maribor	42	42	35	20	20	21	21	23	16	26	33	41
Celje	51	47	39	18	15	18	20	22	18	30	48	63
MS Rakičan	40	41	33	17	14	17	18	24	13	26	48	48
Nova Gorica	36	28	24	18	14	16	20	19	16	14	33	46
Trbovlje	42	46	38	22	15	18	21	21	15	25	40	45
Zagorje	46	49	41	22	17	19	20	22	16	26	47	56
Hrastnik	32	35	30	17	14	17	19	21	15	21	31	39
Koper	27	21	23	20	15	16	21	22	16	13	36	50
Iskrba	9	13	15	9	10	14	16	17	13	11	12	12
Žerjav	30	32	31	18	18	30	22	20	17*	21	26	39
LJ Biotehniška	39	38	29	18	18	19	21	23	17	22	38	46
Kranj	40	37*	34*	17	16	17	19	21	16	23	35	46
Novo mesto	50	48	34	16	13	18*	19	22	16	24	39	44
Velenje	24	29	32	16	13	17	18	20	14	19	29	30
MB Vrbanški	29	21	24	17	13	14	15	12	14	20	26	19
Vnajnarje	27	22	28	21	17	18	18	15	18	14	14	10
Pesje	27	22	31	22	16	21	20	19	20	29	28	19
Škale	22	19	23	18	14	15	13	12	14	18	19	14
Šoštanj	17	13	17	10	7	10	10	10	12	16	18	17
Prapretno	22	20	28	21	16	18	17	14	17	21	23	17
Kovk	13	12	21	14	8	12	10	10	11	14	13	7
Dobovec	7	8	18	14	9	11	9	7	10	12	11	6
LJ Center	54	51	51	34	26	28	30	27	31	37	44	45
AMP Gaji	36	45	43	25	18	21	20	19	20	30	37	37
Zelena trava	16	16	23	15	10	13	12	11	11	17	20	13

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

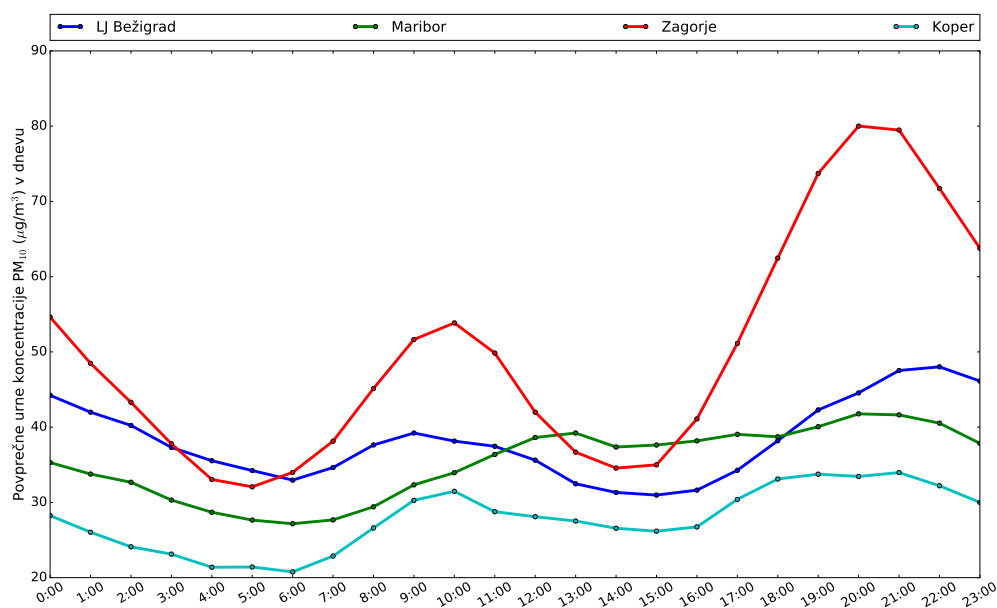


Slika 3.4: Porazdelitev dnevni vrednosti PM₁₀ na merilnih mestih DMKZ v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. S + označujemo povprečno letno koncentracijo. Rdeča črta prikazuje dnevno mejno vrednost.

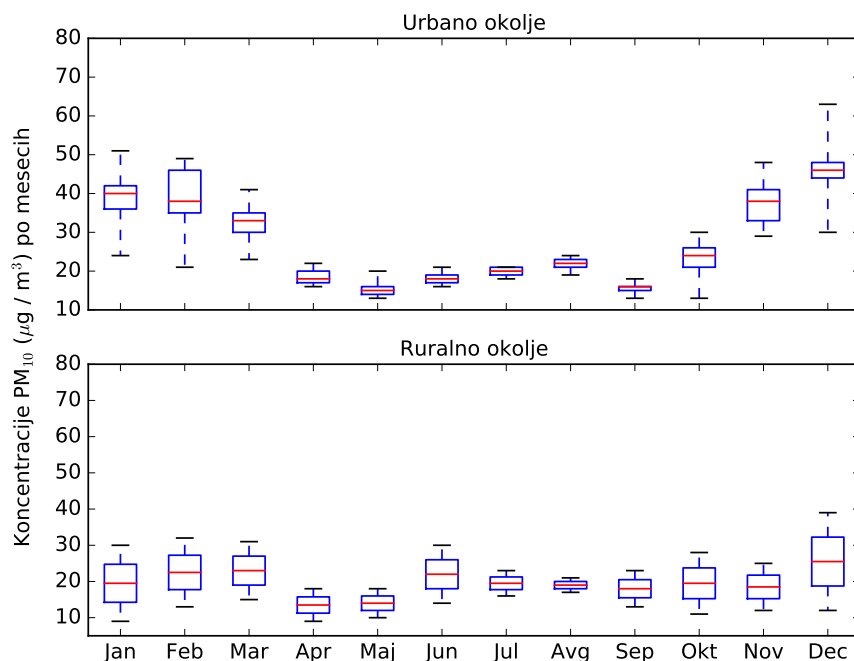
Tabela 3.9: Število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀ po mesecih v letu 2015.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	10	7	4	0	0	0	0	0	0	2	10	10
Maribor	9	8	5	0	0	0	0	0	0	2	3	7
Celje	11	11	10	0	0	0	0	0	0	3	12	23
MS Rakičan	6	8	4	0	0	0	0	0	0	3	11	15
Nova Gorica	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10
Trbovlje	9	13	9	0	0	0	0	0	0	1	7	11
Zagorje	11	15	10	0	0	0	0	0	0	0	15	19
Hrastnik	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	2	7
Koper	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9	14
Iskrba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Žerjav	1	1	0	0	0	0	0	0	0*	1	1	3
LJ Biotehniška	8	7	1	0	0	0	0	0	0	0	8	11
Kranj	9	0*	1*	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Novo mesto	11	12	5	0	0	0*	0	0	0	0	4	8
Velenje	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1
MB Vrbanski	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Vnajnarje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pesje	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Škale	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Šoštanj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prapretno	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kovk	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dobovec	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LJ Center	8	9	14	3	0	0	0	0	0	4	9	8
AMP Gaji	5	8	9	3	0	0	1	0	1	2	5	7
Zelena trava	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.



Slika 3.5: Povprečni dnevni potek koncentracij PM₁₀ na izbranih merilnih mestih v hladni polovici leta 2015 (januar do marec in oktober do december).



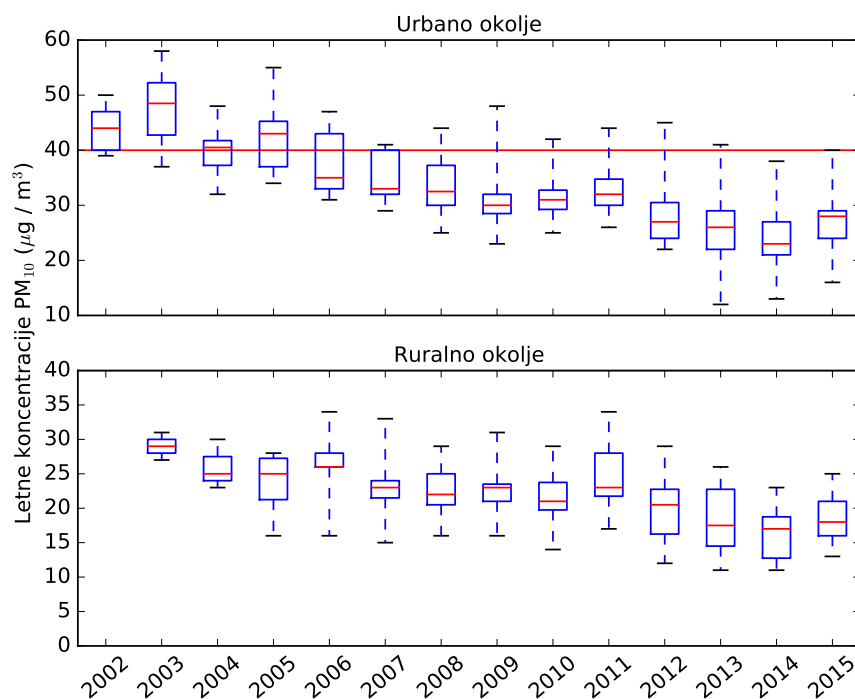
Slika 3.6: Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij PM_{10} na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2015. Prikazano je najnižje in najvišje mesečno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana.

Tabela 3.10: Povprečne letne koncentracije PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Vrednosti, ki presegajo letno mejno vrednost, so napisane s krepko pisavo.

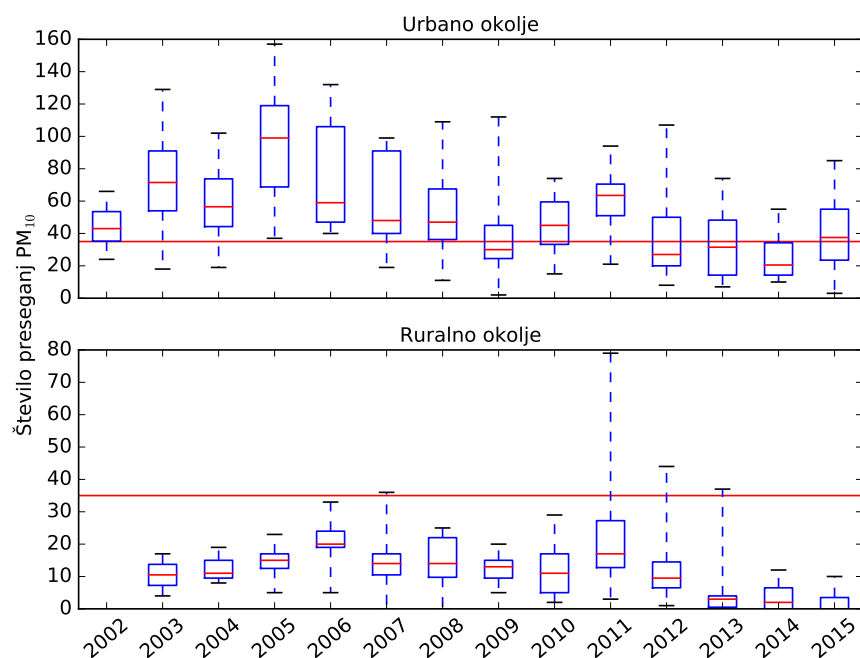
Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Bežigrad	42	46	41	37	33	32	30	29	30	32	26	24	23	28
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	26	27	30	27	26	22	27
LJ Center	/	/	/	/	/	/	44	48	42	44	45	41	38	40
Maribor	50	58	48	43	43	40	34	30	33	34	30	30	27	28
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	32	30	26	25	22	26
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	31	32	28	27	23	29
Celje	46	53	41	43	35	32	30	31	32	35	31	29	28	32
Trbovlje	47	52	40	55	40	37	38	33	34	35	32	30	27	29
Zagorje	47	51	44	52	46	41	44	36	36	37	32	29	28	32
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	27	30	24	23	21	24
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22	21	20	22
MS Rakičan	40	43	32	37	34	30	30	29	30	33	29	28	25	29
Nova Gorica	39	37	35	34	32	33	31	28	29	27	24	22	21	24
Koper	/	/	/	/	31	29	25	23	25	27	24	20	19	23
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	26	34	29	26	21	26
Iskrba	/	/	/	16	16	15	16	16	14	17	15	13	11	13
Morsko	/	/	/	/	/	23	22	20	19	21	20	16	15	18
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	24	26	23	20	23	21	18	17	20
MB Tabor	40	42	38	43	47	40	35	30	31	/	/	/	/	/
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	24	20	19	21
Vnajnarje	/	/	/	/	26	22	/	23	20	26	23	24	18	16
Pesje	/	31	25	27	28	21	20	22	22	22	20	23	23	24
Škale	/	27	23	23	26	24	22	24	23	23	22	17	17	17
Prapretno	/	/	30	28	34	33	29	31	29	34	28	22	19	21
AMP Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	29	35
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	14	12	13*
Dobovc	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	11	11	12*
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	16

Tabela 3.11: Letno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je napisano s krepko pisavo.

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Bežigrad	36	64	71	70	47	46	36	30	43	63	27	22	19	43
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	25	32	51	21	24	12	35
LJ Center	/	/	/	/	/	/	101	112	74	94	107	74	55	85
Maribor	66	129	102	101	108	91	54	35	47	64	34	36	25	34
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	37	55	27	28	12	17
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	60	69	45	49	22	40
Celje	58	100	62	97	59	48	37	42	58	73	55	51	41	70
Trbovlje	52	88	48	157	86	81	72	48	64	68	65	50	33	50
Zagorje	48	79	82	143	106	99	109	56	68	75	62	48	38	70
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	51	17	15	10	22
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	8	15	9
MS Rakičan	33	58	19	65	54	37	42	30	52	71	44	38	33	47
Nova Gorica	24	18	33	37	47	40	33	24	25	28	19	12	19	24
Koper	/	/	/	/	40	19	11	2	15	21	23	10	16	28
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	29	79	44	37	3	7
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1	0	0	0
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10	3	87	
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11	5	11	10
MB Tabor	38	42	51	111	132	94	52	24	38	/	/	/	/	/
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	8	7	10	3
Vnajnarje	/	/	/	/	20	10	/	7	2	12	8	3	0	1
Pesje	/	17	11	23	24	14	9	12	10	16	2	6	12	9
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9	0	5	0
Prapretno	/	/	19	15	33	36	25	20	29	49	25	3	2	0
AMP Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	35	41	76
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0
Dobovc	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0



Slika 3.7: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij PM₁₀ na merilnih mestih urbanega in ruralnega okolja. Prikazano je najnižje in najvišje letno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.



Slika 3.8: Porazdelitev števila preseganj PM_{10} po letih. Prikazano je najnižje in najvišje število preseganj na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje dovoljeno letno število preseganj dnevne mejne vrednosti.

Tabela 3.12: Razpoložljivost podatkov (% pod) povprečne letne koncentracije (C_p) in najvišje dnevne koncentracije (C_{max}) $PM_{2,5}$ na merilnih mestih v letu 2015.

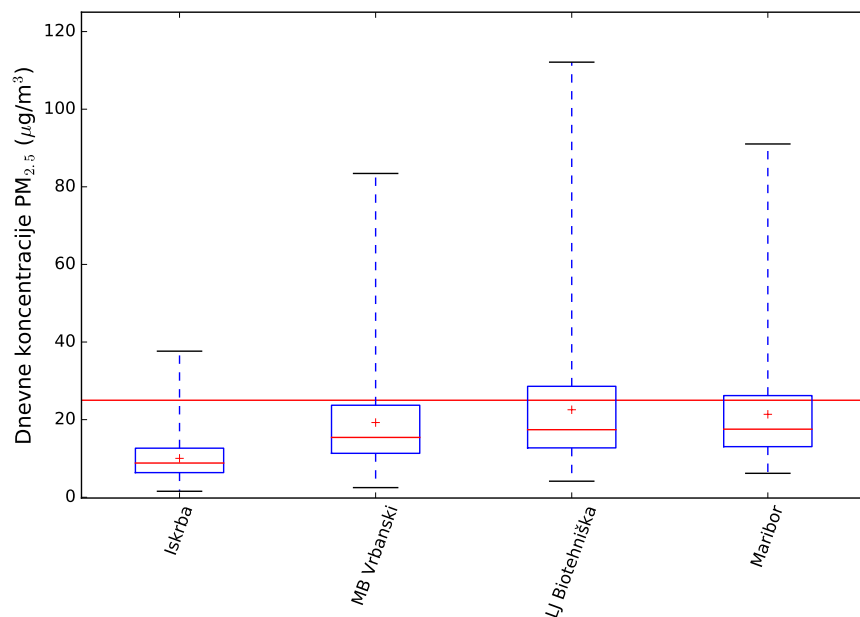
	% pod	C_p	C_{max}	WHO
Maribor	99	21	91	96
Iskrba	99	10	38	7
LJ Biotehniška	92	23	112	99
MB Vrbanski	99	19	83	76

Tabela 3.13: Povprečne letne koncentracije delcev $PM_{2,5}$ na izbranih merilnih mestih po letih.

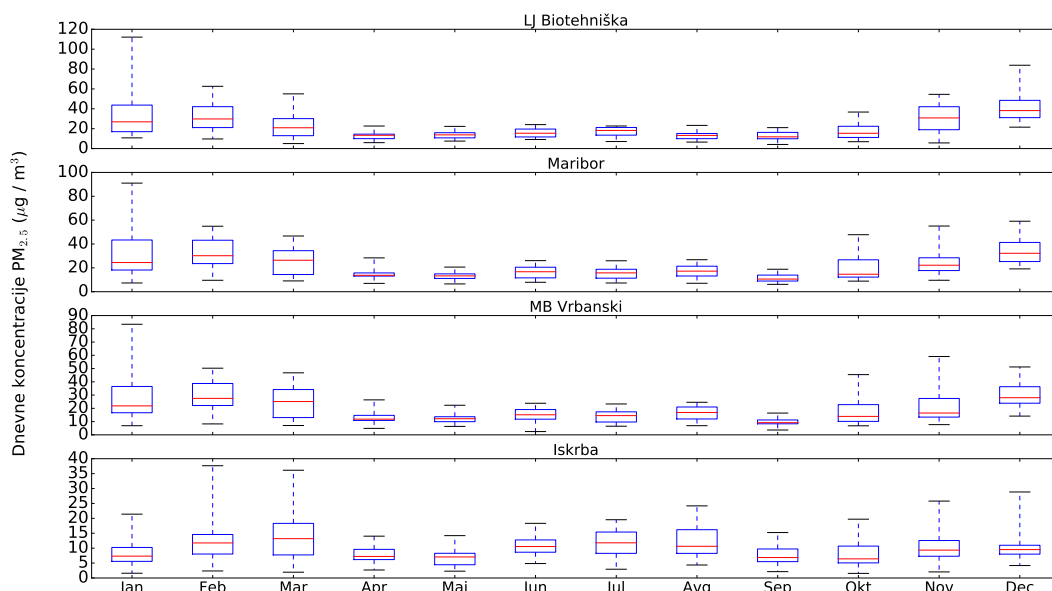
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Maribor	/	/	22	24	26	21	22	19	21
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	18	20	17	19
LJ Biotehniška	/	/	18	22	23	21	20	18	23
Iskrba	10	11	12	12	15	13	11	9	10

Tabela 3.14: Triletne povprečne koncentracije delcev $PM_{2,5}$ na neizpostavljenih merilnih mestih mestnega ozadja.

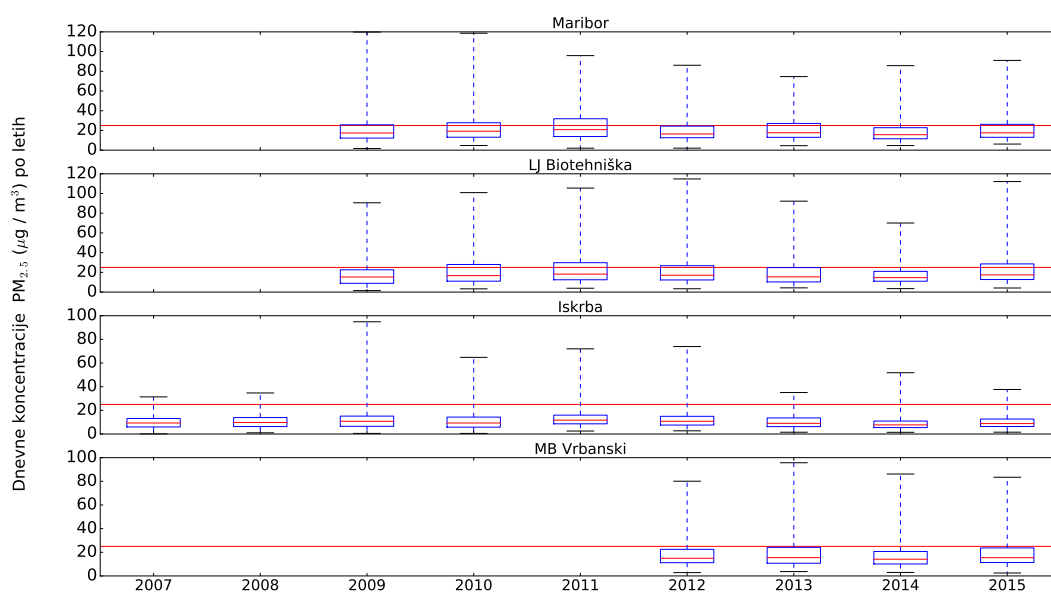
	2013	2014	2015
LJ Biotehniška	22	20	20
MB Vrbanski	20	18	19



Slika 3.9: Porazdelitev dnevni vrednosti $PM_{2,5}$ na merilnih mestih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna koncentracija, ki jo lahko primerjamo z letno mejno vrednostjo. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.



Slika 3.10: Porazdelitev dnevni vrednosti $PM_{2,5}$ na izbranih merilnih mestih po mesecih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana.



Slika 3.11: Porazdelitev dnevnih vrednosti $PM_{2,5}$ na izbranih merilnih mestih po letih. Letna mejna vrednost začne veljati januarja 2015. Med leti 2008 in 2015 se sprejemljivo preseganje mejne vrednosti zmanjšuje, kot je podano v tabeli 3.6. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna koncentracija. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.

3.4 Epizode čezmerne onesnaženosti

Število preseganj dnevne mejne vrednosti je bilo v letu 2015 na večini merilnih mest bistveno večje kot leto poprej in tudi povprečna letna koncentracija PM₁₀ je bila skoraj na vseh merilnih mestih v letu 2015 višja kot leta 2014. Visoke koncentracije so bile predvsem posledica neugodnih vremenskih razmer. Ker so preseganja dnevni mejni vrednosti večinoma omejena na hladni del leta, ko so meteorološke razmere za razredčevanje izpustov najbolj neugodne, hkrati pa zrak onesnažujejo male kurilne naprave, so ta obdobja podrobneje analizirana.

V januarju smo zabeležili tri obdobja, ko so koncentracije PM₁₀ presegle dnevno mejno vrednost povsod v urbanem okolju razen v Velenju in na Primorskem: od 1. do 3. januarja, od 6. do 9. januarja ter od 27. do 29. januarja. Največkrat je bila mejna vrednost presežena v Celju, Zagorju in Novem mestu (11-krat). Obdobja povišanih koncentracij so zaznamovale nizke temperature, pomanjkanje padavin in temperaturne inverzije v dolinah in kotlinah.

Najvišje koncentracije smo v februarju izmerili v obdobju od 14. do 21. februarja. V tem obdobju je prišlo do preseganj dnevne mejne vrednosti na večini merilnih mest. Najvišja koncentracija 103 µg/m³ je bila februarja izmerjena na merilnem mestu Ljubljana Center. Največkrat je bila mejna vrednost v februarju presežena v Zagorju (15-krat). Najmanj preseganj smo kot običajno za to obdobje izmerili na Primorskem, kjer so bile visoke koncentracije le 20. in 21. februarja 2015. Do povišanih koncentracij delcev je prišlo deloma zaradi inverzije v nižjih plasteh ozračja, deloma pa tudi zaradi šibkih prizemnih vetrov in s tem slabo premešanih nižjih plasti ozračja. Dne 21. februarja je nad zahodno in srednjo Evropo ter nad severnim Sredozemljem nastalo ciklonsko območje, zapihal je jugozahodni veter in premešal ozračje.

Marca sta bili dve obdobji povišanih koncentracij. Prvo, manj izrazito, od 9. do 11. marca, je povezano z obdobjem jasnega vremena ob anticiklonu in s tem povezanimi temperaturnimi inverzijami. Drugo obdobje z višjimi koncentracijami od 14. do 20. marca se je pojavilo ob manj izrazitem anticiklonu, vendar z dovolj jasnega vremena. Šestnajstega marca smo zabeležili epizodo saharskega prahu. Na ta dan je bila mejna vrednost presežena na večini merilnih mestih DMKZ (razen v Murski Soboti, Kranju, Iskrbi, Žerjavu in na Primorskem). Na Primorskem marca ni bilo preseganj.

V prvi polovici meseca novembra so bile koncentracije delcev PM₁₀ zaradi temperaturne inverzije visoke in so skoraj na vseh merilnih mestih večkrat presegle mejno dnevno vrednost. Najvišje koncentracije PM₁₀ so bile izmerjene 5.11.2015 v Kopru (99 µg/m³), Celju (97 µg/m³) in Murski Soboti (94 µg/m³). Večji del meseca novembra je bilo nad južno Evropo in našimi kraji območje visokega zračnega tlaka. Do 19. novembra je bilo povečini jasno. Po nižinah, pa tudi v nižje ležečih krajih Primorske, se je pojavljala megla ali nizka oblačnost. Večja sprememba v mesecu novembru je bila med 20. in 22. novembrom, ko nas je prešla izrazita hladna fronta s padavinami. V zadnjih dneh meseca je zopet prevladovalo jasno in razmeroma toplo vreme. Ponovno se je pojavila temperaturna inverzija, ki je vplivala na povišanje koncentracij PM₁₀.

Zaradi pomanjkanja padavin in pogostega pojavljanja temperaturne inverzije so bile koncentracije delcev tako kot novembra tudi v decembru visoke preko celega meseca in so se znižale le za kratek čas, ko je kakšna oslABLJENA fronta oplazila naše kraje in premešala ozračje v večjem delu Slovenije, medtem ko so se fronte povečini pomikale prek srednje Evrope. V Celju je bila mejna dnevna

koncentracija delcev presežena kar 23-krat. V sklopu DMKZ do preseganj mejne dnevne vrednosti v decembru ni prišlo le na merilnem mestu Iskrba. Najvišje dnevne koncentracije PM₁₀ so bile v mesecu decembru izmerjene 29.12.2015 v Zagorju (115 µg/m³) in 22.12.2015 v Kopru (113 µg/m³).

3.5 Kemijska in elementna sestava delcev

V Evropi v povprečju približno eno tretjino mase delcev PM₁₀ in polovico mase delcev PM_{2,5} v zraku predstavlja vsota anorganskih ionov amonija, nitrata in sulfata (sekundarni anorganski aerosoli). Te spojine so posledica kemijskih reakcij v ozračju, ki vključujejo plinske predhodnike NH₃, NO_x in SO_x. Druga glavna komponenta delcev so organske snovi, ki predstavljajo približno 30 % mase PM_{2,5} in 20 % mase PM₁₀ [1]. V delcih PM_{2,5} smo na štirih merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Maribor Vrbanski plato in Iskrba spremljali vsebnost ionov (klorida, nitrata, sulfata, amonija, kalija, natrija, kalcija in magnezija) ter elementarnega in organskega ogljika. Rezultati so prikazani v tabeli 3.15. Koncentracije sekundarnih anorganskih aerosolov so bile v poletnih mesecih na vseh lokacijah primerljive, v zimskem obdobju pa so bile na merilnem mestu Iskrba približno za faktor 2 nižje. Podobna porazdelitev je značilna tudi za organski ogljik. Najmanjša razlika med poletnim in zimskim obdobjem je bila za to komponento izmerjena na Iskrbi. Na tem merilnem mestu pridejo poleti bolj do izraza naravni izpusti vegetacije, pozimi pa je prispevek zaradi lokalnih antropogenih izpustov (ogrevanje, promet) manj pomemben kot v urbanem okolju. Koncentracije elementarnega ogljika so bile na vseh lokacijah približno za faktor dva višje v zimskem obdobju.

Tabela 3.15: Sestava delcev PM_{2,5} na lokacijah Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Maribor Vrbanski Plato in Iskrba.

			oktober - marec	april - september
LJ Biotehniška	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	7,8	3,0
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	9,8	3,9
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	1,8	0,69
Maribor	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	7,5	3,0
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	8,7	4,1
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	2,1	1,2
MB Vrbanski	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	6,7	3,0
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	8,4	3,6
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	1,4	0,42
Iskrba	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	3,3	3,1
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	3,7	2,8
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	0,43	0,16

3.6 Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov

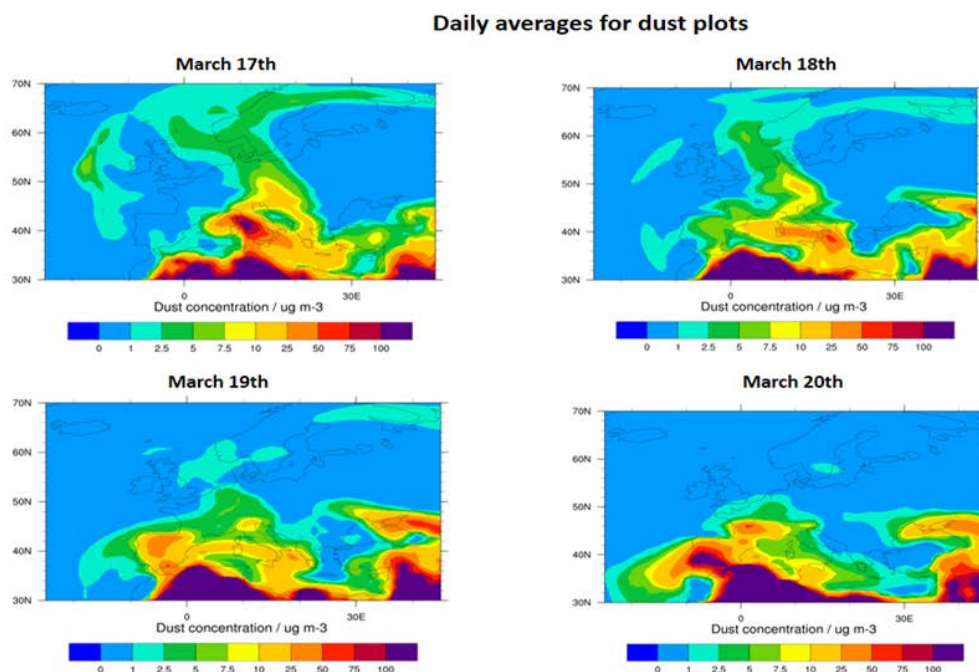
Saharski prah je naravnega izvora in nanj nimamo vpliva, zato se v skladu z Uredbo o kakovosti zunanjega zraka [19] v primeru izmerjenih preseganj dnevne mejne vrednosti zaradi prispevka saharškega prahu ta preseganja ne upoštevajo pri ugotavljanju skladnosti s standardi kakovosti zraka. Za leto 2015 je bilo takih preseganj skupaj na vseh merilnih mestih 45. V nadaljevanju so na kratko predstavljeni rezultati izračuna, podrobnejša analiza prispevka saharškega prahu na

koncentracije delcev PM₁₀ v letu 2015 pa je predstavljena v poročilu, ki je dostopno na spletnih straneh ARSO.

Copernicus Atmosphere Monitoring Service je v svojem letnem poročilu 2015 IAAR Interim Annual Assessment report [32] objavil tri epizode povišanih koncentracij delcev PM₁₀ nad Evropo, za katere je bil lahko vzrok saharski prah:

- od 12. do 20. februarja
- od 16. do 20. marca
- od 3. do 7. novembra

Slika 3.12 prikazuje modelski izračun koncentracij saharskega prahu nad Evropo za mesec marec [32].

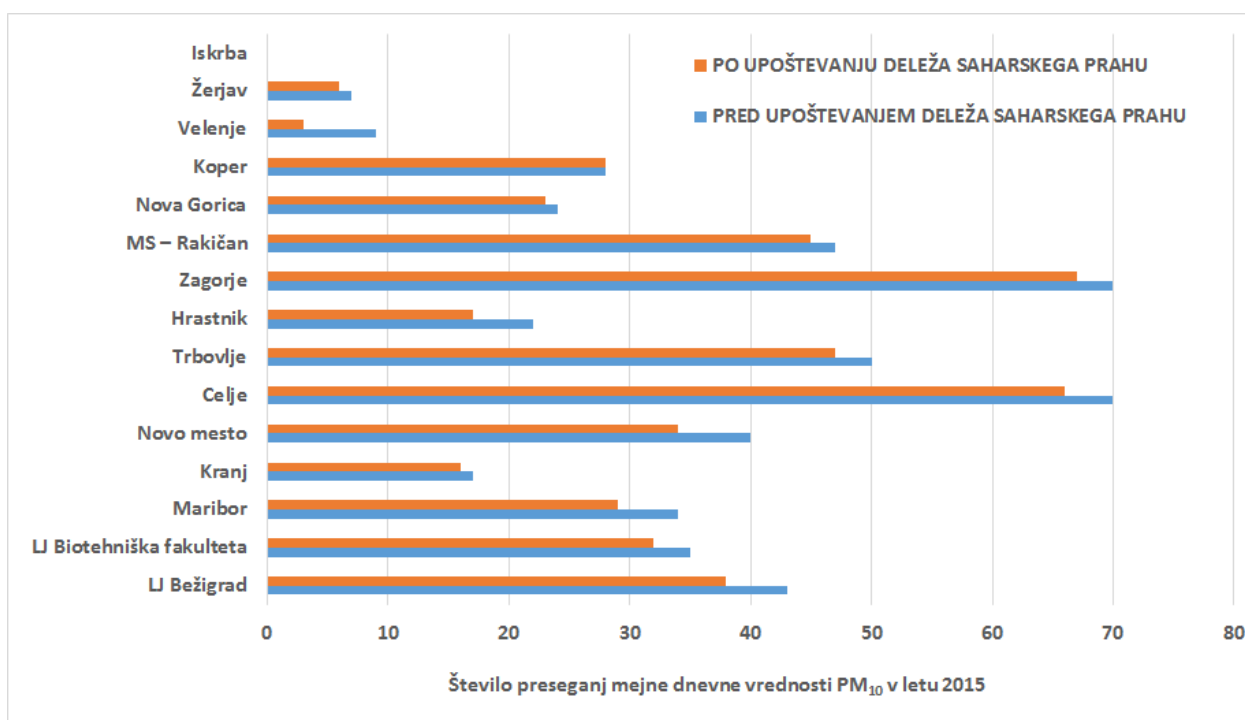


Slika 3.12: Modelski izračun koncentracij saharskega prahu nad Evropo.

Povišane koncentracije delcev PM₁₀ na merilnem mestu Iskrba, ki je tipa regionalno ozadje, so bile v teh obdobjih izmerjene 16.2., 17.2., 15.3., 16.3., 17.3., 18.3., 19.3., 20.3. in 5.11.2016. Dodatno preverjanje smo naredili s pomočjo rezultatov kemijskih analiz delcev. V primeru epizod saharskega prahu smo izmerili povišane koncentracije železa, aluminija ter v manjši meri tudi kalcija, magnezija in stroncija. Za te dneve smo določili pribitek saharskega prahu, ki smo ga nato odšteli na vseh merilnih mestih v mreži DMKZ. Število preseganj mejne vrednosti delcev PM₁₀ na merilnih mestih DMKZ v letu 2015 pred in po upoštevanju saharskega prahu je zbrano v tabeli 3.16 in na sliki 3.13.

Tabela 3.16: Število preseganj mejne dnevne vrednosti PM₁₀ v letu 2015 pred in po upoštevanju deleža saharskega prahu na postajah DMKZ.

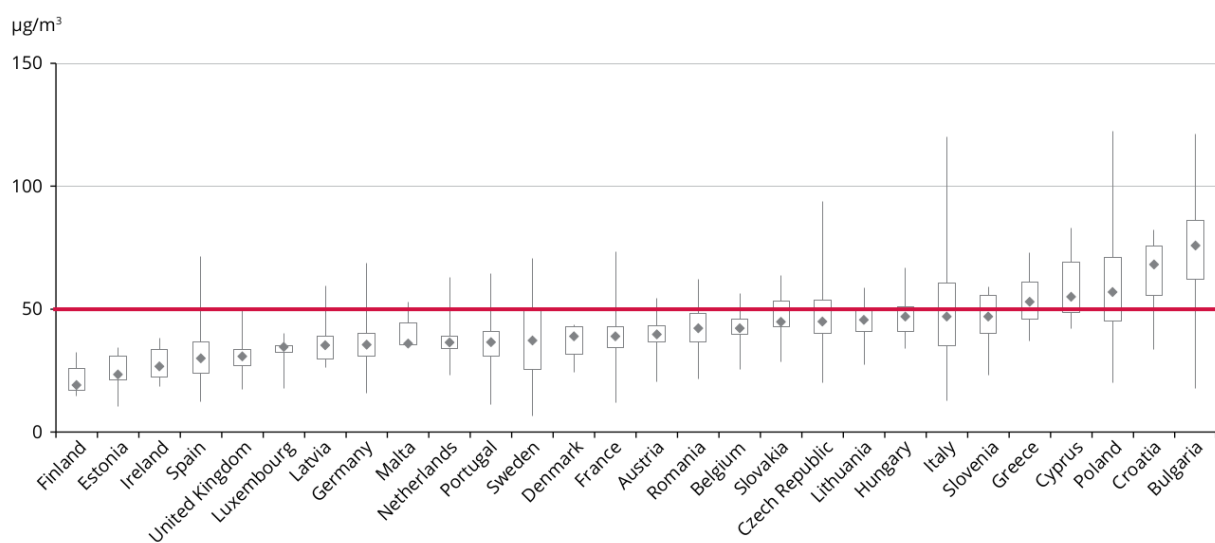
Merilno mesto	Število preseganj mejne dnevne vrednosti	
	pred upoštevanjem saharskega prahu	po upoštevanju saharskega prahu
LJ Bežigrad	43	38
Maribor	34	29
Celje	70	66
MS Rakičan	47	45
Nova Gorica	24	23
Trbovlje	50	47
Zagorje	70	67
Hrastnik	22	17
Koper	28	28
Iskrba	0	0
Žerjav	7	6
LJ Biotehniška	35	32
Kranj	17	16
Novo mesto	40	34
Velenje	9	3



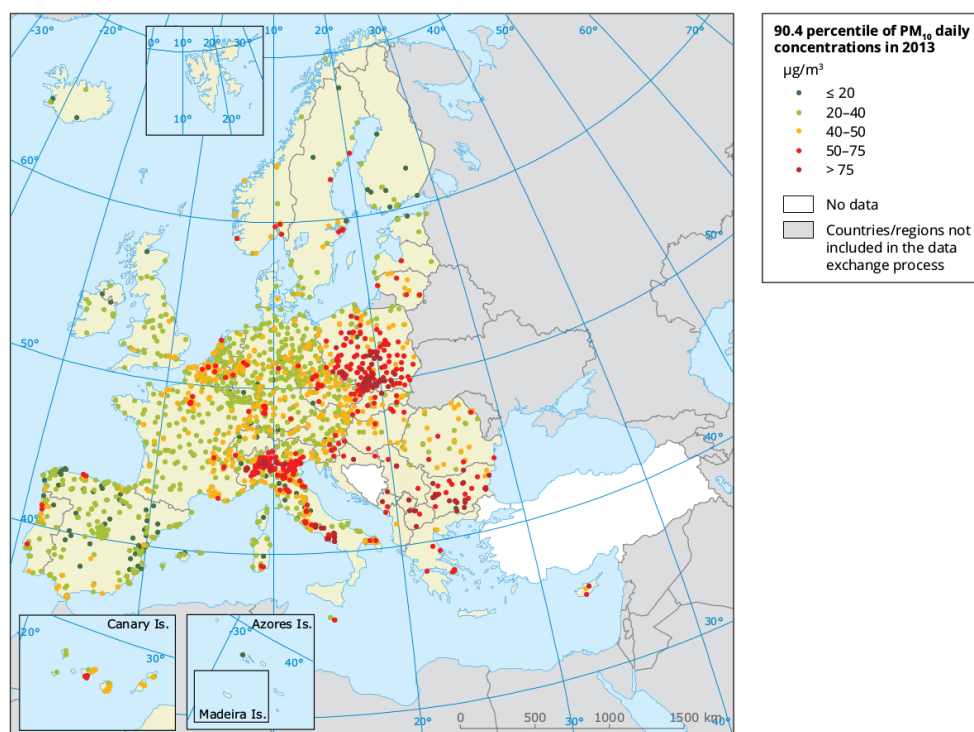
Slika 3.13: Število preseganj mejne dnevne vrednosti PM₁₀ v letu 2015 pred in po upoštevanju deleža saharskega prahu na postajah DMKZ.

3.7 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

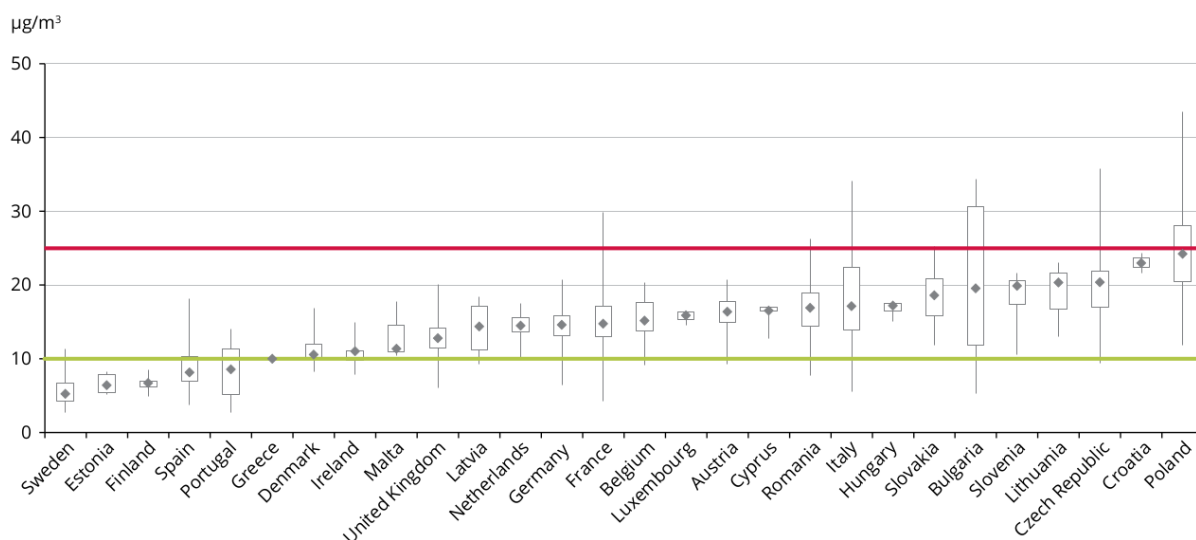
Skupne količine izpustov v zrak na nacionalni ravni so v veliki meri odvisne od velikosti posamezne države. Za namen primerjave med državami so zato bolj uporabni specifični izpusti preračunani na prebivalca ali površino ozemlja. Izpusti na prebivalca nudijo vpogled v družbeno-ekonomske razmere in morebitne posebne nacionalne okoliščine. Specifični izpusti preračunani na prebivalca posredno nakazujejo tudi potencial za njihovo zmanjševanje. Za raven onesnaženosti zraka pa so bolj pomembni izpusti preračunani na površino ozemlja - povprečna ploskovna gostota izpustov. Podatke o izpustih za vsa onesnaževala, kot so jih poročale posamezne države, smo pridobili od EMEP. Zadnji podatki, ki so na voljo, so za leto 2014. Pri vseh primerjavah izpustov nismo upoštevali Malte in Luksemburga, ker rezultati za ti dve državi zaradi njune majhnosti in načina izračuna izpustov v prometu na osnovi prodanih količin goriva niso primerljivi. Pri delcih Slovenija sodi v skupino držav EU z visokimi specifičnimi izpusti. Po izpustih delcev PM_{10} na prebivalca je bila v letu 2014, za katerega so na voljo zadnji podatki o izpustih držav (EMEP), Slovenija s 6,9 kg izpustov delcev PM_{10} na prebivalca na četrtem mestu. Izpusti delcev PM_{10} na prebivalca v EU so v širokem razponu od 1,6 kg na Nizozemskem do 12 kg na prebivalca v Latviji. Pri izpustih delcev $PM_{2,5}$ je Slovenija s 6 kg na prebivalca na visokem drugem mestu takoj za Latvijo, kjer izpusti znašajo 8,9 kg na prebivalca. Najnižji izpusti delcev $PM_{2,5}$ na prebivalca so na Nizozemskem, kjer so več kot sedemkrat nižji kot v Sloveniji. Za večino držav z visokimi izpusti delcev na prebivalca je značilna velika poraba lesa in drugih trdnih goriv v malih kurilnih napravah. Po izpustih delcev PM_{10} na površino ozemlja je prva Belgija, kjer je velika gostota prebivalstva, kar 3,5-krat večja od tiste v Sloveniji. Pred Slovenijo so tudi Slovaška, Poljska in Danska. Pri izpustih delcev $PM_{2,5}$ na enoto površine, pa je Slovenija takoj za Belgijo in Slovaško. Visoki specifični izpusti delcev v Sloveniji so predvsem posledica velikega deleža ogrevanja gospodinjstev z lesom v zastarelih kurilnih napravah. Za njihov vpliv na kakovost zraka je pomembno tudi, da se izpusti zaradi ogrevanja stavb sproščajo v hladni polovici leta, ko so v Sloveniji še posebej neugodne razmere za razredčevanje izpustov. V EU je čezmerna raven delcev v zraku eden izmed najbolj izpostavljenih okoljskih problemov. V letu 2013, za katerega so na razpolago zadnji rezultati primerjalnih obdelav Evropske okoljske agencije, le v šestih državah na nobenem merilnem mestu niso zabeležili večjega števila preseganj dnevne mejne vrednosti, kot je to dopustno. Slovenija sodi med države z višjo onesnaženostjo z delci PM_{10} . Z vidika doseganja skladnosti z dnevnimi mejnimi vrednostmi delcev PM_{10} je Slovenija med državami Evropske unije v letu 2013 šesta najbolj onesnažena (slika 3.14). Najboljša kakovost zraka glede na skladnost z dnevnimi mejnimi vrednostmi za delce PM_{10} je v dobro prevetrenih in redkeje naseljenih severnih državah - na Finskem, v Estoniji in na Irskem (slika 3.15), čeprav so v nekaterih od teh držav specifični izpusti na prebivalca med višjimi. Z vidika ravni onesnaženosti z delci $PM_{2,5}$ je Slovenija na petem mestu (slika 3.16). Primerjalno visoke ravni delcev v Sloveniji so torej predvsem posledica visoke gostote izpustov zaradi ogrevanja ter neugodnih pogojev za razredčevanje izpustov v ozračju, ki so zlasti v zimskem času značilni za celinski del Slovenije.



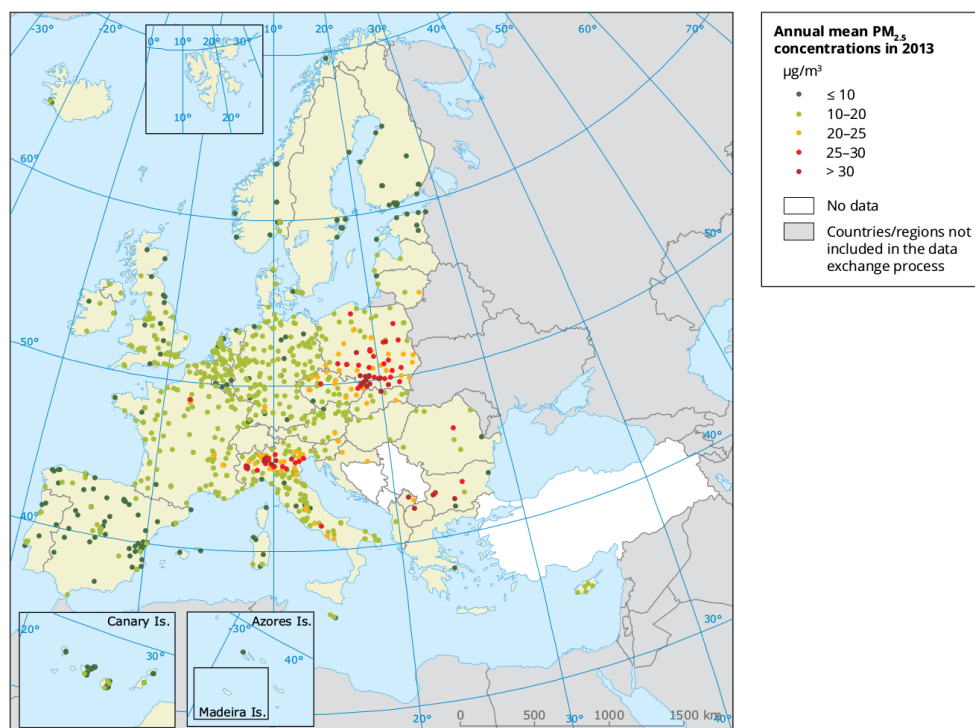
Slika 3.14: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z delci PM_{10} v Evropski Uniji v letu 2013 [1]. Graf prikazuje 90,41 percentil dnevnih vrednosti PM_{10} , ki sovpada s 36. najvišjo vrednostjo izmerjeno na posameznem merilnem mestu držav EU v primerjavi z mejno vrednostjo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja vrednost (36. najvišja vrednost za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 36. najvišja vrednost za posamezno državo.



Slika 3.15: Onesnaženost Evropske unije z delci PM_{10} [1]. S pikami so označena poročana merilna mesta v EU, z barvo pa razred v katerega se uvrščajo glede na povprečno letno koncentracijo PM_{10} .



Slika 3.16: Primerjava ravni onesaženosti zraka z delci $PM_{2,5}$ v Evropski Uniji v letu 2013 [1]. Graf prikazuje 90.41 percentil dnevnih vrednosti $PM_{2,5}$, ki sovpada s 36. najvišjo vrednostjo izmerjeno na posameznem merilnem mestu držav EU v primerjavi z mejno vrednostjo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja vrednost (36. najvišja vrednost za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 36. najvišja vrednost za posamezno državo.



Slika 3.17: Onesnaženost Evropske unije z delci $PM_{2,5}$ [1]. S pikami so označena poročana merilna mesta v EU, z barvo pa razred v katerega se uvrščajo glede na povprečno letno koncentracijo $PM_{2,5}$.

4. *Onesnaževala v delcih - benzo(a)piren in težke kovine*

4.1 Benzo(a)piren

Benzo(a)piren je policiklična aromatska spojina s petimi obroči. Nastaja pri nepopolnem zgorevanju različnih goriv, tako fosilnega izvora kakor tudi biomase. Glavni vir predstavljajo izpusti iz zastarelih malih kurilnih naprav gospodinjstev na trdna goriva, za katere je značilen slabši proces zgorevanja, slab energetske izkoristek ter visoki izpusti delcev in organskih spojin. Pomemben vir benzo(a)pirena je tudi promet. Benzo(a)piren je kancerogen. Prenatalna izpostavljenost je povezana z nizko porodno težo ter vpliva na kognitiven razvoj otrok.

4.1.1 Zahteve za kakovost zraka

Ciljna vrednost za benzo(a)piren je predpisana v Uredbi o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [21]. Prikazana je v tabeli 4.1.

Tabela 4.1: Ciljna vrednost za benzo(a)piren v ng/m³.

Cilj	Čas merjenja	Vrednost
Ciljna vrednost	Zdravje Koledarsko leto	1

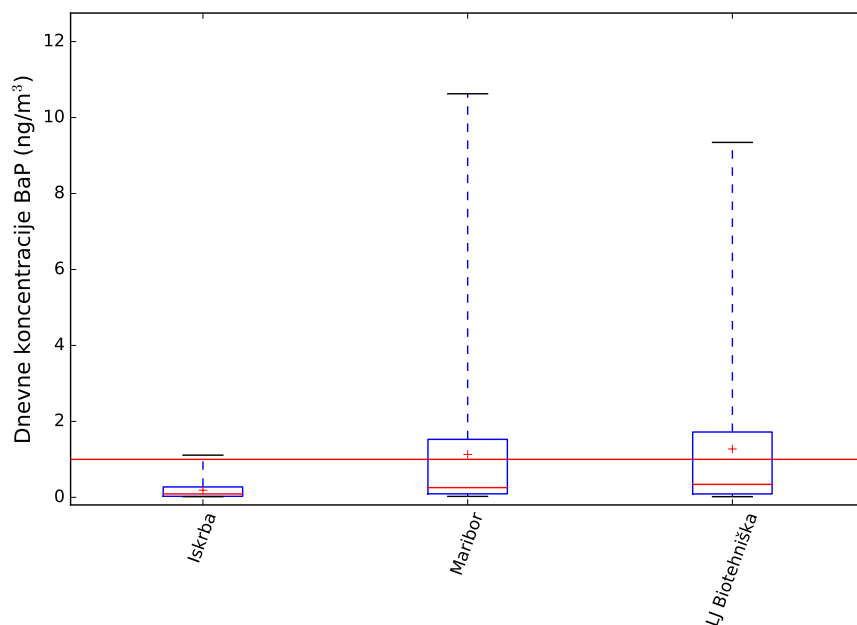
4.1.2 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih vrednosti benzo(a)pirena v letu 2015 je prikazan v tabeli 4.2 ter na slikah 4.1 in 4.2. Meritve smo izvajali na treh merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center in Iskrba. V letu 2015 so bile koncentracije benzo(a)pirena na vseh merilnih mestih predvsem zaradi neugodnih vremenskih razmer višje kot leta 2014. Povprečna letna koncentracija je na obeh najbolj obremenjenih merilnih mestih tako v Ljubljani Biotehniška fakulteta kot tudi v Maribor Centru dosegla ciljno vrednost. Na Iskrbi je bila povprečna letna vrednost po pričakovanjih najnižja. Na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center je velika razlika med najvišjo izmerjeno vrednostjo in mediano (slika 4.1). Ocenjujemo, da so te vrednosti posledica izjemnih dogodkov povezanih z dejavnostjo v okolici merilnega mesta. Letni poteki koncentracij benzo(a)pirena (slika 4.2) kažejo, da so najvišje koncentracije izmerjene v hladnejšem obdobju leta. Takrat so izpusti večji, dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji.

Poleti so koncentracije na vseh lokacijah znatno nižje. Primerjava koncentracij benzo(a)pirena v obdobju od 2009 do 2015 kaže, da onesnaženost ostaja približno na istem nivoju (tabela 4.3 in slika 4.3).

Tabela 4.2: Letna razpoložljivost z dnevnimi podatki (% pod) in povprečna letna koncentracija (C_p) benzo(a)pirena v ng/m^3 .

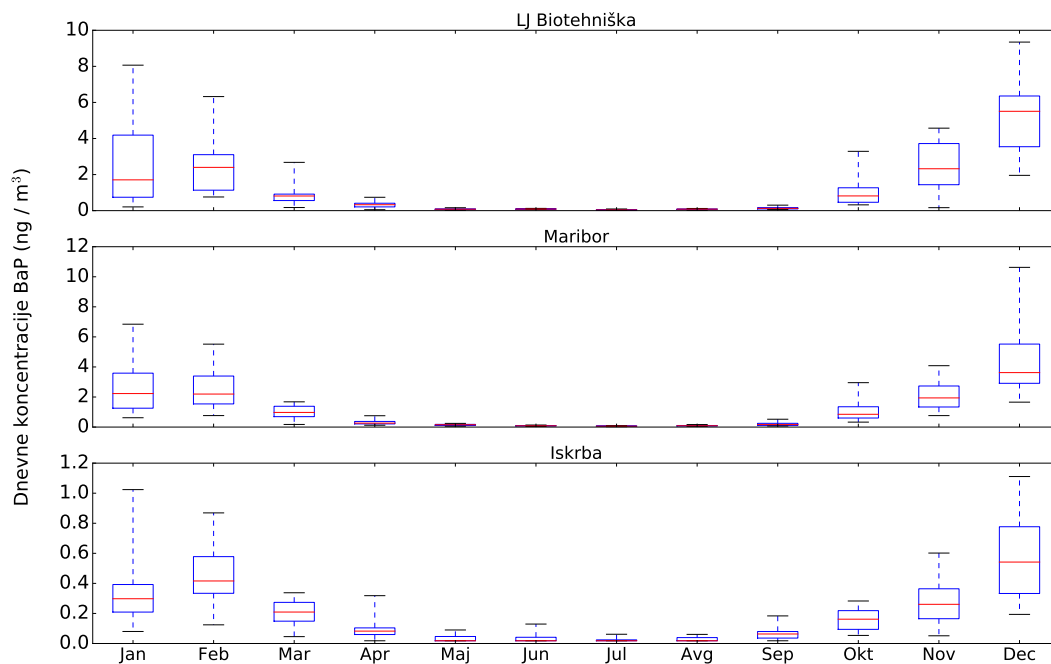
	% pod.	C_p
LJ Biotehniška	46	1,3
Maribor	84	1,1
Iskrba	49	0,19



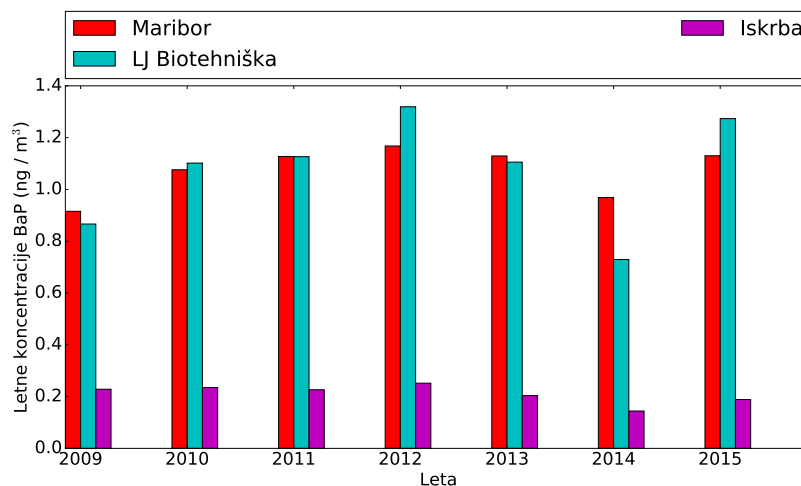
Slika 4.1: Porazdelitev dnevnih vrednosti benzo(a)pirena na merilnih mestih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja letna koncentracija, oba kvartila in mediana. Križci označujejo povprečno letno koncentracijo. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.

Tabela 4.3: Povprečne letne koncentracije benzo(a)pirena na različnih postajah po letih.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Maribor	0,92	1,1	1,1	1,2	1,1	0,97	1,1
LJ Biotehniška	0,87	1,1	1,1	1,3	1,1	0,73	1,3
Iskrba	0,23	0,24	0,23	0,25	0,20	0,14	0,19



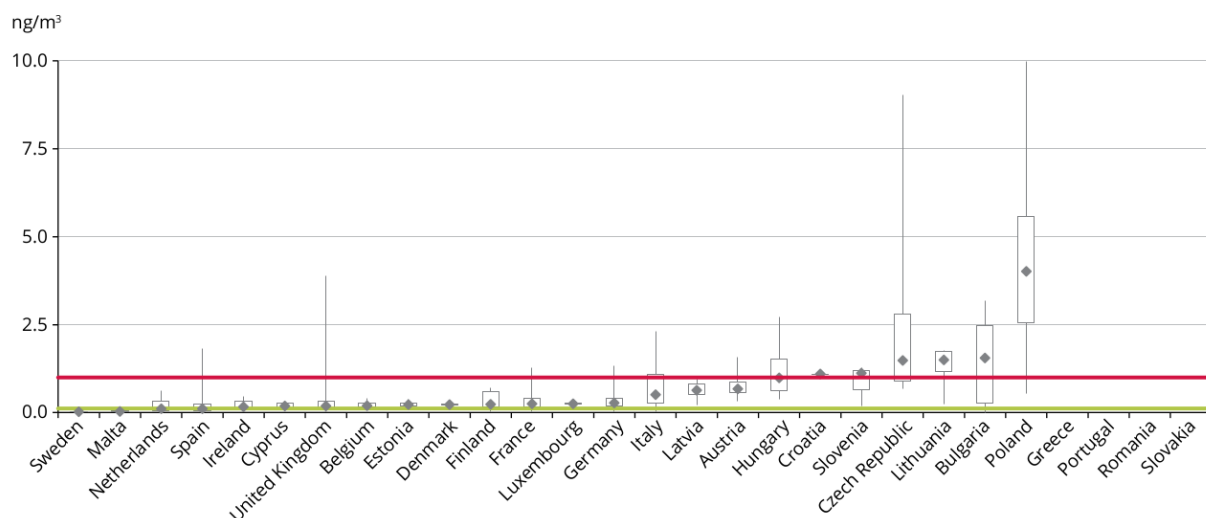
Slika 4.2: Porazdelitev dnevni vrednosti benzo(a)pirena na različnih postajah po mesecih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana za posamezen mesec.



Slika 4.3: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij benzo(a)pirena na različnih postajah po letih.

4.1.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Slovenija se po onesnaženosti z benzo(a)pirenom uvršča v zgornjo polovico držav. Koncentracije benzo(a)pirena so najvišje na Poljskem, v Bolgariji in Litvi ter na Češkem, kar je v veliki meri posledica uporabe trdih goriv za ogrevanje v malih kurilnih napravah gospodinjstev [1]. Letna ciljna vrednost se presega v večini držav EU (slika 4.4).



Slika 4.4: Letna povprečna vrednost BaP na merilnih mestih v državah EU v primerjavi z mejno vrednostjo (rdeča črta). Prikazane so maksimalna in minimalna vrednost, oba kvartila in srednja vrednost za merilna mesta v posamezni državi.

4.2 Težke kovine

Izpusti arzena (As), kadmija (Cd), svinca (Pb) in niklja (Ni) so posledica aktivnosti več industrijskih dejavnosti in zgorevanja premoga. Čeprav so v ozračju njihove ravni nizke, pa prispevajo k depoziciji in zato so ponekod povišane vsebnosti tako v zemlji in sedimentih kot tudi v organizmih. Težke kovine v okolju ostajajo, nekatere se v živih organizmih akumulirajo in tako lahko predstavljajo grožnjo za človekovo zdravje (npr. kopičenje težkih kovin preko prehranske verige v ribah).

Arzen v ozračju je posledica tako naravnih kot antropogenih virov. Med pomembnejše antropogene vire spadajo izpusti topilnic, izgorevanje goriv in uporaba pesticidov. Toksičnost arzena je zelo odvisna od kemijske zvrsti. Precej bolj toksičen je anorgansko vezan arzen. Povezujejo ga s povečanim tveganjem za raka kože in pljuč.

Najpomembnejše izpuste kadmija predstavlja proizvodnja barvnih kovin in železa ter jekla, izgorevanje fosilnih goriv v stacionarnih virih, sežiganje odpadkov in proizvodnja cementa. Neza-nemarljiv vir pa predstavlja tudi gnojenje, tako z mineralnimi kot organskimi gnojili. Nevaren je predvsem kostem in ledvicam, poveča pa se tudi tveganje za pljučnega raka.

Antropogeni viri svinca na globalni ravni so rezultat zgorevanja fosilnih goriv v prometu, proizvodnje cementa, sežiganja odpadkov, proizvodnje barvnih kovin, železa ter jekla. V Evropi so se izpusti iz prometa zaradi obvezne uporabe katalizatorjev v novih avtomobilih in s tem omejitve uporabe osvinčenega bencina po letu 2001 precej znižali. Svinec spada med kovine, ki imajo toksičen

vpliv na možgane. Poleg možganov in živčevja se kopiči tudi v ledvicah, jetrih in kosteh.

Nikelj se pojavlja v zemlji, vodi in ekosistemih. Pomembni naravni viri so povezani z resuspenzijo zemlje in vulkanskimi izbruhi. Glavni antropogeni vir predstavlja zgorevanje naftnih derivatov. Dodatni izpusti pa nastajajo še pri pridobivanju niklja, sežiganju odpadkov in odpadnega blata, proizvodnji jekla, elektronski industriji in zgorevanju premoga. Nikelj je v manjših količinah za organizme potrebna kovina, v višjih koncentracijah pa povzroča povišano dovzetnost za nastanek raka pljuč, nosu in prostate. Poleg tega povzroča alergične reakcije na koži, motnje hormonske regulacije ter negativno vpliva na respiratorni in imunski sistem. Najbolj izražene so alergične reakcije, saj naj bi bilo približno 10-20 % populacije občutljive na nikelj.

4.2.1 Izpusti

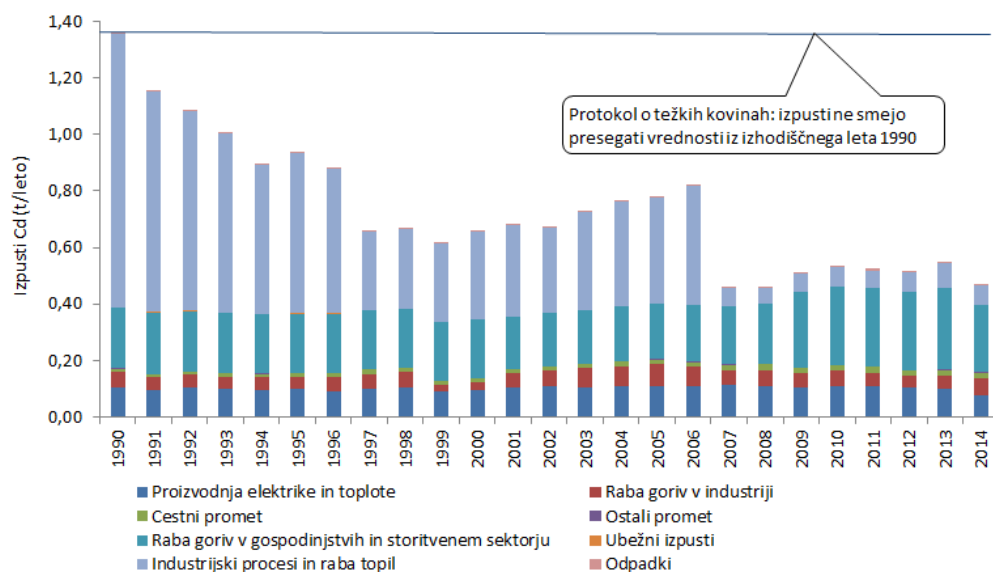
Letni izpusti kadmija (Cd) v Sloveniji so leta 2014 znašali 0,47 ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 65 %. Največji delež k skupnim izpustom Cd v letu 2014 je prispevala raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju (51 %). Letni izpusti svinca v Sloveniji so leta 2014 znašali 8 ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 99 %. Največji delež k skupnim izpustom svinca v letu 2014 je prispeval cestni promet (53 %). Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [22]. Skupne državne vrednosti izpustov kadmija in svinca ne smejo presežati vrednosti iz izhodiščnega leta 1990.

Tabela 4.4: Podatki o izpustih Cd od leta 1990 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

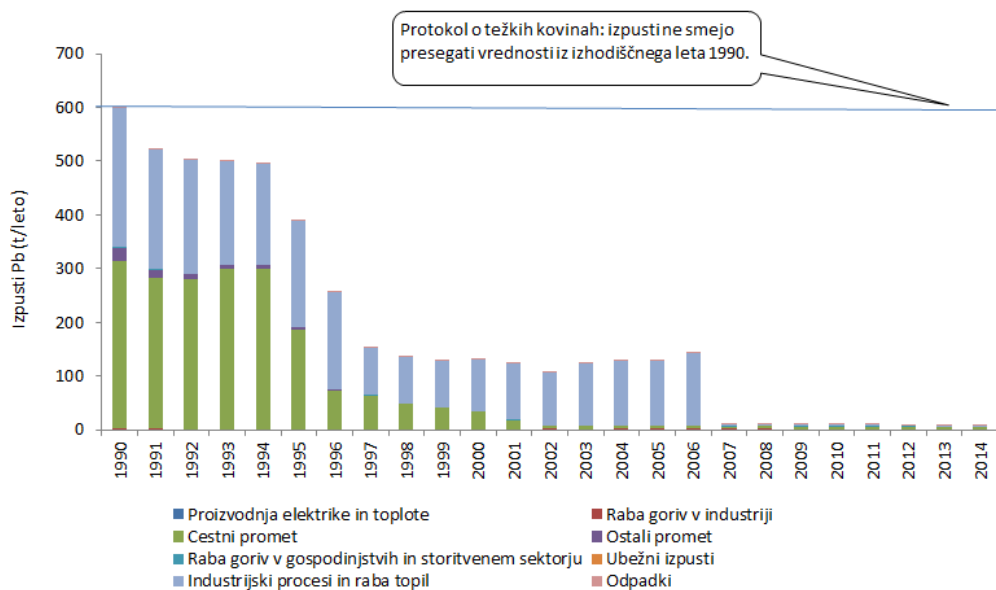
Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežni izpusti	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	SKUPAJ
1990	0,1035	0,0563	0,0098	0,0019	0,2138	0,0031	0,9697	0,0001	1,358
1991	0,0933	0,0474	0,0092	0,0017	0,2164	0,0031	0,7825	0,0001	1,154
1992	0,1030	0,0472	0,0097	0,0015	0,2139	0,0028	0,7019	0,0001	1,080
1993	0,0988	0,0446	0,0113	0,0012	0,2118	0,0027	0,6306	0,0001	1,001
1994	0,0954	0,0445	0,0125	0,0014	0,2096	0,0019	0,5263	0,0011	0,893
1995	0,0983	0,0427	0,0137	0,0014	0,2087	0,0029	0,5660	0,0001	0,934
1996	0,0899	0,0497	0,0159	0,0013	0,2081	0,0025	0,5114	0,0001	0,879
1997	0,0987	0,0525	0,0161	0,0013	0,2069	0,0029	0,2777	0,0018	0,658
1998	0,1045	0,0560	0,0138	0,0014	0,2067	0,0014	0,2790	0,0017	0,665
1999	0,0918	0,0233	0,0132	0,0013	0,2067	0,0014	0,2780	0,0008	0,617
2000	0,0957	0,0249	0,0138	0,0014	0,2074	0,0009	0,3104	0,0010	0,656
2001	0,1049	0,0488	0,0143	0,0013	0,1831	0,0001	0,3242	0,0024	0,679
2002	0,1103	0,0546	0,0142	0,0012	0,1866	0,0001	0,3043	0,0037	0,675
2003	0,1042	0,0677	0,0147	0,0012	0,1898	0,0001	0,3486	0,0045	0,731
2004	0,1065	0,0733	0,0150	0,0013	0,1935	0,0001	0,3717	0,0013	0,763
2005	0,1071	0,0803	0,0158	0,0013	0,1969	0,0001	0,3755	0,0011	0,778
2006	0,1096	0,0682	0,0165	0,0015	0,2009	0,0001	0,4195	0,0011	0,817
2007	0,1117	0,0550	0,0185	0,0014	0,2050	0,0001	0,0650	0,0015	0,458
2008	0,1110	0,0555	0,0217	0,0014	0,2092	0,0000	0,0577	0,0015	0,458
2009	0,1042	0,0506	0,0189	0,0012	0,2687	0,0000	0,0626	0,0019	0,508
2010	0,1066	0,0562	0,0187	0,0011	0,2804	0,0001	0,0675	0,0057	0,536
2011	0,1083	0,0478	0,0201	0,0010	0,2787	0,0000	0,0625	0,0056	0,524
2012	0,1031	0,0408	0,0204	0,0010	0,2780	0,0000	0,0675	0,0050	0,516
2013	0,0996	0,0472	0,0194	0,0010	0,2878	0,0000	0,0889	0,0050	0,549
2014	0,0769	0,0616	0,0189	0,0011	0,2393	0,0000	0,0678	0,0030	0,469

Tabela 4.5: Podatki o izpustih Pb od leta 1990 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežni izpusti	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	SKUPAJ
1990	0,8398	0,8723	313,1276	24,0020	1,1191	0,0028	259,8332	0,0012	599,798
1991	0,7577	0,7725	281,4675	14,4662	1,3311	0,0029	223,4042	0,0012	522,203
1992	0,8478	0,6109	277,6123	10,4672	1,1313	0,0026	211,0720	0,0012	501,745
1993	0,8123	0,5086	297,3667	7,1004	0,9578	0,0025	193,9651	0,0012	500,715
1994	0,7880	0,4243	297,3585	7,0466	0,7795	0,0017	187,8583	0,0090	494,266
1995	0,8132	0,4764	185,7327	3,2183	0,7019	0,0027	197,2290	0,0005	388,175
1996	0,7423	0,4481	72,3388	0,9781	0,6545	0,0024	182,0796	0,0007	257,244
1997	0,8151	0,4046	62,2163	0,7840	0,5598	0,0028	87,2136	0,0136	152,010
1998	0,8648	0,4951	46,6262	0,8034	0,5371	0,0013	85,0701	0,0134	134,411
1999	0,7623	0,4372	39,4826	0,5522	0,5420	0,0013	86,1161	0,0069	127,901
2000	0,7930	0,3950	32,5119	0,3088	0,4971	0,0008	95,2626	0,0087	129,778
2001	0,8650	0,5011	16,6120	0,0407	0,4298	0,0000	103,8009	0,0192	122,269
2002	0,9142	0,6519	5,5217	0,0004	0,4294	0,0000	99,1875	0,0289	106,734
2003	0,8643	0,6076	5,4203	0,0004	0,4355	0,0000	115,1105	0,0353	122,474
2004	0,8857	0,6273	4,9387	0,0002	0,4278	0,0000	121,7411	0,0107	128,632
2005	0,8930	0,6550	4,8740	0,0002	0,4224	0,0000	122,2615	0,0091	129,115
2006	0,9134	0,6371	4,7807	0,0002	0,4304	0,0000	135,1009	0,0092	141,872
2007	0,9315	0,6222	4,7305	0,0002	0,4383	0,0000	3,6989	0,0129	10,434
2008	0,9385	0,6452	5,1163	0,0002	0,4469	0,0000	3,6255	0,0123	10,785
2009	0,8765	0,4782	4,7706	0,0002	0,5702	0,0000	2,5556	0,0158	9,267
2010	0,8981	0,4692	4,6377	0,0002	0,5895	0,0000	3,0119	0,0457	9,652
2011	0,9134	0,4608	4,7718	0,0002	0,5837	0,0000	2,6993	0,0451	9,474
2012	0,8697	0,4220	4,6557	0,0002	0,5809	0,0000	2,0693	0,0402	8,638
2013	0,8403	0,4247	4,3606	0,0002	0,6004	0,0000	2,0839	0,0419	8,352
2014	0,6486	0,4580	4,1668	0,0002	0,4986	0,0000	2,0336	0,0277	7,834



Slika 4.5: Letni izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji.



Slika 4.6: Letni izpusti svineca po sektorjih v Sloveniji.

4.2.2 Zahteve za kakovost zraka

Ciljne vrednosti za nikelj, arzen in kadmij so predpisane v Uredbi o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [21], mejna vrednost za svinec pa je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [19]. Predpisane vrednosti so podane v tabeli 4.6.

Tabela 4.6: Mejna vrednost za svinec ter ciljne vrednosti za arzen, kadmij in nikelj.

	Cilj	Čas povprečenja	Vrednost v ng/m ³
Arzen	zdravje	koledarsko leto	6
Kadmij	zdravje	koledarsko leto	5
Nikelj	zdravje	koledarsko leto	20
Svinec	zdravje	koledarsko leto	500

4.2.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih povprečnih dnevni vrednosti težkih kovin v letu 2015 je prikazan v tabeli 4.7 ter na slikah 4.7 do 4.10. Meritve svineca, kadmija, arzena in niklja smo izvajali na štirih merilnih mestih – Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor, Žerjav in Iskrba. Povprečna letna koncentracija kadmija na merilnem mestu Žerjav je v letu 2015 dosegla letno ciljno vrednost, vse ostale letne vrednosti so bile nižje od standardov kakovosti. Najvišje koncentracije svineca, kadmija in arzena so bile izmerjene v Žerjavu, najvišje koncentracije niklja pa na merilnem mestu Ljubljana Biotehniška fakulteta. Na vseh lokacijah opazimo, da najvišje izmerjene vrednosti precej odstopajo od povprečnih vrednosti in median. Te vrednosti so posledica izjemnih dogodkov povezanih z dejavnostjo v okolici merilnih mest.

Letni poteki koncentracij težkih kovin kažejo, da so koncentracije najvišje v hladnejšem obdobju leta (slike 4.11 do 4.14). Takrat so izpusti večji, dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni

tudi neugodni meteorološki pogoji za razredčevanje izpustov. Zimski maksimumi so manj izraziti na merilnem mestu Žerjav, kjer so povišani nivoji svinca povezani z delovanjem okoliške industrije. Obenem ni mogoče izključiti resuspenzije svinca iz kontaminirane zemlje. Primerjava koncentracij težkih kovin v obdobju od 2009 do 2015 kaže, da obremenjenost ostaja približno na istem nivoju (tabele 4.8 do 4.11 in slike 4.15 do 4.18).

Tabela 4.7: Letna pokritost s podatki (% pod) in povprečne koncentracije težkih kovin (C_p) v ng/m^3 v letu 2015.

	% pod	Arzen	Nikelj	Kadmij	Svinec
Maribor	84	0,58	1,6	0,20	11
LJ Biotehniška	45	0,50	3,6	0,23	7,1
Iskrba	49	0,31	0,88	0,08	1,9
Žerjav	45	2,1	2,7	4,9	338

Tabela 4.8: Povprečne letne koncentracije niklja v ng/m^3 na različnih postajah po letih.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Žerjav	1,7	1,8	2,4	2,4	2,7	1,9	2,7
Maribor	2,4	3,0	3,2	2,9	3,2	1,6	1,6
LJ Biotehniška	5,2	4,5	7,2	5,8	5,9	3,0	3,6
Iskrba	2,6	1,8	2,3	2,3	2,3	1,1	0,88

Tabela 4.9: Povprečne letne koncentracije svinca v ng/m^3 na različnih postajah po letih.

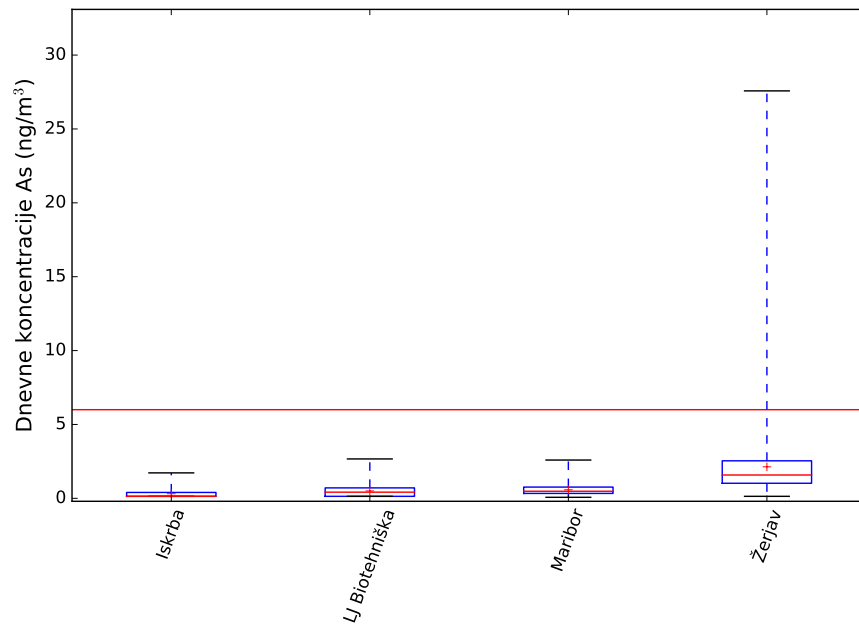
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Žerjav	293	254	300	252	392	330	338
Maribor	9,7	11,7	11,5	9,2	9,7	17,5	11,1
LJ Biotehniška	8,3	8,3	10,8	7,8	6,1	5,3	7,1
Iskrba	3,3	3,3	3,6	3,0	2,1	2,3	2,0

Tabela 4.10: Povprečne letne koncentracije arzena v ng/m^3 na različnih postajah po letih.

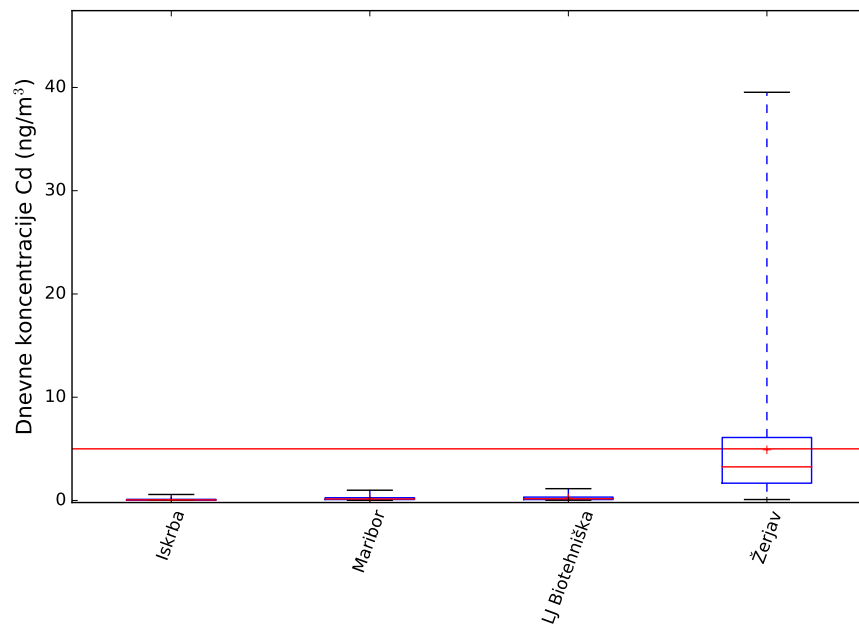
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Žerjav	2,7	2,2	1,9	2,0	1,7	1,9	2,1
Maribor	0,61	0,80	0,76	0,56	0,57	0,53	0,58
LJ Biotehniška	0,47	0,48	0,58	0,55	0,44	0,39	0,50
Iskrba	0,40	0,33	0,45	0,38	0,28	0,30	0,31

Tabela 4.11: Povprečne letne koncentracije kadmija v ng/m^3 na različnih postajah po letih.

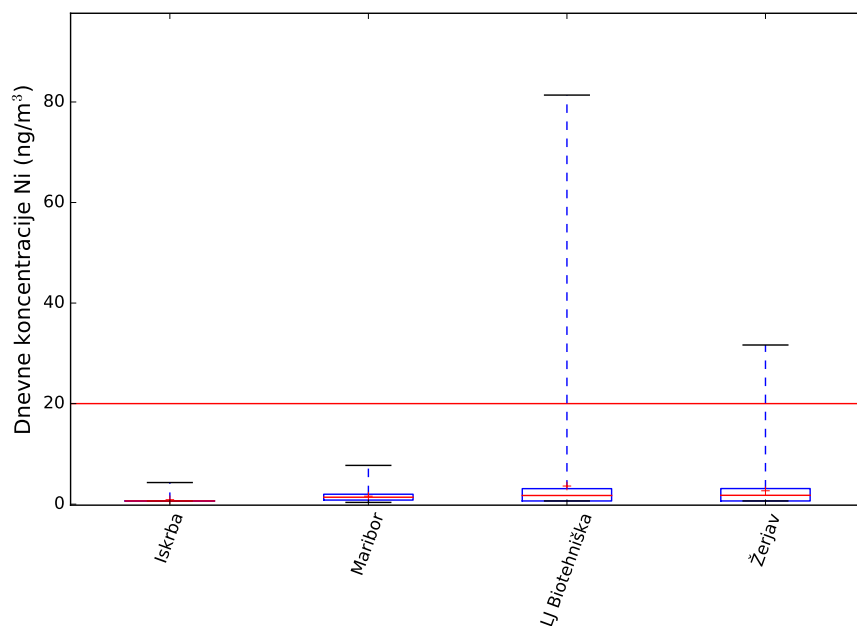
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Žerjav	2,6	4,4	2,5	1,5	2,5	2,8	4,9
Maribor	0,27	0,31	0,55	0,23	0,22	0,21	0,20
LJ Biotehniška	0,22	0,26	0,47	0,26	0,21	0,21	0,23
Iskrba	0,10	0,11	0,26	0,12	0,08	0,09	0,08



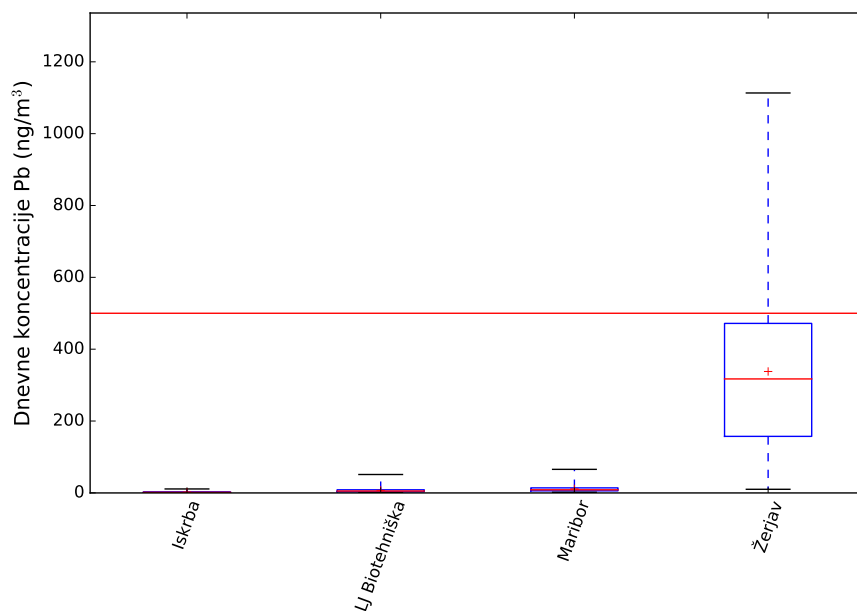
Slika 4.7: Porazdelitev dnevni koncentracij arzena na štirih merilnih mestih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



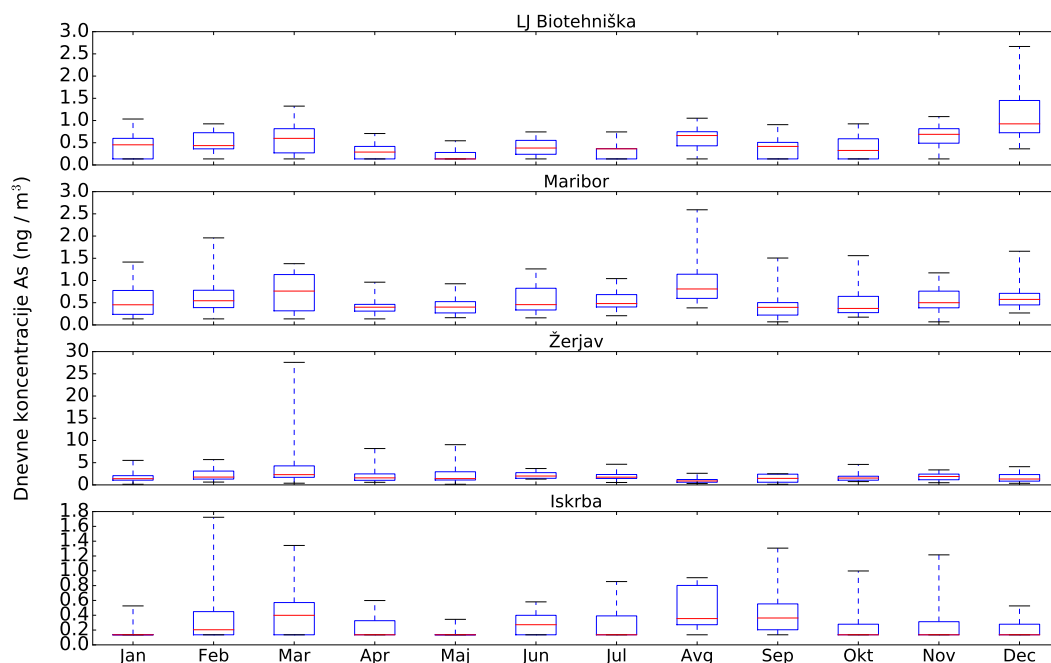
Slika 4.8: Porazdelitev dnevni koncentracij kadmija na štirih merilnih mestih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



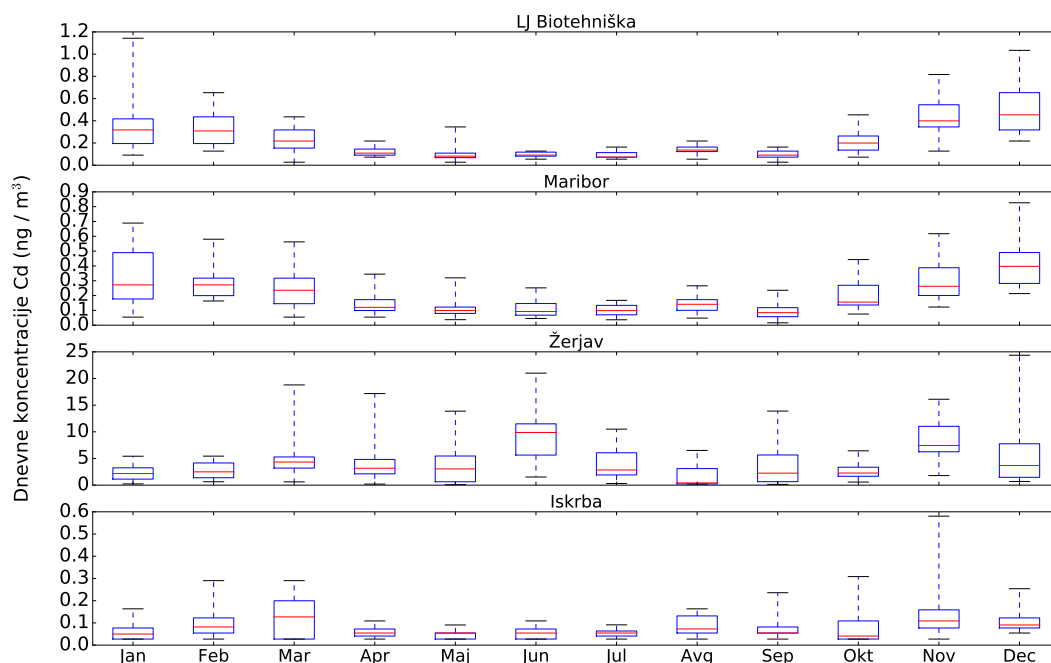
Slika 4.9: Porazdelitev dnevne koncentracije niklja na štirih merilnih mestih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo. Rdeča črta prikazuje letno ciljno vrednost.



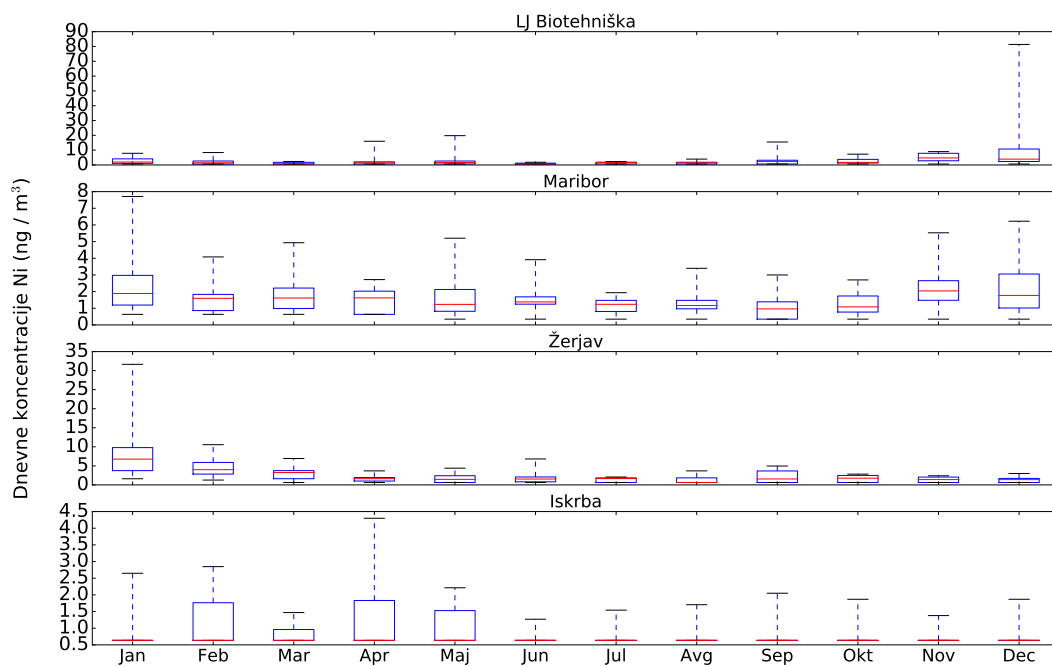
Slika 4.10: Porazdelitev dnevne koncentracije svineca na štirih merilnih mestih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.



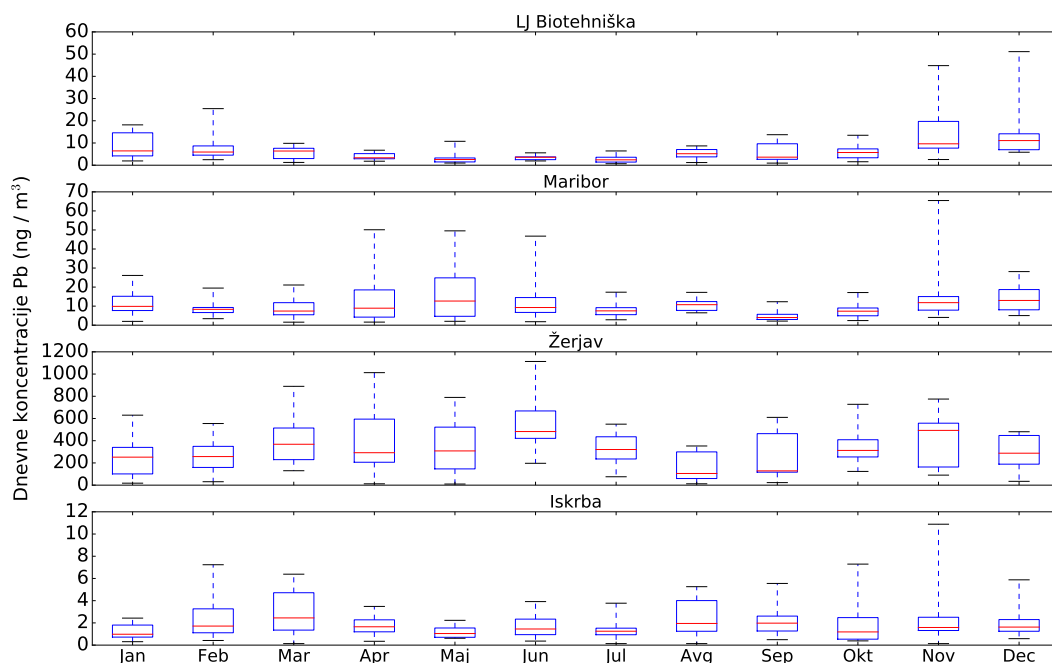
Slika 4.11: Porazdelitev dnevni koncentracij arzena na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



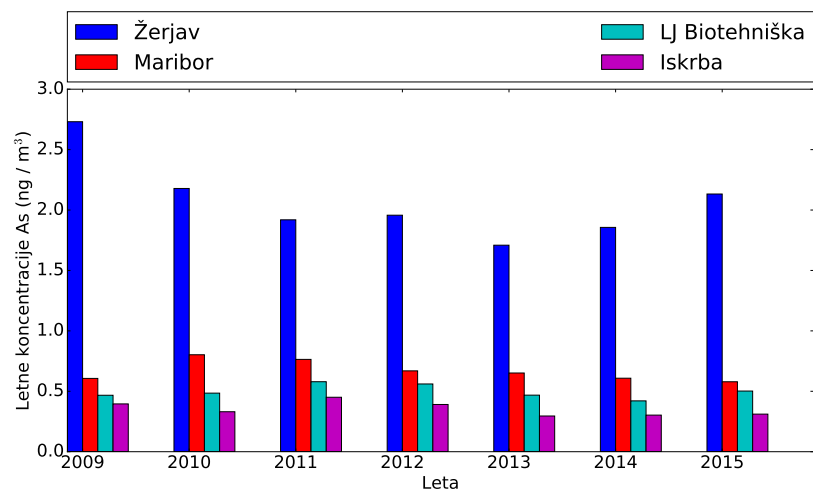
Slika 4.12: Porazdelitev dnevni koncentracij kadmija na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



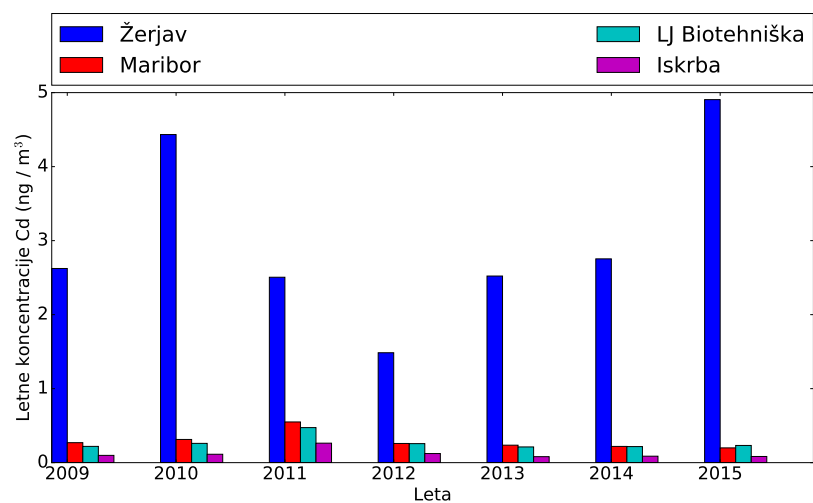
Slika 4.13: Porazdelitev dnevni koncentracij niklja na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



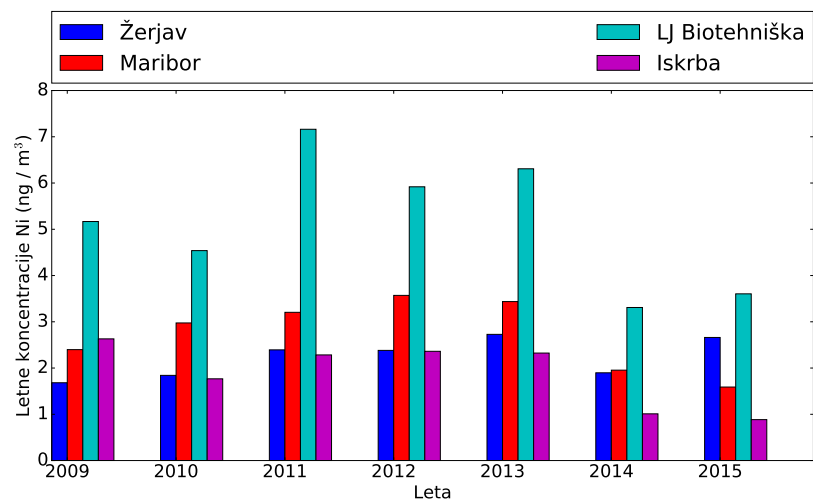
Slika 4.14: Porazdelitev dnevni koncentracij svinca na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



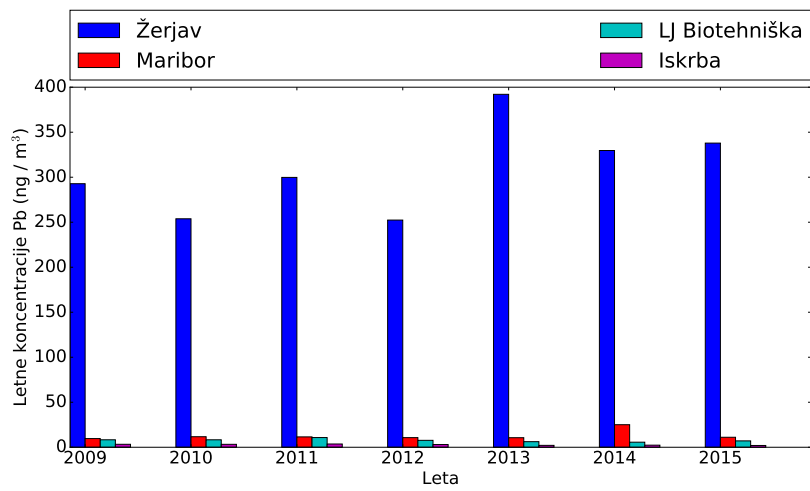
Slika 4.15: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij arzena na štirih merilnih mestih po letih.



Slika 4.16: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij kadmija na štirih merilnih mestih po letih.



Slika 4.17: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij niklja na štirih merilnih mestih po letih.



Slika 4.18: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij svinca na štirih merilnih mestih po letih.

5. Ozon

Molekula ozona je sestavljena iz treh atomov kisika. Zaradi nestabilne strukture je ozon močno reaktiven in zato v prevelikih koncentracijah škodljiv. V ozračju sta dve plasti z večjo vsebnostjo ozona:

- Stratosferski ozon se nahaja na višini okoli 20 km nad tlemi. Ta plast absorbira večino ultravijoličnih žarkov v sončni svetlobi in s tem ščiti življenje na Zemlji
- Troposferski ozon se nahaja v plasti od tal do nekaj kilometrov nad površjem. Previsoke koncentracije negativno vplivajo na zdravje ljudi, škodujejo pa tudi rastlinam in živalim.

Ozon je sekundarno onesnaževalo, zato v prizemni plasti zraka ni njegovih neposrednih izpustov. Ker so kompleksne reakcije, ki vodijo do nastanka ozona intenzivnejše ob visoki temperaturi in močnem sončnem obsevanju, je onesnaženost zraka z ozonom največja poleti. Snovem, iz katerih nastaja ozon, pravimo predhodniki ozona in obsegajo dušikove okside ter hlapne organske spojine (npr. etan, propan, butan, pentan, izopren, heksan, benzen, toluen, kisilen, trimetilbenzen, ...). Dušikovi oksidi so predvsem posledica izpustov iz prometa (motorji z notranjim izgorevanjem) in energetike. Hlapne organske snovi pa prispevajo izpusti povezani s prometom, industrijo in obrtjo, distribucijo motornih goriv, kurjenjem biomase in uporabo topil v gospodinjstvih. Na prometnih merilnih mestih so koncentracije ozona nižje, ker le-ta hitro reagira z dušikovim monoksidom iz izpušnih plinov in razpade nazaj v običajni dvoatomni kisik tako, da odda atom kisika molekuli dušikovega monoksida. Kraji z naraščajočo nadmorsko višino in odprtim reliefom imajo vse bolj značilnosti prostega ozračja, kjer je na eni strani majhen neposredni vpliv emisij predhodnikov ozona, na drugi strani pa je močnejše sevanje sonca. To se kaže v nižjih maksimalnih koncentracijah ozona v primerjavi s Primorsko, medtem ko so povprečne koncentracije višje kot v nižjih predelih.

5.1 Zahteve za kakovost zraka

V tabeli 5.1 so prikazane predpisane ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti iz Uredbe o kakovosti zunanega zraka [19] in WHO smernice. Za varovanje zdravja je predpisana ciljna maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost. Ta vrednost glede na Uredbo o kakovosti zunanega zraka znaša $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je lahko presežena največ 25-krat v koledarskem letu, pri čemer se za izračun upošteva povprečje zadnjih treh let. Dolgoročno naravnana ciljna vrednost preseganj predpisane vrednosti ne predvideva. Smernice Svetovne zdravstvene organizacije so strožje, saj je predlagana vrednost nižja ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), preseganja te vrednosti pa niso predvidena. Zaradi tveganja za zdravje ljudi zaradi

kratkotrajne izpostavljenosti sta predpisani tudi 1-urna opozorilna ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in alarmna vrednost ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$), zaradi negativnega vpliva ozona na vegetacijo pa ciljna vrednost in dolgoročni cilj za varstvo rastlin.

Tabela 5.1: Ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti za ozon ter WHO smernice.

	Cilj	Čas merjenja	Mejna ali ciljna vrednost	Dovoljeno število preseganj	WHO
Ciljna vrednost	Zdravje	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	25 dni v triletnem povprečju	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Ciljna vrednost	Vegetacija	AOT40 akumulirana od maja do julija	$18000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$	povprečje petih let	
Dolgoročna ciljna vrednost	Zdravje	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
Dolgoročna ciljna vrednost	Vegetacija	AOT40 akumulirana od maja do julija	$6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$		
Opozorilna vrednost	Opozorilo	1 ura	$180 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
Alarmna vrednost	Alarm	1 ura	$240 \mu\text{g}/\text{m}^3$		

AOT40 vrednost je izražena v $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{ure}$ in pomeni vsoto razlik med urnimi koncentracijami večjimi od $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in koncentracijo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v danem času z upoštevanjem enournih vrednosti, izmerjenih vsak dan med 8.00 in 20.00 po srednjeevropskem času (CET).

5.2 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih koncentracij in število preseženih ciljnih, opozorilnih in alarmnih vrednosti je podan v tabelah 5.2 do 5.5 ter na slikah 5.1 in 5.3.

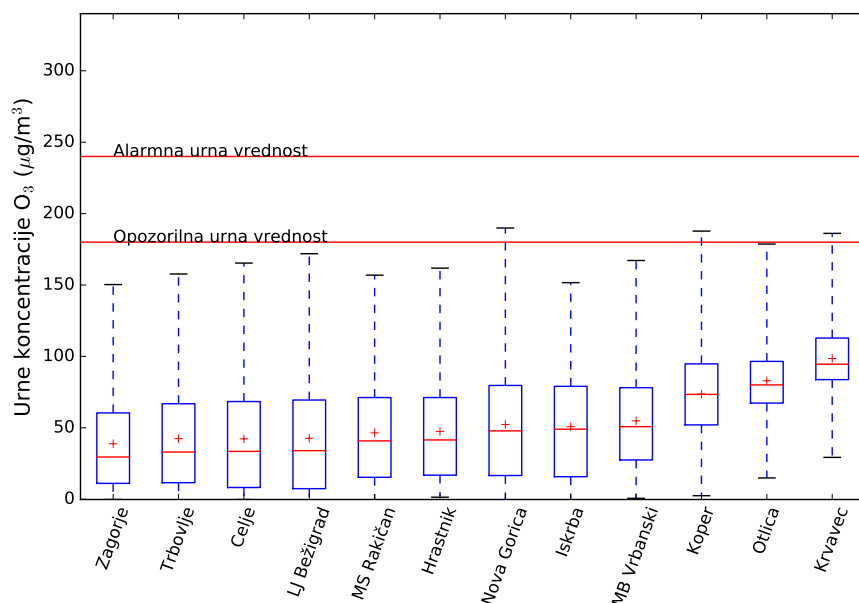
Primerjava med merilnimi mesti kaže, da so bile višje koncentracije ozona izmerjene na merilnih mestih v višjih legah in na Primorskem, najnižje pa na merilnih mestih izpostavljenih emisijam iz prometa. Najvišja povprečna letna vrednost $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila izmerjena na Krvavcu. Povprečna letna koncentracija v Novi Gorici bi bila višja, če bi bilo merilno mesto nekoliko bolj oddaljeno od prometnih cest. Maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost je bila presežena na vseh merilnih mestih. Z izjemo Zagorja in Trbovelj je bilo preseženo tudi dovoljeno število preseganj. Največ preseganj je bilo izmerjenih na Krvavcu, Kovku in v Kopru. Z izjemo nekaterih višje ležečih merilnih mest (Krvavec, Kovk) so bile visoke koncentracije ozona in s tem povezana preseganja 8-urne ciljne vrednosti na vseh merilnih mestih izmerjena le v topli polovici leta v obdobju med marcem in septembrom, kar je razvidno iz tabel 5.3 do 5.5 in slike 5.3. Za varovanje rastlin je predpisana vrednost AOT40. Ta vrednost je bila v letu 2015 presežena na vseh ruralnih merilnih mestih in tudi na večini merilnih mest mestnega ozadja.

Za varovanje zdravja sta predpisani urna opozorilna in alarmna vrednost. Ob preseganju teh vrednosti je potrebno izdati opozorilo o preseganju in pričakovanem trajanju takšne situacije. V letu 2015 je bila urna opozorilna vrednost prekoračena na treh merilnih mestih – 9-krat v Kopru, 6-krat v Novi Gorici, 4-krat v Sv. Mohorju, 1-krat na Kovku in 1-krat na Krvavcu. Alarmna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Najvišja urna vrednost je bila v letu 2015 izmerjena na Sv. Mohorju, v okviru DMKZ pa na merilnem mestu Nova Gorica. V okviru DMKZ so bile najnižje urne koncentracije ozona izmerjene na merilnih mestih pod vplivom prometa, najvišje pa na merilnih mestih na Primorskem (slika 5.1).

Zaradi vpliva sončnega obsevanja in temperature zraka na kemijske reakcije, pri katerih nastaja ozon, so koncentracije tega onesnaževala poleti precej višje kot pozimi (tabele 5.3, 5.4, 5.5, slika 5.3).

Tabela 5.2: Koncentracije ozona v zunanjem zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2015. Prikazana je nadmorska višina (n.v.), razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna koncentracija (C_p), maksimalna urna in maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost (max), število preseganj opozorilne (>OV) in alarme vrednosti (>AV), število prekorajitev 8-urne ciljne vrednosti in AOT40 ter WHO smernice.

Merilno mesto	%pod	Leto C_p	Varovanje zdravja				Varovanje rastlin		8 ur WHO
			max	>OV	>AV	1 ura	8 ur	max	
Merilna mreža DMKZ									
LJ Bežigrad	100	43	172	0	0	161	42	22339	92
MB Vrbanški	99	55	167	0	0	156	53	24524	107
Celje	100	42	165	0	0	150	29	15941	85
MS Rakičan	99	46	157	0	0	147	31	18448	83
Nova Gorica	98	52	190	6	0	174	65	31299	113
Trbovlje	100	42	158	0	0	148	22	15446	79
Zagorje	98	39	150	0	0	135	14	11245	58
Hrastnik	100	47	162	0	0	147	33	20022	92
Koper	96	74	188	9	0	174	79	39784	133
Otlica	99	83	179	0	0	169	55	29112	120
Iskrba	100	51	152	0	0	144	37	21043	95
Krvavec	99	99	186	1	0	164	91	36028	187
Dopolnilna merilna mreža									
TE-TOL									
Vnajnarje	99	74	166	0	0	160	64	23867	
TE Šostanj									
Zavodnje	99	77	165	0	0	154	61	25961	
Velenje	100	46	151	0	0	148	29	17990	
TE Trbovlje									
Kovk	82	87	187	1	0	167	83	31467	
TE Brestanica									
Sv. Mohor	98	70	193	4	0	159	61	25939	
MO Maribor									
MB Pohorje	93	81	173	0	0	156	62	23418	



Slika 5.1: Porazdelitev urnih koncentracij O₃ na merilnih mestih DMKZ v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Znak + prikazuje letno povprečje.

Na sliki 5.3 so prikazane mesečne statistične vrednosti za več merilnih mest skupaj, ločeno za urbano in ruralno okolje. Letni potek je podoben za obe skupini, vrednosti pa so na ruralnih merilnih mestih višje. V letu 2015 so bile najvišje koncentracije izmerjene v obdobju med junijem in avgustom, ko so se pojavljala obdobja stabilnega in vročega vremena.

Za ozon je značilen izrazit dnevni hod, ki je za izbrana merilna mesta prikazan na sliki 5.2. Na merilnih mestih v nižinah nastopi izrazit maksimum koncentracij okrog 14. ure, ko je sončno obsevanje močno in so temperature zraka najvišje. Najnižje koncentracije pa so zaznane v času jutranje prometne konice, ko ozon reagira z dušikovimi oksidi iz prometa. Na višje ležečih odprtih legah (Krvavec, Otlica) je dnevni hod precej manj izrazit, ker sproti doteka zrak s povišanimi koncentracijami ozona. Na teh območjih je tudi precej manj možnosti za reakcije z drugimi snovmi (npr. svežimi emisijami iz prometa) ter površinami kot je to v primeru merilnih mest v nižjih in bolj urbanih predelih.

Povprečne letne koncentracije ozona ne kažejo opaznih trendov v zadnjih letih. Razlike med posameznimi leti so posledica vremenskih razmer, posebej tistih poletij, ko so pogoji za nastanek ozona zaradi močnejšega sončnega obsevanja in višjih temperatur ugodnejši kot pozimi. Po visokih povprečnih letnih vrednostih izstopa predvsem leto 2003, sledita pa mu leti 2006 in 2012. Leto 2013 izstopa tudi po velikem številu preseganj ciljne 8-urne vrednosti. Po drugi strani je za leti 2014 in 2008 značilno manjše število preseganj ciljne 8-urne vrednosti. Podatki o povprečnih letnih koncentracijah ozona za posamezna merilna mesta in številu preseganj ciljne 8-urne vrednosti so podani v tabelah 5.6 do 5.8, v tabeli 5.9 pa je prikazano število preseganj opozorilne vrednosti. Na slikah 5.4 in 5.5 pa so prikazane statistične vrednosti za vsa merilna mesta DMKZ skupaj po posameznih letih.

Tabela 5.3: Povprečne mesečne koncentracije ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2015.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	20	34	50	70	67	68	74	52	40	15	14	6
MB Vrbanski	38	52	64	83	72	80	76	75	57	26	25	12
Celje	22	31	45	68	60	63	69	60	46	19	14	9
MS Rakican	30	42	52	69	62	67	65	64	53	24	18	11
Nova Gorica	23	46	61	68	69	78	90	71	58	33	20	8
Trbovlje	31	37	53	68	60	58	57	47	39	21	23	14
Zagorje	24	30	42	59	54	54	60	51	39	18	22	11
Hrastnik	32	43	57	73	65	64	68	55	45	24	26	17
Koper	43	62	74	88	87	102	109	98	82	55	36	23*
Otlica	64	80	88	98	94	96	106	98	81	63	66	62
Iskrba	44	54	64	73	66	64	60	51	44	31	34	25
Krvavec	84	96	103	111	112	111	121	113	90	78	79	83
Vnajnarje	55	70	77	95	92	95	98	90	75	49	52	39
Zavodnje	57	73	84	95	92	98	101	102	79	50	53	45
Velenje	28	42	52	71	63	67	72	66	49	23	15	8
Kovk			95	108	99	103	107	103	84	56	63	51
Sv. Mohor	51	66	77	92	86	90	98	84	73	41	49	29
MB Pohorje	61	73	82	94	89	100	104	108	81	52	62	56

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 5.4: Maksimalne urne koncentracije ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) po mesecih v letu 2015.

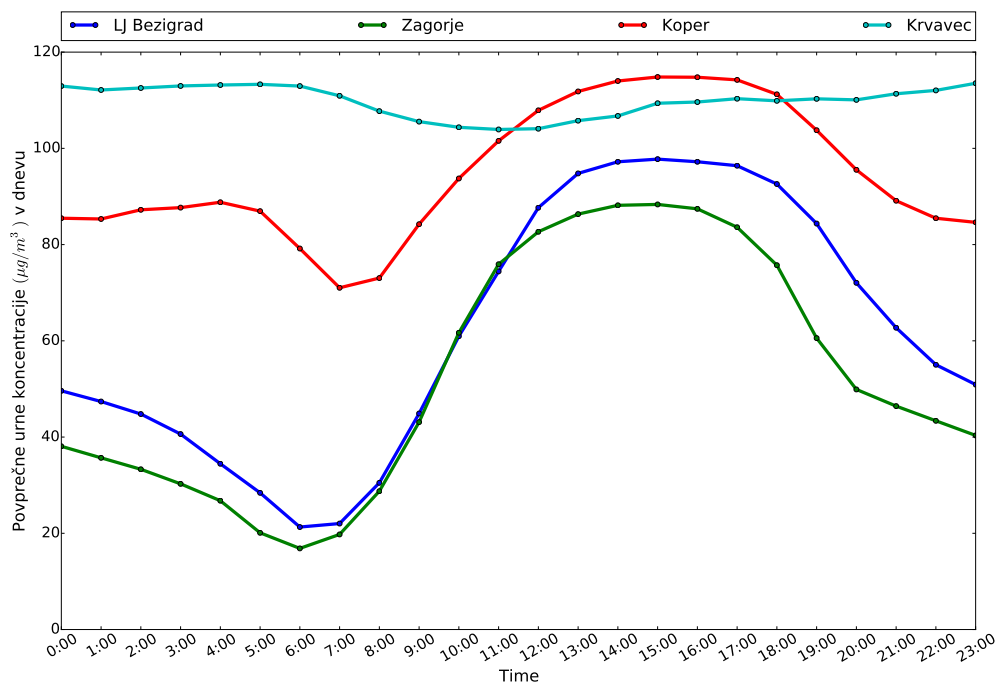
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	76	96	115	149	158	138	172	169	137	86	72	63
MB Vrbanski	88	122	124	148	149	149	167	165	145	85	81	59
Celje	87	102	120	157	149	139	165	154	157	91	78	80
MS Rakičan	82	110	120	135	131	138	149	157	146	89	85	64
Nova Gorica	89	102	121	147	170	159	190	181	149	104	84	62
Trbovlje	84	104	119	158	157	141	151	145	147	88	82	75
Zagorje	78	90	109	142	150	126	150	142	128	79	79	74
Hrastnik	83	104	115	155	162	136	161	149	146	91	87	78
Koper	86	105	115	144	147	163	188	183	152	93	90	70*
Otlica	86	121	123	146	144	150	179	157	151	105	106	90
Iskrba	87	129	117	148	145	134	152	146	119	90	104	80
Krvavec	100	149	130	172	164	164	186	168	157	116	101	104
Vnajnarje	87	116	118	155	162	140	166	148	139	91	95	80
Zavodnje	92	132	126	157	154	151	159	165	152	88	84	87
Velenje	86	101	119	150	142	141	148	151	137	85	72	65
Kovk			134	168	187	148	173	165	152	96	101	88
Sv. Mohor	84	120	122	156	164	149	182	193	142	101	101	75
MB Pohorje	82	106	121	143	140	143	173	162	149	99	93	87

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

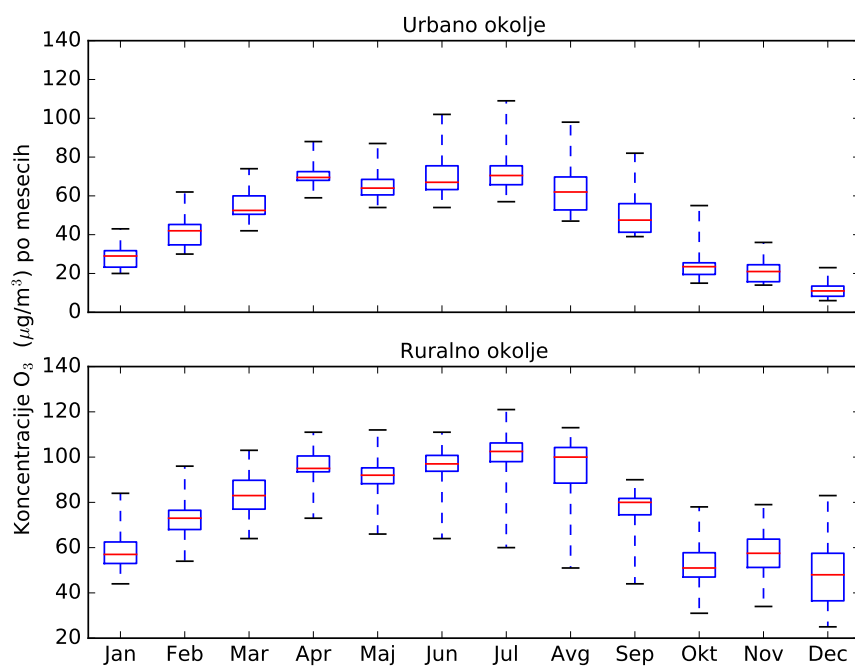
Tabela 5.5: Število prekoračitev 8-urne ciljne koncentracije ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozona v letu 2015.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	0	0	0	7	4	6	16	8	2	0	0	0
MB Vrbanški	0	0	0	8	6	13	14	12	1	0	0	0
Celje	0	0	0	6	2	1	10	9	1	0	0	0
MS Rakičan	0	0	0	3	1	5	8	13	1	0	0	0
Nova Gorica	0	0	0	9	7	15	22	12	1	0	0	0
Trbovlje	0	0	0	8	2	1	8	2	1	0	0	0
Zagorje	0	0	0	3	2	0	5	3	1	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	8	3	4	11	6	1	0	0	0
Koper	0	0	0	7	8	17	27	16	4	0	0	0*
Otlica	0	0	0	10	6	7	18	11	3	0	0	0
Iskrba	0	0	0	8	4	4	10	11	0	0	0	0
Krvavec	0	1	7	14	15	14	23	15	2	0	0	0
Vnajnarje	0	0	0	12	8	10	19	13	2	0	0	0
Zavodnje	0	0	0	9	7	13	16	15	1	0	0	0
Velenje	0	0	0	5	3	4	8	8	1	0	0	0
Kovk	0	0	4	15	13	14	20	14	3	0	0	0
Sv. Mohor	0	0	0	10	7	10	18	14	2	0	0	0
MB Pohorje	0	0	0	8	5	13	18	16	2	0	0	0

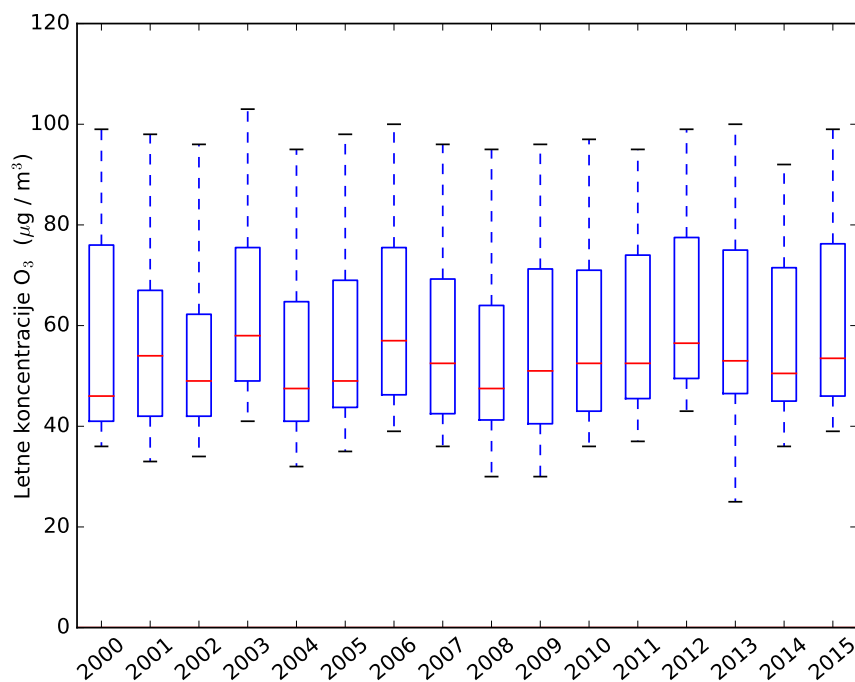
* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.



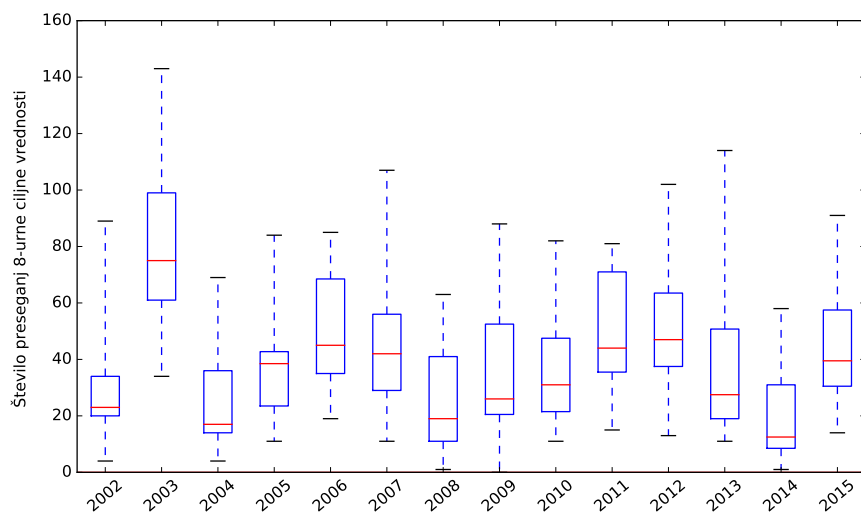
Slika 5.2: Povprečni dnevni potek koncentracij O_3 na izbranih merilnih mestih med aprilom in septembrom 2015.



Slika 5.3: Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij O₃ na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 5.4: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij O₃ na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 5.5: Porazdelitev preseganj 8-urne ciljne vrednosti za ozon na merilnih mestih DMKZ za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

Tabela 5.6: Povprečne letne koncentracije ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 1992 – 2015.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Kravec	89	83	83	89	99	98	100	99	99	98	96	103	95	98	100	96	95	96	97	95	99	100	92	99	
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	61	58	53	60	54	56	60	54	50	53	55	51*	56	52	52	51	
Otlca	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	95	88	82	83	83	80	87	88*	78	83	
LJ Bežigrad	40	38	34	27	36	40	40	36	42	44	41	48	42	44	45	42	42	40	41	43	46	46	38	43	
Maribor	/	/	/	/	/	/	/	/	36	33	37	44	34	35	39	37	37	39	40	37	43	25*	/	/	
Celje	/	/	/	/	/	/	/	/	41	44	46	50	38	43	45	42	41	39	42	45	49	46	42	42	
Trbovlje	/	/	/	/	/	/	/	/	37	/	40	48	35	37	41	38	33	40	42	41	46	43	39	42	
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	46	37	46	52	43	35	50	44	41	42	48	47	51	48	45	47	
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	34	41	32	44	39	36	30	30	36	41	43	42	36	39	
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	46	54	52	58	48	50	50	47	45	45	51	52	55	53	45	46	
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	58	47	48	50	47	43	44	46	53	57	53	46	52	
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	74	66	67	69	68	72	74	73	69	74	
Zavodnje	79	73	73	71	66	72	72	64	58	75	66	78	64	75	76	71	65	72	73	77	78	75	70	77	
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	38	40	54	55	43	46	54	51	42	49	51	80	52	51	46	46	
Kovk	70	68	69	75	69	68	61	70	76	71	65	78	69	72	72	67	61	68	71	74	76	67	80	87	
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	57	68	66	64	59	54	54	48	67	75	67	70	
Vnajnarje	/	/	/	/	/	/	/	/	77	63	67	73	67	68	76	70	60	74	73	74	82	86*	76	74	
MB Vrbaški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	49	55
MB Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/	86	/	/	88	76	79	82	76	74	74	71	71	80	76	72	81	

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 5.7: Število preseganj 8-urne ciljne vrednosti ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v posameznem letu za obdobje 2002 – 2015.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Bežigrad	23	73	31	36	45	42	19	26	20	44	47	29	7	42
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7	53
Celje	29	75	17	43	38	32	15	20	22	39	39	21	10	29
MS Rakičan	36	99	15	31	26	33	9	15	22	44	47	26	9	31
Nova Gorica	34	101	42	41	55	47	24	31	41	66	65	48	31	65
Trbovlje	9	61	4	13	32	15	6	23	21	23	23	11	10	22
Zagorje	4	34	5	11	19	11	1	0	11	15	13	13	1	14
Hrastnik	20	60	14	21	39	26	13	21	31	36	36	24	15	33
Koper	/	/	/	42	72	51	58	57	56	81	62	64	42	79
Otlica	/	/	/	/	85	98	50	67	54	76	73	59*	31	55
Iskrba	23	82	36	58	65	61	32	48	36	35	54	33	24	37
Krvavec	89	143	69	84	84	107	63	88	82	76	102	114	58	91
Maribor	4	18	1	0	7	3	0	4	3	0*	5	0*	/	/

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 5.8: Število preseganj 8-urne ciljne koncentracije ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v drsečem povprečju treh let za obdobje 2002 – 2015. Prekoračitve predpisane vrednosti so označene odebeljeno.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Bežigrad	42	47	37	41	35	29	22	30	37	40	28	26
Celje	40	45	33	38	28	22	19	27	33	33	23	20
MS Rakičan	50	48	24	30	23	19	15	27	38	39	27	22
Nova Gorica	59	61	46	48	42	34	32	46	57	60	48	48
Trbovlje	25	26	16	20	18	15	17	22	22	19	15	14
Zagorje	14	17	12	14	10	4	4	9	13	14	9	9
Hrastnik	31	32	25	29	26	20	22	29	34	32	25	24
Koper	/	/	/	55	60	55	57	65	66	69	56	62
Otlica	/	/	/	/	78	72	57	66	68	69*	54*	48*
Iskrba	47	59	53	61	53	47	39	40	42	41	37	31
Krvavec	100	99	79	92	85	86	78	82	87	97	91	88
Maribor	8	6	3	3	3	2	2	2*	3	/	/	/

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 5.9: Število preseganj opozorilne vrednosti ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 2002 – 2015.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Bežigrad	4	18	4	11	9	7	0	0	0	0	3	1	0	0
Maribor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/	/
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0
Celje	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0
MS Rakičan	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nova Gorica	26	100	25	31	33	18	0	0	0	2	18	20	0	6
Trbovlje	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hrastnik	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Koper	/	/	/	16	36	9	0	3	2	4	13	22	0	9
Otlica	/	/	/	/	67	43	5	2	3	1	12	33*	0	0
Iskrba	0	11	1	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Krvavec	0	8	7	7	23	18	0	0	14	0	10	6	0	1

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

5.3 Epizode čezmerne onesnaženosti

V letu 2015 smo v mreži DMKZ zabeležili 16 preseganj urne opozorilne vrednosti – devet v Kopru, šest v Novi Gorici in eno na Krvavcu. Najvišje koncentracije smo v tem letu izmerili v mesecu juliju, ko se je večji del meseca nad južno Evropo in našimi kraji zadrževal greben visokega zračnega tlaka. Koncentracije ozona so v začetku julija prekoračile opozorilno vrednost na Krvavcu in v Novi Gorici. Največ prekoračitev pa je bilo v juliju zabeleženih sredi meseca v daljšem obdobju brez padavin med 12. in 25. julijem v Kopru in Novi Gorici. V avgustu so koncentracije dosegle najvišje vrednosti ob koncu obdobja lepega vremena, ki je trajalo od 4. do 14. avgusta. Takrat so bile najvišje temperature na Primorskem tudi nad 35 °C. Opozorilna vrednost je bila prekoračena 14. avgusta v Kopru in Novi Gorici.

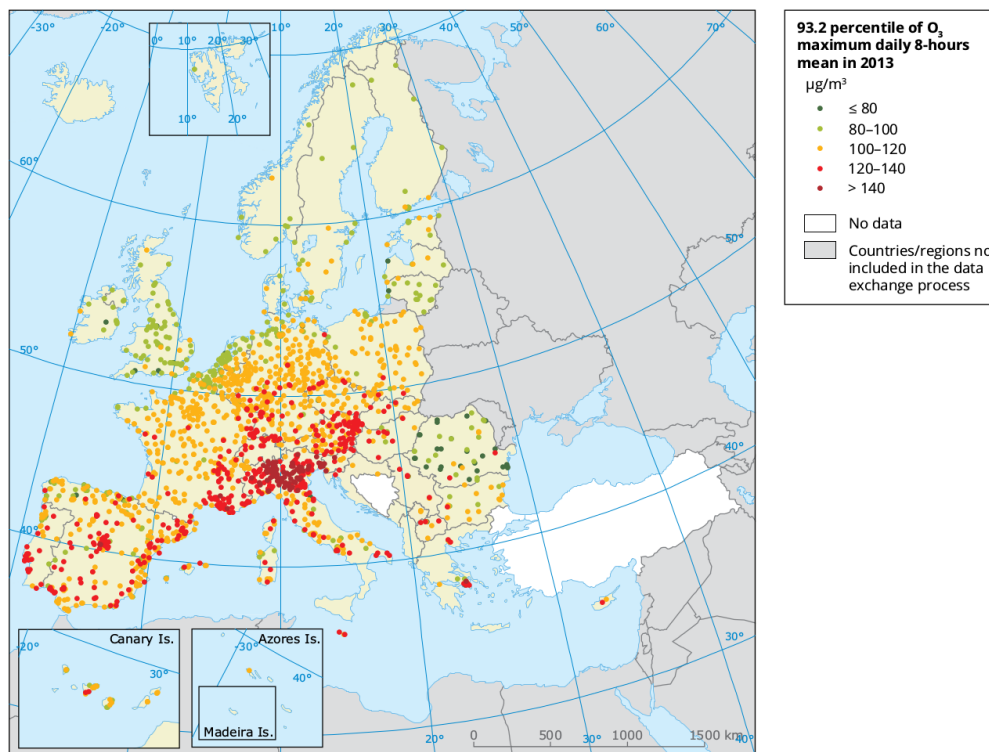
5.4 Modeliranje in napovedovanje ravni ozona

Ena od glavnih nalog ARSO je obveščanje javnosti, zato v obdobju, ko se pričakujejo povišane koncentracije ozona, napovedujemo njegove koncentracije za tekoči in naslednji dan za celotno Slovenijo. Napoved je objavljena na spletni strani ARSO. Ob preseženi opozorilni vrednosti (urna koncentracija 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) oz. alarmni vrednosti (urna koncentracija 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) obvestimo javnost in podamo informacijo o možnih učinkih na zdravje ter o priporočenih ukrepih za zmanjšanje izpostavljenosti visokim koncentracijam. V primerih, ko je presežena urna opozorilna koncentracija, pošljemo opozorilo Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje, občinam, bolnišnicam, zdravstvenim domovom, šolam, vrtcem in medijem. Javnost opozorimo tudi v primeru, ko pričakujemo preseganje teh dveh vrednosti. Pri napovedovanju ozona si pomagamo s statističnim modelom. Pri izračunu koncentracije model upošteva izmerjene koncentracije, z modelom ALADIN/SI napovedane trajektorije zraka in napovedane meteorološke spremenljivke, dobljene iz modela ECMWF. Model napove najvišjo koncentracijo za tekoči in naslednji dan za 9 krajev v državi. Na osnovi napovedanih koncentracij grafični vmesnik prikaže razred koncentracije na posameznih območjih, ki smo jih definirali glede na reliefne in podnebne razmere. Ozon je namreč bolj enakomerno porazdeljen po spodnji plasti ozračja kot ostala onesnaževala, saj ne obstajajo neposredni izpusti ampak nastaja s foto-kemijskimi reakcijami iz njegovih predhodnikov. Razredi so definirani glede na ciljno in opozorilno vrednost. V proces napovedovanja ozona smo v letu 2016 vključili nov statistični model, uporabljamo pa tudi modelski sistem ALADIN-CAMx, ki omogoča prostorsko natančnejšo napoved koncentracij.

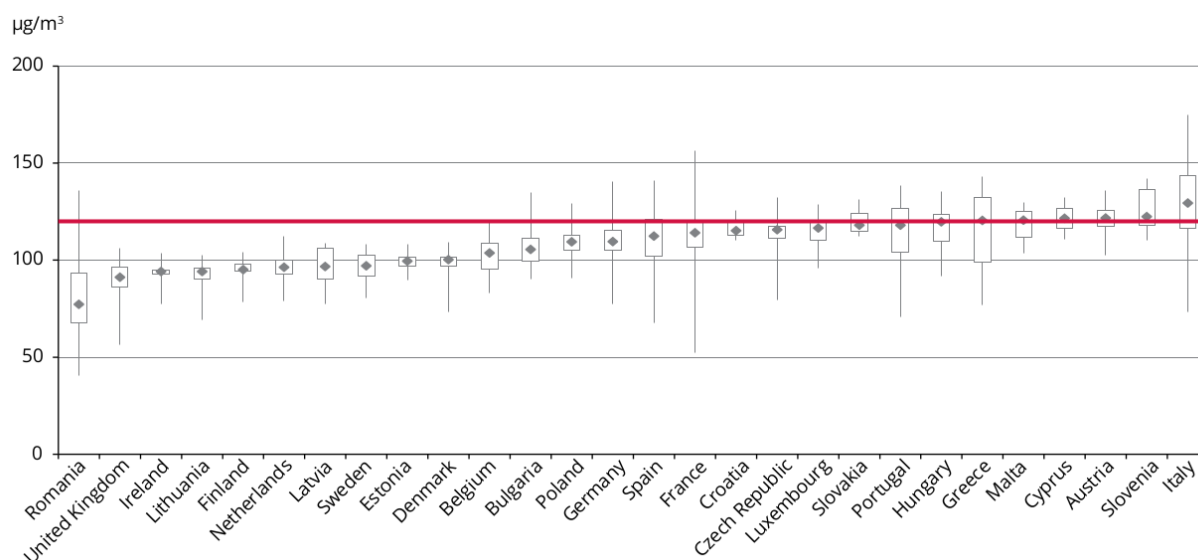
5.5 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Ravni ozona so višje v južnem delu Evrope, ker je tvorba ozona intenzivnejša pri višjih temperaturah in močnejšemu sončnemu obsevanju [1]. Visoke ravni ozona so tudi v večjih območjih zgoščenih izpustov predhodnikov ozona, kot na primer v Padski nižini, kar je lepo razvidno iz kartografskega prikaza onesnaženosti posameznih merilnih mest v Evropski uniji (slika 5.6). Po doseganju skladnosti s ciljno vrednostjo od Slovenije v povprečju bolj odstopa le Italija (slika 5.7). Poudariti velja, da je prikazana visoka onesnaženost Slovenije tudi posledica relativno velikega deleža meritev na

območjih, ki so bolj izpostavljena visoki ravni onesnaženosti z ozonom, kot so višje ležeča merilna mesta Krvavec in Otlica.



Slika 5.6: Šestindvajseta najvišja dnevna 8-urna povprečna koncentracija O₃ v letu 2013 [1] za poročana merilna mesta držav Evropske unije (označene s piko). Z barvo je označen razred v katerega spadajo merilna mesta glede na 26. 8-urno povprečno koncentracijo O₃.



Slika 5.7: Stopnja skladnosti za ozon z dnevno 8-urno ciljno vrednostjo za države EU [1] za leto 2013. Graf prikazuje 26. najvišjo 8-urno vrednost (93,15 percentil) na posameznem merilnem mestu po državah EU v primerjavi s ciljno vrednostjo (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja koncentracija (26. najvišja za merilno mesto), oba kvartila in povprečna 26. najvišja koncentracija za posamezno državo.

6. *Dušikovi oksidi*

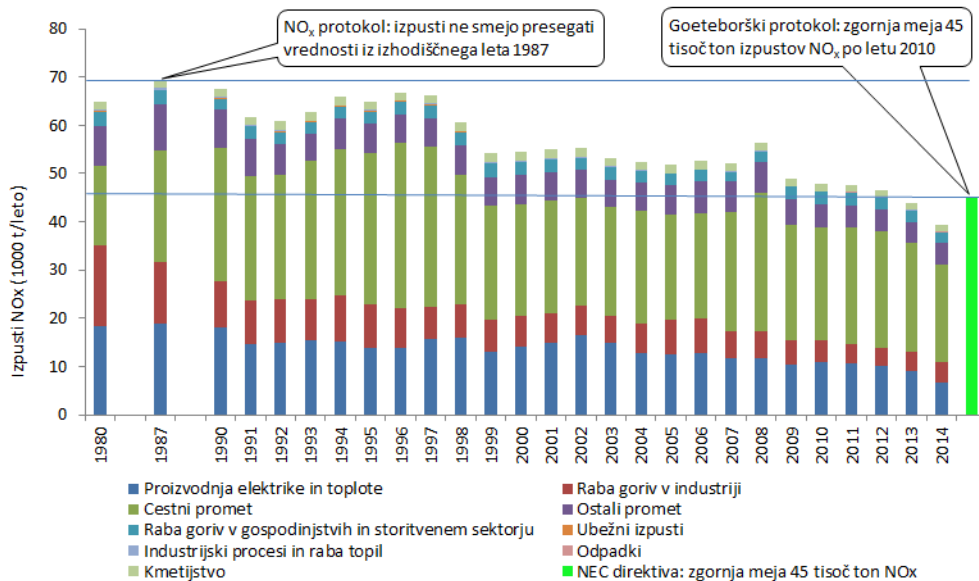
Dušikovi oksidi so spojine, ki jih sestavljajo le atomi kisika in dušika. Obstaja šest takšnih spojin: NO, NO₂, N₂O, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅. V ozračju je največ dušikovega monoksida (NO) in dušikovega dioksida (NO₂). Iz izpustov prihaja v zrak največ dušikovega monoksida, ki se v ozračju postopno oksidira v dušikov dioksid. Zdravju je bolj škodljiv dušikov dioksid. Dušikovi oksidi spadajo med predhodnike ozona in posredno vplivajo na podnebne spremembe. Neposredni toplogredni učinek ima sicer nestrupeni N₂O, ki je po učinku segrevanja ozračja takoj za CO₂, CH₄ in halogeniranimi ogljikovodiki [33].

6.1 Izpusti

Več kot polovico dušikovitih oksidov prihaja v ozračje iz prometa, precejšen delež pa prispeva tudi proizvodnja električne in toplotne energije. Letni izpusti NO_x v Sloveniji so leta 2014 znašali 39 tisoč ton. V primerjavi z letom 1987 (izhodiščno leto za Protokol o NO_x) so se zmanjšali za 43 %. Več kot polovico izpustov NO_x je v letu 2014 prispeval cestni promet. Izpusti po sektorjih so prikazani na sliki 6.1 in v tabeli 6.1. Leta 2006 je Slovenija ratificirala NO_x protokol h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja, zato bo potrebno paziti, da v prihajajočih letih ne presežemo nivo izpustov NO_x iz leta 1987. Glede na obveznost Slovenije po Göteborgškem protokolu in NEC Direktivi [9] v letu 2010 in naslednjih letih skupni izpusti NO_x ne smejo presegati 45 tisoč ton. Skupni izpusti NO_x so bili v letu 2014 za 12 % nižji od ciljne vrednosti, ki jo predpisuje NEC direktiva. Izpusti dušikovitih oksidov se podajajo kot vsota vseh dušikovitih oksidov izraženih v ekvivalentu NO₂.

Tabela 6.1: Podatki o izpustih NO_x od leta 1987 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežni izpusti	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	Kmetijstvo	SKUPAJ
1987	18831	12849	23132	9464	2961	134	317		1811	69499
1990	18001	9746	27596	7885	2308	154	333	5	1593	67621
1991	14568	9202	25820	7577	2595	153	219	5	1462	61602
1992	14791	9014	25949	6432	2417	139	203	5	1861	60812
1993	15408	8449	28678	5655	2508	131	168	6	1662	62664
1994	15267	9550	30307	6431	2360	93	194	6	1675	65881
1995	13762	9212	31369	6082	2451	144	212	6	1664	64901
1996	13803	8204	34359	5869	2675	124	192	6	1625	66858
1997	15634	6825	33100	5921	2710	142	233	7	1686	66256
1998	16037	6718	26996	6079	2740	67	241	8	1720	60605
1999	12929	6852	23612	5815	2895	68	252	9	1740	54171
2000	14124	6389	23026	6141	2706	43	197	9	1789	54425
2001	14815	6232	23367	5924	2595	7	192	10	1787	54929
2002	16479	6022	22432	5795	2531	7	198	11	1799	55274
2003	14758	5767	22439	5788	2520	6	204	12	1765	53260
2004	12753	6206	23208	5882	2533	6	207	12	1618	52425
2005	12615	7196	21759	5971	2353	5	213	12	1604	51727
2006	12828	7046	21898	6729	2231	5	170	12	1642	52561
2007	11671	5598	24809	6229	2056	4	172	14	1657	52208
2008	11641	5559	28907	6313	2201	3	124	14	1506	56268
2009	10480	4833	24112	5231	2549	3	110	15	1588	48921
2010	10876	4555	23266	4795	2671	7	138	16	1556	47880
2011	10597	4133	24222	4427	2593	3	150	16	1517	47658
2012	9984	3904	24118	4458	2446	2	164	17	1485	46577
2013	9058	4102	22436	4214	2476	3	175	20	1500	43985
2014	6719	4067	20426	4427	2062	3	185	21	1556	39465



Slika 6.1: Letni izpusti dušikovih oksidov po sektorjih v Sloveniji.

6.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [19] sta predpisani mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja ter kritična vrednost za zaščito vegetacije. Prikazane so v tabeli 6.2.

Tabela 6.2: Mejni, alarmna in kritična vrednost za dušikove okside ter WHO smernice.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost	Dovoljeno število preseganj	WHO
Mejna vrednost	Zdravje	1 ura	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂	18 ur na leto	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂
Mejna vrednost	Zdravje	Koledarsko leto	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂		40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂
Alarmna vrednost	Zdravje	1 Ura	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO ₂		
Kritična vrednost	Vegetacija	Koledarsko leto	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO _x		

6.3 Ravni onesnaženosti

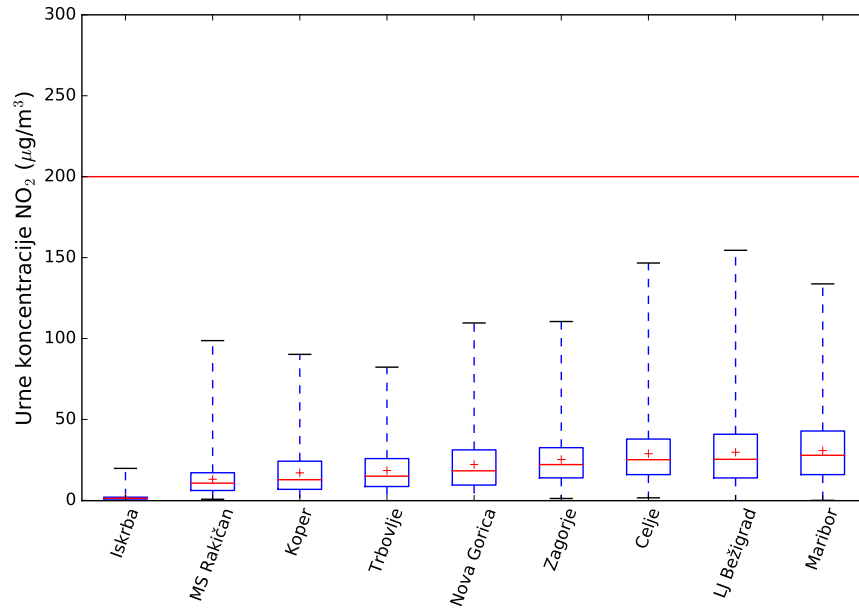
Letna mejna vrednost NO₂, ki je predpisana za zaščito zdravja, v letu 2015 ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Ravno tako tudi ni bilo preseganj urne mejne vrednosti NO₂ (tabela 6.3). Priporočene vrednosti Svetovne zdravstvene organizacije, ki so enake, kot jih določa Uredba o kakovosti zunanjega zraka, torej tudi niso bile presežene. Za zaščito vegetacije je predpisana kritična letna vrednost NO_x, ki se uporablja za neizpostavljena ruralna merilna mesta. V DMKZ med ruralna merilna mesta uvrščamo Rakičan pri Murski Soboti in Iskrbo, kjer pa ne merimo koncentracij NO_x. V dopolnilni merilni mreži v to skupino sodijo vsa merilna mesta z izjemo merilnih mest Ljubljana Center, AMP Gaji v Celju in Maribor Vrbanški plato. Na nobenem ruralnem merilnem mestu kritična vrednost za NO_x ni bila presežena (tabela 6.3).

Porazdelitev urnih koncentracij NO₂ na merilnih mest DMKZ je prikazan na sliki 6.2. Tudi najvišje izmerjene urne vrednosti so opazno pod mejno urno vrednostjo, ki je lahko po zakonodaji presežena 18-krat v enem letu. Koncentracije NO₂ imajo značilen letni in dnevni hod. Na urbanih in

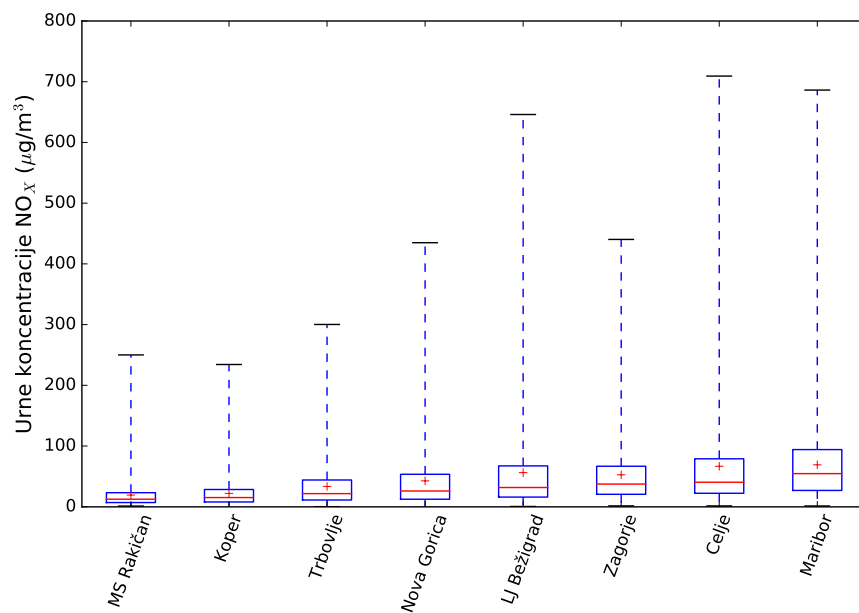
ruralnih merilnih mestih so bile najnižje koncentracije izmerjene v poletnih mesecih, ko so vremenske razmere za razredčevanje izpustov ugodnejše. V tem obdobju so manjši tudi izpusti dušikovih oksidov zaradi zmanjšanega prometa (dopusti, počitnice, večja uporaba koles). Koncentracije NO₂ so najvišje pozimi, ko je ozračje najbolj stabilno in najslabše prevetreno, izpusti pa nekoliko višji kot poleti (tabeli 6.4, 6.6 in sliki 6.4, 6.5). Tudi dnevni hod kaže, da so najnižje koncentracije izmerjene ponoči, čez dan pa so koncentracije višje (slika 6.6). Zjutraj in popoldne se pojavljata dve obdobji višjih koncentracij zaradi povečanih izpustov dušikovih oksidov ob jutranji in popoldanski prometni konici. Na sliki 6.6 lahko opazimo tudi razliko med delavniki ter vikendi. Med delavniki so koncentracije višje zaradi intenzivnejšega prometa.

Tabela 6.3: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne (C_p) in maksimalne letne vrednosti (max) izražene v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ter število preseganj mejne (>MV) in alarmne (>AV) vrednosti za NO₂. Razpoložljivost podatkov (% pod) in povprečne letne vrednosti za NO_x (C_p) izražene v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v letu 2015.

Merilno mesto	%pod	varovanje zdravja NO ₂				varovanje rastlin NO _x	
		C_p	max	>MV	>AV	%pod	C_p
Merilna mreža DMKZ							
LJ Bežigrad	99	30	155	0	0	99	56
Maribor	100	31	134	0	0	99	69
Celje	88	29	147	0	0	88	67
MS Rakičan	98	13	99	0	0	99	19
Nova Gorica	99	22	110	0	0	99	43
Trbovlje	99	18	82	0	0	100	33
Zagorje	99	25	111	0	0	100	53
Koper	99	17	90	0	0	100	22
Iskrba	96	2	20	0	0	/	/
Dopolnilna merilna mreža							
TE-TO Ljubljana							
Vnajnarje	97	9	62	0	0	97	9
Lafarge cement							
Zelena trava	97	18	82	0	0	96	23
TE Šoštanj							
Zavodnje	95	7	64	0	0	99	8
Škale	95	8	57	0	0	100	10
TE Trbovlje							
Kovk	94	8	61	0	0	94	9
Dobovec	90	3	21	0	0	90	3
TE Brestanica							
Sv. Mohor	98	7	59	0	0	98	7
OMS MOL							
LJ Center	97	36	121	0	0	98	72
MO Celje							
AMP Gaji	96	23	162	0	0	96	46
MO Maribor							
MB Vrbski	98	19	190	0	0	97	23



Slika 6.2: Porazdelitev urnih koncentracij NO_2 na merilnih mestih DMKZ v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje urno mejno vrednost.



Slika 6.3: Porazdelitev urnih koncentracij NO_x na merilnih mestih DMKZ v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

V zadnjih desetih letih je bilo zabeleženo preseganje letne mejne vrednosti za zaščito zdravja le na merilnem mestu Ljubljana Center, drugje preseganj ni bilo (tabela 6.7). Meritve kažejo, da se letne povprečne koncentracije dušikovega dioksida nekoliko spreminjajo (slika 6.7) predvsem zaradi meteoroloških pogojev, letna povprečja pa so na vseh merilnih mestih pod mejno vrednostjo. Ob toplejših zimah z več vetra in padavin ter ob manjšem številu temperaturnih inverzij so koncentracije nižje, ob nasprotnih pogojih pa višje. Podatki o povprečnih letnih koncentracijah za posamezna merilna mesta od leta 1992 so prikazani v tabeli 6.7. Na sliki 6.7 je prikazana porazdelitev povprečnih

letnih koncentracij NO₂ na vseh merilnih mestih od leta 2002 naprej.

Tabela 6.4: Povprečne mesečne koncentracije NO₂ (µg/m³) v letu 2015.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	41	43	32	22	18	18	20	23	26	30	41	44
Maribor	40	39	37	32	29	27	26	28	29	29	29	24
Celje	40	39	33	25	23	24*	18*	18	21	24	32	37
MS Rakičan	20	18	14	11	8	10	9	9	9	11	18	20
Nova Gorica	29	19	24	23	17	15	16	16	15	23	32	36
Trbovlje	23	27	19	17	13	13	13	13	14	18	26	26
Zagorje	37	43	34	24	19	18	17	15	18	20	29	33
Koper	25	18	15	14	11	13	14	13	11	13	23	33
Iskrba	12	12	7	6	5	4	5	7	4	8	7*	20
Vnajnarje	10	10	6	5	4	6	6	7	9	10	18	18
Zavodnje	11	10	10	5	5	4	6	4	3	5	8	12
Škale	13	10	8	4	4	4	6	5	3	6	9	22
Kovk	12	13	10	6	6	5	4	4	4	6	10	13
Dobovec	5	4	4	3	2	2	1	1	1	2	2	3
Sv. Mohor	11	11	9	5	4	1	2	1	3	6	10	15
LJ Center	49	47	44	36	34	32	30	30	31	28	37	34
AMP Gaji	43	35	26	20	19	17	17	4	14	16	27	30
Zelena trava	10	14	21	16	15	14	18	21	19	21	27	27

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

Tabela 6.5: Maksimalne urne koncentracije NO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2015.

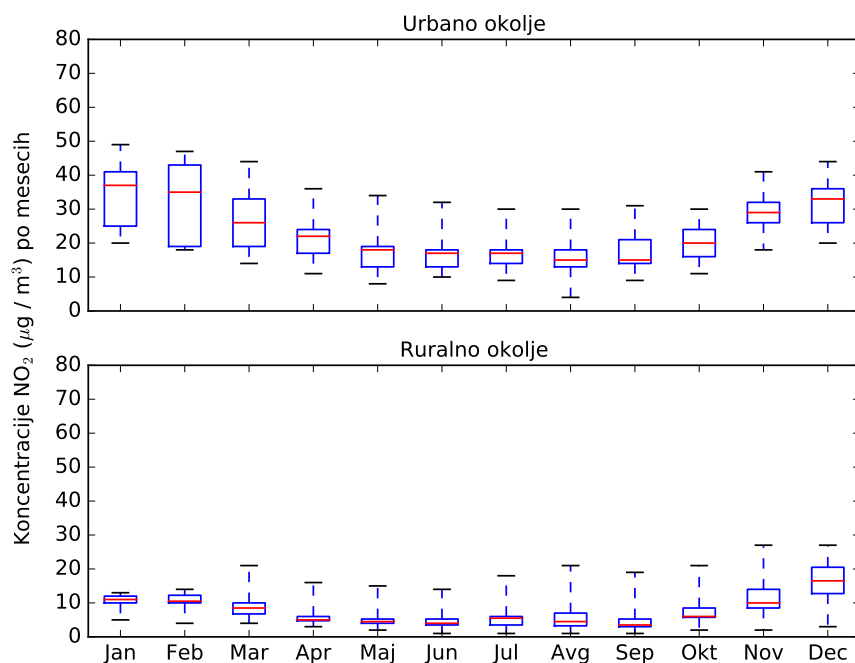
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	112	123	123	110	72	67	60	78	90	75	153	155
Maribor	106	116	134	118	93	101	72	74	98	65	86	68
Celje	147	98	108	89	94	55*	37*	68	75	65	96	101
MS Rakičan	99	65	67	65	31	39	33	29	44	48	72	61
Nova Gorica	110	60	95	89	75	65	78	86	64	80	109	92
Trbovlje	82	75	73	63	58	42	47	41	61	49	72	63
Zagorje	98	111	84	71	63	46	53	45	54	57	80	75
Koper	85	76	87	90	53	56	64	60	58	65	69	71
Vnajnarje	54	45	59	30	14	20	16	24	35	34	62	49
Zavodnje	50	59	64	55	50	23	47	44	48	47	51	53
Škale	57	40	36	37	49	23	55	48	28	26	31	55
Kovk	37	61	61	21	21	27	35	15	14	21	59	42
Dobovec	16	16	15	9	9	8	7	21	6	12	11	14
Sv. Mohor	59	32	36	20	14	11	15	11	17	21	36	54
LJ Center	121	119	114	97	94	80	83	96	76	75	108	101
AMP Gaji	162	114	92	75	56	50	54	39	59	50	81	77
Zelena trava	29	67	61	47	82	35	62	36	29	35	50	50

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.

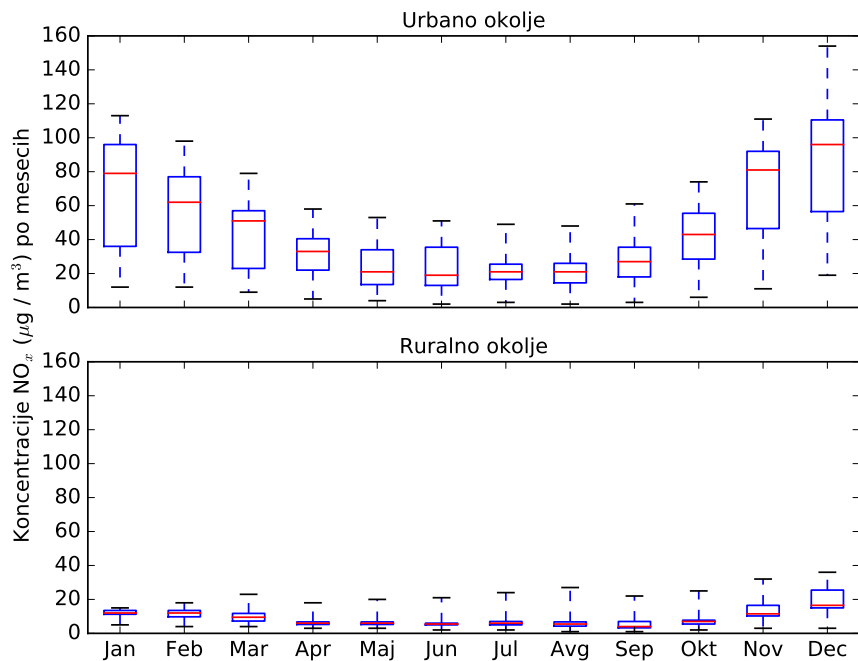
Tabela 6.6: Povprečne mesečne koncentracije NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2015.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bezigrad	92	77	51	31	22	22	24	27	38	60	100	132
Maribor	108	83	71	55	53	51	49	47	61	74	81	96
Celje	100	75	57	40	38	42*	25*	25	32	51	111	154
MS Rakičan	30	25	18	14	10	11	10	10	11	17	34	42
Nova Gorica	79	48	39	33	21	19	20	21	24	43	72	94
Trbovlje	37	40	27	26	18	19	21	21	26	40	59	66
Zagorje	82	77	57	41	30	29	26	25	33	48	83	104
Koper	35	25	19	18	14	15	16	15	12	17	32	47
LJ Center	113	98	79	58	51	47	42	48	54	65	104	109
Vnajnarje	11	9	7	6	5	6	5	7	8	7	18	18
Zavodnje	12	12	12	6	7	5	7	5	3	5	10	15
Škale	15	12	8	5	6	5	7	6	4	8	12	28
Kovk	12	14	11	7	6	6	5	4	4	7	11	15
Dobovec	5	4	4	3	3	2	2	1	1	2	3	3
Sv. Mohor	12	12	9	5	4	2	3	2	3	6	11	19
AMP Gaji	79	62	53	33	13	11	17	14	27	42	84	112
Zelena trava	14	18	23	18	20	21	24	27	22	25	32	36

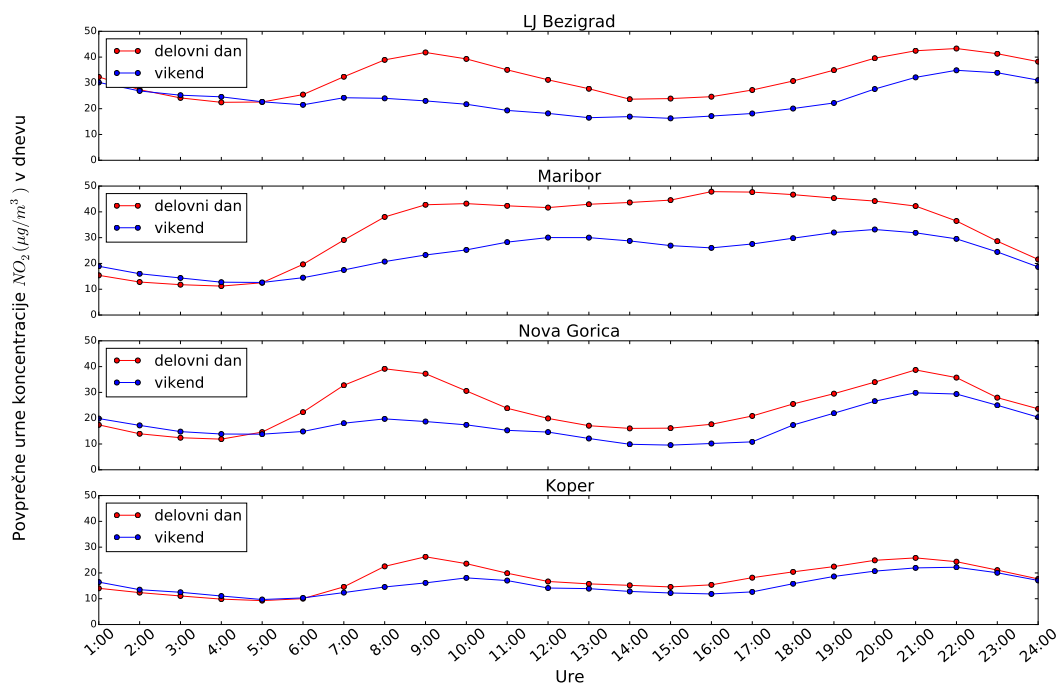
* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.



Slika 6.4: Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij NO_2 na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



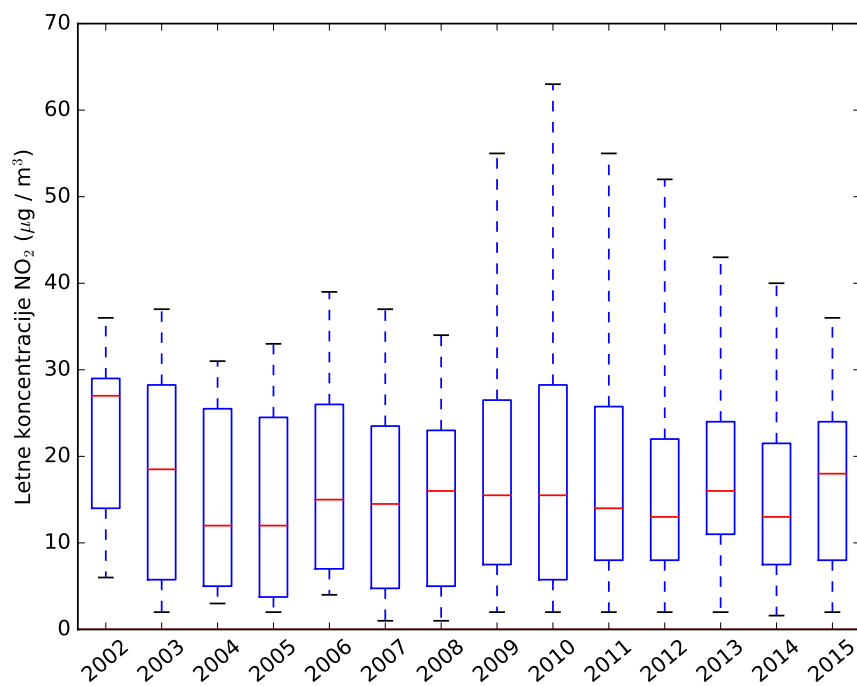
Slika 6.5: Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij NO_x na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 6.6: Urni potek koncentracij NO_2 na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2015.

Tabela 6.7: Povprečne letne koncentracije NO₂ (µg/m³) v letih 1992-2015.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Figovec	49	47	41	38	39	36	42	49	38	36	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	32	29	27	29	28	29	31	35	31	22	29	26	30
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	55	63	55	52	43	40	36
Maribor	50	53	45	39	39	38	39	39	44	38	36	37	31	33	39	37	34	32	34	34	33	32	30	31
MB Vrbaški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	14	13
Celje	32	37	37	35	33	/	29	28	30	26	24	27	24	26	28	23	21	22	26	25	27	26	28	29
Trbovlje	/	/	/	/	/	29	29	26	28	/	28	32	27	24	23	22	23	17	20	17	17	16	17	18
Zagorje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	23	20
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	27	25	24	24	25	30	28	29	28	26	25	19	22
Koper	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	19	21	22	18	21	17	17
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	14	15	11	14	15	17	16	14	/	16	19	16	12	13
Iskrba	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2	3	2	/	1	1	2	2	2	2	2	1.6	2
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	8	16	12
Zavodnje	3	5	11	9	5	7	7	6	7	6	/	6	5	3	4	3	3	4	5	9	10	8	7	7
Skale	/	/	/	/	/	/	8	8	8	6	/	8	9	5	9	8	8	9	8	8	8	9	7	8
Kovk	10	8	8	11	2	4	7	9	7	6	6	3	13	10	12	12	12	9	9	11	7	13	8	8
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	6	6	15	13
Sveti Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	3	4	4	4	7	3	8	5	7	7	7
Vnajnarje	/	/	/	/	/	4	3	5	4	5	6	5	5	4	5	5	5	4	4	7	8	8	7	9
AMP Gaji	/	/	/	/	/	43	47	46	53	38	30	22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20	23	23

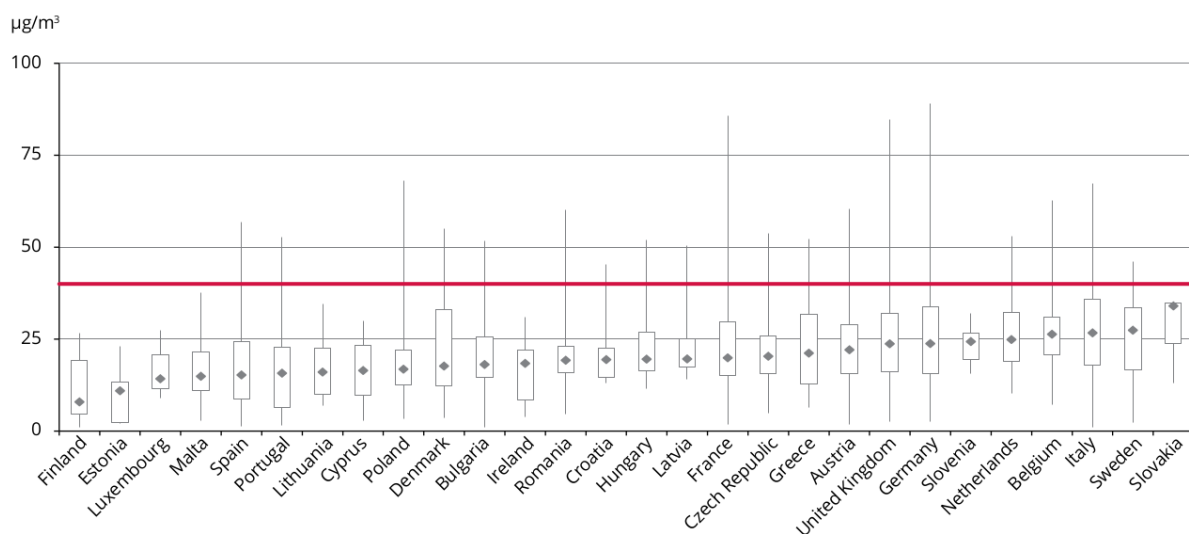


Slika 6.7: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij NO₂ na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

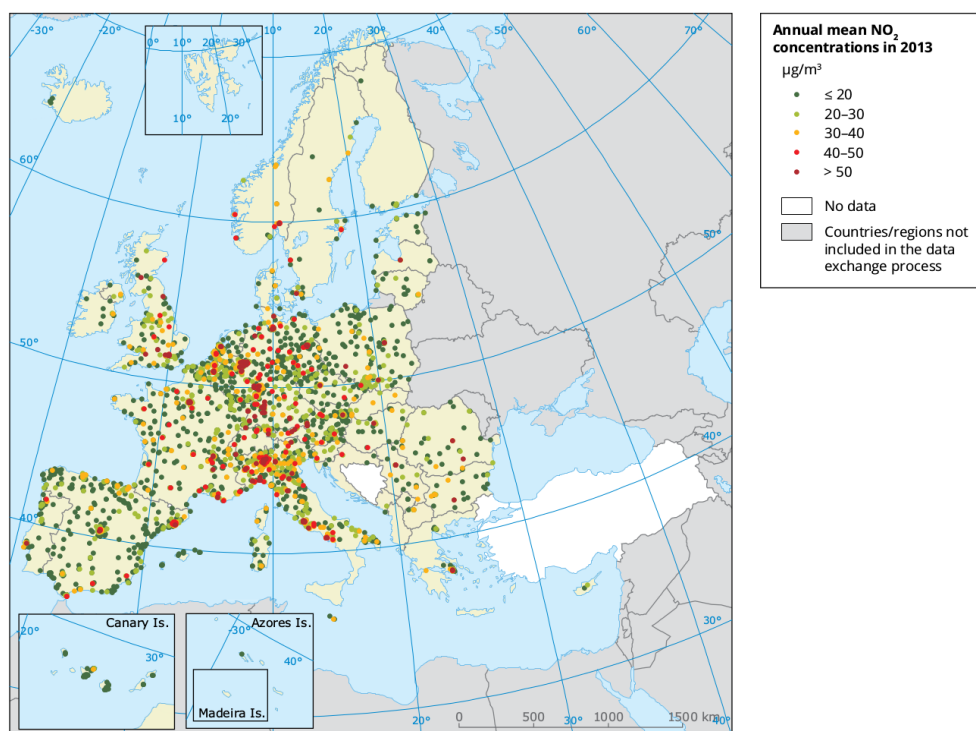
6.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Slovenija je po količini izpustov dušikovih oksidov na prebivalca na petem mestu, po izpustih na površino ozemlja pa na devetem mestu [1]. Relativno visoki izpusti dušikovih oksidov na prebivalca so predvsem posledica velike uporabe osebnih vozil v Sloveniji in tudi intenzivnega cestnega tovornega tranzitnega prometa.

Leta 2013 so v večini držav Evropske unije vsaj na enem merilnem mestu presegli letno mejno vrednost dušikovega dioksida. Le v devetih državah, med njimi je tudi Slovenija, letna mejna vrednost na merilnih mestih, kjer se podatki poročajo Evropski okoljski agenciji, ni bila presežena (slika 6.8). Kartografski prikaz kaže, da so v Evropski uniji najbolj izrazita prekoračenja letnih mejnih vrednosti predvsem v velikih mestih (slika 6.9).



Slika 6.8: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z NO_2 v Evropski Uniji v letu 2013 [1]. Graf prikazuje povprečne letne koncentracije NO_2 na posameznih merilnih mestih po državah EU glede na letno mejno vrednost (rdeča črta). Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in povprečje povprečnih letnih koncentracija za posamezno državo.



Slika 6.9: Povprečna letna koncentracija NO₂ na merilnih mestih v EU (označeno s krogci) [1]. Z barvo je prikazan razred, v katerega se uvršča merilno mesto glede na povprečno letno koncentracijo.

7. *Žveplov dioksid*

Žveplov dioksid je onesnaževalo, ki je pred nekaj desetletji predstavljalo največji problem za onesnaženost zraka v slovenskih mestih in v okolici termoelektrarn. Največji viri so bili takrat energetika, industrija in kurjenje premoga v individualnih kuriščih. Z opuščanjem premoga v individualnih kuriščih, velikim zmanjšanjem deleža žvepla v tekočih gorivih, izgradnjo odžveplevalnih naprav pri termoenergetskih objektih in s prenehanjem proizvodnje v delu industrije, so se izpusti toliko zmanjšali, da je raven onesnaženosti zunanjega zraka z žveplovim dioksidom na merilnih mestih DMKZ že nekaj let pod spodnjim ocenjevalnim pragom za varovanje zdravja ljudi in varstva rastlin.

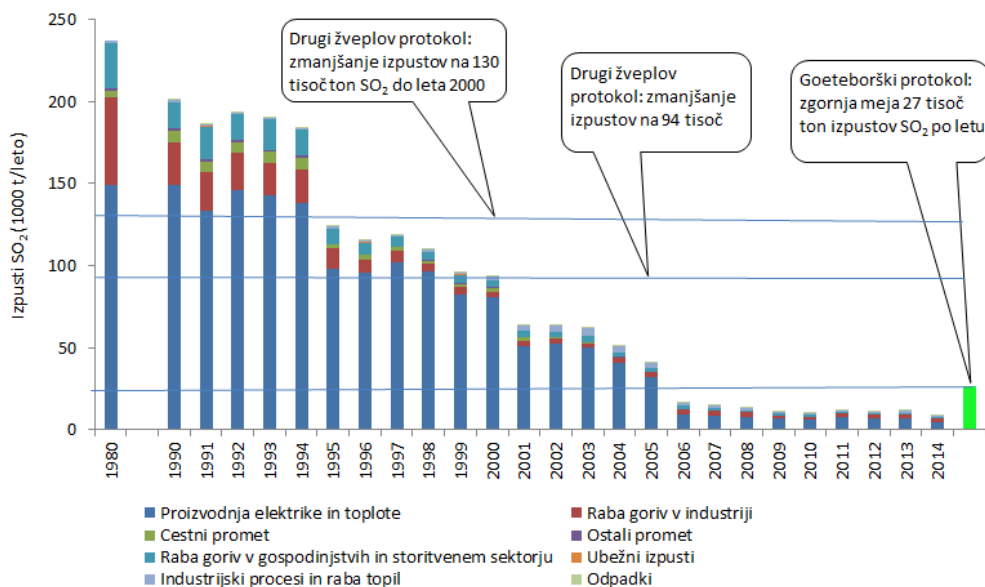
7.1 Izpusti

Največji viri žveplovega dioksida so proizvodnja električne in toplotne energije, raba goriv v industriji in industrijski procesi, v preteklosti pa tudi raba premoga za ogrevanje gospodinjstev. Letni izpusti SO₂ v Sloveniji so leta 2014 znašali 9 tisoč ton. V primerjavi z letom 1980 (izhodiščno leto za žveplov protokol) so se zmanjšali kar za 96 %. Največji, več kot polovični delež k skupnim izpustom SO₂ so v letu 2014 prispevale termoelektrarne in toplarne. Izpusti SO₂ po sektorjih so prikazane na sliki 7.1 in v tabeli 7.1.

Obveznost Slovenije glede na Göteborgski protokol h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja in NEC direktivo je, da v letu 2010 in naslednjih letih skupni izpusti SO₂ ne smejo presegati 27 tisoč ton. Skupne emisije SO₂ so bile v letu 2014 za 67 % nižje od ciljne vrednosti, kot jo predpisuje NEC direktiva.

Tabela 7.1: Podatki o izpustih SO₂ od leta 1980 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežni izpusti	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	SKUPAJ
1980	148939	53874	3449	1476	27943	330	1067		237078
1990	149360	26049	6814	1605	15432	330	1291	1	200881
1991	133172	23579	6300	1553	20258	339	994	1	186196
1992	146313	22804	5934	1310	15696	311	947	1	193316
1993	142706	20103	6560	1143	18580	300	821	1	190213
1994	137959	20912	7160	1301	15351	204	916	1	183805
1995	97799	12625	2447	339	9258	321	982	1	123771
1996	95421	8602	2546	265	7236	282	948	1	115301
1997	101999	6871	2667	269	5667	331	1046	1	118852
1998	96434	4494	2282	278	4914	150	1091	1	109644
1999	82775	4185	2121	263	5167	158	1124	1	95793
2000	80852	3440	2226	280	4289	90	2470	1	93648
2001	50887	3195	2393	265	4023	0	3147	1	63911
2002	52438	3255	535	61	3721	0	3537	2	63548
2003	50042	2842	573	60	3525	0	4901	2	61945
2004	40977	2714	637	59	2884	0	3990	2	51262
2005	31901	3257	138	19	2405	0	3299	2	41019
2006	9501	2943	145	21	2228	0	1789	2	16629
2007	8836	2575	163	24	1627	0	1620	2	14848
2008	8097	2489	192	25	1111	0	1131	2	13047
2009	7205	1685	33	15	1113	0	766	2	10820
2010	6183	1952	33	14	1111	0	843	2	10138
2011	7442	2387	36	14	940	0	1069	2	11890
2012	6876	2187	36	13	808	0	919	2	10842
2013	7377	2152	34	14	754	0	1256	2	11590
2014	4830	2103	33	14	583	0	1250	2	8816



Slika 7.1: Izpusti SO₂ v Sloveniji po letih in sektorjih.

7.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [19] sta predpisani mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja ter kritični vrednosti za zaščito vegetacije. Prikazane so v tabeli 7.2.

Tabela 7.2: Mejni, kritični in alarmna vrednosti za žveplov dioksid ter WHO smernice.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost	Dovoljeno število preseganj	WHO
		10 minut			500 µg/m ³
Mejna vrednost	Zdravje	1 ura	350 µg/m ³	24	
Mejna vrednost	Zdravje	1 dan	125 µg/m ³	3	20 µg/m ³
Alarmna vrednost	Zdravje	1 ura (3 zaporedne)	500 µg/m ³		
Kritična vrednost	Vegetacija	koledarsko leto	20 µg/m ³		
Kritična vrednost	Vegetacija	zima (1.10-31.3)	20 µg/m ³		

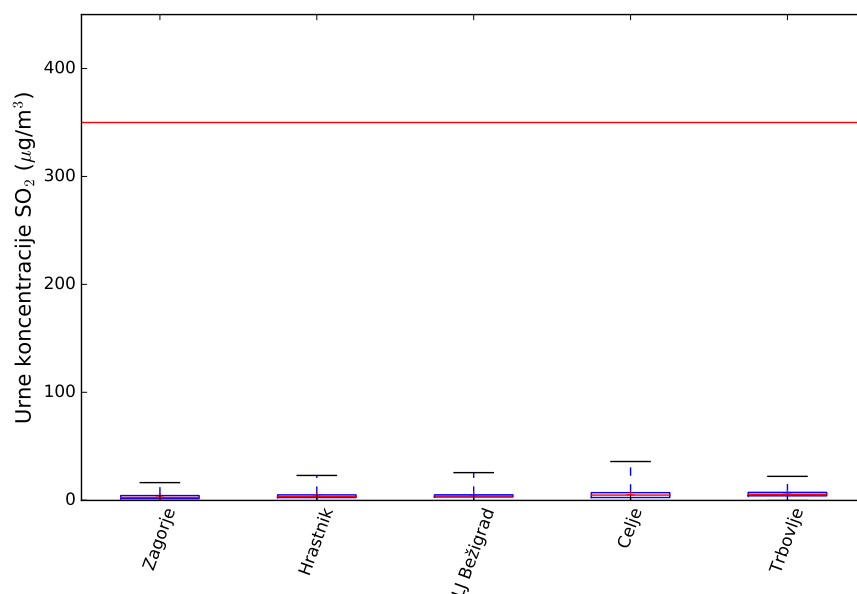
7.3 Ravni onesnaženosti

Povprečne letne koncentracije SO₂ so na vseh merilnih mestih precej pod kritično vrednostjo za zaščito rastlin. Na celotnem območju Slovenije so dnevne koncentracije celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom za zaščito zdravja. Mejna urna koncentracija SO₂ je bila v letu 2015 presežena samo enkrat na merilnem mestu Šoštanj. So pa občasno še vedno izmerjene višje koncentracije okrog termoelektrarne Šoštanj in to celo v poletnem času. Na nekaterih merilnih mestih v okolici termoelektrarne Šoštanj in Trbovlje so bile presežene dnevne vrednosti, ki jih priporoča Svetovna zdravstvena organizacija, drugje preseganj ni bilo. Alarmna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Podatki so zbrani v tabelah 7.3, 7.4, 7.5 in 7.6.

Raven onesnaženosti zunanjega zraka z SO₂ se je od začetka meritev leta 1992 do leta 2015 močno znižala. Podatkov o koncentracijah SO₂ iz preteklosti je veliko, saj smo meritve izvajali na

Tabela 7.3: Povprečne letne in zimske koncentracije (C_p), najvišje dnevne (C_{max}) in najvišje urne (C_{max}) koncentracije izražene v $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Število preseženih dnevni ($>MV$) in urnih mejnih ($>MV$) vrednosti ter število preseženih alarmnih vrednosti ($>AV$) in število preseženih dnevni WHO priporočil v letu 2015.

Merilno mesto	%pod	Leto		1 ura			3 ure		1 dan	
		C_p	Zima C_p	C_{max}	$>MV$	$>AV$	C_{max}	$>MV$	WHO	
LJ Bežigrad	96	4	4	26	0	0	14	0	0	
Celje	100	5	5	36	0	0	12	0	0	
Trbovlje	99	6	5	22	0	0	16	0	0	
Zagorje	99	3	5	16	0	0	9	0	0	
Hrastnik	100	4	3	23	0	0	12	0	0	
Dopolnilna merilna mreža										
OMS - MOL										
LJ Center	98	2	2	28	0	0	11	0		
MO Celje										
AMP Gaji	96	5		37	0	0	11	0		
TE-TO Ljubljana										
Vnajnarje	88	4		47	0	0	15	0		
Lafarge cement										
Zelena trava	87	5		36	0	0	12	0		
TE Šoštanj										
Šoštanj	99	4		396	1	0	33	0		
Topolšica	99	5		52	0	0	17	0		
Zavodnje	99	2		274	0	0	22	0		
Veliki vrh	99	4		143	0	0	25	0		
Graša gora	99	4		57	0	0	15	0		
Velenje	99	3		140	0	0	14	0		
Pesje	99	6		184	0	0	34	0		
Škale	99	5		230	0	0	28	0		
TE Trbovlje										
Kovk	98	6		28	0	0	15	0		
Dobovec	95	6		26	0	0	17	0		
Kum	95	4		39	0	0	24	0		
Ravenska vas	92	6		27	0	0	19	0		
TE Brestanica										
Sv. Mohor	99	5		35	0	0	15	0		



Slika 7.2: Porazdelitev urnih koncentracij SO_2 na merilnih mestih DMKZ v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje urno mejno vrednost.

skoraj vseh merilnih mestih. Povprečne letne koncentracije, najvišje dnevne koncentracije po letih in najvišje urne koncentracije po letih za posamezna merilna mesta so podane v tabelah 7.7, 7.8 in 7.9. Znatno znižanje koncentracije (slika 7.3 in tabela 7.7) je posledica zmanjšanja izpustov (slika 7.1). Koncentracije na merilnih mestih državne mreže so do leta 2007 padale, nato pa so se ustalile na zelo nizki ravni. Na merilnih mestih okoli obeh termoelektrarn pa so razlike med posameznimi leti nekoliko večje in so odvisne od obratovanja naprav in vremenskih razmer. Posebej so očitna znižanja koncentracij po izgradnji odžveplovalnih naprav na posameznih blokih termoelektrarn (slika 7.3). Konec leta 2014 je z obratovanjem prenehala Termoelektrarna Trbovlje, koncentracije so se zato v letu 2015 precej znižale.

Tabela 7.4: Povprečne mesečne koncentracije SO₂ (µg/m³) v letu 2015.

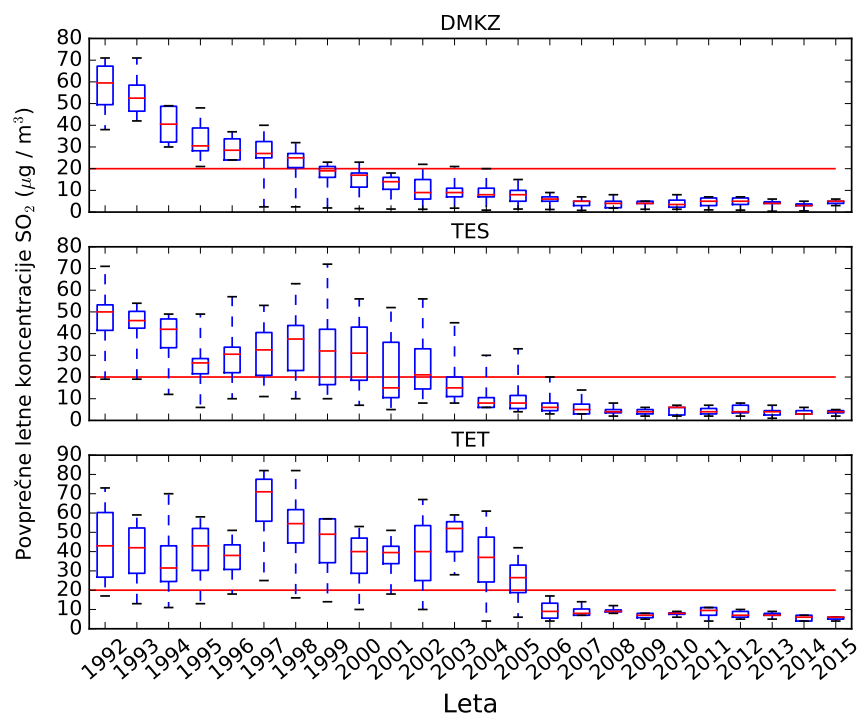
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	4	4	5*	5	4	5	3	3	3	4	6	7
Celje	6	8	4	3	5	4	2	3	3	5	9	8
Trbovlje	4	5	7	8	7	4	4	5	5	7	8	6
Zagorje	4	4	4	4	2	1	1	2	2	5	3	3
Hrastnik	3	4	4	3	5	5	3	3	2	3	6	8
Vnajnarje	3	2	4	2	2	2	2	5	9	8	4	3
Šoštanj	4	4	5	6	4	2	4	4	4	6	5	3
Topolšica	5	4	3	5	7	5	5	8	4	5	5	1
Zavodnje	3	3	4	3	4	1	1	2	1	1	2	4
Veliki vrh	5	3	5	3	2	2	6	9	1	2	2	5
Graška gora	3	2	3	2	5	7	7	6	2	3	3	3
Velenje	7	3	2	4	3	2	4	6	3	4	2	2
Pesje	9	8	8	9	6	4	4	4	4	5	6	9
Škale	5	4	5	3	7	5	7	8	3	4	4	4
Kovk	7	5	6	5	7	8	6	8	7	9	6	1
Dobovec	5	3	7	7	3	7	8	10	3	6	6	2
Kum	5	2	4	7	5	4	4	4	5	6	3	2
Ravenska vas	5	6	5	8	7	7	6	9	5	5	8	6
Sv. Mohor	4	5	6	6	6	5	6	5	5	4	5	4
LJ Center	3	2	3	2	3	2	1	1	1	2	3	2
AMP Gaji	5	7	8	3	1	0	2	3	4	6	7	8
Zelena trava	4	6	6	8	9	10	2	3	4	4	3	3

Tabela 7.5: Najvišje urne koncentracije SO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2015.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	16	17	21*	16	12	12	13	18	15	24	26	19
Celje	19	29	21	15	10	12	17	17	34	23	36	31
Trbovlje	12	15	16	13	13	9	8	19	9	11	22	11
Zagorje	11	15	16	9	9	15	7	16	5	7	15	7
Hrastnik	13	19	19	9	8	11	9	20	9	8	18	23
Vnajnarje	26	22	35	9	5	19	9	25	28	17	47	41
Šoštanj	52	17	30	43	80	29	177	23	14	396	14	13
Topolšica	42	52	20	19	44	16	25	36	25	18	13	14
Zavodnje	274	31	12	9	7	6	33	30	34	37	22	45
Veliki vrh	108	87	60	99	25	29	91	143	55	98	12	140
Graška gora	22	35	57	10	22	10	15	25	8	52	49	46
Velenje	12	11	8	9	9	10	9	22	6	140	9	6
Pesje	57	15	16	18	42	19	13	7	7	184	12	23
Škale	21	16	22	19	28	10	17	24	20	230	11	13
Kovk	17	27	18	10	11	14	15	23	28	13	22	10
Dobovec	17	19	21	18	13	14	20	26	10	12	18	8
Kum	21	17	17	14	13	22	15	31	39	24	20	9
Ravenska vas	21	22	16	15	19	17	16	27	20	14	20	15
Sv. Mohor	30	32	35	17	12	14	32	15	21	10	23	12
LJ Center	6	6	9	10	17	8	7	10	5	4	15	12
AMP Gaji	12	26	27	37	33	9	33	16	14	33	20	35
Zelena trava	22	19	21	36	36	20	18	24	8	9	6	6

Tabela 7.6: Najvišje dnevne koncentracije SO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2015.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	6	7	8*	6	5	7	5	6	5	7	14	11
Celje	6	8	4	3	5	4	2	3	3	5	9	8
Trbovlje	6	7	10	11	10	7	6	6	6	9	16	9
Zagorje	9	6	7	7	8	2	2	4	3	6	5	5
Hrastnik	5	7	9	5	7	6	4	6	3	5	10	12
Vnajnarje	7	7	10	3	3	15	6	9	12	12	8	9
Šoštanj	21	6	9	11	16	4	18	6	6	33	8	5
Topolšica	12	8	9	9	14	11	8	17	10	8	10	3
Zavodnje	22	14	7	5	7	4	5	7	5	5	4	14
Veliki vrh	17	9	25	9	7	5	13	20	8	10	6	16
Graška gora	7	6	11	6	8	9	13	12	4	8	15	7
Velenje	10	5	5	6	4	4	5	10	4	14	5	3
Pesje	12	9	10	12	9	7	7	6	5	34	8	11
Škale	8	7	8	8	10	8	9	15	9	28	6	6
Kovk	11	15	11	8	10	10	10	14	11	11	12	4
Dobovec	10	9	11	12	8	10	15	17	8	9	15	5
Kum	11	11	9	13	12	8	8	11	24	16	7	6
Ravenska vas	12	18	12	14	15	15	15	19	15	12	15	12
Sv. Mohor	8	15	12	7	7	7	10	8	8	7	11	6
LJ Center	4	3	4	4	5	4	3	3	2	3	4	5
AMP Gaji	8	11	11	8	5	2	4	7	5	9	9	11
Zelena trava	8	12	12	10	11	12	10	7	6	7	4	3



Slika 7.3: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij SO₂ na merilnih mestih DMKZ in merilnih mestih v okolici TEŠ in TET za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno kritično vrednost.

Tabela 7.7: Povprečne letne koncentracije SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992 – 2015. Koncentracije, ki presegajo kritično vrednost za zaščito vegetacije, so napisane v krepki pisavi.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
LJ Figovec	51	39	27	23	25	24	22	15	10	9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
LJ Bežigrad	38	45	33	21	33	34	27	15	10	11	9	11	8	5	4	3	2	4	2	3	6	4	3	4	
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	5	4	4	2
Maribor	47	42	30	28	24	23	18	17	13	10	8	9	8	8	5	3	2	2	5	/	3	4	/	/	
Celje	57	54	32	27	24	27	23	19	17	15	10	10	11	9	7	5	5	5	6	6	6	7	4	3	5
Tbovelje	69	71	49	48	37	40	32	23	18	14	15	16	9	15	7	3	2	5	3	7	7	4	4	3	6
Hrastnik	62	51	32	29	24	27	25	21	23	17	22	8	15	10	9	6	5	4	4	5	5	6	3	3	4
Zagorje	71	60	48	41	34	31	27	21	18	18	16	21	20	12	6	5	4	/	8	7	3	5	5	3	3
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	7	7	7	7	7	8	4	/	/	/	/	/	/	/
MŠ Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	5	5	5	6	5	6	/	/	/	/	/	/	/	/
Iskriča	/	/	/	/	/	2,4	2,4	1,9	1,6	1,4	1,3	1,8	0,9	1,4	1,2	0,8	1,8	1,8	1,3	1,3	1	0,9	0,4	0,5	0,5
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Šoštanj	49	48	38	29	34	29	44	42	52	51	43	24	13	11	8	9	6	4	7	5	7	7	4	5	4
Topolšica	54	51	32	20	20	18	20	17	18	11	15	16	6	5	4	3	2	3	3	3	3	3	2	3	5
Veliki vrh	71	54	49	49	57	53	63	72	56	52	56	45	30	33	20	14	8	5	6	6	7	4	4	4	4
Zavodnje	51	44	46	26	33	42	43	42	31	21	23	15	8	12	8	6	3	6	6	4	4	5	3	3	2
Valenje	19	19	12	6	10	11	10	10	7	5	8	8	6	4	5	3	4	2	2	3	4	1	3	3	3
Graska gora	39	42	47	27	28	36	32	32	34	15	21	10	6	6	6	5	4	4	3	2	2	2	3	3	4
Skale	/	/	/	/	/	/	/	16	19	10	14	12	8	8	3	3	4	5	6	7	8	7	6	5	5
Kovk	73	59	70	58	35	76	55	57	53	40	10	52	61	30	12	9	12	8	8	11	10	8	7	6	6
Dobovec	30	50	29	36	41	66	54	41	35	39	40	28	31	23	6	7	8	6	6	8	7	7	6	4	6
Kum	17	13	11	13	18	25	16	14	10	18	/	/	4	6	4	4	9	5	8	4	6	5	4	4	4
Ravenska vas	56	34	34	50	51	82	82	57	45	51	67	59	43	42	17	14	9	8	9	11	9	9	7	6	4
Vnanje	/	/	/	/	19	19	18	14	6	7	8	10	/	8	4	4	3	/	3	3	3	3	3	6	4
AMP Gaji	/	/	/	/	26	24	28	27	22	20	6	8	5	3	3	1	/	/	/	/	/	/	/	/	5
EIS Krško	/	/	/	/	/	/	/	/	51	42	33	51	46	46	55	37	36	23	/	/	/	/	/	/	5
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	12	12	14	14	/	12	15	3	4	4	5

Tabela 7.8: Najvišje urne koncentracije SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992 – 2015. Koncentracije, ki presegajo mejno vrednost so napisane v krepki pisavi.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
LJ Figovec	1328	1194	744	718	1009	919	796	520	128	468	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
LJ Bežigrad	1257	1380	532	843	1198	1593	936	786	184	273	157	202	129	94	81	46	58	93	29	77	48	41	45	26	
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	78	22	33	37	20	28	28	
Maribor	928	396	304	286	223	211	161	157	117	180	89	70	64	58	60	21	32	35	68	56	/	/	/	/	
Celje	719	797	733	993	263	975	623	228	379	666	224	619	396	157	90	76	82	37	64	210	89	43	41	36	
Trbovlje	1456	943	765	797	785	1806	693	849	634	552	811	758	521	848	379	264	65	76	52	90	87	40	44	22	
Hrastnik	1430	638	663	844	1162	1930	978	963	720	731	2168	507	1799	549	134	260	81	52	46	228	103	44	69	16	
Zagorje	1701	1000	716	606	605	914	1092	952	653	1111	788	693	1165	954	183	83	112	57	37	75	31	44	23		
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	64	131	89	98	80	64	35	52	/	/	/	/	/	/	
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	58	55	45	53	54	64	49	/	/	/	/	/	/	/	
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	135	318	68	36
Šoštanj	2383	2272	2739	1945	1412	1536	1495	2466	2855	2099	2000	1392	937	642	1028	643	360	342	1357	124	485	216	333	396	
Topolšičca	2021	2265	1482	878	1107	1050	1245	1345	987	835	1350	812	291	284	288	144	211	118	52	130	92	92	90	52	
Veliki vrh	1052	988	1142	1493	1543	1720	1530	2257	1678	1569	1450	1320	1329	1110	771	535	561	344	269	636	887	415	301	143	
Zavodnje	1364	3272	2265	1242	1131	2154	2255	1963	1187	954	1536	947	680	1106	731	252	164	577	98	433	150	388	96	274	
Velenje	735	1169	764	261	578	672	1316	709	563	187	725	361	164	210	86	87	151	37	110	89	93	60	19	140	
Graška gora	1791	1904	2313	990	1270	1579	1076	1844	1505	990	1024	824	463	497	175	509	242	345	106	148	107	53	76	57	
Skale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	522	396	220	262	184	100	161	104	81	190	131	67	75	230	
Kovk	2084	1309	1917	1630	1622	3000	1916	2167	1237	1451	702	1806	1514	1063	511	958	312	389	159	201	564	681	286	28	
Dobovec	2507	3613	2429	4308	6021	6072	4548	3761	4073	3978	4043	2910	4056	1662	2290	2088	299	456	209	1036	200	343	277	26	
Kum	530	539	776	2324	1114	3640	1344	2020	1131	685		1210	1203	11	125	89	60	99	66	192	115	48	39		
Ravenska vas	1412	869	1103	1111	1078	2578	1846	1021	1471	1397	2093	1378	1779	3275	590	220	437	352	560	528	254	157	75	27	
Vnainarje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	374	248	232	327	212	115	115	52	45	85	75	63	101	47		
AMP Gaji	/	/	/	873	283	947	603	339	356	355		289	74	222	67	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
EIS Krško	/	/	/	/	/	2687	1012	732	868	1473	1404	1427	877	836	1108	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1385	416	455	74	82	66*	59	37	46	52	35		

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevetilega izpada podatkov.

Tabela 7.9: Najvišje dnevne koncentracije SO₂ (µg/m³) za obdobje 1992 – 2015. Koncentracije, ki presegajo mejno vrednost, so napisane v krepki pisavi.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Lj Figovec	/	/	/	115	95	119	144	90	56	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Lj Bežigrad	239	312	123	152	128	174	163	94	67	35	38	59	38	33	41	14	14	14	36	/	/	/	/	/
Lj center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Maribor	221	220	121	119	122	91	69	82	75	36	37	35	22	31	24	11	22	28	12	26	22	34	15	23
Celje	308	387	212	237	99	275	117	106	165	102	111	72	100	44	35	15	20	22	26	22	26	35*	15	16
Trbovlje	365	425	235	286	179	536	136	342	134	246	328	100	84	129	43	23	19	19	18	19	18	29	35*	15
Hrastnik	342	393	170	218	183	523	123	383	133	184	235	93	625	86	44	30	23	25	21	39	27	19	23	12
Zagorje	311	396	280	249	250	115	171	398	157	391	315	136	561	158	47	19	14	14	29	37	26	13	21	9
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	23	47	22	24	19	17	12	/	/	/	/	/	/
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	16	29	15	33	20	16	28	/	/	/	/	/	/	/
Iskra	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38	10	15	15	6	10
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Šoštani	516	441	550	381	471	281	366	453	560	526	553	288	165	116	308	78	54	33	85	28	44	41	25	33
Topolišča	562	313	293	132	164	149	184	184	255	85	254	82	102	42	29	22	26	19	10	10	13	12	12	15
Veliki vrh	673	355	268	353	446	368	472	556	383	269	344	413	263	191	106	72	101	42	28	42	51	37	29	25
Zavodnje	394	429	686	224	326	497	401	1046	344	140	442	182	72	221	85	49	40	69	22	32	18	51	14	22
Velnje	278	182	135	74	91	127	113	212	60	54	57	66	64	27	24	26	22	10	14	14	15	13	5	9
Grasška gora	383	357	412	240	177	366	268	300	343	126	196	88	99	59	55	72	30	27	17	17	19	15	14	13
Škale							274	293	139	68	131	75	55	66	41	33	19	23	25	24	29	25	19	28
Kovk	364	347	462	417	514	1067	375	816	360	293	258	383	844	219	88	65	38	36	29	35	110	36	58	32
Dobovec	432	607	264	460	967	1916	648	998	841	1516	695	332	837	346	196	127	41	102	37	29	56	52	65	23
Kum	288	89	78	213	200	287	103	193	165	229	/	/	78	101	6	25	41	30	37	18	30	30	19	14
Ravenska vas	279	151	271	247	383	813	377	860	353	601	580	325	824	490	120	55	67	42	38	72	38	30	25	19
Vrajanje	/	97	92	121	131	89	126	99	49	56	53	51	83	57	42	42	22	/	20	28	16*	16	21	14
ANP Gaj	/	/	/	/	231	88	247	130	121	120	40	38	41	45	28	20	/	/	/	/	/	/	20	30
EIS Krško	/	/	/	/	/	/	419	363	142	317	240	285	356	347	276	280	/	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	114	41	90	49*	/	36	41*	31	28	14	29	15

* Podatki so informativnega značaja zaradi poveljnega izpada podatkov.

7.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Po izpustih žveplovih oksidov je Slovenija v sredini držav EU [1]. Od leta 1980 so se izpusti žveplovega dioksida na prebivalca v Sloveniji zmanjšali za več kot petindvajsetkrat, tako da so sedaj manjši kot na primer v Nemčiji ali v Veliki Britaniji. Po izpustih na prebivalca je Slovenija na štirinajstem mestu, po izpustih na enoto površine pa na petnajstem mestu.

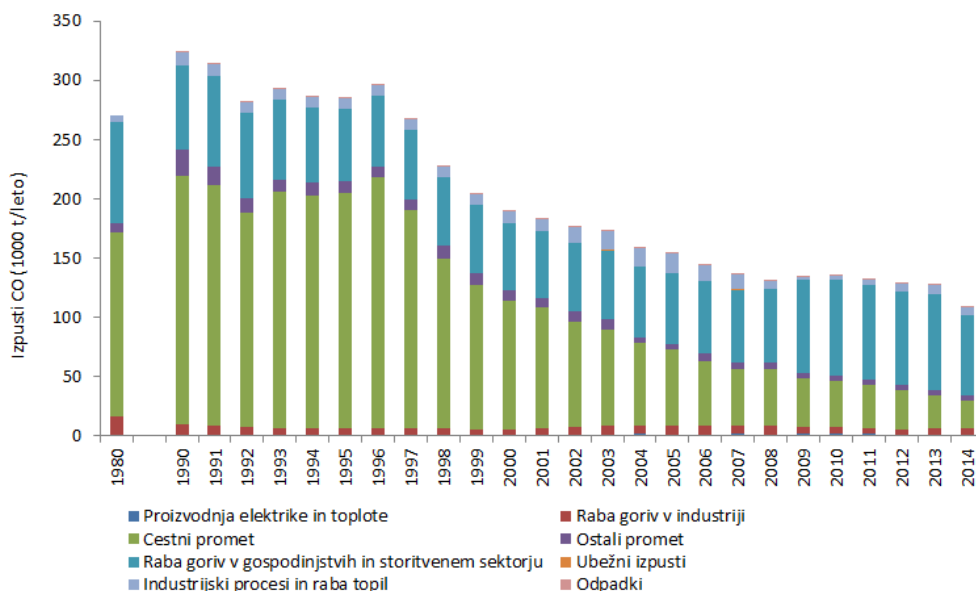
Raven onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom v EU je nizka. V vseh državah Evropske unije so izmerjene ravni v povprečju vseh postaj daleč pod mejno vrednostjo. Le na dveh merilnih mestih v celotni EU so v letu 2013 zabeležili preseganje mejnih vrednosti. Tako je nekdanje zelo pereč problem čezmernih ravni žveplovega dioksida zaradi izvajanja učinkovitih ukrepov, predvsem razžvepovanja dimnih plinov termoelektrarn in zmanjšanja vsebnosti žvepla v gorivih, praktično rešen tudi na nivoju Evropske unije.

8. Ogljikov monoksid

Ogljikov monoksid je onesnaževalo, ki nastaja zaradi nepopolnega zgorevanja v kuriščih in motorjih z notranjim zgorevanjem ter pri tehnoloških procesih v industriji. Raven onesnaženosti zunanjega zraka z ogljikovim monoksidom je na merilnih mestih DMKZ že nekaj let pod spodnjim ocenjevalnim pragom (8-urne vrednosti ne presežejo 5 mg/m^3).

8.1 Izpusti

Letni izpusti CO v Sloveniji so leta 2014 znašali 108 tisoč ton (slika 8.1 in tabela 8.1). V primerjavi z letom 1990 so se zmanjšali za 60 %. Največji, več kot polovični delež k skupnim izpustom CO so v letu 2014 prispevale male kurilna naprave. Nekdaj je večinski delež izpustov CO izhajal iz prometa. Z napredkom tehnike bencinskih motorjev in uvedbo katalizatorjev pa glavni delež prispevajo mala kurišča, predvsem zaradi uporabe trdnih goriv v zastarelih kotlih in pečeh.



Slika 8.1: Letni izpusti ogljikovega monoksida po sektorjih v Sloveniji.

Tabela 8.1: Podatki o izpustih CO od leta 1980 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežni izpusti	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	SKUPAJ
1980	813	16260	154429	7533	86055	85	5638		270814
1990	931	8922	209632	21910	71046	167	11407	1	324015
1991	744	8028	203354	14939	76389	146	9845	1	313447
1992	813	6841	180496	12914	71436	130	9062	1	281693
1993	803	6052	199528	9704	67397	111	9047	1	292641
1994	777	5654	196246	10880	63092	93	9036	1	285780
1995	1091	5852	198414	9040	61374	138	9057	1	284969
1996	951	5783	211120	8870	60499	107	8750	1	296079
1997	1012	5398	184258	8791	58609	109	9135	1	267313
1998	1025	6061	142771	10709	57828	62	9081	1	227538
1999	855	4725	121912	9366	58032	52	9229	1	204173
2000	814	4445	108998	8225	57413	50	9619	1	189565
2001	990	5831	101727	7859	56805	32	9608	2	182854
2002	1223	6928	88699	8397	57612	32	13561	2	176453
2003	1413	7000	81610	8077	58653	26	15549	2	172331
2004	1644	7336	69449	5185	59290	27	15779	2	158712
2005	1264	7822	63758	4961	59959	21	15844	2	153631
2006	1240	7327	55007	6111	60576	21	13489	2	143773
2007	1676	6685	48374	5180	61585	16	12559	2	136077
2008	1630	6782	48252	5216	62175	13	6957	2	131027
2009	1804	5425	41197	4645	78676	13	2510	2	134273
2010	2028	5440	38910	4698	81146	34	2946	2	135204
2011	1806	5066	36302	4574	79810	12	4591	2	132164
2012	1492	4550	32385	4614	78760	10	6814	3	128629
2013	1350	4742	28563	4388	81026	15	7083	3	127169
2014	1178	5285	23375	4893	66791	14	6650	3	108188

8.2 Zahteve za kakovost zraka

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [19] je predpisana mejna vrednost za zaščito zdravja. Mejna vrednost ter smernice WHO so prikazane v tabeli 8.2.

Tabela 8.2: Mejna vrednost za ogljikov monoksid ter WHO smernice.

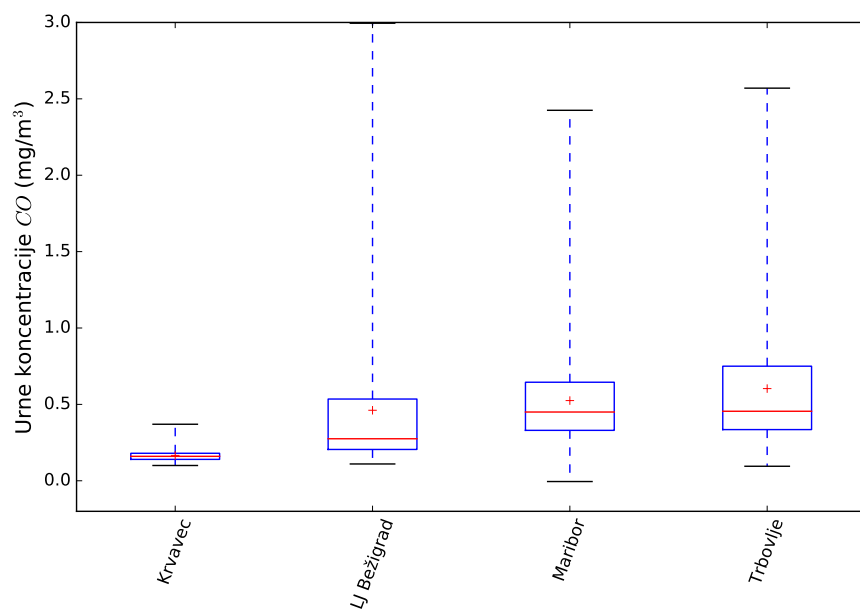
Cilj	Čas merjenja	Vrednost	WHO
Mejna vrednost	Zdravje	8-urno povprečje 1 ura	10 mg/m ³ 30 mg/m ³

8.3 Ravni onesnaženosti

Koncentracije ogljikovega monoksida so na območju večine ozemlja Slovenije zelo nizke, zato ga merimo le na štirih merilnih mestih. Za ogljikov monoksid je predpisana 8-urna mejna vrednost. V letu 2015 so bile ravni onesnaženosti na vseh merilnih mestih precej pod mejno vrednostjo (tabela 8.3). V zadnjih desetih letih so najvišje dnevne 8-urne povprečne vrednosti celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Na vseh merilnih mestih so koncentracije tudi pod priporočenimi vrednostmi svetovne zdravstvene organizacije.

Tabela 8.3: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne koncentracije (C_p) in najvišje 8-urne koncentracije (C_{max}) v mg/m³, število preseženih mejnih vrednosti (MV) in WHO priporočil v letu 2015.

	Leto	Varovanje zdravja			
		% pod	C_p	8 ur C_{max}	1 ura MV WHO
LJ Bežigrad	97	0,5	2,4	0	0
Maribor	99	0,5	1,9	0	0
Trbovlje	100	0,6	2,3	0	0
Krvavec	96	0,2	0,3	0	0



Slika 8.2: Porazdelitev urnih koncentracije CO na merilnih mestih DMKZ v letu 2015. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. S + so označene povprečne letne koncentracije.

9. *Benzen*

Benzen je aromatska spojina s formulo C_6H_6 . Je bistra, brezbarvna, lahko hlapna in zelo vnetljiva tekočina. Spada med nemetanske lahko-hlapne ogljikovodike - NMVOC (Non Methane Volatile Organic Compounds), ki predstavljajo širok spekter snovi in nekateri med njimi škodljivo vplivajo na zdravje ljudi. Te snovi povečujejo tvorbo prizemnega ozona in sodelujejo pri učinku tople grede. V telo prihajajo preko respiratornega sistema. Benzen je kancerogen. Ob dolgotrajni izpostavljenosti vpliva na spremembo genetskega materiala v celicah. Kronična izpostavljenost lahko poškoduje kostni mozeg, kar povzroča zmanjšanje števila belih in rdečih krvnih celic.

Benzen je dokaj stabilna spojina, ki lahko v ozračju ostane več dni in se zato lahko prenaša na daljše razdalje. V tem času se iz ozračja izloča s pomočjo fotokemičnih reakcij, ki vodijo do tvorbe ozona. Glavni vir izpustov benzena je promet. Benzen se namreč uporablja kot ena izmed sestavin bencina. Drugi viri benzena so še industrija nafte in plina ter dejavnosti, pri katerih se uporabljajo oziroma proizvajajo veziva, barve in topila. Vir benzena so tudi individualna kurišča, ki v zadnjem času za kurjenje uporabljajo vse več lesa in lesnih odpadkov. Naravni izvor benzena so vulkani in gozdni požari. Prisoten je tudi v cigaretnem dimu.

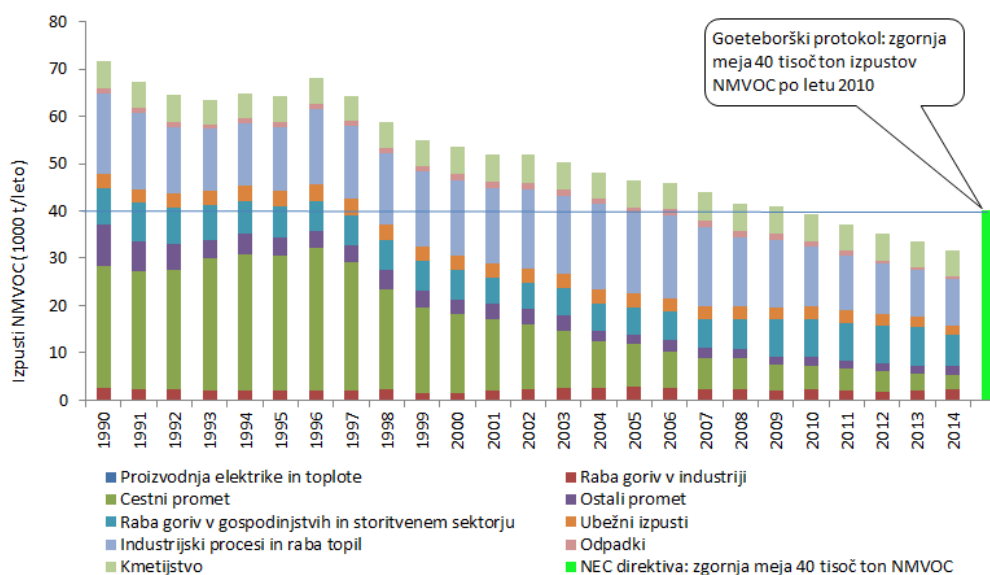
9.1 Izpusti

Izpusti benzena se ne določajo kot posebna kategorija evidenc izpustov na nacionalnem nivoju. Zajeti so v kategorijo izpustov vseh nemetanskih lahko-hlapnih ogljikovodikov (NMVOC), ki so prikazani na sliki 9.1 in tabeli 9.1. NMVOC so pomembni tudi kot predhodniki ozona.

Izpusti NMVOC so se od leta 1980 več kot prepolovili. Najbolj, skoraj za faktor 10, so se zmanjšali izpusti NMVOC iz cestnega motornega prometa, kot posledica uvajanja katalizatorjev in ukrepov za zmanjševanje izhlapevanja bencinov iz motornih vozil. Danes znaten del izpustov NMVOC prispevajo male kurilne naprave, ki so predvsem produkti nepopolnega zgorevanja v zastarelih kurilnih napravah na les.

Tabela 9.1: Podatki o izpustih NMVOC od leta 1990 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežni izpusti	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	Kmetijstvo	SKUPAJ
1990	99	2471	25820	8772	7639	3009	17028	1055	5763	71657
1991	84	2274	24882	6282	8192	2811	16096	1070	5541	67231
1992	90	2102	25385	5389	7674	3036	14139	1079	5561	64456
1993	87	1970	27871	3945	7230	3101	13072	1090	5189	63556
1994	84	2018	28780	4425	6779	3147	13313	1099	5234	64879
1995	89	1950	28633	3623	6592	3329	13521	1105	5387	64230
1996	83	2058	30062	3502	6479	3443	15881	1134	5357	68000
1997	86	2022	27114	3445	6280	3543	15351	1160	5267	64268
1998	91	2136	21221	4115	6195	3229	15227	1190	5329	58735
1999	81	1392	18090	3589	6217	3075	15786	1225	5479	54933
2000	84	1421	16616	3133	6163	3078	16013	1258	5766	53532
2001	92	1953	15162	3066	5580	2938	16083	1289	5742	51904
2002	96	2122	13721	3274	5656	3045	16615	1318	6010	51858
2003	97	2404	12240	3160	5754	3053	16550	1329	5668	50256
2004	96	2571	9900	2087	5825	2887	18040	1275	5522	48204
2005	101	2824	8858	2034	5868	2780	17033	1248	5658	46404
2006	103	2554	7632	2476	5954	2741	17600	1321	5621	46003
2007	106	2179	6719	2045	5972	2699	16901	1281	5953	43854
2008	118	2193	6499	2066	6110	2756	14603	1314	5805	41463
2009	153	1934	5382	1783	7810	2622	14231	1160	5749	40825
2010	172	2100	5044	1799	8110	2576	12773	994	5617	39185
2011	176	1827	4760	1692	7956	2602	11513	1030	5562	37117
2012	162	1654	4246	1735	7833	2448	10683	719	5591	35072
2013	151	1794	3688	1683	8071	2226	9885	540	5525	33562
2014	127	2161	2984	1856	6787	1889	9801	514	5648	31769



Slika 9.1: Letni izpusti nemetanskih lahko-hlapnih ogljikovodikov po sektorjih v Sloveniji.

9.2 Zahteve za kakovost zraka

Mejna vrednosti za benzen je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [19]. Prikazana je v tabeli 9.2.

Tabela 9.2: Mejna vrednost za benzen.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost
Mejna vrednost	Zdravje	Koledarsko leto	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

9.3 Ravni onesnaženosti

Koncentracijo benzena v okviru merilne mreže DMKZ stalno merimo na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Maribor Center. Raven onesnaženosti benzena ocenimo s primerjavo izmerjenih in predpisanih vrednosti. Izmerjene koncentracije so prikazane v tabeli 9.3. Povprečna letna koncentracija benzena je bila v letu 2015 na obeh lokacijah pod mejno vrednostjo vendar nekoliko višja kot leta 2014. Od leta 2009 so vrednosti celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom, ki je 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Koncentracije benzena so na obeh postajah višje v zimskem obdobju, kar je posledica slabših pogojev za razredčevanje v hladni polovici leta in tudi povečanih izpustov iz individualnih kurišč (slika 9.3). Pri dnevnem hodu opazimo rahlo višje koncentracije benzena v času jutranje prometne konice in zvečer (slika 9.2).

Tabela 9.4 in slika 9.4 prikazujeta primerjavo koncentracij benzena po letih. V Ljubljani je bilo v vseh letih več kot polovica izmerjenih urnih vrednosti celo pod 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, v Mariboru pa so vrednosti malenkost višje. Po letu 2009 je v Mariboru zaznati padec koncentracij benzena. V tem letu na tem merilnem mestu ni bilo meritev benzena januarja in februarja, ko so koncentracije benzena najvišje. Poleg tega se je v tem letu znatno zmanjšal promet v neposredni okolici merilnega mesta in rezultat je veliko znižanje koncentracij benzena.

Tabela 9.3: Razpoložljivost urnih podatkov (% pod.) in povprečne letne koncentracije (C_p) benzena.

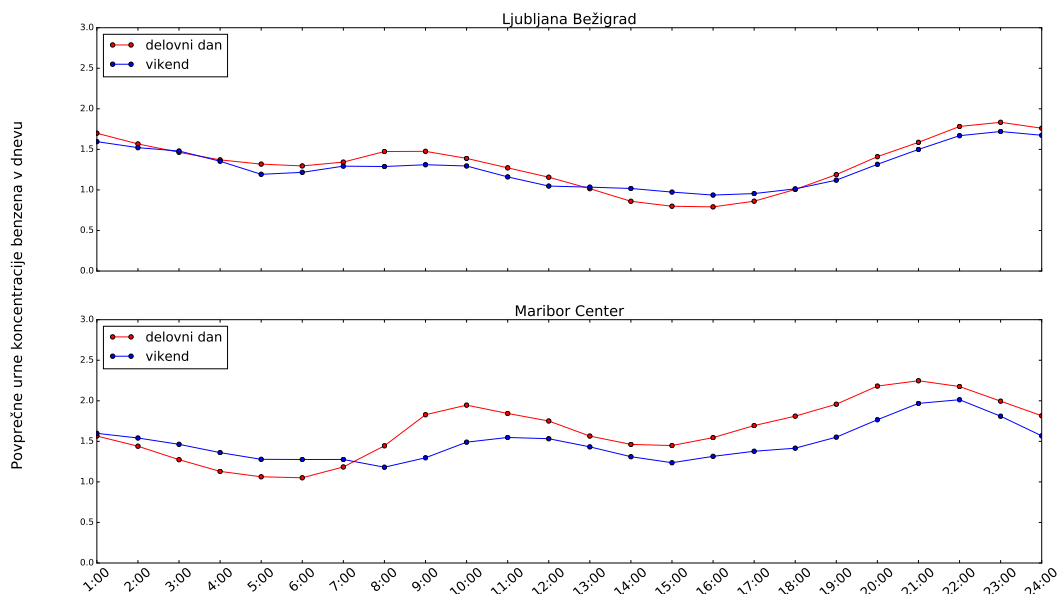
	% pod.	C_p ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
LJ Bežigrad	99	1.3
Maribor	92	1.6

Tabela 9.4: Povprečne letne koncentracije benzena na različnih postajah po letih v $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

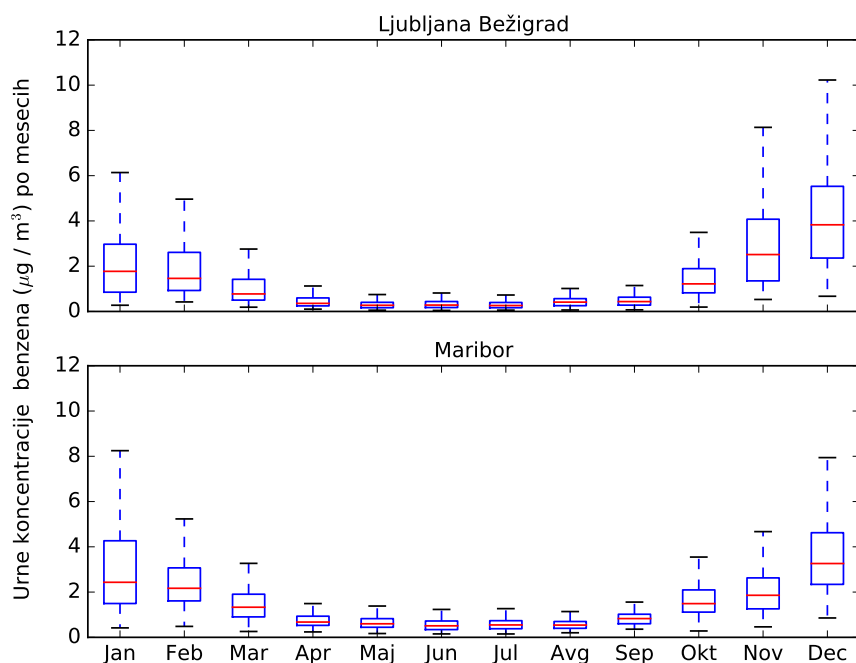
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Bežigrad	2.1	2.4	1.7	1.8	1.8	1.4	1.6	1.0	1.3
Maribor	3.6	3.8	1.5	1.8	2.1	1.6	1.8	1.5	1.6

9.3.1 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

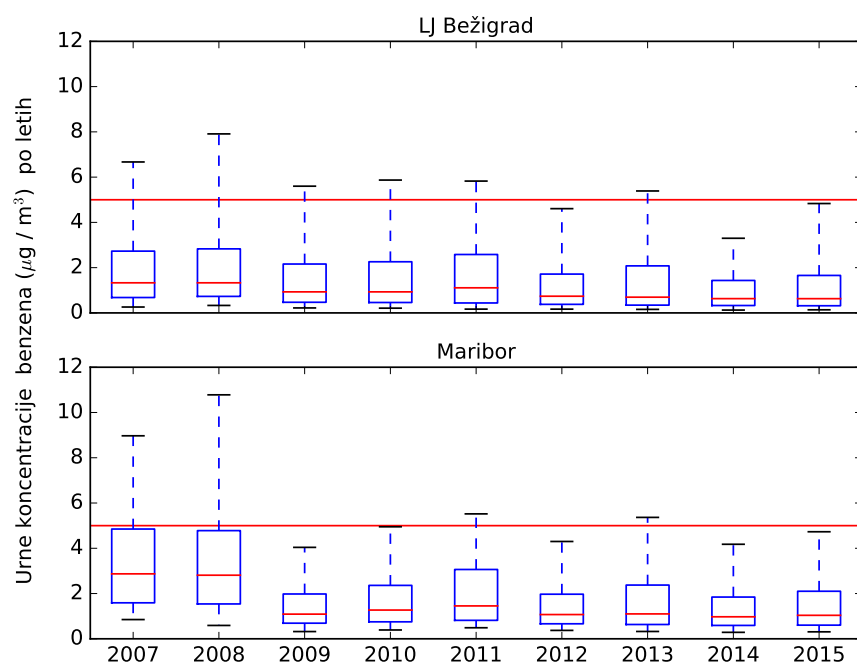
V Evropi je bila leta 2015 letna mejna vrednost presežena le na dveh merilnih mestih; v Nemčiji na postaji tipa industrija in v Italiji na prometni postaji.



Slika 9.2: Urni potek koncentracij benzena v letu 2015 na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor.



Slika 9.3: Porazdelitev urnih vrednosti po mesecih v letu 2015. Prikazani so 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana.



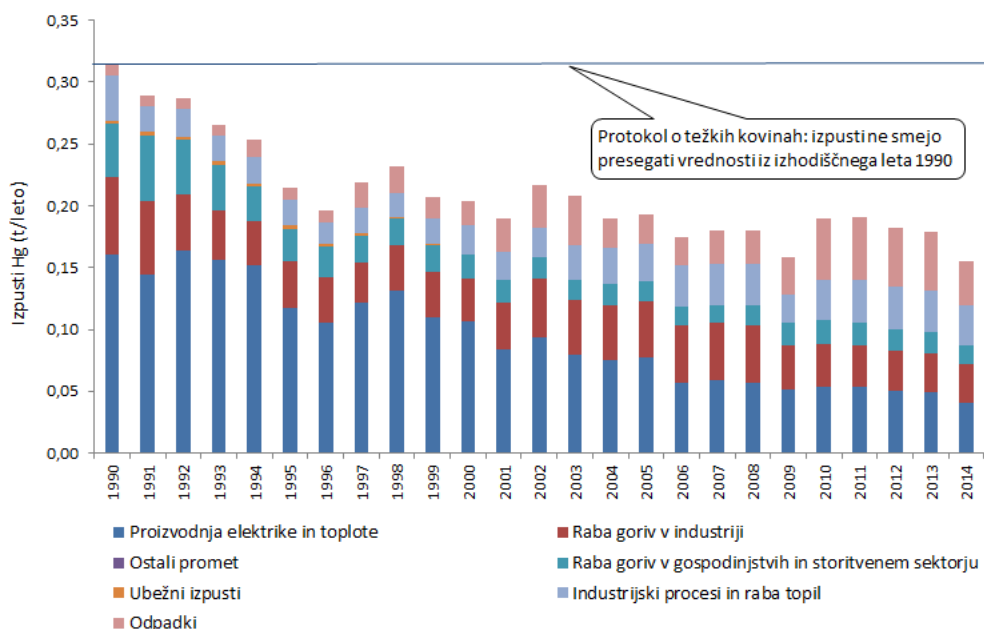
Slika 9.4: Porazdelitev urnih koncentracij benzena po letih na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor. Prikazani so 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje letno mejno vrednost.

10. Živo srebro v zraku

Največji izpusti živega srebra so posledica zgorevanja premoga in ostalih fosilnih goriv, proizvodnje cementa, sežiganja odpadkov in pridobivanja zlata ter izpusti iz kovinske industrije. Živo srebro negativno vpliva na jetra, ledvice ter prebavni in respiratorni sistem. Povzročča pa lahko tudi okvaro živčevja. Živo srebro se bioakumulira in tako še dodatno negativno vpliva na kopenska in vodna živa bitja, vključno s človekom.

10.1 Izpusti

Letni izpusti živega srebra (Hg) v Sloveniji so leta 2014 znašali 0,2 tone. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za polovico. Največji, četrtninski delež k skupnim izpustom živega srebra je v letu 2014 prispevala proizvodnja elektrike in toplote. Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje [22], saj skupne državne količine izpustov živega srebra ne presegajo količin iz leta 1990.



Slika 10.1: Letni izpusti Hg po sektorjih v Sloveniji.

Tabela 10.1: Podatki o izpustih Hg od leta 1990 do 2014, razdeljeni po glavnih kategorijah virov, izraženi v tonah na leto.

Leto	Proizvodnja elektrike in toplote	Raba goriv v industriji	Cestni promet	Ostali promet	Raba goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju	Ubežne emisije	Industrijski procesi in raba topil	Odpadki	SKUPAJ
1990	0,1608	0,0625	0,0000	0,0000	0,0429	0,0028	0,0363	0,0084	0,3137
1991	0,1446	0,0587	0,0000	0,0000	0,0532	0,0029	0,0211	0,0085	0,2890
1992	0,1634	0,0460	0,0000	0,0000	0,0439	0,0026	0,0223	0,0087	0,2869
1993	0,1566	0,0398	0,0000	0,0000	0,0371	0,0025	0,0204	0,0089	0,2653
1994	0,1516	0,0354	0,0000	0,0000	0,0288	0,0017	0,0217	0,0146	0,2538
1995	0,1175	0,0378	0,0000	0,0000	0,0259	0,0027	0,0209	0,0098	0,2146
1996	0,1059	0,0358	0,0000	0,0000	0,0251	0,0024	0,0169	0,0103	0,1964
1997	0,1220	0,0322	0,0000	0,0000	0,0213	0,0028	0,0196	0,0205	0,2184
1998	0,1310	0,0375	0,0000	0,0000	0,0207	0,0013	0,0200	0,0213	0,2318
1999	0,1098	0,0365	0,0000	0,0000	0,0220	0,0013	0,0204	0,0174	0,2074
2000	0,1070	0,0342	0,0000	0,0000	0,0190	0,0008	0,0235	0,0190	0,2035
2001	0,0836	0,0384	0,0000	0,0000	0,0178	0,0000	0,0234	0,0269	0,1901
2002	0,0939	0,0469	0,0000	0,0000	0,0171	0,0000	0,0243	0,0349	0,2171
2003	0,0799	0,0434	0,0000	0,0000	0,0172	0,0000	0,0273	0,0407	0,2085
2004	0,0753	0,0444	0,0000	0,0000	0,0169	0,0000	0,0288	0,0240	0,1894
2005	0,0769	0,0462	0,0000	0,0000	0,0156	0,0000	0,0305	0,0238	0,1930
2006	0,0571	0,0463	0,0000	0,0000	0,0150	0,0000	0,0330	0,0233	0,1747
2007	0,0592	0,0462	0,0000	0,0000	0,0142	0,0000	0,0337	0,0266	0,1799
2008	0,0565	0,0470	0,0000	0,0000	0,0155	0,0000	0,0341	0,0269	0,1800
2009	0,0511	0,0356	0,0000	0,0000	0,0183	0,0000	0,0231	0,0298	0,1579
2010	0,0531	0,0351	0,0000	0,0000	0,0189	0,0000	0,0323	0,0507	0,1901
2011	0,0534	0,0339	0,0000	0,0000	0,0186	0,0000	0,0346	0,0506	0,1911
2012	0,0508	0,0319	0,0000	0,0000	0,0177	0,0000	0,0339	0,0483	0,1826
2013	0,0491	0,0310	0,0000	0,0000	0,0182	0,0000	0,0335	0,0467	0,1785
2014	0,0405	0,0317	0,0000	0,0000	0,0151	0,0000	0,0327	0,0353	0,1553

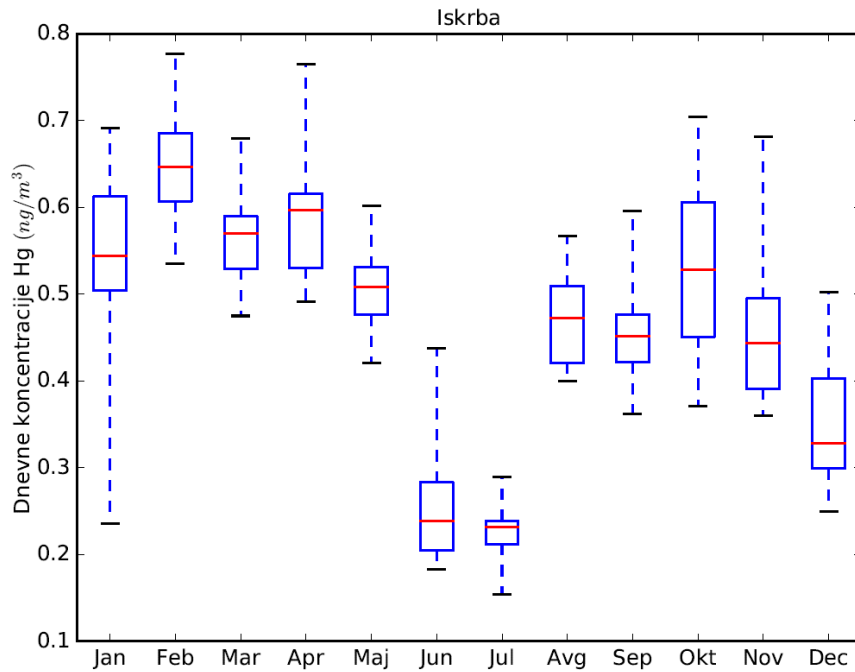
10.2 Ravni onesnaženosti

Meritve koncentracij celotnega živega srebra v zraku izvajamo na merilnem mestu Iskrba. Povprečne mesečne koncentracije in povprečna letna koncentracija za celokupno živo srebro v zraku so navedene v tabeli 10.2, grafično pa so prikazane na sliki 10.2. Zaradi težav z merilnikom v letu 2015 nismo dosegli zahtevane pokritosti (>75 %) z meritvami. Podani rezultati meritev Hg v zraku so zaradi tega zgolj informativnega značaja. Slika 10.3 prikazuje izmerjene koncentracije živega srebra od začetka izvajanja meritev.

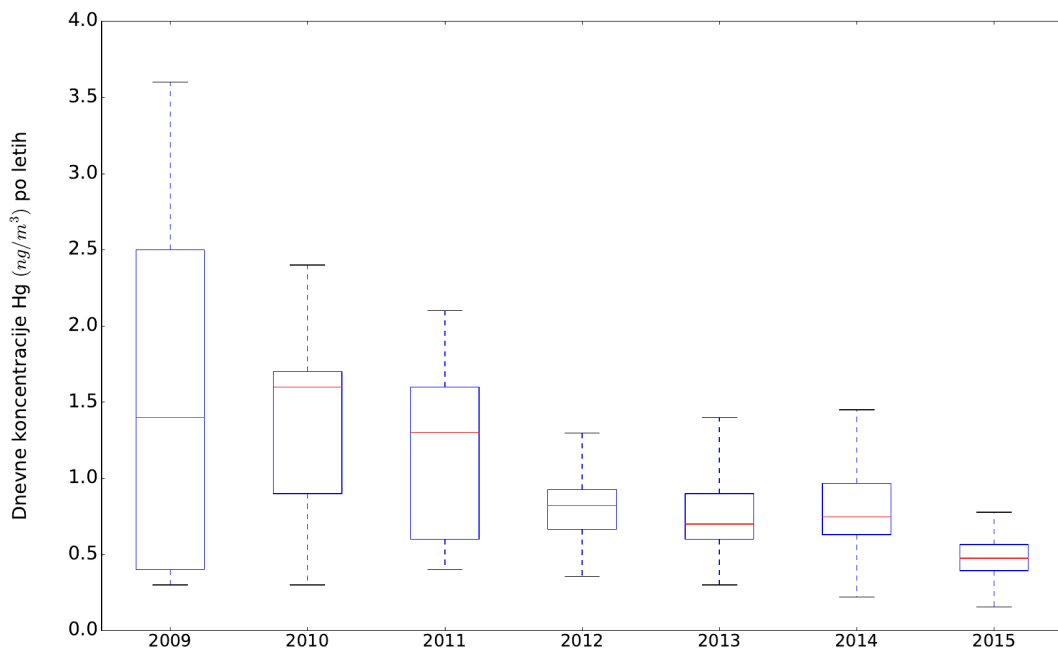
Tabela 10.2: Povprečne mesečne koncentracije živega srebra (ng/m³) na merilnem mestu Iskrba v letu 2015.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Iskrba	0,5*	0,7	0,6*	0,6*	0,5	0,3	0,2*	0,5*	0,5	0,5	0,5*	0,3

* Podatki so informativnega značaja zaradi prevelikega izpada podatkov.



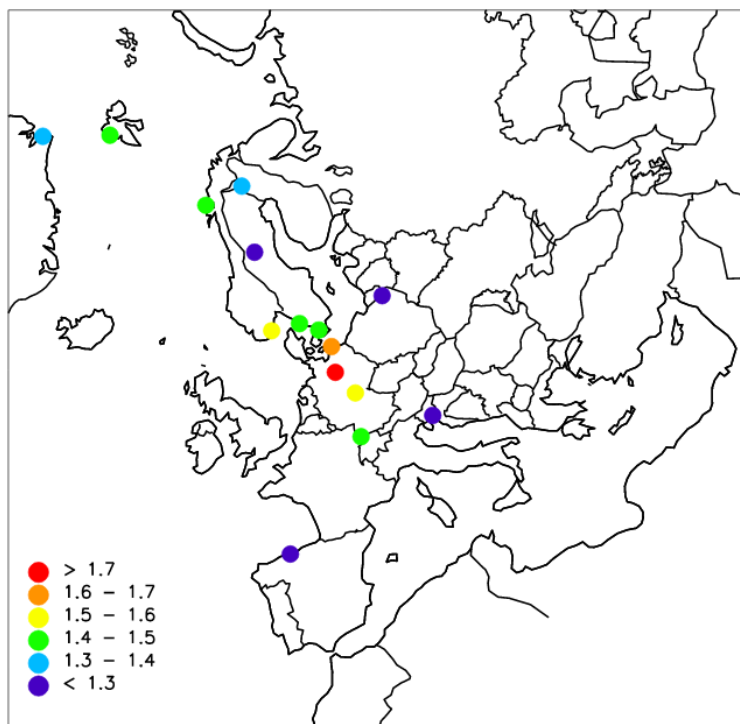
Slika 10.2: Porazdelitev dnevni koncentracij Hg na Iskrbi po mesecih v letu 2015. Za vsak mesec so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 10.3: Porazdelitev dnevni koncentracij Hg na Iskrbi po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

10.3 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Koncentracije Hg v zraku, ki smo jih poročali na EMEP in EAA za merilno mesto Iskrba so med najnižjimi v Evropi, njihova povprečna letna vrednost pa je nižja od $1,3 \text{ ng/m}^3$ [1].



Slika 10.4: Geografska porazdelitev Hg v zraku v Evropi v letu 2014 [34].

11. *Kakovost padavin*

Kemijska sestava padavin je eno izmed meril onesnaženosti zraka. S stališča kakovosti zraka je v padavinah najpomembnejša vsebnost produktov oksidacije najpogostejših onesnaževal v zraku (SO_2 , NO_x , CO, ogljikovodiki). Le-ti so v obliki disociiranih kislin (SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^-) povzročitelji kislosti padavin. H kislosti padavin lahko v manjši meri prispevajo tudi specifična onesnaževala (fluoridi, fosfati, organske kisline). Te spojine se v primerjavi z žveplovimi in dušikovimi spojinami pojavljajo v nižjih koncentracijah. V skladu z mednarodnim dogovorom so kisle padavine tiste, katerih pH vrednost je manjša od 5,6 [35].

Kislost padavin je odvisna od razmerja anionov disociiranih kislin in kationov, ki izvirajo iz topnih soli. Anioni kislin povečujejo kislost padavin, medtem ko kationi (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+) padavine nevtralizirajo ali naredijo celo alkalne. Dušikove spojine prispevajo k evtrofikaciji. Spremljanje padavin določa Uredba o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in PAH v zunanjem zraku [21]. Za parametre v padavinah mejne in ciljne vrednosti niso določene. Meritve na merilnem mestu Iskrba izvajamo tudi v okviru programa EMEP Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [22].

11.1 Ravni onesnaženosti

Letne vrednosti pH, prevodnosti in koncentracije ionov v padavinah so podane v tabeli 11.1. Zaradi gradbenih del v bližini merilnega mesta LJ Bežigrad v letu 2015 na tej lokaciji nismo izvajali meritev kakovosti padavin. V letu 2015 smo zabeležili znatno manjšo količino padavin kot v letu 2014. Tako kot v preteklih letih, je največ dežja padlo na merilnem mestu Rateče (1223 mm), najmanj pa na merilnem mestu MS Rakičan (653 mm). Na merilnem mestu Škocjan je padlo 930 mm, na merilnem mestu Iskrba pa 1212 mm dežja (tabela 11.2). Tudi v letu 2015 so bile padavine na vseh merilnih mestih praviloma bolj kisle v hladnem obdobju leta.

Na sliki 11.1 so prikazane povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Na vseh merilnih mestih v Sloveniji smo zabeležili nekoliko bolj kisle padavine kot v preteklem letu, kar povezujemo z manjšo količino padavin. V Sloveniji so najmanj kisle padavine z merilnega mesta Rateče, kjer smo izmerili najvišje povprečne vrednosti pH, med tem ko so bile te tako kot običajno najnižje na merilnem mestu Iskrba. Kljub najvišjim koncentracijam NO_3^- in SO_4^{2-} v padavinah z merilnega mesta MS Rakičan je bila povprečna letna pH vrednost nekoliko nižja kot v vzorcih padavin z Rateč. Predvidevamo, da je to predvsem posledica visokih mokrih depozicij dušika amoniakalnega izvora, ki reagira s kislimi komponentami v padavinah in na ta način zmanjšuje

njihovo kislost.

Skupne letne mokre depozicije ionov, ki odločilno vplivajo na zakisanje (NO_3^- , SO_4^{2-}) so bile kljub precej različnim količinam padavin na vseh merilnih mestih dokaj primerljive (tabela 11.2), kar je posledica višjih koncentracij onesnaževal na merilnih mestih, kjer je padla manjša količina padavin (tabela 11.1). Tudi mokra depozicija amonijevih ionov je bila primerljiva na vseh merilnih mestih (tabela 11.2). Najvišja je bila na merilnem mestu MS Rakičan, kar povezuje z neposredno bližino kmetijskih zemljišč, kjer izvajajo gnojenje z mineralnimi gnojili. Kljub znatno višji povprečni letni koncentraciji amonijevega iona v padavinah z merilnega mesta MS Rakičan (tabela 11.1), je bila njegova mokra depozicija zaradi manjše količine padavin podobna tisti v Ratečah, kjer so koncentracije sicer nižje, količina padavin pa je največja v Sloveniji.

Slike 11.2 do 11.4 prikazujejo celotne letne mokre depozicije ionov, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in evtrofikacijo. Zaradi znatno manjše količine padavin v primerjavi s preteklim letom, so tudi depozicije posameznih ionov v letu 2015 manjše.

Tabela 11.1: Srednja vrednost (C_p), minimum (C_{min}) in maksimum (C_{max}) pH ($\mu\text{S}/\text{cm}$), električna prevodnost pri 25 °C (el. prev.) in koncentracije elementov v padavinah (mg/L) na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2015.

		pH	El. prev.	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba	C_p	5,13	8	0,198	0,217	0,243	0,239	0,263	0,033	0,114	0,036
	C_{min}	4,10	2	0,008	0,021	0,083	0,028	0,021	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	7,17	50	3,56	3,24	2,04	6,02	5,53	0,547	3,49	0,952
Škocjan	C_p	5,17	10	0,278	0,289	0,262	0,389	0,29	0,044	0,222	0,042
	C_{min}	4,57	2	0,023	0,043	0,040	0,060	0,037	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	6,86	35	1,53	3,12	3,30	3,62	2,50	0,282	2,27	0,362
Rateče	C_p	5,39	6	0,214	0,177	0,166	0,158	0,233	0,032	0,068	0,032
	C_{min}	4,71	3	0,026	0,058	0,038	0,055	0,022	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	7,12	26	2,17	0,852	0,778	0,625	2,63	0,190	0,489	0,642
MS Rakičan	C_p	5,24	11	0,477	0,343	0,362	0,229	0,342	0,054	0,100	0,080
	C_{min}	4,52	5	0,077	0,144	0,095	0,064	0,034	0,010	0,010	0,010
	C_{max}	6,73	29	10,5	3,86	1,72	5,52	1,87	0,289	3,89	3,19

Tabela 11.2: Količina padavin (mm) in skupna mokra depozicija elementov v padavinah (g/m^2) na vzorčevalnih mestih DMKP v letu 2015.

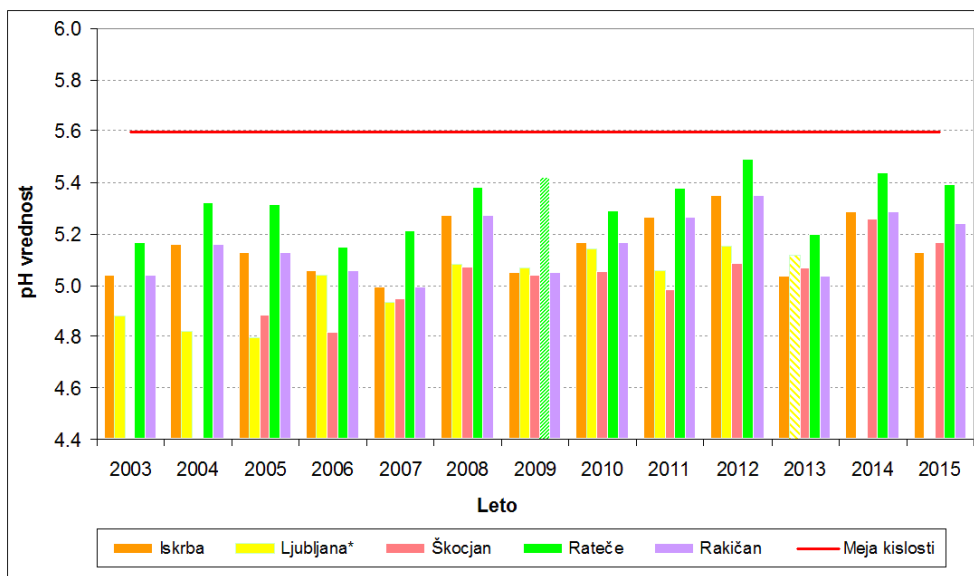
	Količina padavin	H^+	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$	$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
Iskrba	1212	$9,1 \cdot 10^{-3}$	0,240	0,263	0,294	0,290	0,318	0,041	0,139	0,044
Škocjan	930	$6,2 \cdot 10^{-3}$	0,256	0,266	0,241	0,358	0,267	0,040	0,204	0,038
Rateče	1223	$4,9 \cdot 10^{-3}$	0,260	0,216	0,203	0,193	0,284	0,039	0,083	0,039
MS Rakičan	653	$3,8 \cdot 10^{-3}$	0,318	0,228	0,241	0,153	0,228	0,036	0,067	0,053

* Skupna depozicija H^+ je izračunana iz izmerjenih pH vrednosti.

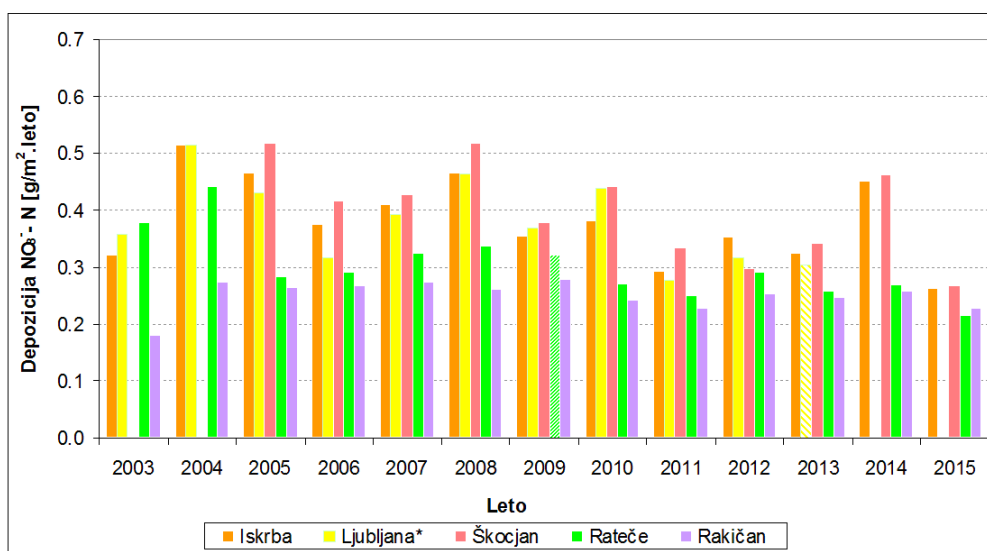
Meritve kovin in policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) v padavinah izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Tudi v letu 2015 je med izmerjenimi depozicijami kovin največ cinka. Povprečne letne vrednosti depozicij nekaterih težkih kovin so prikazane v tabeli 11.3.

Tabela 11.3: Celotna letna depozicija nekaterih težkih kovin (mg/m^2) na Iskrbi v letu 2015.

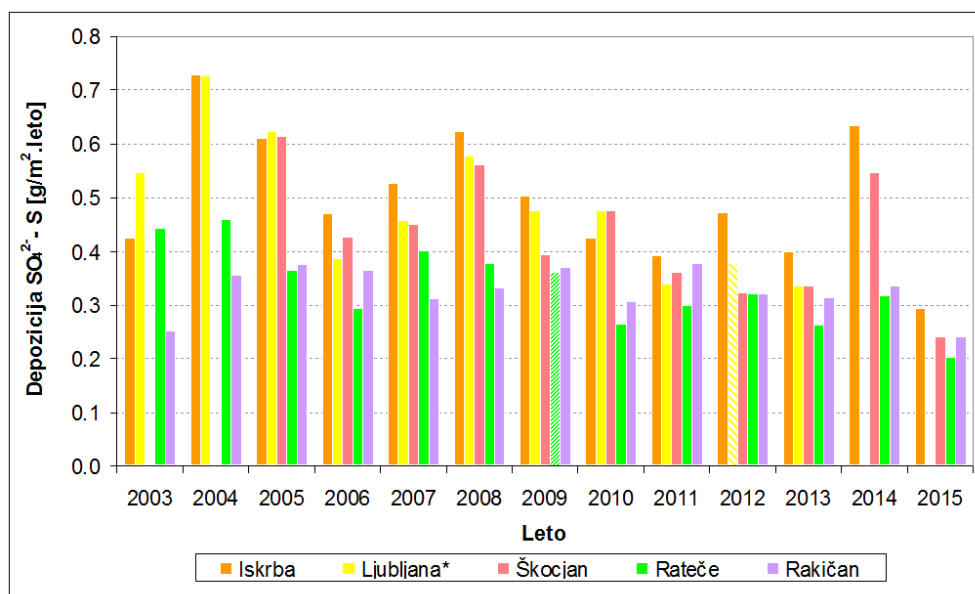
Arsen	Kadmij	Krom	Baker	Nikelj	Svinec	Cink
0,100	0,022	0,270	3,73	0,308	0,532	4,56



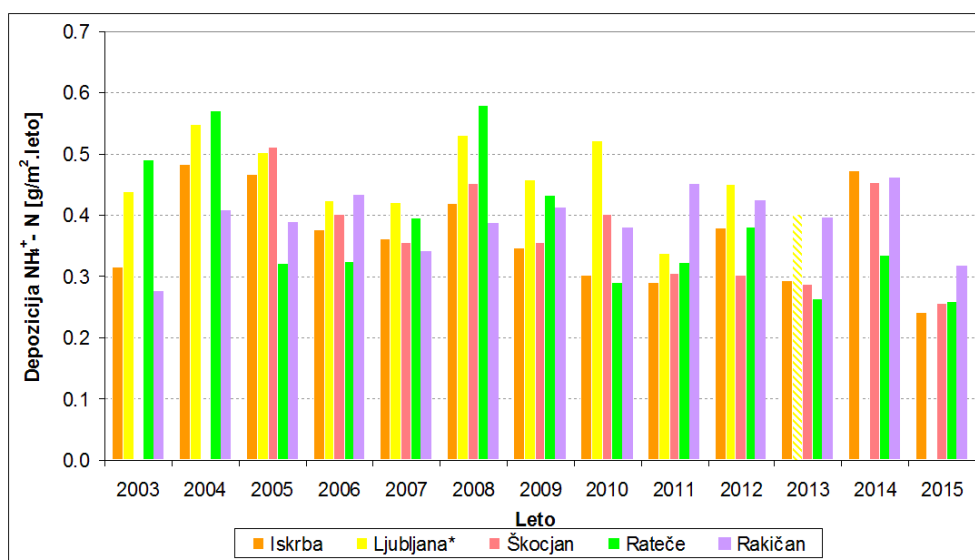
Slika 11.1: Povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Rdeča črta prikazuje mejo kislosti padavin.



Slika 11.2: Skupna letna mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje.

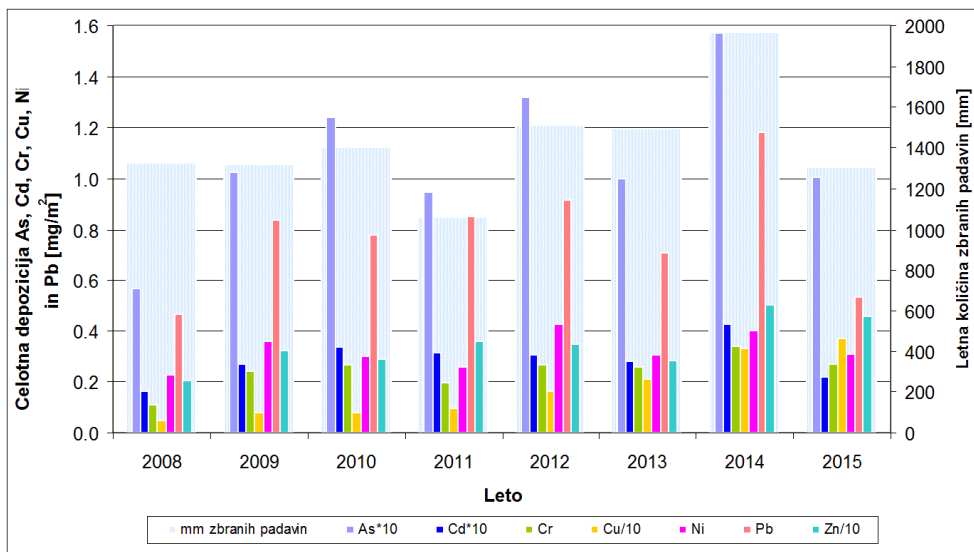


Slika 11.3: Skupna letna mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje.



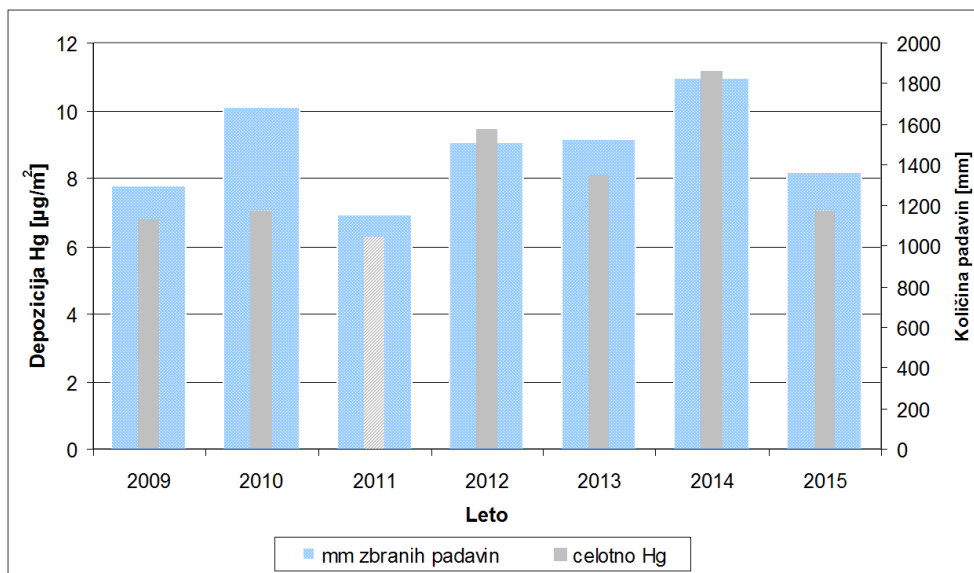
Slika 11.4: Skupna letna mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje.

Kot je mogoče sklepati iz slike 11.5, se raven celotnih letnih depozicij večine kovin od začetka meritev v letu 2008 do leta 2015 bistveno ne spreminja, odvisna je predvsem od količine padavin.



Slika 11.5: Celotna depozicija izbranih kovin v letih od 2008 do 2015.

Koncentracije celotnega živega srebra v mokrih padavinah so se v letu 2015 gibale med 1,1 in 8,1 ng/L. Nivo zabeleženih koncentracij je primerljiv z vrednostmi, ki jih poročajo za neonesnažena področja drugod po svetu ter nekajkrat nižji od izmerjenih v padavinah na bolj onesnaženih področjih. Kumulativna mokra depozicija celotnega živega srebra na merilnem mestu Iskrba je v letu 2015 znašala 9,75 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ in je bila za spoznanje nižja kot v letu 2014, tako kot je bila nižja tudi količina zbranih padavin.



Slika 11.6: Celotne letne mokre depozicije celotnega Hg od leta 2009 do leta 2015.

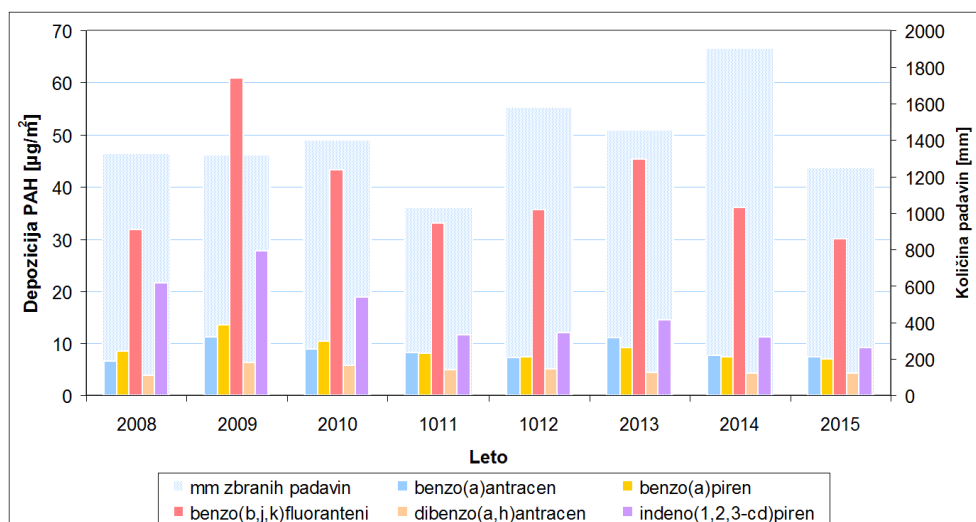
Opomba: V mesecu avgustu 2011 izvajalec ni opravil analize v vseh zajetih vzorcih padavin, zato podatek za to leto podajamo zgolj informativno.

V tabeli 11.4 so prikazane celotne depozicije nekaterih policikličnih aromatskih ogljikovodikov

(PAH) v letu 2015. Povišane depozicije nekaterih PAH smo tudi v letu 2015 zabeležili predvsem v hladnejšem obdobju leta. Primerjava koncentracij PAH med posameznimi leti nakazuje, da le-te ostajajo na približno isti ravni. Podobno kot v preteklih letih smo tudi v letu 2015 zabeležili največjo celotno depozicijo vsote benzo(b,j,k)fluorantenov, dve tretjini nižja je bila celotna depozicija indeno(1,2,3-cd)pirena. Najnižja je bila tako kot v ostalih letih celotna depozicija dibenzo(a,h)antracena (tabela 11.4 in slika 11.7).

Tabela 11.4: Celotna depozicija nekaterih PAH ($\mu\text{g}/\text{m}^2$) za leto 2015 na merilnem mestu Iskrba.

Benzo(a)antracen	Benzo(a)piren	Benzo(b,j,k)fluoranten	Dibenzo(a,h)antracen	Indeno(1,2,3-cd)piren
7,35	7,02	30,0	4,18	9,23

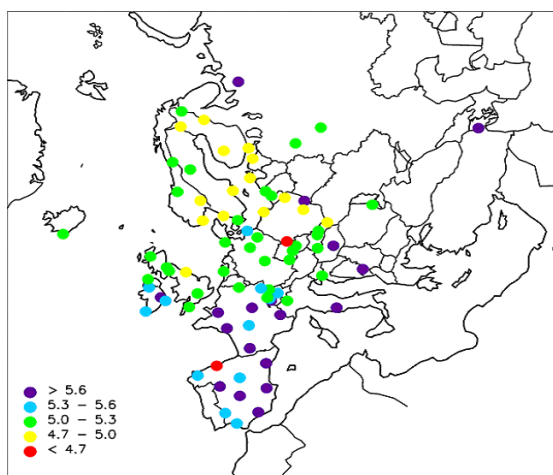


Slika 11.7: Celotne letne depozicije PAH od leta 2008 do leta 2015.

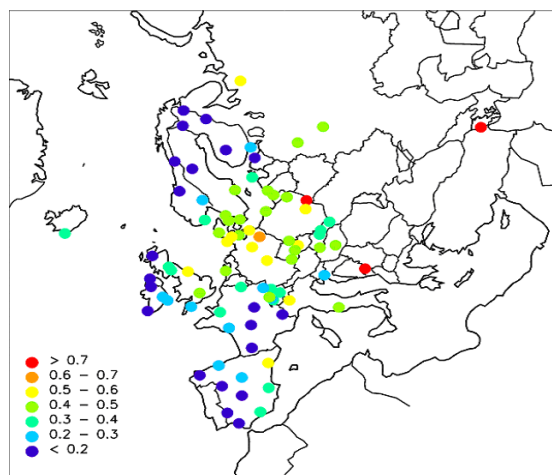
11.2 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Raven kislosti padavin v Sloveniji, z izjemo Rateč, je primerljiva z večino EMEP merilnih mest v centralni Evropi [1]. Kislosti padavin v Ratečah je primerljiva z manj kislimi padavinami v Skandinaviji. Raven koncentracij amonijevega iona, izražena v mg elementa N/l je na vseh merilnih mestih v Sloveniji z izjemo MS Rakičana na nizki ravni, koncentracije v MS Rakičanu pa so primerljive z višjimi v centralni Evropi. Koncentracije ionov, ki odločilno prispevajo k zakisljevanju in evtrofikaciji okolja (NO_3^- , SO_4^{2-}), izraženih v mg/l, je praktično vseh krajih v Sloveniji med najnižjimi v Evropi (slika 11.8). Padavine z merilnih mest na Iskrbi in v Škocjanu se uvrščajo v spodnjo tretjino, medtem ko so padavine z merilnega mesta MS Rakičan srednje onesnažene. Pri primerjavi rezultatov je potrebno upoštevati, da so EMEP postaje umeščene v neizpostavljeno podeželsko okolje.

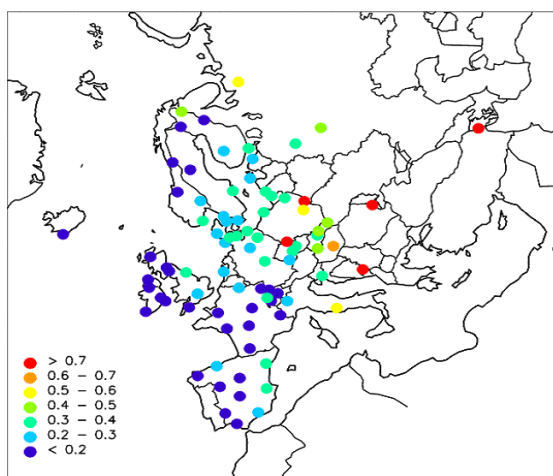
Iz slike 11.9 je razvidno, da so v padavinah z merilnega mesta Iskrba koncentracije kadmija in tudi svinca med najnižjimi, koncentracije živega srebra pa med najvišjimi v Evropi [34].



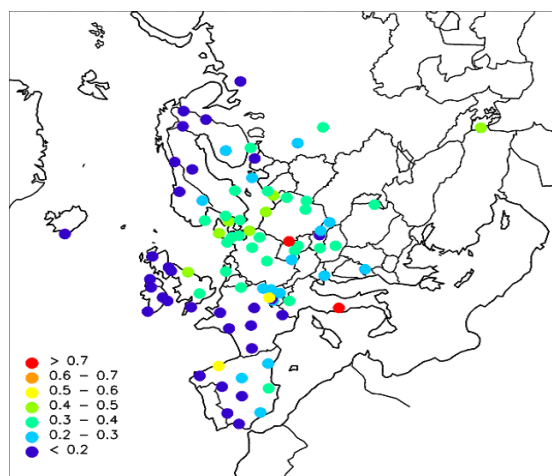
(a) pH



(b) Amonij

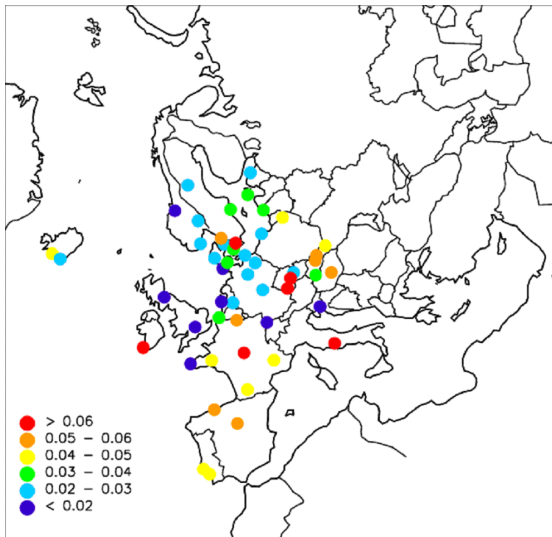


(c) Sulfat

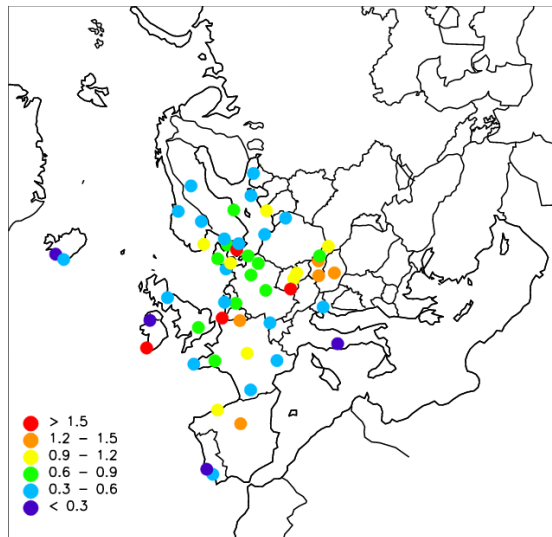


(d) Nitrat

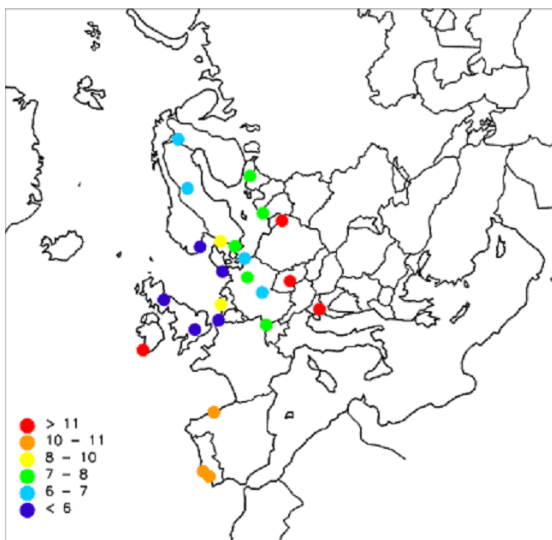
Slika 11.8: Geografska porazdelitev vrednosti pH ter koncentracij amonija, sulfata in nitrata (mg/l) v padavinah po Evropi v letu 2014 [36].



(a) Kadmij



(b) Svinec



(c) Živo srebro

Slika 11.9: Geografska porazdelitev vrednosti kadmija, svineca in živega srebra v padavinah na EMEP merilnih mestih v letu 2014 [34].

12. *Žveplove in dušikove spojine ter ostali anorganski ioni*

Žveplove (SO_2 , SO_4^{2-}) in dušikove ($\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$, $\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) spojine ter anorganske ione (Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) spremljamo v okviru programa EMEP na merilnem mestu Iskrba. Te meritve podajajo informacijo o kislno-alkalnih sestavinah v zraku.

12.1 Ravni onesnaženosti

V tabeli 12.1 so podani rezultati meritev za celotno leto 2015 ter posebej za poletno in zimsko sezono. Povprečne mesečne koncentracije žveplovih in dušikovih spojin ter ionov v letu 2015 so prikazane na slikah 12.1 in 12.2. Kot navadno, so bile v letu 2015 koncentracije žveplovih in oksidiranih dušikovih spojin ter kalija v zraku najvišje predvsem v zimski sezoni, to je od januarja do marca in od oktobra do decembra.

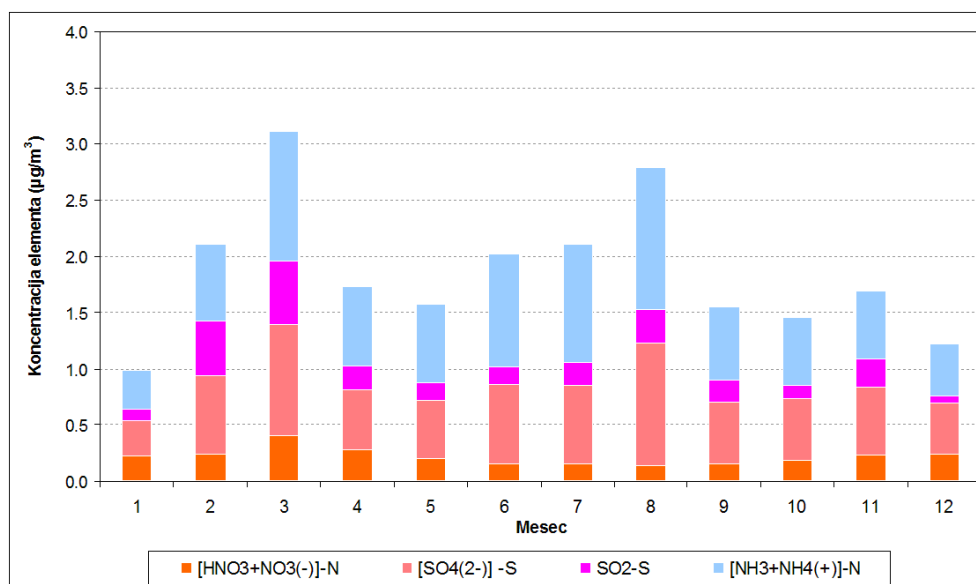
Prisotnost teh snovi v ozračju v zimski sezoni povezujemo s kurjenjem zaradi nižjih temperatur. Kot posledica večjega števila dni brez padavin pa so bile koncentracije žveplovih in dušikovih spojin visoke tudi v poletnih meseci, predvsem v avgustu. Najvišje koncentracije reduciranega dušika ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$)-N v zraku, smo zabeležili v marcu (gnojenje) in pa v poletnih mesecih.

Nivo ostalih komponent razen kalcija in magnezija, je bil skozi vse leto na približno istem nivoju. Ocenjujemo, da je njihovo nihanje povezano predvsem s pogostostjo in količino padavin. V poletnih mesecih je padavin manj, zato je resuspenzije več in s tem tudi vnosa kalcija in magnezija v zrak.

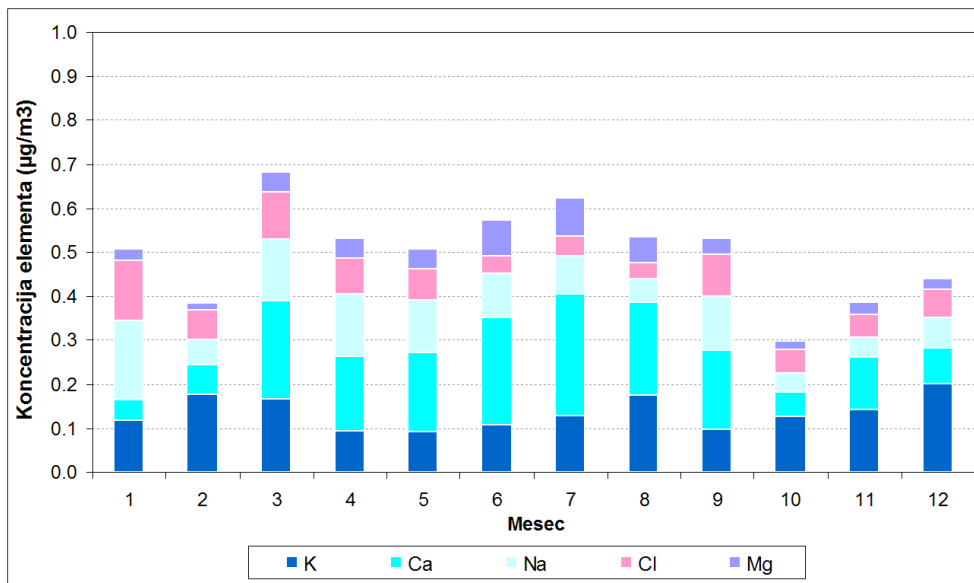
Meritve koncentracij žveplovih in dušikovih spojin ter nekaterih kationov in anionov v zraku smo na merilnem mestu Iskrba pričeli izvajati leta 1997. Na sliki 12.3 so prikazane povprečne letne koncentracije dušikovih in žveplovih spojin. Manjša medletna nihanja za ostale sestavine povezujemo s pogostostjo in količino padavin v posameznih letih. Koncentracije žveplovih spojin kažejo trend upadanja, ki je bolj izrazit pri koncentracijah žveplovega dioksida in nekoliko manj pri koncentracijah sulfatnih ionov (SO_4^{2-}). Ocenjujemo, da je ta trend verjetno posledica zmanjšane uporabe premoga ter uporabe premoga z nižjo vsebnostjo žveplovih plinov.

Tabela 12.1: Povprečne (C_p) in najvišje (C_{max}) izmerjene koncentracije oksidiranega žvepla, oksidirane ga dušika, reducirane ga dušika in nekaterih anorganskih ionov v zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na Iskrbi za nekurilno sezono, kurilno sezono ter za celo leto 2014.

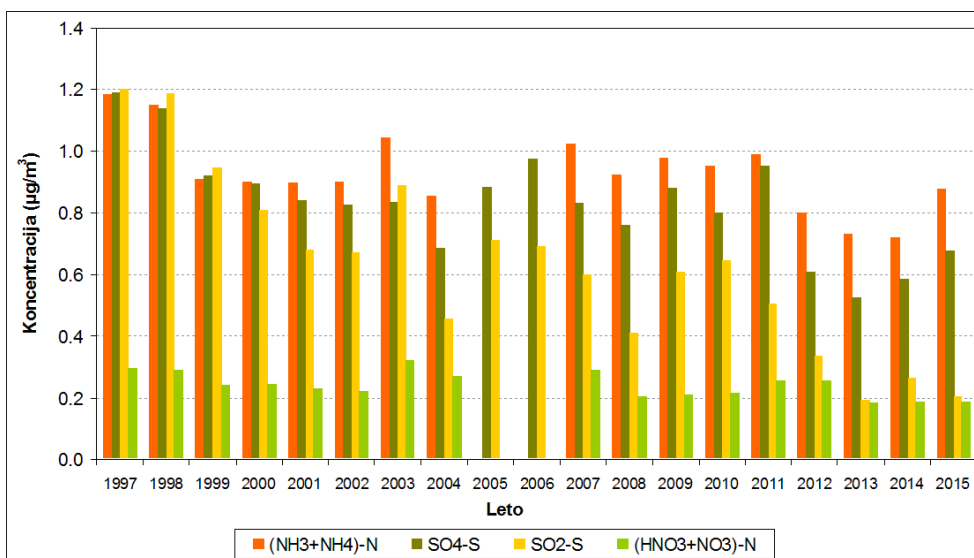
		Poletna sezona	Zimska sezona	Letna vrednost
$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	C_p	0,676	0,596	0,632
	C_{max}	3,27	3,52	3,52
$\text{SO}_2\text{-S}$	C_p	0,202	0,596	0,235
	C_{max}	1,55	4,98	4,98
$(\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-)\text{-N}$	C_p	0,187	0,255	0,224
	C_{max}	0,8	0,914	0,914
$(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$	C_p	0,877	0,64	0,747
	C_{max}	3,13	3,23	3,23
Cl^-	C_p	0,062	0,08	0,072
	C_{max}	0,494	0,734	0,734
Ca^{2+}	C_p	0,204	0,099	0,146
	C_{max}	1,05	1,545	1,55
Mg^{2+}	C_p	0,056	0,028	0,041
	C_{max}	0,27	0,108	0,27
Na^+	C_p	0,108	0,09	0,098
	C_{max}	0,756	0,725	0,756
K^+	C_p	0,113	0,155	0,136
	C_{max}	0,349	0,564	0,564



Slika 12.1: Povprečna mesečna koncentracija oksidirane ga žvepla $\text{SO}_2\text{-S}$ in $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$, oksidirane ga dušika $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$ -N ter reducirane ga dušika $(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$ v zraku na Iskrbi za leto 2015.



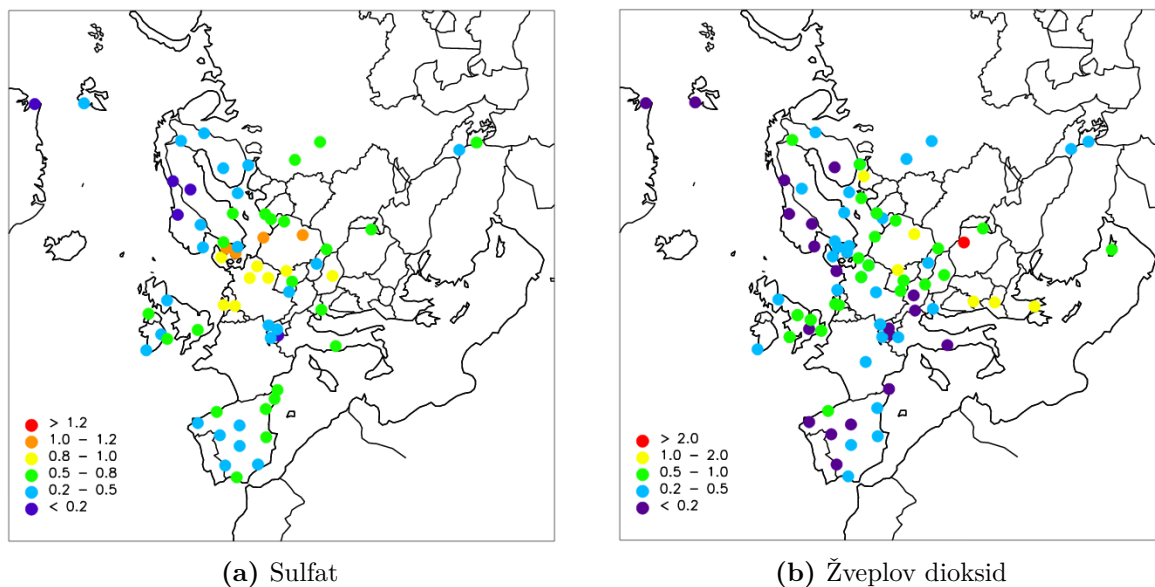
Slika 12.2: Povprečne mesečne koncentracije natrija, kalcija, klorida, magnezija in kalija v zraku na Iskrbi za leto 2015.



Slika 12.3: Povprečne letne koncentracije oksidiranega žvepla $\text{SO}_2\text{-S}$ in $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$, oksidiranega dušika ($\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$)-N ter reducirane dušika ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)-N v zraku na Iskrbi za leto 2013 – dnevno vzorčenje.

12.2 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Geografska porazdelitev oksidiranega žvepla (SO_4^{2-} -S in SO_2 -S) na postajah v okviru EMEP je prikazana na sliki 12.4. Meritve kažejo, da je merilno mesto Iskrba med manj onesnaženimi [1].



Slika 12.4: Geografska porazdelitev oksidiranega žvepla (SO_4^{2-} -S in SO_2 -S) v Evropi v letu 2014.

13. *Meteorološke značilnosti leta 2015*

13.1 Vreme leta 2015

Leto 2015 je bilo po nižinah drugo ali tretje najtoplejše doslej. Odklon glede na obdobje 1961-1990 se je večinoma gibal med 2 in 3 °C, le na Goriškem, Obali, Kočevskem in v širši okolici Celja je bil odklon med 1 in 2 °C. Na Kredarici je bila povprečna letna temperatura 0,6 °C, kar je največ, odkar na Kredarici neprekinjeno spremljamo vremenske razmere.

Poleti nas je zajelo nekaj vročinskih valov. Najvišja izmerjena temperatura je dosegla 38,0 °C v Biljah. V večini nižinskih krajev se je ogrelo na 35 do 37 °C. Število vročih dni, ko je temperatura dosegla vsaj 30 °C, je bilo največje na Letališču Portorož in v Biljah, našteli so jih 52. V Ljubljani je bilo število vročih dni 44, več takih dni je bilo le v letu 2003. Mrzlih dni, ko je najnižja dnevna temperatura –10 °C ali manj, je bilo v Ratečah, Kočevju in Celju 7 oziroma 5, na Primorskem, v Ljubljani in Mariboru pa jih ni bilo.

Sonce je v Ljubljani sijalo 2035 ur, kar je 19 % nad dolgoletnim povprečjem. Tudi drugod po državi je bilo sončnega vremena več kot običajno. Z izjemo Obale so v jugozahodni četrtini Slovenije, večjem delu Štajerske, v osrednji Sloveniji in na Notranjskem dolgoletno povprečje presegli vsaj za desetino. V Mariboru je bil presežek 16 %, v Biljah 19 % in v Postojni 20 %.

V letu 2015 je večinoma opazno primanjkovalo padavin. Dolgoletno povprečje so presegli le v Beli krajini, drugod so za dolgoletnim povprečjem zaostajali. Največji relativni zaostanek je bil na Primorskem in v večjem delu Notranjske. Na Letališču Portorož so namerili le 595 mm, kar je 60 % dolgoletnega povprečja in najmanj v celotnem nizu podatkov za to lokacijo.

V Ratečah je leta 2015 sneg tla prekrival 87 dni, največja debelina je bila 40 cm. Na Obali in v Biljah snežne odeje niso zabeležili. V Ljubljani je sneg ležal 31 dni, največja debelina je bila 28 cm. V preteklosti je bilo največ dni s snežno odejo v Ljubljani 110 (leta 1996), najmanj pa 2 (leta 1989).

13.2 Značilnosti posameznih letnih časov

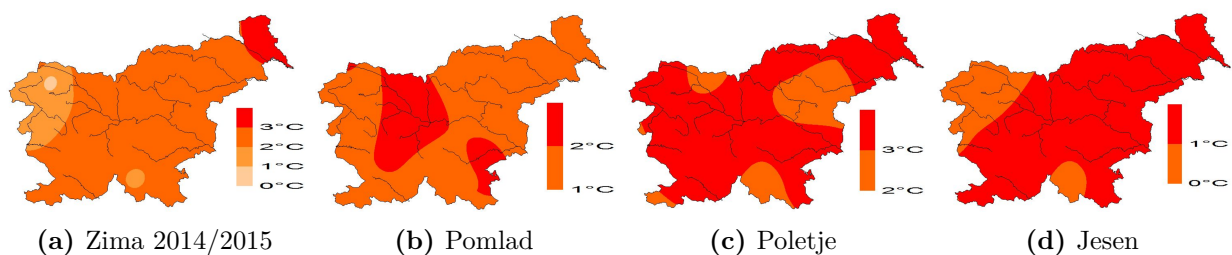
Na kakovost zraka najbolj vplivajo meteorološki pogoji v poletnem in zimskem času. Na kratko povzemamo najpomembnejše značilnosti posameznih letnih časov v letu 2015. Odkloni povprečne temperature zraka, višine padavin in sončnega obsevanja so prikazani na slikah 13.1 do 13.3.

Zima 2014/2015 je bila toplejša kot v dolgoletnem povprečju, večina krajev je dolgoletno povprečje presegla za 2 do 3 °C. Popoldnevi so bili v povprečju v večjem delu države za 1,5 do 3 °C toplejši kot običajno; največji pozitivni odklon so zabeležili v Murski Soboti (3,3 °C). V Ljubljani je

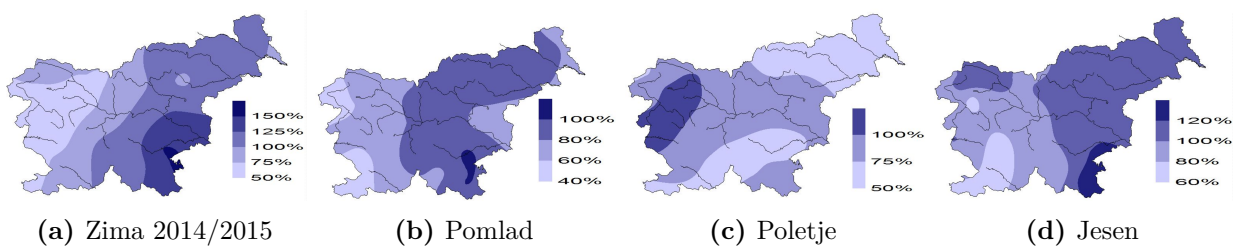
bilo najtopleje 19. decembra ($13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$), najhladneje pa 30. decembra ($-11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Na Primorskem in na Obali je razvoj vremena običajno nekoliko drugačen kot drugod po Sloveniji. Tako se je v Biljah najbolj ogrelo 4. februarja ($14,9\text{ }^{\circ}\text{C}$), najnižja temperatura pa je bila izmerjena 28. januarja ($-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Dolgoletno povprečje trajanja sončnega obsevanja je bilo najbolj preseženo v Ljubljani in na Sv. Florjanu, kjer je sonce sijalo tretjino več časa kot običajno. Dolgoletno povprečje so presegli na severovzhodu in v osrednjem delu Slovenije od meje s Hrvaško do meje z Avstrijo. Za dolgoletnim povprečjem so zaostajali na zahodu Slovenije in v pasu od Koroške prek dela Štajerske proti jugu vse do Bele krajine.

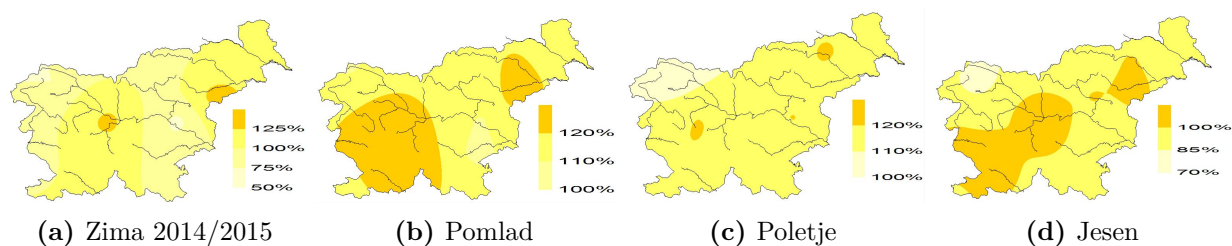
Največji relativni presežek padavin v primerjavi z dolgoletnim povprečjem so imeli v Beli krajini in v Novomeško-Brežiški kotlini, kjer so dolgoletno povprečje presegli vsaj za četrtno. V Novem mestu je padlo 51 % več padavin kot običajno. Dolgoletno povprečje so presegli vzhodno od linije, ki je potekala od ilirskobistriškega območja vzhodno od Ljubljane vse do Koroške. Izjemi sta bili Lendava in Slovenke Konjice. V Ljubljani so v zimi 2014/15 zabeležili 33 dni s snežno odejo, povprečje pa znaša 48 dni. V Murski Soboti je bilo takih dni 18, kar je 20 dni manj od dolgoletnega povprečja. V Novem mestu so s 36 dnevi za 12 dni zaostajali za dolgoletnim povprečjem.



Slika 13.1: Odklon povprečne temperature zraka od povprečja 1961-1990 po posameznih sezonah, leto 2015.



Slika 13.2: Odklon višine padavin od povprečja 1961-1990 po posameznih sezonah, leto 2015.



Slika 13.3: Odklon sončnega obsevanja od povprečja 1961-1990 po posameznih sezonah, leto 2015.

Pomlad 2015 je bila nadpovprečno topla, k temu so nekoliko bolj prispevali nadpovprečno topli

popoldnevi kot nadpovprečno topla jutra. V pretežnem delu Slovenije je bil odklon med 1 in 2 °C, le v precejšnjem delu Gorenjske, v osrednji Sloveniji, delu Notranjske, v Novem mestu z okolico in vzhodnem delu Bele krajine je odklon presegal 2 °C. Toplih dni, ko je temperatura dosegla vsaj 25 °C, je bilo več kot v dolgoletnem povprečju. V Ljubljani so jih našli 12, kar je 7 dni več od povprečja. Najvišja temperatura pomladi je bila v Ljubljani 27,8 °C, izmerili so jo 6. in 19. maja. Najbolj mrzlo pomladno jutro je bilo v Ljubljani izmerjeno 8. in 10. marca (-1,1 °C). V Biljah je bilo najbolj mrzlo jutro 13. marca (-1,8 °C), najvišjo temperaturo pa so zabeležili 18. maja (28,7 °C).

Sončnega vremena je bilo povsod več kot v dolgoletnem povprečju. Največjo relativno osončenost, dolgoletno povprečje so presegle za več kot petino, so imeli v delu Štajerske, v Ljubljani in v krajih zahodno in južno od Ljubljane z izjemo Obale.

Na veliki večini ozemlja je bil zabeležen primanjkljaj dolgoletnega povprečja padavin. V Ljubljani je padlo 81 % dolgoletnega povprečja, v Murski Soboti 68 %, v Portorožu pa 49 % dolgoletnega povprečja padavin. Dni s padavinami vsaj 1 mm je bilo manj kot običajno.

Tudi **poletje** je bilo nadpovprečno toplo. Povprečna poletna temperatura zraka je preseгла dolgoletno povprečje za 2 do 4 °C, kar poletje 2015 uvršča na 2. ali 3. mesto med najbolj vročimi poletji. K nadpovprečno visoki temperaturi so bolj kot topla jutra prispevali nadpovprečno topli popoldnevi. Odklon povprečne najvišje dnevne temperature je bil med 2,6 in 4,3 °C. V vseh treh poletnih mesecih so bila daljša vroča obdobja, zato je bilo tudi vročih dni neobičajno veliko. Po nižinah smo jih večinoma našli od 30 do 50. Skoraj povsod je bilo precej več vročih dni le poleti 2003. Temperatura se rekordno visoko v poletju 2015 ni povzpela.

Sončnega vremena je bilo povsod več kot običajno. Večina Slovenije je bila obsijana 10 do 20 % nad dolgoletnim povprečjem. Največ sončnega vremena je bilo na Obali, kjer je sonce sijalo 15 % ur več kot običajno.

V večjem delu države smo glede na dolgoletno povprečje zabeležili padavinski primanjkljaj, na Koroškem in na severovzhodu države ter v pasu od Obale do Novomeške kotline so dosegli le od 50 do 75 % dolgoletnega povprečja. Ponekod na zahodu na območju od Goriške do Lesc pa je bilo padavin tudi precej več od dolgoletnega povprečja. V Biljah pri Novi Gorici je bilo poletje 2015 tretje najbolj namočeno v zadnjih 20 letih.

Jesen je bila toplejša kot v dolgoletnem povprečju, večinoma je bil odklon med 1 in 2 °C, le na severozahodu, Goriškem in Kočevskem ni presegal 1 °C. Odklon povprečne najnižje dnevne temperature je bil po vsej državi pozitiven, večinoma je presegal 1 °C. Tudi popoldnevi so bili med 0,4 °C in 1,9 °C toplejši kot običajno. Po nižinah se je povprečna dnevna temperatura v začetku novembra za par dni spustila pod dolgoletno povprečje, nato pa je bilo občutno topleje vse do konca druge tretjine novembra.

Dolgoletno povprečje padavin je bilo med 15 in 30 % preseženo na severozahodu Slovenije in v vzhodni polovici države, medtem ko med območja z zaostankom za dolgoletnim povprečjem spadajo Slovensko Primorje, del Notranjske ter območje Tolmina. V teh krajih so dosegli od 60 do 80 % dolgoletnega povprečja.

Jeseni so za dolgoletnim povprečjem trajanja sončnega vremena najbolj zaostajali v visokogorju. Dolgoletno povprečje so presegle z izjemo Obale na jugozahodu države, v Vipavski dolini in v osrednji

Sloveniji ter ponekod na Štajerskem. V Ljubljani je bilo 12 % več sončnega vremena kot običajno, v Mariboru in Celju je bil presežek komaj omembe vreden.

Debelina snežne odeje je v Ratečah dosegla 12 cm, tla je sneg prekrival 8 dni. V Ljubljani je bila snežna odeja debela 2 cm, kar je 2 cm manj od povprečja, obležala pa je 2 dni.

December 2015 je bil toplejši od dolgoletnega povprečja. V pretežnem delu države je bil odklon med 1 in 3 °C. Na Kredarici je bila povprečna decembrska temperatura rekordnih 0,7 °C in je dolgoletno povprečje preseгла kar za 7,5 °C.

December je bil skoraj povsem brez padavin, na veliki večini ozemlja je padlo 1 mm ali manj. Na Kredarici je debelina snežne odeje dosegla komaj 30 cm, sneg je tla prekrival le prve 4 dni meseca, kar je najmanj odkar na Kredarici neprekinjeno spremljamo snežno odejo.

Dvakratno običajno osončenost so presegli v Ljubljani, delu Štajerske in manjšem delu Notranjske. Večina krajev je zabeležila od 150 do 200 % dolgoletnega povprečja. V Pomurju odklon ni presegel 50 %, v Biljah in na Obali pa je sonce sijalo toliko časa kot v dolgoletnem povprečju.

Literatura

- [1] *Air quality in Europe-2015 report*, European Environment Agency, 2015.
- [2] *Commission Staff Working Document Accompanying the Communication on a revised EU Strategy on Air Pollution Proposal for a revision of Directive 2001/81/EC on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants Proposal for a legislative instrument on control of emissions from Medium Combustion Plants - Impact Assessment*, vol. SWD 531, European Commission, Brussels, 2013.
- [3] WHO, "World health organization: Outdoor air pollution causes cancer." <http://www.cancer.org/cancer/news/news/world-health-organization-outdoor-air-pollution-causes-cancer>.
- [4] *Environment and human health*, European Environment Agency, 2013.
- [5] M. E. Goldstone *et al.*, "Review of evidence on health aspects of air pollution-revihaap project," 2015.
- [6] W. H. Organization *et al.*, "Effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence," 2005.
- [7] M. Chiusolo, E. Cadum, M. Stafoggia, C. Galassi, G. Berti, A. Faustini, L. Bisanti, M. Angela Vigotti, M. Patrizia Dessì, A. Cernigliaro, *et al.*, "Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality and susceptibility factors in 10 italian cities: the epi-air study," *Environmental health perspectives*, vol. 119, no. 9, p. 1233, 2011.
- [8] *EEA Signali 2013 - Kakšen zrak dihamo*, European Environment Agency, 2013.
- [9] *Direktiva 2001/81/ES Evropskega parlamenta o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC)*, Uradni list Evropske unije, 2001.
- [10] *Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in sveta o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo*. Uradni list Evropske unije. L152.
- [11] *Direktiva 2004/107/ES Evropskega parlamenta in sveta o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku*. Uradni list Evropske unije. L23.
- [12] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Celje*. Uradni list RS. 108/13.

- [13] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Kranj*. Uradni list RS. 108/13.
- [14] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Ljubljana*. Uradni list RS. 24/14.
- [15] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor*. Uradni list RS. 108/13.
- [16] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Murska Sobota*. Uradni list RS. 88/13.
- [17] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Novo Mesto*. Uradni list RS. 108/13.
- [18] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Zavrčja*. Uradni list RS. 108/13.
- [19] *Uredba o kakovosti zunanjega zraka*. Uradni list RS. 9/11,8/15.
- [20] *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka*. Uradni list RS. 55/11,6/15.
- [21] *Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku*. Uradni list RS. 39/06.
- [22] *Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja*, UNECE, 1979.
- [23] *Air quality in Europe-2014 report*, European Environment Agency, 2014.
- [24] *Kakovost zraka v Slovenije v letu 2012*, ARSO, 2013.
- [25] . ENVIRON, "User's guide to the comprehensive air quality model with extensions version 6.20," *ENVIRON International Corporation, Novato, CA*. Available at: www.camx.com, 2015.
- [26] "Modelska napoved aladin." <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/>.
- [27] "Cams near real time." <http://apps.ecmwf.int/datasets/data/cams-nrealtime/levtype=m1/>.
- [28] W. A. Lahoz and P. Schneider, "Data assimilation: making sense of earth observation," *Frontiers in Environmental Science*, vol. 2, p. 16, 2014.
- [29] P. Schneider, N. Castell, M. Vogt, W. Lahoz, and A. Bartonova, "Making sense of crowdsourced observations: Data fusion techniques for real-time mapping of urban air quality," in *EGU General Assembly Conference Abstracts*, vol. 17, p. 3503, 2015.
- [30] N. Cressie, "Statistics for spatial data: Wiley series in probability and statistics," *Wiley-Interscience, New York*, vol. 15, pp. 105–209, 1993.
- [31] *Kakovost zunanjega zraka: interdisciplinarni pristop k oceni stanja in oblikovanju ter izvajanju ukrepov: zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov*, Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2016, 2016.
- [32] *Interim report on AQ in Europe in 2015 of the Copernicus Atmosphere Monitoring Service CAMS*, 21th EIONET Workshop on Air Quality Assessment and Management, 2016.

- [33] T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley, *et al.*, "Previd Climate change 2013. The physical science basis. Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on Climate change-Abstract for decision-makers," *Slovensko meteorološko društvo, Vetrnica*, vol. 0613, 2013.
- [34] P. B. N. Wenche Aas and K. A. Phaffhuber, "Heavy metals and pop measurements, 2014," *EMEP/CCC-Report 4/2016*, no. 4, 2014.
- [35] M. Pidwirny, "Acid Precipitation," *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*, 2006.
- [36] A.-G. Hjellbrekke, "Data report 2014 particulate matter, carbonaceous and inorganic compounds," *EMEP/CCC-Report 2/2016*, no. 3, 2014.



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