



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

Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2013



Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2013

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Ljubljana, november 2014

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

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.

Slika na naslovnici: Pogled iz Ljubljane na Kamniško Savinjske Alpe

Na sliki je razločno vidna prizemna plast onesnaženega zraka

Avtor: Rok Godec

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:**

Joško Knez

**Pripravili in uredili:**

mag. Tanja Cegnar
Mateja Gjerek
dr. Martina Logar
Marijana Murovec
Anton Planinšek
dr. Boštjan Paradiž
dr. Jana Faganeli Pucer
Bojan Rode
Marko Rus
dr. Janja Turšič

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

Kazalo

1	Uvod	1
2	Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka	6
2.1	Meritve na stalnih merilnih mestih	6
2.2	Modeliranje onesnaženosti zraka z modelom CAMx	12
3	Delci PM₁₀ in PM_{2,5}	15
3.1	Izpusti primarnih delcev in predhodnikov	16
3.2	Mejne vrednosti	17
3.3	Ravni onesnaženosti	18
3.4	Epizode čezmerne onesnaženosti	26
3.5	Kemijska in elementna sestava delcev	26
3.6	Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov	27
3.7	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	28
4	Ozon	30
4.1	Izpusti predhodnikov ozona	30
4.2	Ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti	30
4.3	Ravni onesnaženosti	31
4.4	Epizode čezmerne onesnaženosti	38
4.5	Modeliranje in napovedovanje ravni ozona	38
4.6	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	39
5	Dušikovi oksidi	41
5.1	Izpusti	41
5.2	Mejne, alarmne in kritične vrednosti	42
5.3	Ravni onesnaženosti	42
5.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	49
6	Žveplov dioksid	50
6.1	Izpusti	50
6.2	Mejne vrednosti	51
6.3	Ravni onesnaženosti	51

6.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	59
7	Ogljikov monoksid	60
7.1	Izpusti	60
7.2	Mejne vrednosti	61
7.3	Ravni onesnaženosti	61
7.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	62
8	Benzen in benzo(a)piren	64
8.1	Izpusti	64
8.2	Mejne vrednosti	65
8.3	Ravni onesnaženosti	65
8.4	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	70
9	Težke kovine	71
9.1	Izpusti	72
9.2	Ciljne vrednosti	74
9.3	Ravni onesnaženosti	74
10	Kakovost padavin	82
10.1	Ravni onesnaženosti	82
10.2	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	87
11	Žveplove in dušikove spojine ter anorganski ioni	89
11.1	Ravni onesnaženosti	89
11.2	Primerjava ravni onesnaženosti z EU	91
12	Meteorološke značilnosti leta 2013	92
12.1	Vreme leta 2013	92
12.2	Značilnosti posameznih letnih časov	96

Nagovor direktorja

Spoštovani,

kakovost zraka je eden izmed bolj izpostavljenih vidikov stanja okolja v Sloveniji. Soočamo se z neugodnimi vremenskimi razmerami za razredčevanje izpustov, zato lahko v slabo prevetrenih kotlinah in dolinah že nižja gostota izpustov čezmerno onesnaži zrak. Tudi zaradi tega je kakovost zraka v Sloveniji slabša kot marsikje drugod po Evropi.

Nekdaj smo bili izpostavljeni močno povišanim ravnam žveplovega dioksida, ki so bile v največji meri posledica izpustov termoelektrarn in industrije. Danes nas najbolj skrbijo visoke ravni delcev PM₁₀ v zraku, ki so predvsem posledica lokalnih izpustov malih kurilnih naprav za ogrevanje gospodinjstev in prometa. Čezmerne so tudi ravni ozona, ki pa so regionalnega značaja in predvsem posledica transporta onesnaženosti preko meja.

Spremljanje kakovosti zraka je ena izmed osrednjih nalog Agencije Republike Slovenije za okolje. Na Agenciji že več kot štiri desetletja upravljamo državno mrežo meritev kakovosti zraka in padavin. Pripravljamo tudi napovedi kakovosti zraka in izdajamo opozorila v primeru prevelike onesnaženosti. Rezultate meritev sproti objavljamo na svetovnem spletu, prve analize stanja kakovosti zraka pa so prikazane v biltenu Naše okolje, ki ga Agencija izdaja mesečno. Letno pripravimo celovito poročilo o kakovosti zraka, v katerega vključimo tudi podatke drugih institucij, ki spremljajo kakovost zraka v Sloveniji.

Danes je kakovost zraka v čedalje večji meri odvisna od odločitev in ravnanja nas posameznikov. Lahko se odločimo za uporabo osebnega avtomobila ali pa vsaj občasno kolesarimo in uporabljamo javni promet. Kakovost zraka bo boljša, če poskrbimo za redno vzdrževanje kurilnih naprav ter v primeru ogrevanja z lesom zagotovimo primerno suho gorivo in pravilno posluževanje peči. Obveščenost o ravneh onesnaženosti in vzrokih zanjo je torej pomembna za doseganje boljše kakovosti zraka. Želim, da bo k temu pripomoglo tudi to poročilo.

Joško Knez
Generalni direktor



Seznam kratic

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
EEA	Evropska okoljska agencija
EIMV	Elektroinštitut Milan Vidmar
IJS	Institut Jožef Stefan
BF	Biotehnična fakulteta univerze v Ljubljani
TE-TOL	Termoelektrarna Toplarna Ljubljana
TEB	Termoelektrarna Brestanica
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj
TET	Termoelektrarna Trbovlje
EMEP	Evropski program za spremljanje in ocenjevanje v okviru Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja
WMO-GAW ..	Svetovna meteorološka organizacija-Globalno spremljanje ozračja
NEC	Direktiva o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekaterga onesnaževala zraka
AV	Alarmna vrednost
CV	Ciljna vrednost
EC/OC	Elementarni in organski ogljik
KPI	Kazalnik povprečne izpostavljenosti
MV	Mejna vrednost
OV	Opozorilna vrednost
PAH	Policiklični aromatski ogljikovodiki
BaP	Benzo(a)piren
AMP	Avtomatska merilna postaja
DMKP	Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti padavin
DMKZ	Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti zunanjega zraka
EU	Evropska unija
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija

Povzetek

Kakovost zraka je pomemben element stanja okolja in ima velik vpliv na zdravje in počutje ljudi. V preteklosti je bil z vidika onesnaženosti največji problem žveplov dioksid, katerega izmerjene vrednosti so bile izredno visoke. Po izvedenih ukrepih v termoelektrarnah in industriji ter uvedbi goriv z nizko vsebnostjo žvepla, v Sloveniji težav z žveplovim dioksidom nimamo več. Sedaj je v Sloveniji najbolj pereč problem onesnaženost zraka z delci PM₁₀ in ozonom.

Slovenija se glede delcev uvršča med države EU z najbolj onesnaženim zrakom in je v samem vrhu EU glede izpustov 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 koncentracije delcev so posledica tudi neugodnih vremenskih razmer v slabo prevetrenih kotlinah in dolinah celinske Slovenije, kjer lahko še posebej ob pogostih in izrazitih temperaturnih inverzijah že manjša gostota izpustov povzroči čezmerno onesnaženost zraka. Preseganja dnevni mejni vrednosti so praviloma 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 70 % 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 PM₁₀ preseženo na skoraj vseh stalnih merilnih mestih v urbanem okolju. Preseganj dopustnega števila dnevni mejni vrednosti nismo zabeležili na Primorskem, kjer je boljša prevetrenost kot v celinskem delu Slovenije, hkrati pa je potreba po ogrevanju manjša in so manjši tudi izpusti malih kurilnih naprav za ogrevanje stavb. Od merilnih mest na urbanih področjih celinskega dela Slovenije dopustnega števila preseganj nismo izmerili 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, koncentracije PM₁₀ nizke. Letna mejna vrednost za delce PM₁₀ 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 PM₁₀ 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.

Leto 2013 je bilo manj onesnaženo z delci PM_{10} kot večina preteklih let. Dopustno število preseganj dnevni mejni vrednosti smo izmerili na merilnih mestih Ljubljana Center, Celje, Trbovlje, Novo mesto, Zagorje, Murska Sobota Rakičan, Žerjav in Maribor Center. Za razliko od nekaterih prejšnjih let dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti ni bilo preseženo na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad, Ljubljana Biotehnična fakulteta, Kranj in Hrastnik. Na merilnih mestih Velenje, Nova Gorica, Koper in Iskrba tako v lanskem letu kakor v celotnem nizu meritev ni bilo prekoračeno dopustno število preseganj dnevni mejni vrednosti. Letna mejna vrednost za delce PM_{10} je bila v letu 2013 presežena le na merilnem mestu Ljubljana Center. Manjšo onesnaženost zraka v letu 2013 pripisujemo predvsem ugodnejšim vremenskim razmeram v tem letu. Za delce $PM_{2,5}$ je predpisana mejna vrednost kot letno povprečje, ki vse od začetka meritev na nobenem od štirih merilnih mest še ni bila presežena.

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 najbolj onesnaženih evropskih držav. Dopustno število prekoračitev ciljne maksimalne 8 urne koncentracije za zaščito zdravja je preseženo skoraj na vseh merilnih mestih. Izjema so le merilna mesta pod neposrednim vplivom izpustov prometa, kjer so koncentracije 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 pod vplivom čezmejnega transporta ozona in njegovih predhodnikov. V povprečju pa so najvišje izmerjene vrednosti na merilnem mestu na Krvavcu, kar je značilno za postaje v visokogorju.

V letu 2013 se ravni ozona niso bistveno razlikovale od prejšnjih let, medletne razlike so predvsem posledica meteoroloških razmer. Alarmna urna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu, opozorilna urna vrednost pa na osmih merilnih mestih. V letu 2013 so bile presežene tudi ciljne vrednosti za varovanje zdravja in kritične vrednosti za varovanje rastlin.

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. V zadnjih letih, vključno z letom 2013, je bila prekoračena letna mejna koncentracija le na merilnem mestu Ljubljana Center. Dnevna mejna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu.

Po onesnaženosti zraka z benzo(a)pirenom je Slovenija nekoliko nad povprečjem držav EU. Koncentracije so bistveno večje pozimi zaradi neugodnejših meteoroloških pogojev in izpustov malih kurilnih naprav. Ravni benzo(a)pirena v urbanem okolju (merilni mesti Ljubljana Biotehnična fakulteta in Maribor Center) sta v letu 2013 dosegli ciljno vrednost, medtem ko je bila raven na merilnem mestu Iskrba pod ciljno vrednostjo.

V letu 2013 so bile za žveplov dioksid izmerjena le štiri preseganja urne mejne vrednosti na merilnih mestih v okolici termoelektrarn Trbovlje in Šoštanj. Za vsako merilno mesto pa je dopustno 24 prekoračitev urne mejne vrednosti v koledarskem letu.

Ravni benzena, ogljikovega monoksida in težkih kovin so pod mejnimi oziroma ciljnim vrednostmi. Povprečna letna raven benzena na merilnem mestu mestnega ozadja Ljubljana Bežigrad in na prometnem merilnem mestu Maribor Center je v letu 2013, 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. Izmerjene ravni arzena, kadmija, niklja in svinca so pod ciljnim vrednostmi. Nekoliko povišane so le ravni svinca na merilnem mestu Žerjav v Mežiški dolini, kjer je okolje onesnaženo s svincom zaradi dolgoletnega pridobivanja in predelave te kovine. Vendar tudi na tem merilnem mestu mejna vrednost ni bila presežena.

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

Povzetek rezultatov meritev na posameznih merilnih mestih v letu 2013 je prikazan v tabeli 1.

Summary

Air quality is an important indicator of the state of the environment and has significant impact on human health. In the past the main issue regarding air quality in Slovenia was sulphur dioxide which levels were extreme. After measures were taken in power plants and industry and after the introduction of low sulphur fuels, levels of sulphur dioxide dropped drastically. Nowadays the primary air quality issue in Slovenia are elevated PM₁₀ and ozone levels.

Slovenia is one of the countries in Europe with the highest PM₁₀ levels. It also has one of the largest PM₁₀ emissions per capita. High emissions are due to widespread use of wood for domestic heating in stoves and boilers. In basins and valleys where low-wind conditions prevail, temperature inversions are frequent especially in winter. This also contributes to 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 Primorje region, Mediterranean part of Slovenia where winds are stronger. In this part of Slovenia higher temperatures also contribute to lower emissions due to domestic heating. As exceedances are mostly due 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 traffic. Due to 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. In general in 2013 the air was less polluted with PM₁₀ as in the previous years. This is mainly attributed to favourable meteorological conditions. More than 35 exceedances of the daily limit was measured at the monitoring sites Ljubljana Centre, Celje, Trbovlje, Novo mesto, Zagorje, Murska Sobota Rakičan, Žerjav and Maribor Center. In contrast to the previous years there were fewer than 35 exceedances at the monitoring sites Ljubljana Bežigrad, Ljubljana Biotehnična fakulteta, Kranj and Hrastnik. As usual the exceedances were below the permissible number at the monitoring sites Velenje, Nova Gorica, Koper and Iskrba. The yearly limit value was exceeded only at the Ljubljana Centre monitoring site. The yearly limit value for PM_{2,5} was not exceeded anywhere.

Ozone pollution is not a local, but a regional problem. In Slovenia ozone pollution is characterized by pronounced influence of the trans-boundary pollution which puts 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 monitoring site. As expected, lower concentrations are measured at the monitoring sites, which are under direct influence of traffic. The AOT40 value for vegetation protection is 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 (eg. Krvavec).

In 2013 levels of ozone pollution were similar as in the previous years. There were no exceedances of the alert threshold while the information threshold was exceeded at eight monitoring sites. The target value for health protection and the critical value for vegetation protection were exceeded as well.

Air pollution with nitrogen dioxide is greatest at traffic 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.

In Slovenia, the average yearly benzo(a)pyrene levels are above the European average. In 2013 the average concentrations reached the yearly limit value at the monitoring sites Ljubljana Biotehnična fakulteta and Maribor Centre. The concentration at Iskrba was well below the limit value.

In 2013 the hourly limit value for sulphur dioxide was exceeded only four times at monitoring sites in the vicinity of power plants Trbovlje and Šoštanj. The European legislation allows 24 exceedances of the hourly limit value per year.

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

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

The outline of the assessment of air quality for 2013 is presented in table 1.

1. *Uvod*

Kakovost zraka je eden izmed najpomembnejših vidikov stanja okolja. Škodljive snovi iz zraka predvsem preko pljuč prehajajo v telo in na kompleksen način vplivajo na procese v človeku (slika 1.1). Onesnažen zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi. V znatni meri prizadene tudi ekosisteme, tako neposredno, kakor tudi posredno zaradi vnosa škodljivih snovi preko zraka v vode in tla. 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. Kljub bistvenemu zmanjšanju onesnaženosti zraka v zadnjih 50 letih je izboljšanje kakovosti zraka še vedno eden izmed osrednjih ciljev okoljskih politik [1].

Onesnaženost zraka in podnebne spremembe sta različna, a povezana problema. Toplogredni plini se v ozračju zadržujejo daljši čas, tudi več stoletij, medtem ko je življenjska doba onesnaževal v zraku nekaj dni ali tednov. Kljub temu nekatera onesnaževala 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 nevtralno gorivo, sprošča pa lahko visoke emisije delcev, še posebej če se uporablja v zastarelih malih kurilnih napravah predvsem v gospodinjstvih.

Vplivi onesnaženega zraka na zdravje, okolje in podnebni sistem so strnjeno prikazani v tabelah 1.1 in 1.2.

Standardi kakovosti zraka so enotno urejeni za države članice Evropske skupnosti. Določata jih Evropska Direktiva 2008/50/ES o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku [2] za Evropo ter Direktiva 2004/107/ES o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih [3] v zunanem zraku. Tako so določene mejne in ciljne vrednosti ravni onesnaževal v zraku. Mejna vrednost je raven, določena na podlagi znanstvenih spoznanj, katere cilj je izogniti se 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 in ki jo je treba, če je to mogoče, doseči v določenem času. Mejne in ciljne vrednosti so postavljene ob upoštevanju priporočil WHO, a so v nekaterih primerih nekoliko višje. 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, kadmij, nikelj in benzo(a)piren. Kritične vrednosti so predpisane za dušikove okside 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 [2] zahteva pripravo načrtov za kakovost zraka. 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[4], Kranj [5], Ljubljano [6], Maribor [7], Mursko Soboto [8], Novo mesto [9] ter Zasavske občine Hratstnik, Trbovlje in Zagorje [10]. 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.

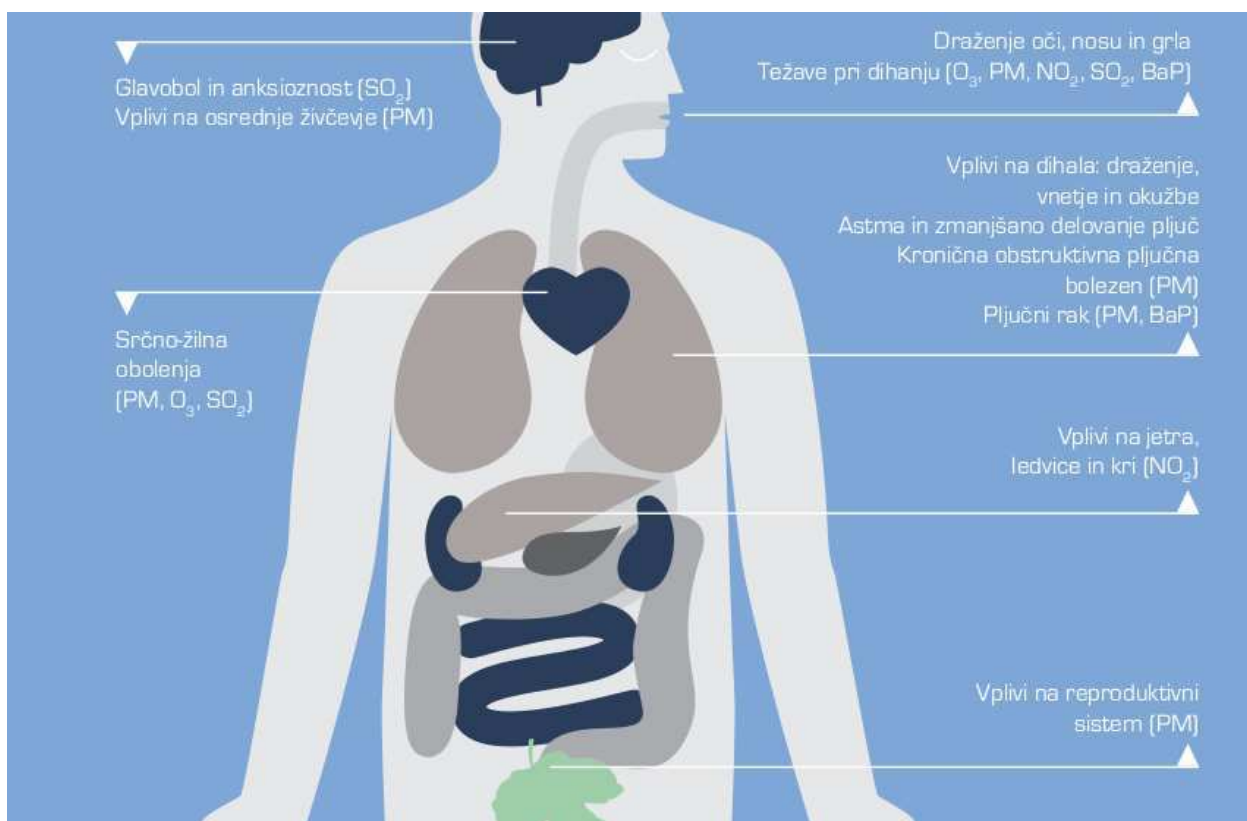
Direktivi 2008/50/ES in 2004/107/ES na nivoju evropske skupnosti določata tudi načine ocenjevanja kakovosti zraka za ugotavljanje skladnosti kakovosti zraka. Tako so lahko podatki o kakovosti zraka primerljivi med članicami EU.

Direktivi 2008/50/ES in 2004/107/ES sta v slovenski pravni red preneseni z Uredbo o kakovosti zunanjega zraka [11], Pravilnikom o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka [12] in Uredbo o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [13]. Ti uredbi in pravilnik so skupaj z drugimi predpisi s področja ocenjevanja in upravljanja s kakovostjo zraka zbrani 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). Na ARSO smo ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka v letu 2013 izvajali v skladu s Programom ocenjevanja kakovosti zunanjega zraka za obdobje 2012-2014, ki je dostopen na spletni strani 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 [14] 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 ARSO sproti objavlja na spletu. Izdaja mesečni bilten, v katerem so predstavljeni tudi rezultati meritev kakovosti zraka. Objavljeni rezultati sprotih 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.



Slika 1.1: Vpliv onesnaževal na človeka [15].

Tabela 1.1: Vplivi onesnaževal na zdravje in okolje [1].

Onesnaževalo	Vplivi na zdravje	Vplivi na okolje	Vplivi na podnebje
Delci (PM)	Lahko povzročijo ali poslabšajo srčnožilne in pljučne bolezni, srčne napade in aritmije, prizadenejo centralni živčni sistem in povzročijo raka. Posledica je lahko prezgodnja smrt.	Lahko prizadenejo živali na enak način kot človeka. Vplivajo na rast rastlin in procese v ekosistemih. Lahko povzročijo poškodbe in umažejo stavbe ter zmanjšujejo vidnost.	Vplivi na podnebje so odvisni od velikosti in sestave delcev; nekateri povzročajo neto ohlajevanje, drugi pa segrevanje. Lahko spremenijo padavinske vzorce. Depozicija lahko vpliva na spremembo albeda.
Ozon (O ₃)	Lahko zmanjša pljučno funkcijo in poslabša astmo in druge bolezni pljuč. Lahko povzroči prezgodnjo smrt.	Poškoduje rastline, škoduje razmnoževanju in rasti rastlin in zmanjšuje pridelke. Lahko vpliva na strukturo ekosistemov, zmanjšuje biotsko različnost in zmanjšuje zajem CO ₂ rastlin.	Ozon je kratkoživi toplogredni plin, ki prispeva k segrevanju atmosfere.
Dušikovi oksidi (NO _x)	NO ₂ lahko prizadene jetra, pljuča in vranico. Lahko poslabša pljučne bolezni in poveča občutljivost za respiratorne infekcije.	Prispevajo k zakisljevanju in evtrofikaciji prsti in voda, vodijo k spremembi strukture ekosistemov. So predhodniki ozona in delcev. Lahko poškodujejo materiale.	Prispevajo k tvorbi ozona in delcev, posredno vplivajo na podnebje.
Žveplovi oksidi SO _x	Poslabšujejo astmatska obolenja, lahko zmanjšujejo funkcijo pljuč in povzročajo vnetja dihalnega trakta. Lahko povzročijo glavobol, slabo počutje in anksioznost.	Prispevajo k zakisljevanju in evtrofikaciji prsti in površinskih voda. Povzročajo poškodbe vegetacije in lahko privedejo do lokalnega izginotja posameznih vrst v kopenskih in vodnih ekosistemih. Prispevajo k tvorbi delcev in s tem povezanimi vplivi. Lahko poškodujejo materiale.	Prispevajo k tvorbi sulfatnih delcev, ki ohlajajo atmosfero.
Ogljikov monoksid	Lahko povzroči bolezni srca in poškoduje živčni sistem, povzroči glavobole, omotico in utrujenost.	Na živali vpliva podobno kot na človeka.	Prispeva k tvorbi kratkoživnega toplogrednega plina ozona in ogljikovega dioksida.

Tabela 1.2: Nadaljevanje tabele 1.1 [1]

Onesnaževalo	Vplivi na zdravje	Vplivi na okolje	Vplivi na podnebje
Arzen (As)	Arzen v anorganski obliki je rakotvoren. Lahko škoduje krvi, srcu, jetrom in ledvicam ter perifernemu živčnemu sistemu.	As je visoko toksičen za vodne in kopenske živali ter ptice. Zemlja z visoko vsebnostjo arzena zavira rast rastlin in zmanjša pridelek. Organske arzenove spojine so obstojne in se bioakumulirajo.	Ni vplivov
Kadmij (Cd)	Kadmij, posebej kadmijev oksid je verjetno rakotvoren. Lahko škoduje dihalnemu in reprodukcijskemu sistemu.	Toksičen je za vodne živali. Kadmij se dolgo zadržuje v okolju in se bioakumulira.	Ni vplivov
Svinec (Pb)	Lahko prizadene skoraj vse organe in sisteme, še posebej živčni sistem. Lahko povzroči prezgodnje rojstvo, škodi mentalnemu razvoju in zavira rast.	Se bioakumulira in škodljivo vpliva na kopenske in vodne ekosisteme.	Ni vplivov
Živo srebro (Hg)	Lahko poškoduje jetra, ledvice ter prebavni in dihalni sistem. Lahko povzroči poškodbe možganov in živčnega sistema in vpliva na rast.	Se bioakumulira in škodljivo vpliva na kopenske in vodne ekosisteme. Na živali vpliva podobno kot na človeka. Še posebej je toksičen za vodne živali.	Ni vplivov
Nikelj (Ni)	Več nikljevih spojin je uvrščenih med rakotvorne snovi. Lahko povzroči kožne alergene reakcije in prizadene dihalni in imunski sistem.	Nikelj in njegove spojine imajo lahko akutne in kronične učinke na vodne organizme. Živali prizadene podobno kot človeka.	Ni vplivov.
Benzen (C ₆ H ₆)	Je rakotvorna snov, ki lahko povzroči levkemijo. Lahko škoduje plodu, vpliva na centralni živčni sistem in kri ter imunskemu sistemu.	Ima akuten toksični vpliv na vodne živali. Se bioakumulira, še posebej v nevretenčarjih.	Prispeva k tvorbi ozona.
Policiklični organski ogljikovodiki, še posebej benzo(a)piren	So rakotvorni. Drugi vplivi obsegajo draženje oči, nosu, grla in sapnic.	Toksični so za vodne organizme in ptice. Bioakumulirajo se še posebej v nevretenčarjih.	Ni vplivov.

2. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka

Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka se lahko izvaja na osnovi rezultatov meritev na stalnih merilnih mestih, indikativnih meritev ali modeliranja kakovosti zraka. Za ocenjevanje kakovosti zraka je Slovenija razdeljena na štiri območja in dve aglomeraciji (tabela 2.1). Za vsa onesnaževala na vseh območjih in aglomeracijah smo na ARSO pripravili oceno onesnaženosti zraka za potrebe izbire načina ocenjevanja kakovosti zraka. Za vsako onesnaževalo sta določena spodnji in zgornji ocenjevalni prag. Če so ravni onesnaženja nad spodnjim ocenjevalnim pragom, so v posameznem območju ali aglomeraciji obvezne meritve na stalnih merilnih mestih.

Tabela 2.1: Definicija območij v Sloveniji.

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

2.1 Meritve na stalnih merilnih mestih

Meritve ravni onesnaževal na stalnih merilnih mestih so se v Sloveniji začele že leta 1968. Avtomatski merilniki onesnaženosti zraka so se začeli uvajati v okviru državne mreže (analitično-nadzorni alarmni sistem) v začetku sedemdesetih let. Od tedaj se je merilna mreža počasi širila in nadgrajevala z meritvami večjega nabora onesnaževal.

Državno merilno mrežo za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ) upravlja ARSO. V letu 2013 jo je tvorilo 19 merilnih mest, s katerimi zagotavljamo ključne podatke o kakovosti zraka v Sloveniji. Poleg merilnih mest v okviru DMKZ na stalnih merilnih mestih potekajo meritve za spremljanje vpliva nekaterih večjih energetske in industrijske objekti. Dodatne meritve kakovosti zraka zagotavljajo tudi nekatere lokalne skupnosti. V tem poročilu so poleg rezultatov meritev DMKZ navedeni tudi rezultati meritev merilnih mrež termoelektrarn (TEŠ, TET, TEB in TE-TOL) cementarn Lafarge Cement in Salanit Anhovo ter mestnih občin Ljubljana, Maribor in Celje.

Lokacije merilnih mest v okviru DMKZ so določene 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 (tabela 2.2). Pri tej določitvi so upoštevana določila Evropske okoljske agencije [16].

Podatke o merilnih mestih, na katerih spremljamo onesnaževala in meteorološke veličine, so podana v tabeli 2.5 in so prikazana na sliki 2.1.

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

Meritve na prometnih merilnih mestih Ljubljana center, Maribor center in Zagorje kažejo, kakšna je kakovost zraka v ozkem pasu ob prometnih cestah. Te lokacije so zaradi večjih izpustov iz prometa v neposredni bližini praviloma bolj obremenjene.

Merilna mesta predmestnega ozadja (Trbovlje) podajajo razmere glede kakovosti zraka na obrobju mest ali večjih naselij, kjer je prometa manj kot v samih mestih in so zato koncentracije onesnaževal, ki izvirajo iz prometa, na takih lokacijah nekoliko nižje.

Merilno mesto Rakičan uvrščamo v tip podeželskega/obmestnega ozadja. Na merilno mesto nekoliko vplivajo izpusti iz bližnje ceste in naselja (v zimskem času individualna kurišča) ter obdelava kmetijskih površin.

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

Podrobnejši opis merilnih mest, ki delujejo v okviru DMKZ, je na spletni strani ARSA v Atlasu okolja

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 tabeli 2.3 je podan opis merilnih mest za meritve kakovosti padavin v letu 2013, ki delujejo v okviru DMKP. Štiri merilna mesta so v relativno ne onesnaženem, podeželskem okolju (Iskrba pri Kočevski Reki, Rakičan pri Murski Soboti, Rateče–Planica, Škocjan), v urbanem območju pa je le merilno mesto Ljubljana Bežigrad.

Meritve 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 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, kjer se v laboratoriju analizira njihova vsebnost v delcih zbranih na filtrih.

2. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka

Tabela 2.2: Nadmorska višina (NV), Gauss-Kruegerjevi koordinati (GKKy,GKKx), tip merilnega mesta, tip območja in značilnosti območja za stalna merilna mesta kakovosti zraka v letu 2013

Kraj	NV	GKKy	GKKx	Tip m.mesta	Tip območja	Značilnost območja
DKMZ						
Ljubljana Bežigrad	299	462673	102490	B	U	RC
Ljubljana BF	297	459457	100591	B	U	R
Maribor center	270	550305	157414	T	U	RC
Maribor Vrbanski plato*	280	548451	158494	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
Velenje*						
Nova Gorica	113	395909	91034	B	U	RC
Koper	56	399911	45107	B	U	R
Murska S. 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
Ljubljana 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						
Maribor Vrbanski plato*	280	548452	158497	B	U	R
Maribor Pohorje	725	544682	148933	B	R	A
EIS ANHOVO						
Morsko	130	394670	104013	B	R	AI
Gorenje Polje	120	393887	103094	B	R	AI

Razlaga kratic:

tip merilnega mesta: B=ozadnje (background), T=prometno (traffic), I=industrijsko
tip območja: U=mestno (urban), S=predmestno (suburban), R=podeželjsko (rural), NC=nacionalno,
REG=regionalno

začilnosti območja: R=stanovanjsko (residential), C=poslovno (commercial), I=industrijsko, A=kmetijsko
(agricultural), N-naravno

Tabela 2.3: Nadmorska višina in koordinate merilnih mest za meritve kakovosti padavin v DMKP.

Kraj	DMKP		
	NV	GKK _y	GKK _x
Iskrba	540	5046323	5489292
Ljubljana Bežigrad	299	5102490	5462673
Rakičan	188	5168196	5591591
Rateče-Planica	864	5151142	5401574
Škocjan	420	5058228	5421891

Tabela 2.4: Nabor meritev za ugotavljanje kakovosti padavin na merilnih mestih DMKP.

Kraj	DMKP					
	Količina padavin	pH	Električna prevodnost	Osnovni kationi in anioni	Težke kovine	PAH
Iskrba	+	+	+	+	+	+
Ljubljana Bežigrad	+	+	+	+		
Murska Sobota Rakičan	+	+	+	+		
Rateče Planica	+	+	+	+		
Škocjan	+	+	+	+		
Ioni	Osnovni kationi in anioni: Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , NH ⁴⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻					
	Policiklični aromatski ogljikovodiki: benzo(a)piren, benzo(a)antracen,					
	benzo (b,j,k) fluoranten, indeno (1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen					
Težke kovine	As, Cd, Co, Cu, Hg, Pb in Zn					

Meritve delcev PM₁₀ na nekaterih postajah vzporedno z referenčno metodo izvajamo tudi z avtomatsko metodo, ki je sicer manj točna, vendar so podatki na voljo v realnem času. Podatke z avtomatskih merilnikov delcev PM₁₀ DMKZ uporabljamo predvsem za obveščanje javnosti in ne za določanje skladnosti z mejnimi vrednostmi.

ARSO ima tudi status referenčnega laboratorija za področje kakovosti zunanjega zraka (mednarodni nivo) in sodeluje v evropskem združenju AQUILA – mreže 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 [17]. Kemijske analize delcev in padavin, z izjemo živega srebra, izvajamo v laboratoriju ARSO. Za meritve težkih kovin in policikličnih organskih ogljikovodikov v delcih, ki imajo predpisane 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 [17]. Obseg akreditacije Kemijsko analitskega laboratorija je naveden v spletnem mestu Slovenske akreditacije.

2. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka

Tabela 2.5: Meritve onesnaževal in meteoroloških parametrov na stalnih merilnih mestih v letu 2013

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

PM10

PM2,5

PAH

Težke kovine

**

delci z aerodinamičnim premerom do 10 μm

delci z aerodinamičnim premerom do 2,5 μm

polciklični aromatski ogljikovodiki v delcih PM10

arzen, kadmij, nikelj in svinec v delcih PM10 in PM2,5

samo analiza težkih kovin

Meteorol. parametri:

temperatura zraka v okolici

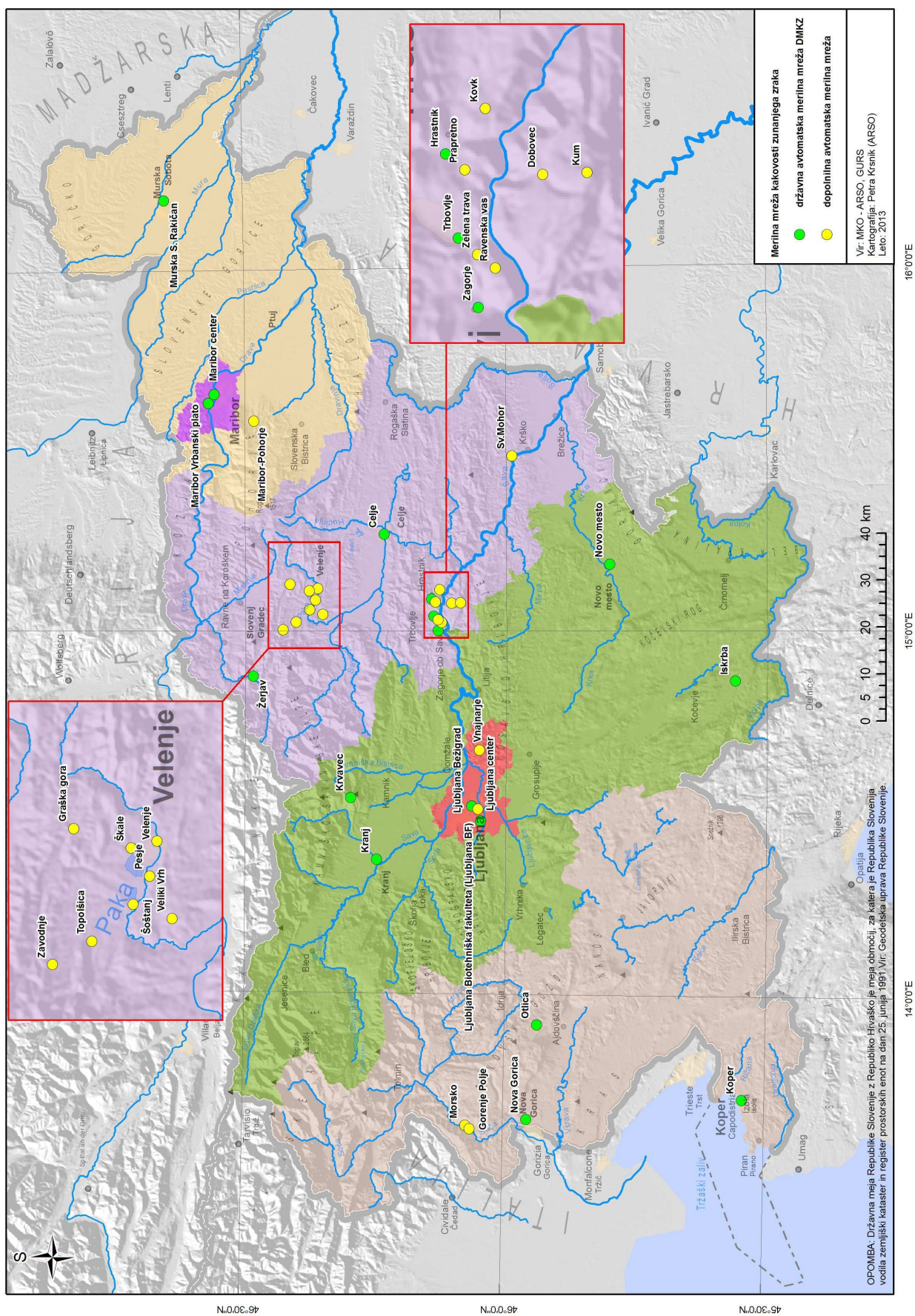
hitrost vetra

smer vetra

relativna vlažnost zraka

zračni tlak (se ne meri na Iskrbi)

globalno sončno sevanje



Slika 2.1: Merilna mreža kakovosti zunanje zraka.

2.2 Modeliranje onesnaženosti zraka z modelom CAMx

2.2.1 Modeliranje kakovosti zraka

Z disperzijskim modeliranjem lahko izračunamo onesnaženost zraka na določenem območju zaradi prenosa in razredčevanja izpustov v zraku. Kompleksnejši disperzijsko-fotokemični modeli upoštevajo tudi kemične pretvorbe snovi v ozračju, ki so bistvenega pomena za ravni nekaterih onesnaževal, kot na primer ozona. Za modeliranje kakovosti zraka potrebujemo predvsem podatke o izpustih in podatke o vetrovnem polju ter turbulenci v ozračju. Pri ocenjevanju kakovosti zraka modeliranje pomembno dopolnjuje meritve kakovosti zraka. Z meritvami praviloma dobimo točkovne podatke o kakovosti zraka, medtem ko z modeliranjem lahko pridobimo podatke o prostorski porazdelitvi onesnaženosti. Poleg tega lahko z modeliranjem določimo posamezne vire in ocenimo njihov prispevek k onesnaženosti zraka ali ovrednotimo vpliv scenarijev zmanjševanja emisij.

Za podporo napovedovanju koncentracij ozona in delcev na področju Slovenije ter za analizo vzrokov čezmerne onesnaženosti zraka je ARSO v sodelovanju s Fakulteto za matematiko in fiziko sestavila modelski sistem, v katerem je disperzijsko-fotokemični model CAMx (The Comprehensive Air quality Model with Extensions) sklopljen z operativnim meteorološkim modelom ALADIN/SI.

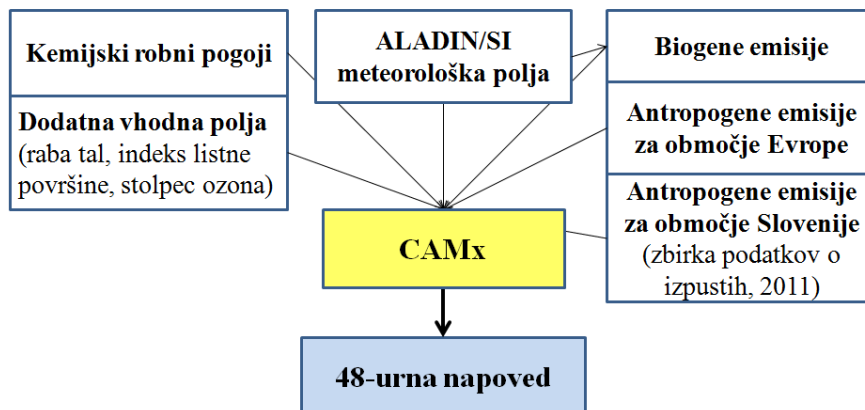
2.2.2 Modelski sistem ALADIN-CAMx

Model CAMx je US EPA (Agencija Združenih držav za varstvo okolja-US Environmental Protection Agency) odobrila za modeliranje ozona in delcev v različni časovni in prostorski ločljivosti. Najpomembnejši vhodni podatki modela CAMx so meteorološka polja, ki jih v okviru modelskega sistema ALADIN-CAMx predhodno dobimo iz operativnega meteorološkega modela ALADIN/SI. Gre za polja zračnega tlaka, temperature zraka, vetra, specifične vlage, oblačne vode, padavinske vode, snežne vode, količine padajočih ledenih kristalov, optične debeline oblakov, koeficienta vertikalne turbulentne difuzivnosti in temperature tal. Za zagon model CAMx potrebuje še nekatera druga vhodna polja, kot so podatki o izpustih onesnaževal, izbrane geografske spremenljivke (raba tal, indeks listne površine), skupno količino ozona v ozračju ter podrobne informacije o ravneh onesnaževal ob začetnem času računanja in na robovih računskega območja. Izhodni podatki iz modela so polja koncentracij in depozicij za posamezna onesnaževala (NO, NO₂, SO₂, CO, NH₃, O₃, PM₁₀, PM_{2,5} itd.). Poenostavljeno shemo modelskega sistema prikazuje 2.2.

2.2.3 Računsko območje

Izbira računskega območja ter prostorske in časovne ločljivosti modela CAMx je neposredno odvisna od konfiguracije operativnega meteorološkega modela ALADIN/SI, hkrati pa je močno pogojena s časovno zahtevnostjo računskih procesov. V ta namen smo uporabili postopek gnezdenja, v katerem imamo dve računski območji. Zunanje računsko območje sestavlja 135x135 računskih celic z ločljivostjo 13,2 km. Horizontalna ločljivost notranjega (gnezdenega) računskega območja z 185x167 računskimi celicami pa je 4,4 km in je enaka ločljivosti operativne konfiguracije modela ALADIN/SI. Modelske točke v notranjem računskem območju modela CAMx sovpadajo z modelskimi točkami konfiguracije modela ALADIN, medtem ko v zunanjem računskem območju modela CAMx točke sovpadajo z vsako tretjo točko modela ALADIN. Notranje računsko območje namenoma vključuje

Shematski diagram modelskega sistema ALADIN/CAMx



Slika 2.2: Struktura modelskega sistema ALADIN- CAMx

tudi večino industrializirane Padske nižine, ki lahko ob določenih vremenskih razmerah s svojimi izpusti znatno poveča količino nekaterih onesnaževal v Sloveniji. Modelski nivoji po vertikali se ujemajo z računskimi nivoji v modelu ALADIN, vendar jih za zagon uporabimo le 67 od skupno 87 nivojev v modelu ALADIN. Razlog za to je namreč zanemarljiv vpliv najvišjih plasti ozračja na izračun količine onesnaževal pri tleh. Zaradi časovne zahtevnosti računskih procesov se modelski sistem ALADIN-CAMx vsakodnevno zaganja na superračunalniški infrastrukturi.

2.2.4 Izpusti

Poleg meteoroloških podatkov so izpusti najpomembnejši vhodni podatki modela CAMx. Glede na izvor jih delimo na antropogene in biogene, glede na način oddajanja onesnaževal v ozračje pa na točkovne in ploskovne izpuste. Na ARSO smo v okviru modelskega sistema ALADIN-CAMx pripravili polja antropogenih izpustov posameznih onesnaževal (NO_x ¹, CO, NMVOC², NH_3 , SO_2 , CH_4 , PM_{10} in $\text{PM}_{2.5}$) za območje Slovenije. Za druge evropske države smo polja izpustov pridobili v okviru projekta MACC-II. Za območje Slovenije smo v izračunih antropogenih izpustov uporabili natančne podatke o letnih vrednostih za leto 2011. Prostorska ločljivost teh podatkov je 100m x 100m, tako da jih je v okviru priprave vhodnih polj za model CAMx potrebno sešteti v skladu z ločljivostjo obeh računskih območij. Izpusti so za vsako celico modelskega območja podani po glavnih kategorijah. Tako je mogoče pri zagonih modela izklapljati oziroma spreminjati izpuste na primer malih kurilnih naprav, cestnega motornega prometa, industrije, kmetijstva itd. Na ta način je mogoče oceniti prispevek posameznih virov k onesnaženosti zraka ali oceniti učinke ukrepov zmanjšanja izpustov.

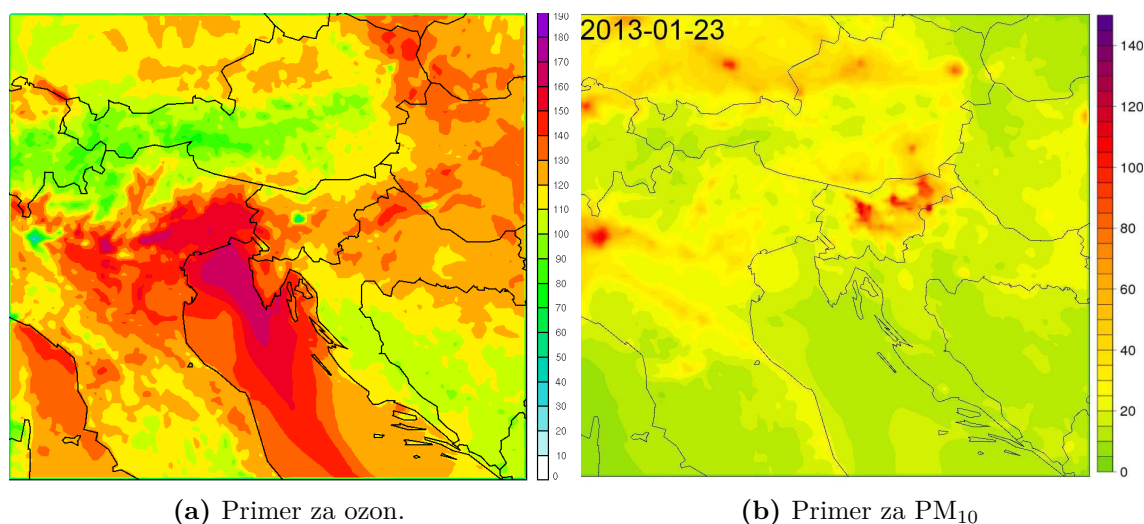
¹Skupna količina vseh dušikovih oksidov v ozračju.

²Hlapne organske spojine, razen metana (angl. non-methan volatile organic compounds)

2.2.5 Obravnava obdobja povišane onesnaženosti

Povišane koncentracije ozona se pojavljajo v sončnih poletnih mesecih, ob dnevih z visokimi dnevnimi temperaturami in stabilnim ozračjem. Primer polja koncentracije ozona pri tleh med obdobjem povišane onesnaženosti je prikazan na sliki 2.3a. Opazimo lahko nizke modelske vrednosti ravni ozona v večjih mestih in njihovi bližnji okolici (Milano, Ljubljana), kjer količino na novo tvorjenega ozona omejuje dušikov monoksid iz prometa.

Povišane koncentracije delcev se večinoma pojavljajo pozimi, ko so temperaturne inverzije pogoste. Poleg tega v zimskem obdobju delujejo male kurilne naprave za ogrevanje gospodinjstev, ki so daleč največji vir emisij delcev v Sloveniji. Najvišje urne koncentracije delcev v dnevu se pojavljajo pozno popoldne, ko začne nastajati temperaturna inverzija. S tovrstnim problemom se ubadajo predvsem v mestih, saj je tam še vedno velika gostota malih kurilnih naprav. Primer polja izračunanih koncentracij delcev na območju Slovenije za en dan (slika 2.3b).



Slika 2.3: Dva primera zagona modela CAMx za dva različna polutanta. Slika 2.3a prikazuje izračunano polje koncentracije ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v plasti zraka pri tleh . Prikazani so rezultati za 26. 7. 2013, med 14. in 15. uro. Slika 2.3b prikazuje izračunano polje povprečne dnevne koncentracije PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za dan 23. januar, 2013. Prikazane so koncentracije v plasti zraka pri tleh.

V prognostičnem načinu delovanja se modelski sistem že uporablja za podporo pri napovedovanju ravni onesnaženosti zraka za obveščanje javnosti in za aktiviranje izvajanja kratkoročnih ukrepov, vsebovanih v načrtih za kakovost zraka.

Na ARSO z modelskim sistemom ALADIN-CAMx že izvajamo operativne zagone (48-urna napoved) ter računske simulacije za izbrane vremenske situacije (povišane koncentracije ozona in delcev). Poleg dnevnih napovedi se bodo s pomočjo simulacij izvajali tudi testni izračuni letnih ocen koncentracij onesnaževal za območja, kjer ni meritev onesnaženosti zraka, hkrati pa se bodo modelski rezultati uporabljali za oceno vpliva posameznih vrst izpustov ter za vrednotenje izbranih scenarijev zmanjševanja izpustov. Na ARSO na podlagi rezultatov modeliranja sodelujemo tudi pri izboljševanju baze izpustov projekta MACC-II.

3. *Delci PM₁₀ in PM_{2,5}*

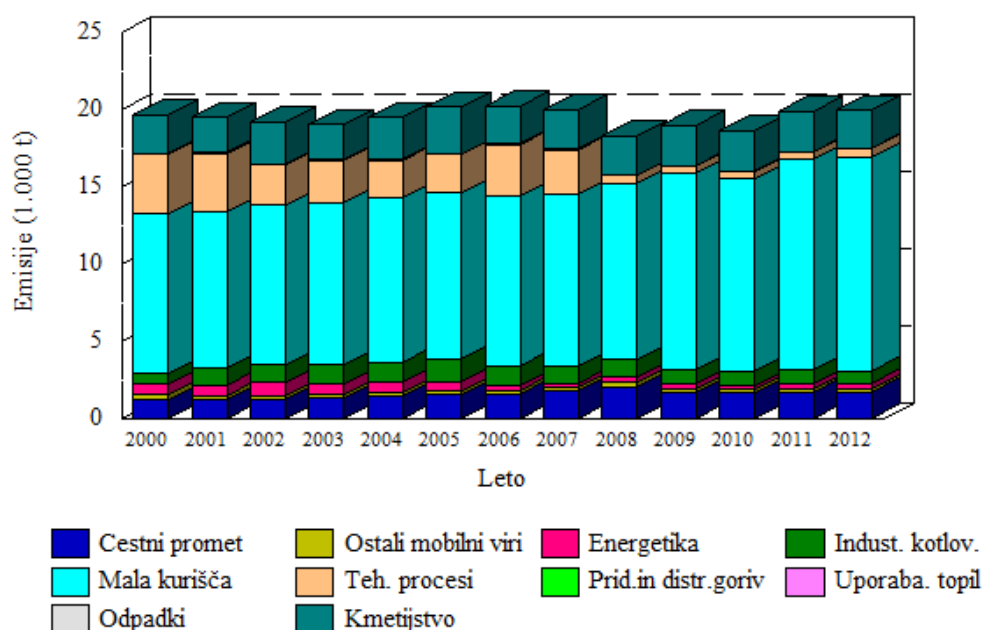
Izraz delci (angl. Particulate Matter – PM) se uporablja kot splošen pojem, ki obsega suspendirane delce (tekoče in trdne) v plinu. PM_{2,5} se nanaša na fine delce (fine particles), ki imajo aerodinamski premer manjši od 2,5 µm. PM₁₀ pa se nanaša na delce z aerodinamičnim premerom pod 10 µm. PM₁₀ tako poleg finih delcev z aerodinamičnim premerom pod 2,5 µm vključujejo tudi grobe delce (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 nove 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 in cvetnega prahu. Antropogeni viri obsegajo izgorevanje goriv v termoenergetskih objektih in industriji, ogrevanje stanovanjskih in drugih stavb ter promet. 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 površinske za svetlobo, ki je povezan z zmožnostjo odboja sončne svetlobe.

3.1 Izpusti primarnih delcev in predhodnikov

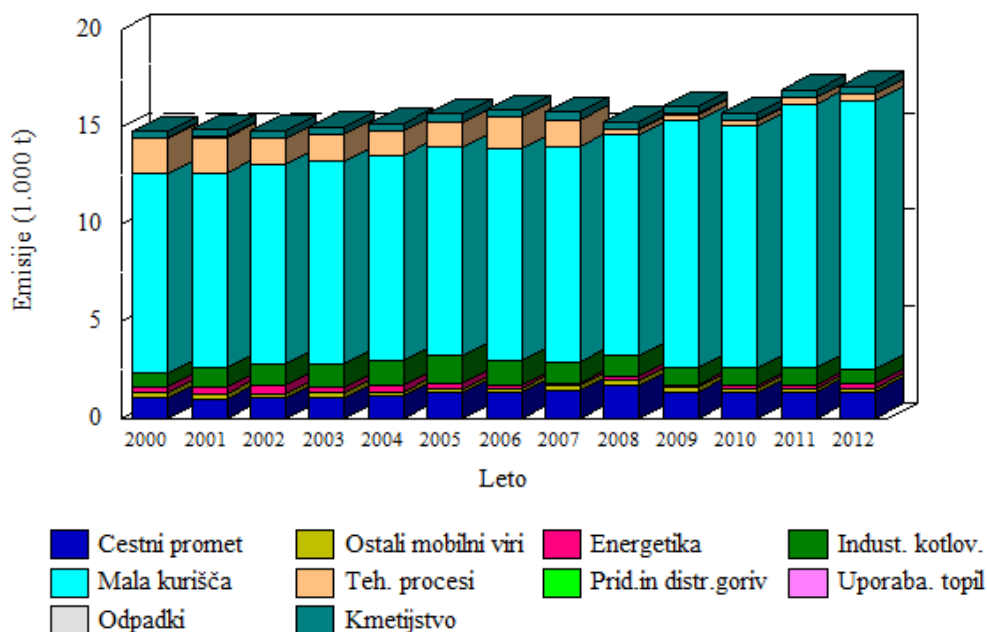
Letni izpusti PM₁₀ v Sloveniji so leta 2012 znašali 19,97 tisoč ton. V primerjavi z letom 2000 so se povečali za 1,5 %. Glavni vir delcev je zgorevanje goriv v gospodinjstvih in komercialnem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v zastarelih kotlih in pečeh za ogrevanje bivalnih prostorov. Male kurilne naprave so v letu 2012 prispevale kar 70 % k skupnim izpustom primarnih delcev, manjših od 10 µm in celo 80 % k skupnim izpustom delcev PM_{2,5}. Letni izpusti po sektorjih so prikazani na slikah 3.1 in 3.2.



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

Glede na izpuste delcev je Slovenija v samem vrhu EU. Po izpustih delcev PM₁₀ in PM_{2,5} na prebivalca je bila v letu 2012, za katerega so na voljo zadnji podatki o emisijah držav (EMEP) [18], na tretjem mestu takoj za Latvijo in Estonijo. Po izpustih delcev PM₁₀ na površino ozemlja je pred Slovenijo le Belgija, ki pa ima 3,5 krat večjo gostoto prebivalcev. Pri teh primerjavah nismo upoštevali Malte in Luksemburga, ker rezultati za ti dve državi zaradi njune majhnosti in izračuna izpustov v prometu na osnovi prodanih količin goriva niso primerljivi.

Visoke specifične emisije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v Sloveniji so predvsem posledica velikega deleža ogrevanja gospodinjstev z lesom v zastarelih kurilnih napravah. Izpusti zaradi ogrevanja stavb se sproščajo le v hladni polovici leta. To dodatno povečuje njihov vpliv na kakovost zraka, saj so takrat v Sloveniji še posebej neugodne razmere za razredčevanje izpustov.

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

3.2 Mejne vrednosti

Mejne vrednosti za delce so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [11]. Prikazane so v tabeli 3.1. 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} pa je predpisana letna mejna vrednost, ki je v letu 2013 znašala 26 µg/m³ in ciljna vrednost, ki znaša 25 µg/m³.

Tabela 3.1: Mejne in ciljne vrednosti za PM₁₀ in PM_{2,5}.

Frakcija PM	Čas merjenja	Vrednost	Komentar
PM ₁₀ , mejna vrednost	1 dan	50 µg/m ³	Največ 35 preseganj v koledarskem letu
PM ₁₀ , mejna vrednost	Koledarsko leto	40 µg/m ³	Datum do katerega je treba doseči mejno vrednost je 1.1.2005.
PM _{2,5} , cilja vrednost	Koledarsko leto	25 µg/m ³	Datum do katerega je treba doseči ciljno vrednost je 1.1.2010.
PM _{2,5} , mejna vrednost	Koledarsko leto	25 µg/m ³	Datum do katerega je treba doseči mejno vrednost je 1.1.2015.
PM _{2,5} , mejna vrednost ^(a)	Koledarsko leto	20 µg/m ³	Datum do katerega je treba doseči mejno vrednost je 1.1.2020.
PM _{2,5} , obveznost glede stopnje izpostavljenosti ^a	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)	

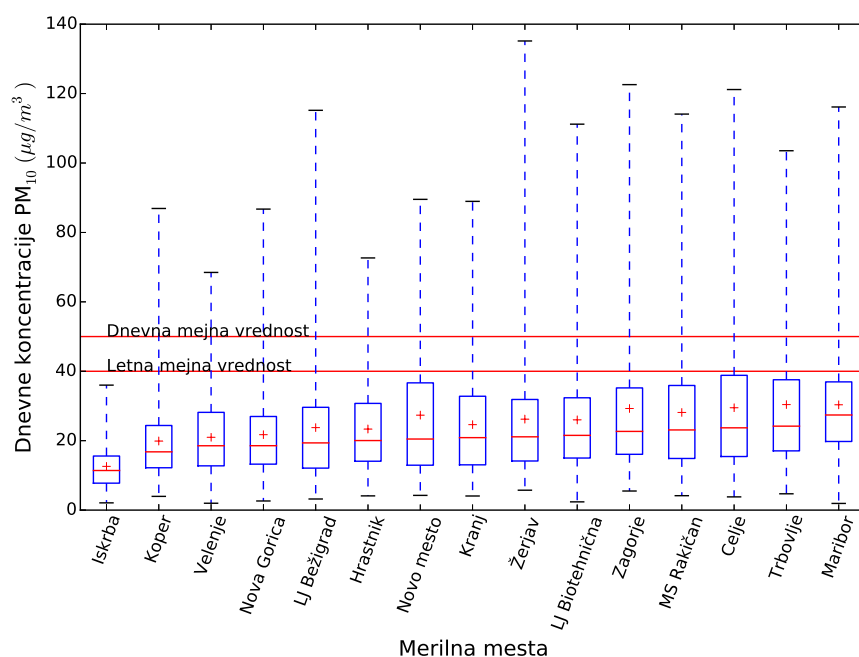
^a Stopnja 2-okvirna mejna vrednost, ki jo mora Komisija leta 2013 preveriti ob upoštevanju drugih informacij o učinkih ciljne vrednosti na zdravje in okolje, informacij o njeni tehnični izvedljivosti in informacij o izkušnjah z njo v državah članicah.

Tabela 3.2: Mejna vrednost z vključenim sprejemljivim preseganjem za delce PM_{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) po letu 2015 je sprejemljivo preseganje 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in tako je mejna vrednost 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

3.3 Ravni onesnaženosti

Pregled izmerjenih vrednosti delcev PM₁₀ v letu 2013 je prikazan v tabelah 3.3, 3.4, 3.5 in na slikah 3.3 in 3.5. V letu 2013 na nobenem mestu v okviru mreže DMKZ ni bila presežena letna mejna vrednost (slika 3.3). Najvišji povprečni letni vrednosti sta bili izmerjeni v Mariboru in Trbovljah. V okviru dopolnilne mreže je bila letna mejna vrednost presežena na merilnem mestu Ljubljana Center. Dovoljeno število prekoračitev dnevne mejne vrednosti je bilo v okviru mreže DMKZ preseženo v Mariboru, Celju, Murski Soboti, Trbovljah, Zagorju, Žerjavu in Novemu mestu. V dopolnilni mreži pa je bilo takšno merilno mesto še Ljubljana Center. Na merilnem mestu Gaji v Celju se je število preseganj ustavilo ravno pri 35. Število merilnih mest, kjer je prišlo do prevelikega števila preseganj, je enako kot v letu 2012. Najvišja dnevna vrednost je bila v letu 2013 izmerjena v Žerjavu.

**Slika 3.3:** Porazdelitev dnevni vrednosti PM₁₀ v letu 2013 za merilna mesta DMKZ. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. S + označujemo povprečno letno koncentracijo.

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 emisije zaradi izgorevanja biomase v individualnih kuriščih. Kurjenje drv v zastarelih pečeh in kotlih tako

Tabela 3.3: 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 PM₁₀ na stalnih merilnih mestih v Sloveniji v letu 2013. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je označeno s krepko pisavo.

Merilno mesto	Leto		Dan	
	%pod	C_p ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$>MV$
DMKZ				
Ljubljana Bežigrad	92	24	115	22
Maribor Center	99	30	116	36
Celje	99	29	121	51
MS Rakičan	98	28	114	38
Nova Gorica	97	22	87	12
Trbovlje	99	30	104	50
Zagorje	100	29	123	48
Hrastnik	99	23	73	15
Koper	99	20	87	10
Iskrba	96	13	36	0
Žerjav	96	26	135	37
LJ Biotehnična fakulteta	93	26	111	24
Kranj	99	25	89	28
Novo mesto	99	27	90	49
Velenje	98	21	68	8
Dopolnilna merilna mreža				
EIS Šoštanj				
Pesje	99	23	63	6
Škale	98	17	43	0
Šoštanj	98	12	38	0
EIS Trbovlje				
Prapretno	96	22	62	3
Kovk	96	14	127	1
Dobovec	88	11	66	1
OMS - MOL				
Ljubljana Center	95	41	129	74
Lafarge cement				
Zelena trava	99	17	49	0
EIS TE-TOL				
Vnajnarje	95	24	56	3
MO Celje				
AMP Gaji	88	26	101	35
M0 Maribor				
MB Vrbanski pl.	99	20	93	7
Salonit Anhovo				
Morsko	98	16	66	3
Gorenje Polje	98	18	103	5

predstavlja največji izpust 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. Dnevni hodi koncentracij PM₁₀ v zimskem obdobju za merilna mesta Ljubljana – Bežigrad, Zagorje, Maribor in Koper so prikazani na sliki 3.4. 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 tabeli 3.6 in 3.7 ter na slikah 3.6 in 3.7 so prikazani trendi v obdobju med 2002 in 2013. V tem obdobju je predvsem na urbanih lokacijah opazen trend zmanjševanja koncentracij. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov zaradi izgradenj čistilnih naprav na industrijskih objektih. V zadnjih zimah so k zmanjšanju koncentracij predvsem pripomogle ugodne vremenske

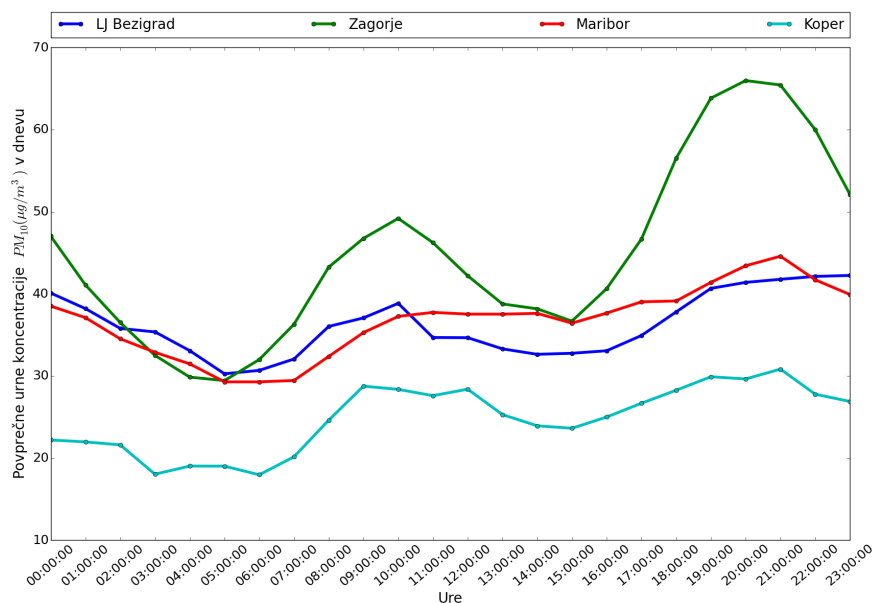
Tabela 3.4: Povprečne mesečne koncentracije PM₁₀ (µg/m³)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
Ljubljana Bežigrad	39	39	29	21	14	13	17	16	12	20	22	48
Maribor Center	51	40	34	32	20	22	28	24	20	28	24	40
Celje	51	49	35	28	16	15	19	19	17	24	27	53
MS Rakičan	54	44	32	27	15	16	19	19	15	25	29	44
Nova Gorica	32	25	20	21	15	16	17	16	15	23	18	40
Trbovlje	47	48	37	29	17	17	20	20	20	25	30	55
Zagorje	46	46	37	27	18	16	19	17	17	24	27	58
Hrastnik	33	35	27	24	15	15	18	18	15	21	21	39
Koper	28	19	20	22	15	15	19	18	15	22	13	34
Iskrba	12	18	13	15	11	11	15	14	9	13	8	11
Žerjav	49	55	27	23	15	15	18	19	13	19	21	39
LJ Biotehnična fak.	36	36	29	25	17	17	20	20	16	22	27	48
Kranj	40	39	27	21	13	14	20	17	14	22	22	45
Novo mesto	49	51	34	25	15	13	15	16	13	23	25	51
Velenje	31	29	24	25	13	14	18	18	14	20	17	28
Vrbanski plato	33	28	22	22	13	14	18	19	12	19	14	30
Šoštanj	12	19	15	14	7	9	11	10	7	11	11	20
Pesje	29	22	/	25	17	19	24	23	17	22	17	26
Škale	15	10	26	20	16	16	20	19	14	20	14	20
Kovk	16	16	12	16	15	15	16	16	10	12	7	15
Dobovec	10	16	10	13	13	9	14	14	9	12	6	10
Prapretno	26	28	20	24	17	19	23	25	17	20	18	25
LJ Center	50	51	48	37	32	30	36	33	31	40	34	65
Vnajnarje	17	17	16	20	16	22	39	30	32	30	28	28
Zelena trava	18	21	15	19	16	10	18	19	32	16	12	21
AMP Gaji	44	53	30	25	15	13	17	23	20	28	26	46

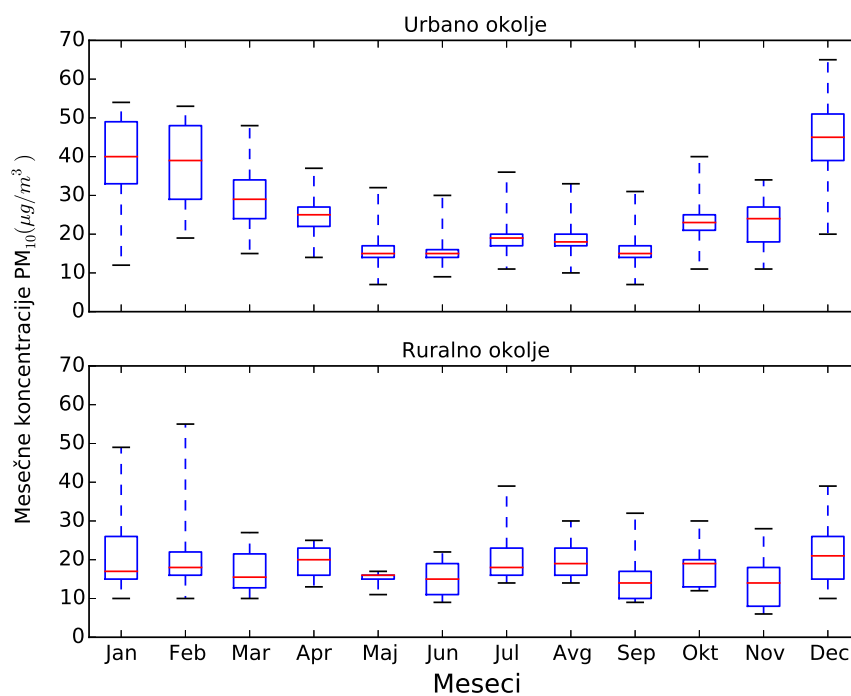
Tabela 3.5: Število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀ po mesecih v letu 2013.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	5	4	2	0	1	0	0	0	0	0	2	8
Maribor	13	6	5	0	0	0	2	0	0	0	1	9
Celje	11	13	6	0	1	0	0	0	0	0	3	17
MS Rakičan	15	7	2	0	0	0	0	0	0	1	5	8
Nova Gorica	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Trbovlje	11	12	5	0	0	0	0	0	0	0	5	17
Zagorje	11	10	5	0	0	0	0	0	0	0	4	18
Hrastnik	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	7
Koper	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Iskrba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Žerjav	14	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Kranj	6	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
LJ Biotehnična fak.	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	2	11
Novo mesto	13	13	5	0	0	0	0	0	0	0	2	16
Velenje	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
LJ Center	12	14	9	5	1	1	0	3	1	7	4	17
MB Vrbanski plato	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pesje	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Škale	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Šoštanj	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prapretno	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Kovk	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Dobovec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zelena trava	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AMP Gaji	3	10	3	0	1	2	0	0	0	1	2	11

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 3.7. V prikazu za ruralno okolje (slika 3.3 in 3.5) izstopa lokacija Žerjav, ki zaradi bližnje industrije ni tipična ruralna lokacija. Meritve na tej lokaciji so se pričele v letu 2010.



Slika 3.4: Povprečni dnevni potek koncentracij PM_{10} na izbranih merilnih mestih v hladni polovici leta 2013 (januar do marec in oktober do december).



Slika 3.5: Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij PM_{10} na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2013. Prikazane so najnižje in najvišje mesečno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana.

Koncentracije delcev $PM_{2,5}$ spremljamo na štirih merilnih mestih – Maribor Center, Maribor Urbanski plato, Ljubljana Biotehnična fakulteta in Iskrba. Pregled izmerjenih vrednosti za delce $PM_{2,5}$ je prikazan v tabeli 3.8 in na slikah 3.8, 3.9. Tako mejna kot ciljna vrednost v letu 2013 nista bili preseženi. Podobno kot za delce PM_{10} so bile višje koncentracije izmerjene v hladnejšem obdobju leta. Letni potek koncentracij je na merilnem mestu Iskrba precej manj izrazit, saj tam

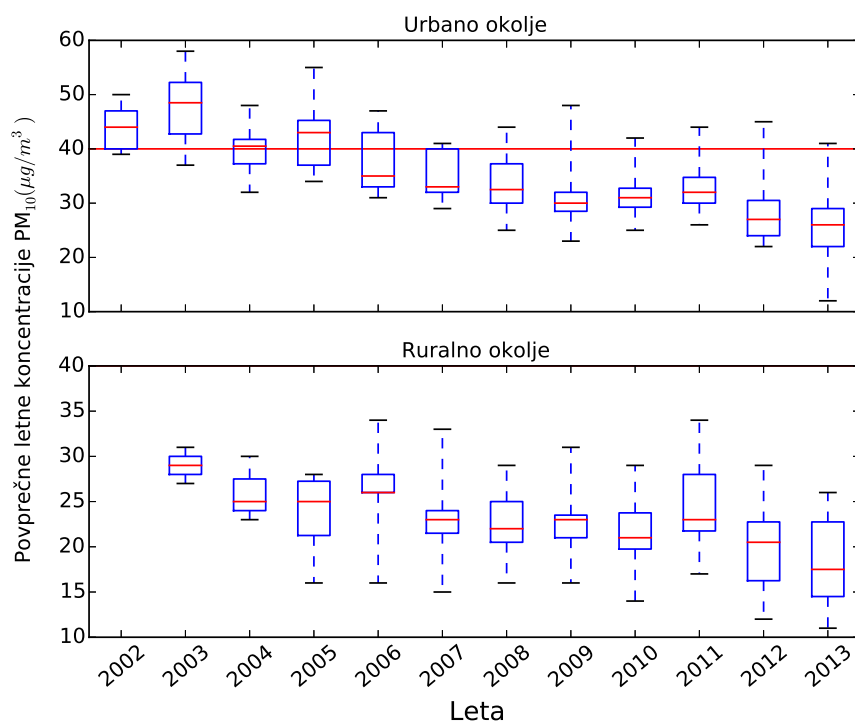
Tabela 3.6: Povprečne letne koncentracije PM₁₀ (µg/m³). Vrednosti, ki presegajo letno mejno vrednost so napisane s krepko pisavo.

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

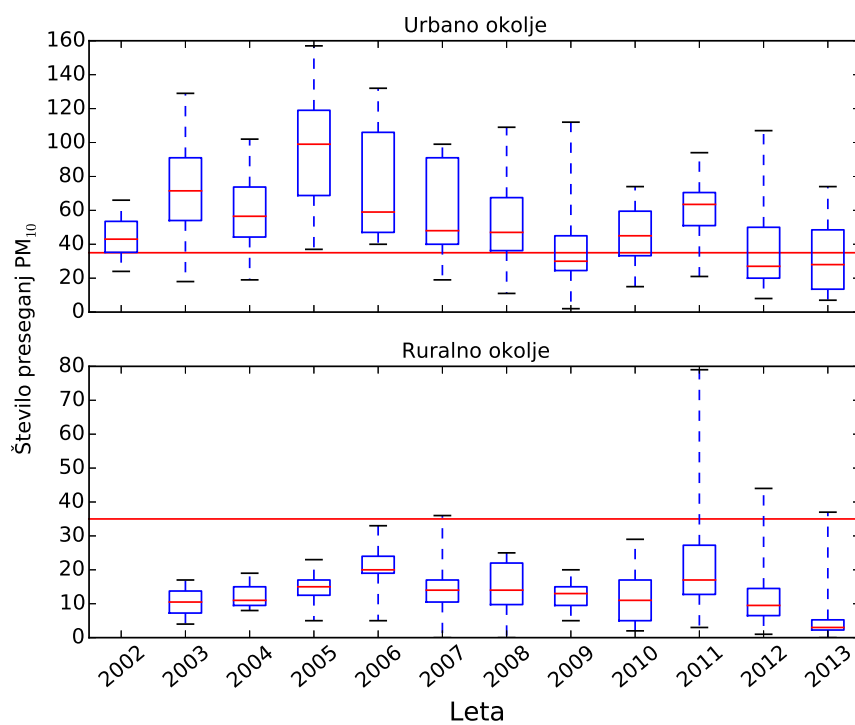
Tabela 3.7: Letno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je napisano s krepko pisavo.

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

ni lokalnih izpustov. Letni trendi koncentracij delcev PM_{2,5}, ki so prikazani na sliki 3.10, kažejo, da nivoji onesnaženosti ostajajo na približno istem nivoju. Ugotavljamo, da so v Sloveniji na vseh merilnih mestih kjer spremljamo koncentracije PM_{2,5} letne ravni pod mejno vrednostjo, ki stopi v veljavo s 1.1.2015.



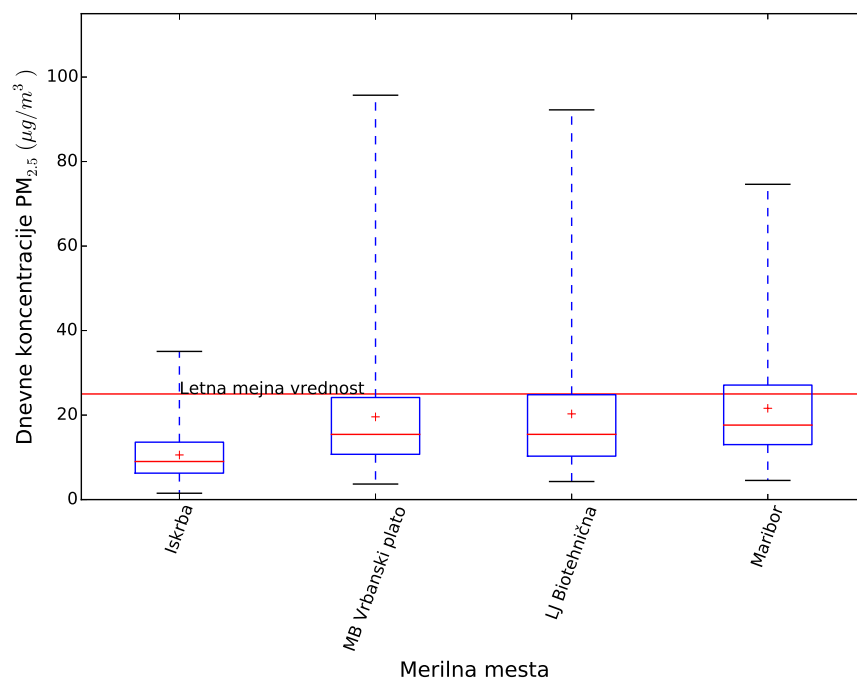
Slika 3.6: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij PM_{10} na merilnih mestih urbanega in ruralnega okolja. Prikazane so najnižje in najvišje letno povprečje na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana.

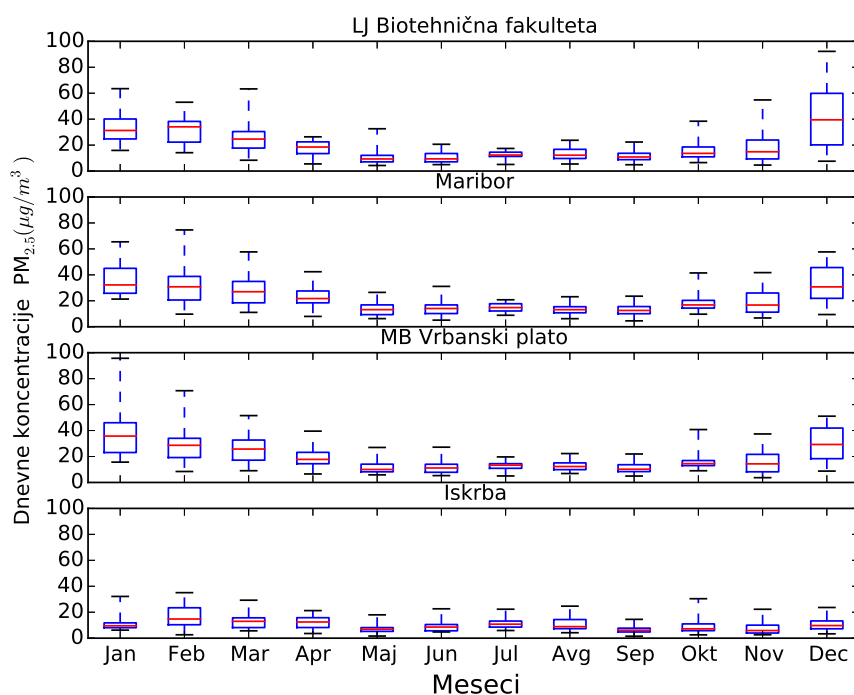


Slika 3.7: Porazdelitev števila preseganj PM_{10} po letih. Prikazano je najnižje in najvišje število preseganj na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. (V tiskanem izvodu je na sliki napaka, na abscisi so označeni meseci namesto leta.)

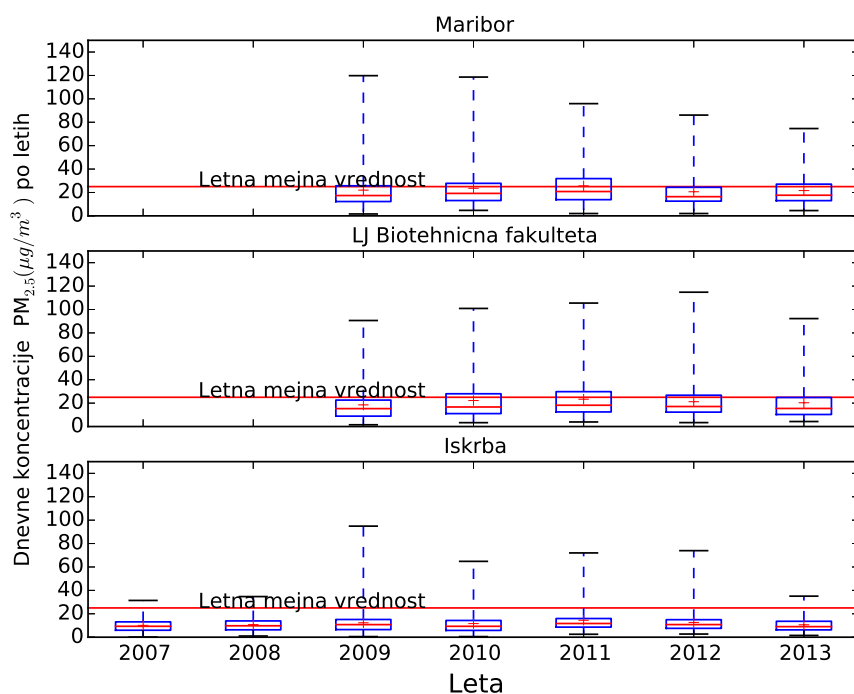
Tabela 3.8: Razpoložljivost podatkov (% pod) povprečne letne koncentracije (C_p) $PM_{2,5}$ na merilnih mestih v letu 2013.

Merilno mesto	% pod	c_p ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Maribor Center	99	22
Iskrba	98	11
Ljubljana Biotehnična fakulteta	99	20
Maribor Vrbanski plato	99	20

**Slika 3.8:** Porazdelitev dnevni vrednosti $PM_{2,5}$ na merilnih mestih v letu 2013. 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.



Slika 3.9: Porazdelitev dnevne vrednosti $PM_{2,5}$ na izbranih merilnih mestih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana.



Slika 3.10: Porazdelitev dnevni 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 3.1. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana. S + je označena povprečna letna koncentracija.

3.4 Epizode čezmerne onesnaženosti

Dnevne koncentracije delcev PM₁₀ so januarja 2013 prekoračile dnevno mejno vrednost na vseh mestnih merilnih mestih, ki delujejo v sklopu DMKZ. Največkrat, petnajstkrat, je bila mejna dnevna vrednost presežena na merilnem mestu Murska Sobota Rakičan, ki je pod vplivom individualnih kurišč in prometa. Najbolj mrzla dneva januarja sta bila 26. in 27., ko so bile izmerjene najvišje koncentracije delcev. Tudi februarja so dnevne koncentracije delcev PM₁₀ prekoračile dnevno mejno vrednost na vseh merilnih mestih. Izjema je bilo le merilno mesto Iskrba. Največkrat, petnajstkrat, je bila mejna dnevna vrednost presežena na merilnem mestu Žerjav. V marcu so bile koncentracije delcev PM₁₀ glede na prejšnje mesece nižje, vendar je bilo število prekoračitev mejne dnevne vrednosti še vedno razmeroma veliko. Največ prekoračitev je bilo na merilnem mestu Celje.

Aprila na merilnih mestih DMKZ ni bilo prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Razmeroma nizka onesnaženost zraka z delci se je zaradi pogostih padavin, ki so spirale ozračje, nadaljevala tudi v maju. Do prekoračitve mejne dnevne vrednosti je prišlo le 1. maja na dveh merilnih mestih DMKZ - Ljubljana Bežigrad in Celje. Prekoračitve so bile posledica vpliva saharskega prahu in kurjenja kresov. Zaradi gradbenih del, ki so potekala od 22.7. do 24.7.2013 v neposredni bližini merilnega mesta Maribor Center, so v juliju dnevne koncentracije delcev PM₁₀ na tem merilnem mestu dvakrat prekoračile mejno vrednost. V avgustu so bile koncentracije delcev PM₁₀ še naprej razmeroma nizke. Dnevna mejna vrednost je bila presežena enkrat na merilnem mestu Maribor Urbanski plato. V prvi tretjini meseca avgusta so bile koncentracije delcev PM₁₀ višje zaradi močnega južnega vetra v višjih delih ozračja, ki je nad Slovenijo prinesel saharski prah. V septembru na merilnih mestih DMKZ ni bilo preseganj dnevne mejne vrednosti.

Oktobra so se koncentracije delcev PM₁₀ glede na prejšnje mesece povišale. Dnevna mejna vrednost je bila v okviru DMKZ presežena enkrat na merilnem mestu Murska Sobota Rakičan. Višje koncentracije so bile na večini merilnih mest izmerjene med 5. in 10. oktobrom, ko so se zaradi nizkih temperatur povečali izpusti zaradi ogrevanja. Novembra je bila dnevna mejna vrednost prekoračena v dveh krajših obdobjih brez padavin na osmih merilnih mestih v okviru DMKZ po Sloveniji. Najvišje koncentracije delcev PM₁₀ so bile na večini merilnih mest izmerjene med 27. in 30. novembrom, ko se je zaradi obdobja nizkih temperatur povečalo ogrevanje. Decembra je bila dnevna mejna vrednost prekoračena na vseh urbanih merilnih mestih DMKZ, z izjemo Iskrbe. Največ preseganj mejne vrednosti je bilo v prvi polovici meseca in okoli 20. decembra, ko se bile temperature najnižje.

Preseganja dnevne mejne vrednosti so v večini primerov posledica izpustov zaradi ogrevanja, povezanih z neugodnimi vremenskimi razmerami, predvsem pojavom temperaturne inverzije. Takšne razmere nastajajo v hladni polovici leta, zato se tudi velika večina preseganj mejne vrednosti pojavlja v tem obdobju.

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 predstavljajo vsota anorganskih ionov amonija, nitrata in sulfata (sekundarni anorganski aerosoli). Te komponente 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 3.9. 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 naravne emisije vegetacije, pozimi pa je prispevek zaradi antropogenih emisij (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 3.9: Sestava delcev PM_{2,5} na lokacijah Ljubljana Biotehniška fakulteta, Maribor Center, Maribor Vrbanski Plato in Iskrba.

			oktober - marec	april - september
LJ Biotehniška fakulteta	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	7,0	2,9
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	8,8	3,7
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	1,9	0,72
Maribor	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	7,4	3,0
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	8,1	4,1
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	2,4	1,4
MB Vrbanski plato	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	7,2	2,9
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	8,1	3,6
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	1,3	0,46
Iskrba	NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻ +SO ₄ ²⁻	[µg/m ³]	3,4	2,6
	Organski ogljik	[µgC/m ³]	3,7	2,8
	Elementarni ogljik	[µgC/m ³]	0,37	0,17

3.6 Preseganja mejnih vrednosti zaradi naravnih virov

V letu 2013 smo s pomočjo modela BSC-DREAM8b določili šest epizod saharkega prahu:

- od 27. aprila do 5. maja
- 19. maja
- od 21. do 23. junija
- 28. in 29. julija
- od 6 do 9 avgusta
- 29 in 30 oktobra.

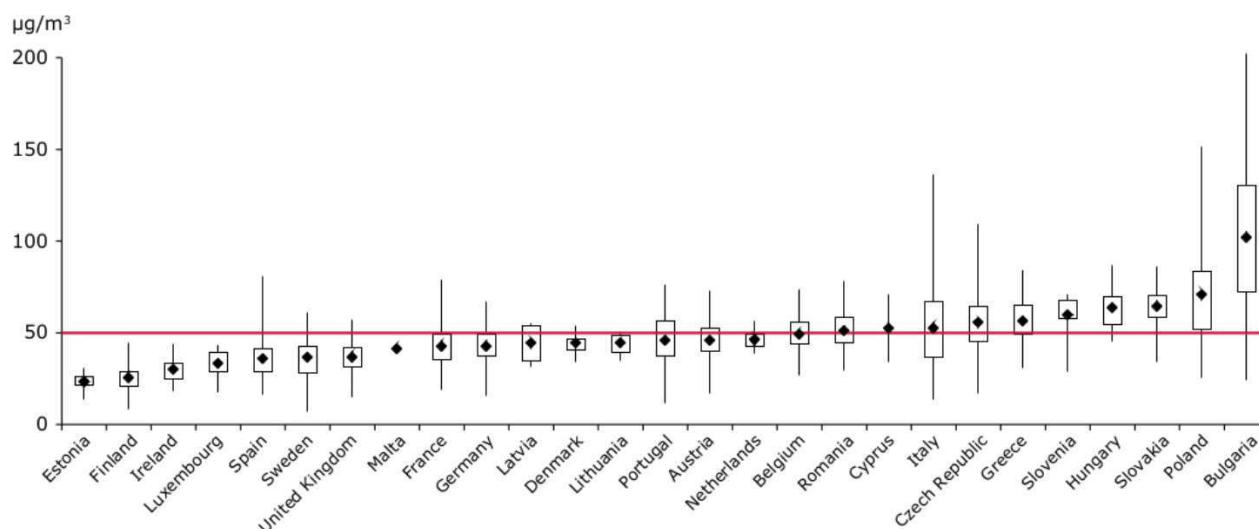
Epizode smo potrdili s pomočjo drugih napovednih modelov za saharkega prah in izračuna poti zračnih mas s pomočjo trajektorij v točko. Dodatna preverba je bila narejena s pomočjo rezultatov kemijske analize delcev. V primeru epizod saharkega prahu so bile zaznane povišane koncentracije železa, aluminija ter v manjši meri tudi kalcija, magnezija in stroncija. V dneh z vplivom saharkega prahu, je le 1. maja prišlo do preseganja dnevne mejne vrednosti. Za ta dan smo s pomočjo izmerjene vrednosti delcev PM₁₀ na merilnem mestu Iskrba določili pribitek zaradi saharkega prahu. Ugotovili smo, da z odštetjem ocenjene vrednosti saharkega prahu dnevna meja vrednost v mreži

DMKZ ni več presežena na merilnih mestih Ljubljana Bežigrad in Celje. Saharski prah je naravnega izvora in nanj nimamo vpliva. Izmerjenega preseganja dnevne mejne vrednosti 1. maja 2013, v skladu z Uredbo o kakovosti zunanjega zraka, pri ugotavljanju skladnosti s standardi kakovosti zraka, nismo šteli med preseganja. Poročilo o vplivu sahorskega prahu na koncentracije delcev je dostopno na spletni strani ARSO.

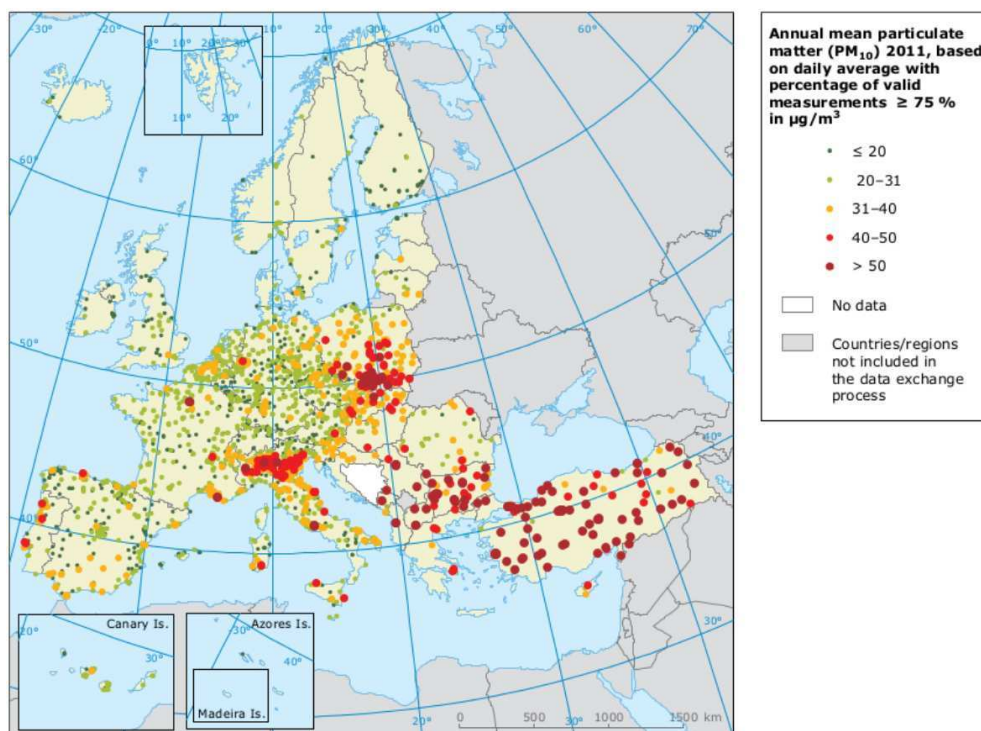
3.7 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Z vidika doseganja skladnosti z dnevnimi mejnimi vrednostmi delcev PM₁₀ je Slovenija med državami Evropske unije v letu 2011 peta najbolj onesnažena. Bolj oddaljeni od skladnosti z dnevnimi mejnimi vrednostmi so le v Bolgariji, na Poljskem, Slovaškem in Madžarskem. Najboljša kakovost zraka glede na skladnost z dnevnimi mejnimi vrednostmi za delce PM₁₀ je v dobro prevetrenih, redko naseljenih severnih državah - v Estoniji, na Finskem in na Irskem. Z vidika ravni onesnaženosti z delci PM_{2,5} je Slovenija na šestem mestu. Poleg že omenjenih štirih držav, so višje vrednosti za delce PM_{2,5} poročali iz Češke Republike. Primerjave so prikazane na slikah 3.11, 3.12 in 3.13.

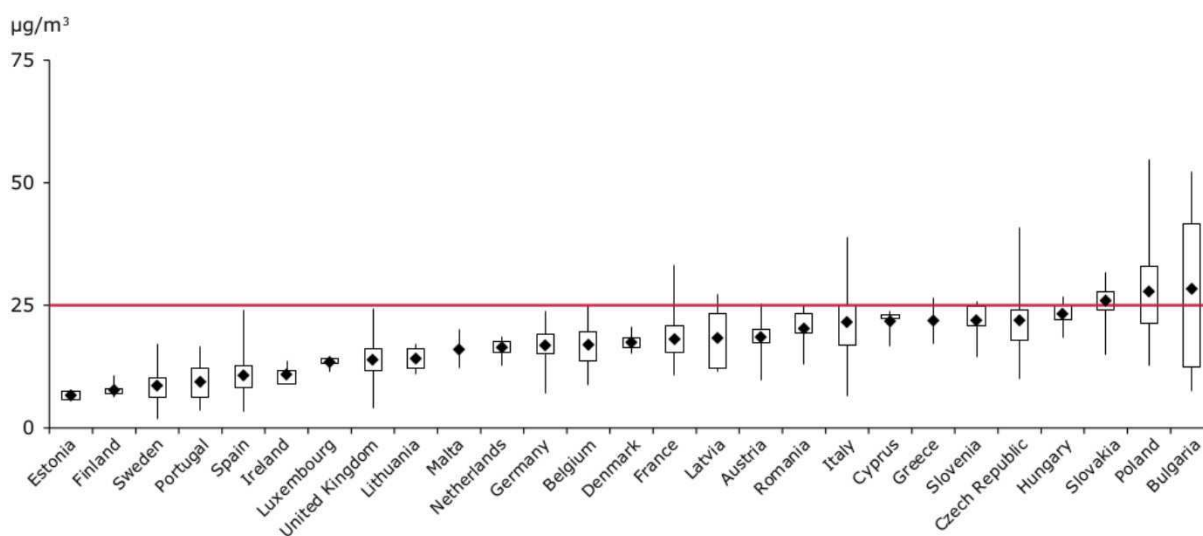
Primerjalno visoke koncentracije delcev v Sloveniji so posledica kombinacije visoke gostote izpustov zaradi ogrevanja ter neugodnih pogojev za razredčevanje izpustov v ozračju, ki so zlasti v zimskem času značilni za celinski del Slovenije.



Slika 3.11: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ v Evropski Uniji v letu 2011 [1]. Graf prikazuje 90.41 percentil dnevnih vrednosti PM₁₀, ki sovpada z 36. najvišjo vrednostjo izmerjeno na posameznem merilnem mestu držav EU v primerjavi z mejno vrednostjo 50 µg/m³ (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 3.12: Onesnaženost Evropske unije z delci PM_{10} [1]. S pikami različnih barv so označena poročana merilna mesta v EU, z barvo pa razred v katerega padejo glede na povprečno letno koncentracijo PM_{10} .



Slika 3.13: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z delci $PM_{2,5}$ v Evropski Uniji v letu 2011 [1]. Graf prikazuje 90,41 percentil srednje letne vrednosti $PM_{2,5}$ izmerjene na posameznem merilnem mestu držav EU v primerjavi z letno ciljno vrednostjo. Prikazane so najnižja in najvišja povprečna koncentracija, oba kvartila in povprečna vrednost za posamezno državo.

4. Ozon

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

- stratosferski ozon na višini okoli 20 km nad tlemi, ki absorbira večino ultravijoličnih žarkov v sončni svetlobi in s tem ščiti ves živi svet ter
- troposferski ozon, ki se nahaja v plasti od tal do nekaj kilometrov nad površjem in v preveliki koncentraciji škoduje zdravju ljudi in naravi.

V prizemni plasti zraka ni neposrednih izpustov ozona. Ozon v ozračju nastaja s kemijskimi reakcijami ob prisotnosti sončne svetlobe (fotokemična reakcija) iz dušikovih oksidov, ki prihajajo v ozračje največ iz prometa (motorji z notranjim izgorevanjem) in iz lahko hlapnih organskih snovi, ki jih prispevajo promet, industrija in obrt, distribucija motornih goriv ter kurjenje biomase in uporaba topil v gospodinjstvih. Reakcije so tem intenzivnejše, čim višja je temperatura in čim močnejše je sončno obsevanje, zato je onesnaženost zraka z ozonom največja poleti. Snovem, iz katerih nastaja ozon, pravimo predhodniki ozona in so omenjene v poglavju 8.

Na prometnih merilnih mestih (npr. Maribor Center, Zagorje) 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 proste 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, medtem ko so povprečne koncentracije višje kot v nižjih predelih.

4.1 Izpusti predhodnikov ozona

Podatki o emisijah dušikovih oksidov in lahko hlapnih organskih snoveh so opisani v poglavjih 5 in 8.

4.2 Ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti

V Uredbi o kakovosti zunanega zraka [11] za ozon ni predpisanih mejnih vrednosti. Predpisane so ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti, ki so podane v tabeli 4.1.

Tabela 4.1: Ciljne, opozorilne in alarmne vrednosti za ozon.

	Cilj	Čas merjenja	Mejna ali ciljna vrednost	Dovoljeno število preseganj
Ciljna vrednost	Zdravje	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25 dni v triletnem povprečju
Ciljna vrednost	Vegetacija	AOT40 akumulirana od maja do julija	18000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) · 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) · 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 Ta je (izražena v ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) · ure) pomeni vsoto razlik med urnimi koncentracijami, večjimi od 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 delov na milijardo (ppb)), in koncentracijo 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v danem času z upoštevanjem le enournih vrednosti, izmerjenih vsak dan med 8.00 in 20.00 po srednjeevropskem času (CET).

4.3 Ravni onesnaženosti

Raven onesnaženosti zunanjega zraka z ozonom ocenimo s primerjavo izmerjenih vrednosti glede na standarde kakovosti zraka. Pregled izmerjenih koncentracij in število preseženih ciljnih, opozorilnih in alarmnih vrednosti je podan v tabeli 4.2.

Najvišja povprečna letna vrednost 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ je bila izmerjena na Krvavcu. Višje koncentracije ozona so bile izmerjene na merilnih mestih v višjih legah in na Primorskem, najnižje pa so vrednosti na merilnih mestih izpostavljenim emisijam iz prometa. Povprečna letna koncentracija v Novi Gorici bi bila višja, če bi bilo merilno mesto nekoliko bolj oddaljeno od prometnih cest.

Za varovanje zdravja je predpisana ciljna 8-urna vrednost 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ki je lahko presežena največ 25 krat v koledarskem letu kot povprečje zadnjih treh let. Predpisani sta tudi opozorilna vrednost (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in alarmna vrednost (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost je bila presežena na vseh merilnih mestih, vendar ponekod, predvsem na urbanih območjih število preseganj ciljne vrednosti ni doseglo dovoljenega števila preseganj. Največ preseganj je bilo na Krvavcu. Visoke koncentracije ozona so bile izmerjene le v topli polovici leta, kar je razvidno iz tabel 4.3 do 4.6 in slike 4.3.

Za varovanje rastlin je predpisana vrednost AOT40. Ta vrednost je bila presežena na večini ruralnih merilnih mest.

Za varovanje zdravja sta predpisani tudi urna opozorilna in alarmna vrednost. Ob preseganju teh vrednosti je potrebno izdati opozorilo o preseganju in pričakovanem trajanju takšne situacije. V letu 2013 alarmna vrednost ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Opozorilna vrednost je bila presežena večkrat, največkrat na Otlici, in sicer skupaj 33 ur. Urne vrednosti koncentracij ozona so bile najnižje na merilnih mestih pod vplivom izpustov zaradi prometa, najvišje pa na merilnih mestih na Primorskem (slika 4.1).

Zaradi vpliva sončnega obsevanja in temperature zraka na kemijske reakcije, pri katerih nastaja ozon, so koncentracije tega onesnaževala poleti precej višje kot pozimi (tabele 4.3, 4.4, 4.6, 4.5, slika 4.3). Na sliki 4.3 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

Tabela 4.2: Koncentracije ozona v zunanjem zraku ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2013 (prikazana je nadmorska višina (n.v.), razpoložljivost podatkov (% pod), povprečna letna koncentracija (C_p), maksimalna urna in 8-urna (max), število preseganj opozorilne (>OV) in alarma vrednosti (>AV), število prekoračitev 8-urne ciljne vrednosti koncentracije v letu, in AOT40. Vrednosti, ki presegajo dovoljene vrednosti, so označene odebeljeno.

Merilno mesto	n.v. (m)	%pod	Leto		varovanje zdravja				varovanje rastlin
			C_p	1 ura			8 ur		maj-junij
				max	>OV	>AV	max	>CV	AOT40
Merilna mreža DMKZ									
Ljubljana Bežigrad	299	94	46	182	1	0	165	29	17467
Celje	240	98	46	163	0	0	154	21	15722
Murska Sobota Rakičan	188	98	53	163	0	0	152	26	18904
Nova Gorica	113	93	53	210	20	0	199	48	26000
Trbovlje	250	92	43	155	0	0	146	11	8567
Zagorje	241	97	42	167	0	0	159	13	11155
Hrastnik	290	99	48	162	0	0	156	24	14959
Koper	56	98	73	210	22	0	189	64	32150
Otlica*	918	68	88	199	33	0	192	59	30050
Iskrba	540	100	52	171	0	0	159	33	17616
Krvavec	1740	98	100	194	6	0	188	114	35714
Dopolnilna merilna mreža									
TE-TOL									
Vnajnarje*	630	41	86	164	0	0	150	28	
TE Šostanj									
Zavodnje	770	99	75	182	1	0	165	42	22290
Velenje	390	100	51	182	2	0	167	43	22172
TE Brestanica									
Sv. Mohor	390	96	75	213	14	0	176	74	31423
MO Maribor									
MB Vrbanski pl.	250	94	52	174	0	0	161	26	17976
MB Pohorje	725	95	76	173	0	0	160	39	19207

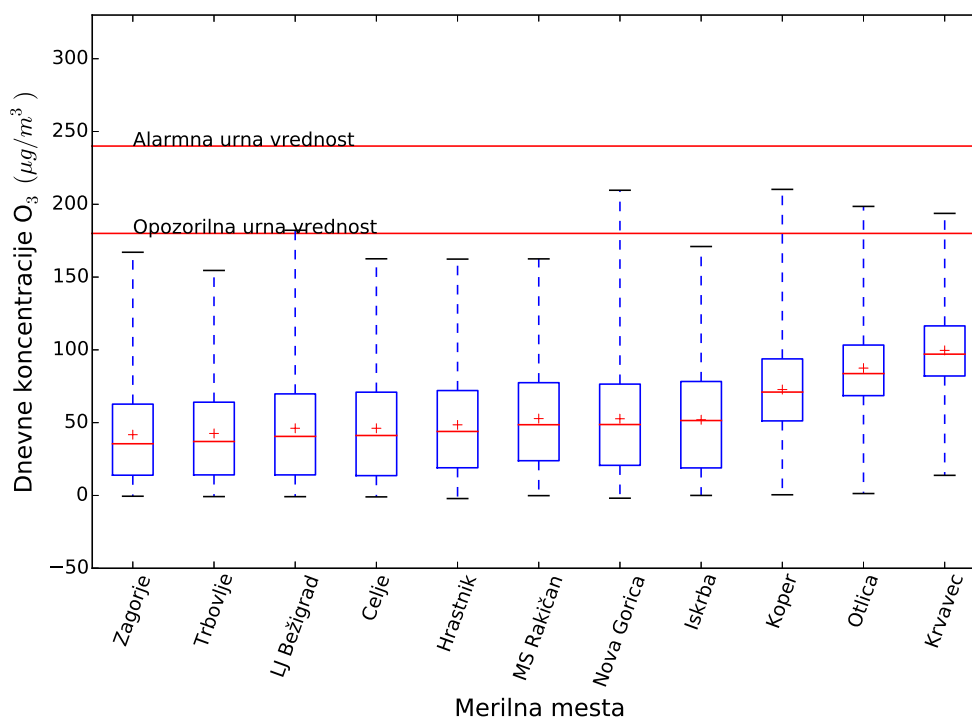
*Informativni podatek-premalo veljavnih podatkov.

Tabela 4.3: Povprečne mesečne koncentracije ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2013.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	17	29	55	67	57	65	76	73	44	34	24	13
MB Vrbanski plato	23	45	61	75	60	68	83	80	46	32	26	18
Celje	21	32	49	67	60	63	74	68	40	35	24	18
MS Rakican	27	47	68	76	65	64	79	70	44	36	30	24
Nova Gorica	20	41	50	68	61	72	88	85	52	/	29	20
Trbovlje	27	37	53	67	51	45	60	57	/	32	23	16
Zagorje	22	36	48	60	51	50	68	64	33	32	23	11
Hrastnik	29	44	56	71	55	55	73	71	41	39	28	21
Koper	38	62	71	88	81	92	108	106	80	57	48	38
Otlica	/	/	/	/	88	94	115	111	86	74	63	69
Iskrba	34	55	62	72	58	51	63	65	43	42	39	40
Krvavec	87	95	112	129	110	110	124	110	81	79	73	85
Zavodnje	47	67	85	97	86	89	106	102	67	56	42	49
Velenje	24	44	56	71	65	70	87	78	43	29	24	19
Sv. Mohor	43	65	84	98	78	94	115	105	72	62	44	41
Vnajnarje	59	78	94	109	87	98	/	/	/	/	/	/
Pohorje	51	65	82	97	82	91	107	103	71	64	48	54

merilnih mestih višje. Opozoriti je treba na dejstvo, da so bile koncentracije aprila višje kot maja. To je posledica toplega vremena aprila in deževnega ter hladnega maja.

Za ozon je značilen tudi izrazit dnevni hod, ki je za izbrana merilna mesta prikazan na sliki 4.2. Na merilnih mestih v nižinah nastopi izrazit maksimum koncentracij okrog 14. ure, ko je sončno obsevanje močno in so temperature zraka najvišje. Na višje ležečih odprtih legah (Krvavec, Otlica)



Slika 4.1: Porazdelitev urnih koncentracij O_3 na merilnih mestih DMKZ v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Znak + prikazuje letno povprečje.

Tabela 4.4: Maksimalne urne koncentracije ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) po mesecih v letu 2013

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	75	82	104	133	119	152	174	182	124	92	68	80
Celje	80	93	114	128	122	128	163	155	119	101	73	83
MS Rakičan	95	115	146	136	120	134	156	163	121	106	77	78
Nova Gorica	88	101	110	160	128	168	184	210	137	/	76	77
Trbovlje	72	96	118	137	111	112	155	140	/	85	68	74
Zagorje	72	88	102	125	115	117	167	149	114	90	68	79
Hrastnik	79	100	121	138	116	129	162	162	126	92	71	86
Koper	80	95	114	160	130	163	196	210	134	99	85	92
Otlica	/	/	/	/	132	171	199	194	138	120	88	105
Iskrba	81	92	115	136	117	149	166	171	122	113	86	88
Krvavec	119	125	145	174	147	170	194	158	112	118	109	106
Vnajnarje	126	120	137	164	132	163	/	/	/	/	/	/
Zavodnje	94	102	131	143	123	145	182	172	125	102	82	97
Velenje	90	102	130	139	125	146	182	170	122	104	79	86
Sv. Mohor	88	125	133	149	126	169	213	194	150	103	86	90

je dnevni hod precej manj izrazit, ker sproti doteka z ozonom onesnažen zrak. Ozon v tem zraku ima v prosti atmosferi precej manj možnosti za reakcije z drugimi snovmi kot zrak pri tleh, ko je v stiku z različnimi površinami. Vpliv emisij predhodnikov ozona na prometnih oziroma urbanih lokacijah se kaže v opazno nižjih koncentracijah ozona ob delavnikih kot ob koncu tedna.

Povprečne letne koncentracije ozona ne kažejo opaznih trendov v zadnjih letih. Razlike med posameznimi leti so posledica vremenskih razmer, posebej tistih polet, ko so pogoji za nastanek ozona zaradi močnejšega sončnega obsevanja in višjih temperatur ugodnejši kot pozimi. Po visokih vrednostih izstopata predvsem leti 2003 in 2006 z visokimi koncentracijami zaradi več sončnega vremena in visokih temperatur. Podatki o povprečnih letnih koncentracijah ozona za posamezna merilna mesta so podani v tabeli 4.7, na sliki 4.4 pa so prikazane statistične vrednosti za vsa merilna

mesta DMKZ skupaj po posameznih letih.

Tabela 4.5: Število prekoračitev urne opozorilne koncentracije ozona ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) v letu 2013.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Celje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MS Rakičan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nova Gorica	0	0	0	0	0	0	2	18	0	/	0	0
Trbovlje	0	0	0	0	0	0	0	0	/	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Koper	0	0	0	0	0	0	4	18	0	0	0	0
Otlica	/	/	/	/	0	0	20	13	0	0	0	0
Iskrba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krvavec	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Vnajnarje	0	0	0	0	0	0	/	/	0	0	0	0
Zavodnje	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Velenje	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Sv. Mohor	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0

Tabela 4.6: Število prekoračitev 8-urne ciljne koncentracije ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ozona v letu 2013.

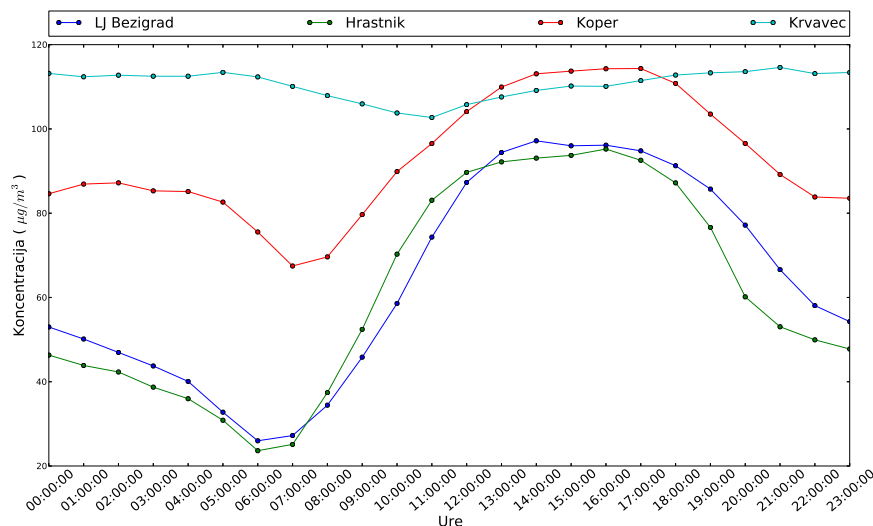
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	0	0	0	1	0	4	9	14	1	0	0	0
Celje	0	0	0	2	0	1	8	10	0	0	0	0
MS Rakičan	0	0	1	3	0	1	9	12	0	0	0	0
Nova Gorica	0	0	0	4	1	9	17	15	2	/	0	0
Trbovlje	0	0	0	3	0	0	3	5	/	0	0	0
Zagorje	0	0	0	0	0	0	5	8	0	0	0	0
Hrastnik	0	0	0	6	0	0	6	12	0	0	0	0
Koper	0	0	0	8	2	12	24	17	1	0	0	0
Otlica	/	/	/	9	3	7	18	16	6	0	0	0
Iskrba	0	0	0	6	0	3	9	15	0	0	0	0
Krvavec	0	0	14	26	15	16	27	16	0	0	0	0
Pohorje	0	0	1	5	0	6	12	15	0	0	0	0
Vnajnarje	0	7	5	16	5	10	/	/	0	0	0	0
Zavodnje	0	0	0	8	0	7	/	15	0	0	0	0
Velenje	0	0	1	5	1	6	/	15	0	0	0	0
Sv. Mohor	0	1	1	9	1	15	/	18	4	0	0	0

Zaradi vpliva sončnega obsevanja in temperature zraka na kemijske reakcije, pri katerih nastaja ozon, so koncentracije tega onesnaževala poleti precej višje kot pozimi (tabele 4.3, 4.4, 4.6, 4.5, slika 4.3). Na sliki 4.3 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. Opozoriti je treba na dejstvo, da so bile koncentracije aprila višje kot maja. To je posledica toplega vremena aprila in deževnega ter hladnega maja.

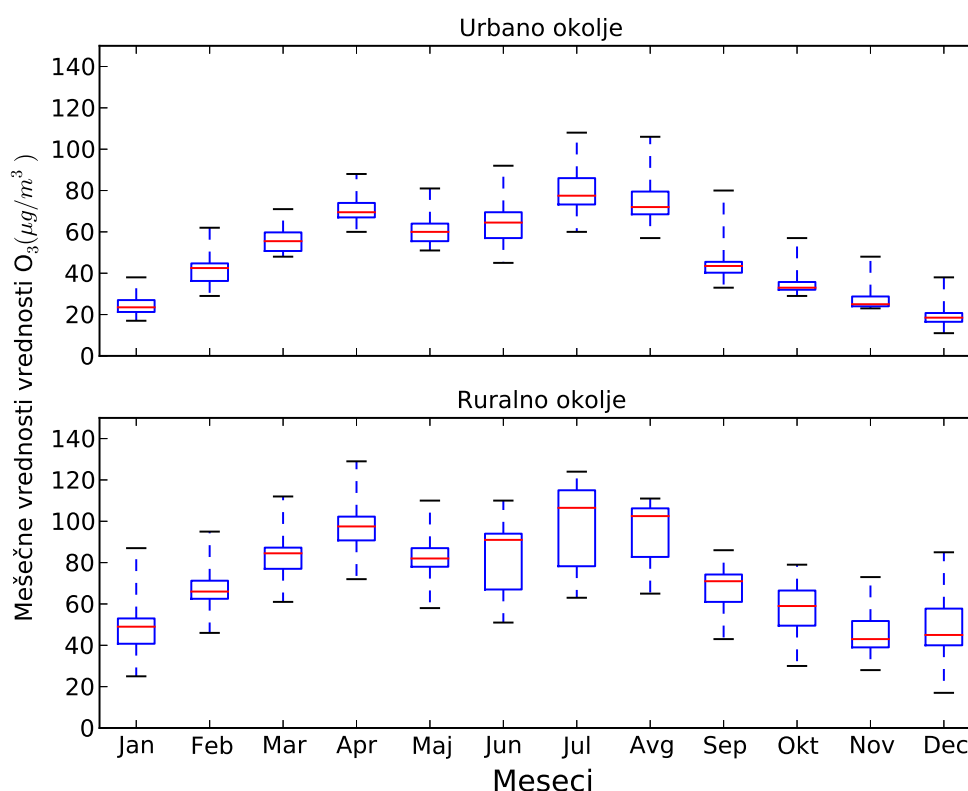
Za ozon je značilen tudi izrazit dnevni hod, ki je za izbrana merilna mesta prikazan na sliki 4.2. Na merilnih mestih v nižinah nastopi izrazit maksimum koncentracij okrog 14. ure, ko je sončno obsevanje močno in so temperature zraka najvišje. Na višje ležečih odprtih legah (Krvavec, Otlica) je dnevni hod precej manj izrazit, ker sproti doteka z ozonom onesnažen zrak. Ozon v tem zraku ima v prosti atmosferi precej manj možnosti za reakcije z drugimi snovmi kot zrak pri tleh, ko je v stiku z različnimi površinami. Vpliv emisij predhodnikov ozona na prometnih oziroma urbanih lokacijah se kaže v opazno nižjih koncentracijah ozona ob delavnikih kot ob koncu tedna.

Povprečne letne koncentracije ozona ne kažejo opaznih trendov v zadnjih letih. Razlike med posameznimi leti so posledica vremenskih razmer, posebej tistih poleti, ko so pogoji za nastanek ozona zaradi močnejšega sončnega obsevanja in višjih temperatur ugodnejši kot pozimi. Po visokih

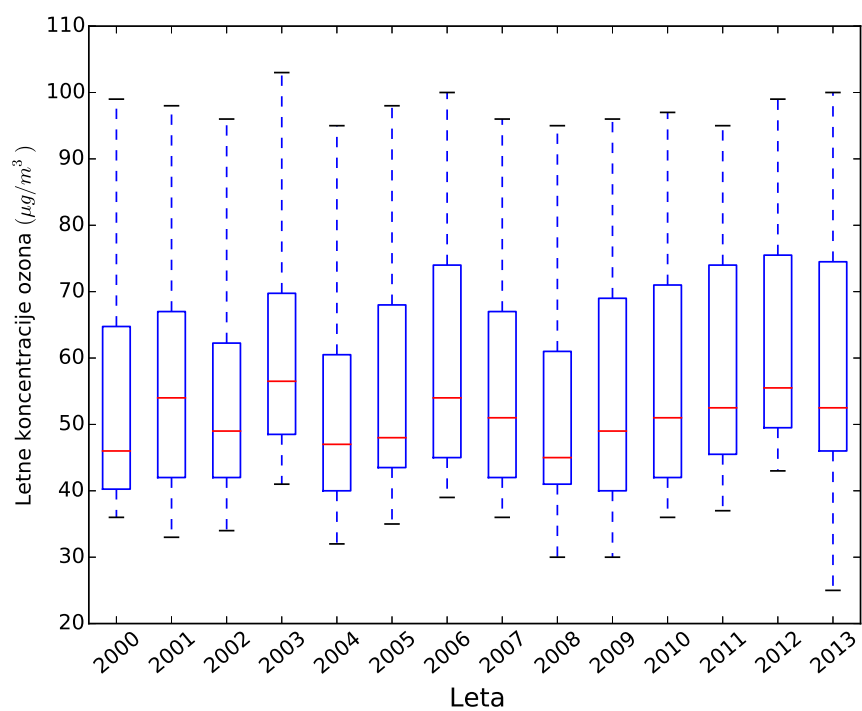
vrednostih izstopata predvsem leti 2003 in 2006 z visokimi koncentracijami zaradi več sončnega vremena in visokih temperatur. Podatki o povprečnih letnih koncentracijah ozona za posamezna merilna mesta so podani v tabeli 4.7, na sliki 4.4 pa so prikazane statistične vrednosti za vsa merilna mesta DMKZ skupaj po posameznih letih.



Slika 4.2: Povprečni urni potek koncentracij O_3 na izbranih merilnih mestih v obdobju april do september leta 2013 (april do september).



Slika 4.3: Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij O_3 na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 4.4: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij O_3 na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

Tabela 4.7: Povprečne letne koncentracije ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za obdobje 1992 – 2013.

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

* Informativni podatek-premalo veljavnih podatkov.

4.4 Epizode čezmerne onesnaženosti

V letu 2013 sta bili dve obdobji, ko je na nekaterih merilnih mestih urna koncentracija preseгла opozorilno vrednost. Največ preseganj je bilo na merilnih mestih na Primorskem. Prvo obdobje je trajalo od 23.7. do 28.7., drugo pa od 2.8. do 7.8. Pred tem časom in po njem opozorilna koncentracija ni bila presežena. Dnevi s preseženo opozorilno vrednostjo so navedeni v tabeli 4.8

V prvem obdobju je bilo največ preseganj opozorilne vrednosti na Otlici, na merilnem mestu, ki je namenjeno predvsem spremljanju čezmejnega transporta ozona. Za to obdobje je bilo značilno območje visokega zračnega tlaka nad našimi kraji in zelo visoke temperature. V notranjosti države so bile občasno plohe in nevihte, zato tam ni bilo preseganj opozorilne vrednosti. Proti koncu obdobja je zapihal jugozahodni veter. Takrat je bila opozorilna vrednost presežena tudi na Krvavcu.

Tudi za drugo obdobje je značilno območje visokega zračnega tlaka nad našimi kraji. V višinah je pritekal k nam vroč in suh zrak, temperature so bile izjemno visoke, proti koncu obdobja je bila na več merilnih mestih izmerjena rekordno visoka temperatura. Ob koncu obdobja, ko je zapihal jugozahodni veter, je koncentracija ozona tudi v Ljubljani preseгла opozorilno vrednost.

Tabela 4.8: Najvišja urna koncentracija ozona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) za dneve, ko je koncentracija preseгла opozorilno vrednost $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Datum	Merilno mesto				
	Ljubljana	Nova Gorica	Koper	Otlica	Krvavec
23.7.2013				184	
24.7.2013				196	
25.7.2013					
26.7.2013		184	195	182	
27.7.2013				198	194
28.7.2013				187	
29.7.2013					
30.7.2013					
31.7.2013					
1.8.2013					
2.8.2013		182	196	194	
3.8.2013		210	210	191	
4.8.2013		189	204	183	
5.8.2013		188	194	182	
6.8.2013			184	183	
7.8.2013	182				

4.5 Modeliranje in napovedovanje ravni ozona

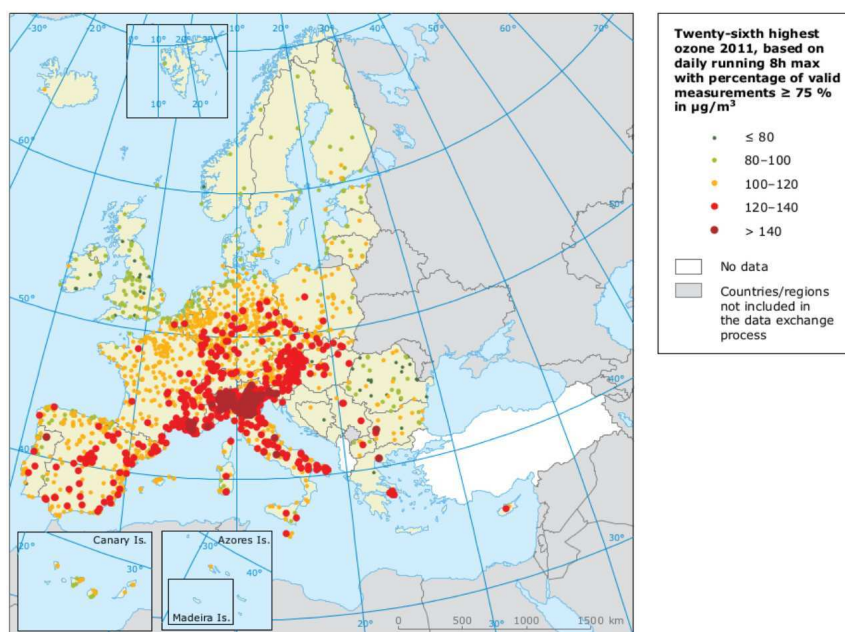
Ena od glavnih nalog ARSO je obveščanje javnosti, zato napovedujemo koncentracijo ozona za tekoči in naslednji dan za celotno Slovenijo. Napoved je objavljena na spletni strani ARSO. Ob preseženi opozorilni vrednosti (urna koncentracija $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oz. alarmni vrednosti (urna koncentracija $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je potrebno obvestiti javnost in podati informacijo o možnih učinkih na zdravje in priporočenih ukrepih za zmanjšanje izpostavljenosti visokim koncentracijam. V primerih, ko je presežena opozorilna urna koncentracija, pošljemo opozorilo Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje, občinam, bolnišnicam, zdravstvenim domovom, šolam, vrtcem in medijem. Prav tako je treba javnost opozoriti v primeru, ko pričakujemo preseganje teh dveh vrednosti.

Za napovedovanje ozona je bil izdelan sistem napovedovanja, ki temelji na statističnem modelu. Pri izračunu koncentracije model upošteva izmerjene koncentracije in napovedane meteorološke spremenljivke, dobljene iz modela ALADIN. Model napove najvišjo koncentracijo za tekoči in naslednji dan za 7 krajev v državi. Na osnovi napovedanih koncentracij v sedmih točkah grafični vmesnik prikaže razred koncentracije na območju, na katerem je ta točka. Območja smo 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 ta nastaja s foto-kemijskimi reakcijami njegovih predhodnikov. Razredi so definirani glede na ciljno in opozorilno vrednost.

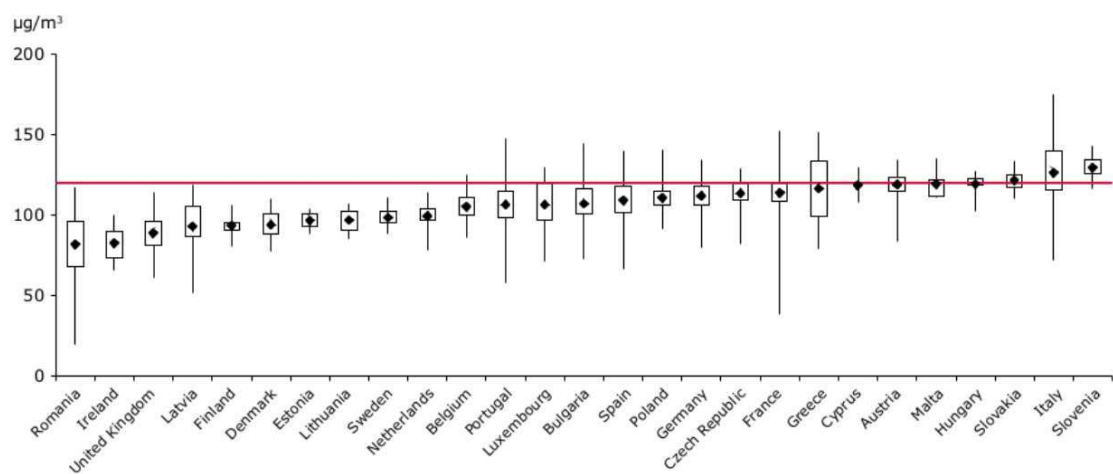
V proces napovedovanja ozona se vpeljuje tudi v poglavju 2.2 opisan modelski sistem ALADIN-CAMx, ki bo omogočil prostorsko natančnejšo napoved koncentracij ozona.

4.6 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Koncentracije ozona so najvišje v južnem delu Evrope. Slika 4.5 prikazuje stopnjo skladnosti z 8-urno ciljno vrednostjo za vsa merilna mesta v Evropi, za katere so države poročale podatke na EEA. Slovenija sodi med območja z visokimi vrednostmi koncentracij. Na sliki 4.6 pa je prikazana skladnost z 8-urno ciljno vrednostjo. Poročana merilna mesta v Sloveniji v povprečju najbolj odstopajo od skladnosti. To je tudi posledica velikega deleža merilnih mest na območjih, ki so bolj izpostavljena visoki ravni onesnaženosti z ozonom, kot so višje ležeča merilna mesta Krvavec in Otlica in merilni mesti na Primorskem (Koper, Nova Gorica).



Slika 4.5: Šestindvajseta najvišja dnevna 8-urna povprečna koncentracija O_3 v letu 2011 [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 O_3 .



Slika 4.6: Stopnja skladnosti za ozon z dnevno 8-urno ciljno vrednostjo za države EU [1]. Graf prikazuje 26. najvišjo 8-urno vrednost (93,15 percentil) na posameznem merilnem mestu po državah EU v primerjavi z 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

5. *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 prvih dveh, dušikovega monoksida in dušikovega dioksida. Iz izpustov prihaja v zrak največ dušikovega monoksida, ki se v ozračju dokaj hitro oksidira v dušikov dioksid. Zdravju je bolj škodljiv dušikov dioksid. Dušikovi oksidi spadajo med predhodnike ozona in zato posredno vplivajo na podnebni sistem. Neposredni toplogredni učinek ima sicer nestrupeni N₂O, ki je po učinku segrevanja ozračja takoj za ogljikovim dioksidom, metanom in halogeniranimi ogljikovodiki ([19]).

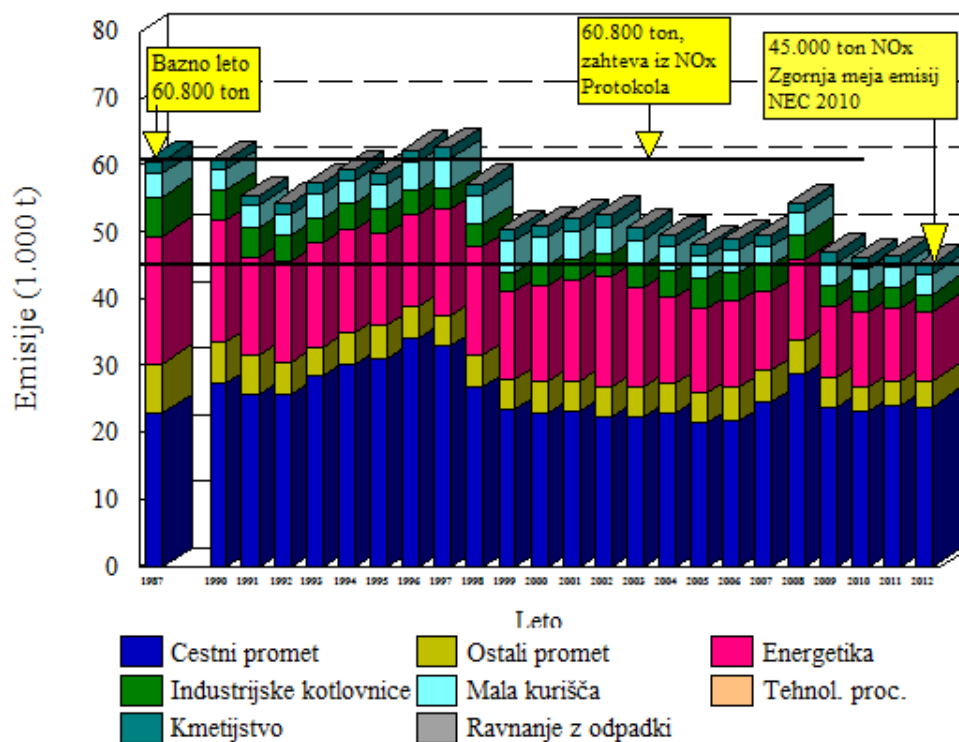
5.1 Izpusti

Izpusti dušikovih oksidov se zaradi kemičnih sprememb v ozračju med različnimi dušikovimi oksidi podajajo kot vsota vseh dušikovih oksidov. Največ dušikovih oksidov prihaja v ozračje iz prometa, precejšen delež pa prispeva tudi energetika.

Letni izpusti NO_X v Sloveniji so leta 2012 znašali 45,38 tisoč ton. V primerjavi z letom 1987 (izhodiščno leto za Protokol o NO_x) so se zmanjšali za 25%. Več kot polovico izpustov NO_X je v letu 2012 prispeval cestni promet. Emisije po sektorjih so prikazane na sliki 5.1.

Leta 2006 je Slovenija ratificirala NO_x protokol [14], 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 [20] v letu 2010 in naslednjih letih skupni izpusti NO_x ne smejo presegati 45 tisoč ton. Skupna emisija NO_x v letu 2012 je bila za 0,84% višja od vrednosti, kot je bila zahtevana po direktivi NEC.

Slovenija je po izpustih dušikovih oksidov na prebivalca na petem mestu, po izpustih na površino ozemlja pa na desetem mestu. V tej primerjavi nismo upoštevali Malte in Luksemburga iz razlogov, ki so navedeni v poglavju 3. Visoke emisije dušikovih oksidov na prebivalca so posledica velike uporabe osebnih vozil v Sloveniji in tudi intenzivnega cestnega tovornega tranzitnega prometa.

Slika 5.1: Izpusti NO_x v Sloveniji po letih in sektorjih.

5.2 Mejne, alarmne in kritične vrednosti

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [11] sta predpisani mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja in kritična vrednost za zaščito vegetacije. Prikazane so v tabeli 5.1.

Tabela 5.1: Mejni, kritični in alarmna vrednost za dušikove okside.

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost	Dovoljeno število preseganj
Mejna vrednost	Zdravje	1 ura	200 µg/m ³ NO ₂	18 ur na leto
Mejna vrednost	Zdravje	Koledarsko leto	40 µg/m ³ NO ₂	
Alarmna vrednost	Zdravje	1 Ura	400 µg/m ³ NO ₂	
Kritična vrednost	Vegetacija	Koledarsko leto	30 µg/m ³ NO _x	

5.3 Ravni onesnaženosti

Letna mejna vrednost NO₂ 40 µg/m³, ki je predpisana za zaščito zdravja, je bila v letu 2013 presežena le na merilnem mestu Ljubljana Center ob križišču Tivolska - Vošnjakova. Urna mejna vrednost NO₂ 200 µg/m³ ni bila presežena na nobenem merilnem mestu in tako tudi ne alarmna vrednost (tabela 5.2).

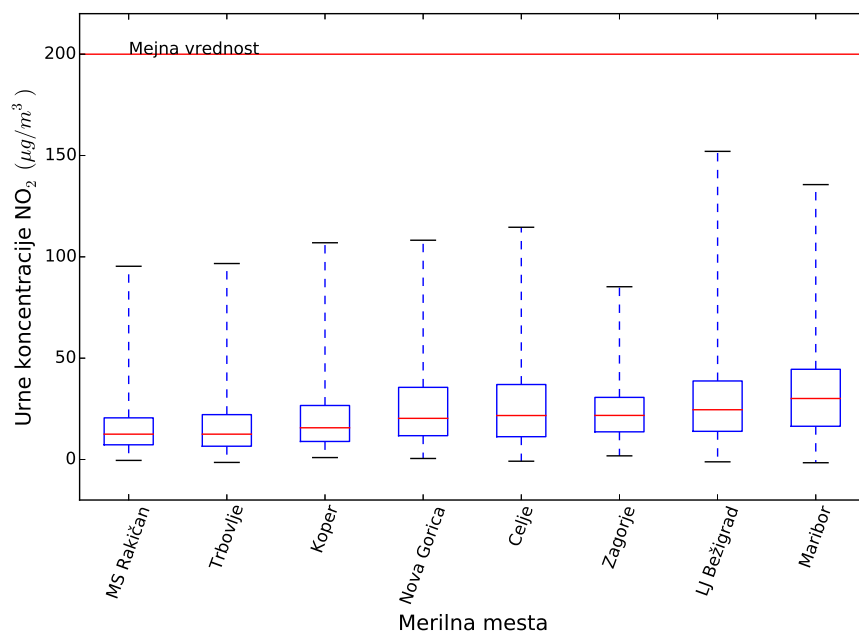
Za zaščito vegetacije je predpisana kritična letna vrednost NO_x 30 µg/m³, ki se uporablja za ne izpostavljena ruralna merilna mesta. V DMKZ med ruralna merilna mesta uvrščamo Rakičan pri Murski Soboti in Iskrbo. V dopolnilni merilni mreži pa v to skupino sodijo vsa merilna mesta z izjemo merilnih mest Ljubljana Center, AMP Gaji v Celju in Maribor Vrbanški plato. Na nobenem ruralnem merilnem mestu kritična vrednost za NO_x ni bila presežena (tabela 5.2).

Porazdelitev urnih koncentracij NO₂ na merilnih mest DMKZ je prikazan na sliki 5.2. Tudi najvišje izmerjene urne vrednosti so opazno pod mejno urno vrednostjo, ki je lahko po zakonodaji presežena 18 krat v enem letu.

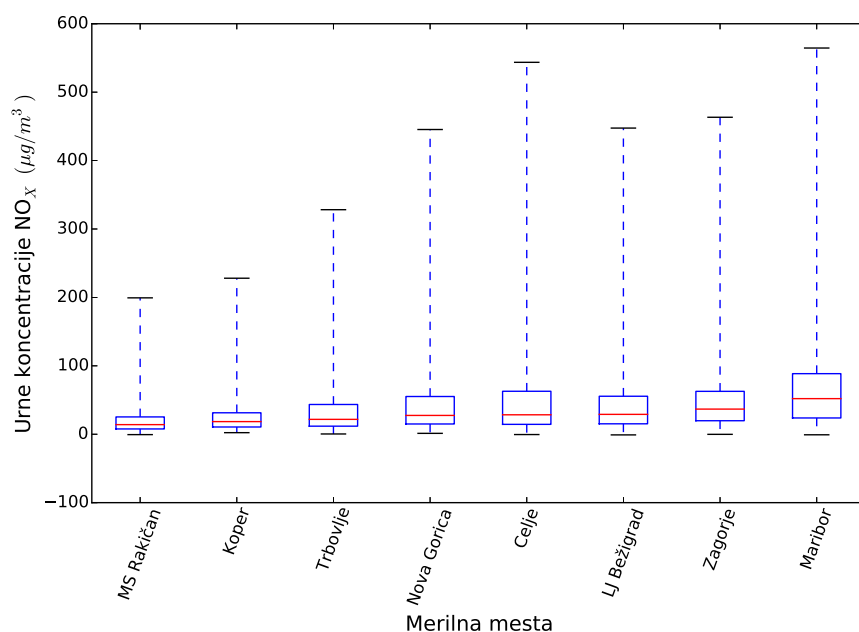
Koncentracije NO₂ imajo značilen letni in dnevni hod. Najnižje koncentracije so bile izmerjene v poletnih mesecih, ko so vremenske razmere za razredčevanje izpustov ugodnejše. V tem obdobju so manjši tudi izpusti dušikovih oksidov zaradi zmanjšane prometa (dopusti, počitnice, večja uporaba koles) na območju urbanih merilnih mest. Koncentracije NO₂ pa so najvišje pozimi, ko je ozračje najbolj stabilno in najslabše prevetreno, izpusti pa nekoliko višji kot poleti (v tabelah 5.3, 5.5 in 5.4 in na sliki 5.5). Tudi dnevni hod kaže, da so najnižje koncentracije izmerjene ponoči, čez dan pa so koncentracije višje (slika 5.4). Zjutraj in popoldne se pojavljata dve obdobji višjih koncentracij zaradi povečanih izpustov dušikovih oksidov ob jutranji in popoldanski prometni konici. Na sliki 5.4 lahko opazimo razliko med delavniki, ko so koncentracije višje zaradi intenzivnejšega prometa, ter ob koncih tedna in prazniki.

Tabela 5.2: Razpoložljivost podatkov (% pod), povprečne letne (C_p), maksimalne letne (max) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) število preseganj mejne (>MV) in alarmne (>AV) vrednosti za NO₂ in razpoložljivost podatkov (% pod) in povprečne letne vrednosti za NO_x (C_p) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na stalnih merilnih mestih v Sloveniji v letu 2013.

Merilno mesto	varovanje zdravja NO ₂				varovanje rastlin NO _x		
	%pod	C_p	max	>MV	>AV	%pod	C_p
Merilna mreža DMKZ							
Ljubljana Bežigrad	93	29	152	0	0	93	46
Maribor Center	92	32	136	0	0	92	65
Celje	96	26	115	0	0	97	51
Murska Sobota Rakičan	97	16	95	0	0	98	21
Nova Gorica	93	25	108	0	0	93	45
Trbovlje	97	16	97	0	0	98	34
Zagorje	97	23	85	0	0	98	48
Koper	99	21	107	0	0	99	26
Iskrba	100	2					
Dopolnilna merilna mreža							
TE-TO Ljubljana							
Vnajnarje	96	8	149	0	0	95	9
Lafarge cement							
Zelena trava	98	16	107	0	0	98	26
TE Šoštanj							
Zavodnje	95	8	93	0	0	99	10
Škale	95	9	64	0	0	100	10
TE Trbovlje							
Kovk	96	12	86	0	0	96	15
Dobovec	97	14	95	0	0	97	16
TE Brestanica							
Sv. Mohor	97	6	49	0	0	97	7
OMS - MOL							
Ljubljana Center	99	43	144	0	0	98	84
MO Celje							
AMP Gaji	96	20	110	0	0	97	34
MO Maribor							
MB Vrbanski plato	94	14	100	0	0	94	18



Slika 5.2: Porazdelitev urnih koncentracij NO₂ na merilnih mestih DMKZ v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 5.3: Porazdelitev urnih koncentracij NO_x na merilnih mestih DMKZ v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

Meritve kažejo, da povprečne koncentracije dušikovega dioksida zadnjih dvanajst let nekoliko upadajo (slika 5.7). Padec ni enakomeren, saj se koncentracije z leti nekoliko spreminjajo, predvsem zaradi meteoroloških pogojev. Ob toplejših zimah z več vetra in padavin, ter 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 5.6 in sliki 5.7.

Tabela 5.3: Povprečne mesečne koncentracije NO₂ (μg/m³) v letu 2013.

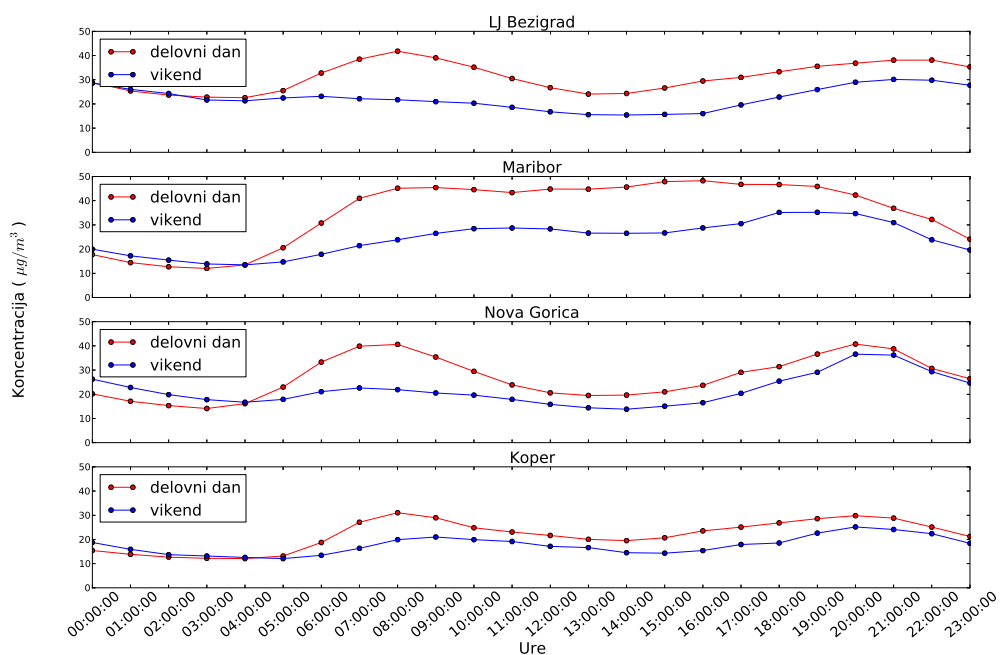
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	38	41	32	27	22	19	20	21	22	25	29	48
Maribor Center	55	32	36	30	24	27	32	31	29	34	29	40
Celje	41	44	34	22	12	12	14	18	24	27	30	38
MS Rakičan	28	28	19	16	11	12	11	10	11	8	12	21
Nova Gorica	38	33	31	24	18	17	17	17	19	21	25	40
Trbovlje	21	22	17	14	9	9	10	10	10	18	20	29
Zagorje	30	28	23	20	15	21	18	21	21	23	26	35
Koper	34	22	22	21	12	14	14	15	15	16	23	38
MB Vrbanski plato	28	19	18	12	8	7	7	5	6	11	18	28
Zavodnje	14	9	8	4	3	5	8	7	6	8	9	16
Škale	18	13	10	6	5	6	5	4	5	10	8	13
Kovk	13	10	9	8	6	9	9	11	9	17	19	31
Dobovec	9	5	4	4	8	9	8	10	23	26	35	34
Sv. Mohor	14	10	6	2	4	4	4	4	5	6	8	14
LJ Center	52	61	58	44	37	35	36	38	39	41	35	48
Vnajnarje	14	11	10	8	7	6	3	4	6	8	9	16
Zelena trava	17	12	14	15	12	13	18	23	21	16	17	22
AMP Gaji	33	43	33	25	15	7	10	13	13	13	14	28

Tabela 5.4: Maksimalne urne koncentracije NO₂ (μg/m³) po mesecih v letu 2013

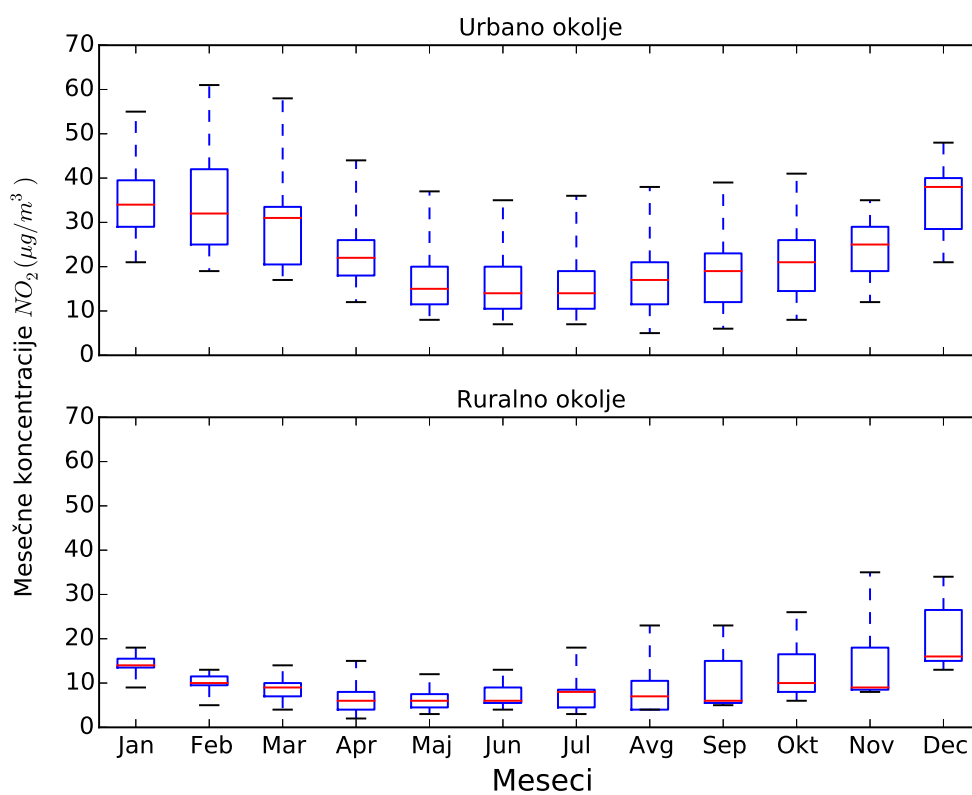
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	97	104	110	91	94	57	74	80	61	85	94	152
MB Center	104	93	115	111	69	91	136	95	71	109	95	93
Celje	100	106	115	75	59	57	49	64	85	88	104	114
MS Rakičan	95	92	93	87	38	61	42	39	47	40	67	68
Nova Gorica	104	104	96	85	79	76	66	72	71	53	90	108
Trbovlje	61	62	60	58	42	53	46	42	31	67	97	87
Zagorje	65	70	62	60	44	64	61	71	62	65	70	85
Koper	86	76	90	95	53	68	61	68	65	64	94	107
MB Vrbanski pl.	100	75	64	53	37	29	29	26	35	54	64	72
Vnajnarje	51	40	41	21	19	31	18	33	40	33	41	149
Zavodnje	64	55	48	27	19	78	82	89	68	48	43	94
Škale	48	42	38	41	30	50	60	64	42	59	39	58
Kovk	41	38	44	40	29	30	42	44	56	86	60	76
Dobovec	49	21	31	16	36	46	42	53	77	87	96	89
Sv. Mohor	48	28	34	26	18	16	25	16	19	34	36	49
LJ Center	130	120	144	109	96	91	88	115	106	112	107	142
AMP Gaji	87	101	110	85	54	45	38	58	41	44	58	77
Zelena trava	97	34	57	83	57	61	55	108	81	72	48	51

Tabela 5.5: Povprečne mesečne koncentracije NO_x (μg/m³) v letu 2013

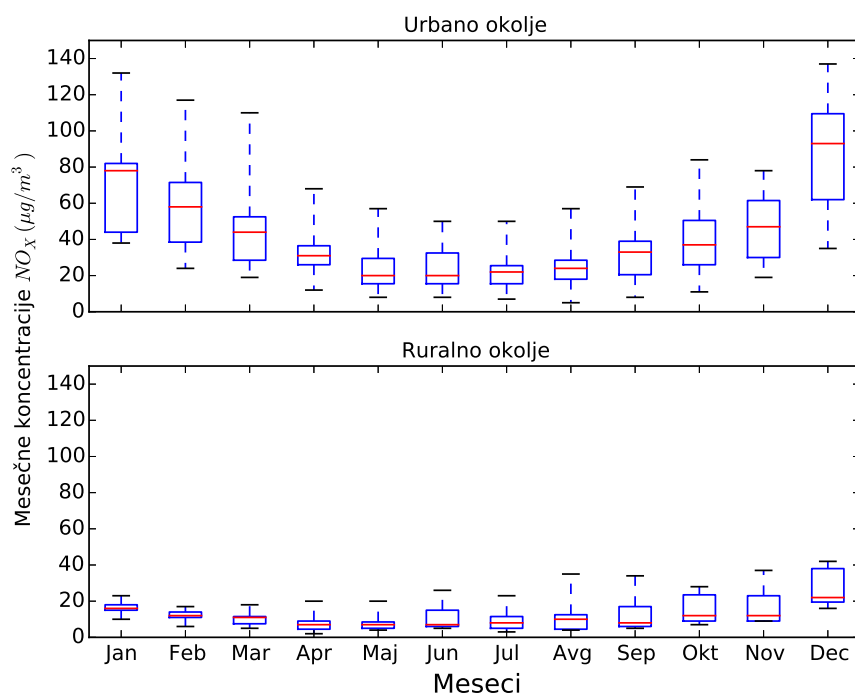
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	82	66	44	33	27	23	24	26	30	41	48	110
MB Center	132	71	66	49	42	44	50	50	59	79	75	109
Celje	82	79	57	31	18	17	20	24	41	53	67	125
MS Rakičan	41	38	22	19	13	14	11	11	13	11	19	35
Nova Gorica	82	58	48	35	28	24	22	23	33	37	47	95
Trbovlje	44	39	29	25	20	20	23	24	36	35	43	74
Zagorje	78	57	43	38	31	41	27	31	37	48	56	93
Koper	44	26	28	27	15	17	16	17	19	21	30	54
MB Vrbanski pl.	38	24	19	12	8	8	7	5	8	14	23	46
Zavodnje	16	11	9	5	4	6	10	10	8	10	12	22
Škale	20	16	12	7	6	6	6	5	6	12	9	19
Kovk	15	12	11	9	7	20	13	14	10	19	22	39
Dobovec	10	6	5	4	9	10	8	11	24	28	37	37
Sv. Mohor	16	11	6	2	4	5	4	4	5	7	9	16
LJ Center	123	117	110	68	57	50	49	57	69	84	78	137
Vnajnarje	15	12	11	9	8	7	3	4	6	8	9	20
Zelena trava	23	17	18	20	20	26	23	35	34	28	24	42
AMP Gaji	58	72	46	31	16	11	15	19	22	31	30	70



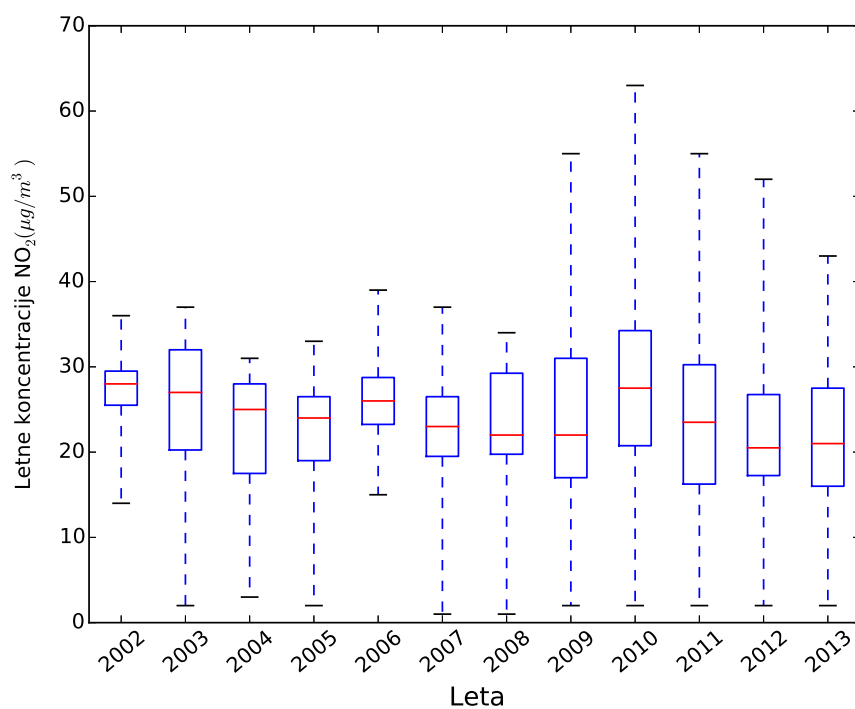
Slika 5.4: Urni potek koncentracij NO₂ na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2013.



Slika 5.5: Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij NO₂ na urbanih in ruralnih merilnih mestih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 5.6: Porazdelitev povprečnih mesečnih koncentracij NO_x na merilnih mestih v urbanem in ruralnem okolju v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



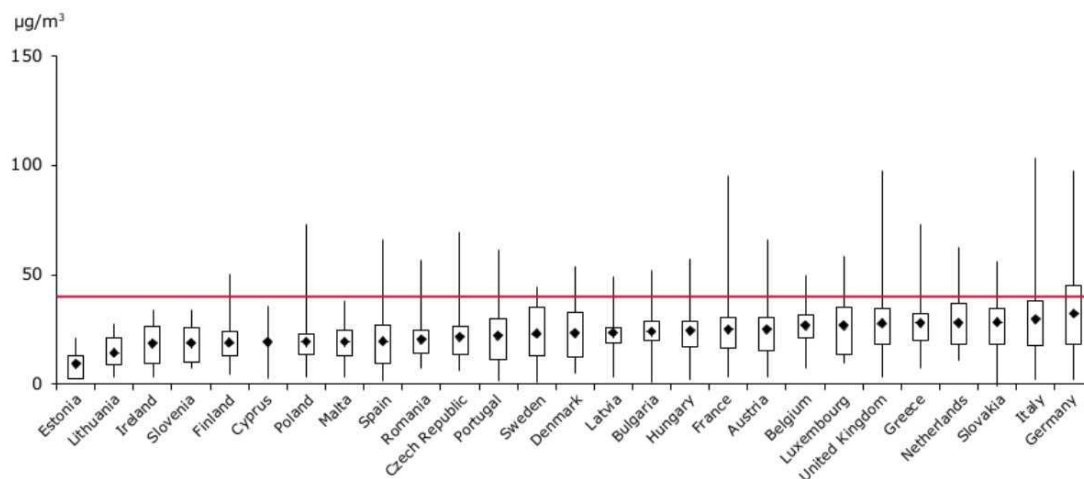
Slika 5.7: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij NO₂ na vseh merilnih mestih za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

Tabela 5.6: Povprečne letne koncentracije NO₂ (µg/m³) v letih 1992-2013.

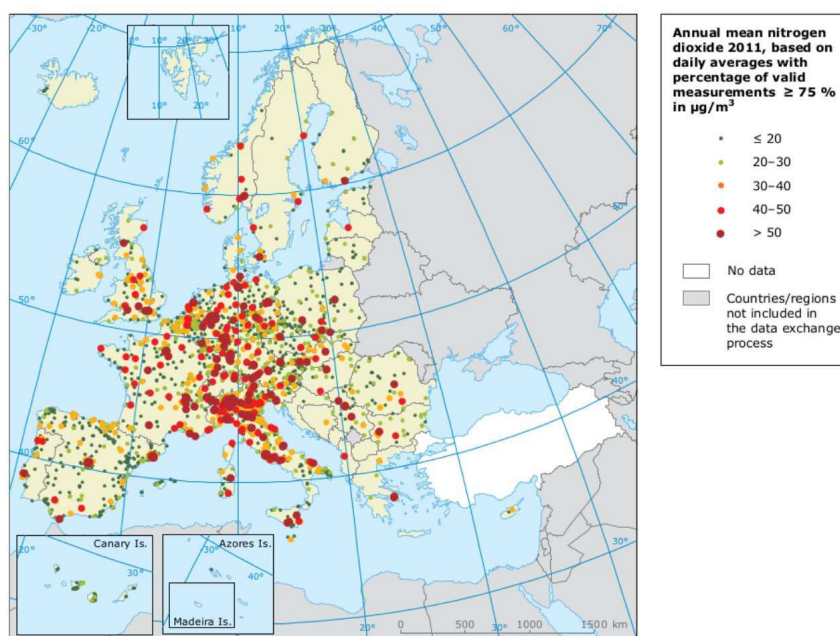
Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
LJ Figovec	49	47	41	38	39	36	42	49	38	36	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	32	29	27	29	28	29	31	35	31	22	29	29
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/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

5.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Raven onesnaženosti zraka z NO₂ je v Sloveniji med najnižjimi v Evropski uniji. To je razvidno iz slike 5.8, ki kaže skladnost z letno mejno vrednostjo. V letih 2012 in 2013 je bila raven onesnaženosti z NO₂ v Sloveniji še nižja kot leta 2011, kar je razvidno iz slike 5.7. Mejne letne vrednosti so v EU presežene predvsem v velikih mestih Italije, Nemčije in Nizozemske (slika 5.8).



Slika 5.8: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z NO₂ v Evropski Uniji v letu 2011. Graf prikazuje povprečne letne koncentracije NO₂ 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 5.9: Povprečna letna koncentracija NO₂ na merilnih mestih v EU (označeno s krogci). Z barvo je prikazan razred v katerega spada merilno mesto glede na povprečno letno koncentracijo.

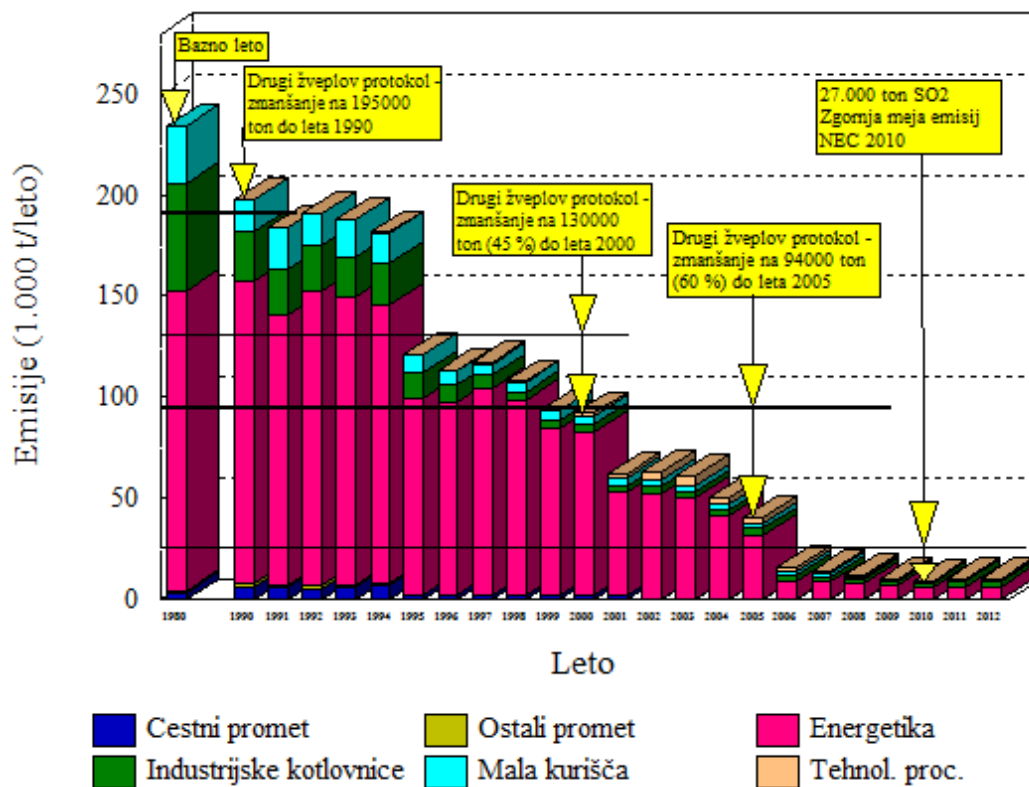
6. Žveplov dioksid

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.

6.1 Izpusti

Največji viri žveplovega dioksida so energetika, industrijske kotlovnice in tehnološki procesi. Letni izpusti SO₂ v Sloveniji so leta 2012 znašali 10,18 tisoč ton. V primerjavi z letom 1980 (izhodiščno leto za žveplov protokol) so se zmanjšali za 96%. Največji delež k skupnim izpustom SO₂ v letu 2012 prispevajo termoelektrarne in toplotarne, in sicer 64%. Emisije SO₂ po sektorjih so prikazane na sliki 6.1.

Obveznost Slovenije glede na Göteborgskem protokolu in NEC direktivo [20] je, da po letu 2009 skupni izpusti SO₂ ne smejo presegati 27 tisoč ton. Skupna emisija SO₂ v letu 2012 je bila za 62 % nižja od vrednosti, kot je predpisuje NEC direktiva.

Slika 6.1: Izpusti SO₂ v Sloveniji po letih in sektorjih.

6.2 Mejne vrednosti

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [11] sta predpisani mejni in alarmna vrednost za zaščito zdravja in kritični vrednosti za zaščito vegetacije. Prikazane so v tabeli 6.1.

Tabela 6.1: Mejni, kritični in alarmna vrednosti za žveplov dioksid.

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

6.3 Ravni onesnaženosti

Povprečne letne in dnevne koncentracije žveplovega dioksida so na območju večine ozemlja Slovenije zelo nizke, pretežno pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Urne koncentracije so tudi v večjem delu države pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Na merilnih mestih okoli termoelektrarn Šoštanj in Trbovlje pa so bili v letu 2013 štirje primeri, ko je koncentracija presegla urno mejno vrednost, alarmna vrednost pa ni bila nikjer presežena. Podatki so zbrani v tabeli 6.2.

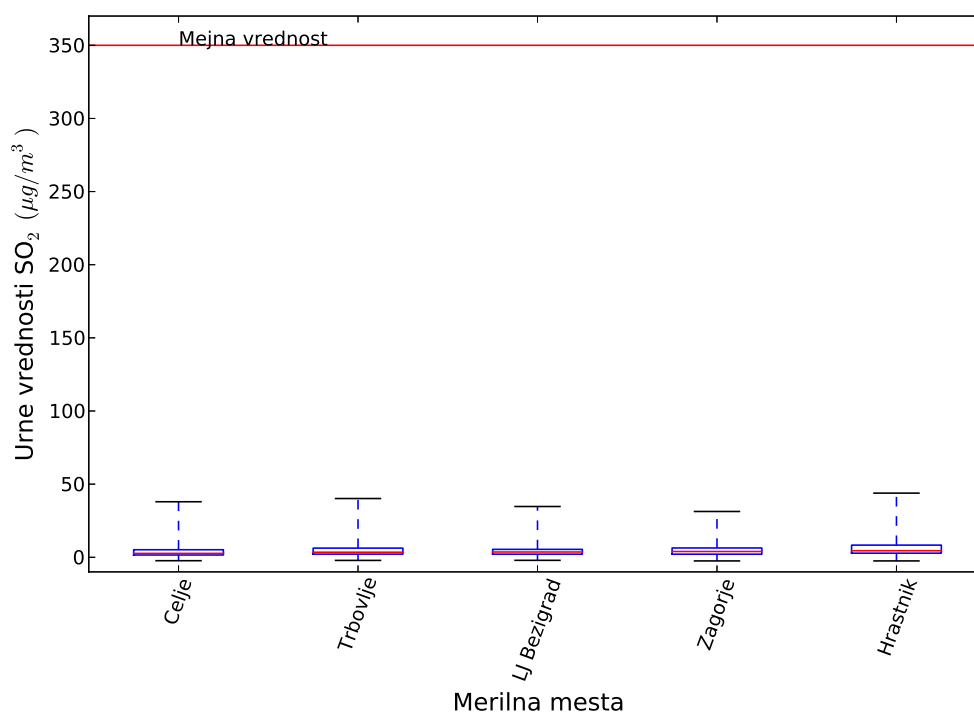
Koncentracije žveplovega dioksida so pozimi sicer nekoliko višje kot poleti, kar lahko vidimo iz

tabel 6.3, 6.4 in 6.5, vendar še vedno veliko pod mejnimi vrednostmi.

Tabela 6.2: Povprečne letne in zimske koncentracije (C_p), najvišje dnevne (C_{max}) in najvišje urne (C_{max}) koncentracije ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ter število preseženih dnevnih ($>MV$) in urnih mejnih ($>MV$) vrednosti in število preseženih alarmnih vrednosti ($>AV$) za posamezna merilna mesta v letu 2013.

Merilno mesto	%pod	Leto		1 ura		3 ure	1 dan	
		Zima	C_p	C_{max}	$>MV$	$>AV$	C_{max}	$>MV$
Ljubljana Bežigrad	90	4	4	41	0	0	13	0
Celje	96	4	7	43	0	0	15	0
Trbovlje	98	4	8	40	0	0	15	0
Zagorje	93	5	3	31	0	0	13	0
Hrastnik	97	6	7	44	0	0	19	0
Iskrba	99	0.4					5	0
Merilna mreže EIMV								
OMS - MOL								
Ljubljana Center	97	2		20	0	0	6	0
MO Celje								
AMP Gaji	90	6		55	0	0	20	0
TE-TO Ljubljana								
Zelena trava	97	7		318	0	0	26	0
Vnajnarje	93	3		63	0	0	16	0
TE Šoštanj								
Šoštanj	99	4		216	0	0	41	0
Topolšica	100	2		92	0	0	12	0
Zavodnje	99	5		388	1	0	51	0
Veliki vrh	99	4		415	1	0	37	0
Graška gora	99	3		53	0	0	14	0
Velenje	99	1		60	0	0	5	0
Pesje	99	4		96	0	0	18	0
Škale	99	7		67	0	0	25	0
TE Trbovlje								
Kovk	99	8		681	2	0	65	0
Dobovec	98	7		343	0	0	58	0
Kum	97	5		115	0	0	19	0
Ravenska vas	96	9		157	0	0	30	0
TE Brestanica								
Sv. Mohor	96	4		46	0	0	14	0

Raven onesnaženosti zunanjega zraka z žveplovim dioksidom se je od začetka meritev leta 1992 do leta 2013 močno znižala. Podatkov o koncentracijah SO_2 iz preteklosti je veliko, saj smo meritve izvajali na 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 6.6, 6.7, 6.8. Znatno znižanje koncentracije (slika 6.3 in tabela 6.6) je posledica zmanjšanja izpustov (slika 6.1). 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 večje razlike med posameznimi leti, ki so odvisne od obratovanja naprav in vremenskih razmer. Posebej so očitna močnejša znižanja koncentracij po izgradnji odžveplovalnih naprav na posameznih blokih.



Slika 6.2: Porazdelitev urnih koncentracije SO₂ na merilnih mestih DMKZ v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

Tabela 6.3: Povprečne mesečne koncentracije SO₂ (µg/m³) v letu 2013.

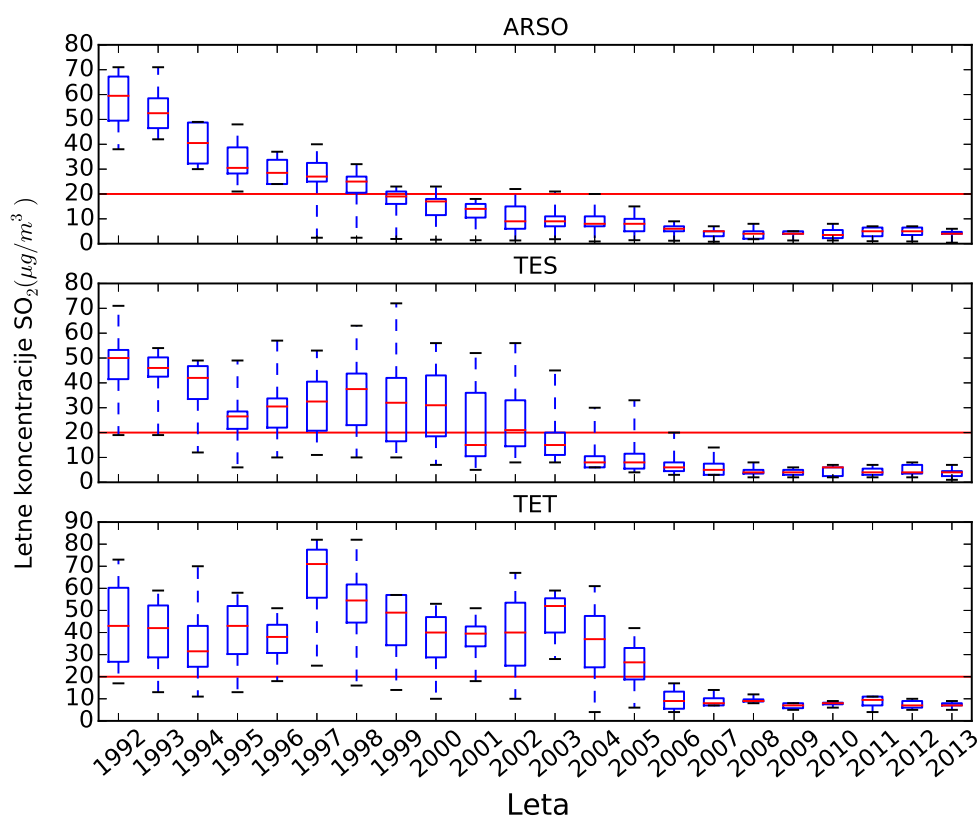
Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	4	3	6	4	2	4	3	5	5	6	3	3
Celje	9	7	4	3	2	2	2	2	3	2	4	6
Trbovlje	8	9	6	3	2	2	3	3	3	6	4	5
Zagorje	5	5	5	5	3	1	3	7	3	6	6	5
Hrastnik	8	11	9	8	3	3	4	6	3	3	4	5
Šoštanj	4	3	5	4	2	4	5	6	1	5	2	4
Topolšica	4	2	2	2	2	2	4	4	3	2	1	2
Veliki vrh	9	9	3	2	0	4	3	5	2	3	6	5
Zavodnje	6	4	3	2	4	8	8	7	4	3	4	4
Graška gora	2	3	2	3	5	1	2	3	4	2	4	6
Velenje	1	1	1	1	1	1	2	1	0	1	1	2
Pesje	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5
Škale	11	11	6	7	7	3	8	7	6	6	5	7
Kovk	9	10	9	10	8	6	10	3	9	9	10	8
Dobovec	7	6	6	4	4	8	7	7	8	9	7	11
Kum	5	5	10	3	7	2	6	3	4	6	3	3
Ravenska vas	6	10	6	8	8	4	9	14	11	13	8	10
Sv. Mohor	7	6	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4
LJ Center	2	1	2	4	2	3	3	2	2	1	2	2
Vnajnarje	5	5	4	2	2	4	3	4	5	2	1	4
Zelena trava	4	5	6	2	4	6	9	12	13	11	6	8
AMP Gaji	16	8	7	8	6	3	3	4	1	3	4	5

Tabela 6.4: Najvišje urne koncentracije SO₂ (µg/m³) v letu 2013.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	15	15	19	12	9	11	13	18	17	26	19	41
Celje	37	43	21	28	20	9	10	23	27	17	21	18
Trbovlje	27	40	32	14	6	9	27	31	21	25	18	31
Zagorje	17	21	15	18	6	9	31	25	17	30	24	31
Hrastnik	19	25	44	16	8	9	42	30	32	19	29	29
Vnajnarje	53	46	17	44	63	16	18	21	22	28	63	56
Šoštanj	54	54	86	22	47	61	138	216	118	70	47	54
Topolšica	23	11	66	21	16	18	56	92	40	25	16	17
Zavodnje	49	34	56	14	20	388	48	58	91	29	20	97
Veliki vrh	147	58	195	23	70	415	127	163	78	68	70	47
Graška gora	18	36	19	18	19	6	8	33	11	7	19	53
Velenje	4	16	18	49	9	4	18	60	11	19	9	8
Pesje	19	16	53	18	15	23	54	96	37	36	15	26
Škale	28	41	58	54	30	29	59	67	38	63	30	43
Kovk	681	63	67	354	35	11	25	41	53	26	35	108
Dobovec	343	67	95	18	41	17	70	183	138	280	41	174
Kum	115	39	50	13	24	8	27	22	25	29	24	83
Ravenska vas	23	45	47	77	72	11	50	157	51	69	72	58
Sv. Mohor	20	19	15	23	21	13	16	46	17	16	21	12
LJ Center	11	8	8	12	9	10	17	13	9	20	9	13
AMP Gaji	55	17	36	29	21	17	19	27	11	16	21	22
Zelena trava	18	23	26	24	39	8	75	98	86	75	39	318

Tabela 6.5: Maksimalne dnevne koncentracije SO₂ (µg/m³) po mesecih v letu 2013

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
LJ Bežigrad	7	10	10	7	4	7	5	8	10	10	6	13
Celje	12	15	7	5	4	4	5	5	6	5	9	9
Trbovlje	14	15	12	6	4	3	7	7	6	9	8	10
Zagorje	9	11	9	8	4	4	5	12	9	10	13	12
Hrastnik	12	19	14	13	5	6	8	10	6	7	13	10
Vnajnarje	14	10	7	4	4	11	6	8	9	16	5	14
Šoštanj	7	14	13	6	3	13	22	41	13	18	7	21
Topolšica	8	4	9	5	3	4	12	10	7	5	4	7
Zavodnje	17	10	11	5	7	51	16	18	12	9	8	15
Veliki vrh	37	16	13	6	1	20	11	22	11	14	22	13
Graška gora	8	8	7	7	9	2	4	8	8	3	10	14
Velenje	2	2	2	4	3	2	4	5	2	4	3	5
Pesje	8	7	9	6	7	6	13	18	8	6	6	11
Škale	16	18	13	16	15	11	19	20	11	25	15	22
Kovk	50	18	24	65	14	9	16	9	23	15	13	23
Dobovec	37	17	19	8	10	12	20	19	21	32	15	58
Kum	15	14	19	7	10	4	9	9	8	11	14	10
Ravenska vas	16	24	15	18	12	6	21	30	20	26	20	19
Sv. Mohor	9	14	7	10	5	6	6	10	8	8	10	5
LJ Center	4	2	4	5	5	4	5	5	4	6	4	5
AMP Gaji	20	10	9	10	9	5	5	7	3	4	7	8
Zelena trava	8	7	8	8	6	7	17	24	18	24	12	26



Slika 6.3: Porazdelitev povprečnih letnih koncentracij SO_2 na merilnih mestih ARSO-DKMZ in merilnih mest v okolici TEŠ in TET za posamezna leta. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

Tabela 6.6: Povprečne letne koncentracije ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) SO_2 za obdobje 1992 – 2013. Koncentracije, ki presegajo mejno vrednost, so napisane v krepki pisavi.

Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
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
LJ center	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	5	4	4	2
MB center	47	42	30	28	24	23	18	17	13	10	8	9	8	8	5	3	2	5	/	3	4	/
Celje	57	54	49	32	24	27	23	19	17	15	10	10	11	9	7	5	5	5	6	6	7	4
Trbovlje	69	71	49	48	37	40	32	23	18	14	15	16	9	15	7	3	2	5	3	7	7	4
Hrastnik	62	51	32	29	24	27	25	21	23	17	22	8	15	10	9	6	5	4	4	5	5	6
Zagorje	71	60	48	41	34	31	27	21	18	18	16	21	20	12	6	5	4	/	8	7	3	5
Nova Gorica	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6	7	7	7	7	7	8	4	/	/	/	/
MS Rakičan	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	5	5	5	6	5	6	/	/	/	/	/
Iskrba	/	/	/	/	/	2,4	2,4	1,9	1,6	1,4	1,3	1,8	0,9	1,4	1,2	0,8	1,8	1,3	1,3	1	0,9	0,4
Zelena trava	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5	7
Šoštanj	49	48	38	29	34	29	44	42	52	51	43	24	13	11	8	9	6	4	7	5	7	4
Topolščica	54	51	32	20	20	18	20	17	18	11	15	16	6	5	4	3	2	3	3	3	3	2
Veliki Vrh	71	54	49	49	57	53	63	72	56	52	56	45	30	33	20	14	8	5	6	6	7	4
Zavodnje	51	44	46	26	33	42	43	42	31	21	23	15	8	12	8	6	3	6	6	4	4	5
Velenje	19	19	12	6	10	11	10	10	7	5	8	8	6	4	5	3	4	2	2	3	4	1
Graška Gora	39	42	47	27	28	36	32	32	34	15	21	10	6	6	6	5	4	3	2	2	2	3
Škale	/	/	/	/	/	/	/	16	19	10	14	12	8	8	3	3	4	5	6	7	8	7
Kovk	73	59	70	58	35	76	55	57	53	40	10	52	61	30	12	9	12	8	8	11	10	8
Dobovec	30	50	29	36	41	66	54	41	35	39	40	28	31	23	6	7	8	6	6	8	7	7
Kum	17	13	11	13	18	25	16	14	10	18	/	/	4	6	4	7	9	5	8	4	6	5
Ravenska Vas	56	34	34	50	51	82	82	57	45	51	67	59	43	42	17	14	9	8	9	11	9	9
Vnajnarje	/	/	/	/	19	19	18	14	6	7	8	10	/	8	4	4	3	/	3	3	3	3
EIS Celje	/	/	/	26	24	28	27	22	20	6	/	8	5	3	1	/	/	/	/	/	/	6
EIS Krško	/	/	/	/	/	51	42	33	51	46	46	55	37	36	23	/	/	/	/	/	/	/
Sv. Mohor	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10	12	12	14	/	12	15	3	4	4

Tabela 6.7: Maksimalne urne koncentracije ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) SO_2 za obdobje 1992 – 2013. Koncentracije, ki presegajo mejno vrednost so napisane v krepki pisavi.

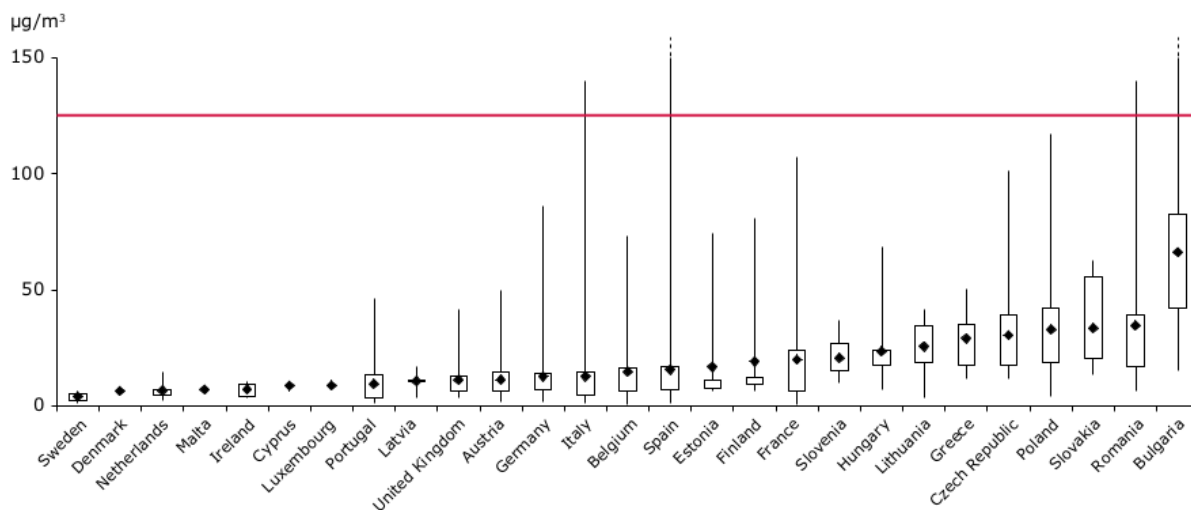
Merilno mesto	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
LJ Figovec	1328	1194	744	718	1009	919	796	520	128	468	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LJ Bežigrad	1257	1380	532	843	1198	1593	936	786	184	273	157	202	129	94	81	46	58	93	29	77	48	41
LJ center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

Tabela 6.8: Maksimalne dnevne koncentracije ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) SO_2 za obdobje 1992 – 2013. Koncentracije, ki presegajo mejno vrednost, so napisane v krepki pisavi.

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

6.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Raven onesnaženosti zunanjega zraka v EU je nizka v primerjavi z mejno vrednostjo. Izbran parameter za primerjavo je 99,18 percentil za merilna mesta, za katere so države članice poročale podatke. Slovenija je tako kot večina drugih evropskih držav nima problemov s preseganji mejnih vrednosti. Dnevne mejne vrednosti so bile presežene le v Italiji, Španiji, Romuniji in Bolgariji.



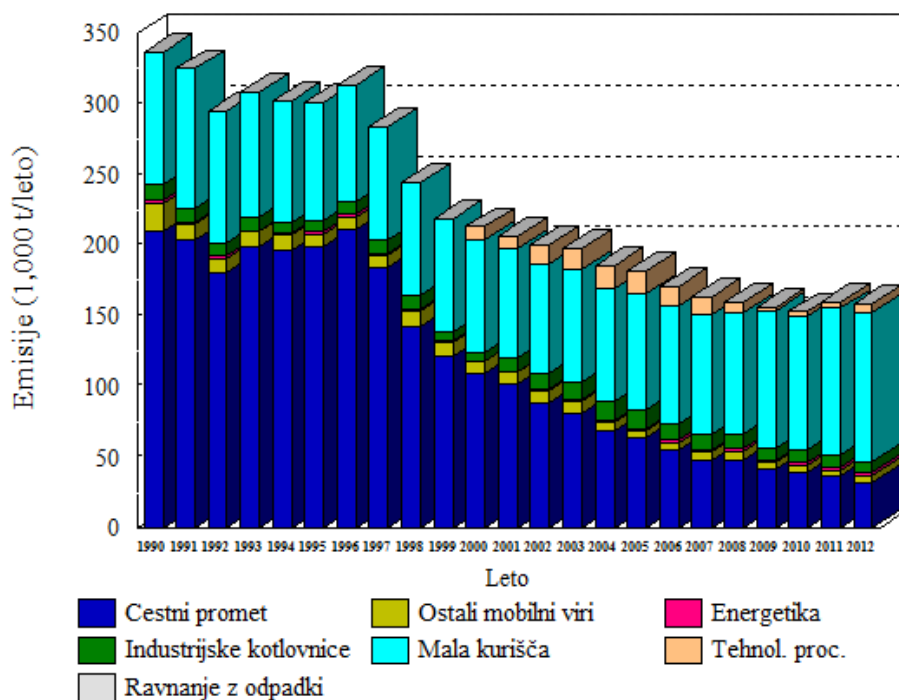
Slika 6.4: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z SO₂ v Evropski Uniji v letu 2011 [1]. Graf prikazuje četrto najvišjo izmerjeno koncentracijo (99,18 percentil) za postaje držav EU v primerjavi z dnevno mejno vrednostjo (rdeča črta). Prikazane so maksimalna in minimalna vrednost, oba kvarila in srednja vrednost četrte najvišje izmerjene koncentracije na merilnih mestih posamezne države.

7. 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 zunanega zraka z ogljikovim monoksidom je na merilnih mestih DMKZ že nekaj let pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

7.1 Izpusti

Letni izpusti CO v Sloveniji so leta 2012 znašali 158,6 tisoč ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 46%. Največji delež h skupnim izpustom CO v letu 2010 prispeva sektor mala kurišča, in sicer 66%. 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 7.1: Izpusti CO v Sloveniji po letih in sektorjih.

7.2 Mejne vrednosti

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka [11] je predpisana mejna vrednost za zaščito zdravja, prikazana je v tabeli 7.1.

Tabela 7.1: Mejna vrednost za ogljikov monoksid.

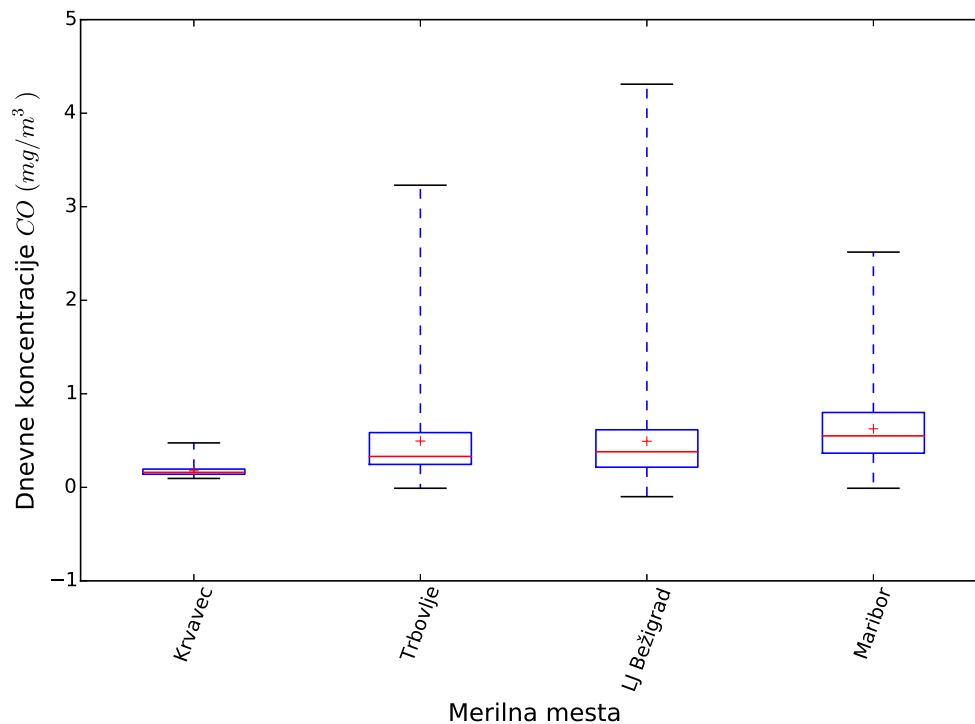
	Cilj	Čas mejenja	Vrednost
Mejna vrednost	Zdravje	8-urno povprečje	10 mg/m ³

7.3 Ravni onesnaženosti

Koncentracije ogljikovega monoksida so na območju večine ozemlja Slovenije zelo nizke. Predpisana je samo 8-urna mejna vrednost. Tudi najvišje vrednosti so bile na vseh merilnih mestih pod spodnjim ocenjevalnim pragom, kar vidimo iz tabele 7.2. Najvišje izmerjene 8-urne vrednosti so bile kar trikrat nižje od mejne vrednosti. Koncentracije se zadnjih 10 let niso bistveno spremenile.

Tabela 7.2: Izplen podatkov (%pod), povprečne letne koncentracije (C_p), najvišje 8-urna koncentracije (C_{max}) (mg/m³) ter število preseženih mejnih vrednosti za posamezna merilna DMKZ mesta v letu 2013.

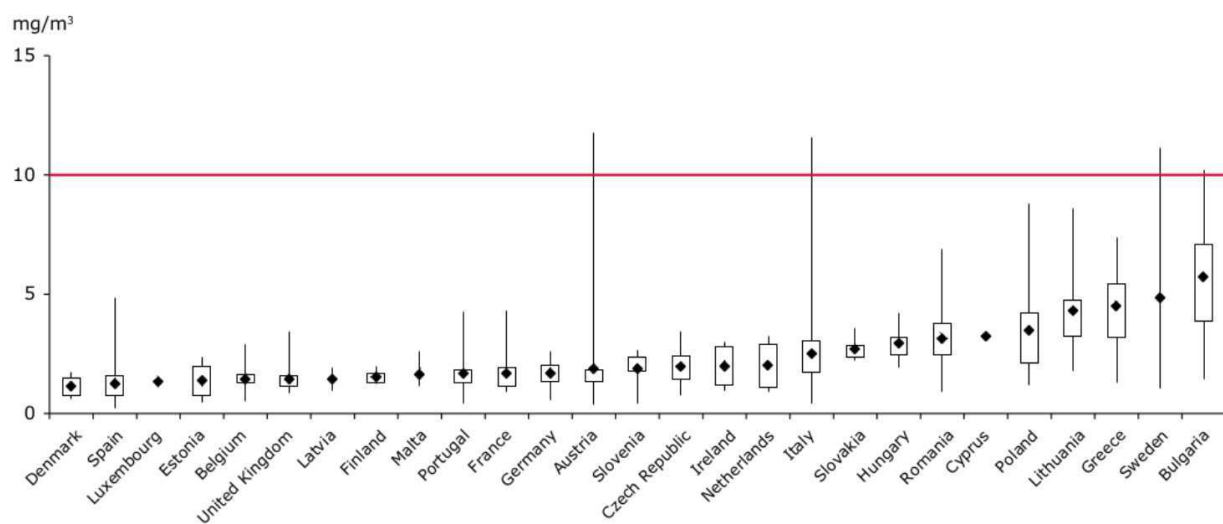
Merilno mesto	%pod	Varovanje zdravja		
		Leto	8 ur	
		C_p (mg/m ³)	C_{max} (mg/m ³)	MV
Ljubljana Bežigrad	79	0.5	3.5	0
Maribor	99	0.6	2.1	0
Trbovlje	98	0.5	2.8	0
Krvavec	96	0.3	0.5	0



Slika 7.2: Porazdelitev urnih koncentracije CO na merilnih mestih DMKZ v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. S + so označene povprečne letne koncentracije.

7.4 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Tudi v ostalih državah EU je raven onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom nizka. Le na posameznih merilnih mestih je bila mejna vrednost presežena. Slovenija je po onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom v povprečju držav članic EU.



Slika 7.3: Primerjava ravni onesnaženosti zraka z ogljikovim monoksidom v Evropski Uniji v letu 2011 [1].

Graf predstavlja maksimalno 8-urno povprečje za merilna mesta v državah EU v primerjavi z mejno vrednostjo (rdeča črta). Prikazane so maksimalna in minimalna vrednost, oba kvarila in srednja vrednost 8-urnih maksimalnih vrednosti za posamezne države. Križec označuje povprečno letno koncentracijo.

8. *Benzen in benzo(a)piren*

Benzen je policiklična aromatska spojina s formulo C_6H_6 . Je bistra, brezbarvna, lahkohlapna in zelo vnetljiva tekočina. Spada med nemetanske lahkohlapne 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.

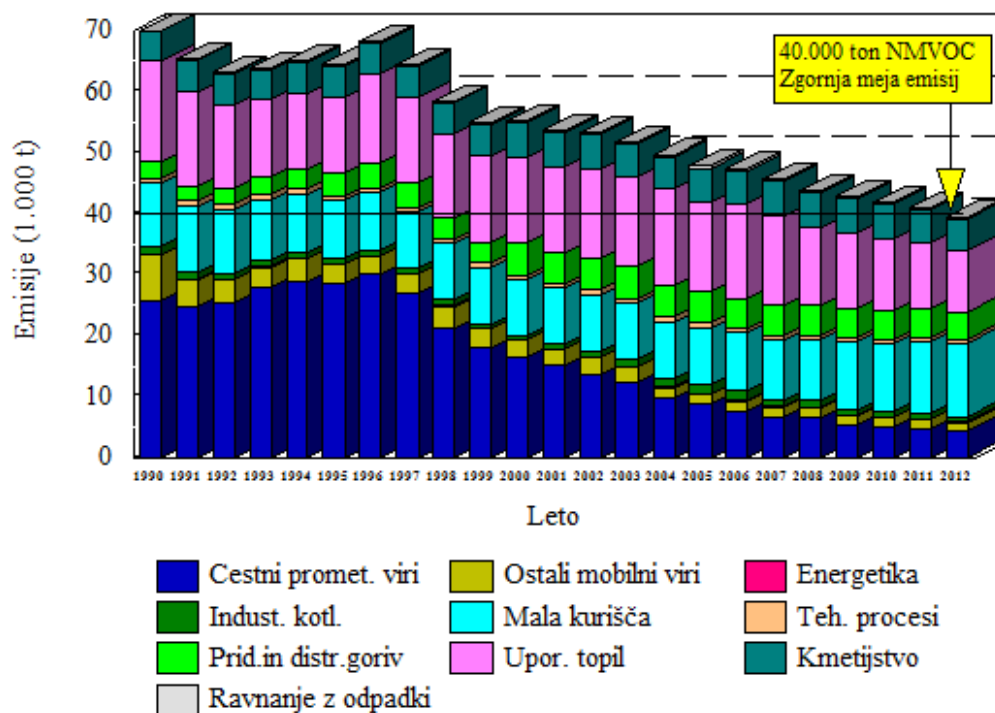
Benzen je dokaj stabilna spojina, ki lahko v ozračju ostane več dni in se zato lahko prenaša na daljše razdalje. V tem času se iz ozračja izloča s pomočjo fotokemičnih reakcij, ki vodijo do tvorbe ozona.

Glavni vir izpustov benzena je promet, zaradi nepopolnega izgorevanja in izhlapevanja goriv. Benzen se namreč uporablja kot dodatek k bencinu. Drugi viri benzena so še industrija nafte in plina ter dejavnosti, pri katerih se uporabljajo oziroma proizvajajo veziva, barve, topila. Vir benzena so tudi individualna kurišča, ki v zadnjem času za kurjenje uporabljajo vse več lesa in lesnih odpadkov. Naravni izvor benzena pa so vulkani in gozdni požari. Prisoten je tudi v cigaretnem dimu.

Benzo(a)piren je policiklična aromatska spojina s petimi obroči. Nastaja pri nepopolnem zgorevanju različnih goriv, tako fosilnega izvora kakor tudi biomase. Glavni vir tako predstavljajo izpusti zastarelih malih kurilnih naprav na trdna goriva, ki jih uporabljajo gospodinjstva in izpusti iz prometa. Benzo(a)piren je kancerogen. Prenatalna izpostavljenost je povezana z nizko porodno težo ter vpliva na kognitiven razvoj otrok.

8.1 Izpusti

Izpusti benzena se ne določajo kot posebna kategorija evidenc izpustov na nacionalnem nivoju. Zajeti so v kategorijo izpustov vseh nemetanskih lahkohlapnih ogljikovodikov, ki so prikazani na sliki 8.1.



Slika 8.1: Letni izpusti nemetanskih lahkih ogljikovodikov po sektorjih v Sloveniji.

8.2 Mejne vrednosti

Mejna vrednosti za benzen je predpisana v Uredbi o kakovosti zunanega zraka [11] ciljna vrednost za benzo(a)piren pa v Uredbi o arzenu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [13]. Prikazani sta v tabeli (8.1).

Tabela 8.1: Mejna vrednost za benzen in ciljna vrednost za benzo(a)piren.

onesnaževalo		cilj	čas povprečenja	vrednost
Benzen	mejna vrednost	zdravje	eno leto	$5(\mu\text{g}/\text{m}^3)$
Benzo(a)piren	ciljna vrednost	zdravje	eno leto	$1(\text{ng}/\text{m}^3)$

8.3 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. Mejne vrednosti so podane tabeli 8.1, izmerjene koncentracije pa v tabeli 8.2.

Povprečna letna koncentracija benzena je bila v celotnem obdobju meritev na obeh lokacijah pod mejno vrednostjo, od leta 2009 so bile vrednosti celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom, ki je $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tudi v Evropi so na večini merilnih mest letne koncentracije pod to vrednostjo. Mejna vrednost je bila v EU v letu 2011 presežena le na Češkem, Poljskem, v Italiji in Srbiji.

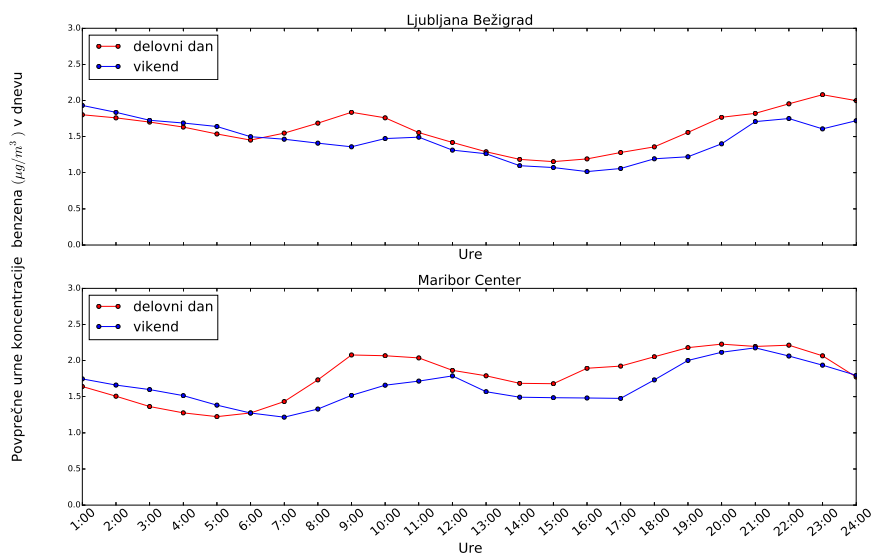
Slika 8.4 prikazuje urne koncentracije benzena po letih. V Ljubljani je bilo v vseh letih več kot polovica izmerjenih urnih vrednosti celo pod $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, v Mariboru pa so vrednosti malenkost višje.

Tabela 8.2: Izplen urnih podatkov (%pod) in povprečne letne koncentracije (C_p) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) benzena .

	% podatkov	C_p ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ljubljana Bežigrad	99	1.6
Maribor	100	1.8

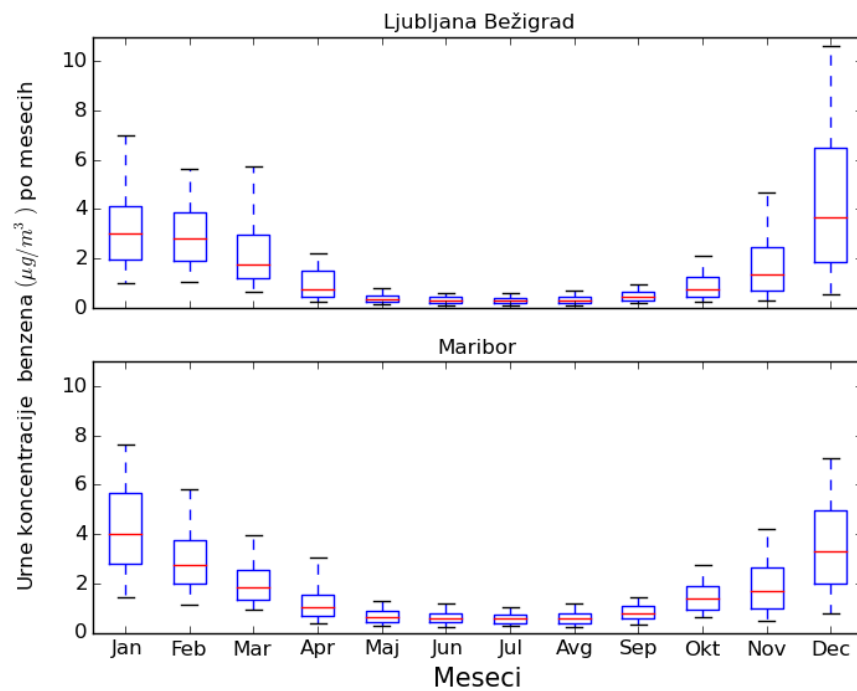
V letu 2009 je v Mariboru zaznati padec koncentracij benzena. V tem letu na tem merilnem mestu ni bilo meritev benzena januarja in februarja, ko so koncentracije benzena najvišje. Poleg tega se je v tem letu znatno zmanjšal promet v neposredni okolici merilnega mesta in rezultat tega je veliko znižanje koncentracij benzena.

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 8.3). Pri dnevnem hodu pa opazimo rahlo povišane koncentracije benzena v času jutranje prometne konice in ponoči (slika 8.2).

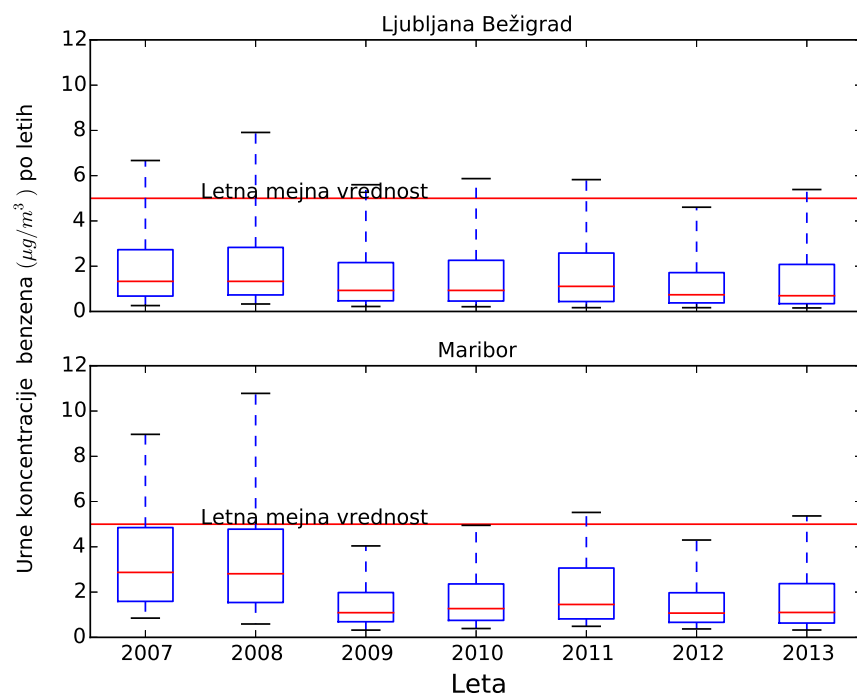
**Slika 8.2:** Urni potek koncentracij benzena v letu 2013 na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor.

Pregled izmerjenih vrednosti benzo(a)pirena v letu 2013 je prikazan na slikah 8.5 do 8.7. Meritve smo izvajali na treh merilnih mestih – Ljubljana Biotehnična fakulteta, Maribor Center in Iskrba. Letna ciljna vrednost je bila dosežena na merilnih mestih Ljubljana Biotehnična fakulteta in Maribor Center. Na merilnem mestu Ljubljana Biotehnična fakulteta je največja razlika med najvišjo izmerjeno vrednostjo in mediano (slika 8.5). Ocenjujemo, da so te vrednosti posledica izjemnih dogodkov povezanih z dejavnostjo v okolici merilnega mesta. Letni poteki koncentracij benzo(a)pirena (slika 8.6) 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 2013 kaže, da onesnaženost ostaja približno na istem nivoju (Slika 8.7).



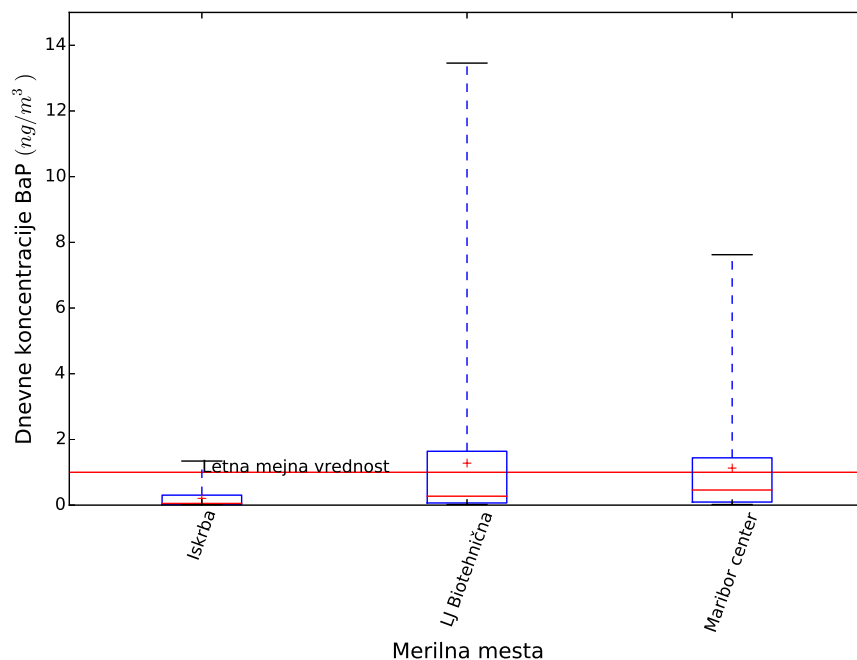
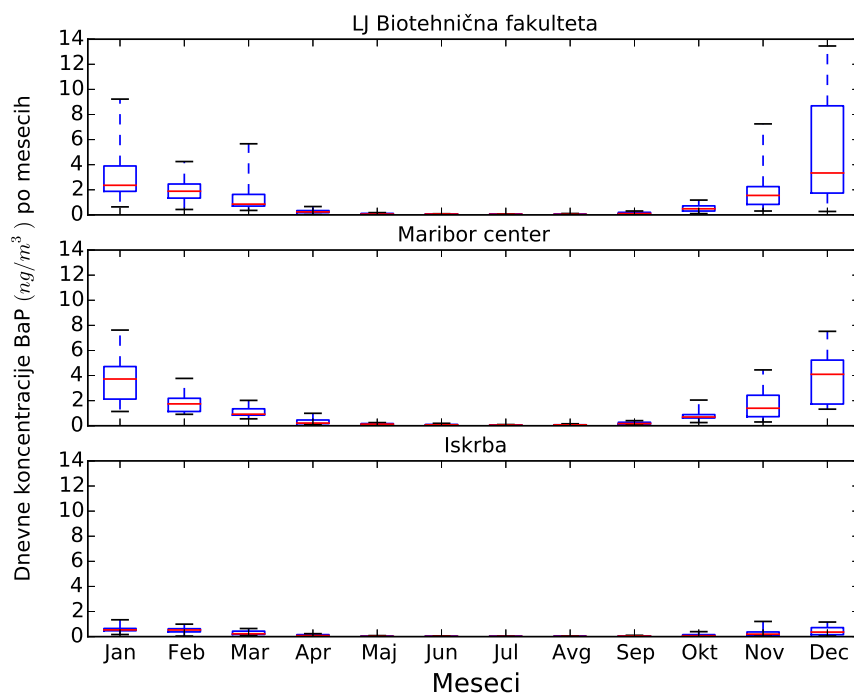
Slika 8.3: Porazdelitev urnih vrednosti po mesecih (percentili) v letu 2013. Prikazani so 5. in 95. percentil, oba kvartila in mediana.

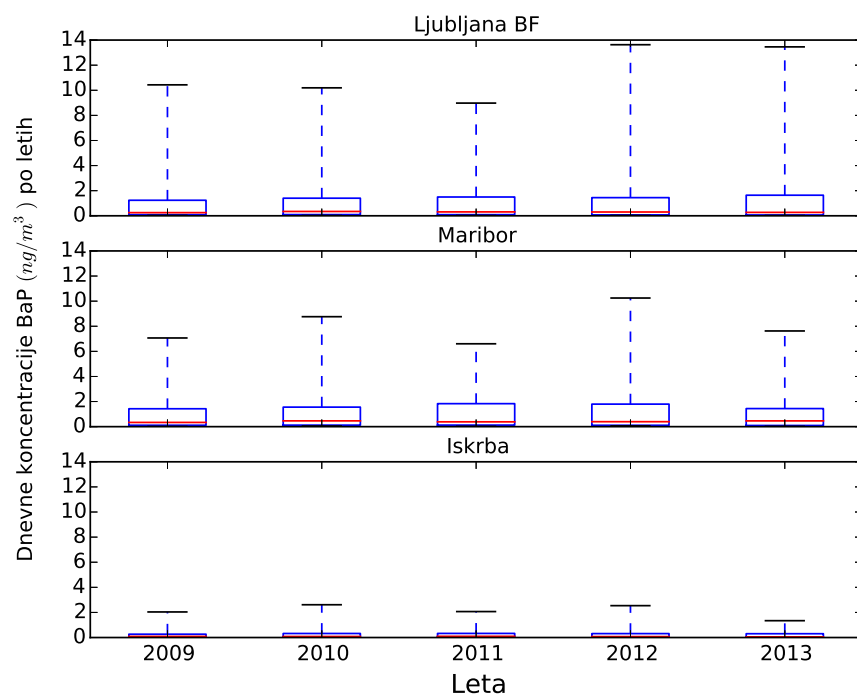


Slika 8.4: Porazdelitev urnih koncentracij benzena po letih na postajah Ljubljana Bežigrad in Maribor. Prikazani so 5 in 95 percentil, oba kvartila in mediana.

Tabela 8.3: Letna pokritost z dnevnimi podatki (% podatkov) in povprečna letna koncentracija (C_p) (ng/m^3) benzo(a)pirena.

	% podatkov	C_p (ng/m^3)
Ljubljana Biotehnična fakulteta	51	1,28
Maribor	50	1,13
Iskrba	51	0,21

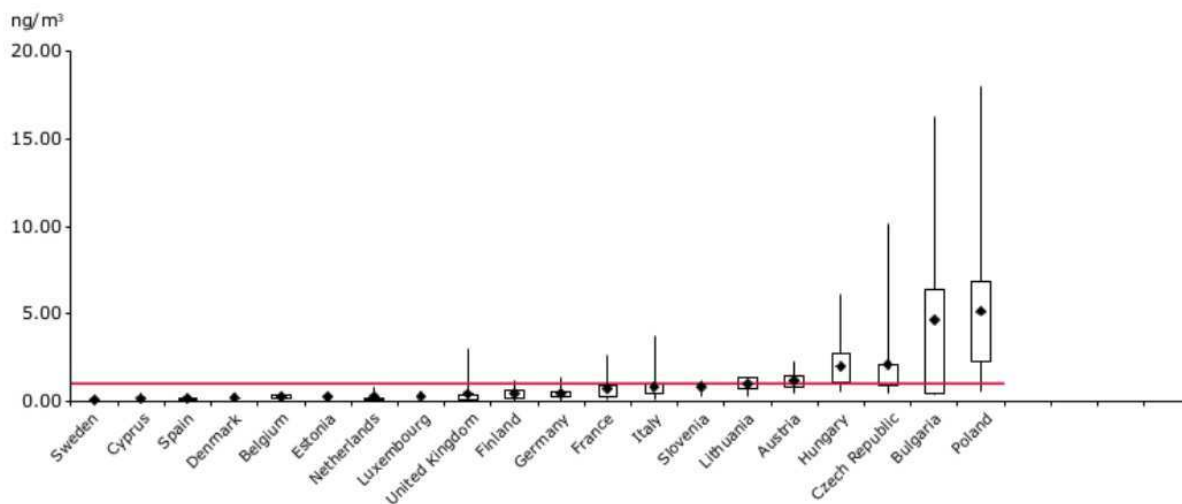
**Slika 8.5:** Dnevne koncentracije benzo(a)pirena na merilnih mestih. Prikazane so najnižja in najvišja letna koncentracija, oba kvartila in mediana. Križci označujejo povprečno letno koncentracijo.**Slika 8.6:** Porazdelitev dnevnih koncentracij benzo(a)pirena na različnih postajah po mesecih. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena vrednost, oba kvartila in mediana za posamezen mesec.



Slika 8.7: Porazdelite dnevnih koncentracij benzo(a)pirena po postajah po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

8.4 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 na Češkem, kar je v veliki meri posledica uporabe trdih goriv za ogrevanje.



Slika 8.8: Skladnost z letnimi mejnimi vrednostmi za BaP v državah EU v letu 2011 [1]. Graf predstavlja povprečno vrednost BaP na merilnih mestih v državah EU v primerjavi z mejno vrednostjo (rdeča črta). Prikazane so maksimalna in minimalna vrednost, oba kvarila in srednja vrednost za posamezne države.

9. Težke kovine

Izpusti arzena, kadmija, svinca, živega srebra in niklja so posledica aktivnosti različnih industrijskih dejavnosti in izgorevanja premoga. Čeprav so v ozračju njihove koncentracije nizke, pa prispevajo k depoziciji in zato ponekod povišani 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 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. Nezemeljski vir pa predstavlja tudi gnojenje, tako z mineralnimi kot organskimi gnojili. Je zelo trdoživ in podvržen bioakumulaciji. Nevaren je predvsem kostem in ledvicam, poveča pa se tudi tveganje za pljučnega raka.

Antropogeni viri svinca na globalni ravni so rezultat izgorevanja 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, nižje cene neosvinčenega bencina in omejitve uporabe osvinčenega bencina v letu 2001 precej znižale. Svinec spada med kovine, ki imajo toksičen vpliv na možgane. Poleg možganov in živčevja se kopiči tudi v ledvicah, jetrih in kosteh.

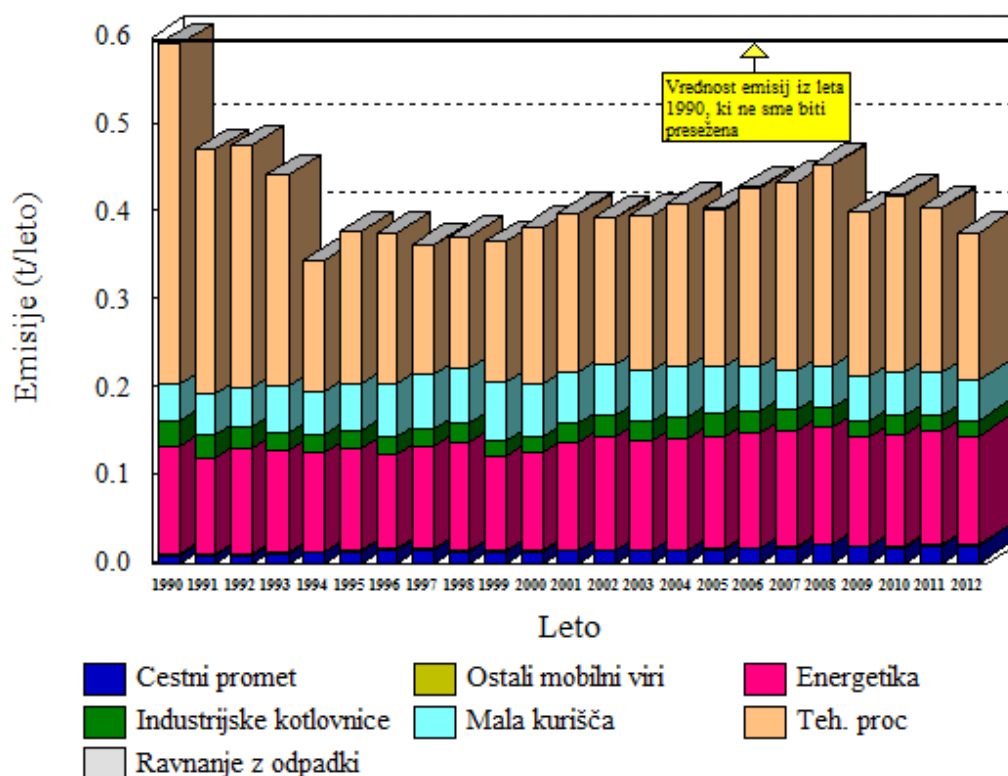
Nikelj se pojavlja v zemlji, vodi in ekosistemih. Pomembni naravni viri so povezani z resuspenzijo zemlje in vulkanskimi izbruhi. Glavni antropogeni vir predstavlja izgorevanje naftnih derivatov. Dodatni izpusti pa nastajajo še pri pridobivanju niklja, sežiganju odpadkov in odpadnega blata, proizvodnji jekla, elektronski industriji in izgorevanju 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.

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. Povzroča pa lahko tudi okvaro živčevja. Živo srebro se bioakumulira in tako še dodatno negativno vpliva na kopenska in vodna

živa bitja, vključno s človekom.

9.1 Izpusti

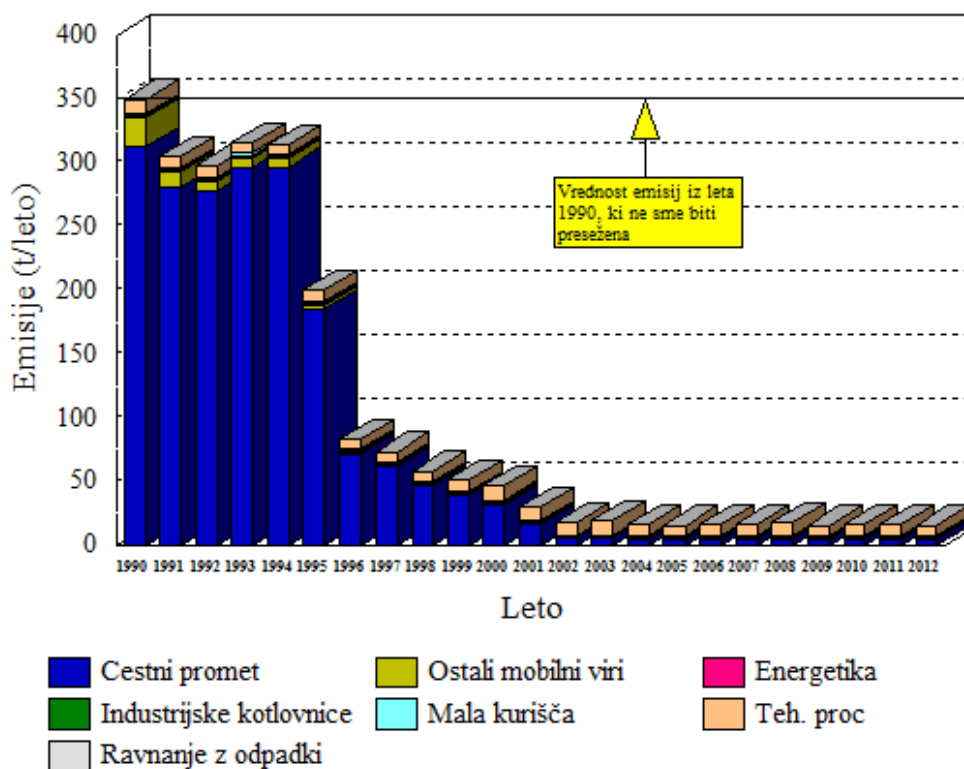
Letni izpusti kadmija (Cd) v Sloveniji so leta 2012 znašali 0,378 ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 36%. Največji delež k skupnim izpustom Cd v letu 2012 so prispevali tehnološki procesi in sicer 45%. Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [14]. Skupne nacionalne količine izpustov Cd ne smejo presegati količin iz izhodiščnega leta 1990.



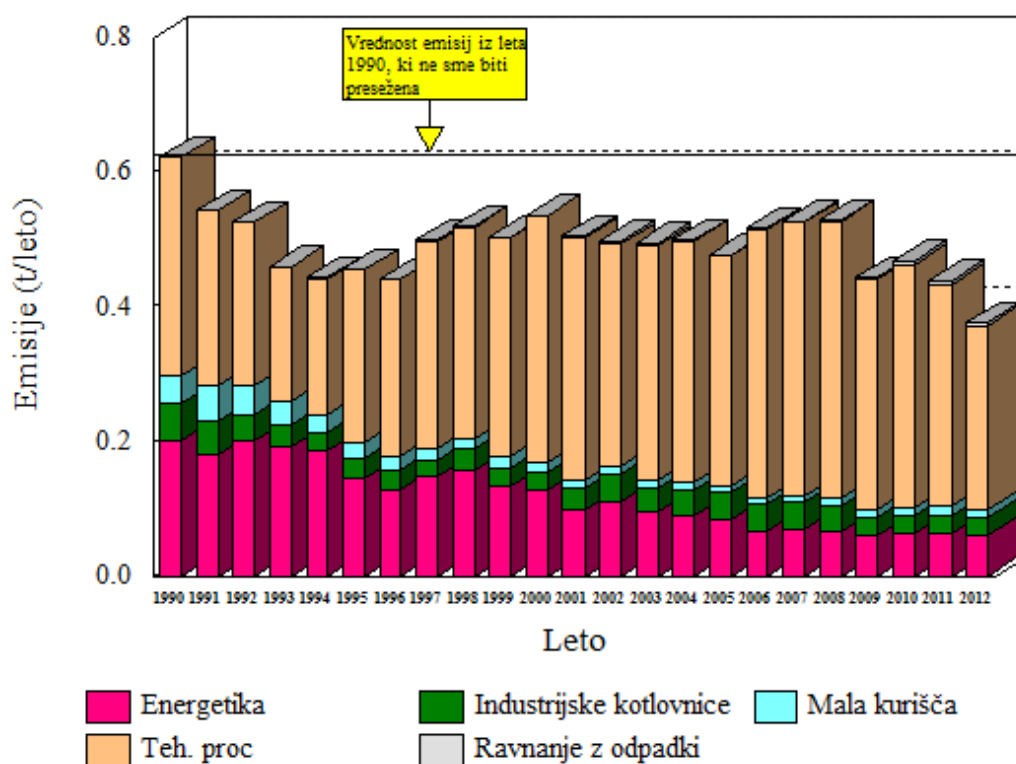
Slika 9.1: Letni izpusti kadmija po sektorjih v Sloveniji.

Letni izpusti svinca (Pb) v Sloveniji so leta 2012 znašali 16,16 ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali kar za 95% (slika 9.2). Največji delež k skupnim izpustom Pb v letu 2012 so prispeli tehnološki procesi in sicer 56% (slika 9.2). Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [14]. Skupne nacionalne količine izpustov Pb ne smejo presegati količin iz izhodiščnega leta 1990.

Letni izpusti živega srebra (Hg) v Sloveniji so leta 2012 znašali 0,378 ton. V primerjavi z letom 1990 (izhodiščno leto) so se zmanjšali za 39 % (slika 9.3). Največji delež k skupnim izpustom Hg v letu 2012 so prispevali tehnološki procesi in sicer 72%. Slovenija izpolnjuje zahteve iz Protokola o težkih kovinah h Konvenciji o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [14]. Skupne nacionalne količine izpustov Hg ne smejo presegati količin iz izhodiščnega leta 1990.



Slika 9.2: Letni izpusti svinca po sektorjih v Sloveniji.



Slika 9.3: Letni izpusti živega srebra po sektorjih v Sloveniji.

9.2 Ciljne vrednosti

Ciljne vrednosti za težke kovine so predpisane v Uredbi o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku [13]. Prikazane so v tabeli 9.1. Navedena uredba za koncentracije živega srebra v zraku ne navaja ciljnih vrednosti niti ocenjevalnih pragov.

Tabela 9.1: Ciljne vrednosti za težke kovine.

Onesnaževalo	Cilj	Čas povprečenja	Ciljna vrednost
Arsen (ng/m ³)	zdravje	eno leto	6
Kadmij(ng/m ³)	zdravje	eno leto	5
Nikelj(ng/m ³)	zdravje	eno leto	20
Svinec(ng/m ³)	zdravje	eno leto	500

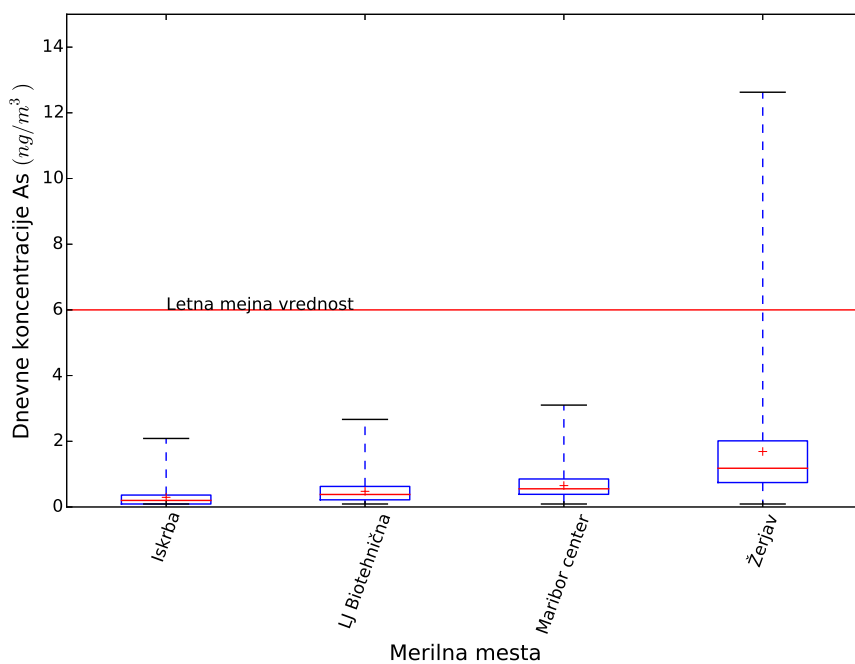
9.3 Ravni onesnaženosti

9.3.1 Težke kovine

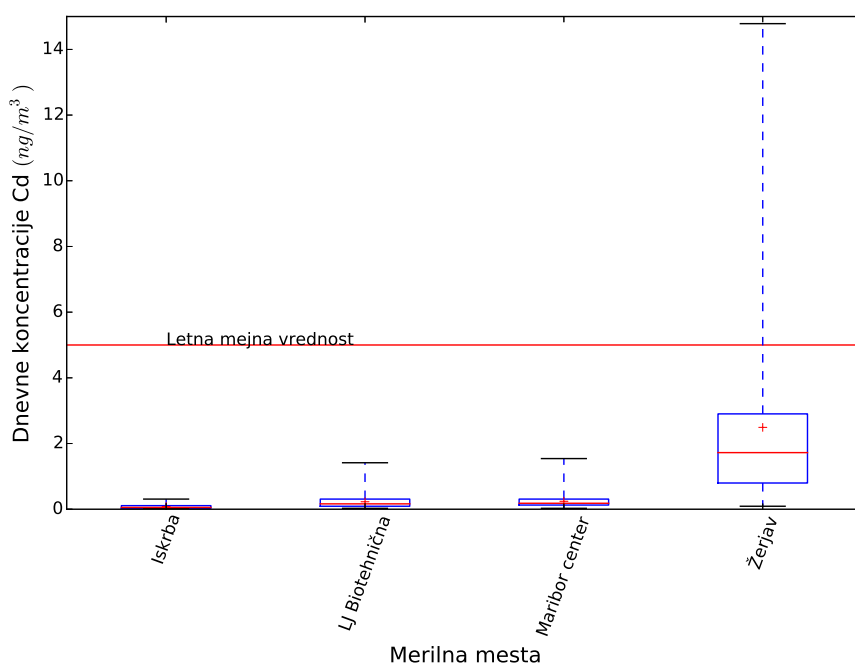
Pregled izmerjenih povprečnih dnevni vrednosti težkih kovin v letu 2013 je prikazan v tabeli 9.2 in na slikah 9.4 do 9.15. Meritve svinca, kadmija, arzena in niklja smo izvajali na štirih merilnih mestih – Ljubljana Biotehnična fakulteta, Maribor Center, Žerjav in Iskrba. Letne cilje vrednosti niso bile presežene na nobenem merilnem mestu. Najvišje koncentracije svinca, kadmija in arzena so bile izmerjene v Žerjavu, najvišje koncentracije niklja pa na merilnem mestu Ljubljana Biotehnična fakulteta. Na vseh lokacijah opažamo, 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. 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 je prevladujoč vpliv na te koncentracije povezan z delovanjem okoliške industrije, hkrati pa ni mogoče izključiti resuspenzije svinca iz kontaminiranih zemljin. Primerjava koncentracij težkih kovin v obdobju od 2009 do 2013 kaže, da obremenjenost ostaja približno na istem nivoju (glej slike 9.12 do 9.15).

Tabela 9.2: Letna pokritost s podatki (%) in povprečne koncentracije težkih kovin (C_p)v letu 2013.

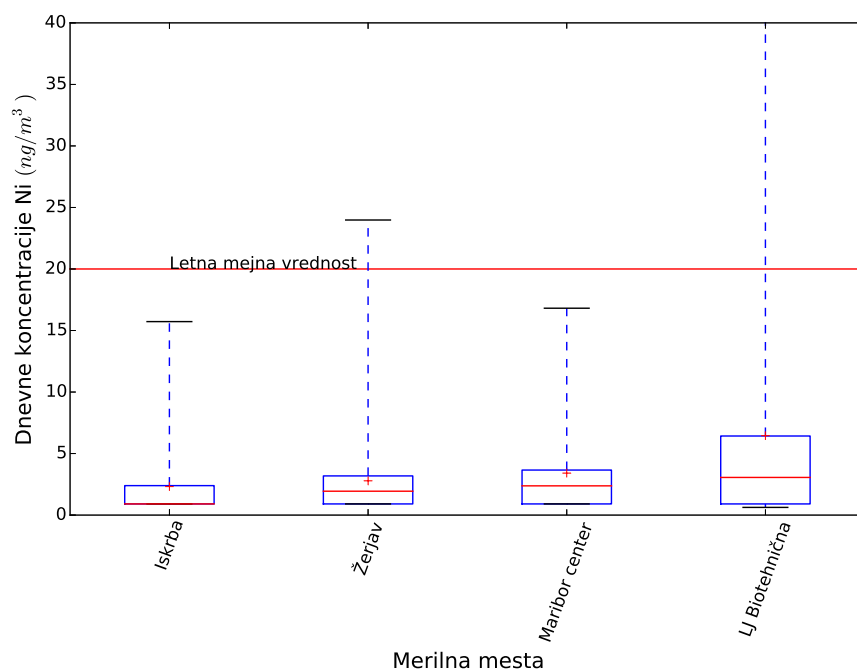
kraj	% pod	Arsen (ng/m ³)	Kadmij(ng/m ³)	Nikelj(ng/m ³)	Svinec(ng/m ³)
		C_p	C_p	C_p	C_p
Ljubljana Biotehnična fakulteta	51	0,48	0,28	6,45	6,64
Maribor	50	0,65	0,24	3,42	10,6
Iskrba	50	0,29	0,08	2,32	2,10
Žerjav	53	1,68	2,48	2,78	384



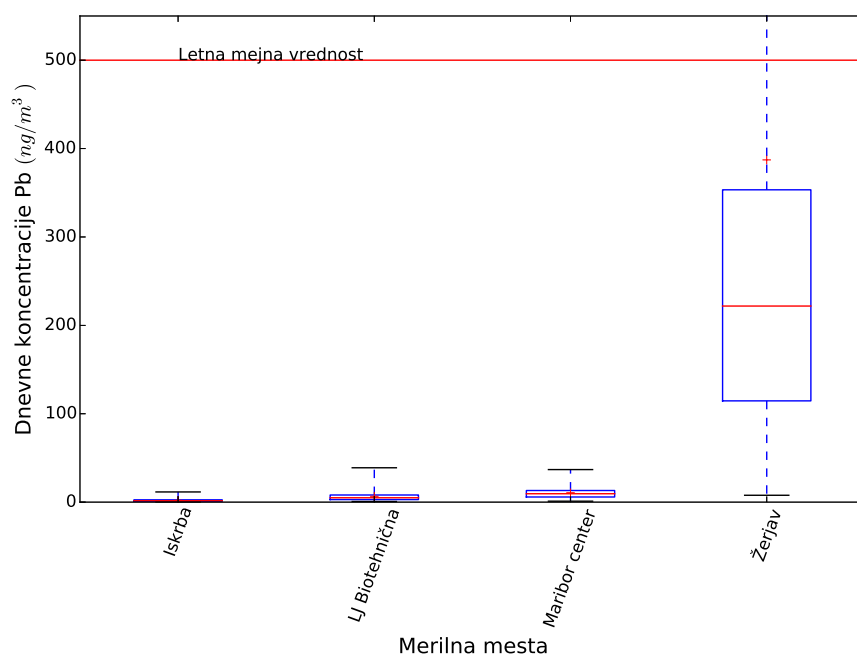
Slika 9.4: Porazdelitev dnevni koncentracij As na štirih merilnih mestih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo.



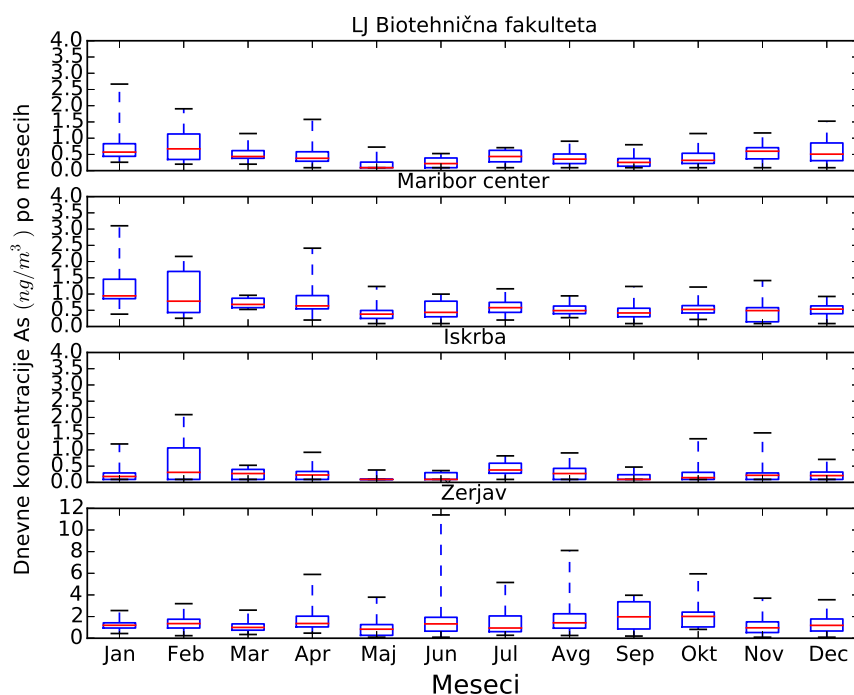
Slika 9.5: Porazdelitev dnevni koncentracij Cd na štirih merilnih mestih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo.



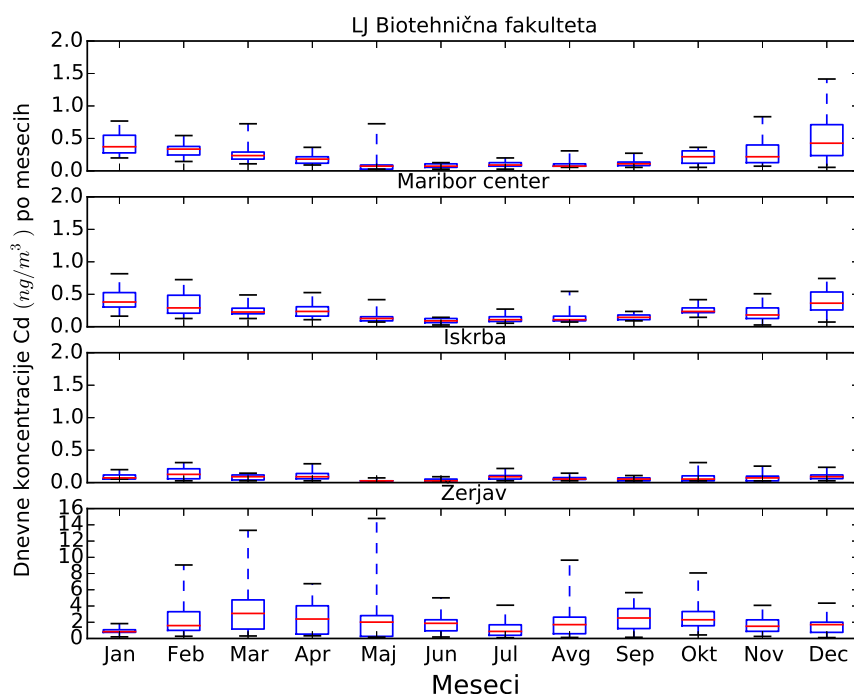
Slika 9.6: Porazdelitev dnevni koncentracij Ni na štirih merilnih mestih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo.



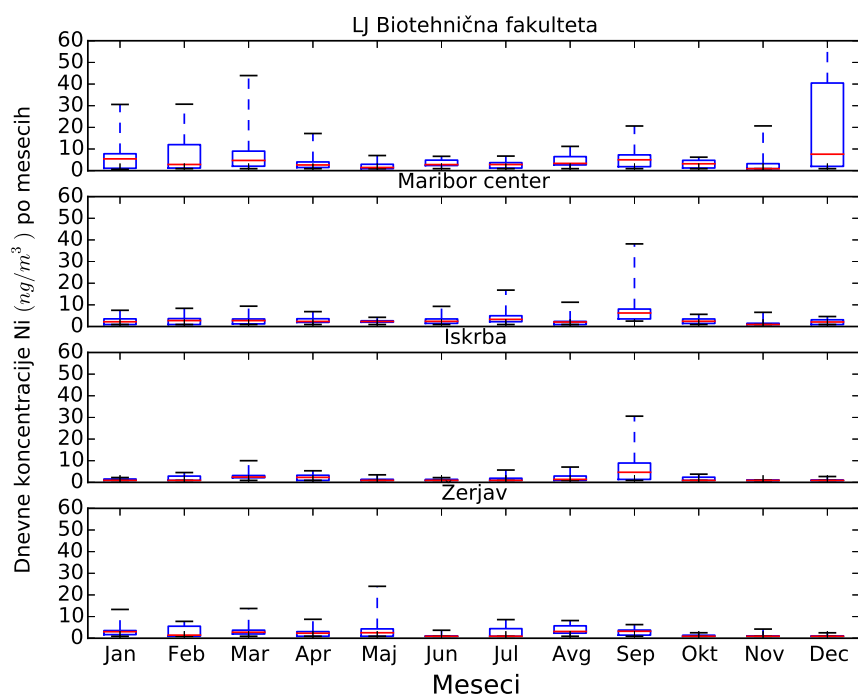
Slika 9.7: Porazdelitev dnevni koncentracij Pb na štirih merilnih mestih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana. Križec predstavlja povprečno letno koncentracijo.



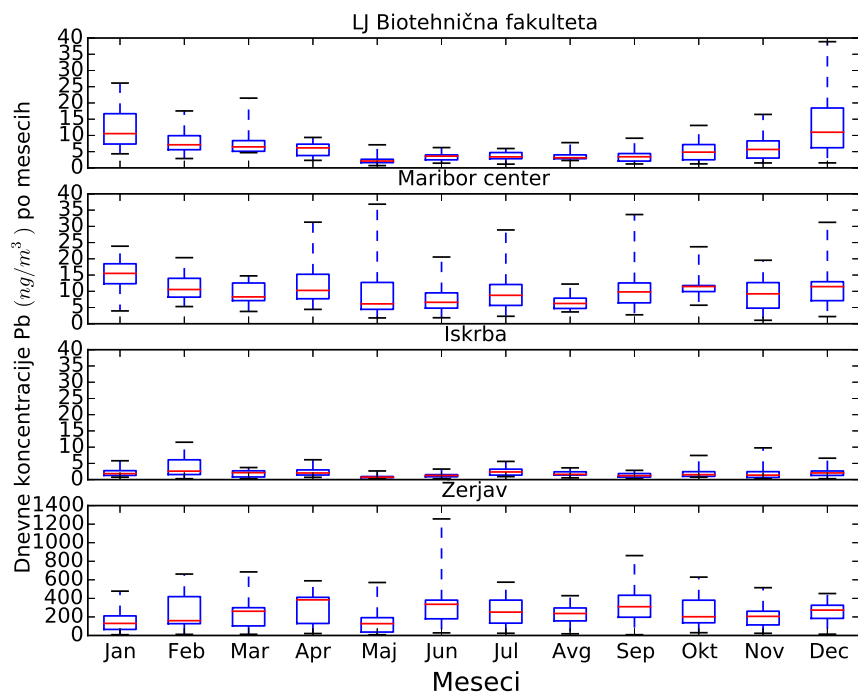
Slika 9.8: Porazdelitev dnevnih koncentracij Pb na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



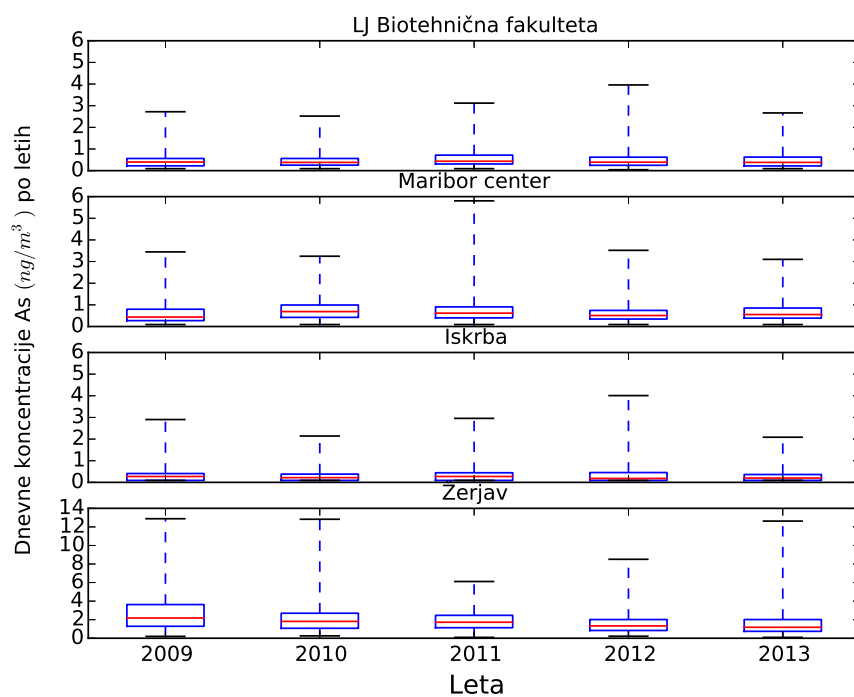
Slika 9.9: Porazdelitev dnevnih koncentracij Cd na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



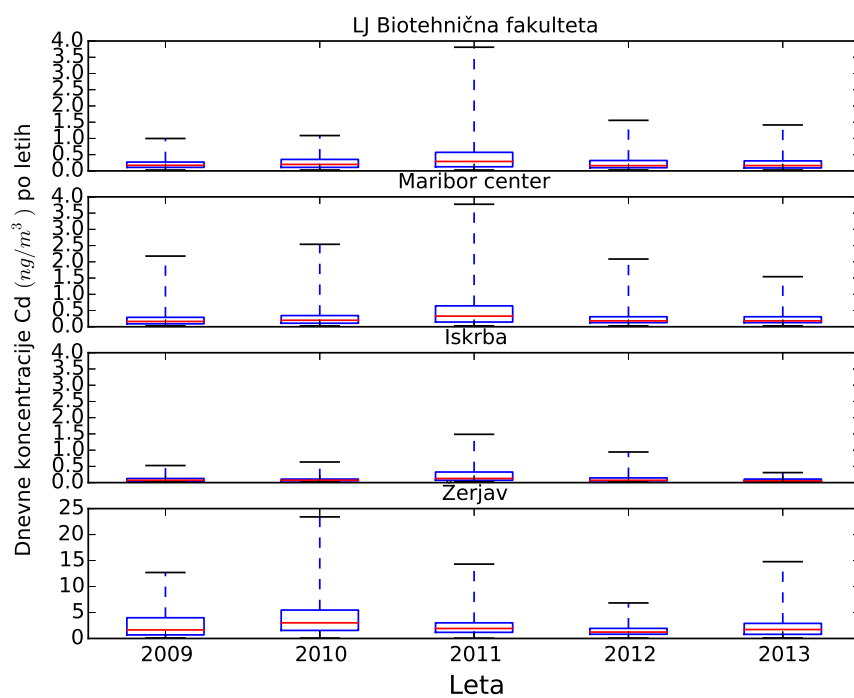
Slika 9.10: Porazdelitev dnevnih koncentracij Ni na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



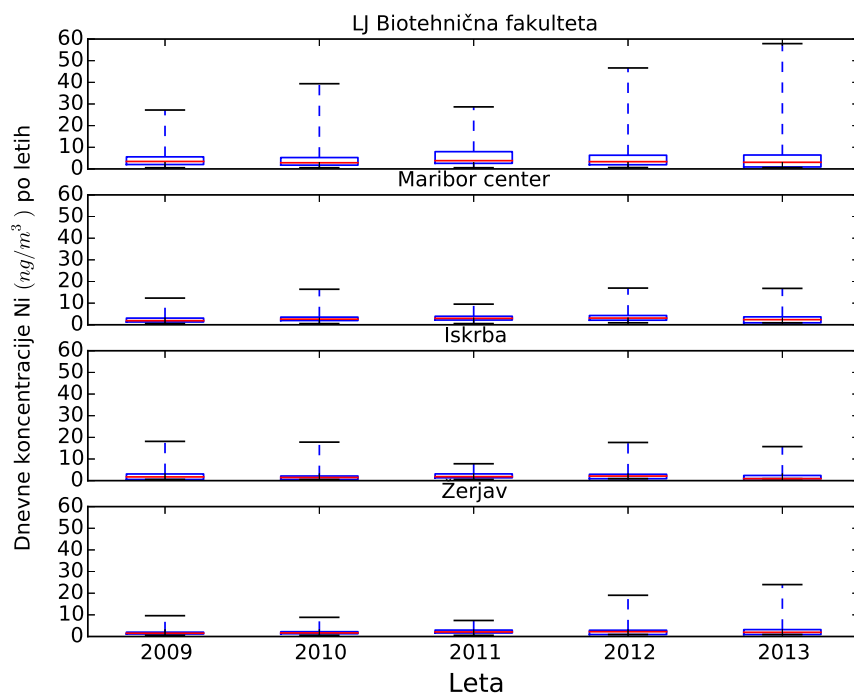
Slika 9.11: Porazdelitev dnevnih koncentracij Pb na štirih merilnih mestih po mesecih v letu 2013. Prikazane so najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana za posamezni mesec.



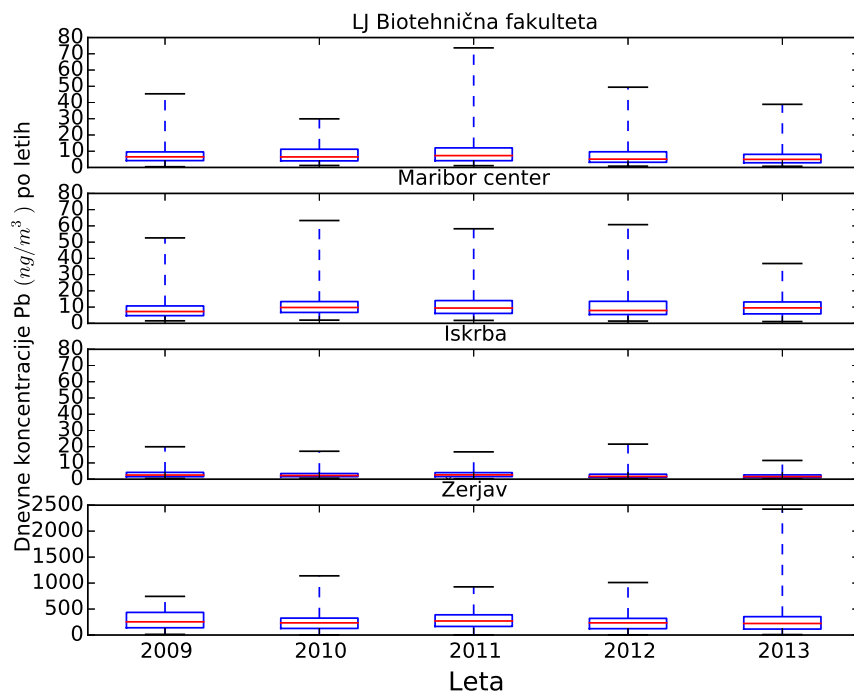
Slika 9.12: Porazdelitev dnevni koncentracij As na štirih merilnih mestih po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 9.13: Porazdelitev dnevni koncentracij Cd na štirih merilnih mestih po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 9.14: Porazdelitev dnevni koncentracij Ni na štirih merilnih mestih po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.



Slika 9.15: Porazdelitev dnevni koncentracij Pb na štirih merilnih mestih po letih. Za vsako leto so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

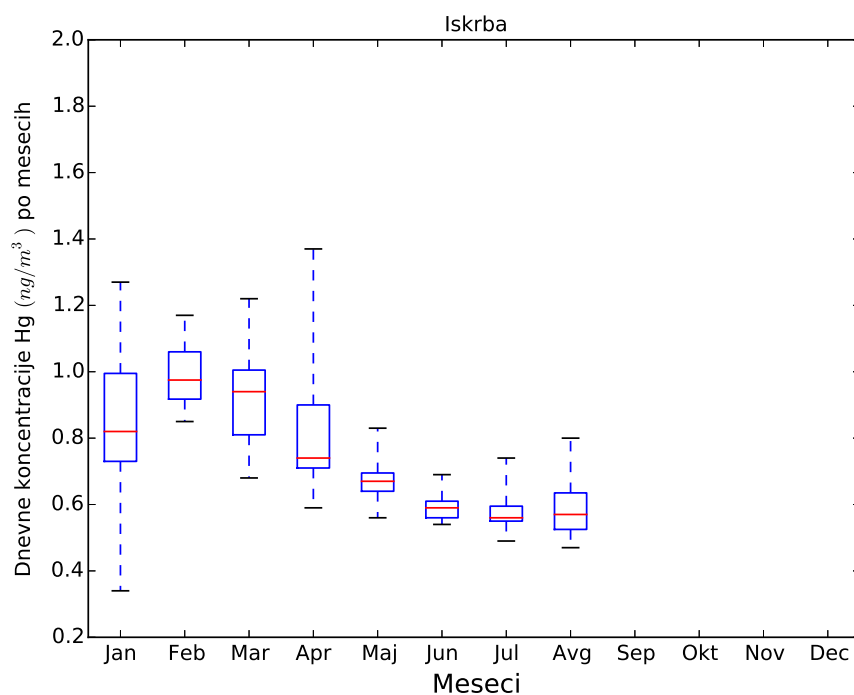
Meritve koncentracij živega srebra v zraku merimo na Iskrbi. Povprečne mesečne koncentracije in povprečna letna koncentracija za celokupno živo srebro v zraku so navedene v tabeli 9.3, grafično pa so prikazane na sliki 9.16. Leta 2013 zaradi okvare merilnika razpolagamo z veljavnimi meritvami

Tabela 9.3: Povprečne mesečne koncentracije živega srebra na merilnem mestu Iskrba v letu 2013.

Merilno mesto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	leto
Iskrba	0,9	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6*	/	/	/	/	0,8

Opomba *:manj kot 75% podatkov.

le od januarja do julija. Meritve za mesec avgust niso veljavne, saj so trajale le do 19. v mesecu in posledično ne dosegajo kriterija najmanj 75% pokritosti. Podajamo jih zgolj informativno.



Slika 9.16: Porazdelitev dnevni koncentracij Hg na Iskrbi po mesecih. Za vsak mesec so prikazane najnižja in najvišja izmerjena koncentracija, oba kvartila in mediana.

10. *Kakovost padavin*

Kemijska sestava padavin je eno izmed meril za onesnaženost 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 prispevajo tudi specifična onesnaževala (fluoridi, fosfati, organske kisline) vendar v manjši meri, ker 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 [21].

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 eutrofikaciji.

Spremljanje padavin določa Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in PAH v zunanjem zraku [13]. Za parametre v padavinah mejne in ciljne vrednosti niso določene. Meritve na merilnem mestu Iskrba izvajamo tudi v okviru programov EMEP Konvencije o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja [14].

10.1 *Ravni onesnaženosti*

Letne vrednosti pH, prevodnosti in koncentracije ionov v padavinah so podane v tabeli 10.1.

V letu 2013 smo zabeležili večjo količino padavin kot v letu 2012. Najmanj padavin je bilo v mesecu juniju, največ pa v mesecu novembru. Tako kot v preteklih letih, je največ dežja padlo na merilnem mestu Rateče (1640mm), najmanj pa na merilnem mestu Rakičan (836mm). Na ostalih merilnih mestih je padlo med 1300 in 1500 mm dežja (tabela 10.2). Tudi v letu 2013 so bile padavine z vseh merilnih mest bolj kisle v hladnem obdobju leta.

Skupne letne mokre depozicije ionov, ki odločilno vplivajo na zakisanje (NO_3^- , SO_4^{2-}) so bile na merilnih mestih Iskrba, Ljubljana in Škocjan primerljive. Primerljive so bile tudi depozicije na merilnem mestu Rakičan in Rateče, čeprav je bila v Rakičanu količina padavin skoraj polovico manjša. Posledično so bile zato na tem merilnem mestu višje koncentracije ionov.

Mokra depozicija amonijevih ionov je bila največja v Ljubljani in Rakičanu. Kljub znatno višji povprečni letni koncentraciji amonijevega iona v padavinah z merilnega mesta Rakičan, je bila njegova mokra depozicija zaradi manjše količine padavin zelo podobna tisti v Ljubljani.

Na sliki 10.1 so prikazane povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje. Na vseh merilnih mestih v Sloveniji se nakazujejo trendi zviševanja pH vrednosti padavin, kar pomeni, da so

Tabela 10.1: Srednja vrednost (C_p), minimum (C_{min}) in maksimum (C_{max}) pH, električne prevodnosti pri 25°C (el. prev.) in koncentracije ionov (mg/L) v padavinah na vzorčevalnih mestih DMKP.

Merilno mesto	vred	pH	El. prev. pri 25°C	Koncentracija ionov (mg/L)							
				($\mu\text{S}/\text{cm}$)	/	NH_4^+	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Iskrba	C_p	4,97	10	0,253	0,96	0,802	0,423	0,205	0,054	0,255	0,041
	C_{min}	3,98	2	0,029	0,159	0,224	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	C_{max}	7,04	52	3,17	17,1	19	4,93	9,7	0,684	5,46	0,669
Ljubljana	C_p	5,12	10	0,457	1,18	0,885	0,257	0,314	0,078	0,153	0,054
	C_{min}	4,31	3	0,082	0,111	0,279	0,007	0,008	0,003	0,008	0,005
	C_{max}	6,94	40	5,36	18	7,58	3,03	10	1,03	1,32	0,55
Škocjan	C_p	5,07	10	0,278	1,14	0,756	0,534	0,266	0,064	0,342	0,037
	C_{min}	3,96	4	0,031	0,282	0,31	0,132	0,023	0,022	0,06	0,005
	C_{max}	6,98	74	2,69	10,8	4,95	4,33	2,62	0,305	2,41	0,23
Rateče	C_p	5,2	6	0,219	0,739	0,505	0,175	0,183	0,036	0,095	0,026
	C_{min}	4,65	3	0,067	0,225	0,233	0,066	0,021	0,01	0,008	0,005
	C_{max}	6,77	24	1,99	4,63	3,05	0,588	1,87	0,343	0,301	0,206
Rakičan	C_p	5,04	11	0,611	1,312	1,125	0,192	0,28	0,051	0,108	0,073
	C_{min}	4,4	3	0,141	0,365	0,279	0,082	0,008	0,003	0,028	0,005
	C_{max}	7,18	35	4,82	9,19	10,2	0,773	3,07	0,576	0,523	0,82

Tabela 10.2: Količina padavin in skupna mokra depozicija ionov v padavinah na vzorčevalnih mestih DMKP.

Merilno mesto	Količina padavin (mm/leto)	Skupna mokra depozicija ($\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{leto}$)								
		H^+	NH_4^+-N	NO_3^--N	$\text{SO}_4^{2--}\text{S}$	Cl^-	Ca_2^+	Mg_2^+	Na^+	K^+
Iskrba	1490	$15,9 \cdot 10^{-3}$	0,293	0,323	0,399	0,630	0,305	0,80	0,380	0,061
Ljubljana	1134 ¹	$8,7 \cdot 10^{-3*}$	0,402*	0,303*	0,335*	0,292*	0,356*	0,089*	0,173*	0,062*
Škocjan	1369	$11,410^{-3}$	0,287	0,343	0,336	0,710	0,354	0,085	0,454	0,049
Rateče	1640	$9,8 \cdot 10^{-3}$	0,264	0,259	0,262	0,272	0,284	0,056	0,148	0,041
Rakičan	836	$7,7 \cdot 10^{-3}$	0,396	0,247	0,313	0,160	0,234	0,043	0,90	0,061

Opomba *: meritve so zaradi gradnje prizidka potekale le do 31.10.2013.

1 Kumulativna depozicija H^+ je izračunana iz izmerjenih pH vrednosti.

padavine v Sloveniji iz leta v leto manj kisle.

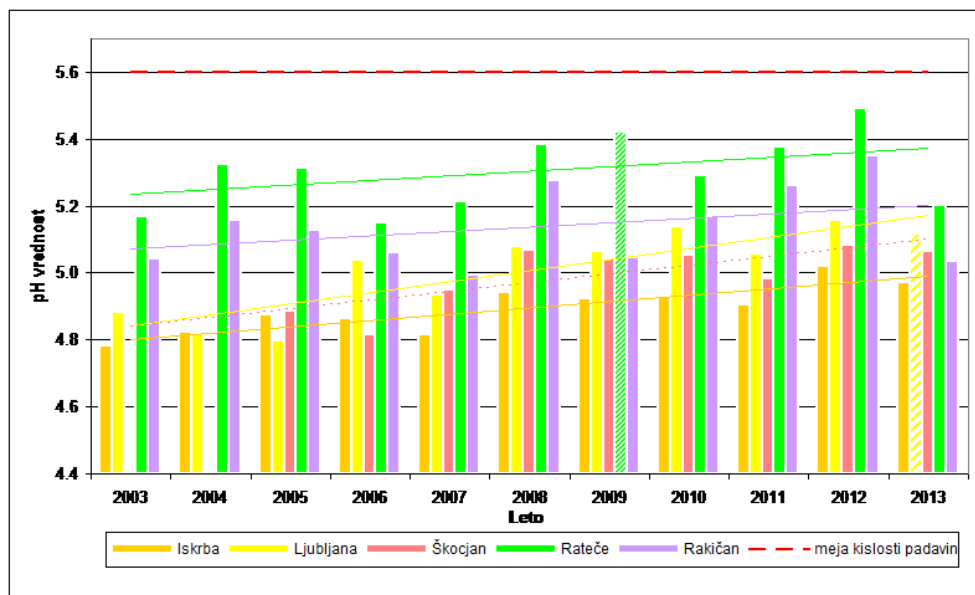
V Sloveniji so najmanj kisle padavine z merilnih mest Rateče in Rakičan, vrednosti se počasi približujejo meji kislosti. Najvišje vrednosti pH na merilnem mestu Rakičan so predvsem posledica visokih mokrih depozicij dušika amoniakalnega izvora, ki reagira s kislimi komponentami v padavinah in na ta način zmanjšuje njihovo kislost. Padavine so najbolj kisle na merilnem mestu Iskrba.

Slike od 10.2 do 10.4 prikazujejo celotne letne mokre depozicije ionov, ki najbolj vplivajo na zakisljevanje in evtrofikacijo. Za padavine z vseh merilnih mest razen Rakičana je nakazan rahel trend upadanja kumulativnih mokrih depozicij dušika nitratnega izvora (slika 10.2). Na merilnem mestu Rakičan pa ostaja vsa leta izvajanja meritev na praktično enakem nivoju.

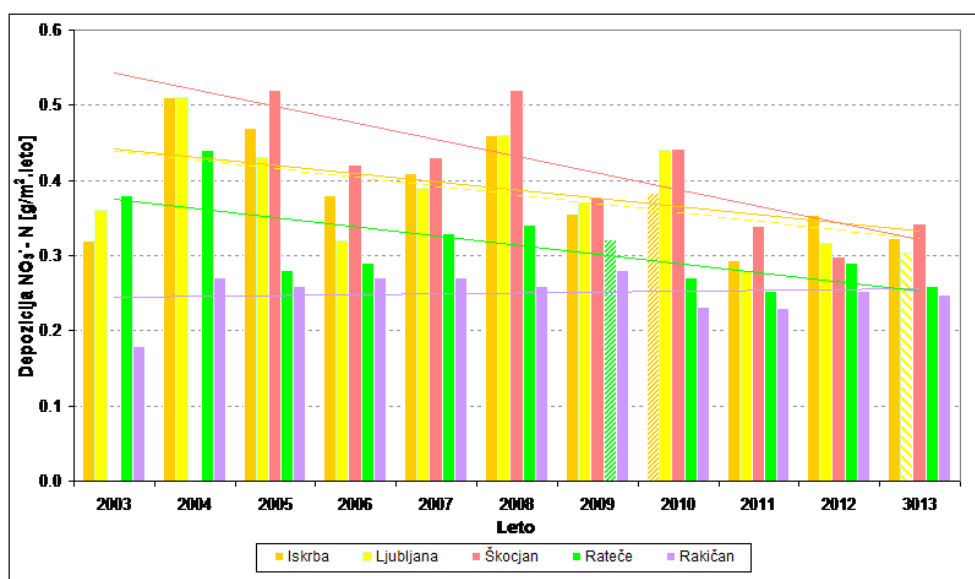
Najizrazitejši trend upadanja celotnih mokrih depozicij sulfata je zaznan na merilnem mestu Škocjan, nekoliko nižji je na merilnih mestih Iskrba, Ljubljana in Rateče, medtem ko na merilnem mestu Rakičan ostaja nespremenjen (slika 10.3).

Trend upadanja kumulativnih mokrih depozicij dušika amoniakalnega izvora je najintenzivnejši na merilnih mestih Škocjan in Rateče (slika 10.4).

Meritve kovin v padavinah izvajamo le na merilnem mestu Iskrba. Tudi v letu 2013 je med izmerjenimi depozicijami kovin največ cinka. Vse vrednosti so prikazane v tabeli 10.3.



Slika 10.1: Povprečne letne pH vrednosti padavin od leta 2003 dalje



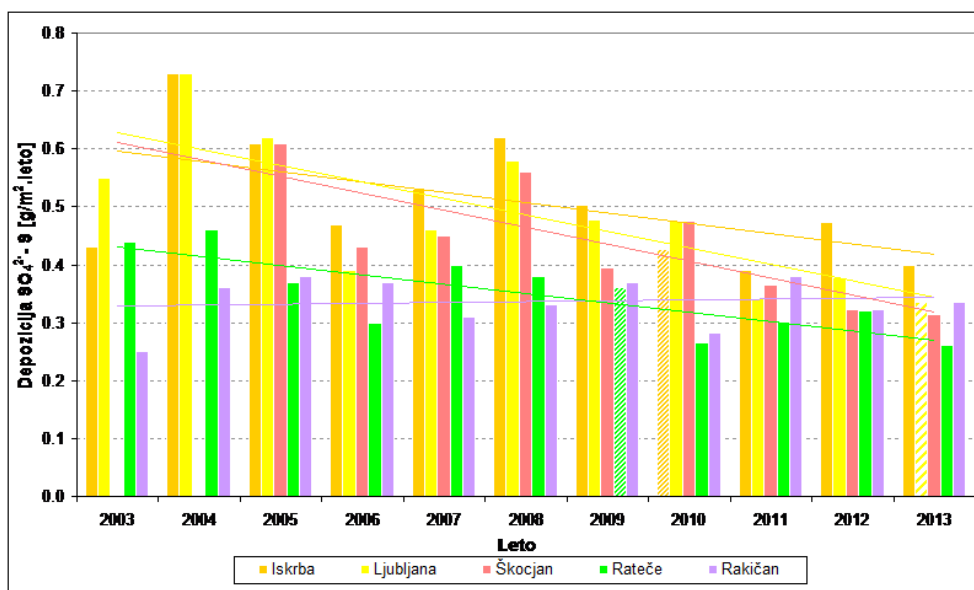
Slika 10.2: Skupna letna mokra depozicija dušika nitratnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje.

Tabela 10.3: Celotna letna depozicija nekaterih težkih kovin na Iskrbi v letu 2013

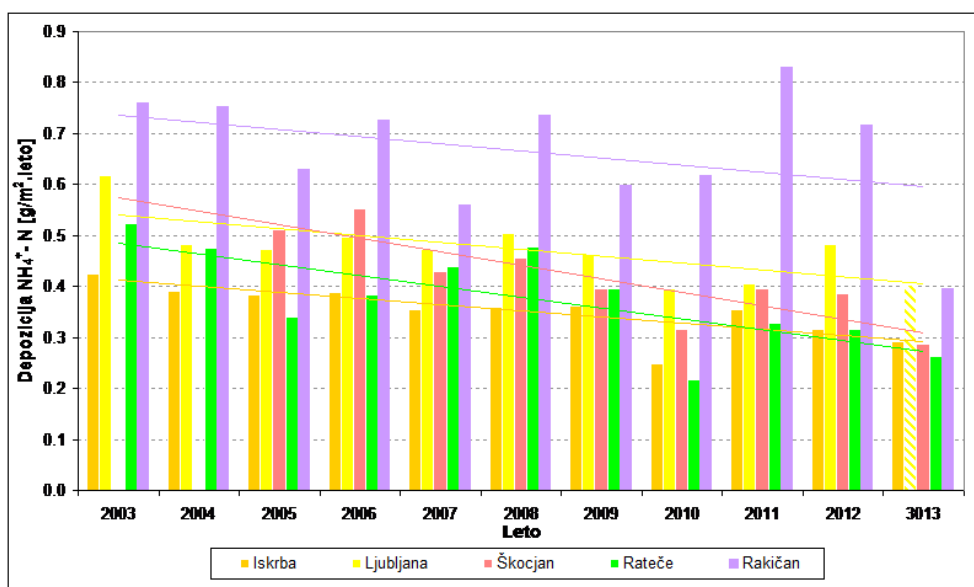
Težka kovina	Arzen	Kadmij	Krom	Baker	Nikelj	Svinec	Cink
mg/m ²	0,100	0,028	0,259	2,10	0,30	0,705	2,83

Kot je mogoče sklepati iz slike 10.5, se raven celotnih letnih depozicij večine kovin od začetka meritev v letu 2008 do leta 2013 ni bistveno spemnila. Celotna letna depozicija bakra je v letu 2013 dosegla najvišjo izmerjeno vrednost doslej. Nivoji celotnih letnih depozicij kovin so odvisni od letnih količin padavin.

Koncentracije celotnega živega srebra v mokrih padavinah so se v letu 2013 gibale med 2,02 in 16,8 ng/L. Nivo zabeleženih koncentracij je primerljiv z vrednostmi, ki jih poročajo tudi za



Slika 10.3: Kumulativna letna mokra depozicija žvepla sulfatnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje

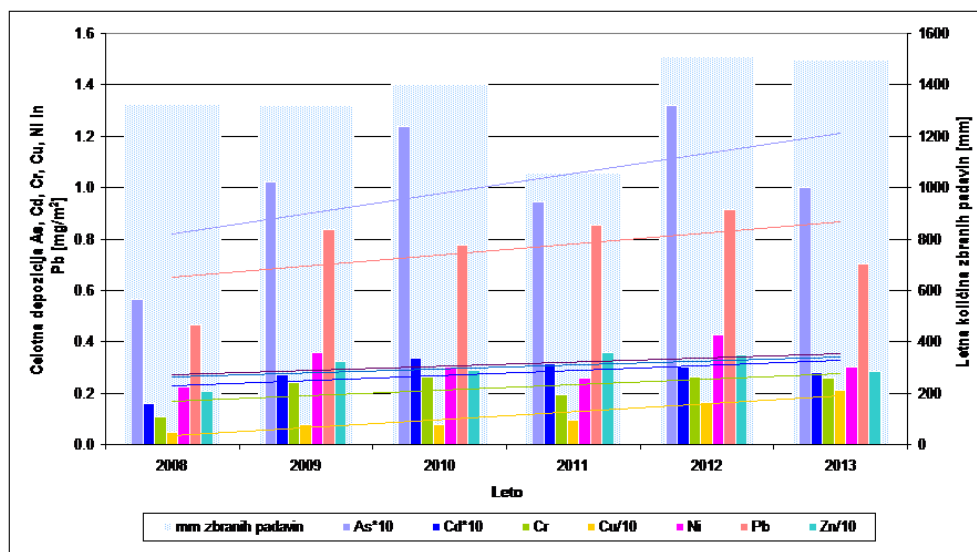


Slika 10.4: Kumulativna letna mokra depozicija dušika amoniakalnega izvora v padavinah od leta 2003 dalje

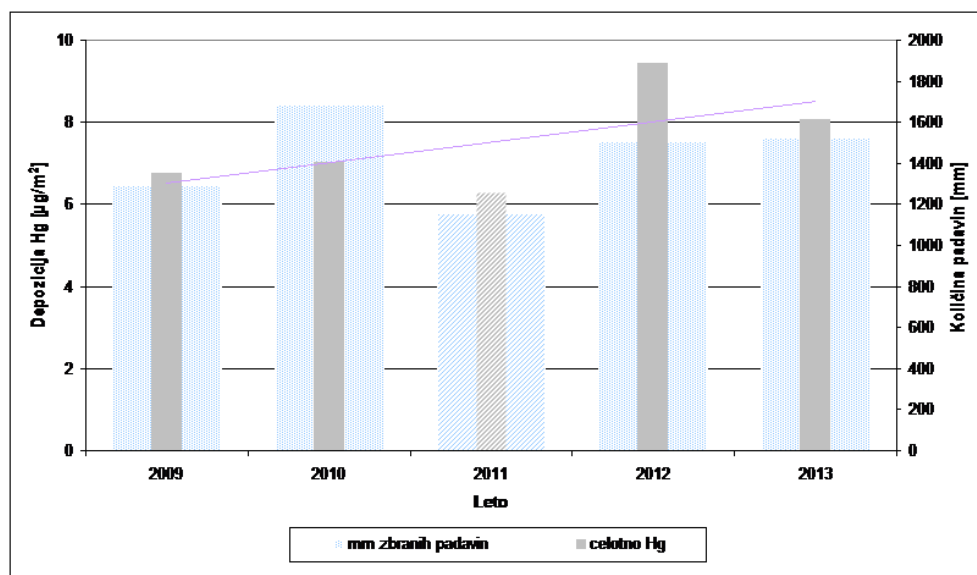
neonesnažena področja drugod po svetu ter nekajkrat nižji od izmerjenih v padavinah na bolj onesnaženih področjih. Kumulativna mokra depozicija celotnega živega srebra na merilnem mestu Iskrba je v letu 2013 znašala $8,07 \mu\text{g}/\text{m}^2$ in je bila nižja kot v letu 2012, ki sta ga zaznamovala nadpovprečna suša in vročina.

V tabeli 10.4 so prikazane celotne depozicije nekaterih policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAH) v letu 2013. Povišane depozicije nekaterih PAH smo zabeležili predvsem v hladnem obdobju leta.

Primerjava koncentracij PAH med posameznimi leti nakazuje, da koncentracije ostajajo na približno isti ravni.



Slika 10.5: Celotna depozicija izbranih kovin v letih od 2008 do 2013.



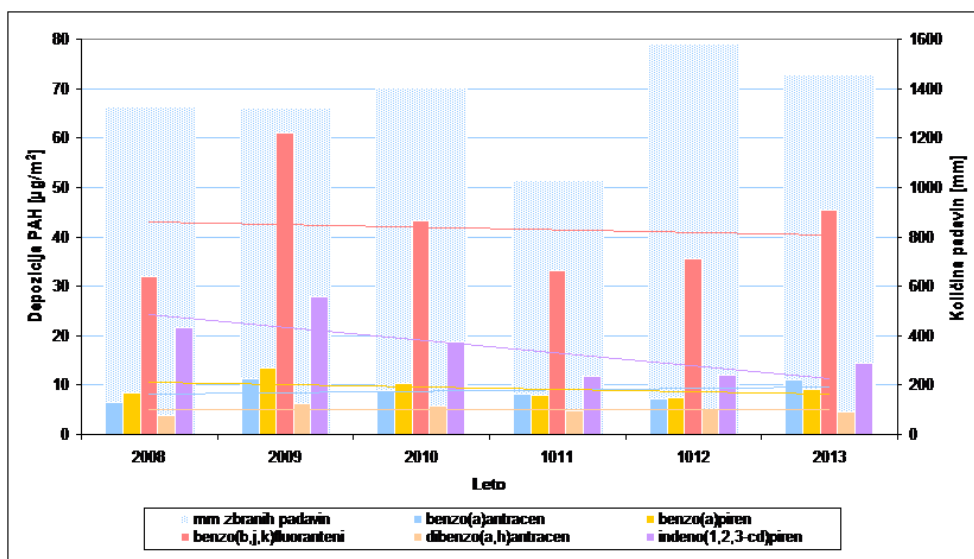
Slika 10.6: Celotne letne mokre depozicije celotnega Hg od leta 2009 do leta 2013.

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

Tabela 10.4: Celotna depozicija nekaterih PAH za leto 2013 na merilnem mestu Iskrba.

PAH	benzo(a)antracen	benzo(a)piren	benzo(b,j,k)fluoranten	dibenzo(a,h)antracen	Indeno (1,2,3-cd) piren
$\mu\text{g}/\text{m}^2$	11,0	9,04	45,3	4,48	14,4

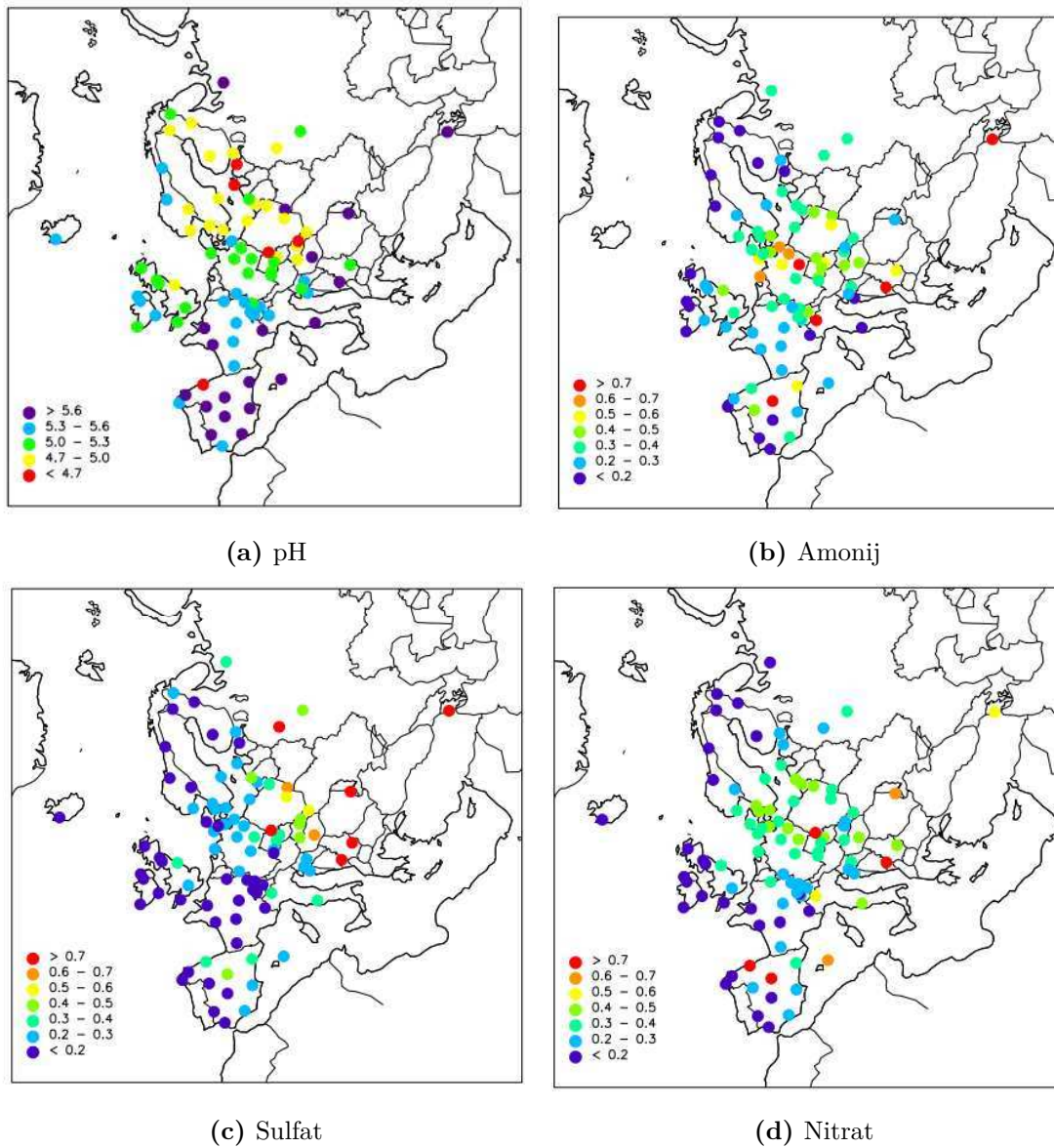
Podobno kot v preteklih letih smo tudi v letu 2013 zabeležili največjo celotno depozicijo vsote visokomolekularnih benzo(b,j,k)fluorantenov, skoraj polovico nižja je bila celotna depozicija indeno(1,2,3-cd)pirena. Najnižja je bila tako kot v ostalih letih celotna depozicija dibenzo(a,h)antracena (tabela 10.4 in slika 10.7).



Slika 10.7: Celotne letne depozicije PAH od leta 2008 do leta 2013.

10.2 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Raven onesnaženosti padavin z ioni, ki prispevajo k zakisljevanju in evtrofikaciji okolja je v Ratečah v primerjavi z EMEP merilnimi mesti med najnižjimi v Evropi. Padavine z merilnih mest na Iskrbi in Škocjanu se uvrščajo v spodnjo tretjino, med tem ko se padavine z merilnih mest Ljubljana Bežigrad in Rakičan uvrščajo med srednje onesnažene. Pri primerjavi rezultatov z merilnih mest Ljubljana Bežigrad in Rakičan je potrebno upoštevati, da so EMEP postaje umeščene v neizpostavljeno podeželsko okolje.



Slika 10.8: Porazdelitev vrednosti pH, amonija, sulfata in nitrata v padavinah po Evropi v letu 2012 [22].

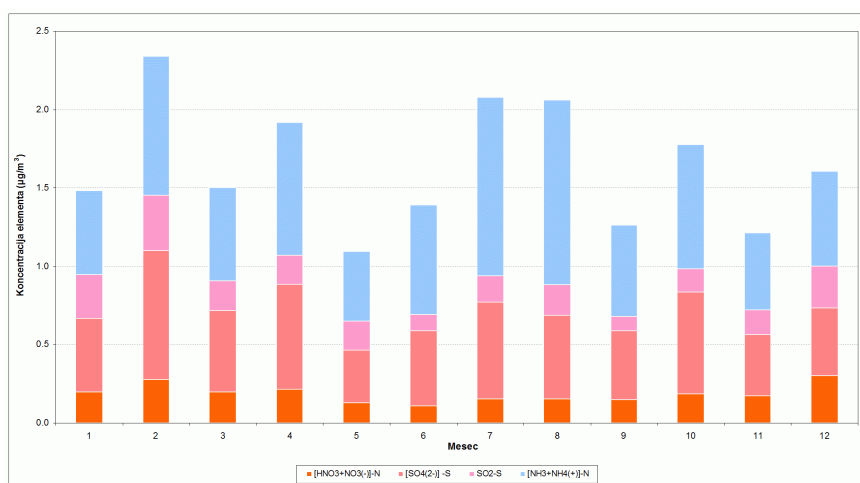
11. Žveplove in dušikove spojine ter anorganski ioni

Žveplove (SO_2 , SO_4^{2-}), 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 komponentah v zraku.

11.1 Raveni onesnaženosti

V tabeli 11.1 so podani rezultati meritev za celotno leto 2013 ter posebej za poletno in zimsko sezono. Povprečne mesečne koncentracije žveplovih in dušikovih spojin ter ionov v letu 2013 so prikazane na slikah 11.1 in 11.3. Tudi v tem letu so bile koncentracije žveplovih in dušikovih spojin ter kalija v zraku najvišje v zimski sezoni. Najvišje so bile januarja in februarja. To obdobje so namreč zaznamovale nizke temperature. Najvišje koncentracije reduciranega dušika ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$)-N v zraku, smo zabeležili v poletni sezoni-v juliju in avgustu.

Nivo ostalih komponent razen kalcija in magnezija, je bil skozi vse leto na približno istem nivoju. Ocenjujemo, da je njuno 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.

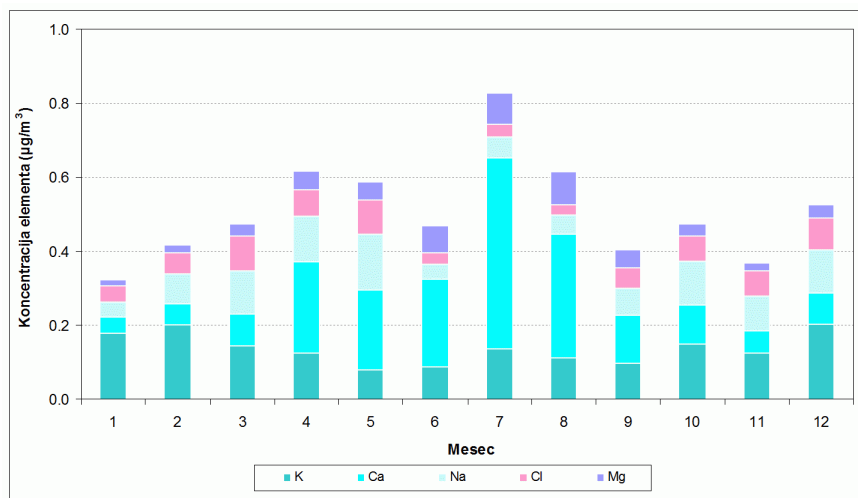


Slika 11.1: Povprečna mesečna koncentracija oksidirane žveplove SO_2 -S v SO_4^{2-} -S, oksidirane dušika $\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$ -N ter reducirane dušika ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$)-N v zraku na Iskrbi za leto 2013.

11. Žveplove in dušikove spojine ter anorganski ioni

Tabela 11.1: Povprečne (C_p) in najvišje (C_{max}) izmerjene koncentracije oksidiranega žvepla, oksidirane dušika, reducirane dušika in nekaterih anorganskih ionov v zraku na Iskrbi za nekurilno sezono, kurilno sezono ter za celo leto 2013.

Parameter	Koncentracija	Poletna	Zimska	Letne
		sezona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	sezona ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	vrednosti ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
$\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$	C_p	0.549	0.583	0.566
	C_{max}	2.93	2.939	2.939
$\text{SO}_2\text{-S}$	C_p	0.184	0.232	0.208
	C_{max}	2.154	2.265	2.265
$(\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-)\text{-N}$	C_p	0.149	0.223	0.186
	C_{max}	0.583	0.968	0.968
$(\text{NH}_3+\text{NH}_4^+)\text{-N}$	C_p	0.819	0.653	0.737
	C_{max}	2.969	2.895	2.969
Cl^-	C_p	0.052	0.085	0.068
	C_{max}	0.62	2.932	2.932
Ca^{2+}	C_p	0.282	0.072	0.178
	C_{max}	4.552	0.338	4.552
Mg^{2+}	C_p	0.066	0.026	0.046
	C_{max}	0.267	0.177	0.267
Na^+	C_p	0.082	0.097	0.09
	C_{max}	0.965	0.932	0.965
K^+	C_p	0.106	0.178	0.142
	C_{max}	0.264	2.319	2.319

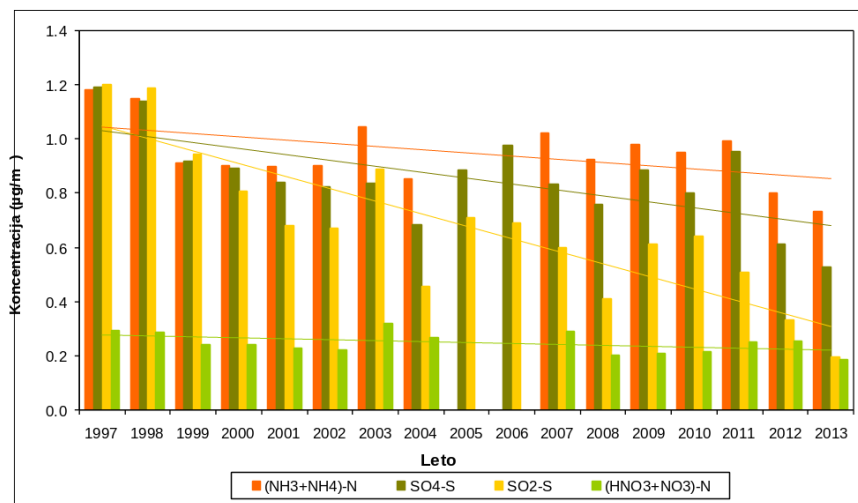


Slika 11.2: Povprečne mesečne koncentracije natrija, kalcija, klorida, magnezija in kalija v zraku na Iskrbi za leto 2013.

Meritve koncentracij žveplovih in dušikovih spojin ter nekaterih kationov in anionov v zraku smo na merilnem mestu Iskrba pričeli izvajati leta 1997. Na sliki 11.3 so prikazane povprečne letne koncentracije dušikovih in žveplovih spojin. Opazen je trend zmanjševanja koncentracij SO_2 . Manjša medletna nihanja za ostale komponente povezujemo s pogostostjo in količino padavin v posameznih letih.

Koncentracije žveplovih spojin kažejo trend upadanja, ki je bolj izrazit pri koncentracijah žveplovega dioksida in nekoliko manj pri koncentracijah SO_4^{2-} ionov. Ocenjujemo, da je ta trend verjetno posledica zmanjšane uporabe premoga ter uporabe premoga z nižjo vsebnostjo žveplovih

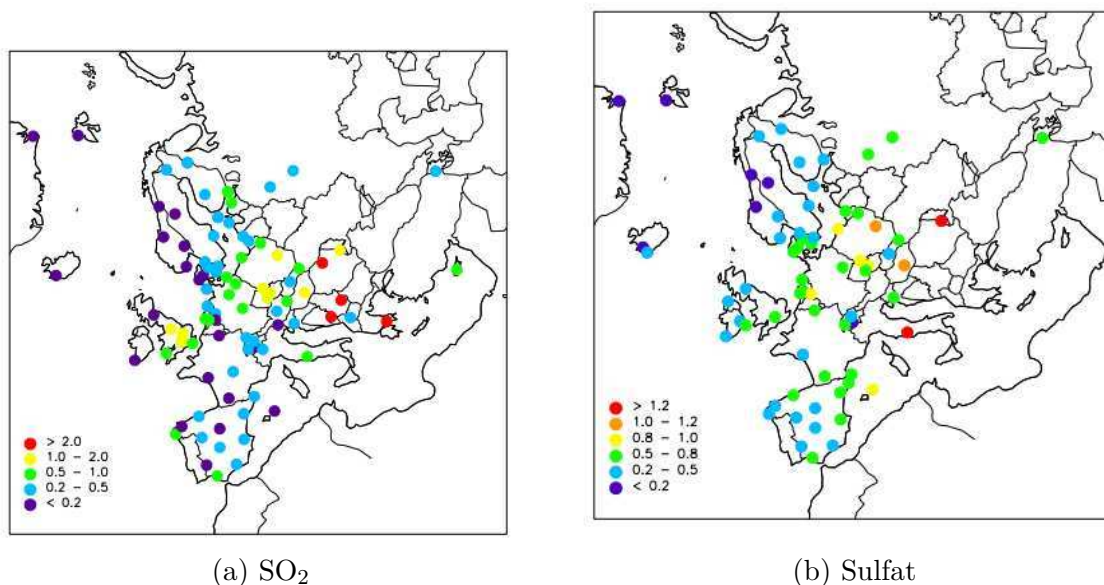
spojin pri proizvodnji energije in hkratnega dograjevanja razžveplevalnih naprav za čiščenje dimnih plinov.



Slika 11.3: 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 reduciranega dušika ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$)-N v zraku na Iskrbi za leto 2013 – dnevno vzorčenje

11.2 Primerjava ravni onesnaženosti z EU

Geografska porazdelitev $\text{SO}_2\text{-S}$ in $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ v Evropi v je prikazana na sliki 11.4. Meritve kažejo, da je merilno mesto Iskrba med manj onesnaženimi.



Slika 11.4: Geografska porazdelitev $\text{SO}_2\text{-S}$ in $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ v Evropi v letu 2012 [22].

12. *Meteorološke značilnosti leta 2013*

Raven onesnaženosti zraka je poleg izpustov, zaradi katerih so onesnaževala sploh v ozračju, najbolj odvisna od vremenskih razmer. Pri danih količinah izpuščenih snovi v zrak je pomembno, kako hitro se te premešajo z okoliškim zrakom in kako veliko prostornino ozračja imajo na razpolago, da se razredčijo. Onesnaževala so tudi snovi, ko so podvržene kemijskim spremembam. Hitrost poteka kemijskih reakcij pa je odvisna tudi od vremenskih pogojev.

Pri redčenju izpustov so najpomembnejše meteorološke spremenljivke hitrost in smer vetra, temperatura, stabilnost ozračja in padavine. Stabilnost ozračja je odvisna od vertikalnega temperaturnega gradienta ter hitrosti in turbulentosti vetra. Pri stabilnem ozračju, ki jo največkrat povezujemo s temperaturno inverzijo, imamo poleg šibkih vetrov tudi zelo šibko navpično izmenjavo zraka, kar pomeni, da izpuščena onesnaževala ostanejo v bližini virov in so tam koncentracije visoke oz. ob dovolj veliki količini izpuščenega onesnaževala presežejo predpisane mejne oz. ciljne vrednosti. Tako neugodne situacije se največkrat pojavijo v hladni polovici leta ob stabilnem vremenu v območju visokega zračnega tlaka. Padavine onesnaževala izperejo iz ozračja, ob močnejšem vetru jih odnese stran od vira, pri visokih temperaturah v hladni polovici leta pa je manj izpustov zaradi ogrevanja. Pri kemijskih spremembah praviloma visoke temperature in več sončnega obsevanja pomenita hitrejša reakcije in s tem povečanje onesnaževal, ki nastajajo na ta način, predvsem ozona, ki poleti na Primorskem dosega previsoke ravni onesnaženosti.

Vreme se spreminja od leta do leta. Zaradi prej naštetih vzrokov so ravni onesnaževal ob razmeroma majhnih razlikah izpustov onesnaževal med posameznimi leti lahko precej različne. Zato je treba pri obravnavanju sprememb ravni onesnaženosti zunanega zraka med posameznimi leti upoštevati tudi vremenske razmere.

12.1 **Vreme leta 2013**

Leto 2013 je bilo 1 do 2°C toplejše kot v povprečju obdobja 1961–1990, nadpovprečno topla je bila tudi večina mesecev, med letnimi časi je bil pozitiven odklon največji poleti. Poletno vročino je spremljala suša, avgusta pa smo na mnogih merilnih mestih zabeležili doslej najvišjo temperaturo zraka, ponekod je celo presegla 40°C. Največ padavin je bilo v Posočju, ponekod so presegli 2800 mm. Proti jugu in vzhodu je količina padavin pojemala. Dolgoletno povprečje je bilo skoraj povsod preseženo, odkloni pa niso presegli 20%. Odkloni v trajanju sončnega obsevanja so bili v mejah $\pm 10\%$.

Leto je bilo po vsej državi nadpovprečno toplo, odklon se je v večjem delu države gibal med

1 in 2°C, le na Kočevskem je bil 0,9°C. Povprečna letna najnižja temperatura zraka je z izjemo Črnomlja (odklon 0,8°C) povsod presegla dolgoletno povprečje vsaj za 1°C, večinoma so bili odkloni med 1 in 2,3°C, le v Godnjah in Biljah je odklon dosegel 2,5°C. Tudi odkloni letnega povprečja najvišje dnevne temperature so bili pozitivni, večinoma so se gibali med 1,0 in 1,8°C. Največji pozitivni odklon je bil v Postojni, kjer je dosegel 1,8°C. Manjši odklon so zabeležili le na Kredarici (0,8°C) in v Črnomlju (0,9°C).

Dober pokazatelj temperaturnih razmer je število dni, ko je temperatura presegla ali ostala pod izbranim pragom. Ledeni so dnevi z najvišjo dnevno temperaturo pod lediščem. V Portorožu, Godnjah in Biljah ni bilo ledenih dni. Po 10 jih je bilo v Ljubljani in Celju, dan več v Novem mestu, po 12 v Črnomlju, Cerkljah, Postojni in Lescah. V Kočevju jih je bilo 13, v Mariboru in Murski Soboti po 14, v Slovenj Gradcu pa 15. V Ratečah so jih zabeležili 23, na Kredarici pa 148.

Vroči so dnevi, ko temperatura doseže vsaj 30°C; v Ratečah jih je bilo 16, v Lescah 18, v Slovenj Gradcu 23, v Postojni 26, v Murski Soboti pa 29. 30 takih dni je bilo v Kočevju, po 31 v Novem mestu in Črnomlju, dan več v Celju, po 34 v Cerkljah in Mariboru, še dan več v Ljubljani. Po številu vročih dni odstopajo Obala, Kras in Goriško. V Biljah je bilo 56 vročih dni, v Portorožu 44 in v Godnjah 43.

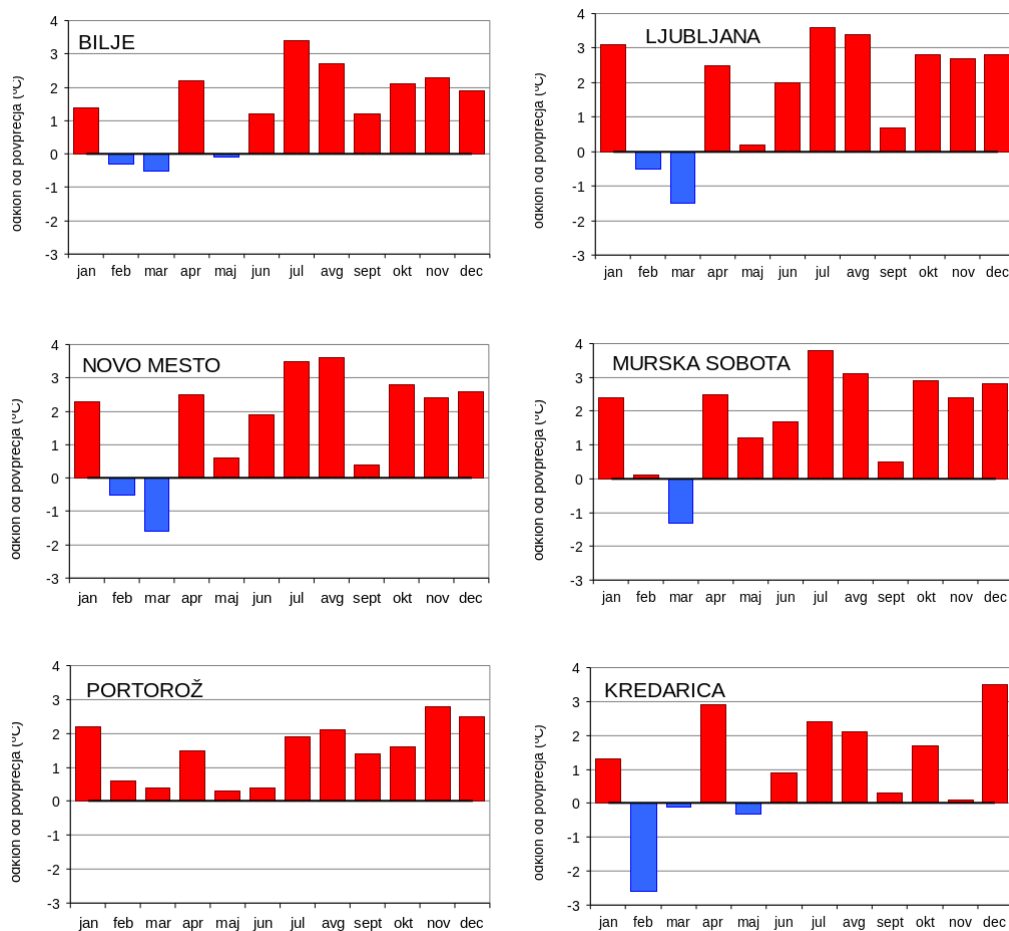
Mrzli so dnevi, ko se najnižja dnevna temperatura spusti na -10°C ali nižje. V Ljubljani takih dni leta 2013 ni bilo, prav tako jih ni bilo na Obali, Krasu in Goriškem. Po en tak dan so imeli v Novem mestu in Mariboru, po dva pa v Cerkljah in Črnomlju. Po trije mrzli dnevi so bili v Murski Soboti, Kočevju in Postojni. Na Kredarici je bilo 65 takih dni, v Ratečah 13, v Slovenj Gradcu pa 6. Po 4 mrzle dni so zabeležili v Celju in Lescah.

V Ljubljani je bil leta 2013 dosežen najvišji absolutni maksimum 40,2°C. Na Obali so leta 2013 zabeležili 37,3°C in tako presegli prejšnji rekord iz leta 2003. Med ne tako redkimi kraji, kjer je temperatura v letu 2013 dosegla rekordno višino, je tudi Murska Sobota, izmerili so 40,1°C, kar je več kot leta 1950, ko je bilo 39,8°C. V Mariboru je bila v preteklosti rekordna maksimalna temperatura zabeležena v letu 2003, in sicer 39,8°C, leta 2013 pa se je ogrelo na rekordnih 40,6 °C. V Celju je bilo v preteklosti najtopleje leta 1950 z 39,4°C, tokrat se je živo srebro povzpelo na 39,7°C. V Novem mestu so z 39,9°C presegli prejšnji rekord 38,4 °C iz leta 2003. Na Kredarici so z 19,1°C opazno zaostajali za rekordom 21,6°C iz leta 1983.

Najnižje temperature v letu 2013 so bile opazno višje od rekordno nizkih iz preteklosti. Najnižji absolutni minimum je bil v Ljubljani leta 1956, ko se je ohladilo na -23,3 °C, v letu 2013 pa so izmerili -7,2°C; v Murski Soboti so izmerili -15,5°C, leta 1963 pa kar -31,0°C.

Na Kredarici je bilo leta 1985 -28,3°C, tokrat pa je bila najnižja temperatura -19,9°C. Na Obali so leta 1956 zabeležili -12,8°C, tokrat -3,8°C. V Mariboru se je živo srebro spustilo na -11,1°C, kar pa je občutno nad vrednostjo iz leta 1956, ko so izmerili -22,8°C; v Celju je bilo najhladneje leta 1956 z -28,6°C, tokrat pa je bil absolutni minimum -14,0°C. Tudi v Novem mestu se niso približali doslej najnižji temperaturi, izmerili so -10,0°C, leta 1956 pa se je temperatura spustila na -25,6°C.

Na Obali so bili vsi meseci toplejši od dolgoletnega povprečja (slika 12.1), največji odklon so zabeležili zadnja dva meseca v letu. Tudi drugod po državi so prevladovali nadpovprečno topli meseci, januar je bil nadpovprečno topel, največji odklon so imeli v osrednji Sloveniji. V visokogorju je bil



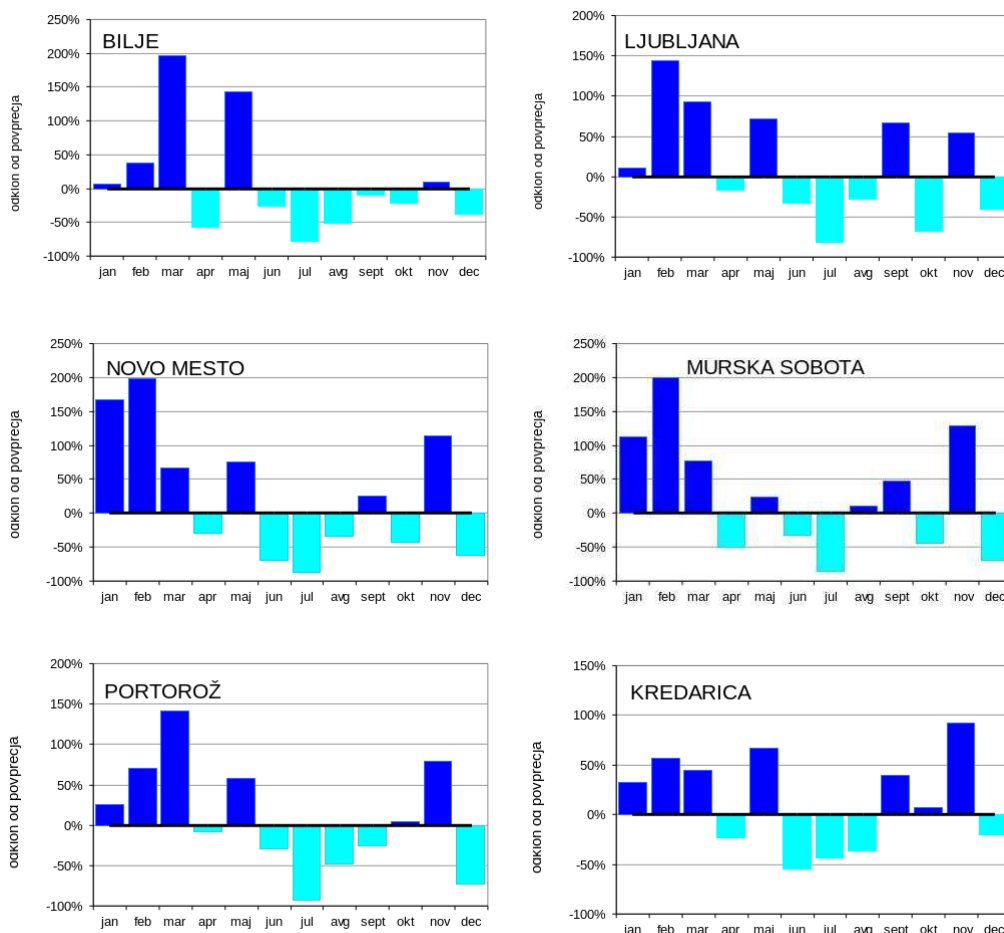
Slika 12.1: Mesečni odkloni temperature v letu 2013 od povprečja obdobja 1961-1990

februar izrazito hladnejši kot običajno, po nižinah pa so le malo zaostajali za dolgoletnim povprečjem in je bil negativni odklon večji v marcu. V visokogorju je povprečna marčevska temperatura le malo zaostajala za običajno. April je bil povsod nadpovprečno topel. Na Goriškem in v visokogorju je bil maj za spoznanje hladnejši kot običajno. Junija je bilo spet povsod nekoliko topleje kot običajno, julij in avgust pa izstopata z velikim temperaturnim presežkom. Septembra je bila temperatura le nekoliko višja kot običajno, zadnji trije meseci leta so bili v nižinskem svetu izrazito pretopli, v visokogorju pa je bil november temperaturno povsem povprečen.

Največ padavin v letu 2013 je bilo v Posočju, kjer so na nekaterih merilnih mestih namerili nad 2800 mm. Proti jugu in vzhodu so padavine upadale. Na veliki večini ozemlja je padlo manj kot 2400 mm. Na Obali, večjem delu Koroške in Štajerske, v Prekmurju in na Krško-Brežiškem polju je padlo manj kot 1200 mm. V Mariboru so namerili le 900 mm, v Murski Soboti pa 912 mm. Na Letališču Portorož je padlo 1055 mm.

Na Koroškem in na severu Štajerske niso dosegli dolgoletnega povprečja padavin, v Mariboru je padlo komaj 86% običajnih padavin, v Slovenj Gradcu pa 96%. Večina Slovenije je imela več padavin kot običajno, večinoma so bili presežki do petine dolgoletnega povprečja, le v Lescah (22% nad dolgoletnim povprečjem), na Krasu (33%) in Črnomlju (21%) je bil presežek večji od petine. V Ljubljani so namerili 1531 mm, kar je 10% nad dolgoletnim povprečjem.

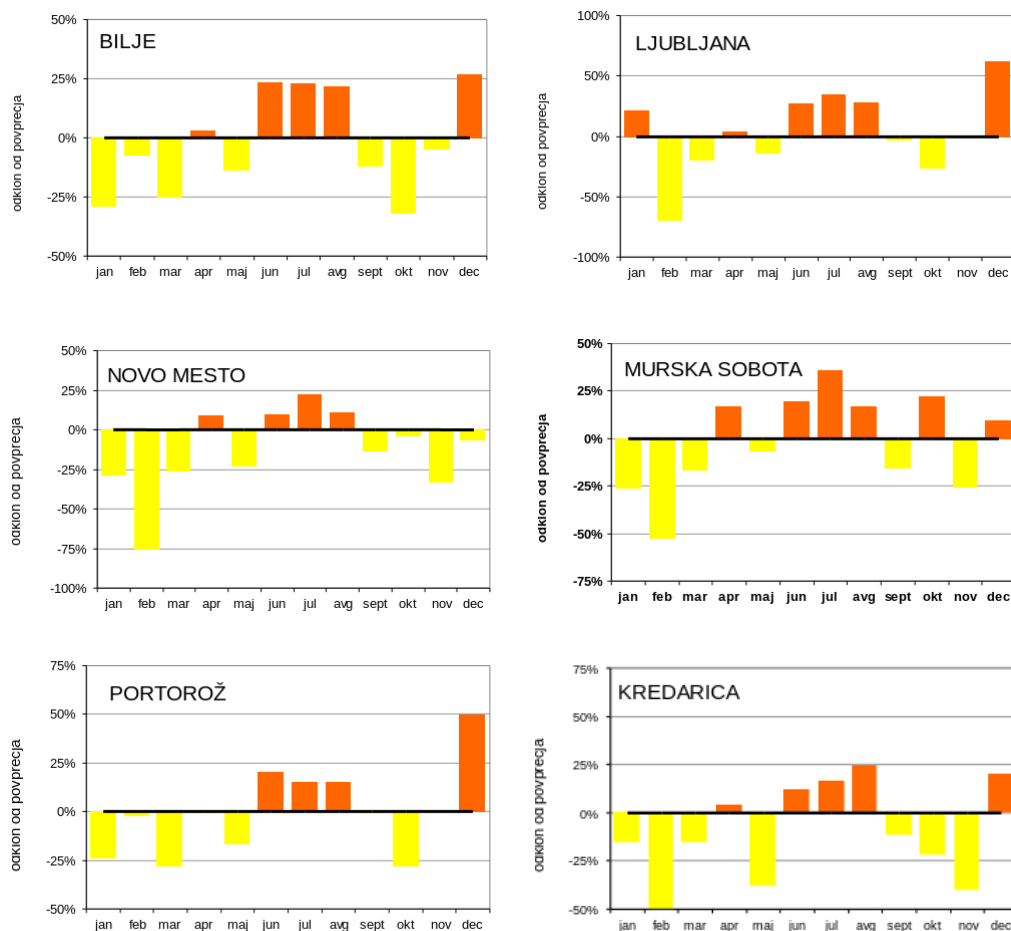
Prvi trije meseci leta 2013 so bili nadpovprečno namočeni (slika 2). Aprila je padavin primanjkovalo, maja pa je bilo dolgoletno povprečje ponovno preseženo. Padavin je primanjkovalo v poletnih mesecih, le v Prekmurju so avgusta nekoliko presegli dolgoletno povprečje. Na Primorskem so septembra zaostajali za običajnimi padavinami, drugod pa so padavine presegle dolgoletno povprečje. Oktobra so za malenkost presegli dolgoletno povprečje na Obali in Kredarici, drugod je padavin primanjkovalo. Novembra je bilo padavin ponovno opazno več kot običajno, zadnji mesec leta pa je na prikazanih postajah padavin primanjkovalo.



Slika 12.2: Padavine po mesecih v letu 2013 v primerjavi s povprečjem obdobja 1961-1990.

Leto 2013 po trajanju sončnega obsevanja ne odstopa veliko od dolgoletnega povprečja, odkloni so bili v intervalu $\pm 10\%$. Nadpovprečno sončno je bilo na Obali, Krasu in na območju, ki se je raztezalo iz Vipavske doline nad osrednjo Slovenijo; dolgoletno povprečje so presegle tudi na severovzhodu države.

Januarja 2013 je sončnega vremena primanjkovalo, le v osrednji Sloveniji je sonce sijalo nekaj več časa kot običajno (slika 12.3). Februar je bil povsod bolj siv, kot bi pričakovali glede na dolgoletno povprečje, enako je bilo tudi marca. April je večinoma malo presegel običajno osončenost, maja pa je sonce sijalo manj časa kot običajno. Poletni meseci so bilo opazno bolj sončni kot običajno. Septembra so bili negativni odkloni majhni. Sončnega vremena je večinoma primanjkovalo tudi oktobra, le v Prekmurju je sonce sijalo dlje kot običajno. Tudi novembra smo pogrešali sončno vreme,



Slika 12.3: Sončno obsevanje po mesecih leta 2013 v primerjavi s povprečjem obdobja 1961-1990

največji primanjkljaj je bil v visokogorju. December je bil večinoma bolj sončen kot v dolgoletnem povprečju, za dolgoletnim povprečjem so nekoliko zaostajali na Dolenjskem.

V letu 2013 je snežilo povsod po Sloveniji, tudi na Obali. Na letališču v Portorožu je snežna odeja obležala 2 dni, debela pa je bila 8 cm. Sneg na Obali je redek pojav. Na Goriškem so v letu 2013 namerili 8 cm snega, snežna odeja je vztrajala 6 dni. V Godnjah na Krasu je sneg prekrival tla 15 dni, dosegel pa je višino 30 cm. V Ratečah je leta 2013 sneg tla prekrival 136 dni, največja debelina je bila 115 cm. V Ljubljani je sneg ležal 57 dni, največja debelina je bila 53 cm. Na Kredarici so namerili do 475 cm.

V nadaljevanju predstavljamo še značilnosti posameznih letnih časov v letu 2013. Za primerjavo uporabljamo obdobje 1961–1990.

12.2 Značilnosti posameznih letnih časov

Zima 2012/13 je bila v večjem delu države toplejša kot običajno, večina odklonov je bila med 0 in 1°C. Le v Posočju, visokogorju in delu Bele krajine so za dolgoletnim povprečjem nekoliko zaostajali. Odklon padavin od dolgoletnega povprečja kaže večjo prostorsko spremenljivost kot temperaturni odklon. Zima je bila skoraj povsod bolj mokra kot v dolgoletnem povprečju, dvakrat toliko padavin

kot običajno je bilo v Beli krajini in južnem delu Dolenjske. Zelo blizu dolgoletnega povprečja so bile padavine na severozahodu države. V zimi 2012/13 je primanjkovalo sončnega vremena; na zahodu, z izjemo Zgornjesavske doline so presegli 75% običajne osončenosti, prav tako v delu Štajerske, a večina ozemlja je imela le od 50 do 75% toliko sončnega vremena kot v dolgoletnem povprečju.

Spomladi je bil temperaturni odklon večinoma med 0 in 1°C, le na Kočevskem in v Beli krajini negativen. Pomlad je bila v primerjavi z dolgoletnim povprečjem najbolj namočena na Krasu in Goriškem, kjer so se približali dvakratni običajni količini padavin. Večina severne, severovzhodna in vzhodna Slovenija so dolgoletno povprečje padavin presegle za manj kot četrtno. Za običajno osončenostjo so najbolj zaostajali na skrajnem severozahodu države, kjer niso dosegli niti 80% običajne osončenosti. Večina ozemlja je dosegla od 80 do 90% običajnega sončnega vremena, na severovzhodu pa so za dolgoletnim povprečjem zaostajali za manj kot desetino.

Poletje je bilo povsod toplejše kot običajno, odklon je bil večinoma med 2 in 3°C, med 1 in 2°C topleje je bilo na Obali, v visokogorju in na Kočevskem. Poletje je bilo skromno s padavinami, velika večina krajev je namerila le od 30 do 70% običajnih padavin. Povsod je bilo vsaj za desetino bolj sončno kot običajno, dobra polovica Slovenije je imela vsaj petino več sončnega vremena kot v dolgoletnem povprečju.

Jesen je bila toplejša od povprečja primerjalnega obdobja, večinoma je bil odklon med 1 in 2°C, v osrednji Sloveniji še nekoliko večji, v visokogorju pa manjši. Z izjemo Goriške je bila jesen nadpovprečno namočena. Največji presežek so imeli v delu Dolenjske, kjer so dolgoletno povprečje presegli za 60%, več kot za dve petini so običajne padavine presegli v delu Julijcev, na že prej omenjenem Dolenjskem in Zasavju ter v Pomurju. Jeseni je bilo sončnega vremena manj kot običajno, še najbližje dolgoletnemu povprečju so bili na severovzhodu države, kjer zaostanek za dolgoletnim povprečjem ni presegel desetine. Večina ozemlja je imela od 80 do 90 % običajne osončenosti, na severozahodu in Trnovski planoti pa je zaostanek za dolgoletnim povprečjem presegel petino.

Povprečna mesečna temperatura je decembra povsod preseгла dolgoletno povprečje vsaj za 1°C. Najbolj je bilo dolgoletno povprečje preseženo v visokogorju, in sicer na Kredarici kar za 3,5°C. Zadnja tretjina decembra je bila povsod občutno toplejša kot v dolgoletnem povprečju, odklon je bil večinoma med 6 in 8°C. Na približno polovici ozemlja je padlo manj kot 50 mm padavin, največ pa so jih zabeležili v delu Posočja, kjer so presegle 300 mm. Padavine v večjem delu države niso dosegle dolgoletnega povprečja, na jugu Slovenije, na Dolenjskem, spodnjem Štajerskem in na severovzhodu države je padla manj kot polovica dolgoletnega povprečja. Z izjemo Novega mesta je sonce sijalo več časa kot v dolgoletnem povprečju. Na Kredarici je decembra 2013 debelina snežne odeje dosegla 155 cm, kar je pod dolgoletnim povprečjem. Po nižinah z izjemo Rateč ni bilo snežne odeje.

Literatura

- [1] *Air quality in Europe-2013 report*, European Environment Agency, 2013.
- [2] *Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in sveta o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo*, Uradni list Evropske unije, 2004. L152.
- [3] *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, 2006. L23.
- [4] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Celje*, Uradni list RS, 2013. 108/13.
- [5] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Kranj*, Uradni list RS, 2013. 108/13.
- [6] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Ljubljana*, Uradni list RS, 2014. 24/14.
- [7] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor*, Uradni list RS, 2013. 108/13.
- [8] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Murska Sobota*, Uradni list RS, 2013. 88/13.
- [9] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Novo Mesto*, Uradni list RS, 2013. 108/13.
- [10] *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Zasavja*, Uradni list RS, 2013. 108/13.
- [11] *Uredba o kakovosti zunanjega zraka*, Uradni list RS, 2011. 9/11.
- [12] *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka*, Uradni list RS, 2011. 55/11.
- [13] *Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku*, Uradni list RS, 2006. 39/06.
- [14] *Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja*, UNECE, 1979.
- [15] *EEA Signali 2013 - Kakšen zrak dihamo*, European Environment Agency, 2013.

-
- [16] *Criteria for EUROAIRNET - The EEA Air Quality Monitoring and Information Network*, European Environment Agency, 1999.
- [17] *Kakovost zraka v Slovenije v letu 2012*, ARSO, 2013.
- [18] "WebDab - EMEP emissions database." http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/.
- [19] 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.
- [20] *Direktiva 2001/81/ES Evropskega parlamenta o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC)*, Uradni list Evropske unije, 2001.
- [21] M. Pidwirny, "Acid Precipitation," *Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition*, 2006.
- [22] A.-G. Hjellbrekke, "Data report 2012 acidifying and eutrophying compounds and particulate matter," *EMEP/CCC-Report*, no. 3, 2014.