



**NACIONALNI LABORATORIJ ZA
ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO**

CENTER ZA OKOLJE IN ZDRAVJE

DAT: DANTE-NL-COZ-212a-PR16MOM_letno2016

KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA V MESTNI OBČINI MARIBOR IN SOSEDNIH OBČINAH V LETU 2016



Maribor, avgust 2017

Oddelek za okolje in zdravje Maribor

Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor, T: (02) 45 00 260, F: (02) 45 00 148, E: mb.coz@nlzohsi

Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano, Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor

ID za DDV: SI19651295, TRR: SI5601100-6000043285, BIC: BSLJIS2X, Banka Slovenije

Naslov: Kakovosti zunanjega zraka v Mestni občini Maribor in sosednjih občinah v letu 2016

Izvajalec: Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano
CENTER ZA OKOLJE IN ZDRAVJE
ODDELEK ZA OKOLJE IN ZDRAVJE MARIBOR
Prvomajska ulica 1, 2000 MARIBOR

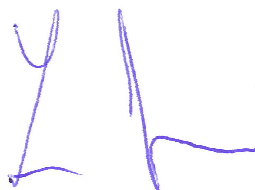
Naročnik: MESTNA OBČINA MARIBOR
Medobčinski urad za varstvo okolja in ohranjanje narave
Slovenska ulica 40
2000 MARIBOR

Evidenčna oznaka: 212a-09/1579-16 / 13
Delovni nalog: pogodba št. 35405-1/2016 z dne 16.02.2016,
Aneks št. 1, 35405-1/2016-13 z dne 18.04.2016,
Aneks št. 2, 35405-1/2016-21 z dne 08.06.2016.

Dejavnosti: 2121a – Hrup in stanje zraka

Izvajalci naloge:
Vodja naloge: Uroš Lešnik, univ.dipl.inž.prom.

Sodelavci: mag. Benjamin Lukan, univ.dipl.fiz.



Maribor, 07.09.2017

ODDELEK ZA OKOLJE IN ZDRAVJE
MARIBOR
Vodja:

mag. Emil Žerjal, univ.dipl.inž.kem.tehnol.

POVZETEK

V meritve kakovosti zunanjega zraka, ki so v letu 2016 potekale v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, državni merilni mreži kakovosti zraka (DMKZ), ki jo upravlja Agencija RS za okolje, ter dodatne meritve iz projekta PMinter so bila vključena naslednja onesnaževala: dušikovi oksidi (NO_x in NO_2), ozon (O_3), delci (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{01}), ogljikov monoksid (CO), benzen (C_6H_6), težke kovine (Pb, Cd, Ni, As) v delcih PM_{10} , benzo(a)piren v delcih PM_{10} in črni ogljik. Dodatno so se ugotavljali še meteorološki parametri. Meritve so potekale na merilnih mestih Center, Urbanski plato, Krekova/Tyrševa, Pohorje, Ruše, Radvanje, Tezno in Miklavž na Dravskem polju. Merilne metode, v pretežni meri referenčne, so bile usklajene z zahtevami zakonodaje in stanjem tehnike in se glede na pretekla leta niso spremenile. Izvajala so se redna zunanja in notranja preverjanja delovanja opreme, tako da je bilo za večino onesnaževal ustrezna razpoložljivost veljavnih podatkov. Zakonodaja, ki določa normativne vrednosti za varovanje zdravja ljudi kot tudi za varstvo rastlin, se ni spreminjala.

Večina onesnaževal se meri v središču mesta na merilnem mestu Center. Mejne in ciljne vrednosti za varovanje zdravja ljudi niso bile presežene za dušikov dioksid, ogljikov monoksid, benzen, delce $\text{PM}_{2,5}$ in težke kovine v delcih PM_{10} . Za večino onesnaževal so bile srednje letne vrednosti pod povprečjem doslej izmerjenih, tudi trendi so večinoma usmerjeni navzdol. Koncentracije dušikovega dioksida in dušikovih oksidov na Urbanskem platu so bile še nižje kot v Centru in niso presegale mejnih vrednosti za varstvo zdravja oziroma kritične vrednosti za varstvo rastlin v naravnem okolju.

Vsebnost ozona v zraku z oddaljevanjem od središča mesta narašča, pojavlja se več preseganj ciljne osemurne vrednosti, tako da je bila ta večkrat presežena na Pohorju kot na Urbanskem platu. Ciljna vrednost (v koledarskem letu triletnega povprečja) je bila presežena na Pohorju, vendar pa urne koncentracije niso bile tako visoke, da bi bila kadarkoli presežena alarmna vrednost. Koncentracije ozona se na merilnem mestu Pohorje znižujejo, na Urbanskem platu pa trend ni zaznaven.

Poseben problem predstavljajo delci, vendar tudi v letu 2016 srednja letna vrednost delcev PM_{10} v Centru, na Krekovi/Tyrševi, na Urbanskem platu ter v Miklavžu ni presegala mejne letne vrednosti, najverjetneje pa le ta ni bila presežena niti na merilnih mestih Tezno, Radvanje in Ruše, kjer meritve niso potekale celotno leto. Število preseganj dnevne mejne vrednosti je bilo nad dovoljenim na merilnih mestih Center, Krekova/Tyrševa in Miklavž, pod dovoljenim pa na Urbanskem platu ter tudi na Tezno, v Radvanju in Rušah. Večina preseganj je bila pozimi, še bolj natančno, januarja in decembra. Če gledamo dolgoletni trend srednjih letnih vrednosti na merilnih mestih Center, Urbanski plato in Miklavž, se stanje izboljšuje. Zaskrbljujoč je trend izmerjenih letnih in zimskih vrednosti na merilnem mestu Krekova/Tyrševa, saj je le ta usmerjen navzgor.

Koncentracije delcev $\text{PM}_{2,5}$ so bile v Centru, na Urbanskem platu in na Krekovi/Tyrševi pod ciljno vrednostjo. Trend na merilnih mestih Center in Urbanski plato je še vedno usmerjen navzdol, na Krekovi/Tyrševi trend pa ni zaznaven. Trend koncentracij delcev PM_{01} na merilnem mestu Krekova/Tyrševa ni zaznaven.

Koncentracije črnega ogljika so bile v letu 2016 višje kot v letih pred tem, razmerje med deležem črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase (23 %) in iz naslova izgorevanja fosilnih goriv (77 %) pa je ostal približno enak.

Srednje letne koncentracije težkih kovin (arzen, svinec, kadmij in nikelj) v delcih PM_{10} ne dosegajo ciljnih vrednosti, so celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Trendi vseh kovin so usmerjeni navzdol, le pri svincu trend ni zaznaven zaradi relativno visoke vrednosti v letu 2014.

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM_{10} , ki je pokazatelj za rakotvorno tveganje policikličnih aromatskih ogljikovodikov, je v Centru dosegala mejno vrednostjo in bila največja doslej, trend je še vedno

usmerjen navzgor. Informativne meritve na merilnih mestih Tezno, Radvanje in Ruše so pokazale v istem časovnem obdobju precej višje vrednosti kot v Centru.

Kakovost zraka je pozimi slabša za vsa onesnaževala razen za ozon, in zanjo bi lahko rekli, da k nekim bolj ali manj stalnim koncentracijam ozadja dodatno prispevajo kurišča, promet, industrija in drugi lokalni viri. Pri ozonu je razlog za višje vrednosti poleti v načinu njegovega nastanka.

Zanimive značilnosti se kažejo na merilnem mestu Tyrševa/Krekova:

- trendi koncentracij delcev PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁ niso zaznavni v primerjavi z drugimi merilnimi mesti, kjer je trend usmerjen navzdol,
- povečana srednja letna vrednost izmerjenega črnega ogljika proti preteklim letom,
- povečana količina prometa na števnem mestu mimo merilnega mesta (v letu 2016 je bilo na števnem mestu 21.059 vozil več kot v letu 2015, vendar še vedno 25.207 manj kot v letu 2014).

Iz tega bi lahko sklepali, da je bil prispevek emisij onesnaževal s strani cestnega prometa višji, hkrati pa se je povečal prispevek drobnih kurišč (kar dokazujejo izmerjene koncentracije vseh frakcij delcev). Navedeno potrjuje tudi največja izmerjena srednja letna vrednost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ na merilnem mestu Center, kakor tudi prekomerno število preseganj mejne dnevne koncentracije delcev PM₁₀. Če povzamemo te ugotovitve, je na nekaterih merilnih mestih opaziti navzdol usmerjene trende, kar kaže na izboljševanja kakovosti zunanega zraka, vendar to izboljševanje izničuje vedno večja uporaba lesne biomase kot energenta, ki posebej v neugodni vremenski situaciji povišuje koncentracije onesnaževal v zunanjem zraku (epizode povišanih koncentracij januarja – 17 in decembra - 18 preseganj mejne dnevne vrednosti za delce PM₁₀).

V okviru projekta PMinter so bile določene prispevne stopnje lokalnih (do 35 %) in regionalnih emisij (od 50 do 65 %) na lokalne koncentracije delcev PM₁₀. S pomočjo dodatnih analiz se je določilo prispevno stopnjo cestnega prometa (do 9 %) in kurjenja lesa (do 32 %) – prispevki so seveda dnevno in sezonsko različni. Te informacije nam povejo, da za kakovost zraka v določeni točki niso krive samo lokalne emisije in da je za najbolj učinkovito izboljšanje kakovosti zunanega zraka v Mariboru pozornost najprej potrebno usmeriti k emisijam delcev iz naslova kurjenje lesne biomase.

Temperatura zraka je bila nad dolgoletnim povprečjem. Kakovost zunanega zraka je najboljša zjutraj pred sončnim vzhodom, najslabša pa zvečer.

Glede na izmerjene vrednosti in v luči zadnjih ugotovitev bi bilo smiselno obseg meritev razširiti še na sosednje občine (na primer Selnica ob Dravi, Duplek) vsaj z meritvami delcev PM₁₀ in morda tudi z analizami vsebnosti benzo(a)pirena v delcih PM₁₀.

Prostorska razporeditev merilnih mest v Mariboru je v grobem ustrezna, saj pokriva gosto poseljeno območja središča mesta in njihovo neposeljeno okolico, čeprav še obstaja nekaj generalnih področij, ki z meritvami niso pokrita (Pobrežje, Studenci...).

Glede na izmerjene koncentracije lahko pričakujemo škodljive učinke teh onesnaževal na zdravje ljudi, vendar je ob tem potrebno poudariti, da prebivalci Maribora in okolice niso izpostavljeni večjemu tveganju za zdravje zaradi slabe kakovosti zraka kot ostali prebivalci Slovenije v mestih ali ob prometnih cestah. Razen tega je tveganje iz leta v leto manjše, saj se z zniževanjem koncentracij znižuje tudi verjetnost škodljivih vplivov na zdravje. Za zagotavljanje boljše zdravstvene zaščite ljudi pred škodljivim delovanjem onesnaževal iz zraka si je potrebno prizadevati za še dodatno znižanje njihovih koncentracij, kar je tudi cilj Načrta za kakovost zraka, ki je bil sprejet konec leta 2013.

KAZALO

	Stran
POVZETEK	3
KAZALO	5
1 UVOD.....	6
2 STALNA MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV.....	8
3 METODOLOGIJA DELA.....	12
3.1 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNJIH OBČIN.....	12
3.1.1 DUŠIKOV DIOKSID IN DUŠIKOVI OKSIDI.....	12
3.1.2 OZON.....	13
3.1.3 DELCI PM ₁₀ (NEREFERENČNA METODA-TEOM).....	13
3.1.4 DELCI PM ₁₀ (REFERENČNA METODA).....	14
3.1.5 METEOROLOŠKI PARAMETRI.....	14
3.1.6 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI.....	14
3.2 <i>PM</i> _{inter} , MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA.....	15
3.2.1 DELCI PM ₁₀ , PM _{2,5} in PM ₀₁ (GRIMM).....	15
3.2.2 ČRNI OGLJIK BC.....	15
3.3 DRŽAVNA MERILNA MREŽA (CENTER IN VRBANSKI PLATO).....	16
4 ZAKONSKI OKVIR.....	17
5 REZULTATI MERITEV.....	22
5.1 DUŠIKOVI OKSIDI.....	23
5.1.1 Dušikov dioksid.....	23
5.1.2 Dušikovi oksidi.....	27
5.2 OZON.....	31
5.3 DELCI IN ANALIZE.....	38
5.3.1 Delci PM ₁₀	38
5.3.2 Delci PM _{2,5}	46
5.3.3 Delci PM ₀₁	51
5.3.4 Analize delcev PM ₁₀	54
5.4 OGLJIKOV MONOKSID.....	60
5.5 BENZEN.....	62
5.6 ČRNI OGLJIK.....	64
5.7 METEOROLOŠKI PARAMETRI.....	68
5.7.1 Temperatura zraka.....	68
5.7.2 Smer in hitrost vetra.....	70
5.7.3 Rože kakovosti zunanjega zraka.....	71
6 ZNAČILNOSTI.....	73
6.1 MOŽNI VPLIVI KAKOVOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI.....	73
7 SKLEPNE UGOTOVITVE.....	76
8 LITERATURA IN VIRI.....	83

1 UVOD

Meritve so najzanesljivejši pokazatelj stanja kakovosti zunanjega zraka na določenem območju. V Mariboru in okolici kvalitetne meritve potekajo že od leta 1978, z leti so se razvijale in dopolnjevale in v letu 2016 dosegle stanje, prikazano v tem poročilu.

Mestna občina Maribor (MOM), v skladu z veljavno zakonodajo je uvrščena v aglomeracijo, zagotavlja skupaj z nekaterimi sosednjimi občinami podrobnejši monitoring stanja okolja z meritvami kakovosti zunanjega zraka. Ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka je stalna naloga, ki poteka v obsegu, dogovorjenem s pogodbami z MOM, kar zahteva tudi Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor, in občinama Miklavž na Dravskem polju in Ruše v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin. Agencija RS za okolje (ARSO) iz Ljubljane izvaja ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka v Mariboru v okviru državne merilne mreže za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ). Nadaljevale so se tudi meritve, ki so bile vzpostavljene v okviru projekta PMinter¹. Poročilo o kakovosti zunanjega zraka v Mestni občini Maribor in sosednjih občinah vključuje vse rezultate meritev v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, državni merilni mreži ter dodatnih meritev iz projekta PMinter v letu 2016.

Osnovno merilno mesto za ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka v merilni mreži Maribora in sosednjih občin je bilo tudi v letu 2016 Vrbanski plato. Dodatni merilni mesti v MOM sta bili Tezno in Radvanje, v sosednjih občinah pa Pohorje, Ruše in Miklavž na Dravskem polju. Meritve v državni merilni mreži so potekale v Centru in na Vrbanskem platoju, iz projekta PMinter pa na merilnem mestu Krekova/Tyrševa. Meritve za določitev ravni onesnaževal se izvajajo na stalnih merilnih mestih bodisi neprekinjeno bodisi z naključnim vzorčenjem, služijo pa tudi za pridobitev podatkov o prostorski razporeditvi kakovosti zunanjega zraka.

Obseg meritev v merilni mreži Maribora in sosednjih občin se je glede na leto 2015 spremenil, saj sta bili dodani merilni mesti Tezno in Radvanje v MOM. Na vsakem od njiju so meritve delcev PM₁₀ v skladu z dogovorom z MOM potekale po šest mesecev. Pet mesecev v drugi polovici leta so meritve delcev PM₁₀ v skladu z dogovorom z občino potekale tudi v Rušah.

V letu 2016 so se izvajale meritve onesnaževal, na katere se v skladu z zakonodajo nanaša ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka, meteoroloških parametrov in nekaterih dodatnih onesnaževal, razen žveplovega dioksida, katerega koncentracije že leta dosegajo zelo nizke vrednosti:

- dušikov dioksid NO₂, dušikovi oksidi NO_x, ozon O₃, delci PM₁₀ in PM_{2,5}, temperatura zunanjega zraka T ter smer in hitrost vetra na Vrbanskem platoju (obe merilni mreži),
- O₃ na Pohorju,
- delci PM₁₀ v Miklavžu na Dravskem polju,
- NO₂, NO_x, delci PM₁₀ in PM_{2,5}, ogljikov monoksid (CO), benzen (C₆H₆), benzo(a)piren (b(a)p) in težke kovine (TK) v delcih PM₁₀ ter meteorološki parametri, od katerih navajamo le temperaturo zunanjega zraka T, v Centru (samo DMKZ),
- delci PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁ ter črni ogljik BC na Krekova/Tyrševa (PMinter).

Vsa oprema za meritve onesnaževal, ki jih zahteva naša zakonodaja, je v merilni mreži Maribora in sosednjih občin ter v državni merilni mreži usklajena z referenčno metodo. V Centru in na Vrbanskem

¹ PMinter: Medregijski vpliv ukrepov za varstvo zunanjega zraka pred onesnaževanjem z delci iz cestnega prometa in malih kurišč v slovensko – avstrijskem obmejnem prostoru. Podrobnosti o tem projektu so dosegljive na spletni strani projekta <http://www.pminter.eu>.

platoju potekajo meritve delcev PM_{10} istočasno z avtomatsko nereferenčno in referenčno merilno metodo. Prve so namenjene obveščanju javnosti o sprotnih (urnih in dnevnih) podatkih o ravni koncentracij. Vsi rezultati v tem poročilu se nanašajo na meritve delcev PM_{10} z referenčnim merilnikom, le dnevni hodi so iz avtomatskih meritev.

V poročilu so zbrane podrobnosti in končni rezultati o vseh izvedenih meritvah. Vse posamezne izmerjene vrednosti so bile ponovno pregledane in preračunane, tako da so v nadaljevanju vsi podatki in rezultati uradni ter nadomeščajo podatke iz mesečnih poročil. Podrobnejši rezultati meritev iz merilne mreže Maribora in sosednjih občin ter projekta PMinter so bili dostavljeni naročnikom v mesečnih poročilih. V tem poročilu so zbrani in obdelani tudi ostali rezultati analiz iz državne mreže, ki jih v mesečnih poročilih ni bilo. Vse rezultate meritev iz državne merilne mreže so obdelali na ARSO in za njih tudi jamčijo. Podrobnosti o meritvah v državni merilni mreži so na voljo tudi v rednih mesečnih in letnem poročilu ARSO.

2 STALNA MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV

Podatki o stalnih merilnih mestih so v tabeli 2.1, prostorsko je njihova lega prikazana na sliki 2.1. Podatki o merilnih mestih glede na tip mesta in območja, njihovo značilnost in geografski opis so v tabeli 2.2.

Tabela 2.1: Stalna merilna mesta: lokacija in parametri

Merilno mesto - naslov	Višina nad morjem in tlemi (m)	GKK y	GKK x	Parametri
Maribor, Center – Titova cesta	266 + 4,0	550305	157414	NO _x , NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , C ₆ H ₆ , CO, TK in b(a)p v PM ₁₀ , T
Maribor, Vrbanski plato – vodarna Mariborskega vodovoda	280 + 4,0	548452	158497	O ₃ , NO _x , NO ₂ , PM ₁₀ , T, smer in hitrost vetra
Maribor, Vrbanski plato – vodarna Mariborskega vodovoda	280 + 1,5	548452	158497	PM _{2,5}
Pohorje – Slivniško Pohorje 7, bolnišnica za pljučne bolezni	725 + 15	544682	148933	O ₃
Maribor, Tezno	272 + 8,5	551015	154930	PM ₁₀
Maribor, Radvanje	302 + 1,5	546626	154912	PM ₁₀
Miklavž na Dravskem polju – Nad izviri 6, občina	258 + 1,5	554396	151110	PM ₁₀
Ruše	302 + 1,5	539870	155217	PM ₁₀
Maribor, Krekova/Tyrševa	273 + 2,5	549921	157753	PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₀₁ , črni ogljik (BC)

Tabela 2.2: Stalna merilna mesta: tip, značilnost in opis

Merilno mesto	Tip mesta	Tip območja	Značilnost območja	Geografski opis
Center	T	U	RC	16
Vrbanski plato	B	U	R	16
Pohorje	B	R	A	1
Maribor, Tezno	T	U	RC	16
Maribor, Radvanje	B	U	R	16
Miklavž na Dravskem polju	TB	U	RC	16
Ruše	B	S	RC	16
Krekova/Tyrševa	T	U	RC	16

Legenda:

Tip mesta:

B – ozadje
T – promet

Tip območja:

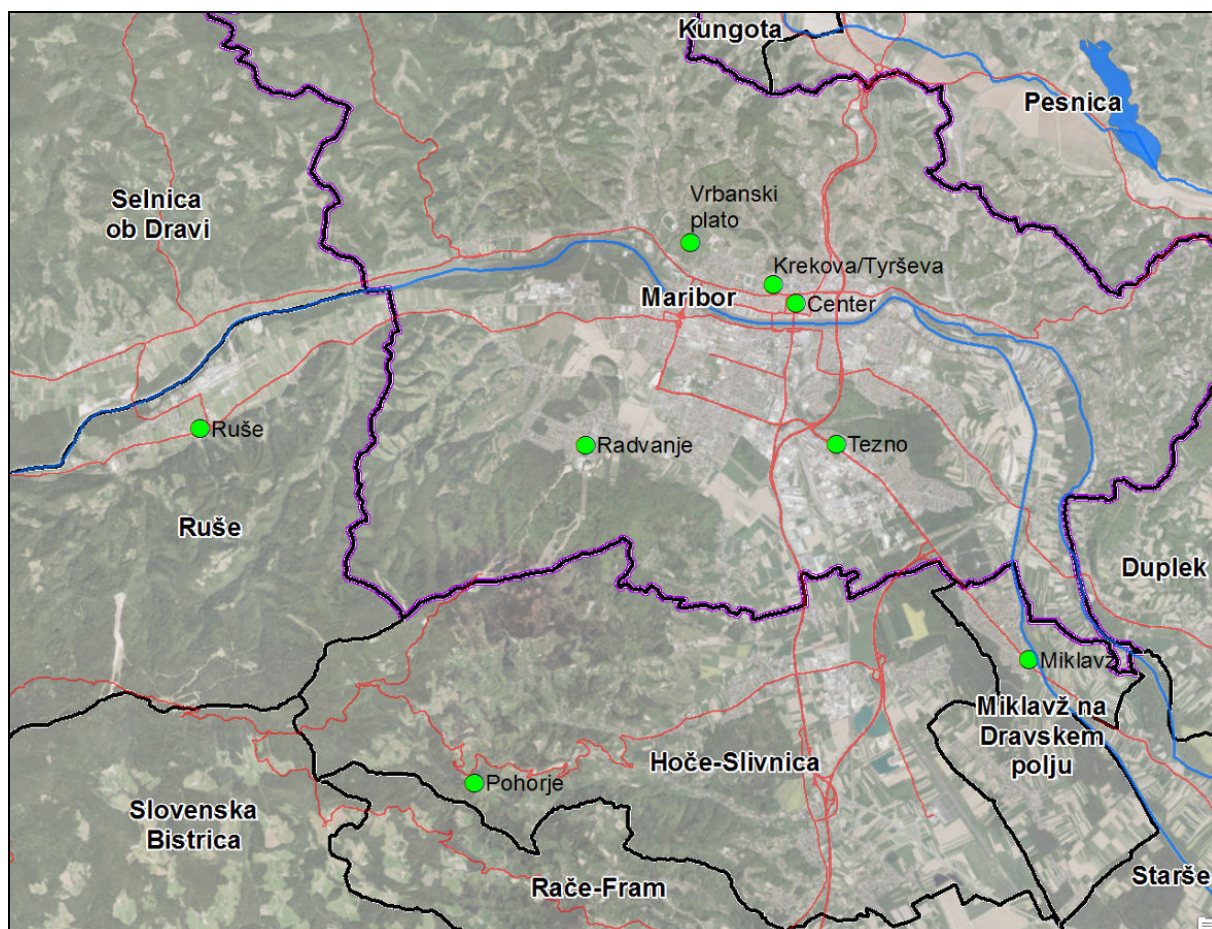
U - mestno
S - predmestno
R – podeželsko

Značilnost območja:

R – stanovanjsko
C – poslovno
I – industrijsko
A – kmetijsko
N – naravno

Geografski opis:

1 - gorsko
16 - ravnina
32 - razgibano



Slika 2.1: Stalna merilna mesta za spremljanje kakovosti zraka v letu 2016

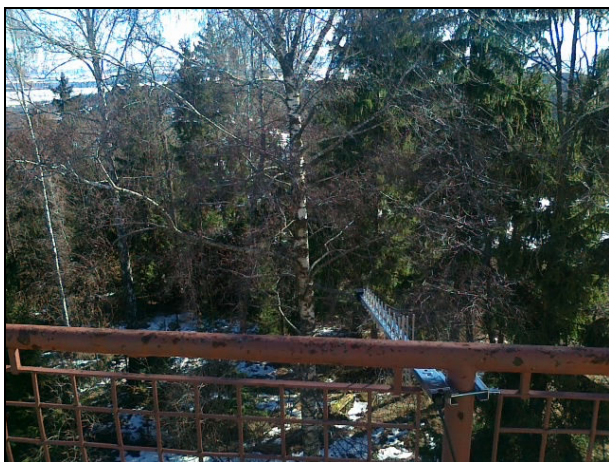
Na fotografijah 2.1 do 2.8 so prikazana stalna merilna mesta (lokacija merilne opreme je na nekaterih fotografijah označena z belo puščico).



Fotografija 2.1: Merilno mesto Center



Fotografija 2.2: Merilno mesto Vrbanski plato



Fotografija 2.3: Merilno mesto Pohorje



Fotografija 2.4: Merilno mesto Tezno



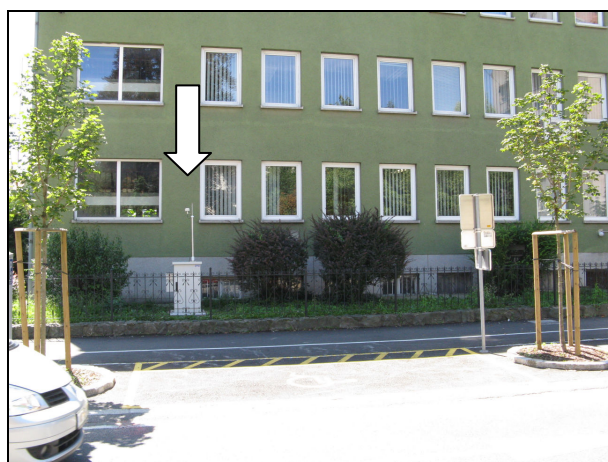
Fotografija 2.5: Merilno mesto Radvanje



Fotografija 2.6: Merilno mesto Miklavž na Dravskem polju



Fotografija 2.7: Merilno mesto Ruše



Fotografija 2.8: Merilno mesto Krekova/Tyrševa v Mariboru

Pregled obsega in trajanja meritev na posameznem stalnem merilnem mestu, ki je predstavljen v tem poročilu, je v tabeli 2.3. Krepko označeni parametri sodijo v državno merilno mrežo ARSO. Modro obarvana polja pomenijo, da so meritve v tistem mesecu potekale.

Tabela 2.3: Merilna mesta: parametri in trajanje meritev

Merilno mesto	Parameter	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
CENTER	NO ₂ , NO _x												
	PM ₁₀												
	PM _{2,5}												
	b(a)p in TK v PM ₁₀												
	CO												
	C ₆ H ₆												
	T												
VRBANSKI PLATO	NO _x , NO ₂ , O ₃												
	PM ₁₀												
	PM _{2,5}												
	T, smer in hitrost vetra												
POHORJE	O ₃												
MIKLAVŽ	PM ₁₀												
TEZNO	PM ₁₀												
RADVANJE	PM ₁₀												
RUŠE	PM ₁₀												
KREKOVA/ TYRŠEVA	PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₀₁ , BC												

3 METODOLOGIJA DELA

Meritve kakovosti zraka so vedno določite koncentracij onesnaževal v območju analitike sledov (red velikosti 10^{-6} - 10^{-9}), zato zahtevajo analitsko opremo z visoko selektivnostjo, občutljivostjo zaznavanja, natančnostjo in stabilnostjo. Onesnaževala NO_x , NO_2 , O_3 , delci, CO in C_6H_6 se določajo s posebno merilno opremo, katere rezultati so koncentracije v realnem času (avtomatske meritve). Referenčne meritve delcev PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ potekajo 24 ur, rezultati so dnevne koncentracije, ki so na voljo šele po tehtanju vzorčenih filtrov, kar je lahko tudi več kot 14 dni po vzorčenju. Za določitev benzo(a)pirena v delcih PM_{10} so potrebne kombinacije vzorčevalnih in analitskih metod; rezultati so znani šele po zaključku analiz.

Vzpostavljena je daljinska povezava z merilniki zaradi nadzora njihovega delovanja ter hitrejšega in zanesljivejšega dostopa do podatkov za njihov prikaz na spletni strani MOM, služi pa tudi dnevnu preverjanju delovanja merilnikov.

Rezultati avtomatskih meritev v minutni ločljivosti so, po osnovnem preverjanju njihove ustreznosti in tvorjenju povprečnih vrednosti, shranjeni v SQL bazi na operacijskem sistemu Linux ter na voljo za prenos (in s tem za prikaz na spletni strani MOM). Za potrebe mesečnih in letnih poročil se podatki še dodatno preverijo, nato se tvorijo urne in dnevne vrednosti – katere se potem primerja z zakonodajno predpisanimi mejnimi vrednostmi.

3.1 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNIH OBČIN

3.1.1 DUŠIKOV DIOKSID IN DUŠIKOVI OKSIDI

$\text{NO-NO}_2\text{-NO}_x$ analizator Thermo Scientific, model 42i, deluje na principu kemiluminiscence. Uporabljena metoda je referenčna in opisana v standardu *SIST EN 14211*. Dušikov oksid (NO) v zunanem zraku in ozon (O_3), ki ga tvori merilnik, v posebni komori medsebojno reagirata in proizvedeta dušikov dioksid (NO_2), pri tem pa se sprosti karakteristična svetloba (luminiscenca) z intenziteto, ki je premo sorazmerna koncentraciji NO: $\text{NO} + \text{O}_3 \Rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{hv}$.

Ker pa se v zraku nahajata tako NO kot NO_2 , je potrebno najprej ves NO_2 spremeniti v NO, kar se zgodi v $\text{NO}_2 \Rightarrow \text{NO}$ molibdenovem konverterju, segretem na $325\text{ }^\circ\text{C}$. Postopek meritve poteka v dveh fazah. Vzorceni zrak je v merilnik speljan do ventila, ki izmenično spušča zrak direktno v reakcijsko komoro, v tem primeru se ugotavlja koncentracija NO v vzorčenem zraku, ali preko $\text{NO}_2 \Rightarrow \text{NO}$ konverterja, za ugotavljanje dušikovih oksidov v vzorčenem zraku. Po drugi strani pa vstopi zrak v merilnik skozi pregrado, ki ga očisti in nato vodi skozi generator ozona, ki proizvede ozon za kemiluminiscenčno reakcijo. V reakcijski komori ozon reagira z NO, pri čemer se proizvede NO_2 , pri tem pa posebni senzor zazna količino nastale svetlobe. Določijo se koncentracije NO in NO_x , ki se shranijo v spomin, razlika v koncentracijah se uporabi za izračun NO_2 .

Tehnične karakteristike analizatorja:

Merilno območje:	0 - 20 ppm (0 – 38.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Spodnja meja zaznavanja:	< 0,40 ppb (< 0,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Linearnost:	$\pm 1\%$ polne skale
Pomik ničle (24 ur):	< 0.40 ppb (< 0,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Stabilnost kalibracijske vrednosti:	< 1 % odčitka

3.1.2 OZON

UV absorpcijski analizator ozona Advanced Pollution Instrumentation Inc. (API), model 400, neprekinjeno analizira vsebnost O₃ v zraku. Delovanje bazira na UV absorpciji. Uporabljena metoda je referenčna in opisana v standardu *SIST EN 14625*.

Živosrebrna žarnica emitira UV svetlobo valovne dolžine 254 nm v stekleno merilno celico, kjer jo molekule ozona absorbirajo. Analizator vsakih 8 sekund izmenično polni celico z vzorčenim in očiščenim zrakom ter v obeh primerih meri povprečno svetlobno jakost, ki preide skozi zrak v celici. Razmerje med jakostjo svetlobe, ki preide skozi vzorčeni zrak in skozi zrak brez ozona, je osnova za izračun koncentracije ozona. Ta pa je odvisna še od drugih faktorjev. Temperatura vzorca in zračni pritisk vplivata na gostoto vzorca, ta spreminja število molekul ozona v cevi, kar vpliva na absorpcijo svetlobe. Za zmanjšanje tega vpliva analizator stalno meri temperaturo in pritisk ter za izračun koncentracije uporabi dejanske vrednosti. Na ugotavljanje ozona z UV absorpcijsko metodo lahko vplivajo tudi drugi plini, ki absorbirajo svetlobo uporabljene valovne dolžine. Analizator je bil uspešno testiran na zavračanje interferenčnih vplivov žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, vode in metaksilena.

Tehnične karakteristike analizatorja:

<i>Merilno območje:</i>	0.1-10.000 ppb (0,2 – 20.000 µg/m ³)
<i>Spodnja meja zaznavanja:</i>	< 0.6 ppb (1,2 µg/m ³)
<i>Linearnost:</i>	boljša kot 1 % polne skale
<i>Natančnost:</i>	0.5 % odčitka
<i>Pomik ničle (24 ur)*:</i>	< 1.0 ppb (2 µg/m ³)
<i>Pomik ničle (7 dni)*:</i>	< 1.0 ppb (2 µg/m ³)
<i>Stabilnost kalibracijske vrednosti*:</i>	< 1 % odčitka

*pri konstantni temperaturi in napetosti

3.1.3 DELCI PM₁₀ (NEREFERENČNA METODA-TEOM)

Za meritve koncentracij delcev v zraku z avtomatsko merilno metodo je uporabljen merilnik TEOM 1400a, ki deluje na principu mikrotehtanja.

Črpalka s konstantnim pretokom sesa vzorec zraka skozi celotno pot. Velikost vzorčenih delcev je odvisna od vzorčevalne glave, ki spusti v merilnik samo velikostno frakcijo delcev PM₁₀. Vstopni tok zraka se za vzorčevalno glavo loči na dva dela: merilnik in dodatni vzorčevalni del (ACCU), ki je podrobneje opisan v poglavju 3.1.5. Pot po merilniku se nadaljuje na filtru (iz steklenih vlaken, obložen s teflonom), kjer se delci ustavijo. Filter se tehta vsaki dve sekundi, razlika med trenutno težo filtra in težo praznega filtra (začetna teža ob zamenjavi filtra) da skupno maso na filtru zadržanih delcev. Iz izmerjene mase delcev in konstantnega pretoka skozi napravo določi enota za vrednotenje rezultatov trenutno koncentracijo delcev PM₁₀ v zraku. Tehtanje filtra poteka po principu TEOM (Tapped Element Oscilating Mikrobalance) – mikrotehtanje oscilirajočega elementa. Spreminjajoča masa steklenega elementa, ki je zaključen s filtrom, povzroči spremembo frekvence njegovega nihanja. Iz spremembe frekvence se določi sprememba mase elementa s filtrom.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	3.0 l/min
<i>Merilno območje:</i>	vsaj 5-5000 µg/m ³
<i>Spodnja meja zaznavanja:</i>	10 ng, 0,06 µg/m ³ (1 urno povprečje)

Enkrat letno se preverjata stalnost pretoka in koncentracija (z maso kalibracijskega filtra).

3.1.4 DELCI PM₁₀ (REFERENČNA METODA)

Delce PM₁₀ vzorči vzorčevalnik z nizkim volumskim pretokom (LVS). Velikost vzorčenih delcev je odvisna od vzorčevalne glave, ki spusti v merilnik samo velikostno frakcijo delcev PM₁₀. Uporabljamo merilnike proizvajalcev Leckel (SEQ 47/50) in Tecora (Skypost PM HV). Meritve potekajo v skladu z referenčno merilno metodo opisano v standardu *SIST EN 12341*. Merilnik zagotavlja konstantni pretok skozi napravo. Vzorčenje poteka na filtrih - uporabljajo se stekleni filtri Munktell premera 47 mm. Masa delcev na filtru se določi s tehtanjem filtrov v pred vzorčenjem in po njem. Spodnja meja določljivosti tehtanja je 0,00001 g. Vzorčenje na posamezen filter poteka približno od 0:00 ure začetnega dne do 0:00 ure naslednjega dne.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	2,3 m ³ /h
<i>Merilno območje:</i>	vsaj 1-5000 µg/m ³

3.1.5 METEOROLOŠKI PARAMETRI

Temperatura zraka se ugotavlja v sklopu merilnika delcev TEOM. Senzor je nameščen ob vzorčevalni glavi na višini okoli 4 m.

Smer in hitrost vetra ugotavljamo z merilnim sistemom za merjenje in logiranje podatkov o vetru, proizvajalca AMES d.o.o. Ljubljana. Sestavljata ga senzor KVT 60A (6 bitna smer) in logger za shranjevanje povprečij. Prenos podatkov poteka preko vmesnika RS232 na prenosni računalnik. Meritve potekajo na višini okoli 5 m od tal, na merilnem kontejnerju.

3.1.6 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI

Kakovost meritev se zagotavlja na več ravneh in sicer:

1. Dnevne kontrole:
 - a. Na merilniku ozona in dušikovih oksidov poteka dnevno samodejno preverjanje (funkcijska kontrola);
 - b. Vsakodnevno se preverja delovanje vseh merilnikov preko daljinskega prenosa in v primeru težav ali okvar se takoj pristopi k reševanju, tudi s pomočjo serviserja opreme;
2. Notranje preverjanje:
 - a. Pri referenčnih merilnikih delcev (PM₁₀) vsake tri mesece vršimo preverjanje pretoka z referenčno plinsko uro in tesnosti sistema;
3. Zunanje preverjanje:
 - a. Pri merilniku ozona vsakih šest mesecev vršimo preverjanje merilnikov z zunanjim izvorom – generator ozona;
 - b. Pri merilnikih dušikovih oksidov vsake tri mesece vršimo preverjanje z zunanjim izvorom – kalibracijskim plinom;
 - c. Merilnik delcev TEOM je preverjen enkrat letno s kalibracijskim filtrom in merilcem pretoka s strani serviserja opreme;
 - d. Preveritev merilnika Grimm je izvedena v skladu s proizvajalčevimi navodili enkrat letno v ustrezni inštituciji - v konec meseca oktobra 2016 na UBA Dunaj v Avstriji. Hkrati je bil opravljen tudi redni vzdrževalni servis.

3.2 PMinter, MERILNO MESTO KREKOVA/TYRŠEVA

3.2.1 DELCI PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁ (GRIMM)

Merilnik določa koncentracije delcev PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁ v realnem času na principu sipanja svetlobe in štetja delcev v vzorcu, ki se zajema skozi cev za vzorec. Na podlagi rezultatov se prašni delci razdelijo v kategorije in s tem določijo zahtevane frakcije delcev (PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁).

Vsi merilniki serije 180 delujejo na tehnologiji sipanja svetlobe (90°) v optični komori za štetje posameznih delcev, kjer je polprevodnik (laser) uporabljen kot vir svetlobe. Večkanalni klasifikator zazna število delcev v vzorcu zraka, ki se nato razvrstijo v zelene velikostne frakcije. Rezultati meritev so skladiščeni na spominski kartici, pošiljajo se tudi po vodilu RS-232 za nadaljnjo analizo ali obdelavo.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	1,2 l/min
<i>Velikost štetih delcev:</i>	0,25-32 µg
<i>Masa delcev:</i>	med 1 in 1500 µg/m ³

3.2.2 ČRNI OGLJIK BC

Črni ogljik sicer zakonsko ni reguliran, vendar zadnje raziskave kažejo njegov vpliv na podnebne spremembe in zdravstvene težave pri prodiranju v pljuča. Za imenom se sicer skriva nekaj na prvi pogled bolj nedolžnega in bolj domačega – saje. Saje nastajajo pri nepopolnem izgorevanju goriv z vsebnostjo ogljika, torej predvsem fosilnih goriv in lesa. Po nekaterih raziskavah predstavlja črni ogljik približno polovico dizelskega izpuha, v bližini prometnih cest lahko predstavlja tudi do polovico trdnih delcev v zraku. Vpliv na kakovost zraka s črnim ogljikom je zaznavna tudi stran od prometnih cest, predvsem zaradi kurjenje lesa v individualnih kuriščih.

Meritve se izvajajo z merilnikom imenovanim Aethalometer. Zrak se vzorči s pretokom nekaj litrov na minuto skozi filterni trak iz kvarčnih vlaken. Nad filtrom je izvor svetlobe, pod njim pa detektorji, ki merijo prepustnost traku za svetlobo. Koncentracijo črnega ogljika izračunamo iz atenuacije svetlobe z valovnimi dolžinami 370, 470, 520, 590, 660, 880 in 950 nm – vir svetlobe so svetleče diode. Na delu filtra, skozi katerega teče zrak, se nabirajo aerosoli. Absorpcijo (oziroma atenuacijo) merimo relativno glede na vzporedno meritev optične prepustnosti referenčnega dela istega filtra, skozi katerega zrak ne teče. Atenuacija je definirana kot logaritem razmerja meritve intenzitete svetlobe pod referenčnim delom filtra in delom, na katerem se nabirajo aerosolizirani delci. Nabiranje ogljičnih aerosolov, ki absorbirajo svetlobo, povzroči postopno padanje optične prepustnosti filtra oziroma rast atenuacije. Iz meritev prepustnosti svetlobe določi merilnik povečanje atenuacije, to potem z znanim presekom optične absorpcije na enoto mase črnega ogljika preračuna v koncentracijo črnega ogljika, izraženo v nanogramih na kubični meter. Merjenje absorpcije svetlobe pri različnih valovnih dolžinah nam opiše odvisnost absorpcijskega koeficienta od valovne dolžine, ta pa je specifična glede na vir onesnaževanja. Na podlagi tega je možno določiti kolikšen delež črnega ogljika prihaja iz naslova fosilnih goriv oziroma kurjenja lesne biomase.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	2,0 l/min
<i>Meja zaznavanja (1 ura):</i>	0,005 µg/m ³
<i>Merilno območje:</i>	< 0,01 do > 100 µg/m ³ črnega ogljika

3.3 DRŽAVNA MERILNA MREŽA (CENTER IN VRBANSKI PLATO)

Podatki o merilni opremi v državni merilni mreži so navedeni v letnem poročilu o kakovosti zraka ARSO. Za vse meritve uporabljajo referenčne in avtomatske merilne metode. Analizo delcev izvajajo v laboratoriju ARSO.

Senzorji za meteorološke parametre v Centru so nameščeni na drogu nad merilnim kontejnerjem.

Podrobneje je princip delovanja merilne opreme opisan v predhodnih poglavjih, kjer ARSO uporablja enako merilno opremo, oziroma v rednih letnih poročilih ARSO. Dodatno opisujemo le FDMS sistem, ki je priključen na avtomatski nereferenčni merilnik delcev PM₁₀ TEOM. FDMS (Filter Dynamics Measurements System) zagotavlja, da merilnik ugotavlja nehlapni in hlapni del; slednji se pri običajnem merilniku zaradi povišane temperature v merilnem delu sicer izgubi, kar se kompenzira z upoštevanjem korekcijskega faktorja.

Zagotavljanje kakovosti meritev in analiz je podrobneje opisano v rednih letnih poročilih ARSO. Za kalibracijo merilnikov skrbi umerjevalni laboratorij ARSO, ki je za področje nekaterih parametrov kakovosti zraka akreditiran po *standardu SIST EN/ISO EC 17025:2005*. ARSO ima veljaven status nacionalnega referenčnega laboratorija za področje kakovosti zunanjega zraka.

4 ZAKONSKI OKVIR

Za meritve kakovosti zraka in oceno koncentracij posameznih onesnaževal v zraku v tem poročilu veljajo:

- Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 9/11, 6/15,
- Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku, Ur. l. RS št. 56/06,
- Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 55/11, 6/15,
- Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 50/11,
- Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 58/11,
- Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 8/15,
- Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor, Ur. l. 108/13.

V letu 2017 je prišlo do sprememb zakonodaje:

- Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 5/17,
- Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 38/17,
- Sklep o določitvi podobmočij zaradi upravljanja s kakovostjo zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 29/17.

V kolikor vsebina nove zakonodaje vpliva na zaključke tega poročila, na to posebej opozarjamo.

Mejne in ciljne vrednosti za varovanje zdravja ljudi so za vsa onesnaževala v tabeli 4.1.

Tabela 4.1: Mejne vrednosti za varovanje zdravja ljudi

Onesnaževalo	Enota	Urna		Dnevna		Letna
		Mejna	ŠT	Mejna	ŠT	Mejna
žveplov dioksid	µg/m ³	350	24	125	3	
dušikov dioksid	µg/m ³	200	18			40
ozon	µg/m ³	120**	25***			
delci PM ₁₀	µg/m ³			50	35	40
delci PM _{2,5}	µg/m ³					25
benzen	µg/m ³					5
ogljikov monoksid	mg/m ³	10*				
benzo(a)piren v PM ₁₀	ng/m ³					1**
svinec v PM ₁₀	µg/m ³					0,5
arzen v PM ₁₀	ng/m ³					6**
kadmij v PM ₁₀	ng/m ³					5**
nikelj v PM ₁₀	ng/m ³					20**

ŠT dovoljeno število preseganj v koledarskem letu

* osemurna mejna vrednost

** ciljna vrednost

*** v koledarskem letu triletnega povprečja

Kadar se za oceno zahteve mejne vrednosti za PM₁₀ uporabi naključno vzorčenje, je treba oceniti 90,4 percentilno vrednost namesto števila preseganj, na katerega znatno vpliva pokritost podatkov. Za skladnost z mejno vrednostjo mora biti 90,4 percentilna vrednost nižja ali enaka mejni dnevni vrednosti 50 µg/m³.

Kritični vrednosti za varstvo rastlin za žveplov dioksid in dušikove okside sta v tabeli 4.2. Oceno tveganj za rastlinstvo in naravne ekosisteme zaradi onesnaženosti zraka in skladnosti s kritičnimi vrednostmi se izvaja na krajih zunaj pozidanih območij.

Tabela 4.2: Kritični vrednosti za varstvo rastlin

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Kritična vrednost
dušikovi oksidi	koledarsko leto	30 µg/m ³
žveplov dioksid	koledarsko leto in zima	20 µg/m ³

Ciljna vrednost za varstvo rastlin za ozon kot povprečje v obdobju petih let, ki se uporablja od 1. januarja 2010, je v tabeli 4.3.

Tabela 4.3: Ciljna vrednost za varstvo rastlin

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Ciljna vrednost
ozon*	od maja do julija	18.000 (µg/m ³).h

* AOT40 se izračuna kot vsota razlike med izmerjenimi urnimi koncentracijami, večjimi od 80 µg/m³, in vrednostjo 80 µg/m³, izmerjenih vsak dan med 8:00 in 20:00 uro.

Opozorilna in alarmna vrednost za ozon sta v tabeli 4.4.

Tabela 4.4: Opozorilna in alarmna vrednost za ozon

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Opozorilna oz. alarmna vrednost
ozon - opozorilna	1 ura	180 µg/m ³
ozon - alarmna	1 ura (tri zaporedne ure)	240 µg/m ³

Alarmni vrednosti za žveplov in dušikov dioksid sta v tabeli 4.5.

Tabela 4.5: Alarmni vrednosti za žveplov in dušikov dioksid

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Alarmna vrednost
žveplov dioksid	3 zaporedne ure	500 µg/m ³
dušikov dioksid	3 zaporedne ure	400 µg/m ³

Vrednosti zgornjega in spodnjega ocenjevalnega praga, ki so določene v odstotku mejne oziroma ciljne vrednosti, za onesnaževala, ki so obravnavana v tem poročilu, so v tabelah 4.6 in 4.7. Preseganje zgornjega in spodnjega ocenjevalnega praga je treba določiti na podlagi koncentracij v preteklih petih letih, kadar je na voljo dovolj podatkov. Šteje se, da je ocenjevalni prag presežen, kadar je bil presežen vsaj v treh posameznih letih iz obdobja petih let. Za ozon ocenjevalna pragova nista predpisana.

Tabela 4.6: Vrednosti zgornjega ocenjevalnega praga

Onesnaževalo	Enota	Urna	Urna	Dnevna	Dnevna	Letna
		mejna	ŠT	mejna	ŠT	mejna
dušikov dioksid	µg/m ³	140	18	-	-	32
dušikovi oksidi	µg/m ³	-	-	-	-	24
delci PM ₁₀	µg/m ³	-	-	35	35	28
delci PM _{2,5}	µg/m ³	-	-	-	-	17
ogljikov monoksid	mg/m ³	-	-	-	-	7
benzen	µg/m ³	-	-	-	-	3,5
svinec v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	350
kadmij v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	3,0
arzen v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	3,6
nikelj v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	14
benzo(a)piren v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	0,6

Tabela 4.7: Vrednosti spodnjega ocenjevalnega praga

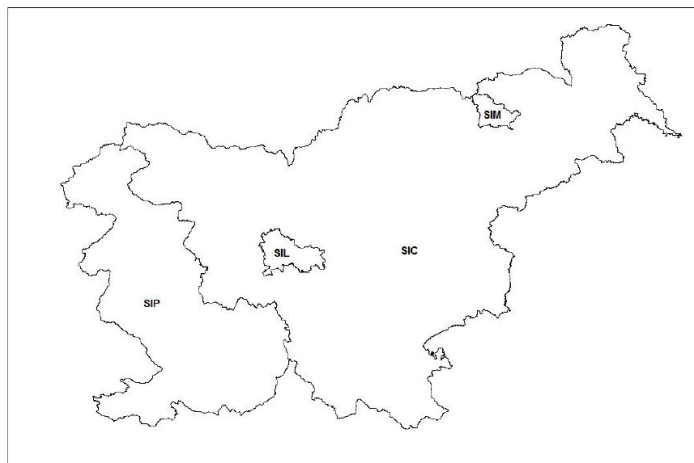
Onesnaževalo	Enota	Urna	Urna	Dnevna	Dnevna	Letna
		mejna	ŠT	mejna	ŠT	mejna
dušikov dioksid	µg/m ³	100	18	-	-	26
dušikovi oksidi	µg/m ³	-	-	-	-	19,5
delci PM ₁₀	µg/m ³	-	-	25	35	20
delci PM _{2,5}	µg/m ³	-	-	-	-	12
ogljikov monoksid	mg/m ³	-	-	-	-	5
benzen	µg/m ³	-	-	-	-	2,0
svinec v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	250
kadmij v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	2,0
arzen v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	2,4
nikelj v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	10
benzo(a)piren v PM ₁₀	ng/m ³	-	-	-	-	0,4

Meritve na stalnem merilnem mestu so meritve na stalnih merilnih mestih, ki se izvajajo neprekinjeno ali z naključnim vzorčenjem, za določitev ravni onesnaževal v skladu s cilji kakovosti podatkov, ki jih določa pravilnik. Najmanjša časovna pokritost za meritve na stalnem merilnem mestu za večino onesnaževal ni določena, saj so to v osnovi neprekinjene meritve, le za benzo(a)piren je 33 %, za arzen, kadmij in nikelj pa 50 %. Za indikativne meritve (meritve, ki se izvajajo manj pogosto, vendar izpolnjujejo druge cilje glede kakovosti podatkov) je najmanjša časovna pokritost za vsa onesnaževala 14 %, enakomerno razporejeno preko koledarskega leta. V letu 2016 nismo izvajali indikativnih meritev. Smo pa izvajali naključno vzorčenje delcev, ki se lahko uporabi namesto neprekinjenih meritev, če se dokaže, da negotovost pri meritvah, vključno z negotovostjo pri meritvah zaradi naključnega vzorčenja, izpolnjuje cilj kakovosti 25 % in je časovna pokritost še vedno večja od najmanjše časovne pokritosti za

indikativne meritve (14 %). Naključno vzorčenje mora biti enakomerno porazdeljeno čez vse leto, da ne pride do nesimetričnosti rezultatov.

Praktično v vseh primerih meritev in za vsa onesnaževala je zahtevana najmanjša razpoložljivost podatkov 90 %, le za ozon ter z njim povezan NO₂ je 90 % poleti in 75 % pozimi. V primeru, da rezultati ne dosegajo najmanjše razpoložljivosti, so informativne narave in niso reprezentativni za celotno leto. Kjer so ti rezultati enakomerno razporejeni preko koledarskega leta, jih kljub temu uporabimo za primerjavo z normativnimi letnimi vrednostmi in pri letnih trendih.

Uredba o kakovosti zunanjega zraka zaradi ocenjevanja in upravljanja kakovosti zraka razmejuje ozemlje Republike Slovenije v območja in aglomeracije Območje Mestne občine Maribor spada glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid, benzo(a)piren, svinec, arzen, kadmij in nikelj v aglomeracijo Maribor z oznako SIM. Okoliške občine Podravske statistične regije, med katere sodita tudi občine Miklavž na Dravskem polju, Hoče in Ruše, spadajo glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid, benzo(a)piren v celinsko območje z oznako SIC, glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj pa v območje težke kovine z oznako SITK. Karta območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid ter benzo(a)piren je na sliki 4.1, glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj pa na sliki 2.



Slika 4.1: Karta območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid ter benzo(a)piren



Slika 4.2: Karta območij in aglomeracij v Republiki Sloveniji glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj

Posamezna območja in aglomeracije se razvrstijo v I. ali II. stopnjo onesnaženosti zraka:

- I. stopnja onesnaženosti zraka se za območje in aglomeracijo določi, če raven onesnaževala presega mejne ali ciljne vrednosti ali če obstaja tveganje, da bo raven onesnaževala presegla alarmno vrednost
- II. stopnja onesnaženosti zraka se za območje in aglomeracijo določi, če raven onesnaževala ne presega mejne ali ciljne vrednosti.

V letu 2016 je sicer še vedno veljala *Odredba o določitvi območja iz razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 50/11*. V letu 2017 je pričela veljati *Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 38/17*, s katero je stara odredba prenehala veljati. Za razvrstitev v stopnje onesnaženosti zraka uporabimo novo odredbo, ki je bolj dosledna. Glede na mejne vrednosti je za območje aglomeracije SIM določena I. stopnja onesnaženosti zraka zaradi delcev PM₁₀, ki so nad mejno vrednostjo, za območje SIC pa zaradi vseh onesnaževal II. stopnja onesnaženosti zraka. Glede na ciljne vrednosti je za območje aglomeracije SIM in območje SIC določena I. stopnja onesnaženosti zraka zaradi ozona, ki je nad ciljno vrednostjo.

5 REZULTATI MERITEV

Podrobnejši rezultati meritev na stalnih merilnih mestih v merilni mreži Maribora in sosednjih občin, PMinter in državni merilni mreži so bili predstavljeni v mesečnih poročilih. V nadaljevanju rezultati niso več ločeni glede na merilno mrežo. Vse posamezne izmerjene vrednosti so bile ponovno pregledane in preračunane, tako da so v nadaljevanju vsi podatki in rezultati uradni ter nadomeščajo podatke iz mesečnih poročil. V tem poglavju navajamo povprečne letne vrednosti onesnaževal in meteoroloških parametrov, povprečne in največje vrednosti za posamezna merilna obdobja, kratkotrajne vrednosti, število preseganj in druge vrednosti v primerjavi z normativnimi vrednostmi. Rezultati meritev na stalnih merilnih mestih so pridobljeni iz polurnih oziroma urnih podatkov. V tabelah navajamo tudi razpoložljivost podatkov za izračun ustreznih vrednosti, ki jo lahko primerjamo z najmanjšo zahtevano razpoložljivostjo po pravilniku, ki znaša za večino onesnaževal 90 %, le za ozon ter z njim povezan NO₂ je 90 % poleti in 75 % pozimi. Referenčne meritve delcev in njihove analize so dale dnevne (od 0:00 do 24:00 tekočega dne) koncentracije. Rezultati v posameznih tabelah, osenčeni z zeleno barvo, pomenijo, da ni bilo preseganj normativnih vrednosti, osenčeni z rdečo pa pomenijo neskladnost. Poudarjena vrednost v tabeli pomeni preseganje predpisane kratkotrajne mejne vrednosti, kjer je za končno oceno merodajno le skupno število preseganj. »Zima« se nanaša na mesece januar, februar, marec ter oktober, november in december v tekočem letu, »Poletje« predstavlja toplo polovico leta, to je mesece april do september. Rezultate iz državne merilne mreže so posredovali iz Agencije RS za okolje, kjer so jih tudi obdelali in zanje odgovarjajo.

Neprekinjene meritve v daljšem časovnem obdobju omogočajo spremljanje značilnih potekov kakovosti zraka v posameznih dnevih, mesecih, letnih časih ter ugotavljanje dolgotrajnih značilnosti kakovosti zraka, kar imenujemo tudi hodi. Prikaz urne, dnevne ali mesečne časovne odvisnosti koncentracij v obliki hodov, ki ima običajno za posamezno onesnaževalo značilen potek, odraža dinamiko onesnaževanja zraka in nakazuje na možne vire. Dnevni hodi, za katere so uporabljena drseča dvourna povprečja, so izdelani za vsa onesnaževala, ki se ugotavljajo neprekinjeno.

Prav tako v nadaljevanju prikazujemo tabelarično in na slikah stanje kakovosti zraka z merjenimi onesnaževali v celotnem dosedanjem merilnem obdobju, kjer je poudarjen tudi linearen trend srednjih letnih koncentracij. Iz teh podatkov lahko sklepamo na uspešnost ukrepov za izboljšanje stanja oziroma drugih aktivnostih v mestu in okolici na področju cestne prometne infrastrukture, daljinskih sistemov, prostorskega načrtovanja in drugega.

Meritve kakovosti zraka so potekale istočasno v okviru državne merilne mreže v Centru, PMinter in v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin. Primerjava hodov istih onesnaževal nakazuje na prostorsko razporeditev kakovosti zunanega zraka. Pri primerjavi rezultatov teh meritev je potrebno upoštevati le obdobja, ko so meritve potekale sočasno.

5.1 DUŠIKOVI OKSIDI

5.1.1 Dušikov dioksid

Meritve kakovosti zraka z dušikovim dioksidom v Centru potekajo od leta 1992, na Vrbanskem platoju pa od leta 2011. Rezultati meritev za leto 2016 so v tabeli 5.1.

Tabela 5.1: Kakovost zraka z NO₂ - merilni mesti Center in Vrbanski plato

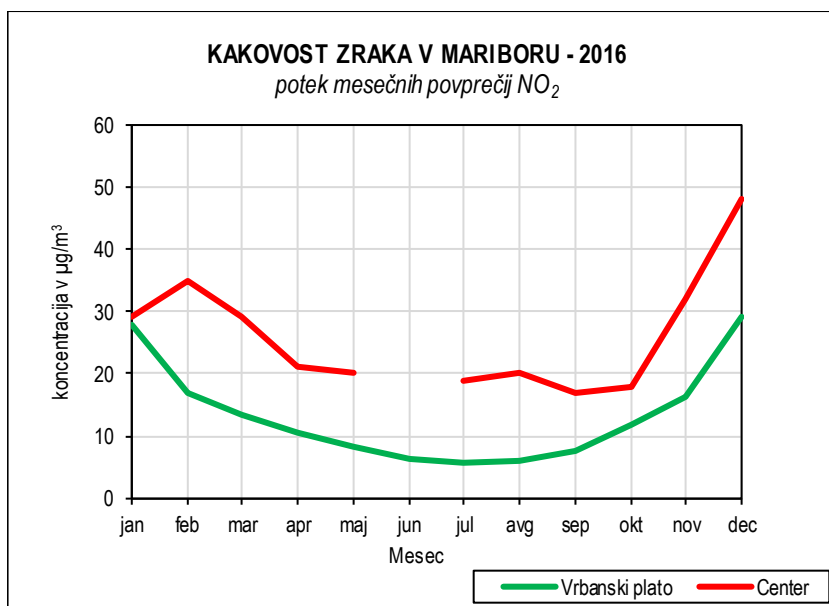
Količina	Center (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov zima	95 %	99 %	
Razpoložljivost urnih podatkov poletje	74 %	98 %	
Letna srednja vrednost	27	13	40
Zima		19	
Poletje		7	
C ₁ max	135	115	200
Število preseganj C ₁	0	0	18

Mejna letna vrednost in mejna urna vrednost na nobenem merilnem mestu nista bili preseženi. V Centru so bile koncentracije višje kot na Vrbanskem platoju.

V tabeli 5.2 so srednje mesečne vrednosti in največje urne vrednosti, na sliki 5.1 pa le srednje mesečne koncentracije NO₂ v pripadajočih mesecih za Center in Vrbanski plato za leto 2016.

Tabela 5.2: Srednje mesečne in največje urne vrednosti NO₂ v µg/m³ v pripadajočih mesecih - merilni mesti Center in Vrbanski plato

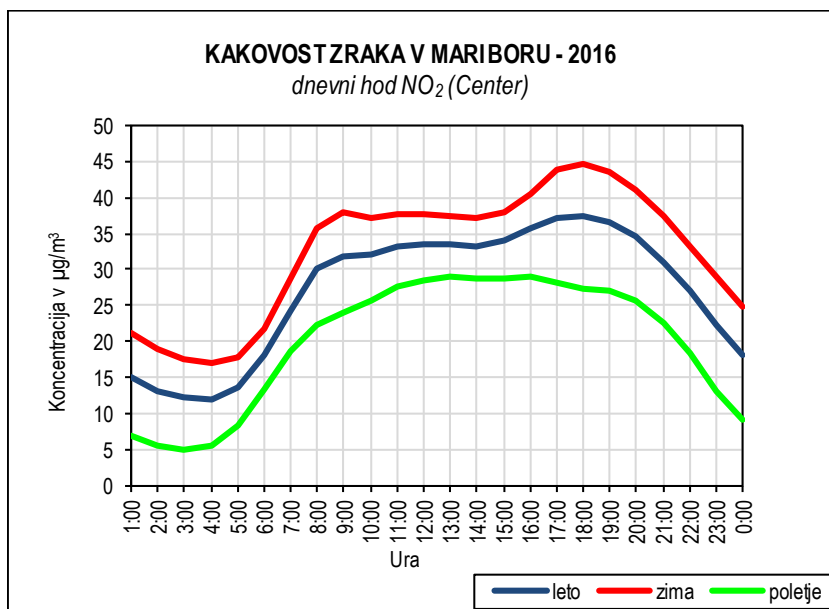
Mesec	Center		Vrbanski plato	
	mesec	ura	mesec	ura
januar	29	108	28	115
februar	35	97	17	64
marec	29	74	14	48
april	21	75	11	60
maj	20	53	8	37
junij			6	31
julij	19	61	6	27
avgust	20	57	6	22
september	17	91	8	39
oktober	18	53	12	45
november	32	117	16	54
december	48	135	29	102



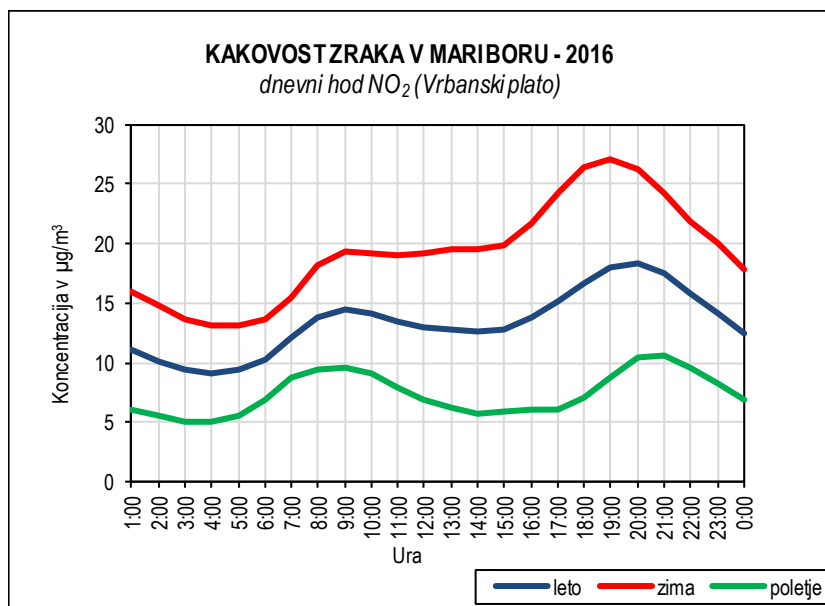
Slika 5.1: Koncentracije NO₂, merilni mesti Center in Vrbanški plato

Mesečna poteka kažeta na obeh merilnih mestih podobne značilnosti z nižjimi vrednostmi poleti in višjimi v času najnižjih zunanjih temperatur. Pozimi je nastajanje ozona manj intenzivno kot poleti, kar pomeni, da se dušikov dioksid za tvorbo ozona ne porablja. Razen tega so emisije pozimi višje, saj obratujejo še kurišča.

Dnevni hodi koncentracij NO₂ v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2016 so na sliki 5.2, na Vrbanškem platoju pa na sliki 5.3.



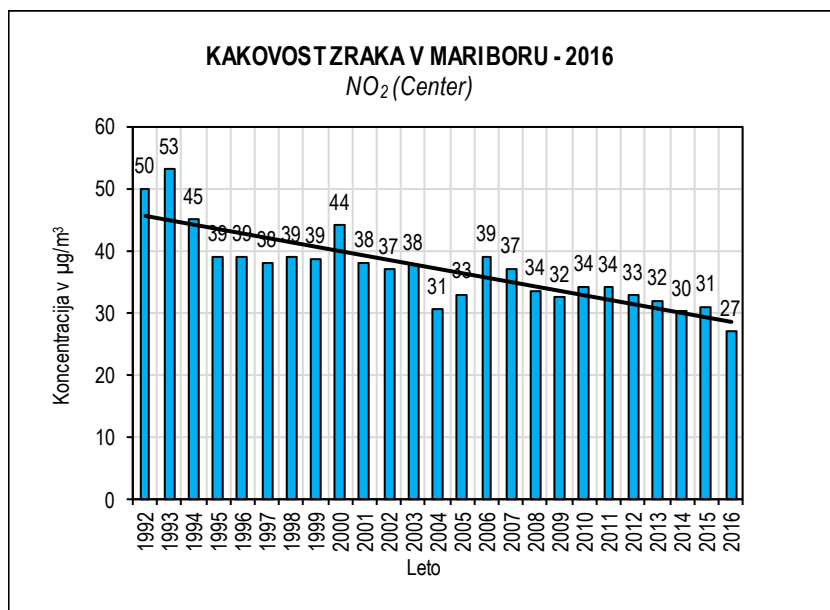
Slika 5.2: Dnevni hodi, dušikov dioksid, merilno mesto Center



Slika 5.3: Dnevni hodi, dušikov dioksid, *merilno mesto Vrbanski plato*

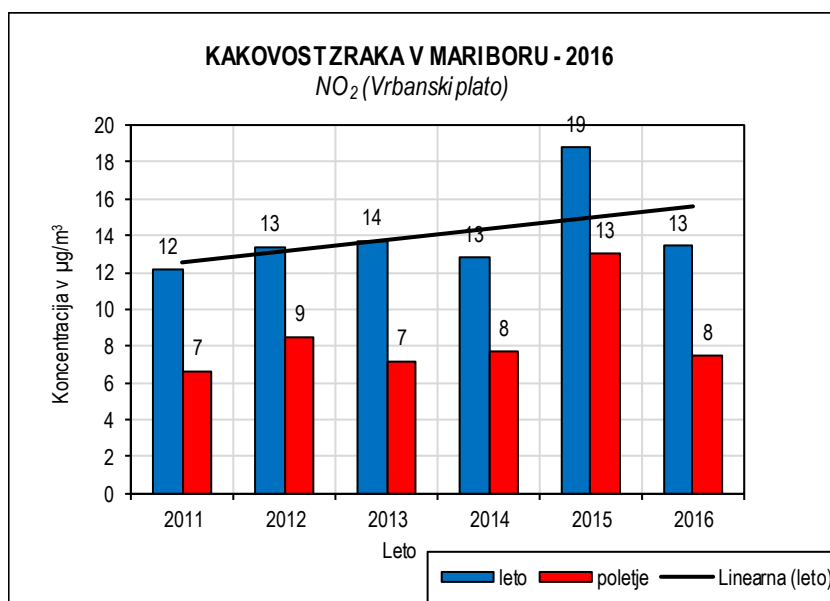
Vključevanje NO_2 v nastanek in razpad ozona je razvidno tudi iz dnevni hodov. V zgodnjem jutranjem času so vrednosti nizke, saj so viri malo aktivni, to onesnaževalo pa je vpleteno tudi v razpad ozona, kar je še posebej opazno poleti. Naraščanje v jutranjem času je posledica svežih emisij iz vplivnih virov (promet, kurišča), ki se hitro po sončnem vzhodu prekine zaradi vključevanja v nastanek ozona. Jutranji vrh je v Centru višji, vendar neizrazit. Koncentracije so preko dneva bolj ali manj stalne. Proti večeru se koncentracije povišajo in so največje v dnevu, še vedno so prisotne sveže emisije, fotokemični procesi v atmosferi se prenehajo, saj je sončna svetloba že precej šibka. Po 19. uri se emisije znižujejo, preostali NO_2 pa se vključi v razpad ozona, zato koncentracije pričenjajo intenzivno upadati.

Srednje letne koncentracije NO_2 v Centru v letih 1992-2016 so na sliki 5.4, na Vrbanskem platoju v letih 2011-2016 pa na sliki 5.5 skupaj s poletnimi povprečji.



Slika 5.4: Dušikov dioksid 1992-2016, *merilno mesto Center*

Največje koncentracije NO₂ v Centru so bile leta 1993, nato so se postopno zniževale in dosegle najnižjo vrednost leta 2016. Letno povprečje 2016 je že od leta 2001 pod mejno letno vrednostjo. Še vedno lahko govorimo o navzdol usmerjenemu trendu vsebnosti dušikovega dioksida v zunanjem zraku.



Slika 5.5: Dušikov dioksid 2011-2016, *merilno mesto Vrbanski plato*

Leta 2016 so bile koncentracije dušikovega dioksida na Vrbanskem platuju nižje kot leto pred tem, nekje na ravni let 2011-2014. Trend je usmerjen navzgor.

5.1.2 Dušikovi oksidi

Meritve kakovosti zraka z dušikovimi oksidi v Centru potekajo od leta 1997, na Vrbanskem platoju pa od leta 2011. Rezultati meritev za leto 2016 so v tabeli 5.3.

Tabela 5.3: Kakovost zraka z NO_x - merilni mesti Center in Vrbanski plato

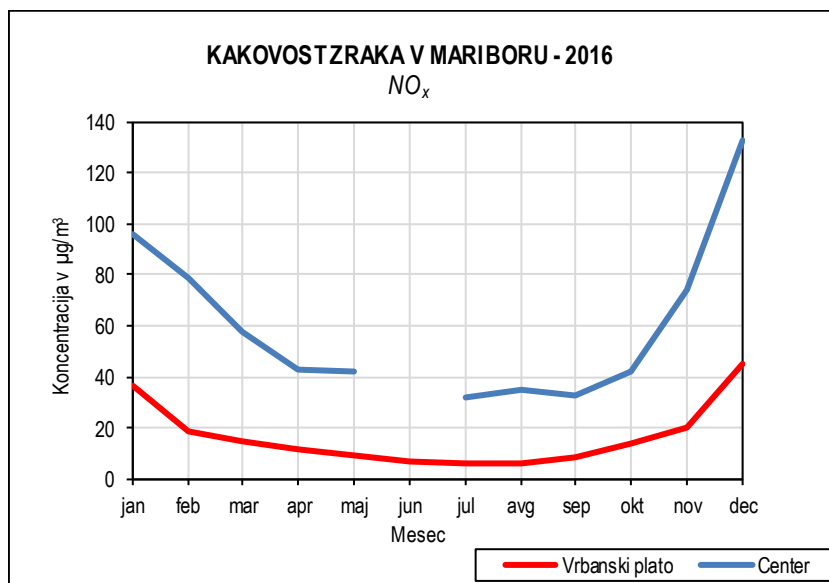
Količina	Center (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Kritična vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov	84 %	99 %	
Letna srednja vrednost	62	17	30
Zima	82	25	
Poletje	37	8	

Oceno tveganj za rastlinstvo in naravne ekosisteme zaradi onesnaženosti zraka in skladnosti s kritičnimi vrednostmi se izvaja le na krajih zunaj pozidanih območij, zato izmerjenih vrednosti v Centru ne ocenjujemo. Srednja letna koncentracija dušikovih oksidov je bila na Vrbanskem platoju pod kritično vrednostjo za varstvo rastlin. Koncentracije v Centru so precej višje kot na Vrbanskem platoju.

V tabeli 5.4 so srednje mesečne koncentracije NO_x in največje urne vrednosti, na sliki 5.6 pa le srednje mesečne koncentracije NO_x v posameznem mesecu za merilni mesti Center in Vrbanski plato za leto 2016.

Tabela 5.4: Srednje mesečne in največje urne vrednosti NO_x v µg/m³ v pripadajočih mesecih - merilni mesti Center in Vrbanski plato

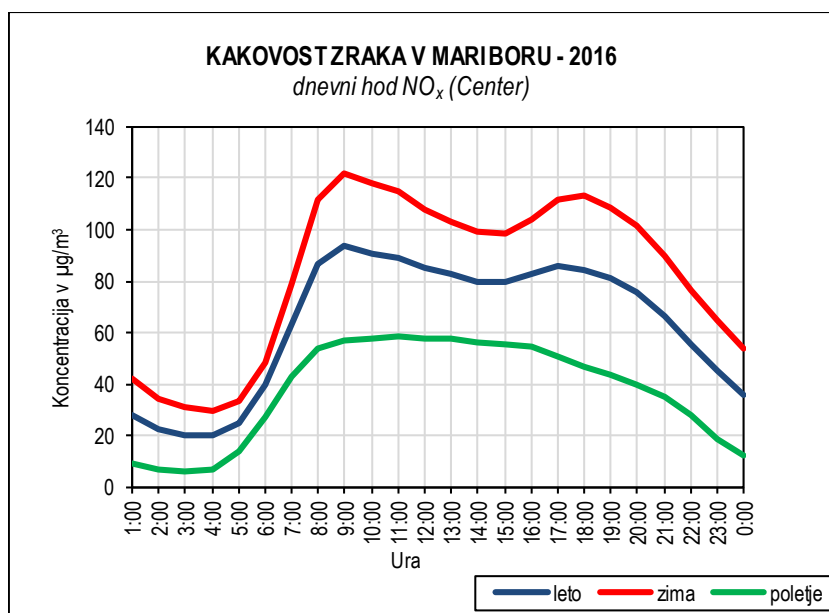
Mesec	Center		Vrbanski plato	
	mesec	ura	mesec	ura
januar	96	688	36	297
februar	79	484	19	114
marec	58	255	15	77
april	43	261	12	103
maj	42	181	9	53
junij			7	63
julij	32	144	6	35
avgust	35	144	7	36
september	33	218	9	89
oktober	42	189	14	75
november	74	565	21	122
december	133	699	46	283



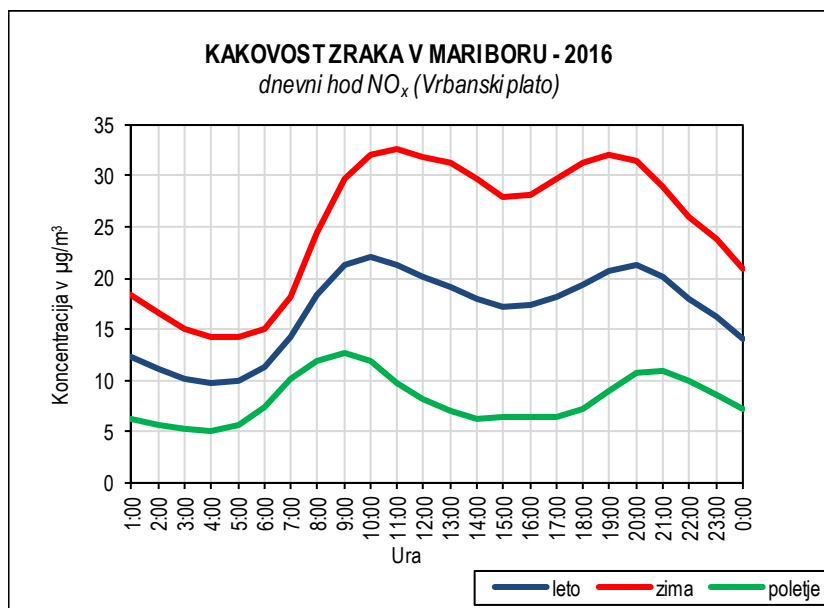
Slika 5.6: Koncentracije NO_x, merilni mesti Center in Vrbanški plato

Srednje mesečne koncentracije NO_x kažejo značilen potek z višjimi vrednostmi pozimi, saj so nižje vrednosti poleti posledica sodelovanja pri nastanku ozona, pa tudi emisij je pozimi več. Koncentracije so precej višje v Centru kot na Vrbanškem platoju, ki predstavlja mestno ozadje.

Dnevni hodi koncentracij NO_x v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2016 so na sliki 5.7, na Vrbanškem platoju pa na sliki 5.8.



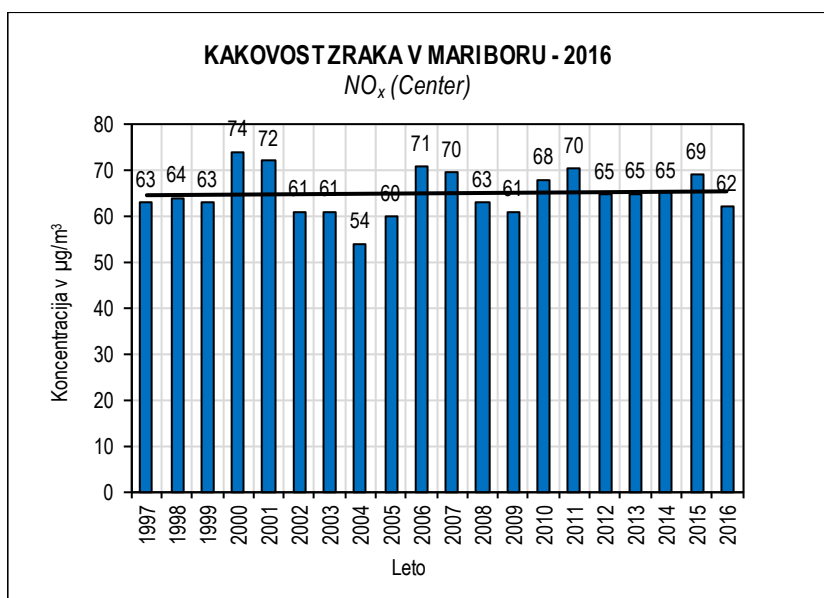
Slika 5.7: Dnevni hodi dušikovi oksidi, merilno mesto Center



Slika 5.8: Dnevni hodi dušikovi oksidi, merilno mesto Vrbanski plato

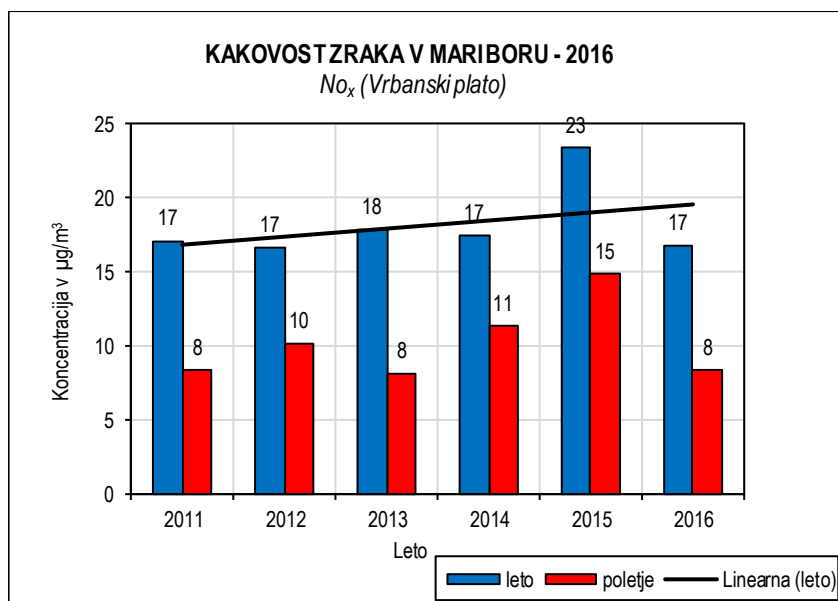
Dnevni hodi koncentracij dušikovih oksidov so podobni hodom dušikovega dioksida, le da so jutranji vrhovi tako v Centru kot na Vrbanskem platoju višji od večernih.

Slika 5.9 prikazuje potek srednjih letnih koncentracij dušikovih oksidov, izmerjenih od leta 1997 na merilnem mestu Center, slika 5.10 pa v letih 2011-2016 na Vrbanskem platoju, skupaj s poletnim povprečjem.



Slika 5.9: Dušikovi oksidi 1997-2016, merilno mesto Center

Trend dušikovih oksidov v Centru ni zaznaven, vidi se, da koncentracije že od vsega začetka meritev nihajo okoli neke povprečne vrednosti.



Slika 5.10: Dušikov dioksid 2011-2016, *merilno mesto Vrbanski plato*

Leta 2016 so bile koncentracije dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju nižje kot leto pred tem, nekje na ravni let 2011-2014.

5.2 OZON

Meritve vsebnosti ozona na Vrbanskem platoju potekajo od leta 2011, na Pohorju pa od leta 1999. Rezultati za leto 2016 so v tabeli 5.5.

Meritve ozona so potekale tudi na merilnem mestu Center od leta 1997 do marca 2013, ko so bile ukinjene.

Tabela 5.5: Vsebnost O₃ v zraku - merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje

Količina	Vrbanski plato (µg/m ³)	Pohorje (µg/m ³)	Ciljna oz. alarmna* vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov poletje	100 %	99 %	
Razpoložljivost urnih podatkov zima	99 %	99 %	
Letna srednja vrednost	49	72	
Poletje	66	87	
C ₈ max	129	131	120
Število preseganj C ₈ ciljne	7	9	
Triletno povprečje preseganj C ₈ ciljne	22	31	25
C ₁ max	137	135	180*
Število preseganj C ₁	0/0	0/0	
AOT40 (µg/m ³).h (maj-julij)	15949	14731	
AOT40 (µg/m ³).h (2012-2016)	18418	19885	18000

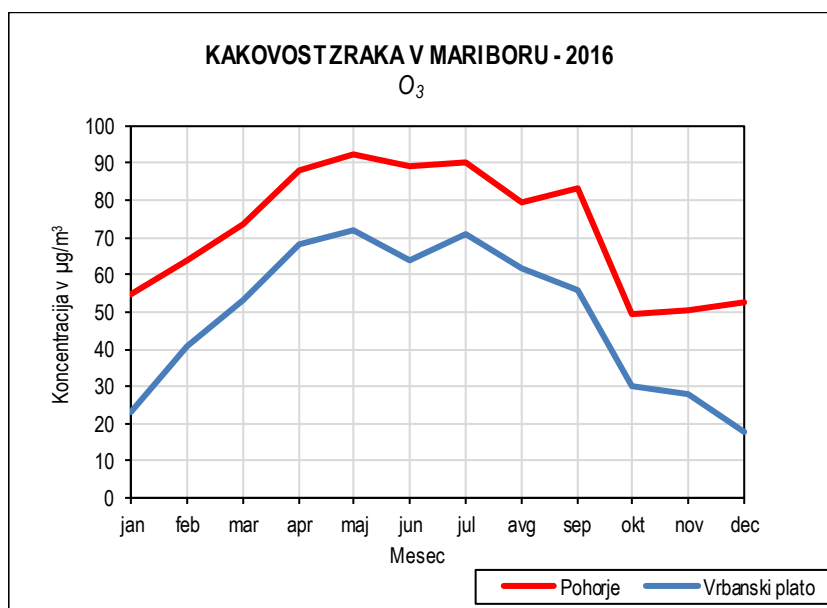
Koncentracije ozona so bile višje na Pohorju kot na Vrbanskem platoju. Ciljna osemurna vrednost je bila v letu 2016 presežena na Vrbanskem platoju 7 dni (april-1, maj-3, julij-2, september-1), na Pohorju pa 9 dni (april-1, maj-5, julij-3).

Ocenjevanje kakovosti zraka glede na ozon se izvaja s primerjavo povprečnega števila preseganj ciljne osemurne vrednosti v zadnjih treh letih. Ciljna vrednost je bila na Pohorju presežena večkrat kot je dovoljeno, na Vrbanskem pa manjkrat. Povprečje parametra AOT40 zadnjih petih let presega ciljno vrednost za varstvo rastlin na Pohorju in na Vrbanskem platoju. Meritve na Pohorju (merilno mesto na višji legi, brez emisij predhodnikov, to je onesnaževal, ki pripomorejo k nastanku ozona: dušikovi oksidi in lahkoahlapne organske spojine-VOC) so pokazale bistveno višje koncentracije kot na Vrbanskem platoju (mestno ozadje, prav tako brez svežih emisij predhodnikov).

V tabeli 5.6 so srednje mesečne, največje osemurne in urne vrednosti, na sliki 5.11 pa le srednje mesečne koncentracije O₃ v posameznem mesecu za merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje za leto 2016.

Tabela 5.6: Srednje mesečne, največje osemurne in največje urne vrednosti O₃ v µg/m³ v pripadajočih mesecih – merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje

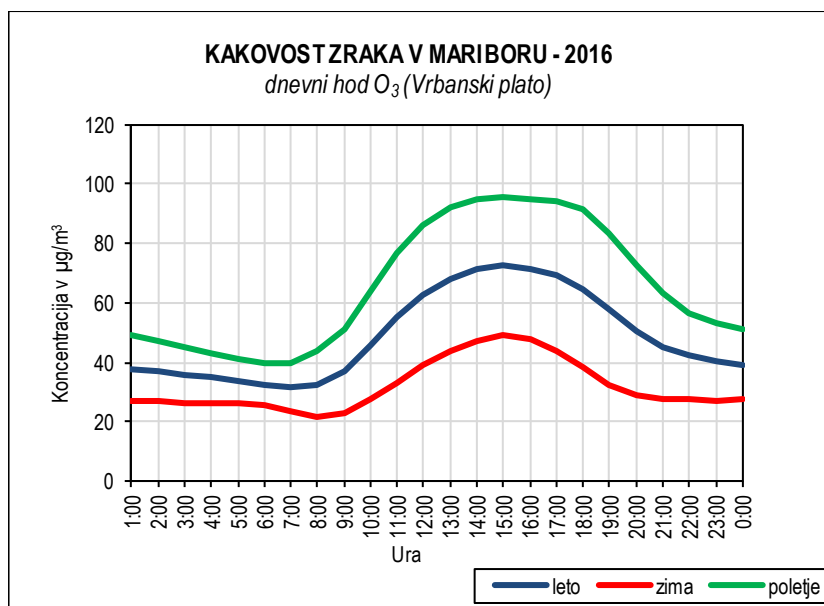
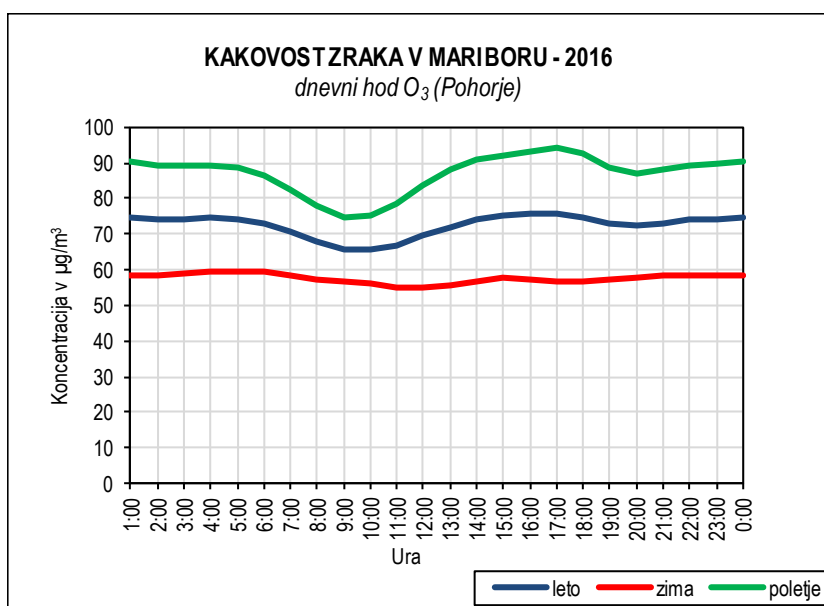
Mesec	Vrbanski plato			Pohorje		
	mesec	8 ur	ura	mesec	8 ur	ura
januar	23	67	72	55	76	81
februar	41	77	87	64	84	87
marec	53	101	117	74	117	121
april	68	121	128	88	122	127
maj	72	129	134	92	131	135
junij	64	118	135	89	118	127
julij	71	128	137	90	122	134
avgust	62	117	127	80	113	129
september	56	127	137	83	119	124
oktober	30	104	110	49	100	103
november	28	66	72	50	77	79
december	18	71	80	53	82	85



Slika 5.11: Vsebnost O₃, merilni mesti Vrbanski plato in Pohorje

Mesečna poteka ozona za obe merilni mesti kažeta največje vrednosti poleti. Koncentracije O₃ so komplementarne dušikovim oksidom, z višjimi vrednostmi poleti in nižjimi pozimi. Na koncentracije ozona, ki je fotokemični oksidant, vplivajo seveda predhodniki (dušikovi oksidi in lahkohlapne organske spojine) ter v največji meri sončno obsevanje, ki je bolj intenzivno poleti.

Dnevni hodi koncentracij O₃ poleti, pozimi in skozi celotno leto 2016 na Pohorju so na sliki 5.12 in na Vrbanskem platoju na sliki 5.13.

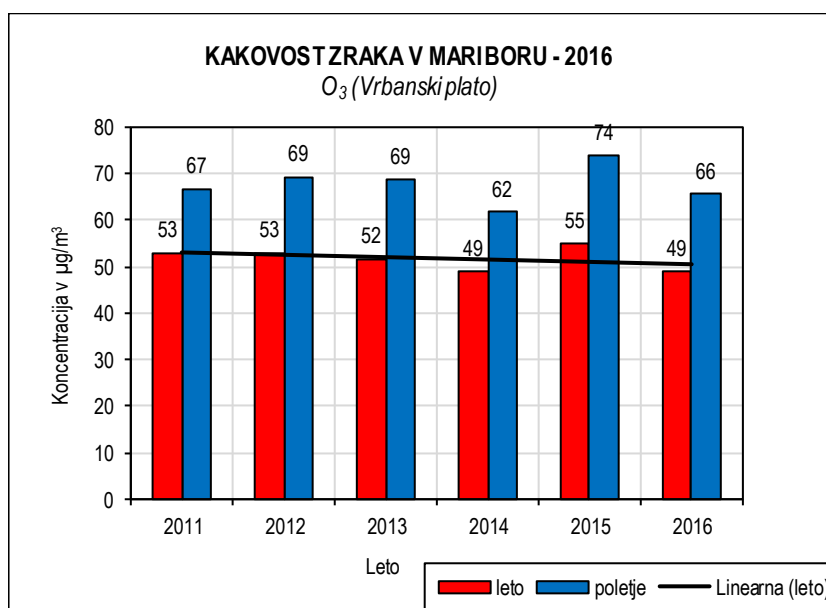
Slika 5.12: Dnevni hodi O_3 , merilno mesto Vrbanski platoSlika 5.13: Dnevni hodi O_3 , merilno mesto Pohorje

Dnevni hodi na Vrbanskem platu kažejo, da preko noči poteka razpad ozona, saj koncentracije dosežejo najnižjo vrednost tik pred sončnim vzhodom. Vendar ponoči ves ozon ne razpade, saj ni dovolj svežih emisij predhodnikov. S sončnim obsevanjem in svežimi emisijami se nato zjutraj prične tvorba ozona, ki doseže največjo vrednost v času, ko je sonce najmočnejše: med 13. in 19. uro poleti oziroma okoli 15. ure pozimi. Z upadanjem jakosti sonca v popoldanskem času upada tudi stopnja nastajanja ozona, dodatno se že pričinja njegov razpad. Razlike med zimo in poletjem v vrednostih in v času pojavljanja koničnih vrednosti so povezane z jakostjo sončnega obsevanja in s časom sončnega vzhoda oz. zahoda. Z NO_x in VOC obremenjen zrak je bolj prisoten v mestnem središču kot na njegovem obrobju, vendar ga veter odnaša tudi izven območij nastanka. Fotokemične reakcije, ki povzročijo presežek ozona, potekajo tudi še nekaj ur po emitiranju iz virov. To pomeni, da ozon lahko

nastaja tudi na območjih, kjer ni emisijskih virov. Ker na teh območjih v nočnem času zaradi pomanjkanja dušikovih oksidov ozon ne razpada, je njegova vsebnost v zraku lahko precej višja kot v mestu. Zato so vrednosti na Pohorju višje, dnevni hod pa ni poudarjen.

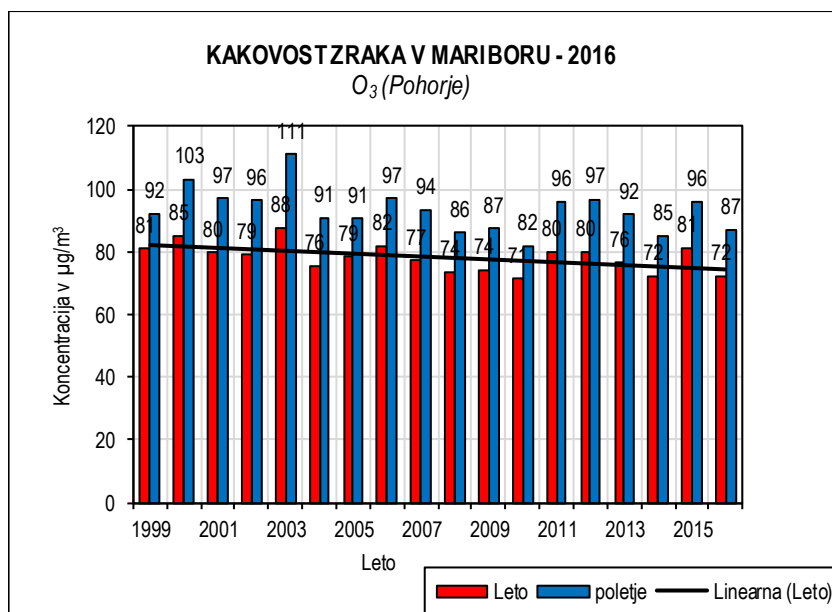
Glavni vir predhodnikov ozona je cestni promet, ostali so še pri organskih spojinah bencinske črpalke, kemične čistilnice, barve in laki, industrija, k emisijam dušikovih oksidov pa dodatno največ prispevajo kurišča.

Meritve ozona na Pohorju se izvajajo od leta 1996, vendar takrat niso potekale celotno leto, zato navajamo rezultate od leta 1999 naprej. Srednje letne vrednosti in vrednosti poleti skupaj s trendom letnih koncentracij prikazujemo na sliki 5.14 za Vrbanski plato in na sliki 5.15 za Pohorje.



Slika 5.14: Ozon 2011-2016, merilno mesto Vrbanski plato

Srednja letna koncentracija ozona na Vrbanskem platoju je bila leta 2016 najnižja od začetka meritev, zaradi česar je trend usmerjen rahlo navzdol.



Slika 5.15: Ozon 1999-2016, merilno mesto Pohorje

Vsebnost ozona na Pohorju je bila podpovprečna, dolgoletni trend je še vedno usmerjen navzdol. Zniževanje vsebnosti ozona na Pohorju je znak, da se na širšem območju znižujejo emisije predhodnikov (dušikov dioksid, slika 5.4, in benzen, slika 5.50).

V tabeli 5.7 so največje urne vrednosti ozona v vseh letih meritev za obe merilni mesti.

Tabela 5.7: Največje urne koncentracije ozona v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – merilni mesti *Vrbanski plato* in *Pohorje*

Leto	Vrbanski plato ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pohorje ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1999	/	159
2000	/	208
2001	/	182
2002	/	167
2003	/	185
2004	/	187
2005	/	160
2006	/	176
2007	/	157
2008	/	155
2009	/	152
2010	/	152
2011	163	167
2012	152	162
2013	174	173
2014	141	152
2015	167	173
2016	137	135
<i>Opozorilna</i>	180	180

Največja izmerjena urna vrednost v tem letu na Pohorju in na Vrbanskem platoju je bila glede na pretekla leta najnižja doslej izmerjena.

Pokazatelj stanja kakovosti zraka z ozonom je tudi število preseganj ciljne osemurne v posameznem letu in drsečem povprečju treh let ter opozorilne urne vrednosti, kar je prikazano v tabeli 5.8. Dovoljenih je 25 preseganj ciljne osemurne vrednosti v koledarskem letu triletnega povprečja, zato so rezultati nad to vrednostjo označeni z rdečo barvo.

Tabela 5.8: Število preseganj ciljne osemurne in opozorilne urne koncentracije ozona v letih 1999-2016
- merilni mesti *Vrbanski plato* in *Pohorje*

Leto	Vrbanski plato			Pohorje		
	ciljna osemurna	triletno povprečje preseganj ciljne osemurne	opozorilna urna	ciljna osemurna	triletno povprečje preseganj ciljne osemurne	opozorilna urna
1999	/	/	/	128	/	11
2000	/	/	/	299	/	122
2001	/	/	/	199	209	51
2002	/	/	/	213	237	19
2003	/	/	/	185	199	2
2004	/	/	/	44	147	1
2005	/	/	/	55	95	0
2006	/	/	/	59	53	0
2007	/	/	/	52	55	0
2008	/	/	/	27	46	0
2009	/	/	/	19	33	0
2010	/	/	/	25	24	0
2011	35	/	0	57	34	0
2012	24	/	0	58	47	0
2013	26	28	0	39	51	0
2014	7	19	0	21	39	0
2015	53	29	0	62	41	0
2016	7	22	0	9	31	0

Preseganj ciljne osemurne vrednosti na Pohorju je bilo 9, kar je najmanj od začetka meritev. Preseganj opozorilnih vrednosti na Pohorju ni bilo že dalj časa. Preseganj osemurne vrednosti na Vrbanškem platu je bilo 7, kar je najmanj od začetka meritev (enako kot leta 2014).

5.3 DELCI IN ANALIZE

5.3.1 Delci PM₁₀

Meritve koncentracij skupnih lebdečih delcev so v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin potekale že od leta 1989 do 2001, ko so se začeli ugotavljati delci PM₁₀. Merilna mesta so bila različna: do leta 2001 Center (Partizanska), nato Tabor, od 2011 naprej pa Vrbanski plato. Meritve v Miklavžu na Dravskem polju potekajo od leta 2010. Meritve koncentracij delcev PM₁₀ v državni merilni mreži na merilnem mestu Center potekajo od leta 2001, na merilnem mestu Krekova/Tyrševa pa od leta 2013.

Rezultati za Center, Krekovo/Tyrševo, Miklavž in Vrbanski plato so za leto 2016 zbrani v tabeli 5.9.

Tabela 5.9: Kakovost zraka z delci PM₁₀ - merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa, Miklavž in Vrbanski plato

Količina	Center (µg/m ³)	Krekova/Tyrševa (µg/m ³)	Miklavž (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost dnevni podatkov	99 %	99 %	98 %	100 %	
Letna srednja vrednost	27	28	27	20	40
Zima	34	36	37	25	
Poletje	20	21	17	14	
C ₂₄ max	102	106	107	91	50
Število preseganj C ₂₄	43	42	45	21	35

Srednja letna koncentracija delcev PM₁₀ v zraku je bila na vseh štirih merilnih mestih pod mejno letno vrednostjo. Največja izmerjena dnevna vrednost je bila na vseh merilnih mestih nad mejno vrednostjo, skupno število preseganj mejne dnevne vrednosti je bilo v Centru 43, na Krekovi/Tyrševi 42, v Miklavžu 45, kar je nad mejno vrednostjo, na Vrbanskem platu pa 21, kar je pod njo.

Večina preseganj je bila pozimi:

- Center: januar-17, februar-1, april-2, november-5, december-18;
- Krekova/Tyrševa: januar-19, februar-2, april-2, november-4, december-15;
- Miklavž: januar-15, februar-1, november-6, december-23;
- Vrbanski plato: januar-8, april-2, november-1, december-10.

Po informacijah ARSO je na koncentracije delcev ter s tem na preseganje mejne dnevne vrednosti 05. ter 06.04.2017 na merilnih mestih Center, Krekova/Tyrševa ter Vrbanski plato v določenem deležu vplival saharški pesek. V Miklavžu ta dva dneva preseganje mejne dnevne vrednosti ni bilo zabeleženo.

Preko celega leta so bile koncentracije v Centru višje za 35 % kot na Vrbanskem platu, samo poleti za 43 % in samo pozimi za 36 %.

Meritve z referenčno merilno metodo za PM₁₀ v merilni mreži Maribora in sosednjih občin so potekale dodatno še na merilnih mestih Tezno, Radvanje in Ruše. Ker se na teh merilnih mestih ni merilo celotno leto, smo zanje izračunali srednjo vrednost in navedli število prekoračitev mejne dnevne vrednosti v merilnem obdobju, izračunali pa smo tudi srednjo letno vrednost z upoštevanjem razmerja koncentracij med tem merilnim mestom in Centrom. Dodatno smo v skladu z zahtevami Pravilnika izračunali še percentilno vrednost 90,4 %, ki jo primerjamo z mejno dnevno vrednostjo. Rezultati za leto 2016 so v tabeli 5.10.

Tabela 5.10: Kakovost zraka z delci PM₁₀ - merilna mesta Tezno, Radvanje in Ruše

Količina	Tezno (µg/m ³)	Radvanje (µg/m ³)	Ruše (µg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost dnevni podatkov	46 %	50 %	42 %	
Srednja vrednost v merilnem obdobju	21	21	22	
Preračunana srednja letna vrednost	22	21	20	40
C ₂₄ max	101	76	87	50
Število preseganj C ₂₄ v merilnem obdobju	11	13	11	50
Percentil 90,4 %	44	43	45	50

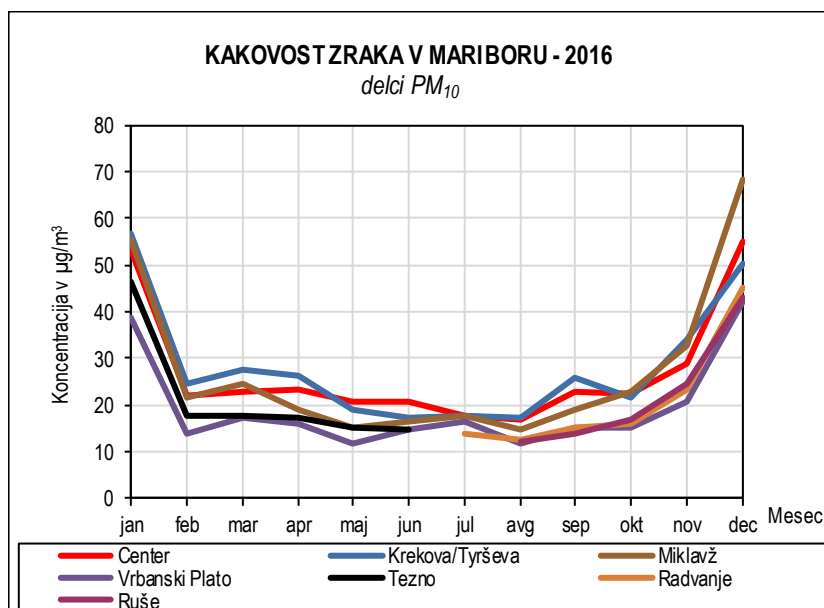
Preračunana srednja letna vrednost v letu 2016 na nobenem merilnem mestu ni presegala mejne letne vrednosti, prav tako ni bila prekoračena percentilna vrednost 90,4 %.

V tabeli 5.11 so srednje mesečne in največje dnevne, na sliki 5.16 pa le srednje mesečne koncentracije delcev PM₁₀ v posameznem mesecu za vsa merilna mesta za leto 2016.

Tabela 5.11: Srednje mesečne in največje dnevne vrednosti PM₁₀ v µg/m³ – merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Tezno, Radvanje in Ruše

Mesec	Center		Krekova/ Tyrševa		Miklavž		Vrbanski plato		Tezno		Radvanje		Ruše	
	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan
januar	54	102	57	106	56	107	39	91	47	101	/	/	/	/
februar	22	52	24	60	22	65	14	41	18	46	/	/	/	/
marec	23	47	27	50	25	44	17	36	18	33	/	/	/	/
april	23	63	26	88	19	50	16	60	17	46	/	/	/	/
maj	21	31	19	36	15	34	12	22	15	25	/	/	/	/
junij	21	43	17	45	16	42	15	38	15	34	/	/	/	/
julij	18	28	18	30	18	31	16	27	/	/	14	22	/	/
avgust	17	30	17	37	15	27	12	21	/	/	13	24	12	24
september	23	38	26	46	19	34	15	27	/	/	15	27	14	26
oktober	23	39	21	42	23	43	15	30	/	/	16	36	17	36
november	29	67	34	64	33	73	21	54	/	/	23	53	24	53
december	55	91	50	95	68	98	42	80	/	/	45	76	43	87

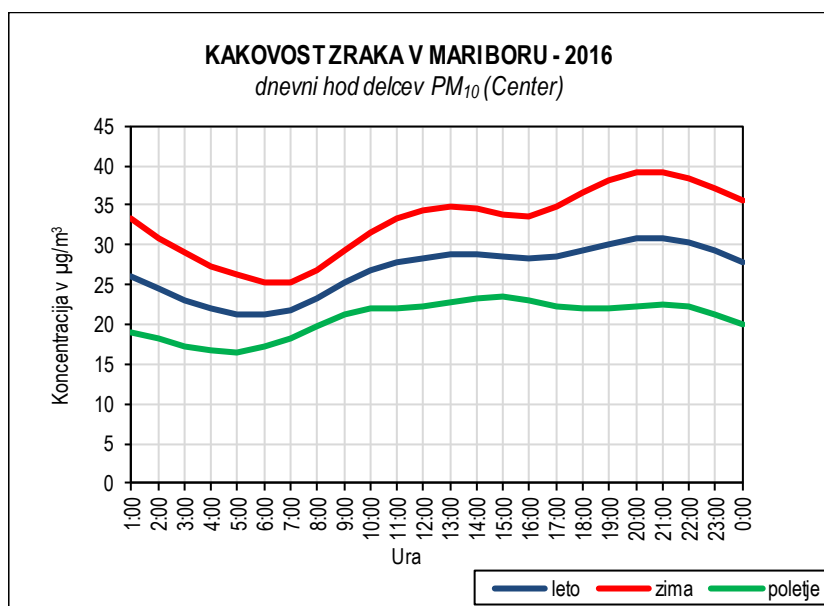
Opomba: / - meritve v tem mesecu niso potekale.



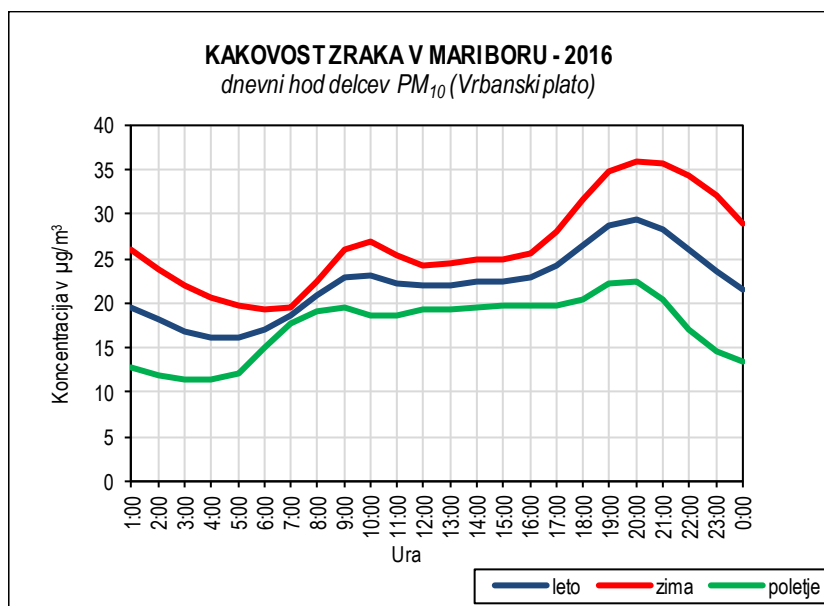
Slika 5.16: Kakovosti zraka z delci PM₁₀, merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Vrbanski plato, Tezno, Radvanje in Ruše

Vrednosti so povsod višje pozimi kot poleti. Najnižje vrednosti delcev so se pojavljale od maja do avgusta, največje pa januarja in decembra. Z delci PM₁₀ najbolj obremenjena merilna mesta v preteklem letu so bila Center, Krekova/Tyrševa in Miklavž, nekoliko manj Tezno, Radvanje in Ruše, najmanj pa Vrbanski plato. Najnižje koncentracije so bile v večini mesecev izmerjene na Vrbanskem platuju. Poseljena območja so bolj obremenjena z delci PM₁₀, predvsem velja to za zimo. Kakovost zraka z delci PM₁₀ je bila na merilnih mestih Center, Krekova/Tyrševa in Miklavž januarja ter februarja podobna, novembra in decembra pa je bil Miklavž celo bolj obremenjen kot Center.

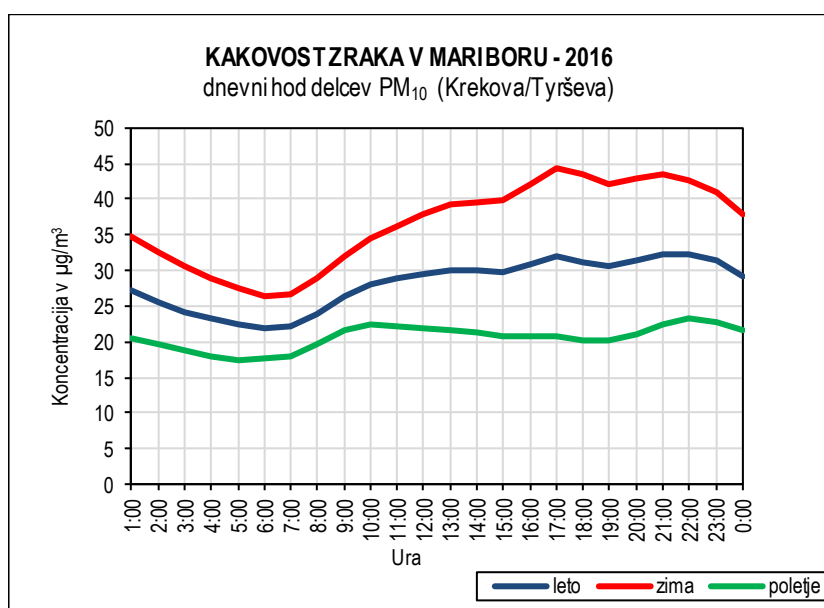
Dnevni hodi koncentracij delcev PM₁₀ poleti, pozimi in skozi celotno leto 2016 v Centru (TEOM) so na sliki 5.17, na Vrbanskem platuju (TEOM) na sliki 5.18, na Krekovi/Tyrševi pa na sliki 5.19.



Slika 5.17: Dnevni hodi koncentracij delcev PM₁₀, merilno mesto Center



Slika 5.18: Dnevni hodi koncentracij delcev PM₁₀, merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.19: Dnevni hodi koncentracij delcev PM₁₀, merilno mesto Krekova/Tyrševa

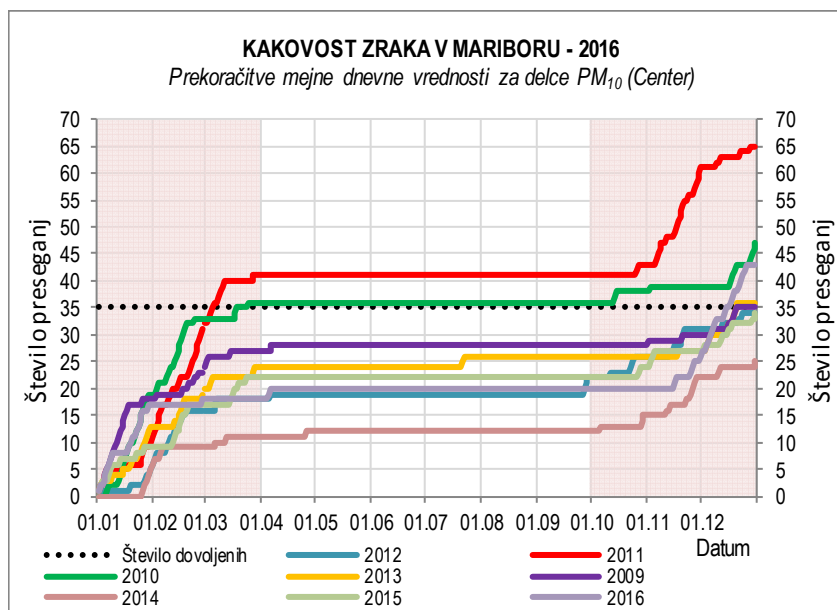
Dnevni hodi so pozimi in poleti na vseh merilnih mestih zelo podobni in ne bistveno drugačni od celotnega leta. Na Vrbanskem platoju pozimi precej izstopata dva vrhova: jutranji in večerni, ki je višji. V Centru se pozimi še lahko opazi dva vrhova, na Krekovi pa je prisoten samo en vrh in sicer okrog 17:00 ure. Poleti se jutranji in večerni vrh še najbolj opazita na Vrbanskem platoju, ki sta prisotna tudi na Krekovi/Tyrševi, v Centru pa imamo višje koncentracije čez cel dan od 10:00 do 22:00 ure (z zelo neizrazitim vrhom ob 15:00 uri).

V nočnem času, ko so viri manj aktivni, koncentracije relativno malo padejo, kar nakazuje na visoke vrednosti ozadja: na Urbanskem platoju na 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi in 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti, na Krekovi/Tyrševi 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi in 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti, v Centru 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pozimi in 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ poleti.

Število preseganj mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne vrednosti za delce PM_{10} v letih 2002-2016 je za Center prikazano v tabeli 5.12 in za leta 2009 do 2016 tudi na sliki 5.20. Dopustna vrednost koncentracije je bila vpeljana zato, da je bil prehod za doseg mejne vrednosti postopen. Sprejemljivo preseganje je moralo doseči vrednost 0 do določenega datuma, do takrat se je pa od leta 2000 linearno zmanjševalo.

Tabela 5.12: Število preseganj mejne (dopustne pred letom 2005) dnevne vrednosti za delce PM_{10} 2002-2016 - *merilno mesto Center*

Leto	Center
2002	66
2003	129
2004	102
2005	101
2006	108
2007	91
2008	54
2009	35
2010	47
2011	65
2012	34
2013	36
2014	25
2015	34
2016	43
<i>Mejna</i>	35



Slika 5.20: Število preseganj mejne dnevne vrednosti za obdobje od 2009 do 2016, *merilno mesto Center*

V letu 2016 je bilo število preseganj mejne dnevne vrednosti v Centru čezmerno. Iz slike 5.20 je razvidno, da so preseganja praviloma zabeležena skoraj vedno pozimi.

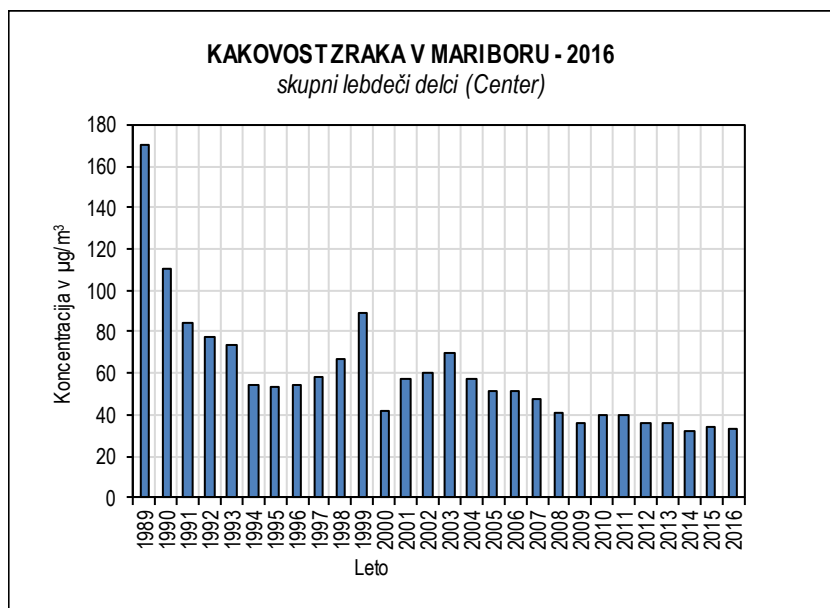
V tabeli 5.13 prikazujemo 90,4 % percentilne vrednosti v obdobju 2011-2015 in število preseganj za leto 2016 za merilno mesto Miklavž.

Tabela 5.13: 90,4 % vrednost iz dnevnih koncentracij za delce PM₁₀ 2011-2015 in število preseganj za leto 2016 - *merilno mesto Miklavž*

Leto	Miklavž ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2011	79
2012	51
2013	56
2014	50
2015	53
2016	45
Mejna	50 (2011-2015) / 35 (2016)

Kakovost zunanjega zraka z delci PM₁₀ je bila v Miklavžu čezmerna v letih 2011-2013, 2015 in 2016.

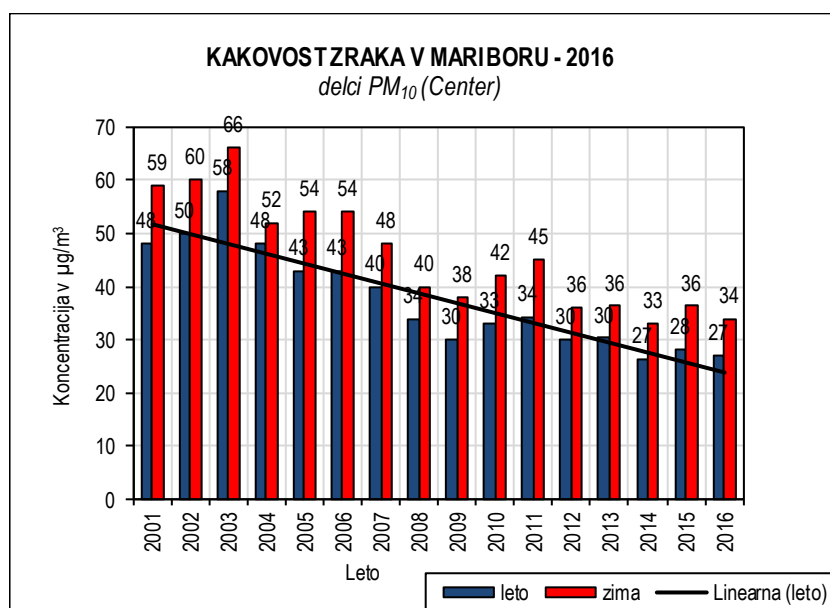
Na sliki 5.21 je prikazan potek srednjih letnih koncentracij skupnih lebdečih delcev v celotnem dosedanjem merilnem obdobju. Upoštevali smo meritve skupnih lebdečih delcev, ki smo jih kot ZZV Maribor izvajal med leti 1989 in 2000 ob Partizanski cesti, ter meritve delcev PM₁₀, ki jih je izvajal ARSO med leti 2001 in 2016 v Centru (DMKZ). Pri preračunavanju koncentracij skupnih lebdečih delcev iz koncentracij PM₁₀ smo uporabili faktor 1,2.



Slika 5.21: Skupni lebdeči delci 1989-2016, merilni mesti Center (ZZV in DMKZ)

Koncentracije skupnih lebdečih delcev v Centru so se od leta 1989 do 2016 bistveno znižale, opazno je tudi stalno zniževanje po letu 2003. Srednja vrednost v letu 2016 je bila med najnižjimi v dosedanem 25-letnem merilnem obdobju in za skoraj sedemkrat nižja kot prvo leto, ko so meritve potekale. Vemo pa, da so bile koncentracije pred letom 1989 še precej višje. Tako lahko z gotovostjo trdimo, da je bila kakovost zunanjega zraka z delci v letu 2016 še vedno med najboljšimi doslej.

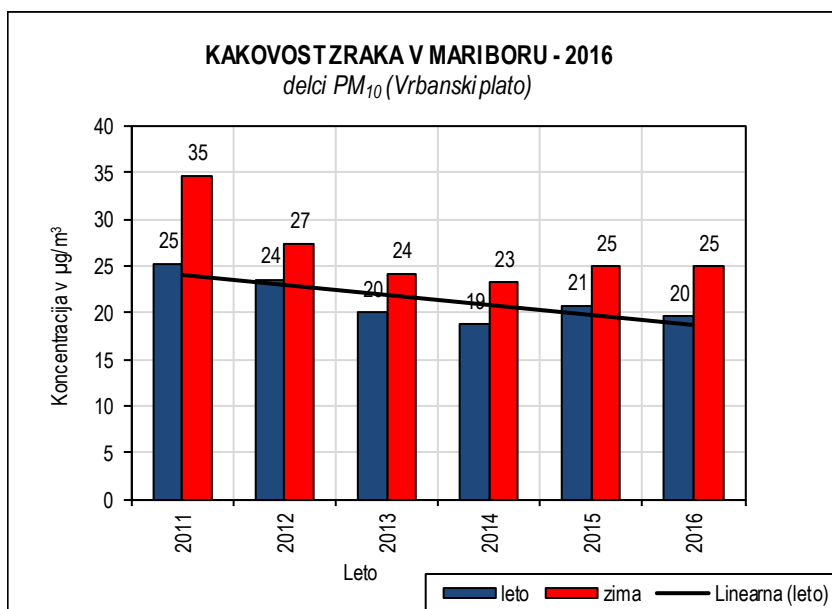
Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM₁₀ v Centru (DMKZ) v celotnem dosedanem merilnem obdobju so na sliki 5.22.



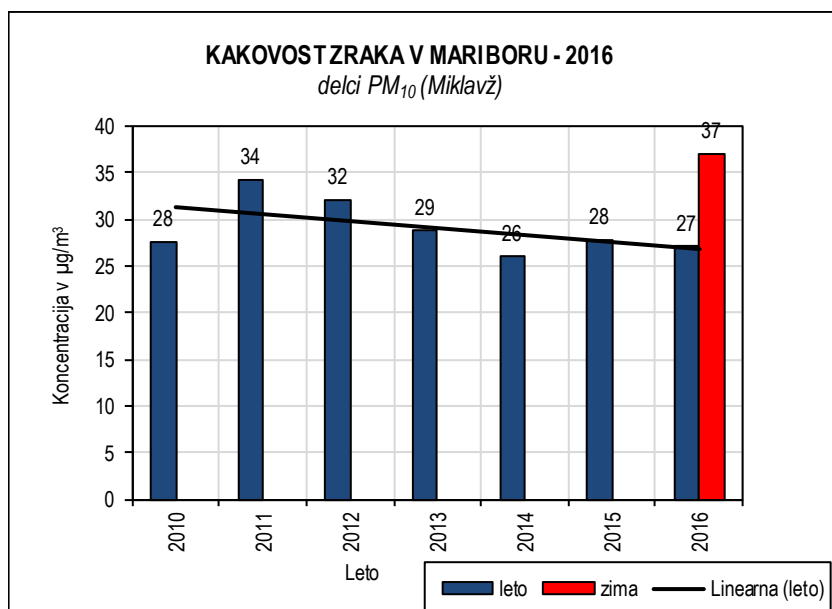
Slika 5.22: Delci PM₁₀ 2001-2016, merilno mesto Center (DMKZ)

Koncentracije delcev PM_{10} so bile v Centru med najnižjimi doslej. Mejna letna vrednost ni bila presežena že od leta 2007. Dolgoletni trend je usmerjen navzdol.

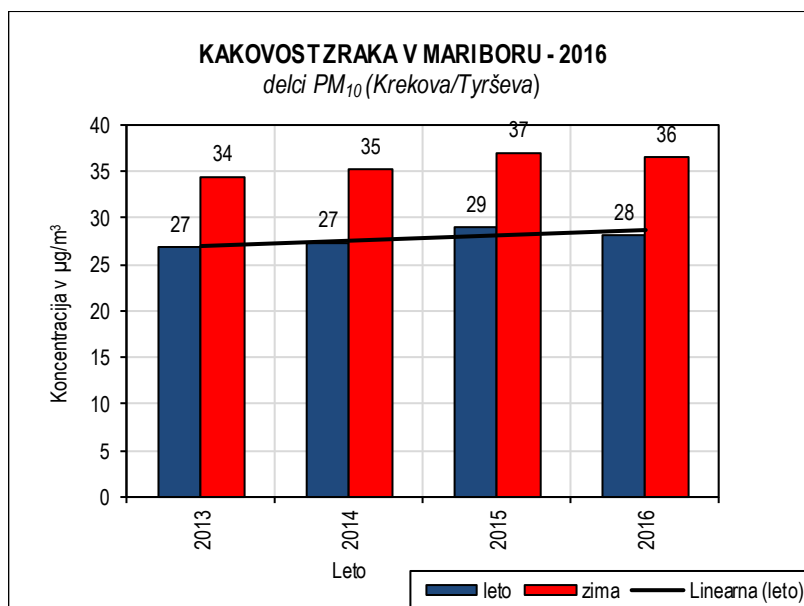
Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM_{10} v dosedanjem merilnem obdobju na merilnem mestu Vrbanski plato so na sliki 5.23, Miklavž (samo letne) na sliki 5.24 in Krekova/Tyrševa na sliki 5.25. Ker so se meritve na merilnem mestu Miklavž v obdobju 2011 - 2015 izvajale v trajanju 6 mesecev na leto, so na sliki 5.24 prikazane preračunane srednje letne vrednosti. V letu 2016 so se meritve izvajale celotno leto, tako da preračun za to leto ni bil več potreben.



Slika 5.23: Delci PM_{10} 2011-2016, merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.24: Delci PM_{10} 2010-2016, merilno mesto Miklavž



Slika 5.25: Delci PM₁₀ 2013-2016, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Leta 2016 so bile izmerjene koncentracije delcev PM₁₀ na Vrbanskem platoju podobne kot v obdobju 2013-2015, v Miklavžu in na Krekovi/Tyrševi pa podobne kot zadnji dve leti. Dolgoletna trenda na Vrbanskem platoju in v Miklavžu sta še vedno usmerjena navzdol, na Krekovi/Tyrševi pa rahlo navzgor.

Na koncentracije delcev PM₁₀ v zraku vplivajo razen lokalnih virov (kurišča, promet in industrija) tudi širše vremenske razmere (dolgotrajnejše zadrževanje zračnih mas in s tem kopičenje onesnaževal v času visokega zračnega pritiska, dodatno še nizke temperature zraka) ter regionalni in daljinski transport onesnaževal. O najvplivnejšem viru težko govorimo, zagotovo sta to promet (poleti in pozimi) ter drobna kurišča na trdno gorivo (samo pozimi), vendar zelo verjetno na različnih merilnih mestih v različnem razmerju.

5.3.2 Delci PM_{2,5}

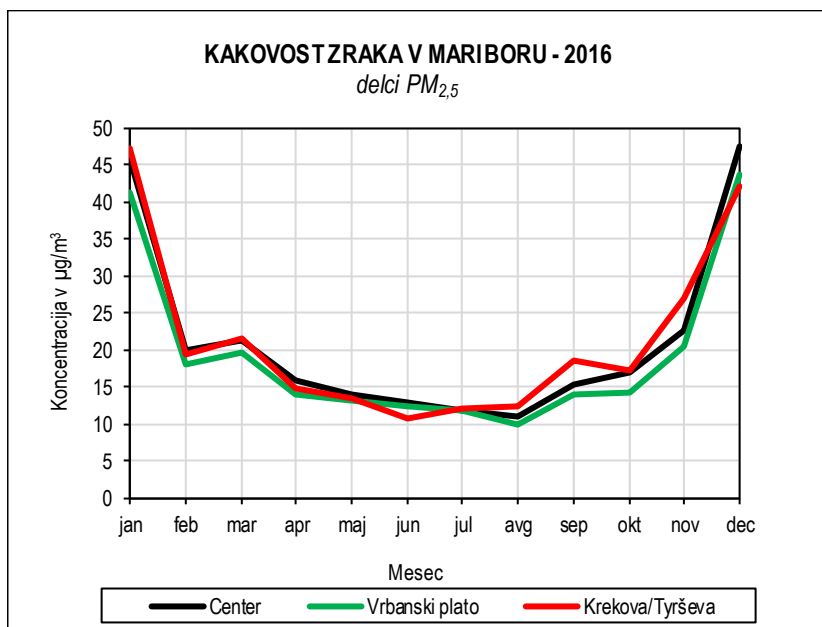
Meritve koncentracij delcev PM_{2,5} potekajo v državni merilni mreži na merilnih mestih Center od leta 2005 in Vrbanski plato (mestno ozadje) od leta 2009. Meritve na merilnem mestu Krekova/Tyrševa se izvajajo od 2012. Rezultati meritev za leto 2016 so v tabelah 5.14 in 5.15.

Tabela 5.14: Kakovost zraka z delci PM_{2,5} - merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanski plato

Količina	Center (µg/m ³)	Krekova/Tyrševa (µg/m ³)	Vrbanski plato (µg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost dnevni podatkov	98 %	99 %	100 %	
Letna srednja vrednost	21	21	19	25
Zima	29	30	26	
Poletje	13	14	12	

Srednja letna koncentracija delcev $PM_{2,5}$ v Centru, na Vrbanškem platoju in na Krekovi/Tyrševi ni presegala mejne vrednosti.

Na sliki 5.26 so srednje mesečne koncentracije delcev $PM_{2,5}$, v tabeli 5.15 pa še največje dnevne vrednosti v posameznem mesecu za merilna mesta Center, Vrbanški plato in Krekova/Tyrševa za leto 2016.



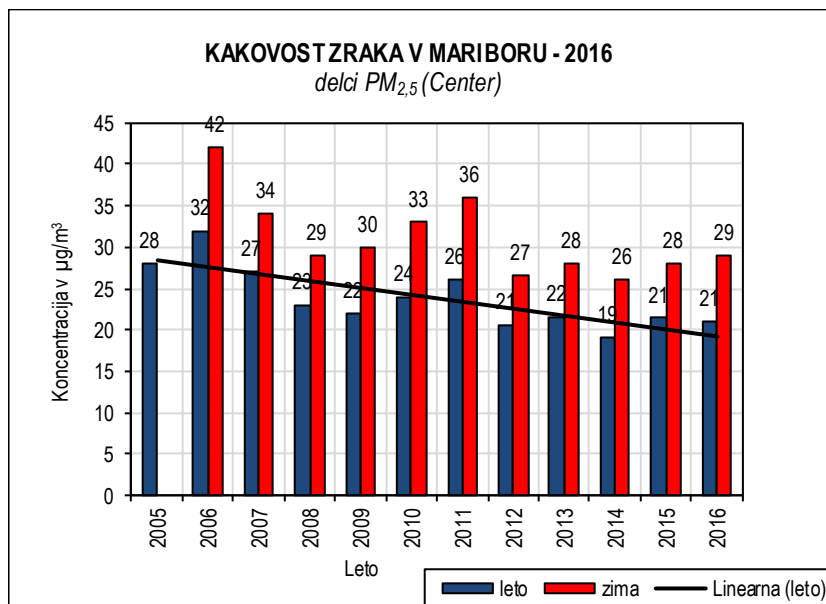
Slika 5.26: Kakovosti zraka z delci $PM_{2,5}$, merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanški plato

Tabela 5.15: Srednje mesečne in največje dnevne vrednosti delcev $PM_{2,5}$ v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ v pripadajočih mesecih - merilna mesta Center, Krekova/Tyrševa in Vrbanški plato

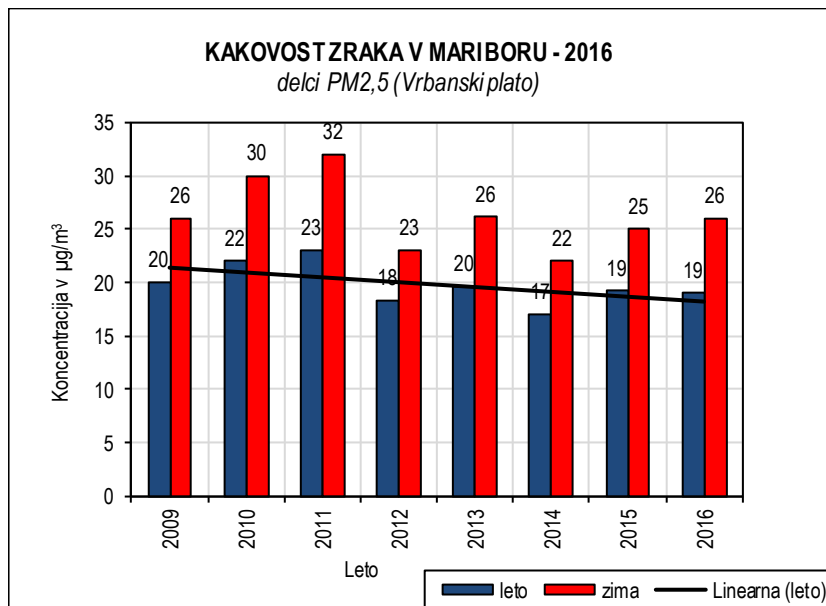
Mesec	Center		Krekova/Tyrševa		Vrbanški plato	
	mesec	dan	mesec	dan	mesec	dan
januar	46	96	47	101	41	92
februar	20	49	19	56	18	46
marec	21	41	21	41	20	38
april	16	30	15	30	14	23
maj	14	24	13	33	13	25
junij	13	24	11	27	12	22
julij	12	20	12	22	12	20
avgust	11	24	12	30	10	22
september	15	27	19	35	14	26
oktober	17	32	17	38	14	30
november	23	54	27	56	20	49
december	48	86	42	82	44	84

Merilni mesti Center in Krekova/Tyrševa sta bili nekoliko bolj obremenjeni z delci $PM_{2,5}$ kot Vrbanski plato. Pozimi so bile koncentracije višje kot poleti, v splošnem so bile koncentracije na vseh treh merilnih mestih zelo podobne (z izjemo obdobja od septembra do novembra).

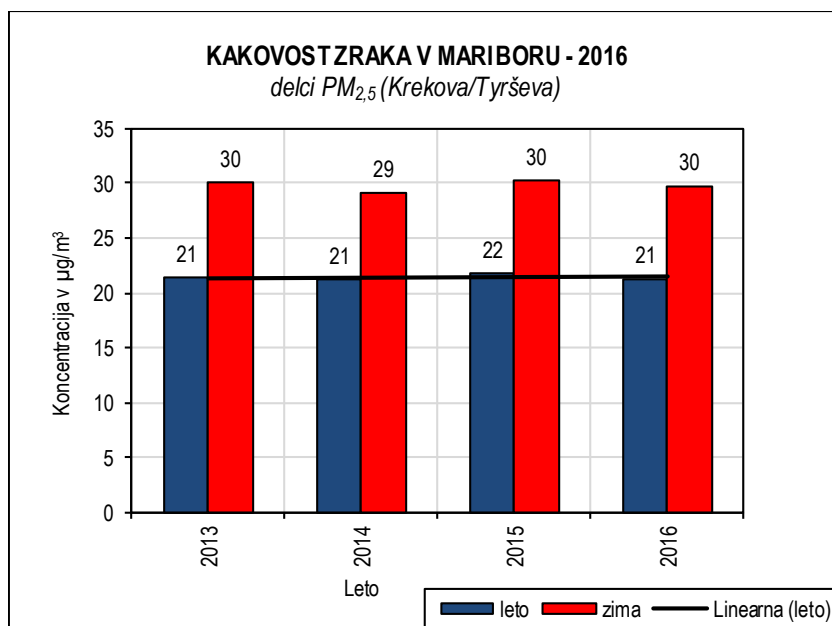
Srednje letne in poletne koncentracije delcev $PM_{2,5}$ prikazujemo na sliki 5.27 za Center (od leta 2005), na sliki 5.28 za Vrbanski plato (od leta 2009) in na sliki 5.29 za Krekovo/Tyrševo (od leta 2013).



Slika 5.27: Delci $PM_{2,5}$ 2005-2016, merilno mesto Center



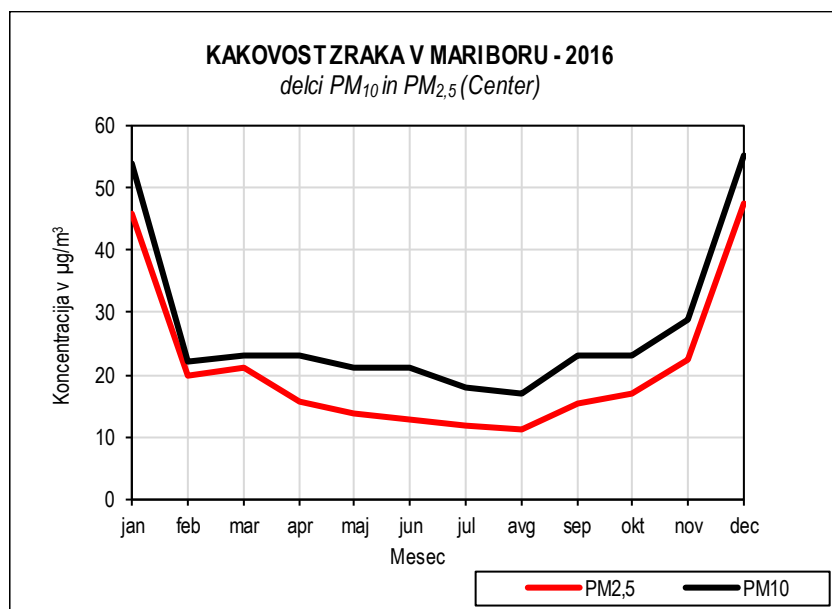
Slika 5.28: Delci $PM_{2,5}$ 2009-2016, merilno mesto Vrbanski plato



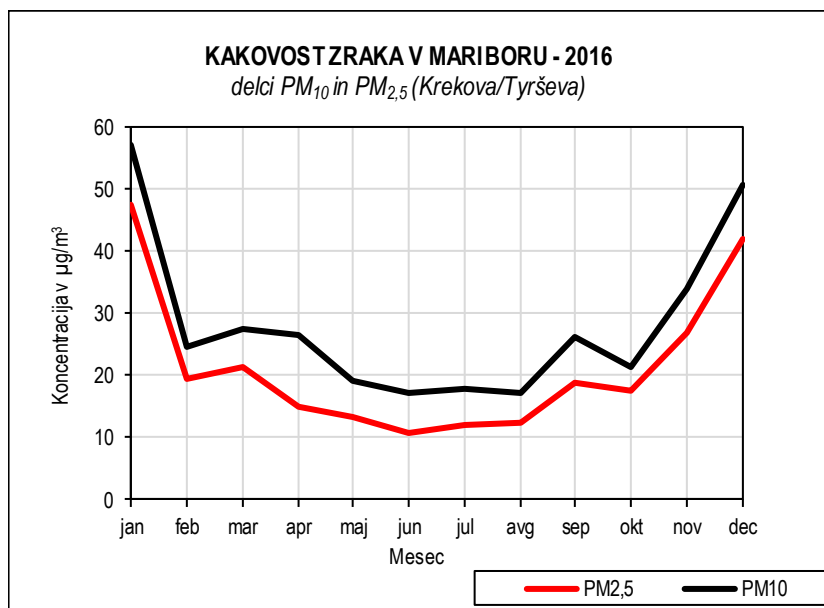
Slika 5.29: Delci $PM_{2,5}$ 2009-2016, merilno mesto *Krekova/Tyrševa*

Koncentracije delcev $PM_{2,5}$ so bile leta 2016 v Centru, na Vrbanskem platoju in na Krekovi/Tyrševi podobne kot lansko leto. Dolgoletna trenda za Center in Vrbanski plato sta usmerjena navzdol, na Krekovi/Tyrševi je trend praktično nezaznaven.

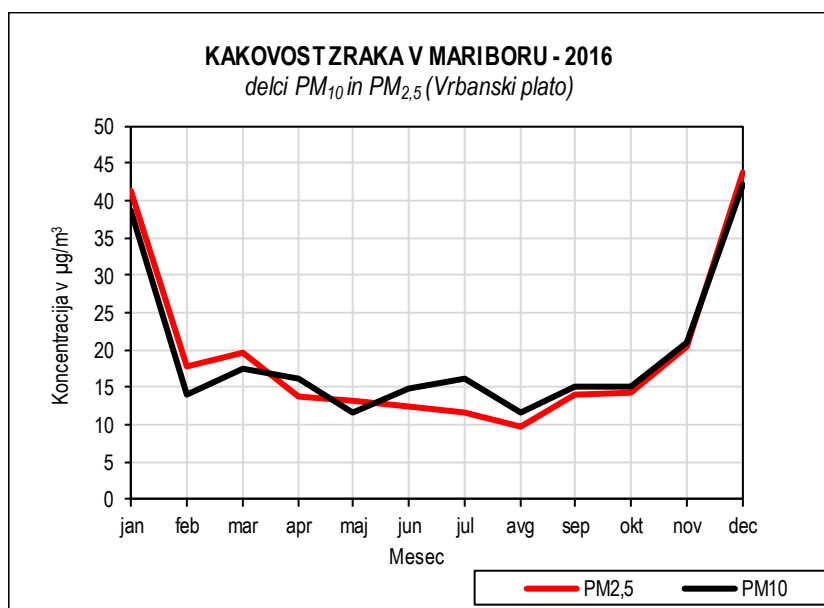
Zanimivi so tudi prikazi primerjave med koncentracijami delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ na vseh merilnih mestih za leto 2016, kar je na slikah 5.30 za Center, 5.31 za Krekovo/Tyrševo in 5.32 za Vrbanski plato.



Slika 5.30: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$, merilno mesto *Center*



Slika 5.31: Mesečne koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, merilno mesto Krekova/Tyrševa



Slika 5.32: Mesečne koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, merilno mesto Vrbanski plato

Koncentracije delcev PM₁₀ so praviloma seveda višje kot koncentracije PM_{2,5}. Razmerja med srednjimi letnimi koncentracijami delcev PM_{2,5}/PM₁₀ so:

- Center: 78 % (pozimi 85 %, poleti 65 %),
- Krekova/Tyrševa: 76 % (pozimi 81 %, poleti 66 %),
- Vrbanski plato: 97 % (pozimi 100 %, poleti 84 %).

Razmerja kažejo, da je delež delcev PM_{2,5} v PM₁₀ zelo visok na vseh treh merilnih mestih.

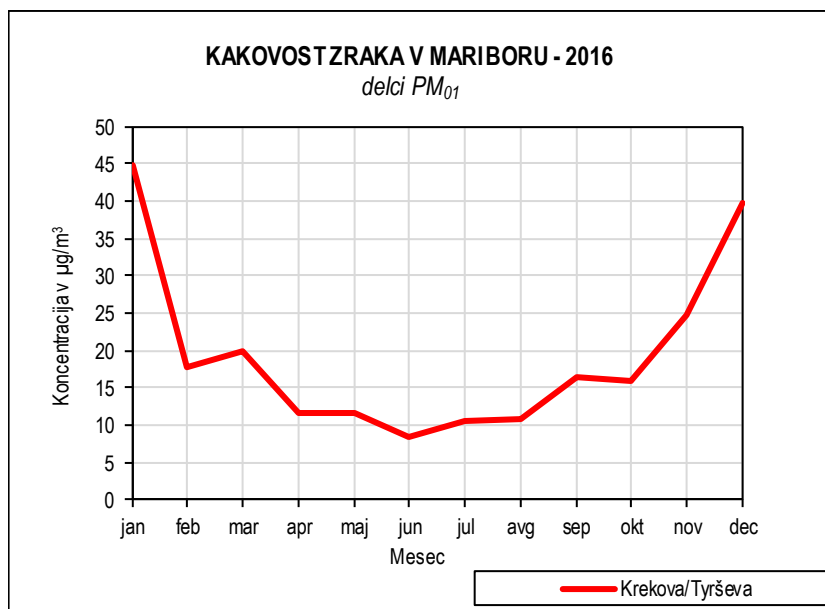
5.3.3 Delci PM₀₁

Meritve koncentracij delcev PM₀₁ na merilnem mestu Krekova/Tyrševa potekajo od julija 2013. Rezultati meritev za leto 2016 so v tabeli 5.16.

Tabela 5.16: Kakovost zraka z delci PM₀₁ - *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Količina	Krekova/Tyrševa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Razpoložljivost urnih podatkov	99 %
Letna srednja vrednost	19
Zima	28
Poletje	12

Na sliki 5.33 so srednje mesečne koncentracije delcev PM₀₁, v tabeli 5.17 pa še največje dnevne vrednosti v posameznem mesecu.

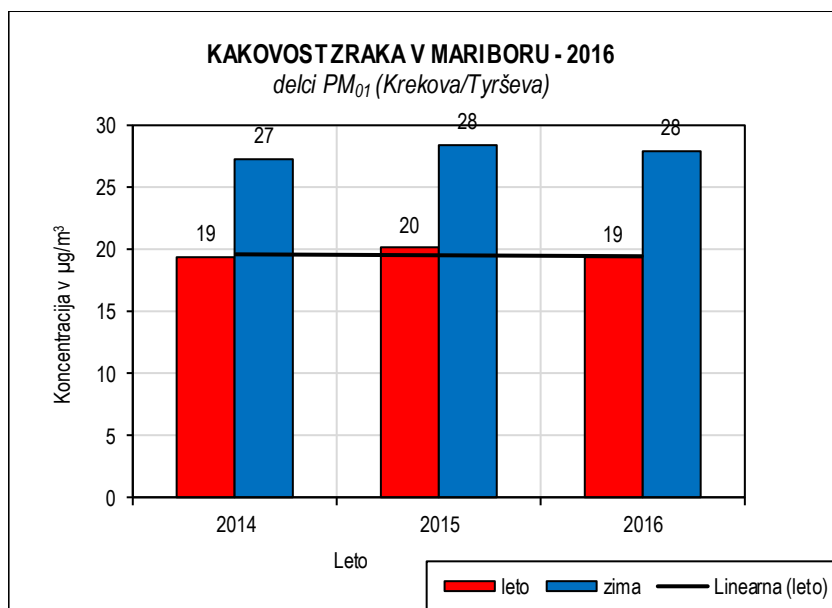


Slika 5.33: Kakovosti zraka z delci PM₀₁, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Tabela 5.17: Srednje mesečne in največje dnevne vrednosti delcev PM₀₁ v µg/m³ v pripadajočih mesecih - *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Mesec	Krekova/Tyrševa	
	mesec	dan
januar	45	97
februar	18	54
marec	20	39
april	12	21
maj	12	31
junij	8	22
julij	10	19
avgust	11	29
september	17	32
oktober	16	36
november	25	54
december	40	79

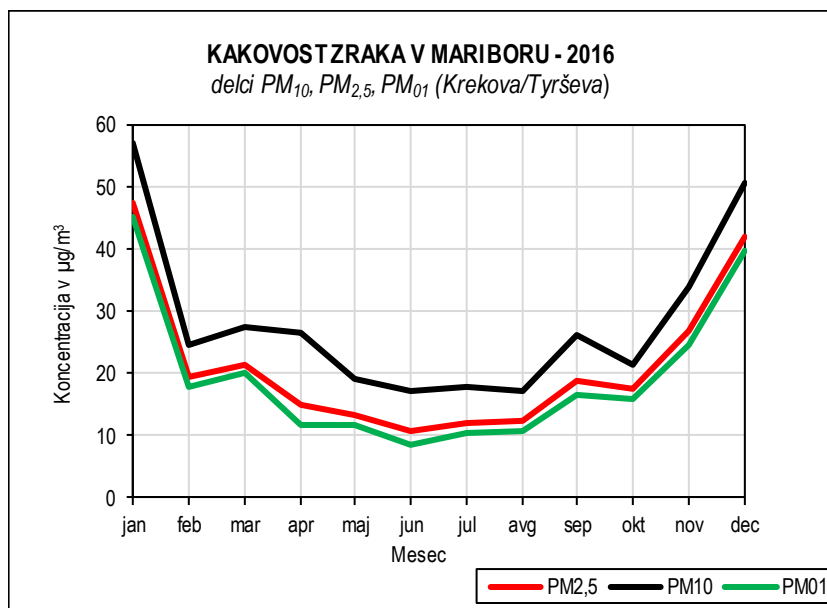
Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM₀₁ na merilnem mestu Krekova/Tyrševa prikazujemo na sliki 5.34.



Slika 5.34: Delci PM₀₁ 2013-2016, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

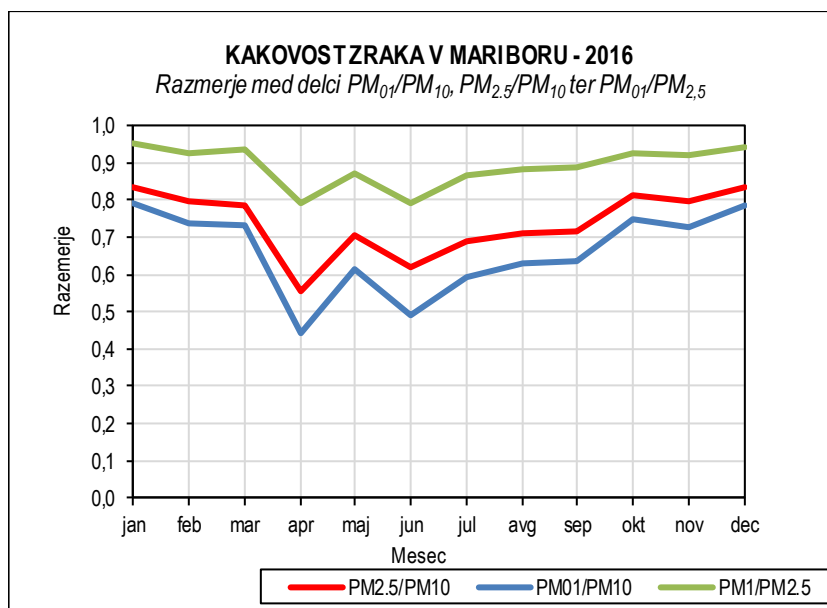
Koncentracije delcev PM₀₁ so bile leta 2016 podobne kot leta pred tem, iz tega razloga je trend nezaznaven.

Obremenjenost z delci PM₀₁ je največja pozimi, do štirikrat višja kot poleti. Zanimiva je tudi primerjava med koncentracijami delcev PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁, kar je prikazano na sliki 5.35.



Slika 5.35: Mesečne koncentracije delcev PM₁₀, PM_{2,5} in PM₀₁, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Zanimiva so tudi razmerja med delci PM₀₁/PM₁₀, PM_{2,5}/PM₁₀ in PM₀₁/PM_{2,5}, ki so prikazana na sliki 5.36.



Slika 5.36: Mesečna razmerja koncentracij delcev PM_{2,5}/PM₁₀, PM₀₁/PM₁₀ in PM₀₁/PM_{2,5}, merilno mesto Krekova/Tyrševa

Delež delcev PM₀₁ v PM₁₀ dosega pozimi do 79 %, poleti pa se spusti do 44 %. Delež PM_{2,5} v PM₁₀ dosega pozimi do 83 %, poleti pa se spusti do 56 %. Delež PM₀₁ v PM_{2,5} pozimi dosega 95 %, poleti pa se spusti do 79 %.

5.3.4 Analize delcev PM₁₀

Analize delcev na policiklične aromatske ogljikovodike in težke kovine v Mariboru potekajo v mestni merilni mreži od leta 1993, najprej v skupnih lebdečih delcih, nato v delcih PM₁₀, merilna mesta so bila različna (Center (Partizanska), Tabor, Vrbanski plato), prav tako metodologija analiz. Od leta 2008 se vse analize izvajajo v državni mreži ARSO v delcih PM₁₀ v Centru.

5.3.4.1 Benzo(a)piren

Meritve vsebnosti policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAO) v delcih PM₁₀, od katerih navajamo le koncentracije benzo(a)pirena, ki ima ciljno vrednost, so potekale na merilnem mestu Center z vzorci iz referenčnega merilnika. V letu 2016 je bilo odvzetih 236 dnevni vzorcev (do sredine aprila vsak dan, po tem datumu vsak drugi dan).

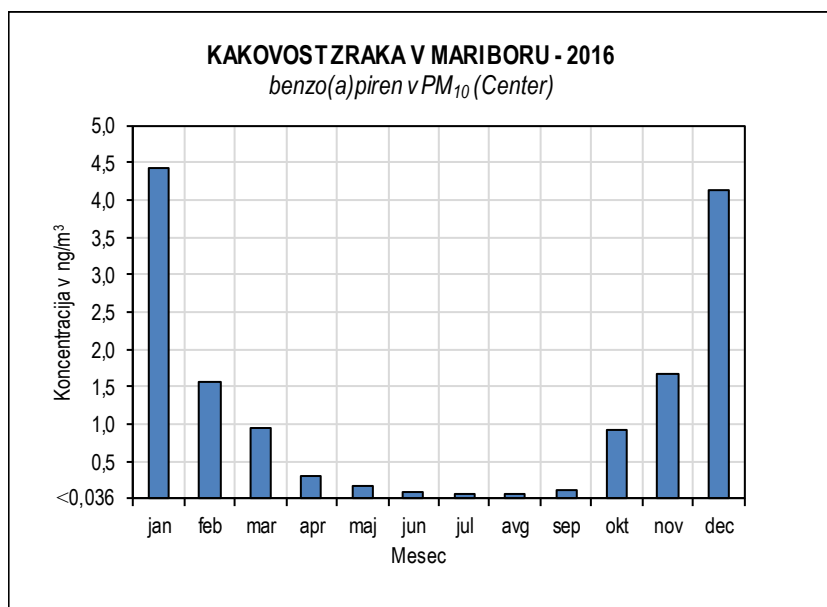
Rezultati meritev za leto 2016 so prikazani kot letna povprečna in največja dnevna vrednost v tabeli 5.18.

Tabela 5.18: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ - merilno mesto Center

Količina	Center (ng/m ³)	Ciljna vrednost (µg/m ³)
Število vzorcev (časovna pokritost)	236 (64 %)	
Letna srednja vrednost	1,4	1
Največja dnevna koncentracija	9,4	

Letna koncentracija benzo(a)pirena v skladu s pravili zaokroževanja /26/ dosega ciljno letno vrednost.

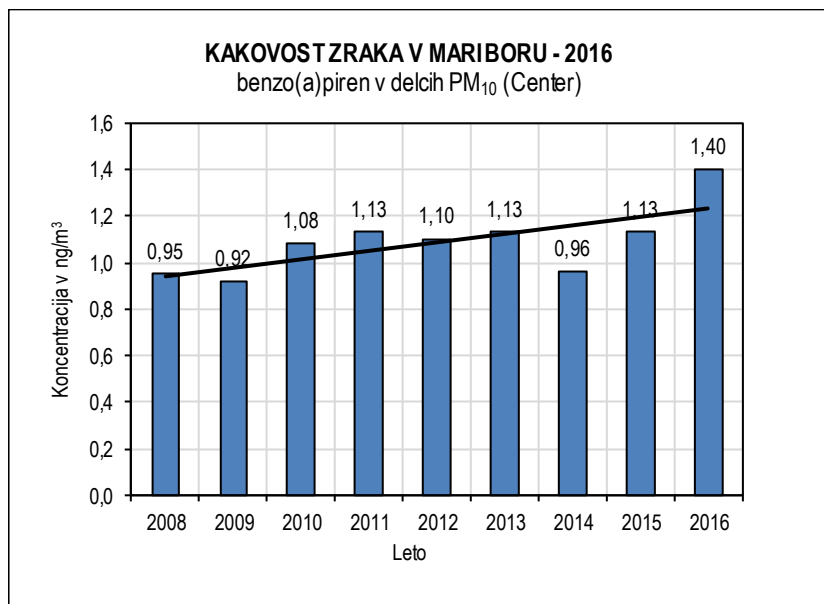
Na sliki 5.37 so srednje mesečne koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ za leto 2016 na merilnem mestu Center.



Slika 5.37: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀, merilno mesto Center

PAO nastajajo pri nepopolnem zgorevanju v kuriščih in prometu, glede na bistveno višje vrednosti pozimi pa so kurišča zagotovo prevladujoči vir. Merilno mesto Center je pozimi precej obremenjeno z benzo(a)pirenom v delcih PM₁₀ in praktično neobremenjeno poleti.

Potek srednjih letnih koncentracij za merilno mesto Center v celotnem dosedanjem merilnem obdobju je prikazan na sliki 5.38.



Slika 5.38: Benzo(a)piren v delcih PM₁₀ 2008-2016, merilno mesto Center

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ v Centru je leta 2016 kot tudi že leta prej dosegala ciljno letno vrednostjo. Trend je usmerjen navzgor.

Dodatno smo izvedli tudi informativne analize na vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ na merilnih mestih Tezno, Radvanje in Ruše. Rezultati kot posamezne dnevne vrednosti in srednja vrednost v času meritev so v tabelah 5.19, 5.20 ter 5.21. Za primerjavo so za isto časovno obdobje dodani rezultati iz merilnega mesta Center.

Tabela 5.19: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ - merilno mesto Tezno

Št.	Datum vzorčenja	Tezno (ng/m ³)	Center (ng/m ³)
1	08.01.2016	12,1	9,4
2	19.01.2016	7,9	5,3
3	20.01.2016	11,0	7,1
4	23.01.2016	11,2	9,0
5	25.01.2016	13,8	9,0
Srednja vrednost:		11,2	8,0

Tabela 5.20: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ – merilno mesto Radvanje

Št.	Datum vzorčenja	Radvanje (ng/m ³)	Maribor Center (ng/m ³)
1	04.12.2016	5,3	3,4
2	06.12.2016	4,6	4,8
3	08.12.2016	6,3	6,4
4	18.12.2016	6,8	6,0
5	24.12.2016	4,2	4,2
Srednja vrednost:		5,4	5,0

Tabela 5.21: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ - merilno mesto Ruše

Št.	Datum vzorčenja	Ruše (ng/m ³)	Maribor Center (ng/m ³)
1	04.12.2016	10,8	3,4
2	08.12.2016	14,3	6,4
3	18.12.2016	9,0	6,0
Srednja vrednost:		11,4	5,3

Rezultati kažejo da so koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ za skoraj vse primerjane dneve na vseh treh merilnih mestih višje kot v Centru (izjema je le merilno mesto Radvanje 06.12., 08.12. in 24.12.2016). Največja razlika je bila med merilnima mestoma Ruše in Center, saj smo v Rušah v povprečju izmerili več kot dvakratne vrednosti kot v Centru. Rezultati kažejo, da je zrak v okolici mestnih središč lahko enako ali celo bolj onesažen z benzo(a)pirenom v delcih PM₁₀, kar bi lahko bila posledica večje uporabe lesne biomase kot energenta.

5.3.4.2 Težke kovine

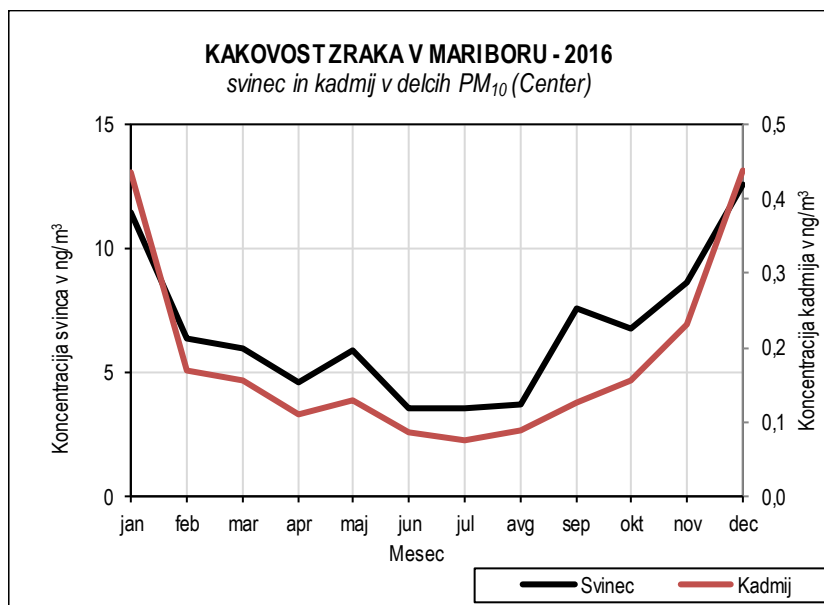
Meritve vsebnosti težkih kovin svinec, kadmij, arzen in nikelj v delcih PM₁₀ so v okviru državne mreže potekale na merilnem mestu Center z vzorci iz referenčnega merilnika. Rezultati meritev, prikazani kot letne povprečne vrednosti in največje izmerjene dnevne vrednosti, so za leto 2016 v tabeli 5.22. Skupno je bilo odvzetih po 243 vzorcev (časovna pokritost podatkov za vsako kovino 66 %; do sredine aprila vsak dan, po tem datumu vsak drugi dan).

Tabela 5.22: Vsebnost težkih kovin v delcih PM₁₀ - merilno mesto Center

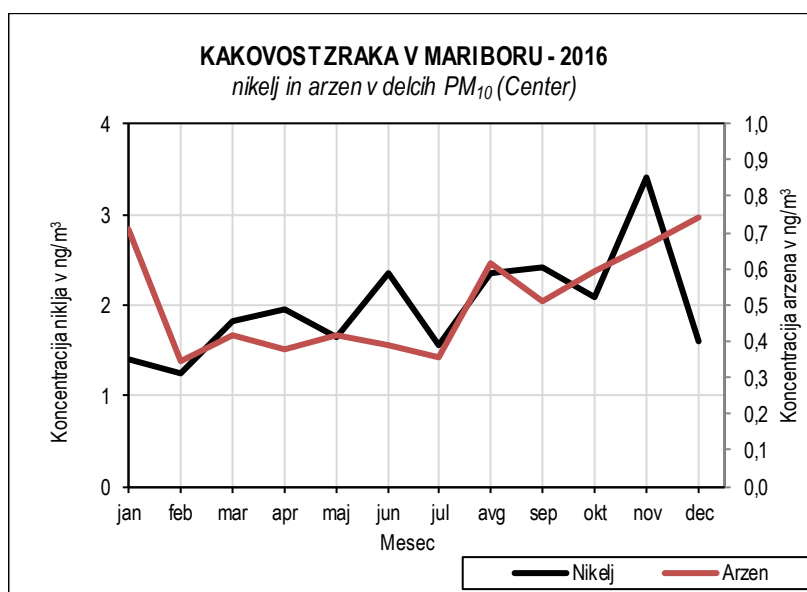
Onesnaževalo	Letno povprečje (ng/m ³)	Največja dnevna koncentracija (ng/m ³)	Ciljna letna vrednost (ng/m ³)
Svinec	7,0	40	500
Nikelj	1,6	9,7	20
Kadmij	0,19	1,3	5,0
Arzen	0,44	2,0	6,0

Srednja letna koncentracija posamezne kovine ni presegala posamezne ciljne letne vrednosti. Srednje letne koncentracije vseh kovin so precej nizke in vse tudi pod spodnjim ocenjevalnim pragom.

Srednje mesečne koncentracije težkih kovin v delcih PM₁₀ so za svinec in kadmij prikazane na sliki 5.39, za nikelj in arzen pa na sliki 5.40, vse za merilno mesto Center in leto 2016.



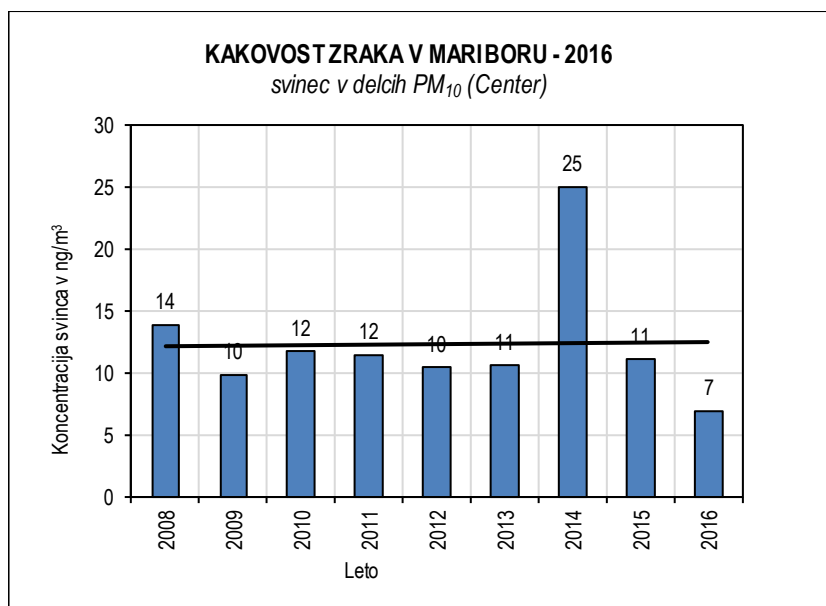
Slika 5.39: Mesečne koncentracije svinca in kadmija v delcih PM₁₀, merilno mesto Center



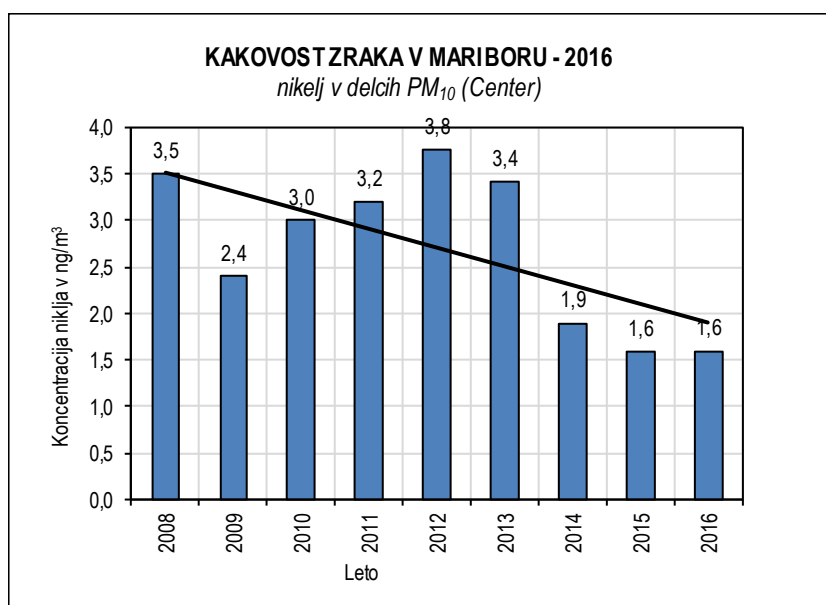
Slika 5.40: Mesečne koncentracije niklja in arzena v delcih PM₁₀, merilno mesto Center

Koncentracije predstavljenih kovin v delcih PM₁₀ v Centru so praviloma višje pozimi kot poleti, čeprav za leto 2016 to ne drži popolnoma za nikelj.

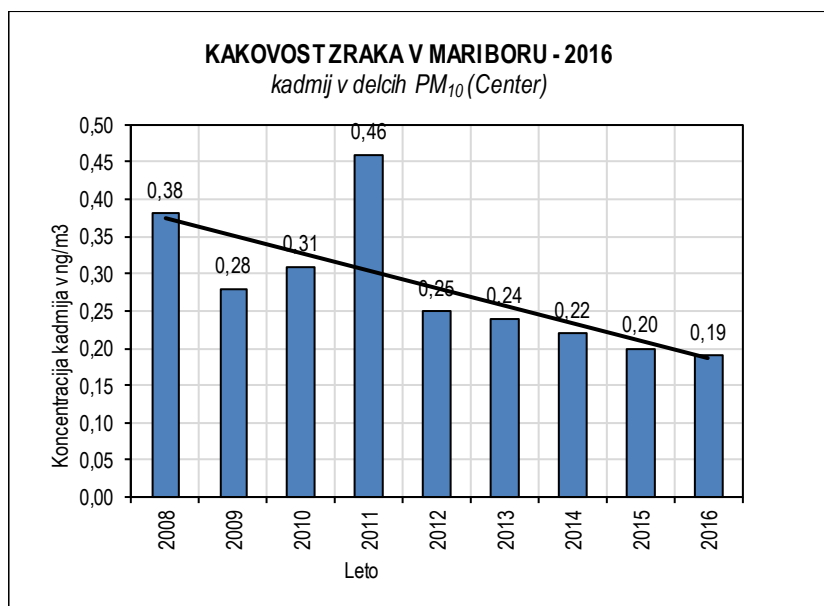
Srednje letne koncentracije v Centru v letih 2008-2016 so za svinec na sliki 5.41, nikelj 5.42, kadmij 5.43 in arzen na sliki 5.44.



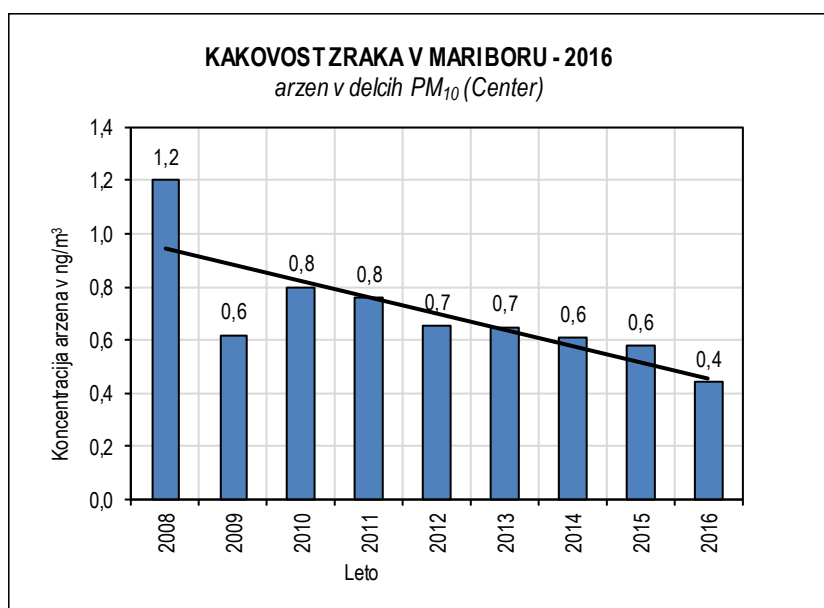
Slika 5.41: Svinec v delcih PM₁₀ 2008-2016, *merilno mesto Center*



Slika 5.42: Nikelj v delcih PM₁₀ 2008-2016, *merilno mesto Center*



Slika 5.43: Kadmij v delcih PM₁₀ 2008-2016, *merilno mesto Center*



Slika 5.44: Arzen v delcih PM₁₀ 2008-2016, *merilno mesto Center*

Že precej časa so koncentracije vseh merjenih kovin v delcih PM₁₀ pod ciljnimi letnimi vrednostmi. Pri kadmiju, arzenu in niklju sta trend usmerjena navzdol, pri svincu pa je trend kljub visoki srednji letni koncentraciji svinca v letu 2014 nezaznaven.

Kot vire težkih kovin lahko navedemo izpušne emisije in obraba zavor v cestnem prometu, industrijo ter kurjenje premoga in kurilnega olja.

5.4 OGLJIKOV MONOKSID

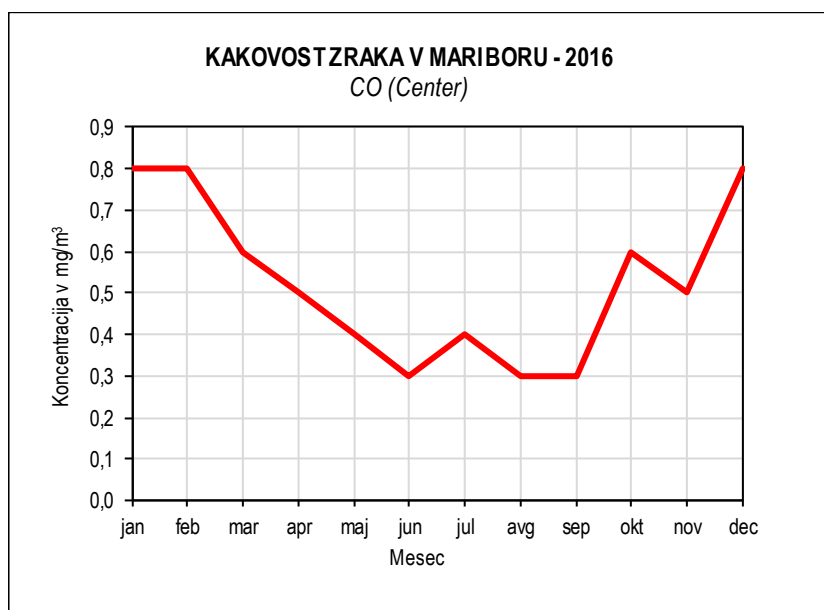
Meritve vsebnosti ogljikovega monoksida v zraku so že potekale med leti 1992 in 1997, ponovno pa so bile vzpostavljene leta 2003, vse v okviru državne merilne mreže v Centru. Rezultati za leto 2016 so v tabeli 5.23.

Tabela 5.23: Kakovost zraka s CO - merilno mesto Center

Količina	Izmerjena koncentracija (mg/m ³)	Mejna vrednost (µg/m ³)
Razpoložljivost urnih podatkov	99 %	
Letna srednja vrednost	0,5	
Zima	0,6	
Poletje	0,3	
C ₈ max	2,2	10
Število preseganj C ₈ mejne	0	

Nobena izmerjena osemurna koncentracija v celotnem koledarskem letu ni presegala mejne osemurne vrednosti.

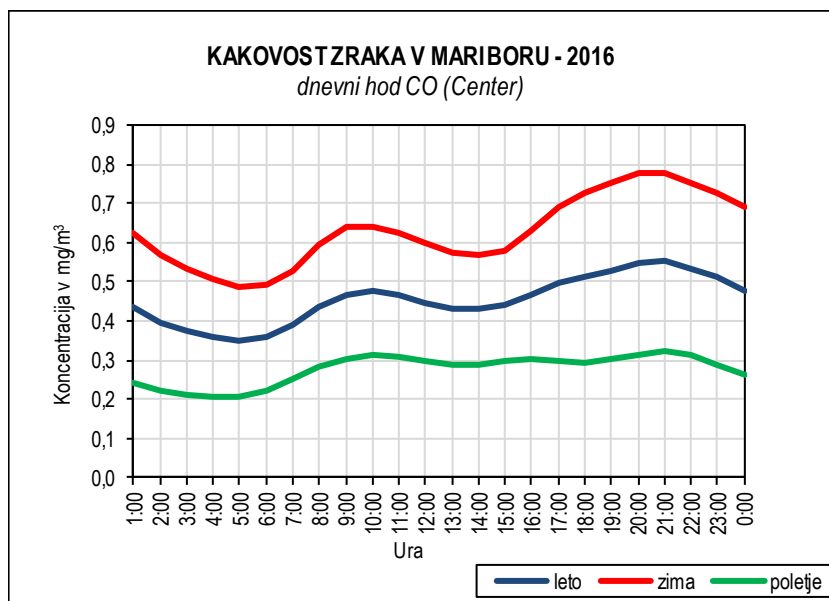
Na sliki 5.45 so srednje mesečne koncentracije CO za merilno mesto Center za leto 2016.



Slika 5.45: Mesečne koncentracije CO, merilno mesto Center

Ogljikovega monoksida je v povprečju dva do tri krat več pozimi kot poleti, kar kaže na prevladujoč vpliv kurišč in drugačnih zgorevalnih razmer v vozilih.

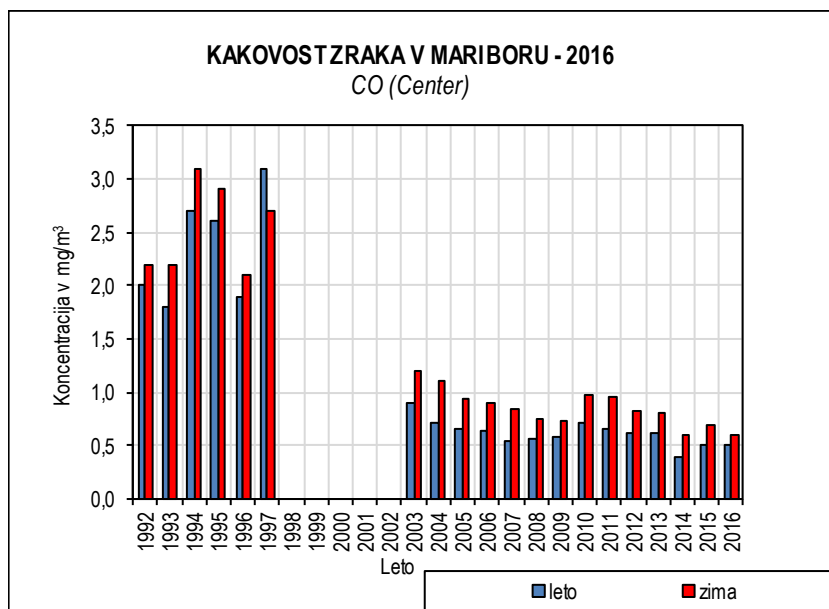
Dnevni hodi koncentracij CO v Centru poleti, pozimi in skozi celotno leto 2016 so na sliki 5.46.



Slika 5.46: Dnevni hodi koncentracij ogljikovega monoksida, *merilno mesto Center*

Dnevni hodi CO kažejo dva podobna vrhova kot ostala onesnaževala, s tem, da sta manj izrazita – predvsem poletna. Jutranji vrh je značilen za jutranje delovanje virov (kurišča in promet), najbolj izrazit je večerni vrh pozimi, medtem ko koncentracije poleti po jutranjem vrhu ostanejo praktično na isti ravni do večera. Verjetno so dnevni hodi tega onesnaževala najbolj povezani z gostoto prometa mimo merilnega mesta, sezonska razlika hodov pa z (ne)obratovanjem kurišč.

Srednje letne in zimske koncentracije so za ogljikov monoksid in merilno mesto Center v letih 1992-2016 prikazane na sliki 5.47.



Slika 5.47: Ogljikov monoksid 1992-2016, *merilno mesto Center*

Kakovost zraka z ogljikovim monoksidom je bila leta 2016 med najnižje doslej izmerjenimi in CO že nekaj let več ne predstavlja pomembnega onesnaževala.

5.5 BENZEN

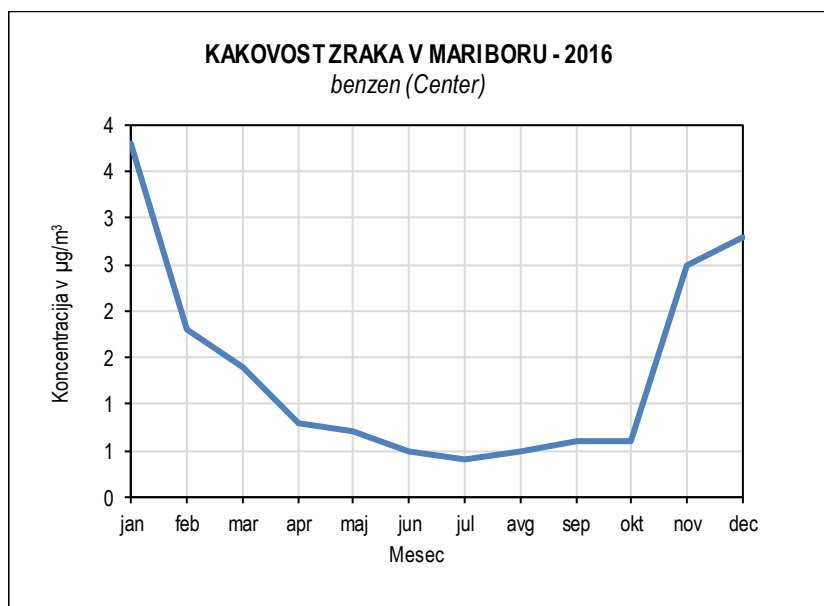
Meritve benzena so vključene v državno mrežo na merilnem mestu Center že od leta 2005. Rezultati za leto 2016 so v tabeli 5.24.

Tabela 5.24: Vsebnost benzena v zraku - *merilno mesto Center*

Količina	Center ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mejna vrednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>Razpoložljivost urnih podatkov</i>	81 %	
<i>Letna srednja vrednost</i>	1,4	5
<i>Zima</i>	2,4	
<i>Poletje</i>	0,6	

Srednja letna vrednost ni presegala mejne letne vrednosti. Manjša razpoložljivost urnih podatkov je posledica okvare merilnika.

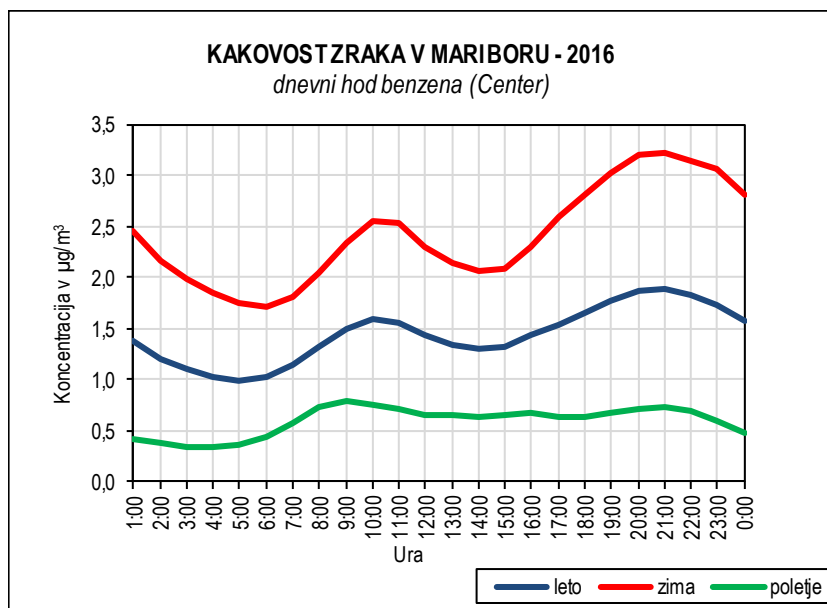
Na sliki 5.48 so srednje mesečne koncentracije benzena za merilno mesto Center za leto 2016.



Slika 5.48: Mesečne koncentracije benzena, *merilno mesto Center*

Koncentracije benzena so bistveno višje pozimi kot poleti, predvidevamo, da so razlogi enaki kot pri ogljikovem monoksidu, s tem, da je za benzen kriv v največji meri promet.

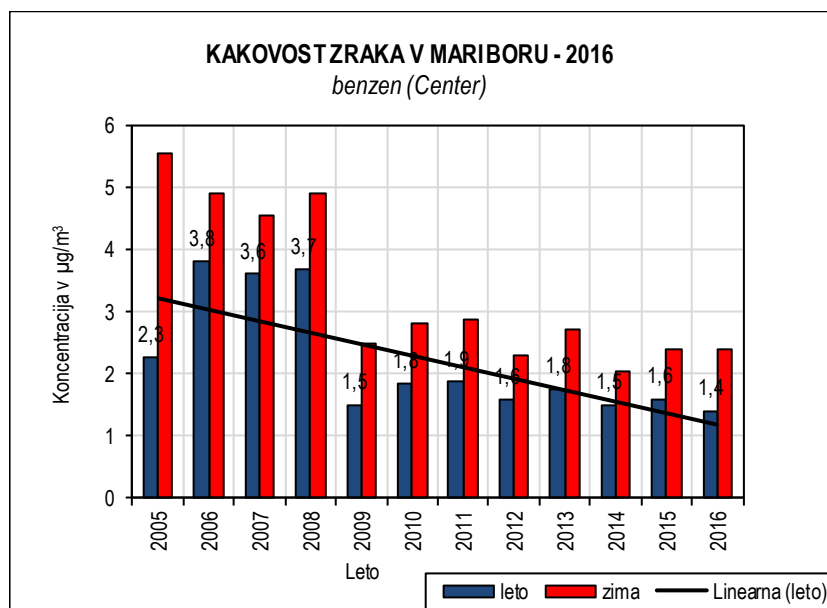
Dnevni hodi koncentracij benzena v Centru so poleti, pozimi in skozi celotno leto 2016 na sliki 5.49.



Slika 5.49: Dnevni hodi koncentracij benzena, merilno mesto Center

Dnevni hod benzena je zelo podoben hodu ogljikovega monoksida.

Uradni, vendar nepopolni rezultati meritev benzena kot srednje letne in zimske koncentracije v zunanjem zraku iz merilnega mesta Center so bili prvič na voljo v letu 2005 in so skupaj z rezultati meritev v letih 2006 do 2016 prikazani na sliki 5.50.



Slika 5.50: Benzen 2005-2016, merilno mesto Center

Rezultati kažejo, da je bila koncentracija benzena leta 2016 najnižja doslej izmerjenima. Trend je še vedno usmerjen navzdol.

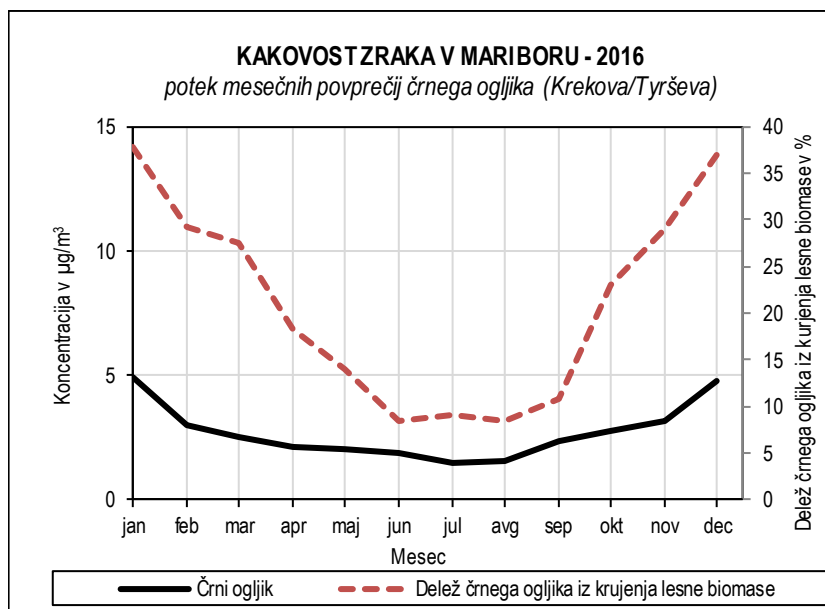
5.6 ČRNI OGLJIK

Meritve črnega ogljika se na merilnem mestu Krekova/Tyrševa izvajajo od decembra 2013. Rezultati za leto 2016 so v tabeli 5.25.

Tabela 5.25: Vsebnost črnega ogljika v zraku - *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Količina	Krekova/Tyrševa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Razpoložljivost urnih podatkov	100 %
Letna srednja vrednost	2,7
Zima	3,5
Poletje	1,9

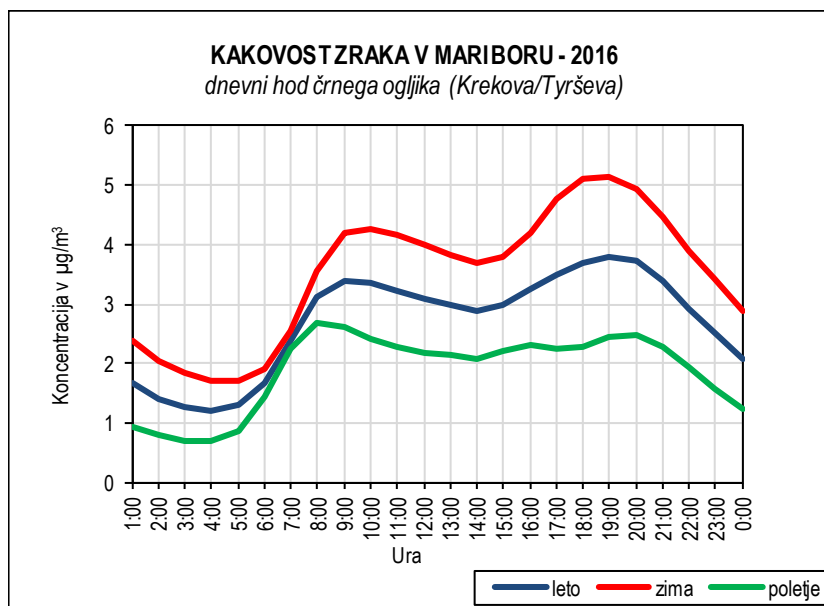
Na sliki 5.51 so srednje mesečne koncentracije črnega ogljika in delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase za merilno mesto Krekova/Tyrševa za leto 2016.



Slika 5.51: Mesečne koncentracije črnega ogljika in delež iz kurjenja lesne biomase, *merilno mesto Center*

Koncentracije črnega ogljika so višje pozimi kot poleti. Delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase pozimi dosega 38 %, poleti pa pade pod 10 %.

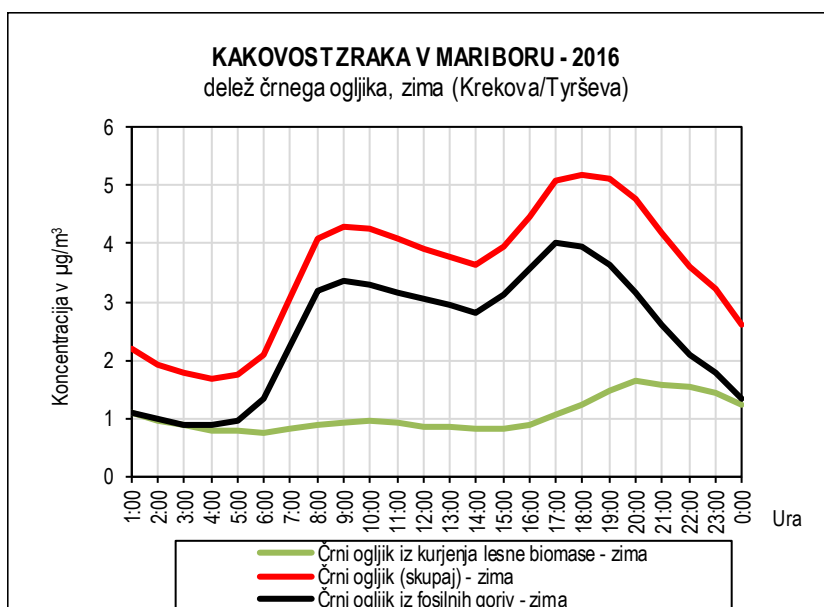
Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika poleti, pozimi in skozi celotno leto 2016 so na sliki 5.52.



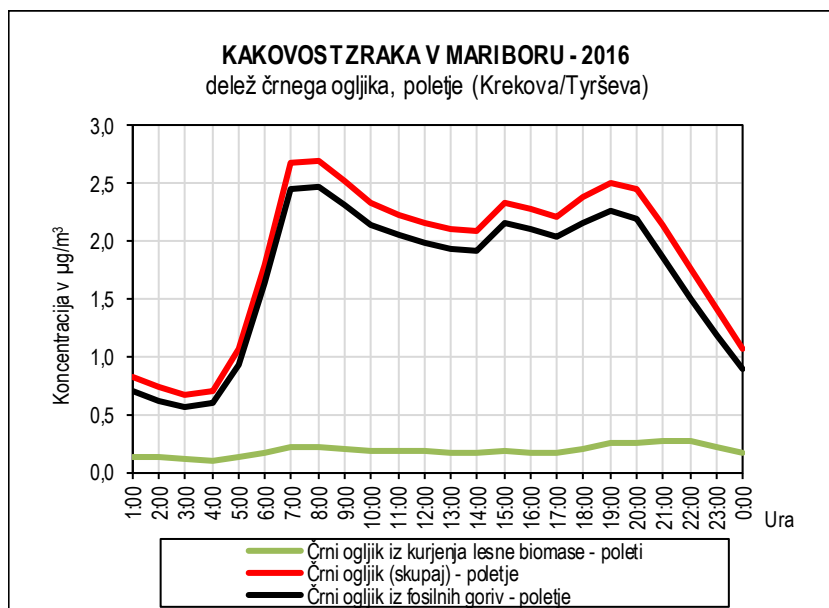
Slika 5.52: Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Dnevni hodi urnih koncentracij črnega ogljika so zelo podobni ostalim onesnaževalom: pozimi in poleti se pojavita dnevno dva vrha, eden zjutraj okrog 9:00 ure, večerni pa okrog 19:00 ure. Pozimi je večerni vrh višji od jutranjega, poleti pa je večerni malenkost nižji kot jutranji.

Na sliki 5.53 so prikazani dnevni hodi skupne količine črnega ogljika, črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv in črnega ogljika iz kurjenje lesne biomase pozimi in enako na sliki 5.54 poleti.



Slika 5.53: Dnevni hodi koncentracij črnega ogljika iz fosilnih goriv in lesne biomase, pozimi, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

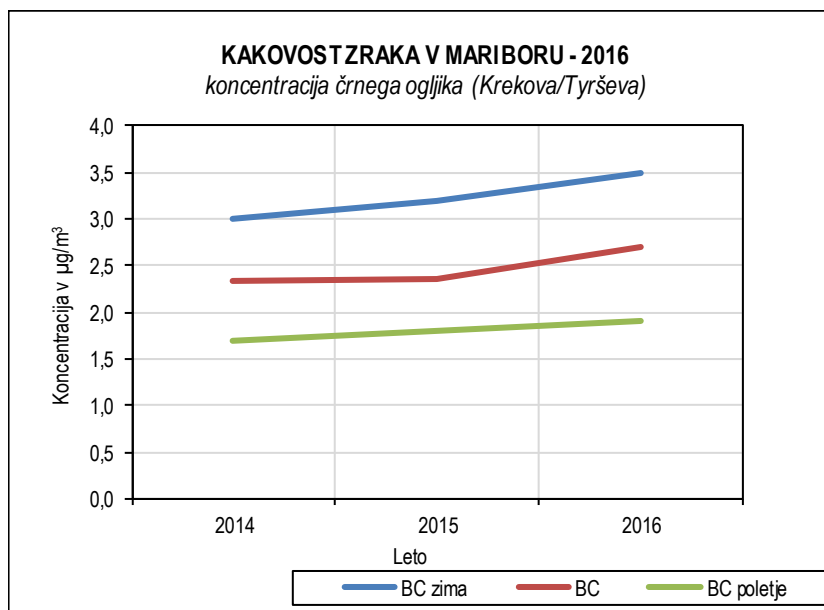


Slika 5.54: Dnevni hod koncentracij črnega ogljika iz fosilnih goriv in lesne biomase, poleti, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

Iz slik 5.53 in 5.54 se vidi, da je pozimi in poleti na merilnem mestu Krekova/Tyrševa prevladujoč vir črnega ogljika kurjenje fosilnih goriv, pozimi se delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase v nočnem času zelo približa deležu iz naslova kurjenja fosilnih goriv. Pozimi v večernih urah je črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase do 6 krat več kot poleti.

Koncentracija črnega ogljika je bila v letu 2016 glede na 2015 višja, več smo ga izmerili pozimi kakor tudi poleti. Delež črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase (23 %) in delež črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv (7%) sta v letu 2016 ostala na enaki ravni kot leta 2015.

Na sliki 5.55 so prikazane koncentracije skupnega črnega ogljika, črnega ogljika iz naslova kurjenja lesne biomase in črnega ogljika iz naslova kurjenja fosilnih goriv za obdobje 2014-2016. Trend koncentracij črnega ogljika je usmerjen navzgor, v zimskem času je ta trend bolj strm kot v poletnem.



Slika 5.55: Večletni pregled koncentracij skupnega črnega ogljika in črnega ogljika iz naslova fosilnih goriv in lesne biomase, *merilno mesto Krekova/Tyrševa*

5.7 METEOROLOŠKI PARAMETRI

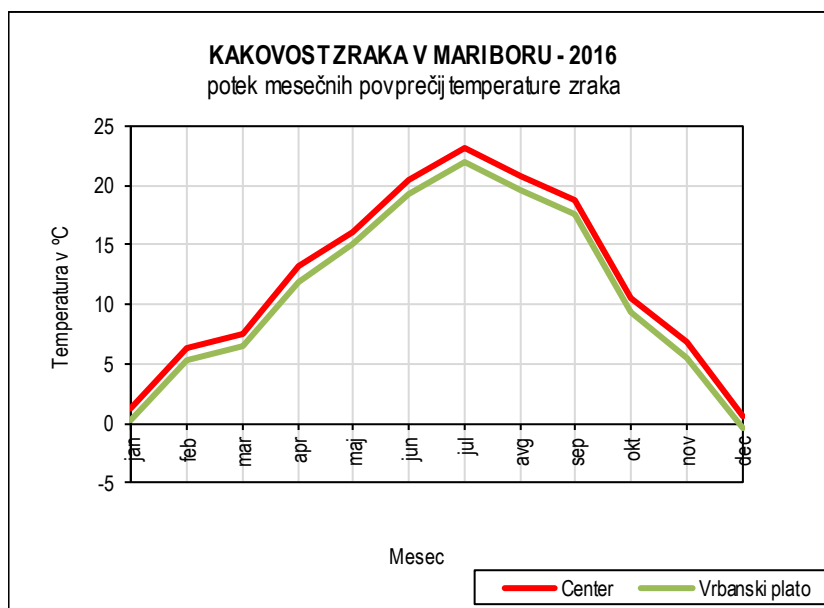
5.7.1 Temperatura zraka

Za pravilno razumevanje kakovosti zunanjega zraka je pomembno poznavanje njegove temperature v obravnavanem obdobju, saj temperatura v povezavi z drugimi meteorološkimi faktorji vpliva na procese v atmosferi in s tem tudi na kakovost zraka. Meritve temperature zraka potekajo v Centru (DMKZ) že od leta 1997, na Vrbanskem platoju pa so bile prve popolne meritve šele leta 2012.

Srednje mesečne temperature zraka za leto 2016 na merilnih mestih Center in Vrbanski plato so v tabeli 5.26 in na sliki 5.56. Na obeh merilnih mestih je bilo razpoložljivih 100 % urnih podatkov.

Tabela 5.26: Srednje mesečne temperature zraka - merilni mesti Center in Vrbanski plato

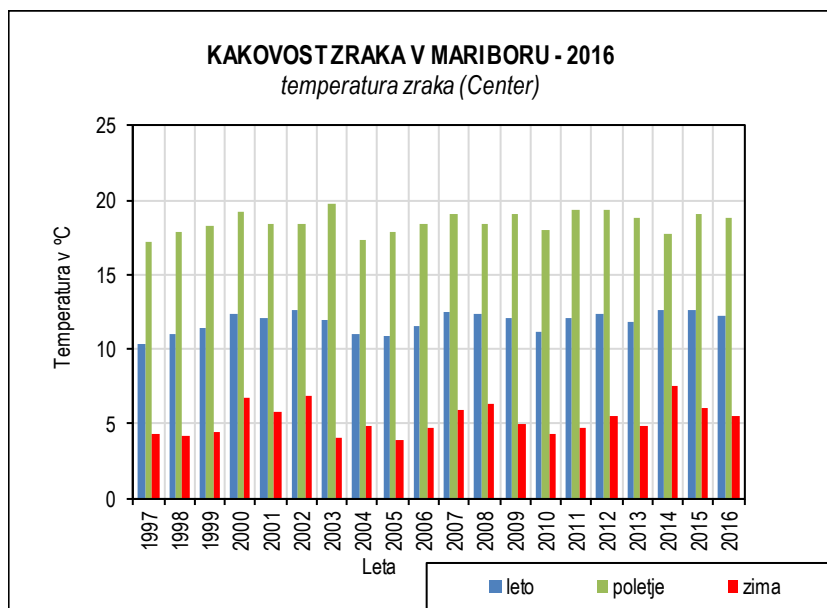
Mesec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	Srednja letna
<i>Center</i>	1,3	6,3	7,5	13,2	16,1	20,4	23,1	20,7	18,8	10,5	6,7	0,7	12,2
<i>Vrbanski plato</i>	0,3	5,3	6,5	11,8	15,1	19,3	21,9	19,5	17,6	9,4	5,5	-0,3	11,0



Slika 5.56: Mesečne temperature zraka, merilni mesti Center in Vrbanski plato

Temperatura zraka je bila praktično v vseh mesecih preteklega leta v Centru višja kot na Vrbanskem platoju, razlika je v povprečju 1,2 °C.

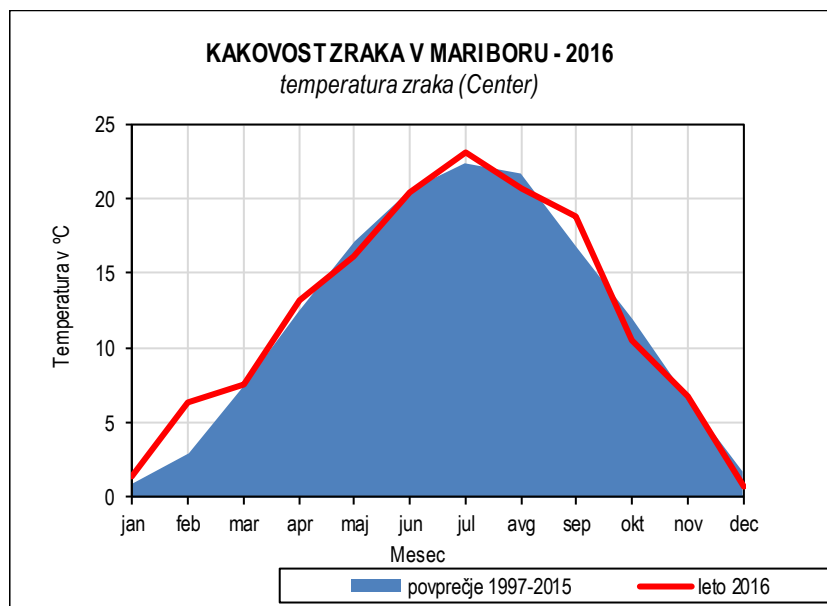
Tudi meritve temperature zraka potekajo že precej dolgo, tako da lahko opazujemo letne trende. Na sliki 5.57 prikazujemo srednjo letno temperaturo zraka ter temperaturo pozimi in poleti v letih 1997 do 2016 v Centru.



Slika 5.57: Temperatura zraka 1997-2016, merilno mesto Center

Srednja letna temperatura zraka je bila v letu 2016 nadpovprečna in za 0,4 °C višja od povprečja let 1997-2015.

Odstopanje srednjih mesečnih vrednosti za leto 2016 od dolgoletnega povprečja v obdobju 1997–2015 je prikazano na sliki 5.58.



Slika 5.58: Odstopanje mesečne temperature zraka v letu 2016 od povprečja 1997-2015, merilno mesto Center

Srednja mesečna temperatura v letu 2016 je bila višja od povprečja 1997-2015 v mesecih januar, februar, april, julij in september.

5.7.2 Smer in hitrost vetra

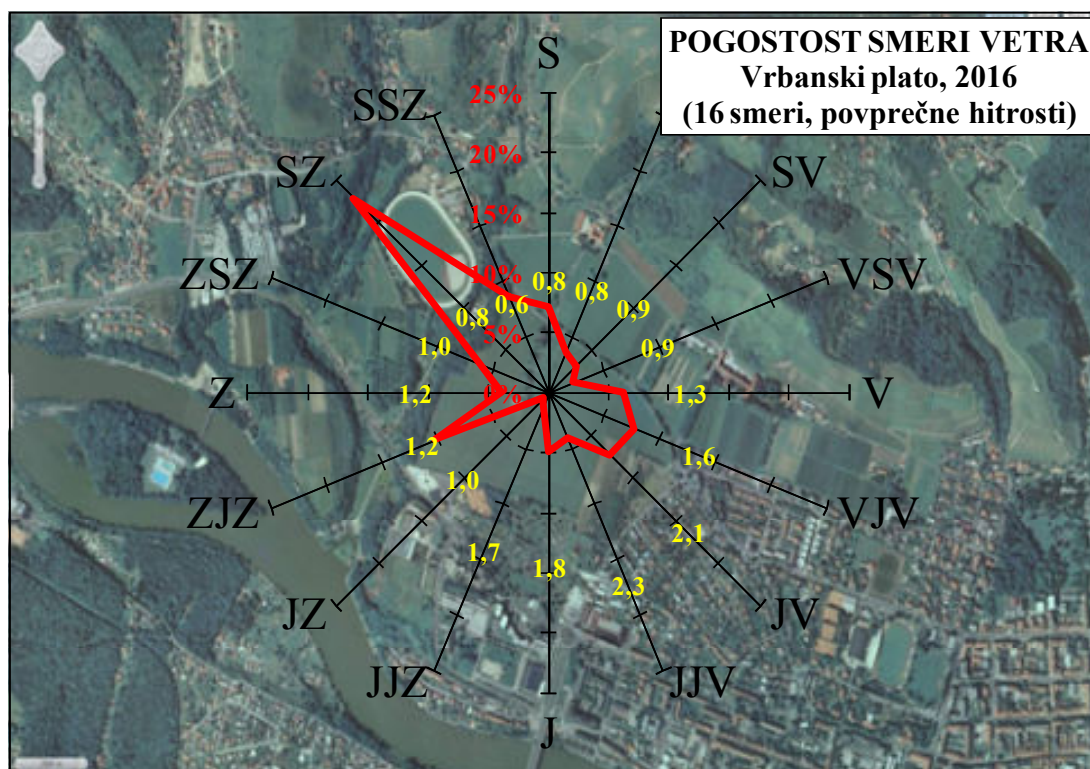
Na merilnem mestu Vrbanski plato sta se ugotavljala tudi smer in hitrost vetra. V tabeli 5.27 so prikazani razpoložljivost polurnih podatkov ter povprečna in največja polurna hitrost vetra za posamezne mesece in za celotno koledarsko leto. V tabeli 5.28 pa sta pogostost pojavljanja določene smeri vetra v koledarskem letu in povprečna hitrost vetra pri tej smeri. Na sliki 5.59 je roža vetrov za leto 2016 za merilno mesto Vrbanski plato skupaj s povprečnimi hitrostmi vetra iz posamezne smeri.

Tabela 5.27: Razpoložljivost polurnih podatkov, povprečna in največja polurna hitrost vetra

Mesec	Razpoložljivost polurnih podatkov (%)	Povprečna hitrost vetra (m/s)	Največja hitrost vetra (m/s)
januar	100	1,0	5,2
februar	100	1,3	6,7
marec	98	1,2	4,8
april	100	1,4	5,2
maj	100	1,3	5,3
junij	98	1,2	4,8
julij	99	1,4	5,4
avgust	98	1,2	4,5
september	98	1,0	4,4
oktober	98	0,9	4,4
november	98	1,1	5,1
december	98	0,9	3,5
skupaj	99	1,2	6,7

Tabela 5.28: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečna hitrost po smereh

Smer	Pogostost pojavljanja smeri vetra (%)	Povprečna hitrost vetra (m/s)
S	7	0,8
SSV	4	0,8
SV	3	0,9
VSV	2	0,9
V	6	1,3
VJV	8	1,6
JV	7	2,1
JJV	4	2,3
J	5	1,8
JJZ	1	1,7
JZ	1	1,0
ZJZ	10	1,2
Z	4	1,2
ZSZ	6	1,0
SZ	23	0,8
SSZ	9	0,6



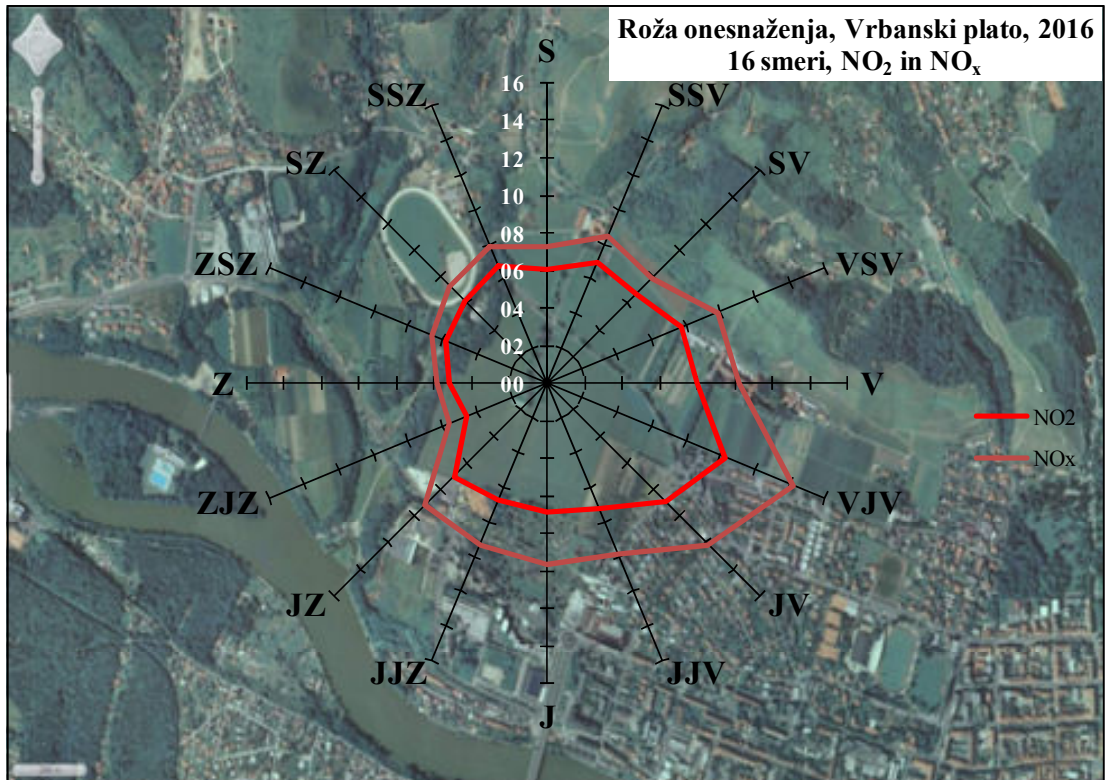
Slika 5.59: Pogostost pojavljanja smeri vetra in povprečne hitrosti po smereh, leto 2016, *merilno mesto Vrbanski plato*

Najpogostejša smer vetra je SZ, ki se pojavlja 23 % časa v letu. Skupno je veter iz IV. kvadranta (Z – SSZ) pihal 42 % časa, sledi II. kvadrant (V – JJV) s 25 %, veter iz ostalih dveh kvadrantov pa je skupno pihal eno tretjino leta.

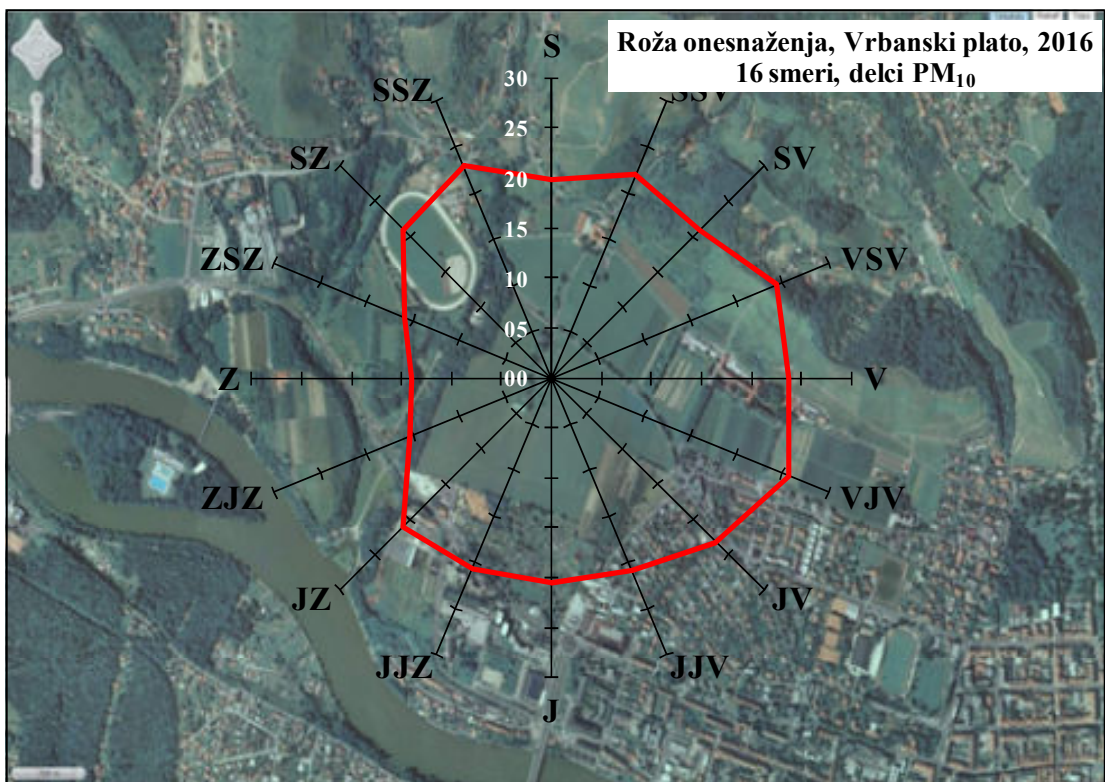
5.7.3 Rože kakovosti zunanjega zraka

Na podlagi meritev smeri vetra lahko ugotovljamo, od kod najbolj pogosto prihaja z onesnaževali obremenjen zunanji zrak. Za Vrbanski plato so za leto 2016 pripravljene rože kakovosti zunanjega zraka, ki prikazujejo povprečne koncentracije posameznega onesnaževala pri določeni smeri vetra: slika 5.60 za dušikove okside in dušikov dioksid ter slika 5.61 za delce PM₁₀. Rože kakovosti zunanjega zraka so predstavljene samo za neprekinjene meritve na merilnem mestu Vrbanski plato.

Kot je razvidno iz spodnjih slik, v neposredni okolici merilnega mesta ni nobenega vplivnega vira, ki bi lokalno poviševal koncentracije merjenih onesnaževal. Največje koncentracije dušikovih oksidov prihajajo iz smeri mesta (VJV, JV), pri delcih pa največje koncentracije prihajajo iz smeri SSV-JV, kar tudi sovпада s smerjo večje gostote poselitve (središče mesta).



Slika 5.60: Roža kakovosti zraka za NO_x in NO_2 v letu 2016, merilno mesto Vrbanski plato



Slika 5.61: Roža kakovosti zraka za delce PM_{10} v letu 2016, merilno mesto Vrbanski plato

6 ZNAČILNOSTI

6.1 MOŽNI VPLIVI KAKOVOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI

Čist zrak se smatra kot osnovni pogoj za zagotavljanje zdravja in dobrega počutja ljudi. O slabši kakovosti zunanjega zraka na območju poselitve ali drugem območju govorimo, če raven najmanj enega onesnaževala presega mejno vrednost ali dovoljeno število preseganj mejne vrednosti. Mejne vrednosti za varovanje zdravja za posamezna onesnaževala so določene z zakonodajo in podrobneje predstavljene v poglavju Zakonski okvir.

Slabša kakovost zunanjega zraka predstavlja pomembno grožnjo zdravju ljudi povsod po svetu, zato je Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) na podlagi številnih opravljenih študij izdala prva priporočila za kvaliteto zraka, z namenom zmanjšati vpliv onesnaževal na zdravje ljudi, že leta 1987. Priporočila so bila kasneje večkrat dopolnjena v skladu z novimi znanstvenimi spoznanji. Glede na to, da študije niso uspeli opredeliti varne meje kakovosti zunanjega zraka, ki ne bi povzročala škodljivih učinkov na zdravje ljudi, mejne in ciljne vrednosti ne zagotavljajo popolne zaščite zdravja ljudi. Zadnje splošne smernice so iz leta 2000 /20/, ki so jih leta 2005 /11/ obnovili za najpomembnejša onesnaževala (delci, ozon, dušikov dioksid in žveplov dioksid). Od izdaje smernic so prišli do precej novih znanstvenih spoznanj glede vplivov kakovosti zraka na zdravje ljudi, kar so povzeli v študiji /18/. Smernice kakovosti zunanjega zraka SZO so prikazane v naslednji tabeli.

Tabela 6.1: Smernice kakovosti zraka SZO /11/ in /20/

Onesnaževalo	Enota	Kratkotrajna vrednost	Dnevna vrednost	Letna vrednost
žveplov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	500*	20	
dušikov dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200**		40
ozon	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100***		
delci PM ₁₀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		50	20
delci PM _{2,5}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		25	10
ogljikov monoksid	mg/m^3	10***		
svinec	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			0,5
kadmij	ng/m^3			5

* 10-minutna vrednost

** urna vrednost

*** osemurna vrednost

Kot lahko razberemo iz primerjave zgornjih vrednosti in mejnih vrednosti po naši zakonodaji (tabela 4.1), se vrednosti pri dušikovem dioksidu, ogljikovem monoksidu, svincu in kadmiju ujemajo, pri delcih PM₁₀ in PM_{2,5} pa SZO predlaga strožje vrednosti.

Za benzen, benzo(a)piren oziroma policiklične aromatske ogljikovodike, arzen in nikelj ciljna vrednost temelji na njihovem rakotvornem tveganju.

Koncentracije **delcev PM₁₀** so bile nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah SZO 20 µg/m³ na merilnih mestih Center, Krekova/Tyrševa, Miklavž, Tezno, Radvanje in Ruše.

Koncentracije **delcev PM_{2,5}** so bile na vseh treh merilnih mestih nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah SZO. Tudi dnevne koncentracije so bile občasno nad priporočeno dnevno vrednostjo.

Škodljivi učinki na zdravje ljudi zaradi visokih koncentracij delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, ki so še bolj škodljivi kot delci PM₁₀, saj prodrejo globlje v respiratorni sistem, se pojavljajo že pri koncentracijah, ki jim je izpostavljeno prebivalstvo v mestih, tako v razvitih kakor tudi v nerazvitih državah. Spekter njihovih škodljivih učinkov je širok, prevladujejo učinki na respiratorni in kardiovaskularni sistem. Prizadeta je vsa populacija, dovzetnost variira s starostjo in splošnim zdravstvenim stanjem. Tudi novejša študije potrjujejo zaključke znanstvenih ugotovitev o negativnih vplivih na zdravje ljudi zaradi kratkotrajne in dolgotrajne izpostavljenosti delcem PM_{2,5}. Zato bo potrebno posodobiti sedanje smernice SZO, saj rezultati kažejo povezavo med delci in umrljivostjo pri koncentracijah, ki so precej nižje od sedanje smernice za delce PM_{2,5}, zaradi česar se podpira uvedba dodatne 24 urne mejne vrednosti. V odsotnosti mejnih vrednosti in v oziru koristi za javno zdravje je potrebno poudariti, da bodo posledice kakršnega koli znižanja koncentracij delcev PM_{2,5} in tudi PM₁₀ pozitivne, ne glede na to, ali so trenutne vrednosti nad ali pod mejnimi vrednostmi.

Novi dokazi povezujejo **črni ogljik** (BC) s kardiovaskularnimi učinki in prezgodnjo umrljivostjo tako za kratkotrajno (24 h) kot dolgotrajno (letno) izpostavljenost. Podatki o koncentracijah črnega ogljika so dodatno merilo kakovosti zraka za oceno tveganja glede vpliva primarnih izgorevalnih delcev iz prometa (vključno z organskimi delci, ki niso v celoti vključeni v masi delcev PM_{2,5}).

Vsebnost **ozona** v zraku se ugotavlja na merilnih mestih Pohorje in Vrbanski plato. Največja osemurna koncentracija je bila na Pohorju 131 µg/m³ in Vrbanskem platoju 129 µg/m³, kar kaže na prekoračitve vrednosti iz smernic SZO, ki je 100 µg/m³. Ta vrednost je bila presežena na Pohorju v 90 dneh in na Vrbanskem platoju v 87 dneh. Škodljivost ozona se povečuje z višanjem koncentracije, podaljševanjem časa izpostavljenosti in povečevanjem fizične aktivnosti. Akutni učinki povišanih koncentracij ozona se kažejo z respiratornimi simptomi, slabšanjem pljučne funkcije, povečanjem bronhialne odzivnosti in vnetjem dihalnih poti. Pri izmerjenih največjih osemurnih vrednostih je verjetnost pojava škodljivih učinkov ozona na zdravje ljudi majhna, vendar reverzibilnih sprememb pljučne funkcije pri občutljivih posameznikih ne moremo izključiti, verjetnost za to je večja na Pohorju kot na Vrbanskem platoju.

Za ozon ugotavljajo, da njegova škodljivost ni posledica samo kratkotrajne, ampak tudi dolgotrajne (meseči do leta) izpostavljenosti. Zato bi bilo potrebno vzpostaviti tudi dolgotrajno (mogoče poletno) mejno vrednost. Za dodatno ugotavljanje kratkotrajnega vpliva ozona na zdravje ljudi se predlaga uporaba dveh dodatnih parametrov (SOMO35 in SOMO10).

Merjene so bile tudi koncentracije **dušikovega dioksida**. Največja urna koncentracija v Centru je znašala 135 µg/m³, kar pomeni, da vrednost iz smernice SZO ni bila presežena, povprečna letna koncentracija je bila 27 µg/m³, kar je tudi pod vrednostjo iz smernic SZO. Na Vrbanskem platoju so bile izmerjene precej nižje koncentracije kot v Centru, seveda pod vrednostmi smernic SZO. Na povišane vrednosti dušikovega dioksida v zraku so posebej občutljivi astmatiki. V Mariboru je škodljiv vpliv na zdravje ljudi glede na izmerjene vrednosti manj verjeten in še to le v Centru oziroma ob pomembnejših prometnicah.

Za dušikov dioksid ugotavljajo, da kratkotrajne in dolgotrajne vrednosti iz smernic kot tudi iz naše zakonodaje ne bi bilo potrebno zaostrovati, prav tako tudi ne spreminjati časovnega okvira priporočil (na primer dodati 24 urno vrednost). Ugotovljen je neposreden vpliv NO₂ na zdravje ljudi pri kratkotrajnih visokih koncentracijah, ki pa se v Mariboru glede na izmerjene vrednosti ne pojavljajo.

Za **dušikove okside** SZO ne predpisuje mejnih vrednosti, zato ni mogoče ocenjevati njihove zdravstvene škodljivosti.

Izmerjene koncentracije **ogljikovega monoksida** na merilnem mestu Center so bile nizke, tako da ne pričakujemo škodljivih učinkov tega onesnaževala na zdravje ljudi.

Najbolj značilni škodljivi učinki dolgotrajne izpostavljenosti povišanim koncentracijam **benzena** v zraku so hematotoksičnost, genotoksičnost in rakotvornost. Kronična izpostavljenost benzenu lahko povzroči depresijo kostnega mozga s posledično leukopenijo, anemijo in/ali trombocitopenijo, kar vodi v pancitopenijo in aplastično anemijo. Hematološke učinke benzena so opazovali zlasti pri delavcih, izpostavljenih visokim koncentracijam benzena, zmanjšanje števila rdečih in belih krvničk se je pojavljalo pri povprečnih koncentracijah 120 mg/m³. Pri koncentracijah pod 32 mg/m³ ni bilo tovrstnih škodljivih učinkov benzena. Dokazana je bila genotoksičnost in mutagenost benzena in vivo tako pri živalih kot tudi pri ljudeh in sicer so se pojavljale kromosomske aberacije pri delavcih izpostavljenih povprečnim koncentracijam 4 – 7 mg/m³. Rakotvornost benzena je bila dokazana pri ljudeh in živalih. IARC uvršča benzen v skupino I kancerogenih snovi, kot rakotvoren za ljudi, zato ne moremo postaviti povsem varne mejne vrednosti, pri kateri ni pričakovati škodljivih učinkov za zdravje ljudi. Glede na izmerjene povprečne koncentracije benzena hematotoksični, genotoksični in mutageni učinki benzena pri ljudeh niso verjetni, ne moremo pa izključiti rakotvornih učinkov benzena pri dolgotrajni izpostavljenosti, saj glede le-teh varne mejne vrednosti ni.

Za **arzen in nikelj** ni zadostnih dodatnih novih spoznanj, ki bi vplivali na spreminjanje trenutno veljavne ciljne vrednosti. Četudi ciljna vrednost za **kadmij** ni presežena, to ne zmanjšuje možnosti naraščanja vsebnosti te kovine v zemlji zaradi odlaganja iz zraka. Zato je možen dodaten vpliv na zdravje ljudi, kar je potrebno upoštevati pri nadaljnjih študijah. Tudi za **svinec** obstajajo nove študije vpliva na centralni živčni sistem pri otrocih in na srčno žilni sistem pri odraslih pri koncentracijah okoli ciljne vrednosti. To bi zahtevalo revizijo ciljne vrednosti, kar pa ne bi imelo posebnega vpliva na zdravja ljudi v Mariboru, saj so izmerjene koncentracije daleč pod ciljno vrednostjo, kar velja tudi za ostale kovine.

Nekateri **policiklični aromatski ogljikovodiki**, ki so pogosto vezani na delce v zraku, so potencialno rakotvorni. Sicer so ugotovili nekaj novih povezav med PAO in zdravstveno škodljivostjo, vendar je te vplive težko ločiti od vplivov delcev. Zaradi zmanjšanja škodljivega vpliva na zdravja ljudi bi v zunanjem zraku v Mariboru bilo potrebno zniževati koncentracije tega onesnaževala.

Žveplovega dioksida v tem poročilu sicer ne omenjamo, meritve v preteklih letih v Mariboru pa so pokazale, da tudi vrednosti iz smernic SZO niso bile presežene, iz česar lahko zaključimo, da je vpliv tega onesnaževala na zdravje ljudi malo verjeten.

Na zdravje ljudi, ki živijo neposredno ob prometnih cestah, vpliva promet s svojimi emisijami, vendar je težko razločiti med vrsto onesnaževala oziroma njihovo mešanico, ki bi bili odgovorni za to škodljivost, predvsem kadar gre za dolgotrajnejšo izpostavljenost. Vendar iz zdravstvenih študij izhaja, da je zelo malo dokazov, da bi se mešanica različnih onesnaževal izkazala kot pomembnejša pri vplivih na zdravje ljudi (sinergija), kot bi pričakovali zaradi vpliva posameznega onesnaževala. Razlogi za to so različni, od pomanjkanja podatkov in metodoloških omejitev ter zmernih do visokih korelacij med posameznimi onesnaževali. Pri vplivu onesnaževal na zdravje ljudi ne smemo pozabiti vplivov iz delovnega okolja, bivalnih prostorov, notranjosti javnih in osebnih prevoznih sredstev ter prisotnosti pasivne ali aktivne izpostavljenosti tobačnemu dimu zaradi kajenja.

7 SKLEPNE UGOTOVITVE

V skladu z *Uredbo o kakovosti zunanjega zraka* je območje mestne občine Maribor aglomeracija z oznako SIM. Okoliške občine, med katerimi so tudi Hoče – Slivnica, Ruše in Miklavž na Dravskem polju, so v celinskem območju z oznako SIC (glede na žveplov dioksid, dušikov dioksid, dušikove okside, delce PM₁₀ in PM_{2,5}, benzen, ogljikov monoksid, benzo(a)piren) oziroma v območju težkih kovin SITK (glede na svinec, arzen, kadmij in nikelj). Stopnje onesnaženosti zraka in ravni onesnaževal v zunanjem zraku določa *Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka*. Ravni onesnaževal v zraku glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag so v tabeli 7.1.

Tabela 7.1: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku po Odredbi glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	arzen	kadmij	nikelj	b(a)p
SIM	1	3		3	3	1	1	1	1	1	1	3
SIC	1	2	2	3	3		1	1				3
SITK						1			1	1	1	

Legenda:

- 1 pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- 2 med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
- 3 nad zgornjim ocenjevalnim pragom

Glede na v tem poročilu predstavljeno kakovost zraka v letu 2016 in preteklih letih so ravni onesnaževal glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag na območju SIC (merilna mesta Pohorje, Ruše in Miklavž) in aglomeraciji SIM (merilna mesta Center, Vrbanski plato, Radvanje, Tezno in Krekova/Tyrševa) predstavljene v tabeli 7.2. Preseganje zgornjega in spodnjega ocenjevalnega praga je določeno na podlagi koncentracij v preteklih petih letih - če pa ni bilo dovolj podatkov, smo uporabili krajša obdobja.

Tabela 7.2: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku v letu 2016 glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃	arzen	kadmij	nikelj	b(a)p
Center	/	3	*	3	3	1	1	1		1	1	1	3
Krekova/Tyrševa	/	/	/	3	3	/	/	/		/	/	/	/
Vrbanski plato	/	1	1	2	3	/	/	/		/	/	/	/
Radvanje	/	/	/	2	/	/	/	/		/	/	/	/
Tezno	/	/	/	2	/	/	/	/		/	/	/	/
SIM	/	3	1	3	3	1	1	1		1	1	1	3
Miklavž	/	/	/	3	/	/	/	/		/	/	/	/
Ruše	/	/	/	2	/	/	/	/		/	/	/	/
Pohorje	/	/	/	/	/	/	/	/		/	/	/	/
SIC	/	/	/	3	/	/	/	/		/	/	/	/

Legenda:

- 1 pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- 2 med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
- 3 nad zgornjim ocenjevalnim pragom
- * ocena tveganj za rastlinstvo in naravne ekosisteme se izvaja le na krajih zunaj pozidanih območij
- / ugotavljanje onesnaževala ni potekalo

Ocena ravni onesnaževal v zunanjem zraku glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag po Odredbi se razlikuje od ocene na podlagi rezultatov meritev v letu 2016 in preteklih letih v merilni mreži mesta Maribora in sosednjih občin, PMinter ter v državni merilni mreži:

- žveplov dioksid se več ne meri, saj so bile koncentracije več let zaporedoma pod spodnjim ocenjevalnim pragom, kar velja tako za aglomeracijo SIM kot območje SIC,
- za dušikove okside se v skladu z določili Uredbe o kakovosti zunanjega zraka ocena tveganja za rastlinstvo in naravne ekosisteme zaradi onesnaženega zraka in skladnosti s kritičnimi vrednostmi izvaja le na krajih izven pozidanih območij. Ker smatramo merilno mesto Vrbanski plato kot kraj izven pozidanih območij, smo izvedli oceno, po kateri so koncentracije v aglomeraciji SIM pod spodnjim ocenjevalnim pragom,
- v območju SIC so se ugotavljali le delci PM₁₀, zato ocena ravni preostalih onesnaževal ni možna,
- ocena za ozon ni možna, saj nima predpisanih ocenjevalnih pragov.

Na podlagi ravni onesnaževal je določena stopnja onesnaženosti zraka glede na doseganje/preseganje mejnih oziroma ciljnih vrednosti. Razvrstitev v stopnje onesnaženosti zraka iz Odredbe je v tabeli 7.3, na podlagi meritev v letu 2016 pa v tabeli 7.4.

Tabela 7.3: Stopnja onesnaženosti zraka po Odredbi glede na mejne oziroma ciljne vrednosti

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃ *	arzen*	kadmij*	nikelj*	b(a)p*
SIM	II	II		I	II	II	II	II	I	II	II	II	II
SIC	II	II	II		II		II	II	I				II
SITK						II			I				II

Legenda:

- II pod mejno ali ciljno* vrednostjo
- I nad mejno/ciljno* vrednostjo

Tabela 7.4: Stopnja onesnaženosti zraka na podlagi rezultatov v letu 2016 glede na mejne oziroma ciljne vrednosti

Območje	SO ₂	NO ₂	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	svinec	CO	benzen	O ₃ *	arzen*	kadmij*	nikelj*	b(a)p*
Center		II		I	II	II	II	II		II	II	II	II
Krekova/Tyrševa				I	II								
Vrbanski plato		II	II	II	II				II				
Radvanje				II									
Tezno				II									
SIM		II	II	I	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Miklavž				I									
Ruše				II									
Pohorje									I				
SIC				I					I				

Legenda:

- II ugotavljanje onesnaževala je potekalo, vrednosti so pod mejno/ciljno* vrednostjo
- I nad mejno/ciljno* vrednostjo

Primerjava stopenj onesnaženosti zraka po Odredbi s stopnjami, določenimi na podlagi meritev v merilni mreži mesta Maribora in sosednjih občin, PMinter ter v državni merilni mreži v letu 2016, kar je predstavljeno v tem poročilu, kaže naslednje značilnosti:

- tudi za dušikove okside bi bila lahko aglomeracija SIM razvrščena v II. stopnjo onesnaženosti zraka, čeprav Odredba aglomeracije ne razvršča,
- delci PM₁₀ na merilnem mestu Miklavž so nad ciljno vrednostjo, zaradi česar se območje SIC, v katerega spada občina Miklavž na Dravskem polju, razvrsti v I. stopnjo onesnaženosti zraka,
- ozon se na merilnem mestu Center več ne ugotavlja zaradi prenizkih vrednosti, tudi na merilnem mestu Vrbanski plato so koncentracije pod ciljno vrednostjo, tako da bi morali aglomeracijo SIM razvrstiti v II. stopnjo onesnaženosti zraka.

Z Odlokom o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor je bilo območje Mestne občine Maribor razvrščeno v območje največje obremenjenosti z delci PM₁₀.

Kot vidimo iz zgornjih tabel, so bile v letu 2016 koncentracije delcev PM₁₀ na merilnih mestih v aglomeraciji SIM in v območju SIC čezmerne. Nad zgornjim ocenjevalnim pragom so bile koncentracije delcev PM_{2,5} in dušikovega dioksida v aglomeraciji SIM. Vsebnost ozona na merilnem mestu Pohorje je presegala ciljno vrednost. Zaradi slabše kakovosti zunanjega zraka z omenjenimi onesnaževali lahko pričakujemo škodljive učinke na zdravje ljudi. Vendar je ob tem potrebno poudariti, da to ni posebnost Mestne občine Maribor in sosednjih občin, ampak gre za sliko, značilno za mestna okolja (delci in dušikov dioksid), primestna/podeželska okolja (delci) oziroma višje lokacije (ozon), kar potrjujejo tudi meritve na drugih merilnih mestih v Sloveniji in v tujini. Prebivalci obravnavanega območja torej niso izpostavljeni bistveno drugačnemu tveganju za okvare zdravja zaradi slabše kakovosti zunanjega zraka kot ostali prebivalci Slovenije v mestnem, primestnem/podeželskem okolju ali ob prometnih cestah. Vendar pa je glede na dokazano škodljivost potrebno okoljske naloge usmerjati k reševanju problema slabše kakovosti zunanjega zraka. Ne glede na zakonsko ustrezno stanje posameznih onesnaževal v obravnavanem letu, je potrebno še naprej izvajati ukrepe za izboljšanje ali vsaj ohranjanje kakovosti zunanjega zraka in zagotoviti, da se obstoječa kakovost zraka še izboljša oziroma pri onesnaževalih, ki sploh niso več problematična (žveplov dioksid, benzen, ogljikov monoksid, težke kovine), vsaj ohranja.

Čezmerno število preseganj delcev PM₁₀ v letu 2016 kakor tudi navzgor usmerjen trend koncentracij benzo(a)pirena v PM₁₀ na merilnem mestu Center, v povezavi z rezultati meritev delcev PM₁₀ in benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ na drugih lokacijah in v sosednjih občinah kaže na nadaljevanje neugodnega poslabševanja kakovosti zunanjega zraka z delci (vedno večja uporaba lesne biomase za ogrevanje). V zimskem času so na drugih lokacijah in v sosednjih občinah izmerjene enake ali občasno celo višje koncentracije delcev PM₁₀ in benzo(a)pirena v delcih PM₁₀, kar še potrjuje dejstvo, da je treba kakovost zunanjega zraka reševati v širšem okviru, saj onesnaževala ne poznajo in ne priznavajo občinskih meja.

Kazalnik povprečne izpostavljenosti (KPI) je povprečna raven izpostavljenosti, določena na podlagi meritev na mestih v neizpostavljenem mestnem okolju in odraža izpostavljenost ljudi z delci PM_{2,5}. Uporablja se za izračun ciljnega zmanjšanja izpostavljenosti delcem PM_{2,5} na ozemlju Republike Slovenije in obveznosti glede stopnje izpostavljenosti delcem PM_{2,5}. Začetna koncentracija v letu 2011 je (za celotno Slovenijo) 21,6 µg/m³, kar pomeni, da bi za doseganje ciljnega zmanjšanja do leta 2020 morali to vrednost zmanjšati za 20 % na 17,3 µg/m³. Vrednost KPI za merilno mesto Vrbanski plato je v letu 2016 (povprečje zadnjih treh let) znašala 18,4 µg/m³. Znižanje v letu 2016 glede na začetno koncentracijo v letu 2011 je 15 %, tako da obveznost glede stopnje izpostavljenosti še ni dosežena.

Kot smo že pri delcih ugotovili, so koncentracije v središču mesta in v občinskih središčih sosednjih občin praktično enake (ali pozimi celo višje) in občasno tudi čezmerne, medtem ko so obrobja občin, v katerih okolici ni vplivnih virov, precej manj obremenjena. To ne velja za ozon, katerega vsebnost je najnižja v mestnem središču, največja pa na bolj oddaljenih, neposeljenih območjih. Razlog temu so značilnosti njegovega nastanka in razpada, saj fotokemične reakcije razpada ozona intenzivneje potekajo tam, kjer je na voljo več njegovih predhodnikov (onesnaževal), kar se seveda dogaja ravno v mestnih središčih. Seveda obstajajo lokalne razlike zaradi bolj ali manj gostega prometa, večje ali manjše porabe goriv za ogrevanje, vrste uporabljenih goriv, gostote poselitve in prisotnosti takšnih ali drugačnih industrijskih virov. Na kakovost zraka pa ne vplivajo samo lokalni viri, temveč lahko zračne gmote prenašajo onesnaževala iz bližnje in daljne okolice (lokalni, regionalni in daljinski transport). Lokalne vremenske razmere, ki so pogojene z globalno vremensko situacijo, vplivajo na naše kurilne in vozne navade ter s tem spreminjajo intenziteto in vrsto emisij onesnaževal v zrak. Lokalno nastala onesnaževala se lahko zaradi določene vremenske situacije dalj časa zadržijo nad širšim območjem mesta, kar pomeni slabšanje kakovosti zraka neodvisno od intenzitete virov. Seveda smo mnenja, da so meritve na območju sosednjih občin upravičene, saj dajo dopolnilni podatek k mestni kakovosti zraka in pregled nad kakovostjo zraka širšega območja, ki ni natančno takšna, kot jo naši predpisi (na primer Odredba) predstavljajo.

Rezultati meritev kakovosti zraka, dolgoletni poteki in trendi koncentracij onesnaževal služijo tudi za ugotavljanje ustreznosti merilne mreže. V skladu z določili zakonodaje se ocenjevanje kakovosti zraka izvaja na območjih in v aglomeracijah, kjer raven onesnaženosti presega zgornji ocenjevalni prag, tako da se izvajajo meritve kakovosti zraka na stalnem merilnem mestu. Za pridobitev podatkov o prostorski razporeditvi kakovosti zraka se lahko navedene meritve dopolnijo z dodatnimi meritvami. Zato smo v letu 2016 nadaljevali z izvajanjem meritev delcev PM_{10} tudi v sosednjih občinah. Nedopustno bi bilo zmanjšanje obsega meritev oziroma celo njihova opustitev iz finančnih ali drugih nerazumnih razlogov. Odločitev o tem mora temeljiti na analizi dolgotrajnih podatkov in določilih veljavne zakonodaje. Obseg meritev vključuje vsa onesnaževala, ki jih pokriva Uredba o kakovosti zunanjega zraka in ki imajo mejne ali ciljne vrednosti. Mnenja smo, da tak obseg zagotavlja pregled nad stanjem kakovosti zunanjega zraka na območju Mestne občine Maribor in sosednjih občin. Obseg ne vključuje žveplovega dioksida, katerega meritve so bile v skladu z zakonodajnimi zahtevami opuščene ravno zaradi nizkih vrednosti v preteklih letih. Dolgoročno izvajanje meritev je tudi v veliko pomoč pri ugotavljanju vzrokov za slabšo kakovost zunanjega zraka in za spremljanje učinkovitosti izvajanja ukrepov, ki jih predvideva Odlok o načrtu za kakovost zraka. Meritve delcev PM_{10} bi zaradi visokih koncentracij v sosednji občini Miklavž na Dravskem polju bilo smiselno razširiti še na druge sosednje občine (na primer Selnica ob Dravi, Duplek), da bi dobili še boljšo sliko glede kakovosti zunanjega zraka na širšem območju. Dobrodošli bi bili tudi dodatni podatki o koncentracijah benzo(a)pirena v delcih PM_{10} , saj je srednja letna koncentracija v Centru dosegala mejno letno vrednost, rezultati informativnih meritev na drugih merilnih mestih pa so v istem časovnem obdobju pokazali precej višje vrednosti kot so bile izmerjene v Centru. Zato bi morali te analize intenzivneje oziroma pogosteje izvajati tudi na drugih merilnih mestih, kjer se ugotavljajo delci PM_{10} .

Rezultati projekta PMinter so pokazali, da je pri kakovosti zraka z delci in policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki pomemben delež, ki ga prispeva kurjenje lesa kot energenta za ogrevanje. Zaradi preseganja predpisanih mejnih vrednosti je bil sprejet odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor. V njem je bilo območje Mestne občine Maribor razvrščeno v območje največje obremenjenosti z delci PM_{10} . Ukrepi, opisani v njem, pa so potrebni za zmanjšanje koncentracij delcev (PM_{10} in $PM_{2,5}$), pa tudi benzo(a)pirena v delcih PM_{10} , dušikovih oksidov in ozona.

Rezultati meritev in poročila za merilno mrežo Maribora in sosednjih občin, PMinter ter za državno mrežo ARSO so stalno dosegljivi na spletnih straneh:

- ARSO (poročila in aktualni podatki o stanju kakovosti zraka za celotno Slovenijo)
<http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/>
- MOM (poročila in aktualni podatki):
http://okolje.maribor.si:81/okolje/delovna-podrocja/zrak/podatki-imisijskega-merjenja-kakovosti-zraka/?no_cache=1

Ilustrativen prikaz izmerjenih vrednosti v letu 2016 s primerjavo z normativnimi vrednostmi je v tabelah 7.5 in 7.6. Primerjava s spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom je narejena samo na podlagi rezultatov v letu 2016. Pri oceni števila preseganj osemurne ciljne vrednosti ozona upoštevamo triletno povprečje.

Tabela 7.5: Pregled izmerjenih vrednosti v letu 2016 in usklajenosti z zakonodajo

Onesnaževalo	NO ₂	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆	Pb v PM ₁₀	Cd v PM ₁₀	As v PM ₁₀	Ni v PM ₁₀	B(a)P v PM ₁₀
	letna μg/m ³	urna št. preko	osemurna št. preko	letna μg/m ³	dnevna št. preko	letna μg/m ³	osemurna mg/m ³	letna μg/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³	letna ng/m ³
Center	27	0		27	43	21	2,2	1,4	7,0	0,19	0,44	1,6	1,4
Krekova/Tyrševa				28	42	21							
Vrbanski plato	13	0	22	20	21	19							
Pohorje			31										
Miklavž				27	45								
Tezno				22	(44)								
Radvanje				21	(43)								
Ruše				20	(45)								
mejna oz. ciljna	40	18	25	40	35 (50) ²	25	10	5	500	5	6	20	1

Legenda:



- prekoračena mejna oz. ciljna vrednost za zaščito zdravja
- prekoračen zgornji ocenjevalni prag
- med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
- pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- zgornji in spodnji ocenjevalni prag nista določena

² Kjer se meritev ni izvajalo celo leto (Tezno, Radvanje, Ruše), se izmerjene vrednosti primerja s percentilno vrednostjo 90,4 %.

Tabela 7.6: Pregled usklajenosti z zakonodajo v letu 2016

Onesnaževalo	NO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	CO	C ₆ H ₆	Pb v PM ₁₀	Cd v PM ₁₀	As v PM ₁₀	Ni v PM ₁₀	B(a)P v PM ₁₀
Center	☺			☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☹
Pohorje			☹									
Krekova/Tyrševa				☹	☹							
Vrbanski plato	☺	☺	☺	☹	☹							
Miklavž				☹								
Tezno				☹								
Radvanje				☹								
Ruše				☹								

8 LITERATURA IN VIRI

- /1/ Občinski program varstva okolja za Maribor (OPVO za MB) 2008 do 2013, Mestna občina Maribor, Maribor, marec 2008
- /2/ Zakon o varstvu okolja (ZVO-1), Uradni list RS števil. 39/06, 49/08, 33/07, 57/08, 70/08, 108/09, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16
- /3/ Kakovost zraka v Mariboru, letno poročilo 2015, NLZOH Maribor 2016
- /4/ Mesečna poročila o kakovosti zraka NLZOH Maribor, januar - december 2016
- /5/ Arhiv, interna poročila ZZV, Inštitut za varstvo okolja Maribor 1984 – 2012
- /6/ Agencija RS za okolje: Onesnaženost zraka v Sloveniji (mesečna poročila 2015) in Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2014 (september 2015)
- /7/ B. Lukan: Možnosti zmanjšanja vsebnosti ozona v zraku zaradi emisij vozil v prometu, magistrsko delo, Maribor 2003
- /8/ Določitev novih merilnih mest v Ljubljani in Mariboru, Agencija Republike Slovenije za okolje, marec 2009
- /9/ Fine! Dust-Free, 3rd International Congress in Klagenfurt on Worthersee
- /10/ »Aquella« Peggau Bestimmung von Immissionsbeitragen in Fenistaubproben, Das Land Steiermark, Bericht UA/AQPeggau 2008 72S, Graz, Oktober 2008
- /11/WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, global update 2005, Summary of risk assessment, World Health Organization, 2006
- /12/Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo
- /13/Poročilo pilotnega projekta »Opredelitev virov delcev PM₁₀ v Sloveniji«, Agencija RS za okolje, Ljubljana, november 2007
- /14/PM₁₀ Datenanalyse, Grobabschätzung des PM₁₀-Anteils von Verkehrs- und Hausbrandemissionen an Grazer Luftgutesstationen, Das Land Steiermark, Bericht Nr-01-2008, Graz Februar 2008
- /15/Impact of selected policy measures on Europe's air quality, EEA Report No 8/2010
- /16/Air Quality in Europe – 2015 report, EEA Report No 05/2015
- /17/The contribution of transport to air quality TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe, EEA Report No 10/2012
- /18/Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP, first results, WHO 2013
- /19/Health effects of black carbon, WHO 2012, ISBN 978 92 890 0265 3
- /20/Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91, 2000
- /21/Zrak v Sloveniji, Jože Volfand et al, Fit media, Celje 2012

- /22/ C.B.B. Guerreiro et al, Benzo(a)pyrene in Europe: Ambient air concentrations, population, exposure and health effects, Environmental Pollution 241 (2016) 657-667
- /23/ Projekt PMinter, Poročilo o aktivnostih, izdajatelj Občina Celovec, Oddelek za zaščito okolja, Bahnhofstrasse 35, 9010 Celovec ob Vrbskem jezeru, december 2013
- /24/ Kdo je glavni povzročitelj čezmerne onesnaženosti zraka z delci PM10, Benjamin Lukan, Zbornik izvlečkov 6. Slovenskega kongresa preventivne medicine (Portorož 20.-22.10.2016)
- /25/ Mit o čistejšem zraku zunaj mestnih središč, Uroš Lešnik, Zbornik izvlečkov 6. Slovenskega kongresa preventivne medicine (Portorož 20.-22.10.2016)
- /26/ IZVEDBENI SKLEP KOMISIJE z dne 12. decembra 2011 o določitvi pravil za direktivi 2004/107/ES in 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta v zvezi z vzajemno izmenjavo informacij in poročanjem o kakovosti zunanjega zraka (notificirano pod dokumentarno številko C(2011) 9068) (2011/850/EU)