



ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO MARIBOR

Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor

<http://www.zzv-mb.si>

INSTITUT ZA VARSTVO OKOLJA

Telefon: (02) 4500170 Telefaks: (02) 4500227 E-pošta: ivo@zzv-mb.si

ID za DDV: SI30447046 Stevilka transakcijskega računa: 01100-6030926630

DAT: IVOTS/20/PR11MOM_letno2011.doc

POROČILO O KAKOVOSTI ZRAKA ZA LETO 2011**MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNJIH OBČIN**

Maribor, marec 2012

Naslov: Poročilo o kakovosti zraka za leto 2011, merilna mreža Maribora in sosednjih občin

Izvajalec: Zavod za zdravstveno varstvo
INSTITUT ZA VARSTVO OKOLJA
Prvomajska ulica 1, 2000 MARIBOR
Št. transakejjskega računa: 01100-6030926630
ID številka za DDV: SI30447046

Naročnik: Mestna občina MARIBOR
Medobčinski urad za varstvo okolja in ohranjanje narave
Slovenska ulica 40
2000 MARIBOR

Evidenčna oznaka: 120-09/1579-11 / 14
Delovni nalog: pogodba št. 43000-2/2010 z dne 11.05.2011
Šifra dejavnosti: 20 – imisijski monitoring

Referenčni izvod: DA

Izvajalci naloge:
Vodja: mag. Benjamin Lukan, univ.dipl.fiz.

Sodelavci:
Uroš Lešnik, univ.dipl.inž.prom.
Urška Červek, dipl.inž.kem.tehnol.
Marjana Babič, univ.dipl.inž.kem.inž.

Maribor, 29.03.2012

ODDELEK ZA FIZIKALNE MERITVE INSTITUT ZA VARSTVO OKOLJA
Vodja: Predstojnik:
mag. Benjamin Lukan, univ.dipl.fiz. mag. Emil Žerjak, univ.dipl.inž.kem.tehnol.

POVZETEK

Meritve kakovosti zraka so v letu 2011 potekale v državni merilni mreži kakovosti zraka (DMKZ), ki jo upravlja Agencija RS za okolje, in merilni mreži Maribora in sosednjih občin. V meritve so bila vključena naslednja onesnaževala: dušikovi oksidi (NO_x in NO_2), ozon (O_3), delci (PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$), ogljikov monoksid (CO), benzen (C_6H_6), težke kovine (Pb, Cd, Ni, As) v delcih PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ ter benzo(a)piren v delcih PM_{10} ter dodatno še meteorološki parametri. Meritve v državni merilni mreži so potekale na merilnih mestih Center in Vrbanski plato, v merilni mreži Maribora in sosednjih občin pa na Vrbanskem platoju, Pohorju, v Dupleku, Rušah in Miklavžu na Dravskem polju. Merilne metode so bile usklajene z zahtevami zakonodaje in stanjem tehnike ter se glede na pretekla leta niso spremenile. Izvajala so se redna zunanja in notranja preverjanja delovanja opreme. V letu 2011 je Slovenija uskladila zakonodajo z Direktivo EP o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo: Uredba o kakovosti zunanjega zraka in Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka.

Koncentracije ogljikovega monoksida, benzena in težkih kovin v delcih PM_{10} so bile kot že leta prej ustrezne in precej pod normativnimi vrednostmi za zaščito zdravja. Koncentracije dušikovega dioksida niso bile čezmerne, vendar v Centru nad zgornjim ocenjevalnim pragom, koncentracije še vedno upadajo. Koncentracije skupnih dušikovih oksidov na Vrbanskem platoju niso presegale kritične vrednosti za varstvo rastlin v naravnem okolju. Parametra AOT40 (merilo za ogroženost rastlin zaradi vsebnosti ozona v zunanjem zraku) sta bila na Pohorju in v Centru pod kritično vrednostjo. Benzo(a)piren v delcih PM_{10} , ki je pokazatelj za rakotvorno tveganje policikličnih aromatskih ogljikovodikov, je bil v Centru nad mejno vrednostjo in na ravni preteklih let, na Vrbanskem platoju pa precej pod njo. Ciljna 8-urna koncentracija ozona v Centru ni bila nikoli presežena, medtem ko je bila na Vrbanskem platoju in Pohorju večkrat, kot je dovoljeno. Preseganj opozorilne in alarmne vrednosti za ozon ni bilo nikjer. Rezultati v dosedanjih letih kažejo majhne spremembe. Srednja letna vrednost delcev PM_{10} v Centru in na Vrbanskem platoju ni presegala mejne letne vrednosti, medtem ko je bilo dovoljeno število preseganj mejne dnevne vrednosti prekoračeno v Centru. Meritve na dodatnih merilnih mestih za delce (Ruše, Miklavž na Dravskem polju in Duplek) dokazujejo visoko obremenitev urbanih območij in manjšo obremenitev ozadja. Dolgoročni trendi delcev so v Centru usmerjeni navzdol. Koncentracije delcev $\text{PM}_{2,5}$ so bile v Centru in na Vrbanskem platoju pod ciljno vrednostjo. Temperatura zraka je bila nad dolgoletnim povprečjem.

Onesnaženost zraka je v zimskem času slabša za vsa onesnaževala razen za ozon, in zanje bi lahko rekli, da k nekim bolj ali manj stalnim koncentracijam ozadja kurišča, promet, industrija in drugi lokalni viri prispevajo dodatno onesnaženje. Pri ozonu je razlog za višje poletne vrednosti v načinu njegovega nastanka, saj je sončno obsevanje pozimi bistveno šibkejše. O dodatnih podrobnostih o vplivnih virih je težko govoriti, saj katastra emisij za Maribor ni. Na kakovost zraka pomembno vplivajo tudi vremenska dogajanja, kar pa pri nas še ni raziskano.

Dnevni hodi za onesnaževala kažejo, da je kakovost zunanjega zraka najboljša zjutraj, pred sončnim vzhodom. Še vedno se preko dneva pojavljata dva izrazitejša vrhova, vendar so razlike med njima vedno manjše.

Obseg meritev je ustrezен in je nedvomno potrebno z njim nadaljevati, razen meritev ogljikovega monoksida in težkih kovin v delcih PM_{10} , ki se lahko opustita zaradi nizkih vrednosti v že daljšem časovnem obdobju. Prostorska razporeditev merilnih mest je ustrezna, saj pokriva gosto poseljeno območja središča mesta in sosednjih občin ter njihovo neposeljeno

okolico-mestno ozadje. Merilno mesto Pohorje za ozon predstavlja neobremenjeno podeželsko okolje na večji nadmorski višini.

Glede na povišane koncentracije delcev PM_{10} , O_3 in benzo(a)pirena v delcih PM_{10} lahko pričakujemo škodljive učinke teh onesnažeaval na zdravje izpostavljenih prebivalcev, vendar je ob tem potrebno poudariti, da prebivalci Maribora in okolice niso izpostavljeni večjemu tveganju za okvare zdravja zaradi onesnaženosti 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 prebivalstva pred škodljivim delovanjem onesnažeaval iz zraka si je potrebno prizadevati za še večje znižanje njihovih koncentracij, predvsem delcev.

KAZALO

| | |
|---|-----------|
| MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNJIH OBČIN..... | 1 |
| POVZETEK..... | 3 |
| KAZALO..... | 5 |
| 1 UVOD..... | 6 |
| 2 MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV | 7 |
| 3 METODOLOGIJA DELA | 11 |
| 3.1 MERILNA MREŽA MARIBOR IN SOSEDNJIH OBČIN..... | 11 |
| 3.1.1 DUŠIKOVI OKSIDI IN OZON (VRBANSKI PLATO)..... | 11 |
| 3.1.2 OZON (POHORJE)..... | 12 |
| 3.1.3 DELCI PM ₁₀ (NEREFERENČNA METODA)..... | 13 |
| 3.1.4 DELCI PM ₁₀ (REFERENČNA METODA)..... | 13 |
| 3.1.5 VSEBNOST BENZO(A)PIRENA V DELCIH PM ₁₀ | 14 |
| 3.1.6 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI | 14 |
| 3.2 DRŽAVNA MERILNA MREŽA (CENTER)..... | 16 |
| 4 ZAKONSKI OKVIR..... | 18 |
| 5 REZULTATI MERITEV | 21 |
| 5.1 DUŠIKOV DIOKSID IN SKUPNI DUŠIKOVI OKSIDI (CENTER)..... | 21 |
| 5.2 OZON (CENTER)..... | 23 |
| 5.3 OZON (POHORJE)..... | 24 |
| 5.4 DUŠIKOV DIOKSID, SKUPNI DUŠIKOVI OKSIDI, OZON (VRBANSKI PLATO) | 25 |
| 5.5 DELCI PM₁₀ in PM_{2,5}, TEŽKE KOVINE IN BENZO(A)PIREN V DELCIH PM₁₀ TER TEŽKE KOVINE V PM_{2,5} (CENTER, VRBANSKI PLATO – DMKZ)..... | 27 |
| 5.6 DELCI PM₁₀ IN BENZO(A)PIREN V DELCIH PM₁₀ (VRBANSKI PLATO, RUŠE, DUPLEK IN MIKLAVŽ NA DRAVSKEM POLJU) | 30 |
| 5.7 OGLJIKOV MONOKSID (CENTER)..... | 33 |
| 5.8 BENZEN (CENTER)..... | 33 |
| 5.9 TEMPERATURA ZRAKA | 34 |
| 5.9.1 CENTER | 34 |
| 5.9.2 VRBANSKI PLATO | 34 |
| 6 ZNAČILNOSTI..... | 35 |
| 6.1 DNEVNİ HODI..... | 35 |
| 6.2 MESEČNI HODI..... | 41 |
| 6.3 DOLGOLETNI POTEKI KAKOVOSTI ZRAKA | 50 |
| 6.3.1 Dušikovi oksidi | 50 |
| 6.3.2 Ozon..... | 51 |
| 6.3.3 Delci..... | 54 |
| 6.3.4 Težke kovine v delcih | 58 |
| 6.3.5 Benzo(a)piren..... | 60 |
| 6.3.6 Ogljikov monoksid..... | 60 |
| 6.3.7 Benzen..... | 61 |
| 6.3.8 Temperatura zraka..... | 62 |
| 6.4 PRIMERJAVA MED MERILNIMI MESTI V LETU 2011 | 64 |
| 6.5 ODVISNOST KAKOVOSTI ZRAKA OD TEMPERATURE | 69 |
| 6.6 MOŽNI VPLIVI ONESNAŽENOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE | 70 |
| 7 SKLEPNE UGOTOVITVE | 73 |
| 8 LITERATURA IN VIRI | 82 |

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 ter v letu 2011 dosegle stanje, ki je prikazano v tem poročilu.

Mestna občina Maribor (MOM) je v skladu z veljavno zakonodajo uvrščena v poselitveno območje, na katerem so meritve obvezne. Spremljanje kakovosti zunanjega zraka je stalna naloga, ki poteka v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin v obsegu, dogovorjenem s pogodbami z MOM ter občinama Miklavž na Dravskem polju in Hoče – Slivnica. V Mariboru izvaja meritve kakovosti zunanjega zraka tudi Agencija RS za okolje (ARSO - MOP) iz Ljubljane v okviru državne mreže za spremšjanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ). Vse meritve so potekale v skladu s Programom monitoringa kakovosti zunanjega zraka za Mestno občino Maribor za leto 2011.

Osnovni merilni mesti v letu 2011 v Mariboru sta bili Center v državni in Vrbanski plato v merilni mreži Maribora in sosednjih občin. Ostala merilna mesta so namenjena ugotavljanju razporeditve kakovosti zraka v mestu in izven njega. V letu 2011 so v Mariboru potekale meritve vseh onesnaževal, na katere se v skladu z zakonodajo nanašajo ukrepi za ohranjanje in izboljšanje kakovosti zunanjega zraka, razen žveplovega dioksida, katerega meritve je ARSO v letu 2010 ukinil zaradi (pre)nizkih vrednosti:

- na merilnem mestu Vrbanski plato so se izvajali ugotavljanje dušikovega dioksida NO_2 , skupnih dušikovih oksidov NO_x , ozona O_3 , delcev PM_{10} (nereferenčno) v zraku ter analize delcev PM_{10} na benzo(a)piren (b(a)p v PM_{10}) kot predstavnika policikličnih aromatskih ogljikovodikov. Meritve O_3 so potekale še na Pohorju, v občini Hoče – Slivnica, meritve delcev PM_{10} z referenčno merilno metodo pa v Rušah, Dupleku in Miklavžu na Dravskem polju;
- državna merilna mreža je na merilnem mestu Center obsegala stalne meritve NO_2 , NO_x , O_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, ogljikovega monoksida (CO) in benzena (C_6H_6) v zraku ter analize na b(a)p v PM_{10} in težke kovine (TK) v PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$, v njenem sklopu je tudi meteorološka postaja, od merjenih parametrov navajamo le temperaturo zunanjega zraka.

Obseg meritev v merilni mreži Maribora in sosednjih občin se je glede na leto 2010 spremenil. Osnovno merilno mesto je bilo Vrbanski plato, merilno mesto Tabor je bilo ukinjeno konec leta 2010. Meritve delcev PM_{10} z referenčno merilno metodo so dodatno potekale še v Dupleku. Meritve delcev $\text{PM}_{2,5}$ ter TK v delcih PM_{10} se niso več izvajale. Na Vrbanskem platu se je dodatno ugotavljala temperatura zunanjega zraka. V Centru v državni merilni mreži so meritve delcev PM_{10} potekale tudi z nereferenčnim merilnikom (TEOM s sistemom FDMS, zaradi katerega se korekcijski faktor več ne uporablja), ki so služile le obveščanju o trenutnem stanju obremenjenosti z delci PM_{10} , medtem ko se za poročanje (tudi v tem poročilu) uporabijo rezultati, pridobljeni z referenčno metodo. ARSO je spremenil mikro lokacijo merilnega mesta za delce $\text{PM}_{2,5}$ na Vrbanskem platu.

V nadaljevanju so zbrane podrobnosti o meritvah ter uradni pregledani rezultati iz obeh merilnih mrež. Rezultate meritev v državni merilni mreži so obdelali na ARSO. Podrobnejši rezultati so bili dostavljeni naročnikom v mesečnih poročilih, zato predstavljamo letne, sezonske in kratkotrajne vrednosti v povezavi z normativnimi vrednostmi, dnevne hode, večletne poteke in druge značilnosti, ki izhajajo iz teh rezultatov. V tem poročilu so zbrani in obdelani tudi ostali rezultati analiz iz državne mreže, ki jih v mesečnih poročilih ni bilo.

2 MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV

Podrobnejši podatki o merilnih mestih so v tabeli 2.1. Prostorsko je lega merilnih mest 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: Merilna mesta: lokacija in parametri

| Merilno mesto - naslov | Višina nad morjem in tlemi (m) | GKK y | GKK x | Parametri |
|--|--------------------------------|--------|--------|---|
| Center – Titova cesta | 266 + 4 | 550305 | 157415 | O ₃ , NO _x , NO ₂ , PM ₁₀ (ref. in neref.), PM _{2,5} , C ₆ H ₆ , CO, TK in b(a)p v PM ₁₀ , TK v PM _{2,5} , temperatura zraka |
| Pohorje – Slivniško Pohorje 7, bolnišnica za pljučne bolezni | 725 + 15 | 544682 | 148933 | O ₃ |
| Miklavž na Dravskem polju – Nad izviri 6, občina | 258 + 1,5 | 554396 | 151110 | PM ₁₀ |
| Ruše – vodnjak Ruše I | 302 + 1,5 | 539500 | 154865 | PM ₁₀ |
| Spodnji Duplek (Cesta 4. Julija 82) | 238 + 5 | 548130 | 151018 | PM ₁₀ |
| Vrbanski plato – vodarna Mariborskega vodovoda | 280 + 4 | 548452 | 158497 | O ₃ , NO _x , NO ₂ , PM ₁₀ (neref.), b(a)p v PM ₁₀ , temperatura zraka |
| Vrbanski plato – vodarna Mariborskega vodovoda | 280 + 1,5 | 548451 | 158494 | PM _{2,5} in TK v PM _{2,5} |

Tabela 2.2: Merilna mesta: tip, značilnost in opis

| Merilno mesto | Območje | Tip mesta | Tip območja | Značilnost območja | Geogr. opis |
|---------------------------|---------|-----------|-------------|--------------------|-------------|
| Center | SI M | T | U | RC | 16 |
| Pohorje | SI 1 | B | R | N | 1 |
| Ruše | SI 1 | B | S | RN | 32 |
| Vrbanski plato | SI M | B | S | A | 16 |
| Miklavž na Dravskem polju | SI 1 | T | S | RC | 16 |
| Spodnji Duplek | SI 1 | B | S | RA | 32 |

Legenda:

Tip mesta:

B – ozadje
T – promet

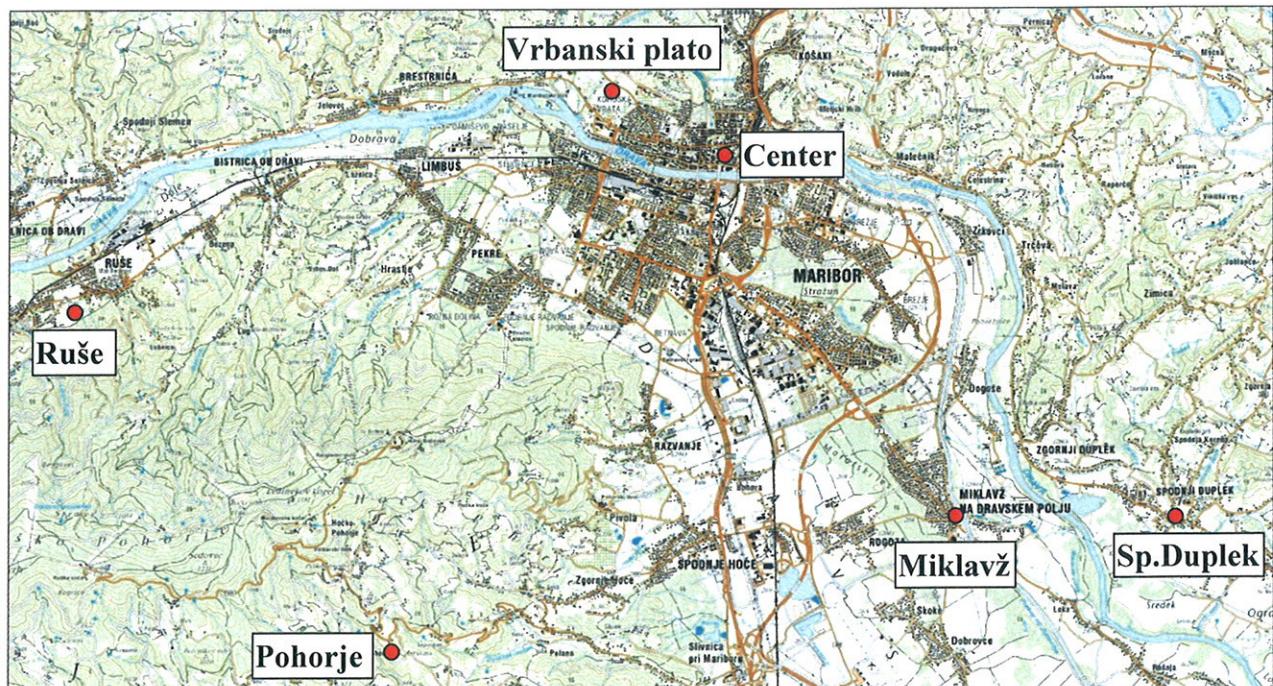
Tip območja:

U - mestno
S - predmestno
R - podeželsko

Značilnost območja:
R – stanovanjsko
C – poslovno
I – industrijsko
A – kmetijsko
N – naravno

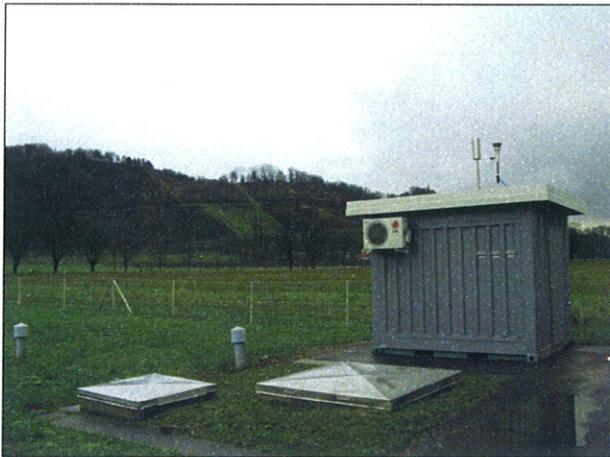
Geogr. opis:

1 - gorsko
16 - ravnina
32 - razgibano

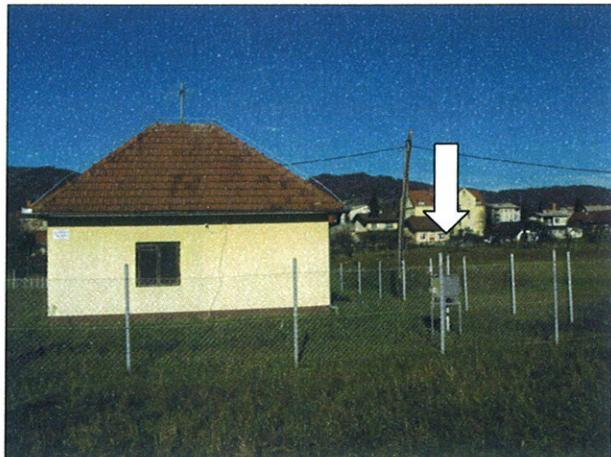


Slika 2.1: Merilna mesta za spremljanje kakovosti zraka v Mariboru v letu 2011

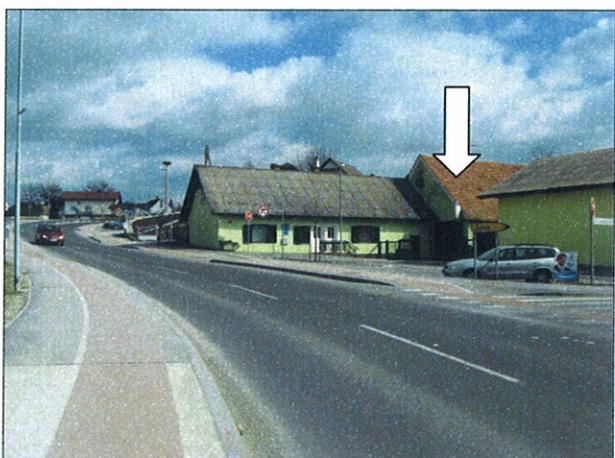
Na fotografijah 2.1 do 2.4 so fotografije posameznih merilnih mest, na posameznih slikah so lokacije merilnih mest označene z belo puščico.



Fotografija 2.1: Merilna postaja Vrbanski plato



Fotografija 2.2: Merilo mesto v Rušah



Fotografija 2.3: Merilno mesto v Spodnjem Dupleku



Fotografija 2.4: Merilno mesto v Miklavžu na Dravskem polju

Pregled obsega meritev na posameznih merilnih mestih, ki je predstavljen v tem poročilu, je v tabeli 2.3.

Tabela 2.3: Merilna mesta: parametri in trajanje meritiv

| Merilno mesto | Parameter | jan | feb | mar | apr | maj | jun | jul | avg | sep | okt | nov | dec |
|----------------|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| CENTER | NO_2 , NO_x | | | | | | | | | | | | |
| CENTER | O_3 | | | | | | | | | | | | |
| CENTER | PM_{10} (ref.) | | | | | | | | | | | | |
| CENTER | $PM_{2,5}$ in TK v $PM_{2,5}$ | | | | | | | | | | | | |
| CENTER | $b(a)p$ in TK v PM_{10} | | | | | | | | | | | | |
| CENTER | CO | | | | | | | | | | | | |
| CENTER | C_6H_6 | | | | | | | | | | | | |
| CENTER | temperatura | | | | | | | | | | | | |
| VRBANSKI PLATO | NO_x , NO_2 , O_3 , | | | | | | | | | | | | |
| VRBANSKI PLATO | PM_{10} (neref.) | | | | | | | | | | | | |
| VRBANSKI PLATO | $b(a)p$ v PM_{10} | | | | | | | | | | | | |
| VRBANSKI PLATO | $PM_{2,5}$ in TK v $PM_{2,5}$ | | | | | | | | | | | | |
| VRBANSKI PLATO | temperatura | | | | | | | | | | | | |
| POHORJE | O_3 | | | | | | | | | | | | |
| RUŠE | PM_{10} | | | | | | | | | | | | |
| MIKLAVŽ | PM_{10} | | | | | | | | | | | | |
| DUPLEK | PM_{10} | | | | | | | | | | | | |

Legenda:

- obarvana polja pomenijo, da so meritve v tistem mesecu potekale
- neref. – meritve so potekale z nereferenčno merilno metodo
- ref. – meritve so potekale z referenčno merilno metodo

3 METODOLOGIJA DELA

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

Rezultati avtomatskih meritev se beležijo v posameznem merilniku, po možnosti izračunajo povprečne vrednosti in avtomatsko, sproti, z osnovnim preverjanjem njihove ustreznosti prenašajo na ZZV oziroma ARSO. ZZV omogoča dostop do podatkov MOM, ki jih predstavlja na svoji spletni strani: <http://www.maribor.si/podrocje.aspx?id=716&lok=2>. Rezultati meritev, ki jih izvaja ARSO, so prikazani na njihovi spletni strani: <http://www.arsogov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/>.

3.1 MERILNA MREŽA MARIBORA IN SOSEDNJIH OBČIN

3.1.1 DUŠIKOVI OKSIDI IN OZON (VRBANSKI PLATO)

$\text{NO-NO}_2-\text{NO}_x$ analizator Thermo Scientific, model 42i, deluje na principu kemiluminiscence. Dušikov oksid (NO) in ozon (O_3) 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 z uporabo $\text{NO}_2 \Rightarrow \text{NO}$ molibdenovega konverterja, segretega na 325°C . Postopek meritve poteka v dveh fazah. Vzorčeni 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 vseh 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 kemiluminisenčno reakcijo. V reakcijski komori ozon reagira z NO , pri čemer se proizvede NO_2 , pri tem pa se posebni senzor zazna količino nastale svetlobe. Izračunajo 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 mg/m³)

Spodnja meja določljivosti:

< 0,40 ppb (< 0,75 µg/m³)

Linearnost:

± 1 % polne skale

Pomik ničle (24 ur):

< 0,40 ppb (< 0,75 µg/m³)

Stabilnost kalibracijske vrednosti:

< 1 % odčitka

UV fotometrični analizator ozona Thermo Scientific, model 49i, kontinuirano analizira vsebnost O₃ v zraku. Delovanje bazira na UV absorpciji.

Molekule ozona v merilni celici absorbirajo UV svetlubo valovne dolžine 254 nm. Količina absorbirane svetlobe je neposredno povezana s koncentracijo ozona, kot to opisuje z Beer-Lambertov zakon. Analizator vsakih 10 s izmenično polni celico z vzorčenim in očiščenim zrakom in 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 koncentracij ozona, kar naredi merilnik, izpiše na ekranu in shrani v spomin.

Tehnične karakteristike analizatorja:

| | |
|--|--|
| <i>Merilno območje:</i> | 0 - 200 ppm (0 – 400 mg/m ³) |
| <i>Spodnja meja določljivosti:</i> | < 1,0 ppb (< 2 µg/m ³) |
| <i>Linearnost:</i> | ± 1 % polne skale |
| <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 |

3.1.2 OZON (POHORJE)

UV absorpcijski analizator ozona Advanced Pollution Instrumentation Inc. (API), model 400, kontinuirano analizira vsebnost O₃ v zraku. Delovanje bazira na UV absorpciji.

Živosrebrna žarnica emitira UV svetlubo 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 svetlubo uporabljeni valovne dolžine. Analizator je bil uspešno testiran na zavračanje interferenčnih vplivov žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, vode in meta-ksilena.

Tehnične karakteristike analizatorja:

| | |
|---|--|
| <i>Merilno območje:</i> | 0.1-10.000 ppb (0,2 – 20.000 µg/m ³) |
| <i>Spodnja meja določljivosti:</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)

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

Črpalka s stalnim pretokom sesa vzorec zraka skozi celotno pot. Velikost vzorčenih delcev je odvisna od izvedbe vzorčevalne glave; uporabljamo glavo za velikostno frakcijo delcev PM₁₀. Vstopni tok zraka se za vzorčevalno glavo loči na del, ki gre v dodatni vzorčevalni del (ACCU), v katerem so posebni filtri, ki jih naknadno analiziramo, in del, ki gre v merilnik. Tu se delci ustavijo prav tako na filtru (iz steklenih vlaken, obložen s teflonom). 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 stalnega pretoka skozi napravo določi enota za vrednotenje rezultatov trenutno koncentracijo delcev PM₁₀ v zraku. Tehtanje filtra poteka po principu TEOM (Tapered Element Oscillating 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:

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Pretok vzorca: | 3.0 l/min |
| Merilno območje: | vsaj 5-5000 µg/m ³ |
| Spodnja meja določljivosti: | pod 5 µg/m ³ |

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

Ker meritve delcev PM₁₀ z merilniki TEOM niso v skladu z referenčno metodo, ki je predpisana, se mora dokazati, da je uporabljeni metoda ekvivalentna referenčni. S pomočjo referenčnega merilnika, ki je meril vzporedno, smo določili korekcijski faktor v poletnem času. Meritve so vzporedno potekale 69 dni, rezultati kažejo, da je dobljeni faktor 1,0. Ta faktor se razlikuje od uporabljenega in predstavljenega v mesečnih poročilih.

3.1.4 DELCI PM₁₀ (REFERENČNA METODA)

Delce PM₁₀ vzorči vzorčevalnik z nizkim volumskim pretokom (LVS). Vzorčena frakcija je odvisna od uporabljene vzorčevalne glave. Uporabljamo merilnike proizvajalcev Leckel (SEQ47/50) in Tecora (Skypost PM HV). Referenčna metoda za delce PM₁₀ je *Določevanje frakcije PM₁₀ lebdečih trdnih delcev – Referenčna metoda in terenski preskusni postopek za potrditev ustreznosti merilnih metod, standard SIST EN 12341:2000*. Velikost vzorčenih delcev je odvisna od izvedbe vzorčevalne glave. Merilnik zagotavlja stalni pretok skozi napravo. Vzorčenje poteka na filterih - uporabljajo se stekleni filtri (Munktell) premera 47 mm. Masa delcev na filtru se določi s tehtanjem filtrov pred vzorčenjem in po njem. Natančnost 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:

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Pretok vzorca: | 2,3 m ³ /h |
| Merilno območje: | vsaj 1-5000 µg/m ³ |
| Spodnja meja določljivosti: | pod 1 µg/m ³ |

3.1.5 VSEBNOST BENZO(A)PIRENA V DELCIH PM₁₀

Vstopni tok zraka se za vzorčevalno glavo nereferenčnega merilnika delcev TEOM loči na merilni del in del, ki gre v vzorčevalni del (ACCU), v katerem je 8 filtrov. S komandno enoto merilnika določimo datum in čas vzorčenja posameznega filtra, ki poteka s stalnim pretokom okoli 13,7 l/min. V primeru preobloženosti filtra ali padca pretoka zraka pod tolerančno mejo se vzorčenje prekine. Komandna enota beleži čas in volumen prečrpanega zraka. Za analizo so primerni vzorci, katerih čas vzorčenja je bil natančno 24 ur. Vzorčenje poteka na filtrih - uporabljajo se stekleni filtri (Munktell) premera 47 mm.

Določitev benzo(a)pirena na filtrih poteka z metodo visoko ločljive tekočinske kromatografije s fluorescenčnim detektorjem (HPLC-FLD) po standardu SIST ISO 16362:2005. Analitska metoda je v obsegu akreditacije ZZV Maribor po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005, listina št. LP-014.

Spodnja meja vrednotenja za preiskave benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ je v tabeli 3.1.

Tabela 3.1: Spodnja meja vrednotenja (Loq) – benzo(a)piren v delcih PM₁₀

| Onesnaževalo | Spodnja meja vrednotenja - Loq | |
|----------------------|---------------------------------------|--|
| | <i>ng/vzorec</i> | <i>ng/m³ (pri 20 m³)</i> |
| <i>Benzo(a)piren</i> | 2 | 0,1 |

Kakovost se zagotavlja v sklopu akreditacije merilne metode.

3.1.6 ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI

Kakovost meritev se zagotavlja na več nivojih in sicer:

1. Dnevne funkcijске kontrole:
 - a. Na merilnikih ozona in dušikovih oksidov poteka dnevno samodejno preverjanje (funkcijска kontrola);
2. Notranje preverjanje:
 - a. Pri referenčnih merilnikih delcev (PM₁₀) se vsake tri mesece vrši preverjanje pretoka z referenčno plinsko uro in tesnosti sistema;
3. Zunanje preverjanje:
 - a. Pri merilnikih ozona se vsakih šest mesecev vrši preverjanje merilnikov z zunanjim izvorom s strani serviserja opreme;
 - b. Pri merilnikih dušikovih oksidov se vsake tri mesece vrši preverjanje z zunanjim izvorom – kalibracijskim plinom – s strani serviserja opreme;
 - c. Nereferenčni merilnik delcev (TEOM) se preverja enkrat letno z referenčnim filtrom s strani serviserja opreme;
 - d. Merilniki ozona in dušikovih oksidov so enkrat letno preverjeni v Umerjevalnem laboratoriju na ARSO;
 - e. Referenčni merilniki delcev so vključeni v redne primerjalne meritve, ki jih organizira ARSO.

Meseca maja 2011 smo se s tremi referenčnimi merilniki delcev PM₁₀ udeležili primerjalnih meritov (9 laboratorijev), ki jih je organiziral ARSO, in so potekale v obdobju od 13.5. do 26.5.2011. Meritve so vključevale tudi kemijske analize delcev PM₁₀ na vsebnost benzo(a)pirena (štirje laboratoriji). V nadaljevanju podajamo krajši povzetek tega poročila.¹

1. Določitev koncentracij PM₁₀: Sodelovalo je 14 merilnikov z dnevnimi vzorci, na osnovi izračuna z – vrednosti so ocenili, da so bile meritve z devetimi merilniki zadovoljive v celotnem obdobju, med temi merilniki sta bila tudi dva v lasti ZZV Maribor. Posamezne vprašljive meritve so pripisali petim merilnikom in sicer dvema merilnikoma enkrat (med njimi tudi en naš), enemu merilniku dvakrat in enemu merilniku šestkrat.
2. Določitev koncentracij PAH na filtrih z delci PM₁₀, pri katerih je sodelovalo 7 merilnikov, so pokazale: Pri enem udeležencu so bile vse meritve pod mejo detekcije, zato se te meritve niso upoštevale pri izračunih. Na osnovi izračunanih En-vrednosti se je ocenilo, da so bile meritve štirih udeležencev zadovoljive v celotnem obdobju primerjave (med temi sta bili dve naši določitvi), enemu udeležencu so pripisali eno (ena od naših treh), enemu pa pet nezadovoljivih meritov.

Pri določitvi koncentracije PAH na delcih na filtrih, ki so bili poslani s strani ARSO, so sodelovali štirje udeleženci. Pri enem udeležencu je bil en set meritov pod mejo detekcije, tako da teh meritov niso upoštevali pri izračunih, meritve preostalih treh udeležencev so bile izvedene ustrezno, med njimi tudi naše, uporabljeni za izvedbo meritov v merilni mreži Maribora in sosednjih občin.

¹ Medlaboratorijska primerjava ARSO 2011, avgust 2011, Izdajatelj: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, urednik mag.Tanja Bolte

3.2 DRŽAVNA MERILNA MREŽA (CENTER)

Na avtomatski merilni postaji v državni merilni mreži ugotavljajo kakovost zunanjega zraka in meteorološke parametre. Podatki o merilni opremi so v tabeli 3.2. Zaradi težav z merilno opremo lahko med letom pride do zamenjave določenega merilnika z drugim, prav tako ustreznim, ki uporablja referenčno metodo. Avtomatski merilniki so testirani po predpisih ameriške agencije za okolje (Environmental Protection Agency, EPA).

Tabela 3.2: Merilna oprema in metode merjenja za avtomatske meritve v mreži DMKZ²

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

Legenda:

(g) - plinasta faza
(p) - detec (trdni in/ali kapljica)

Princip delovanja merilne opreme za NO₂, NO_x, O₃ in delce PM₁₀ in PM_{2,5} (referenčna in nereferenčna metoda), navedene v zgornji tabeli, je podrobnejše opisan v predhodnih poglavjih, saj ARSO uporablja enako merilno opremo. Ostala merilna oprema (CO, benzen) uporablja referenčne metode. Dodatno opisujemo le FDMS sistem, ki je priključen na nereferenčni merilnik delcev PM₁₀ TEOM. FDMS (Filter Dynamics Measurements System) zagotavlja, da merilnik ugotavlja nehlapni in hlapni del; slednji se pri običajnem nereferenčnem merilniku zaradi povišane temperature v merilnem delu sicer izgubi, kar se kompenzira z upoštevanjem korekcijskega faktorja.

Kalibracijo merilnikov s testnimi plini iz jeklenk ali s kalibratorjem opravljajo na merilni postaji najmanj dvakrat letno, vedno ob neustreznem rezultatu avtomatske funkcionalne kontrole in po takšnem posegu na merilniku, ki vpliva na njegovo občutljivost. Nereferenčni merilnik

² Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2010, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana, ISSN 1855-0827, julij 2011

delcev PM₁₀ umerjajo še z referenčnim merilnikom. Funkcijske kontrole merilnikov se izvedejo avtomatsko na vsakih 24 ur, izvajajo pa jih tudi ročno s testnimi plini iz jeklenk in s kalibratorjem. Rezultate vseh meritev beleži avtomatska postaja in izračuna povprečne polurne vrednosti. Po prenosu podatkov na ARSO podatke preverijo in obdelajo. Zajem vzorca zunanjega zraka je na strehi postaje, na višini okoli 4 m od tal. Vsi merilniki so testirani v Umerjevalnem laboratoriju ARSO, ki ima veljaven status referenčnega laboratorija za področje kakovosti zunanjega zraka, v predpisanih časovnih obdobjih v skladu z zakonodajo in standardi.

Senzorji za meteorološke parametre (hitrost in smer vetra, relativna vlažnost in temperatura zraka) so nameščeni na drogu nad merilno postajo.

Vzorčenje delcev PM₁₀ za analizo na težke kovine (svinec, arzen, nikelj in kadmij) in policiklične aromatske ogljikovodike (benzo(a)piren) poteka z referenčnim merilnikom 24 ur, vzorci se praviloma analizirajo vsak drugi dan. Analiza vzorcev poteka v laboratoriju ARSO z metodami, opisanimi v poglavjih 3.4 in 3.5.

4 ZAKONSKI OKVIR

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

- Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 9/11,
- Uredba o arzenu, 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,
- Odredba o določitvi območja in razvrstitev 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.

Mejne in ciljne vrednosti za varovanje zdravja ljudi so v tabeli 4.1. Ciljna vrednost za b(a)p v delcih PM₁₀ je postavljena za leto 2013.

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 | ng/m ³ | | | | | 1** |
| svinec | µg/m ³ | | | | | 0,5 |
| arzen | ng/m ³ | | | | | 6** |
| kadmij | ng/m ³ | | | | | 5** |
| nikelj | ng/m ³ | | | | | 20** |

ŠT dovoljeno število preseganj v koledarskem letu

* osemurna mejna vrednost

** ciljna vrednost

*** v koledarskem letu triletnega povprečja

Kritični vrednosti za varstvo rastlin za žveplov dioksid in skupne 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 |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|
| skupni dušikovi oksidi | koledarsko leto in zima | 30 µg/m ³ |
| žveplov dioksid | koledarsko leto in zimski čas | 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h |

* AOT40 se izračuna kot vsota razlike med izmerjenimi urnimi koncentracijami, večjimi od $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in vrednostjo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 | Ciljna oz. alarmna vrednost |
|--------------|---------------------------|------------------------------|
| ozon | 1 ura | $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| ozon | 1 ura (tri zaporedne ure) | $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |

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 | $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| dušikov dioksid | 3 zaporedne ure | $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |

Vrednosti spodnjega in zgornjega ocenjevalnega praga so v tabelah 4.6 in 4.7.

Tabela 4.6: Vrednosti zgornjega ocenjevalnega praga

| Onesnaževalo | Enota | URNA | URNA | DNEVNA | DNEVNA | LETNA |
|-------------------------|--------------------------|-------|------|--------|--------|-------|
| | | mejna | ŠT | mejna | ŠT | mejna |
| žveplov dioksid | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | 75 | 3 | 12 |
| dušikov dioksid | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 140 | 18 | - | - | 32 |
| dušikovi oksidi | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | - | - | 24 |
| delci PM ₁₀ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | 30 | 7 | 14 |
| delci PM _{2,5} | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | - | - | 17 |
| ogljikov monoksid | mg/m^3 | - | - | - | - | 7 |
| benzen | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | - | - | 3,5 |
| svinec | ng/m^3 | - | - | - | - | 350 |
| kadmij | ng/m^3 | - | - | - | - | 3,0 |
| arzen | ng/m^3 | - | - | - | - | 3,6 |
| nikelj | ng/m^3 | - | - | - | - | 14 |
| benzo(a)piren | ng/m^3 | - | - | - | - | 0,6 |

Tabela 4.7: Vrednosti spodnjega ocenjevalnega praga

| Onesnaževalo | Enota | URNA mejna | URNA št | DNEVNA mejna | DNEVNA št | LETNA mejna |
|-------------------------|--------------------------|---------------|------------|-----------------|--------------|----------------|
| žveplov dioksid | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | 50 | 3 | 8 |
| dušikov dioksid | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 100 | 18 | - | - | 26 |
| dušikovi oksidi | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | - | - | 19,5 |
| delci PM ₁₀ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | 20 | 7 | 10 |
| delci PM _{2,5} | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | - | - | 12 |
| ogljikov monoksid | mg/m^3 | - | - | - | - | 5 |
| benzen | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | - | - | - | - | 2,0 |
| svinec | ng/m^3 | - | - | - | - | 250 |
| kadmij | ng/m^3 | - | - | - | - | 2,0 |
| arzen | ng/m^3 | - | - | - | - | 2,4 |
| nikelj | ng/m^3 | - | - | - | - | 10 |
| benzo(a)piren | ng/m^3 | - | - | - | - | 0,4 |

Najmanjša časovna pokritost podatkov za neprekinjene meritve na stalnem merilnem mestu za NO₂, NO_x, O₃, PM₁₀, benzen in CO je v skladu s Pravilnikom 90 %, za težke kovine 50 % in za benzo(a)piren 33 %. 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 primeru da rezultati ne dosegajo najmanjše časovne pokritosti, 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 razvršča posamezna območja in aglomeracije v I. ali II. stopnjo onesnaženosti zraka:

- I. stopnja onesnaženosti zraka se 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 določi, če raven onesnaževala ne presega mejne ali ciljne vrednosti.

5 REZULTATI MERITEV

Podrobnejši rezultati meritev so bili predstavljeni v mesečnih poročilih. V tem poglavju navajamo povprečne letne vrednosti, povprečne in najvišje vrednosti za posamezna merilna obdobja, kratkotrajne vrednosti, preseganja ter druge značilnosti kakovosti zunanjega zraka v primerjavi z normativnimi vrednostmi. 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. Rezultati stalnih meritev so pridobljeni iz polurnih oziroma urnih podatkov. 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 preseganje. Poudarjena vrednost v tabeli pomeni preseganje predpisane kratkotrajne mejne vrednosti, vendar pa je za končno oceno merodajno le skupno število preseganj. »Zimski čas« se nanaša na mesece januar, februar, marec ter oktober, november in december v tekočem letu. »Poletni čas« predstavlja mesece april do september.

5.1 DUŠIKOV DIOKSID IN SKUPNI DUŠIKOVI OKSIDI (CENTER)

Meritve kakovosti zraka z dušikovimi oksidi (merijo se dušikovi oksidi skupno, dušikov monoksid in dušikov dioksid, navajata pa dušikov dioksid in skupni dušikovi oksidi) potekajo v Centru od leta 1992. Rezultati meritev za dušikov dioksid so v tabeli 5.1. Za vrednotenje rezultatov je bilo 95 % veljavnih urnih podatkov.

Tabela 5.1: Kakovost zraka z NO₂ - merilno mesto Center

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Mejna |
|-------------------------|---|-------|
| Letna srednja vrednost | 34 | 40 |
| Zimski čas | 38 | |
| Poletni čas | 30 | |
| $C_1 \max$ | 138 | 200 |
| Število preseganj C_1 | 0 | 18 |

Mejna letna vrednost ni bila presežena. Preseganj mejne urne vrednosti v koledarskem letu ni bilo, prav tako ne alarmne vrednosti.

Rezultati meritev skupnih dušikovih oksidov so v tabeli 5.2. Za vrednotenje rezultatov je bilo veljavnih 95 % urnih podatkov.

Tabela 5.2: Kakovost zraka z NO_x - merilno mesto *Center*

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Kritična |
|------------------------|---|----------|
| Letna srednja vrednost | 70 | 30 |
| Zimski čas | 89 | 30 |
| Poletni čas | 52 | |

Oceno tveganj za rastlinstvo in naravne ekosisteme zaradi onesnaženosti zraka in skladnosti s kritičnimi vrednostmi se izvaja le na krajih zunaj pozidanih območij.

5.2 OZON (CENTER)

Meritve vsebnosti ozona v zraku potekajo v okviru državne mreže v Centru od leta 1997. Za vrednotenje rezultatov je bilo **71 %** veljavnih urnih podatkov. Rezultati so v tabeli 5.3.

Tabela 5.3: Vsebnost O₃ v zraku - *merilno mesto Center*

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ciljna oz. alarmna |
|--|---|--------------------|
| <i>Letna srednja vrednost</i> | 36 | |
| <i>Poletni čas</i> | 55 | |
| <i>C₈ max</i> | 120 | 120 |
| <i>Število preseganj C₈ ciljne</i> | 0 | 25 |
| <i>C₁ max</i> | 127 | 180* |
| <i>Število preseganj C₁ opozorilne/alarmne</i> | 0 / 0 | |
| <i>AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h</i> | 5596 | |
| <i>AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h (2007-2011)</i> | 5867 | 18000 |

Ciljna 8-urna vrednost ni bila presežena. Opozorilna in alarmna vrednost nista bili nikoli preseženi. Povprečje parametra AOT40 zadnjih petih let ne presega ciljne vrednosti za varstvo rastlin.

5.3 OZON (POHORJE)

Meritve vsebnosti ozona v zraku na Pohorju potekajo v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin od leta 1999. Za vrednotenje rezultatov je bilo 91 % veljavnih urnih podatkov. Rezultati so v tabeli 5.4.

Tabela 5.4: Vsebnost O₃ v zraku - merilno mesto Pohorje

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ciljna oz. alarmna |
|---|---|--------------------|
| Letna srednja vrednost | 80 | |
| Poletni čas | 96 | |
| <i>C₈ max</i> | 158 | 120 |
| Število preseganj C ₈ ciljne | 57 | 25 |
| <i>C₁ max</i> | 167 | 180* |
| Število preseganj C ₁ opozorilne/alarmne | 0 / 0 | |
| AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h | 20113 | |
| AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h (2007-2011) | 16573 | 18000 |

Ciljna 8-urna vrednost je bila presežena skupno v 57 dneh (od marca do oktobra, največ septembra), kar je več od 25 dovoljenih. Opozorilna vrednost ni bila presežena, prav tako ne alarmna. Povprečje parametra AOT40 zadnjih petih let je pod ciljno vrednostjo za varstvo rastlin.

5.4 DUŠIKOV DIOKSID, SKUPNI DUŠIKOVI OKSIDI, OZON (VRBANSKI PLATO)

Z optičnim merilnikom Opsis sta se ugotavljala NO₂ in O₃ v zraku že od leta 1995. Meritve so najprej potekale v Centru, lokacija Tabor pa je postala stalna lokacija merilne mreže Maribora in sosednjih občin leta 1999. V letu 2010 smo opustili meritve s tem merilnikom in pričeli uporabljati referenčna merilnika, ki sta obratovala od maja do novembra. Nato se je merilno mesto preselilo na Vrbanski plato.

V tabeli 5.5 so rezultati meritve za NO₂ (89 % veljavnih urnih podatkov), v tabeli 5.6 za NO_x (89 %) in v tabeli 5.7 za O₃ (87 %).

Tabela 5.5: Kakovost zraka z NO₂ - merilno mesto Vrbanski plato

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Mejna |
|-------------------------|---|-------|
| Letna srednja vrednost | 10 | 40 |
| Zimski čas | 13 | |
| Poletni čas | 6 | |
| $C_l \max$ | 68 | 200 |
| Število preseganj C_l | 0 | 18 |

Srednja letna koncentracija NO₂ je bila pod mejno letno vrednostjo. Mejna urna vrednost ni bila nikoli presežena, tudi preseganj alarmne vrednosti ni bilo.

Tabela 5.6: Kakovost zraka z NO_x - merilno mesto Vrbanski plato

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Kritična |
|------------------------|---|----------|
| Letna srednja vrednost | 14 | 30 |
| Zimski čas | 21 | 30 |
| Poletni čas | 18 | |

Srednja letna koncentracija skupnih dušikovih oksidov je bila pod kritično vrednostjo za varstvo rastlin, prav tako srednja vrednost samo v zimskem času.

Tabela 5.7: Vsebnost O₃ v zraku - merilno mesto *Vrbanski plato*

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ciljna oz. a |
|---|---|--------------|
| Letna srednja vrednost | 55 | |
| Poletni čas | 67 | |
| <i>C₈ max</i> | 158 | 120 |
| Število preseganj C ₈ ciljne | 35 | 25 |
| <i>C₁ max</i> | 163 | 180* |
| Število preseganj C ₁ opozorilne/alarmne | 0 | |
| AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h | 18264 | |
| AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).h (2007-2011) | / | 18000 |

Ciljna 8-urna vrednost je bila presežena skupno v 35 dneh (marec – 2, april – 9, maj – 10, junij – 1, avgust – 3, september – 4, oktober - 6). Opozorilna vrednost ni bila presežena, prav tako ne alarmna. Vrednost parametra AOT40 za leto 2011 je nekoliko nad ciljno vrednostjo za varstvo rastlin, povprečja za zadnjih pet let ne prikazujemo, saj meritve na tem merilnem mestu potekajo prvo leto.

5.5 DELCI PM₁₀ IN PM_{2,5}, TEŽKE KOVINE IN BENZO(A)PIREN V DELCIH PM₁₀ TER TEŽKE KOVINE V PM_{2,5} (CENTER, VRBANSKI PLATO – DMKZ)

Meritve koncentracij delcev PM₁₀ v državni merilni mreži na merilnem mestu Center potekajo od leta 2001. V letu 2011 so bile meritve z merilnikom TEOM (z FDMS) namenjene le prikazu trenutnega stanja, zato rezultatov v poročilu ne navajamo. Istočasno so meritve potekale z referenčnim merilnikom, katerih rezultati so zbrani v tabeli 5.8. Za vrednotenje je bilo 99 % veljavnih dnevnih podatkov.

Tabela 5.8: Kakovost zraka z delci PM₁₀ (referenčna metoda) - merilno mesto Center

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Mejna |
|-----------------------------------|---|-------|
| Letna srednja vrednost | 34 | 40 |
| Zimski čas | 45 | |
| Poletni čas | 24 | |
| C ₂₄ max | 115 | 50 |
| Število preseganj C ₂₄ | 65 | 35 |

Vsebnost delcev PM₁₀ v zraku je bila v Centru pod mejno letno vrednostjo. Najvišja izmerjena dnevna vrednost je bila nad mejno dnevno vrednostjo, skupno število preseganj mejne vrednosti je bilo 65, kar je nad dovoljeno vrednostjo v koledarskem letu. Vsa preseganja so bila v zimskem času (januar - 11, februar - 20, marec - 10, oktober - 2, november - 17, december - 5).

Meritve koncentracij delcev PM_{2,5} v državni merilni mreži potekajo na merilnem mestu Center od leta 2005 in na Vrbanskem platoju (mestno ozadje) od leta 2009. Rezultati meritvev so v tabelah 5.9 in 5.10. Za vrednotenje rezultatov je bilo v Centru veljavnih 99 % in na Vrbanskem platoju 100 % dnevnih podatkov.

Tabela 5.9: Kakovost zraka z delci PM_{2,5} - merilno mesto Center

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ciljna |
|------------------------|---|--------|
| Letna srednja vrednost | 25 | 25 |
| Zimski čas | 35 | |
| Poletni čas | 16 | |

Vsebnost delcev PM_{2,5} v Centru ni presegala ciljne letne vrednosti.

Tabela 5.10: Kakovost zraka z delci PM_{2,5} - merilno mesto Vrbanski plato

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ciljna |
|------------------------|---|--------|
| Letna srednja vrednost | 23 | 25 |
| Zimski čas | 32 | |
| Poletni čas | 14 | |

Vsebnost delcev PM_{2,5} je bila na Vrbanskem platoju pod ciljno letno vrednostjo.

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. Meritve potekajo od leta 2005 naprej. Rezultati meritev, prikazani kot letne povprečne vrednosti in najvišje izmerjene dnevne vrednosti, so v tabeli 5.11. V isti tabeli so v oklepaju tudi vsebnosti kovin v delcih PM_{2,5} (Center / Vrbanski plato), ki sicer nimajo mejne vrednosti. Vzorci za analizo so bili odvzeti v povprečju vsak drugi dan (skupno 183 vzorcev) in so bili enakomerno razporejeni skozi celo koledarsko leto (časovna pokritost 50 %).

Tabela 5.11: Vsebnost težkih kovin v PM₁₀ - merilno mesto Center in vsebnost težkih kovin v PM_{2,5} - merilni mesti Center / Vrbanski plato

| Onesnaževalo | Letno povprečje (ng/m^3) | Najvišja dnevna koncentracija (ng/m^3) | Ciljna letna vrednost |
|--------------|---|---|-----------------------|
| Svinec | 11 (9,4 / 8,4) | 58 (48 / 61) | 500 |
| Nikelj | 3,2 (1,9 / 2,1) | 9,5 (5,4 / 13) | 20 |
| Kadmij | 0,46 (0,42 / 0,36) | 3,8 (2,9 / 1,9) | 5,0 |
| Arzen | 0,76 (0,55 / 0,60) | 5,8 (4,4 / 4,6) | 6,0 |

Srednja letna koncentracija posamezne kovine ni presegala posamezne ciljne vrednosti. Vsebnost kovin v delcih PM_{2,5} je absolutno nižja kot v delcih PM₁₀. Srednje letne koncentracije svinca v delcih PM_{2,5} so na Vrbanskem platoju glede na Center za 11 % nižje, niklja 10 % višje, kadmija 15 % nižje, arzena 10 % višje.

Meritve vsebnosti policikličnih aromatskih ogljikovodikov v delcih PM₁₀, od katerih navajamo le koncentracije benzo(a)pirena, ki ima normativno vrednost, so potekale na merilnem mestu Center z vzorci iz referenčnega merilnika. Meritve so se pričele izvajati šele leta 2009. Vzorci so bili odvzeti v povprečju vsak drugi dan (skupno 183 vzorcev) in so bili enakomerno razporejeni skozi celo koledarsko leto (časovna pokritost 50 %). Rezultati, prikazani kot letna povprečna in najvišja dnevna vrednost, so v tabeli 5.12.

Tabela 5.12: Vsebnost benzo(a)pirena v PM₁₀ - merilno mesto Center

| Onesnaževalo | Letno povprečje (ng/m ³) | Najvišja dnevna koncentracija (ng/m ³) | Ciljna letna vrednost |
|----------------------|---|---|-----------------------|
| <i>Benzo(a)piren</i> | 1,1 | 5,4 | 1,0 |

Srednja letna koncentracija benzo(a)pirena je presegala ciljno letno vrednost.

5.6 DELCI PM₁₀ IN BENZO(A)PIREN V DELCIH PM₁₀ (VRBANSKI PLATO, RUŠE, DUPLEK IN MIKLAVŽ NA DRAVSKEM POLJU)

Meritve koncentracij delcev potekajo v okviru merilne mreže Maribora in sosednjih občin od leta 1989. Pred letom 2000 so se ugotavljali skupni lebdeči delci, nato pa delci PM₁₀. Merilno mesto Tabor je obratovalo od leta 2002 do 2010, nato je bilo prestavljeno na lokacijo Vrbanski plato.

Rezultati meritev delcev PM₁₀, ki so v skladu z navodilom ARSO /12/ in dokazanim testom ekvivalence za poletni čas pomnoženi s faktorjem 1,0, za zimski čas pa s faktorjem 1,3, so v tabeli 5.13.

Za vrednotenje rezultatov je bilo 91 % veljavnih urnih podatkov.

Tabela 5.13: Kakovost zraka z delci PM₁₀ - merilno mesto Vrbanski plato

| Količina | Izmerjena koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Mejna |
|-----------------------------------|---|-------|
| Letna srednja vrednost | 25 | 40 |
| Zimski čas | 35 | |
| Poletni čas | 17 | |
| C ₂₄ max | 100 | 50 |
| Število preseganj C ₂₄ | 25 | 35 |
| C ₁ max | 188 | |

Vsebnost delcev PM₁₀ v zunanjem zraku je bila na Vrbanskem platoju pod mejno letno vrednostjo. Najvišja izmerjena dnevna vrednost je bila nad mejno vrednostjo, skupno število preseganj mejne vrednosti je bilo 25. Vsa preseganja so se pojavila v zimskem času (januar – 6, februar – 9, marec – 6, november – 4).

Meritve z referenčno merilno metodo za PM₁₀ v merilni mreži Maribora in sosednjih občin so potekale različne dele leta 2011 na različnih lokacijah (Ruše, Duplek in Miklavž na Dravskem polju). Vse rezultate (srednja vrednost in število prekoračitev mejne dnevne vrednosti) smo preračunali tudi na celotno koledarsko leto z upoštevanjem razmerja koncentracij med posameznim merilnim mestom in meritvami v Centru.

Delež rezultatov glede na celotno koledarsko leto in povprečna vrednost v merilnem obdobju, preračunana srednja letna vrednost in število prekoračitev so prikazani v tabeli 5.14.

Podrobnejša analiza rezultatov in primerjava z meritvami na ostalih merilnih mestih je v poglavjih Primerjava med merilnimi mesti in Sklepne ugotovitve.

Tabela 5.14: Kakovost zraka z delci PM₁₀ - merilna mesta Duplek/Ruše/Miklavž

| Merilno mesto | % letnih podatkov | Srednja koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Število prekoračitev mejne dnevne v merilnem obdobju | Preračunana srednja letna vrednost ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Preračunano letno število prekoračitev |
|---------------|-------------------|--|--|---|--|
| Duplek | 21 % | 41 | 21 | 34 | 57 |
| Ruše | 50 % | 19 | 4 | 24 | 11 |
| Miklavž | 46 % | 47 | 65 | 34 | 67 |

Merilno obdobje na posameznem merilnem mestu:

- Duplek: 15.10. - 31.12.2011
- Ruše: 02.07. - 31.12.2011
- Miklavž: 01.01. - 17.04., 29.10. - 31.12.2011

Srednja letna vrednost na nobenem merilnem mestu ni bila presežena, dovoljeno število prekoračitev v tekočem letu (35) je bilo preseženo v Miklavžu, po preračunu na celotno leto je bilo preseženo tudi na merilnem mestu v Dupleku.

Dodatno, ker zaradi različnih terminov meritev podatki niso neposredno medsebojno primerljivi, navajamo še povprečne vrednosti za skupno obdobje meritev (november in december):

- Duplek: 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 19 preseganj mejne dnevne vrednosti, 100 % delež podatkov,
- Ruše: 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 4 preseganja mejne dnevne vrednosti, 98 % delež podatkov,
- Miklavž: 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 preseganja mejne dnevne vrednosti, 100 % delež podatkov,
- Center: 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 22 preseganj mejne dnevne vrednosti, 97 % delež podatkov.

Meritve v Centru, Dupleku in Miklavžu so dale zelo podobne srednje koncentracije, tudi število prekoračitev je bilo podobno, Ruše pa so precej manj obremenjene z delci PM₁₀.

Meritve vsebnosti benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ so potekale na merilnem mestu Vrbanski plato. Meritve v Mariboru potekajo že od leta 1993. Vzorci za analizo (skupno 54 ali 15 % časa) so bili odvzeti v povprečju enkrat tedensko in so bili enakomerno razporejeni skozi vse leto. Rezultati meritev, prikazani kot povprečna letna in najvišja dnevna vrednost, so v tabeli 5.15.

Tabela 5.15: Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ - merilno mesto Vrbanski plato

| Onesnaževalo | Letno povprečje (ng/m^3) | Najvišja dnevna koncentracija (ng/m^3) | Ciljna letna vrednost |
|---------------|--|--|-----------------------|
| Benzo(a)piren | 0,43 | 1,6 | 1,0 |

Srednja letna koncentracija benzo(a)pirena ni presegala predpisane ciljne letne vrednosti.

V mesecu novembru in decembru 2011 smo na merilnih mestih Vrbanski plato, Miklavž (Nad izviri 6), Ruše in Spodnji Duplek izvedli dodatne analize na benzo(a)piren v delcih PM₁₀ (datumi vzorčenja 13.11., 19.12., 11.12., 15.12 in 21.12.2011). Za merilno mesto Maribor Center nam je rezultate za te dneve posredoval ARSO. Rezultati so prikazani v tabeli 5.16.

Tabela 5.16: Izmerjene koncentracije benzo(a)pirena na posamezen dan

| Datum/MM | Koncentracija b(a)p v PM ₁₀ v ng/m ³ | | | | |
|------------|--|------------|------|----------------|----------------|
| | Vrbanski plato | Miklavž *1 | Ruše | Spodnji Duplek | Maribor Center |
| 13.11.2011 | 0,4 | 5,7 | 1,2 | 5,4 | 2,5 |
| 09.12.2011 | 1,2 | 3,5 | 16,1 | 0,8 | 6,6 |
| 11.12.2011 | <0,2 | 4,0 | 6,4 | 3,1 | 2,9 |
| 15.12.2011 | 0,5 | 3,3 | 0,8 | 1,2 | 1,2 |
| 21.12.2011 | 0,3 | 13,2 | 1,8 | 8,5 | 2,9 |

Izračun srednje letne koncentracije za celotno koledarsko leto iz zgornjih koncentracij z upoštevanjem razmerja koncentracij med posameznim merilnim mestom in meritvami v Centru ni smiseln, saj so meritve potekale krajši čas in še to samo v zimskem času.

5.7 OGLJIKOV MONOKSID (CENTER)

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. Za vrednotenje rezultatov je bilo 99 % veljavnih urnih podatkov. Rezultati so v tabeli 5.17.

Tabela 5.17: Kakovost zraka s CO - merilno mesto Center

| Količina | Izmerjena koncentracija (mg/m ³) | Mejna |
|--|---|-------|
| Letna srednja vrednost | 0,7 | |
| Zimski čas | 0,9 | |
| Poletni čas | 0,4 | |
| C ₈ max | 2,6 | 10 |
| Število preseganj C ₈ mejne | 0 | |

Preseganj mejne 8-urne vrednosti ni bilo v celotnem koledarskem letu.

5.8 BENZEN (CENTER)

Meritve benzena so vključene v državno mrežo na merilnem mestu Centru. Meritve v Mariboru potekajo že od leta 2005. Za vrednotenje rezultatov je bilo 90 % veljavnih podatkov. Rezultati so v tabeli 5.18.

Tabela 5.18: Vsebnost benzena v zraku - merilno mesto Center

| Količina | Izmerjena koncentracija (µg/m ³) | Mejna |
|------------------------|--|-------|
| Letna srednja vrednost | 1,9 | 5 |
| Zimski čas | 2,9 | |
| Poletni čas | 0,9 | |

Preseganj mejne letne vrednosti ni bilo.

5.9 TEMPERATURA ZRAKA

5.9.1 CENTER

Za pravilno razumevanje kakovosti zunanjega zraka je pomembno poznavanje njegove temperature v obravnavanem obdobju, saj temperatura zraka v povezavi z drugimi meteorološkimi faktorji vpliva na procese v atmosferi in s tem tudi na kakovost zraka. Meritve temperature zraka v okviru DMKZ potekajo v Mariboru že od leta 1997.

Srednje mesečne temperature zraka na merilnem mestu Center so v tabeli 5.19. Veljavnih je bilo 99 % urnih podatkov.

Tabela 5.19: Srednje mesečne temperature zraka - *merilno mesto Center*

| Mesec | jan | feb | mar | apr | maj | jun | jul | avg | sep | okt | nov | dec | letna |
|------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|
| Temperatura (°C) | 1,5 | 1,4 | 7,4 | 14,3 | 17,2 | 20,8 | 21,3 | 22,8 | 20,1 | 11,0 | 4,1 | 3,3 | 12,2 |

5.9.2 VRBANSKI PLATO

Srednje mesečne temperature zraka na merilnem mestu Vrbanski plato so v tabeli 5.20. Veljavnih je bilo 96 % urnih podatkov.

Tabela 5.20: Srednje mesečne temperature zraka - *merilno mesto Vrbanski plato*

| Mesec | jan | feb | mar | apr | maj | jun | jul | avg | sep | okt | nov | dec | letna |
|------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|
| Temperatura (°C) | 0,3 | 0,5 | 6,1 | 12,7 | 15,7 | 19,4 | 19,7 | 21,1 | 18,4 | 9,7 | 4,0 | 1,8 | 11,1 |

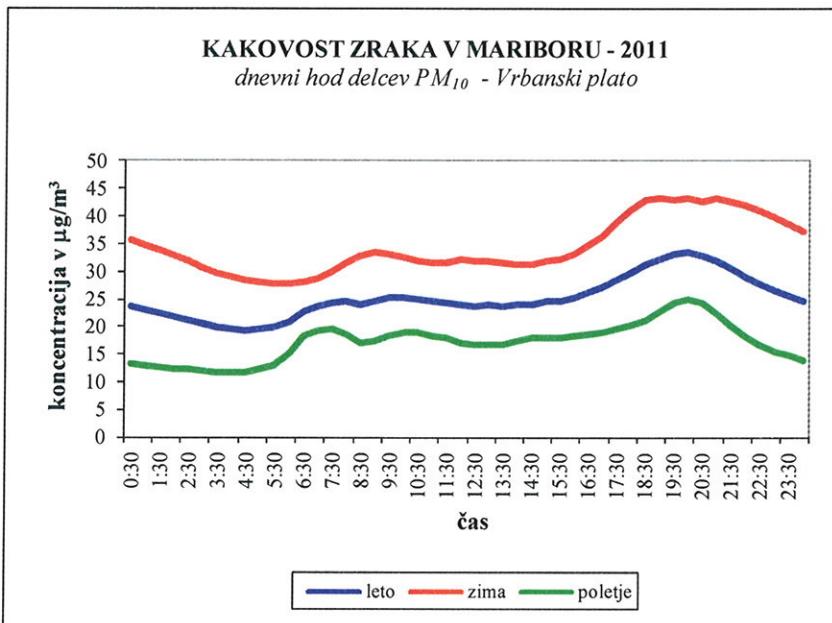
6 ZNAČILNOSTI

Neprekinjene meritve v daljem časovnem obdobju omogočajo spremljanje značilnih potekov kakovosti zraka v posameznih dnevih, mesecih, letnih časih ter ugotavljanje dolgoročnih potekov kakovosti zraka, kar imenujemo hodi. Prikaz časovne odvisnosti koncentracij v obliki hoda, ki ima običajno značilen potek za posamezno onesnaževalo, odraža dinamiko onesnaževanja zraka in nakazuje na možne vire. V tem poglavju so podrobnejše obdelane te značilnosti kakovosti zraka.

6.1 DNEVNI HODI

Dnevni hodi kažejo povprečen dnevni potek koncentracij posameznega onesnaževala v koledarskem letu, v zimskem in poletnem času. Dvourna drseča povprečja so izdelana za vsa merjena onesnaževala, ki se ugotavljajo kontinuirano na merilnih mestih Center, Vrbanski plato in Pohorje, in sicer iz urnih vrednosti, razen za delce PM₁₀ na Vrbanskem platoju in O₃ na Pohorju, ki so izračunani iz polurnih vrednosti.

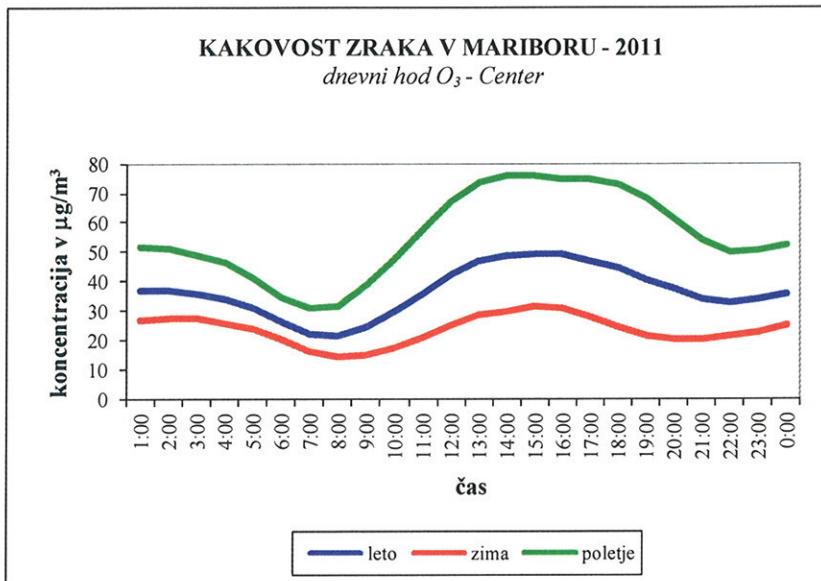
Dnevni hodi za koledarsko leto, zimski (»zima«) in poletni (»poletje«) čas so prikazani na slikah 6.1 - delci PM₁₀ Vrbanski plato, 6.2 – ozon Center, 6.3 – ozon Vrbanski plato, 6.4 – ozon Pohorje, 6.5 - dušikov dioksid Center, 6.6 - dušikov dioksid Vrbanski plato, 6.7 - skupni dušikovi oksidi Center, 6.8 – skupni dušikovi oksidi Vrbanski plato, 6.9 - ogljikov monoksid Center in na sliki 6.10 – benzen Center.



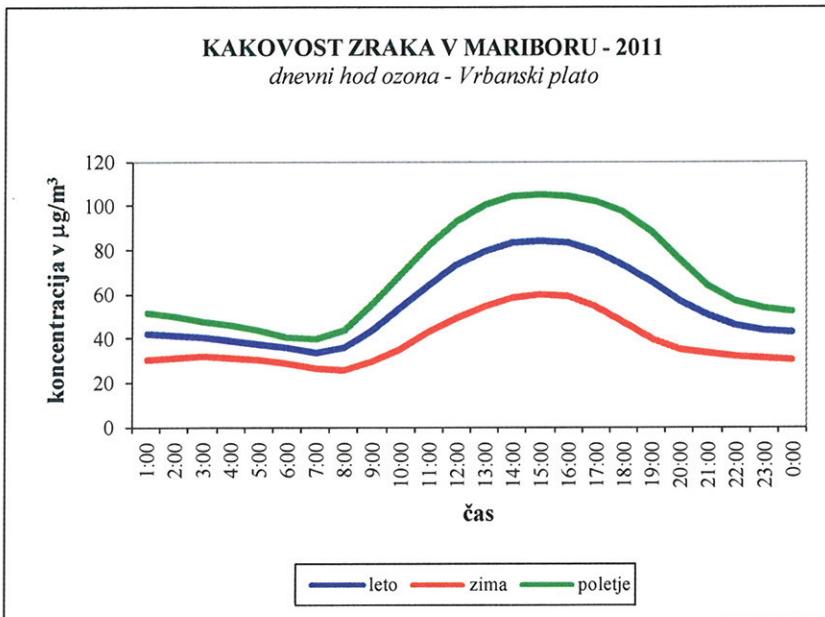
Slika 6.1: Dnevni hod koncentracij delcev PM₁₀, merilno mesto Vrbanski plato

Pri dnevnih hodih delcev PM₁₀ izstopata dva vrhova-jutranji in večerni. Dnevna hoda v zimskem in poletnem času sta zelo podobna in nista bistveno drugačna od poteka za celotno leto. Konice so iz leta v leto manj izrazite. Jutranji vrh se v poletnem času pojavi prej kot v zimskem času, večerni vrh pa ne kaže takšnih razlik. Zanimivo je tudi, da v nočnem času, ko so

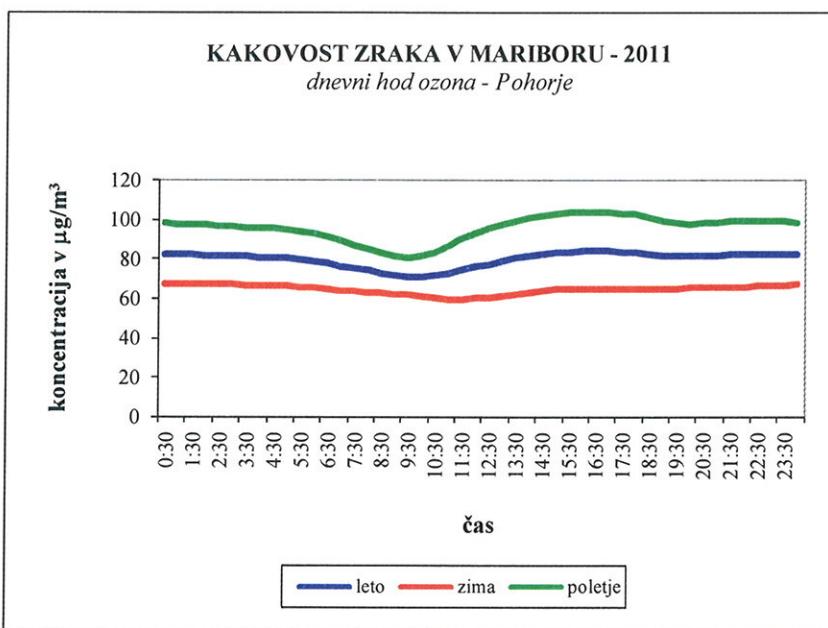
viri precej manj aktivni, koncentracije padejo, vendar je ta padec relativno majhen, kar nakazuje na visoke vrednosti ozadja.



Slika 6.2: Dnevni hod koncentracij O₃, merilno mesto Center

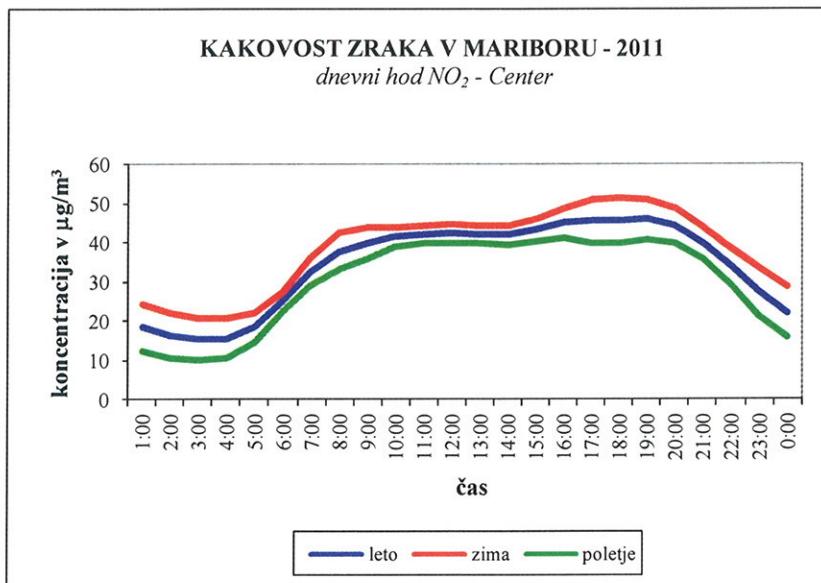


Slika 6.3: Dnevni hod koncentracij O₃, merilno mesto Vrbanski plato

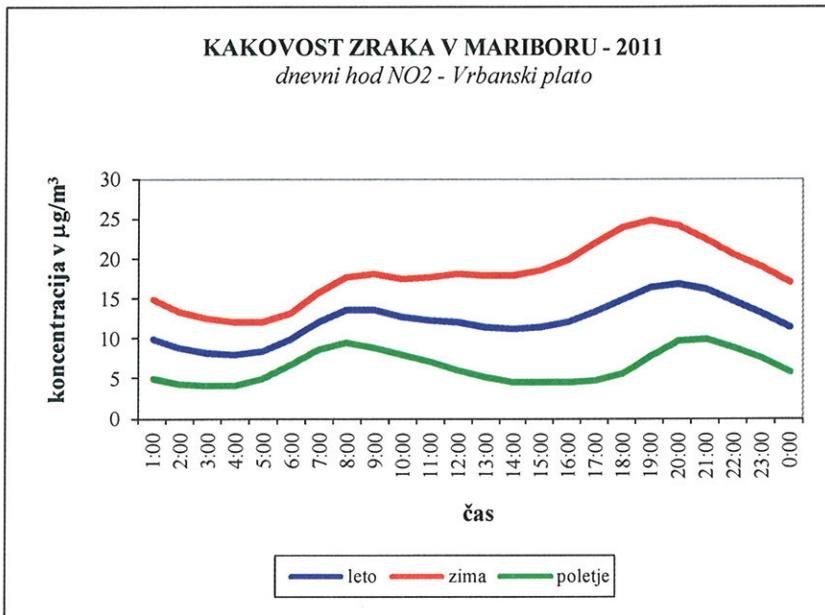
**Slika 6.4:** Dnevni hod koncentracij O₃, merilno mesto Pohorje

Dnevni hodi na Vrbanskem platoju in v Centru kažejo podobne značilnosti, dnevni potek na Pohorju pa ni poudarjen, vrednosti so sicer absolutno višje, ker ozon zaradi pomanjkanja NO preko noči le počasi razpada, prav tako nastanek preko dneva ni izrazit, saj ni svežih emisij predhodnikov.

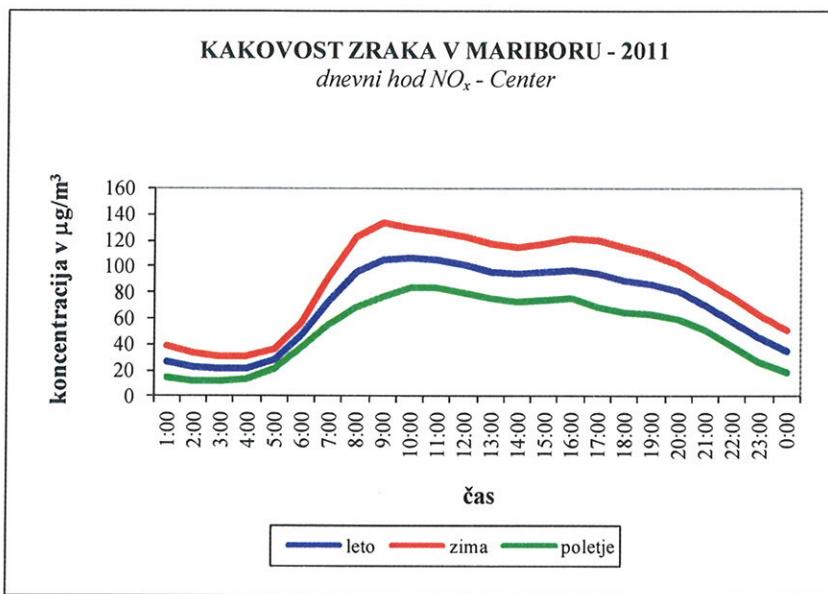
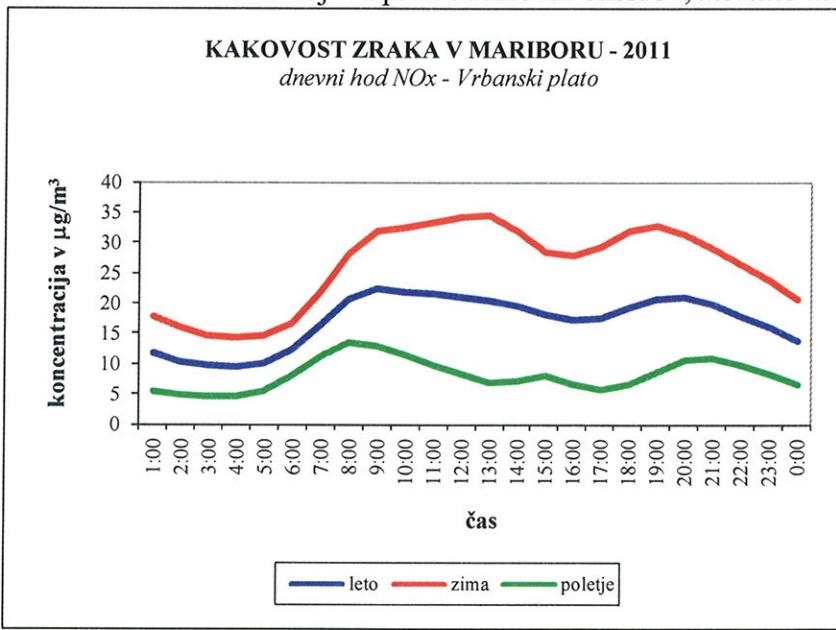
Preko noči poteka razpad ozona in koncentracija doseže najnižjo vrednost tik pred sončnim vzhodom. Vendar ponoči ves ozon ne razpade, saj ni svežih emisij NO, tako da vrednosti ne padajo na nič. S sončnim vzhodom se prične tvorba ozona, ki doseže najvišjo vrednost v času najmočnejšega sončnega obsevanja, to je med 13. in 17. uro poleti oziroma okoli 15. ure pozimi. Z upadanjem jakosti sonca v popoldanskem času se znižuje stopnja nastajanja ozona, dodatno se že pričenja njegov razpad. Razlike med zimskim in poletnim časom v vrednostih in v času pojavljanja koničnih vrednosti so povezane z jakostjo sončnega obsevanja in s časom sončnega vzhoda oz. zahoda.



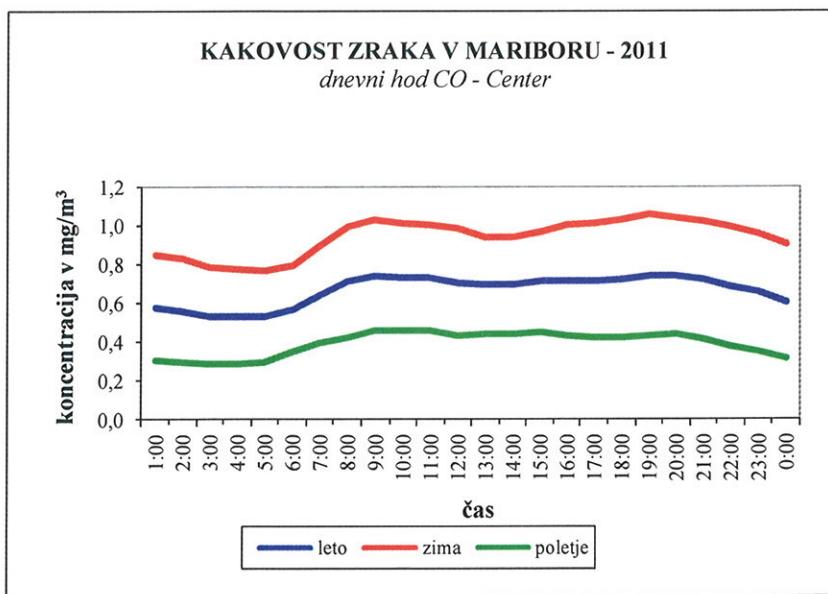
Slika 6.5: Dnevni hod koncentracij dušikovega dioksida, *merilno mesto Center*



Slika 6.6: Dnevni hod koncentracij dušikovega dioksida, *merilno mesto Vrbanski plato*

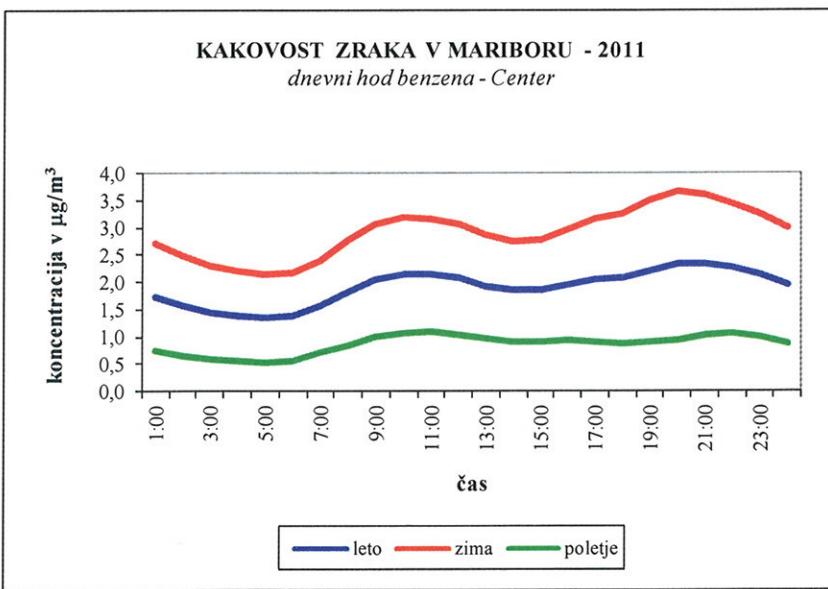
**Slika 6.7:** Dnevni hod koncentracij skupnih dušikovih oksidov, *merilno mesto Center***Slika 6.8:** Dnevni hod koncentracij skupnih dušikovih oksidov, *merilno mesto Vrbanski plato*

Hodi NO₂ in NO_x kažejo nizke vrednosti v zgodnjem jutranjem času, ko so viri malo aktivni, te snovi pa so vpletene tudi v razpad ozona, kar pomeni njihovo porabo (vendar ne v celoti) in znižanje koncentracij, tako da le te ostanejo na nizkem nivoju ozadja. Naraščanje v jutranjem času je povezano s svežimi emisijami iz vplivnih virov (promet, kurišča), ki se hitro po sončnem vzhodu prekine zaradi njihovega vključevanja v nastanek ozona. Nato sledi jutranja konica, povezana z aktivnostjo najpomembnejših virov (promet in kurišča). Preko dneva koncentracije malo upadejo, saj se očitno več dušikovih oksidov porabi za nastanek ozona, kot jih emitirajo viri. Proti večeru so koncentracije dušikovega dioksida najvišje v dnevu, še vedno so prisotne sveže emisije, vključevanje v nastanek ozona se preneha, saj je sončna svetloba že precej šibka. Po 19. uri se emisije znižujejo, saj se preostali dušikovi oksidi v zraku vključijo v razpad ozona. Koncentracije so višje v zimskem času, ko nastajanje ozona ni tako intenzivno.



Slika 6.9: Dnevni hod koncentracij ogljikovega monoksida, *merilno mesto Center*

Dnevni hod ogljikovega monoksida kaže praktično tri konice, ki so pa vse neizrazite. Jutranja konica je značilna za jutranje delovanje virov (kurišča in promet). V popoldanskem času se najprej pojavi kratkotrajna konica (pozimi nekoliko kasneje kot poleti), ki se nadaljuje v bolj izrazito večerno konico. Verjetno je dnevni hod tega onesnaževala najbolj povezan z gostoto prometa mimo merilnega mesta, sezonska razlika hodov pa z (ne)obratovanjem kurišč.



Slika 6.10: Dnevni hod koncentracij benzena, *merilno mesto Center*

Potek benzena je zelo podoben ogljikovem monoksidu in delcem PM₁₀, le da se večerni vrh, ki je tudi tu najvišji, pojavlja nekoliko kasneje.

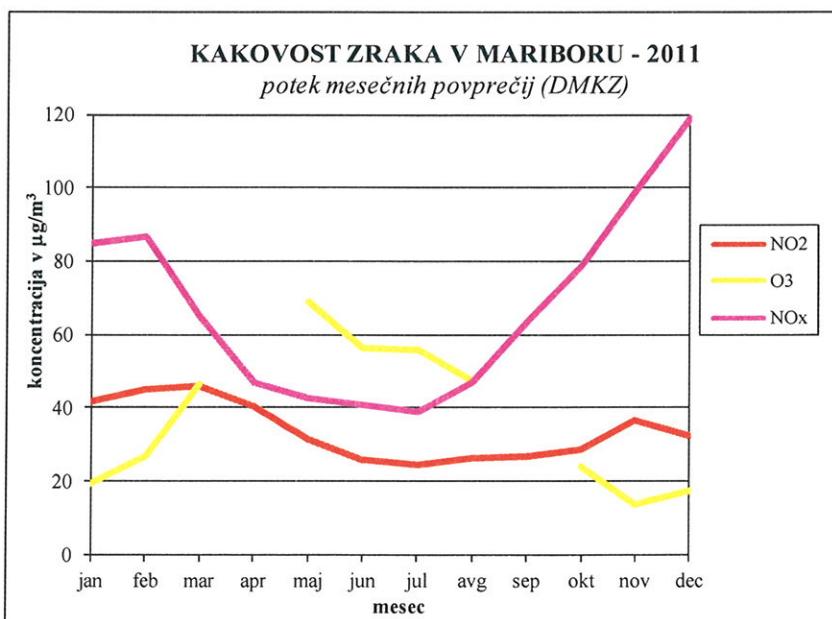
6.2 MESEČNI HODI

V tabeli 6.1 so srednje mesečne in najvišje kratkotrajne koncentracije NO₂, O₃ in PM₁₀ za Center v tabeli 6.2 pa za Vrbanski plato.

Grafično so mesečni hodi prikazani za NO₂, NO_x in O₃ na sliki 6.11 (Center) in 6.12 (Vrbanski plato), 6.13 za O₃ (Pohorje), 6.14 za PM₁₀ (Center in Vrbanski plato) in 6.15 PM_{2,5} (Center in Vrbanski plato), 6.16 benzo(a)piren v PM₁₀ (Center), 6.17 benzo(a)piren v PM₁₀ (Vrbanski plato), 6.18 svinec in kadmij v PM₁₀ (Center), 6.19 nikelj in arzen v PM₁₀ (Center), 6.20 CO (Center) in na sliki 6.21 benzen (Center).

Tabela 6.1: Mesečne vrednosti (NO₂, NO_x, O₃ in PM₁₀) v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - merilno mesto Center

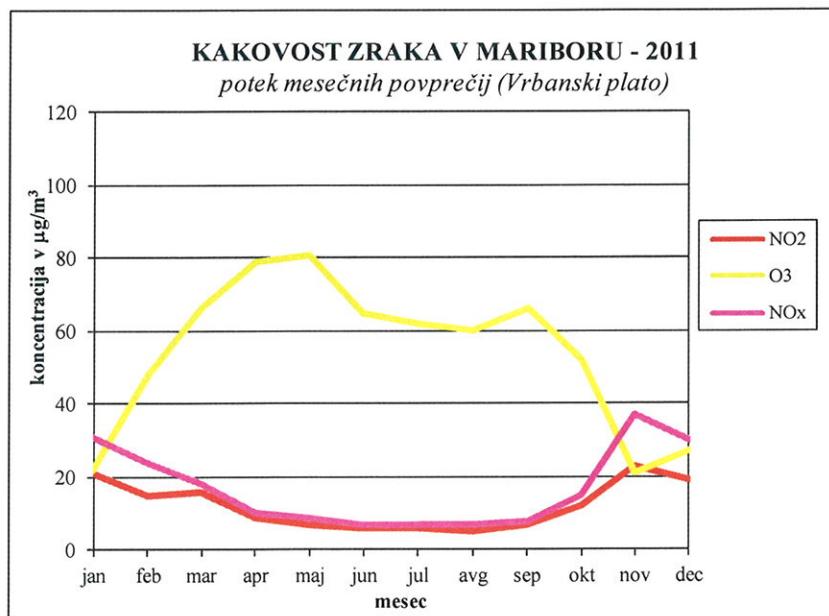
| mesec | NO ₂ | | NO _x | | O ₃ | | PM ₁₀ | |
|-----------|-----------------|-----|-----------------|-----|----------------|-------|------------------|-------|
| | mesec | ura | mesec | ura | mesec | 8-ura | ura | mesec |
| januar | 42 | 123 | 115 | 746 | 19 | 59 | 63 | 49 |
| februar | 45 | 138 | 101 | 624 | 27 | 65 | 71 | 63 |
| marec | 46 | 123 | 85 | 367 | 47 | 120 | 127 | 45 |
| april | 40 | 113 | 64 | 254 | | | | 28 |
| maj | 31 | 87 | 54 | 193 | 69 | 109 | 122 | 27 |
| junij | 26 | 84 | 47 | 205 | 56 | 113 | 116 | 24 |
| julij | 26 | 87 | 46 | 197 | 56 | 117 | 124 | 20 |
| avgust | 26 | 113 | 48 | 193 | 47 | 103 | 116 | 20 |
| september | 27 | 85 | 52 | 202 | | | | 23 |
| oktober | 29 | 93 | 59 | 240 | 24 | 65 | 76 | 26 |
| november | 37 | 85 | 92 | 403 | 14 | 58 | 63 | 52 |
| december | 33 | 109 | 83 | 520 | 18 | 60 | 68 | 37 |



Slika 6.11: Mesečne koncentracije NO₂ in NO_x, O₃, merilno mesto Center

Tabela 6.2: Mesečne vrednosti (NO_2 , NO_x , O_3 in PM_{10}) v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - merilno mesto Vrbanski plato

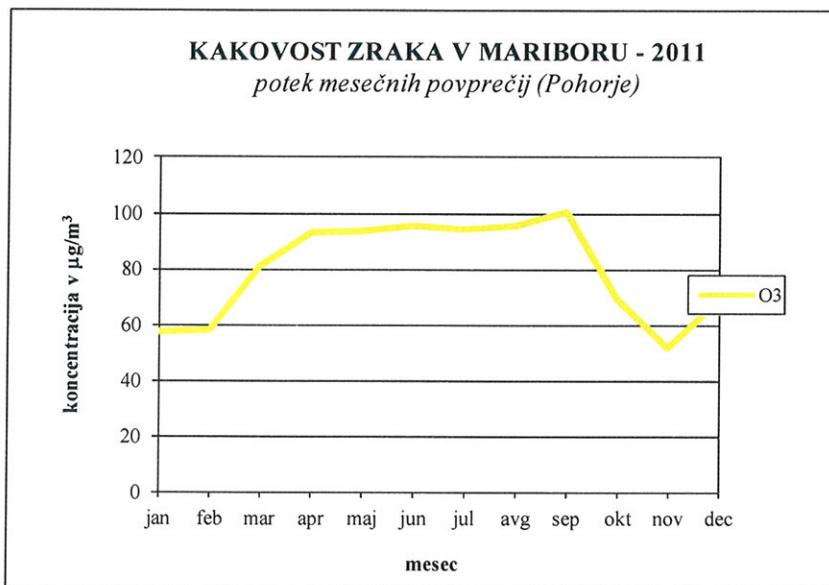
| mesec | NO_2 | | NO_x | | mesec | O_3 | | PM_{10} | |
|-----------|--------|-----|--------|-----|-------|-------|-----|-----------|-----|
| | mesec | ura | mesec | ura | | 8-ur | ura | mesec | dan |
| januar | 21 | 47 | 31 | 138 | 22 | 73 | 77 | 37 | 100 |
| februar | 15 | 31 | 24 | 89 | 48 | 79 | 83 | 47 | 86 |
| marec | 16 | 57 | 18 | 160 | 66 | 128 | 137 | 36 | 89 |
| april | 9 | 41 | 10 | 55 | 79 | 151 | 157 | 20 | 31 |
| maj | 7 | 30 | 9 | 59 | 81 | 158 | 163 | 18 | 35 |
| junij | 6 | 32 | 7 | 45 | 65 | 122 | 136 | 15 | 23 |
| julij | 6 | 33 | 7 | 53 | 62 | 113 | 130 | 14 | 30 |
| avgust | 5 | 27 | 7 | 39 | 60 | 143 | 156 | 18 | 36 |
| september | 7 | 22 | 8 | 166 | 66 | 148 | 162 | 19 | 41 |
| oktober | 12 | 49 | 15 | 92 | 52 | 143 | 162 | 24 | 49 |
| november | 23 | 68 | 37 | 279 | 21 | 100 | 106 | 44 | 80 |
| december | 19 | 65 | 30 | 230 | 27 | 85 | 129 | 22 | 45 |



Slika 6.12: Mesečne koncentracije NO_2 in NO_x , O_3 , merilno mesto Vrbanski plato

Tabela 6.3: Mesečne vrednosti (O_3) v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - merilno mesto Pohorje

| mesec | O_3 | | |
|-----------|-------|------|-----|
| | mesec | 8-ur | ura |
| januar | 58 | 80 | 82 |
| februar | 58 | 92 | 98 |
| marec | 81 | 123 | 127 |
| april | 93 | 136 | 138 |
| maj | 94 | 128 | 136 |
| junij | 96 | 139 | 144 |
| julij | 95 | 143 | 151 |
| avgust | 96 | 158 | 167 |
| september | 100 | 146 | 150 |
| oktober | 69 | 145 | 153 |
| november | 52 | 99 | 101 |
| december | 69 | 97 | 95 |

**Slika 6.13:** Mesečne koncentracije O₃, merilno mesto Pohorje

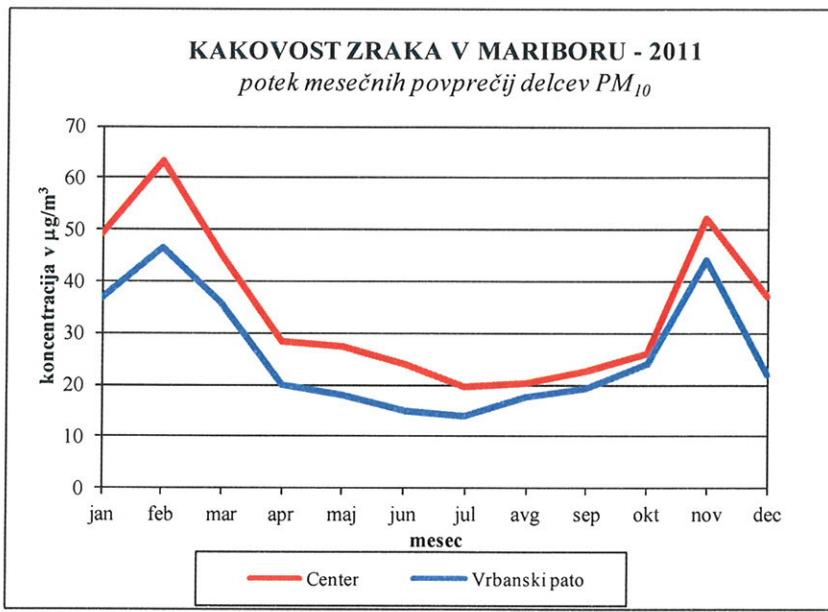
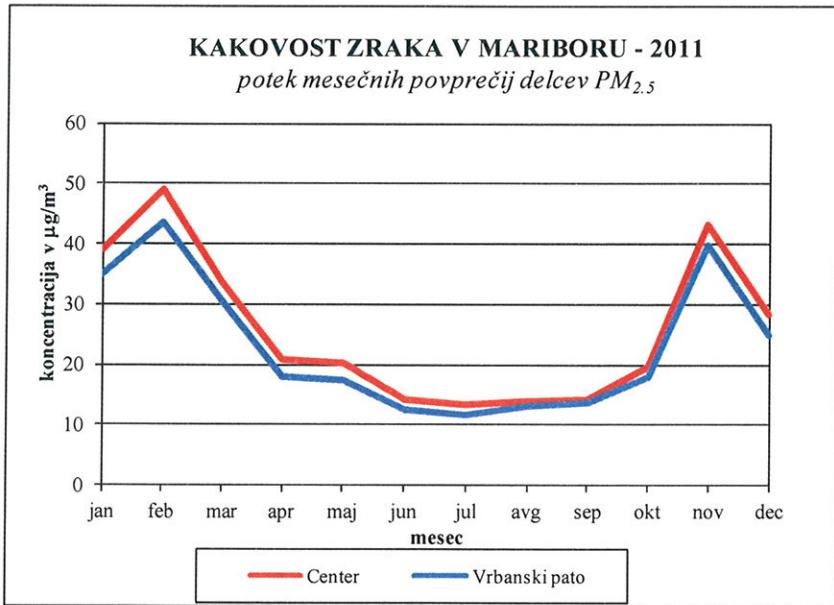
Srednje mesečne koncentracije NO₂ in NO_x kažejo značilen potek z višjimi vrednostmi v zimskem času, saj so nižje vrednosti poleti posledica sodelovanja pri nastanku ozona. Koncentracije O₃ so komplementarne dušikovim oksidom, z višjimi vrednostmi v poletnem ter nižjimi v zimskem času. Na koncentracije ozona, ki je fotokemični oksidant, vplivajo seveda predhodniki (dušikovi oksidi in lahkoklapne organske spojine) ter v največji meri sončno obsevanje, ki je bolj intenzivno v poletnem času.

Tabela 6.4: Mesečne vrednosti (delci PM_{10} in $PM_{2,5}$) v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - merilno mesto Center

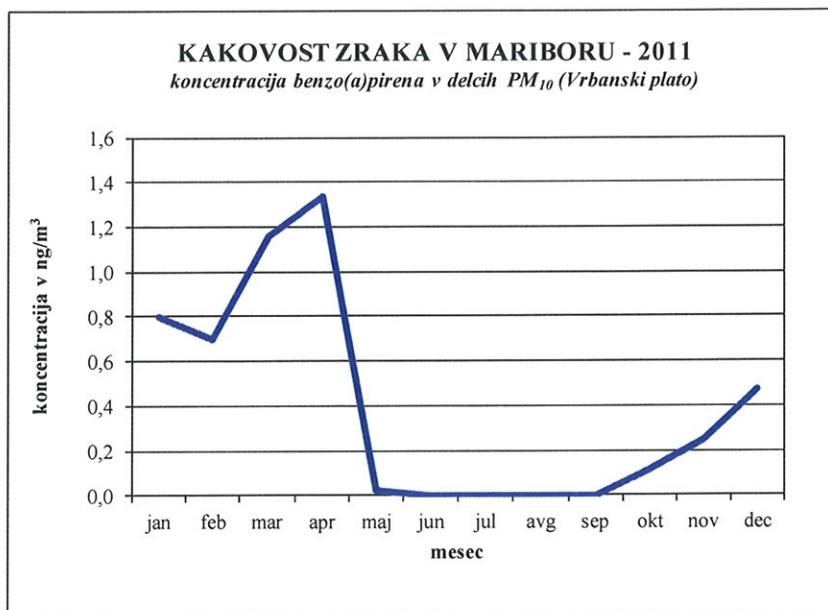
| mesec | PM_{10} | | $PM_{2,5}$ | |
|-----------|-----------|--------|------------|--------|
| | mesec | dnevna | mesec | dnevna |
| januar | 49 | 115 | 39 | 96 |
| februar | 63 | 98 | 49 | 83 |
| marec | 45 | 89 | 34 | 81 |
| april | 28 | 44 | 21 | 33 |
| maj | 27 | 46 | 20 | 31 |
| junij | 24 | 37 | 14 | 25 |
| julij | 20 | 31 | 13 | 22 |
| avgust | 20 | 36 | 14 | 24 |
| september | 23 | 42 | 14 | 29 |
| oktober | 26 | 58 | 20 | 44 |
| november | 52 | 91 | 43 | 74 |
| december | 37 | 59 | 28 | 49 |

Tabela 6.5: Mesečne vrednosti (delci PM_{10} in $PM_{2,5}$) v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - merilno mesto Vrbanski plato

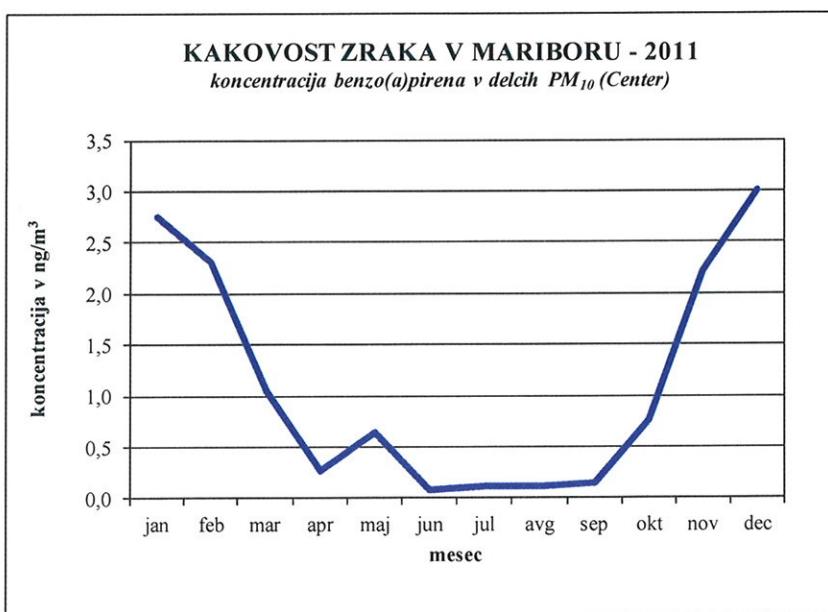
| mesec | PM_{10} | | $PM_{2,5}$ | |
|-----------|-----------|--------|------------|--------|
| | mesec | dnevna | mesec | dnevna |
| januar | 37 | 100 | 35 | 105 |
| februar | 47 | 86 | 44 | 77 |
| marec | 36 | 89 | 31 | 71 |
| april | 20 | 31 | 18 | 28 |
| maj | 18 | 35 | 18 | 27 |
| junij | 15 | 23 | 13 | 25 |
| julij | 14 | 30 | 12 | 17 |
| avgust | 18 | 36 | 13 | 22 |
| september | 19 | 41 | 14 | 31 |
| oktober | 24 | 49 | 18 | 42 |
| november | 44 | 80 | 40 | 71 |
| december | 22 | 45 | 25 | 42 |

Slika 6.14: Mesečne koncentracije delcev PM_{10} , merilni mestni Center in Vrbanski platoSlika 6.15: Mesečne koncentracije delcev $PM_{2,5}$, merilni mestni Center in Vrbanski plato

Potek srednjih mesečnih koncentracij delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ iz obeh merilnih mest kaže višje vrednosti v zimskem kot v poletnem času. Vzrok je v kuriščih, kot dodatnih virih delcev v zimskem času, v vremenski situaciji (dolgotrajnejše zadrževanje zračnih mas in s tem kopiranje onesnaževal v času visokega zračnega pritiska), verjetno tudi v daljinskem transportu onesnaženega zraka. Koncentracije delcev $PM_{2,5}$ skozi vse leto sledijo vrednostim PM_{10} . V zimskem času je v Centru v delcih PM_{10} kar 78 % delcev $PM_{2,5}$, v poletnem pa 68 %. Najnižje vrednosti delcev so se pojavljale julija, daleč najvišje pa februarja.

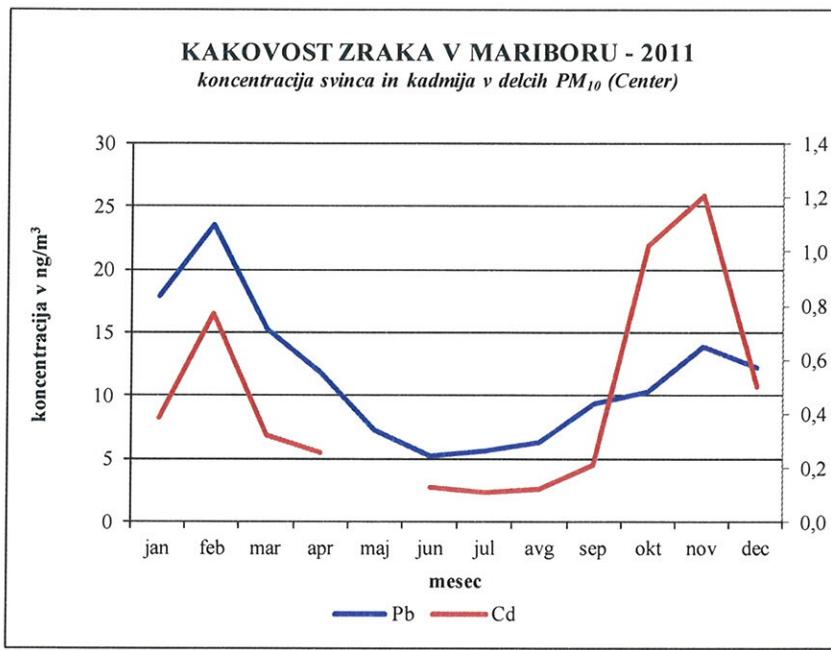
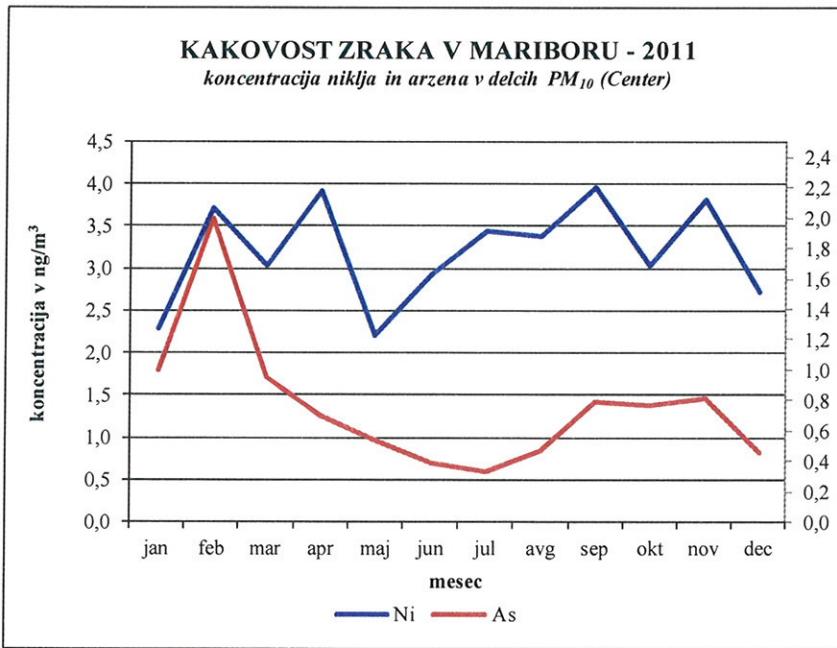


Slika 6.16: Mesečne koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM₁₀, merilno mesto *Vrbanski plato*

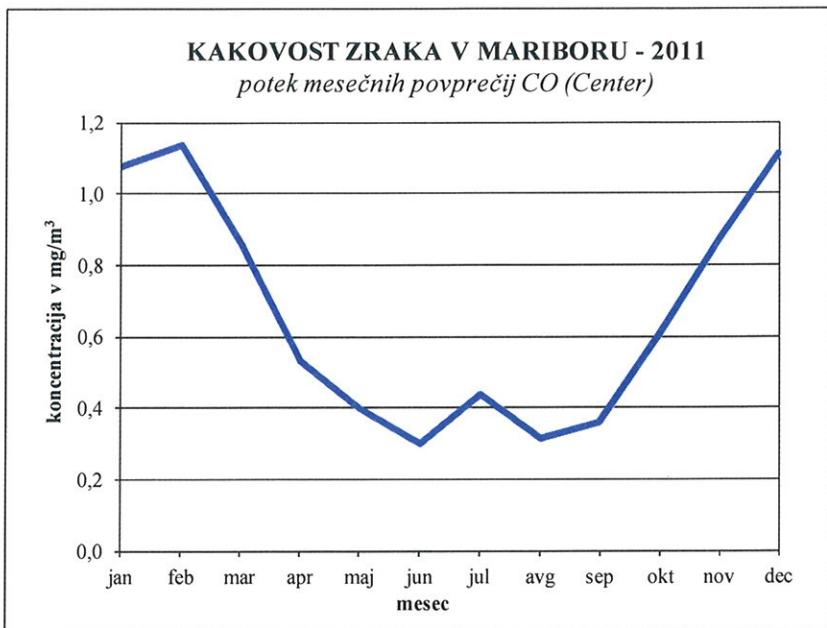


Slika 6.17: Mesečne koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM₁₀, merilo mesto *Center*

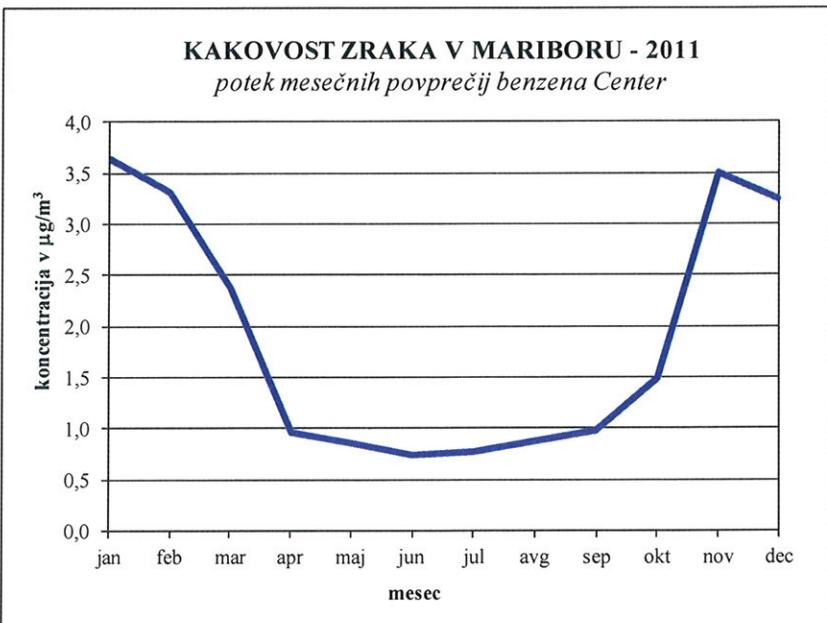
Benzo(a)pirena je v delcih PM₁₀ bistveno več v zimskem kot v poletnem času, kar kaže na prevladujoč vpliv kurišč in slabše zgorevanje goriv v vozilih. To velja za obe merilni mest.

Slika 6.18: Mesečne koncentracije svinca in kadmija v delcih PM₁₀, merilno mesto CenterSlika 6.19: Mesečne koncentracije niklja in arzena v delcih PM₁₀, merilno mesto Center

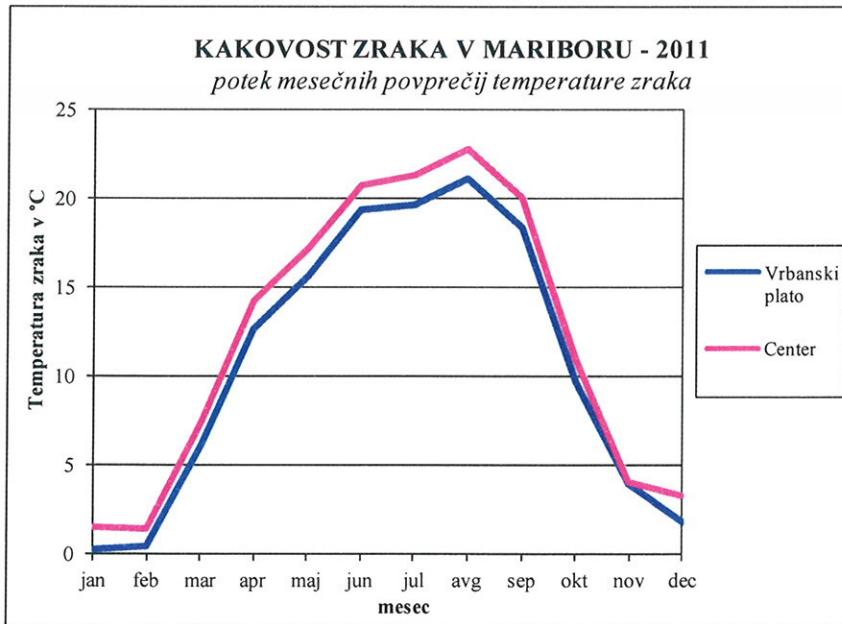
Mesečni poteki koncentracij svinca in kadmija v Centru kažejo, da je njuna vsebnost v delcih pozimi precej višja kot poleti. Pri arzenu v Centru velja enako pravilo, pri niklju pa so razlike manj očitne.

**Slika 6.20:** Mesečne koncentracije CO *merilno mesto Center*

Ogljikovega monoksida je v povprečju dvakrat več v zimskem kot v poletnem času, kar kaže na prevladajoč vpliv kurišč in slabših zgorevalnih razmer v vozilih.

**Slika 6.21:** Mesečne koncentracije benzena, *merilno mesto Center*

Meritve benzena v Centru kažejo bistveno višje koncentracije v zimskem kot v poletnem času, predvidevamo, da so razlogi enaki kot pri ogljikovem monoksidu, kot se je že pokazalo tudi pri dnevnih hodih.



Slika 6.22: Mesečne temperature zraka za Center in Vrbanski plato

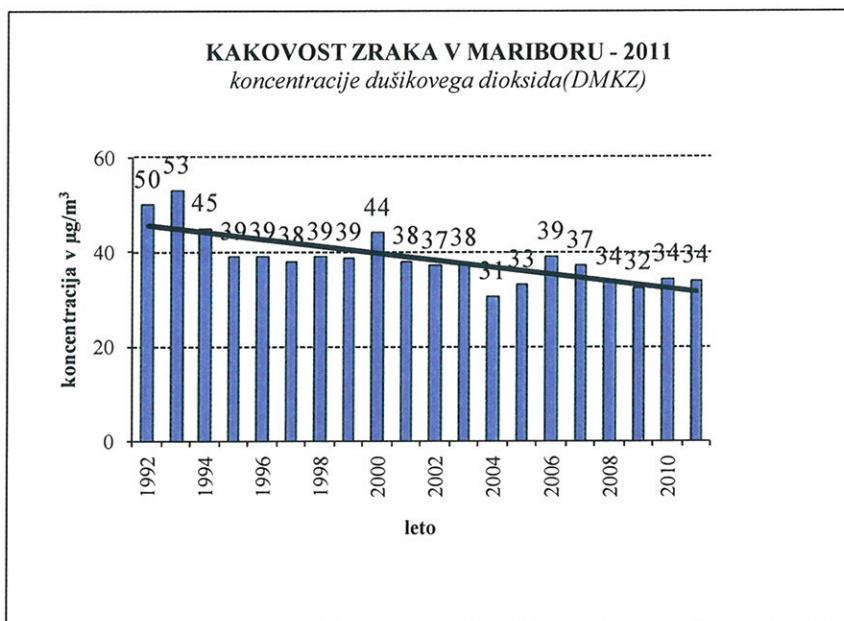
Temperatura zraka je bila praktično v vseh mesecih preteklega leta v Centru višja kot na Vrbanskem platoju.

6.3 DOLGOLETNI POTEKI KAKOVOSTI ZRAKA

V tem poglavju prikazujemo dolgoletne poteke stanja kakovosti zraka z merjenimi onesnaževali tabelično in na slikah, kjer je poudarjen tudi trend gibanja koncentracij. Slike so pripravljene le za tista merilna mesta, kjer so meritve potekale dalj časa, tako da za Vrbanski plato v glavnem potekov ne prikazujemo.

6.3.1 Dušikovi oksidi

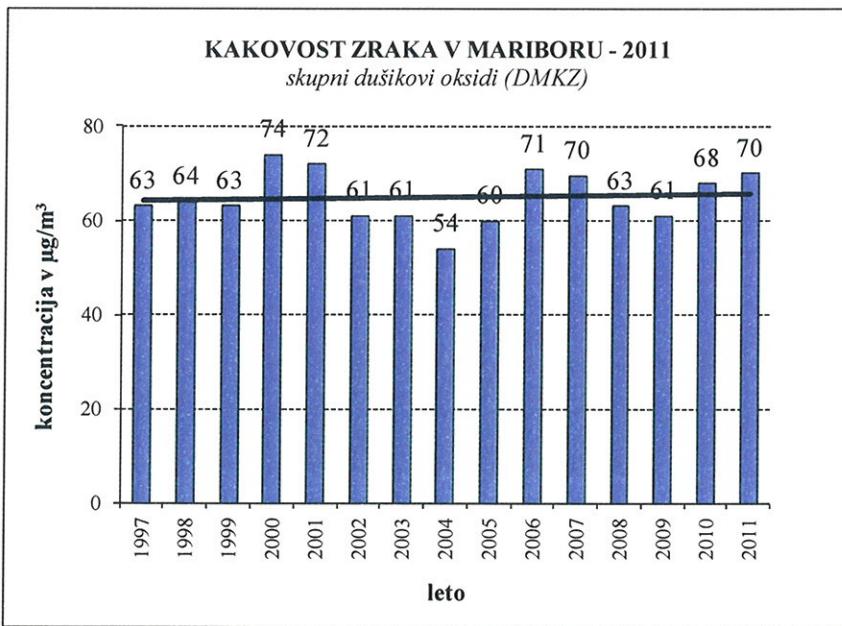
Srednje letne koncentracije NO₂ v Centru v letih 1992-2011 so na sliki 6.23.



Slika 6.23: Dušikov dioksid 1992-2011, merilno mesto Center

Najvišje koncentracije NO₂ so bile v Centru leta 1993, nato so se (z izjemo leta 2000) postopno zniževale in dosegla najnižjo vrednost leta 2004. Letno povprečje 2011 je bilo enako kot leta prej ter že od leta 2001 pod mejno letno vrednostjo.

Slika 6.24 prikazuje potek srednjih letnih koncentracij skupnih dušikovih oksidov, izmerjenih od leta 1997 na merilnem mestu Center.

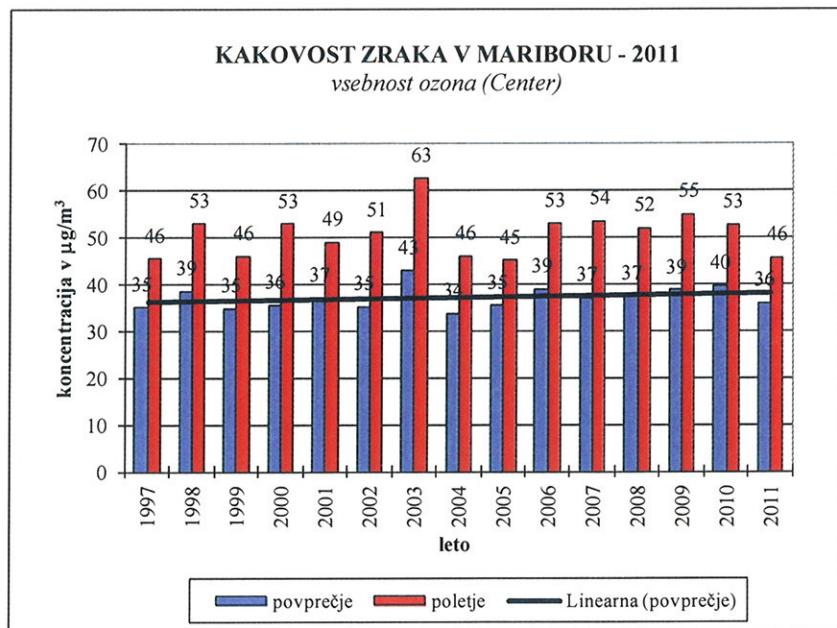


Slika 6.24: Skupni dušikovi oksidi 1997-2011, merilno mesto Center

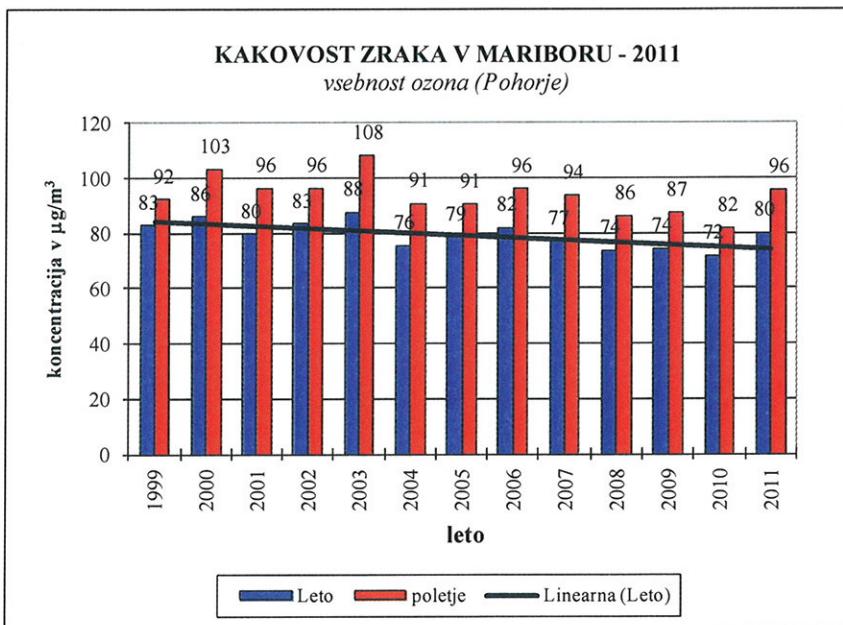
Linearni trend skupnih dušikovih oksidov v Centru je praktično ravna črta, vidi se, da koncentracije že od vsega začetka meritve nihajo okoli neke povprečne vrednosti, ki pa je nad mejno letno vrednostjo za varstvo rastlin v naravnem okolju.

6.3.2 Ozon

Meritve ozona v Centru potekajo že od leta 1995, na Pohorju pa od leta 1996, vendar se takrat niso izvajale celotno leto, stalne meritve v Centru pa so se pričele maja 1997. Na slikah prikazujemo srednje letne vrednosti in vrednosti v poletnem času skupaj z linearnim trendom letnih koncentracij za Center na sliki 6.25 in Pohorje na sliki 6.26.

**Slika 6.25:** Ozon 1997-2011, merilno mesto Center

Vsebnost ozona v zraku v Centru je bila leta 2011 najnižja doslej, razlog za to je najbrž majhen delež podatkov (69 %), saj podatkov ni za celi meseca april in september ter še pol oktobra. V teh mesecih so bile na primer koncentracije ozona na merilnem mestu Vrbanski plato visoke. Letni trend je usmerjen nekoliko navzgor.

**Slika 6.26:** Ozon 1999-2011, merilno mesto Pohorje

Vsebnost ozona na Pohorju v poletnem času in v celotnem koledarskem letu je bila povprečna, vendar nekoliko višja kot pretekla leta, dolgoletni trend pa je še vedno usmerjen navzdol.

V tabeli 6.6 prikazujemo najvišje izmerjene urne vrednosti ozona v vseh letih meritev za merilni mesti Center in Pohorje.

Tabela 6.6: Najvišje urne koncentracije ozona 1999-2011 v $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – merilni mesti Center in Pohorje

| Leto | Center | Pohorje |
|------|--------|---------|
| 1999 | 131 | 159 |
| 2000 | 170 | 208 |
| 2001 | 140 | 182 |
| 2002 | 147 | 167 |
| 2003 | 160 | 185 |
| 2004 | 134 | 187 |
| 2005 | 131 | 160 |
| 2006 | 164 | 176 |
| 2007 | 154 | 157 |
| 2008 | 130 | 155 |
| 2009 | 148 | 152 |
| 2010 | 135 | 152 |
| 2011 | 127 | 167 |

Najvišja izmerjena urna vrednost v tem letu je v Centru najnižja doslej, na Pohorju pa povprečna.

Pokazatelj stanja kakovosti zraka z ozonom sta tudi števili preseganj ciljne 8-urne in opozorilne urne vrednosti, kar je za leta 2003 do 2011 prikazano v tabeli 6.7. V posameznem koledarskem letu je dovoljenih 25 preseganj ciljne 8-urne vrednosti.

Tabela 6.7: Število preseganj ciljne 8-urne in opozorilne urne koncentracije ozona 1999-2011 - merilna mesta Center in Pohorje

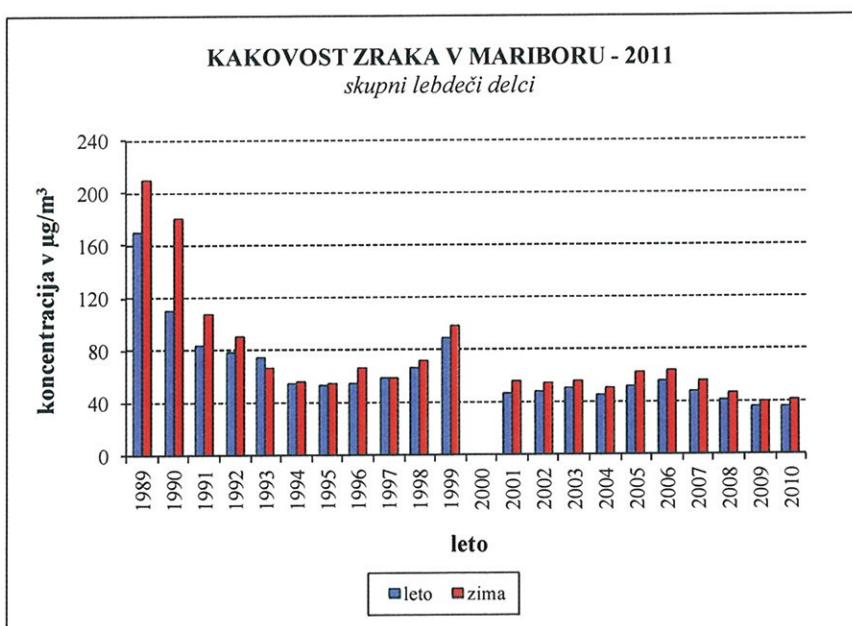
| Leto | Center | | Pohorje | |
|------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | Ciljna 8- urna | Opozorilna urna | Ciljna 8- urna | Opozorilna urna |
| | | | | |
| 1999 | 1 | 0 | 128 | 11 |
| 2000 | 16 | 0 | 299 | 122 |
| 2001 | 5 | 0 | 199 | 51 |
| 2002 | 18 | 0 | 213 | 19 |
| 2003 | 19 | 0 | 185 | 2 |
| 2004 | 1 | 0 | 44 | 1 |

| | | | | |
|------|---|---|----|---|
| 2005 | 0 | 0 | 55 | 0 |
| 2006 | 7 | 0 | 59 | 0 |
| 2007 | 4 | 0 | 52 | 0 |
| 2008 | 0 | 0 | 27 | 0 |
| 2009 | 4 | 0 | 19 | 0 |
| 2010 | 3 | 0 | 25 | 0 |
| 2011 | 0 | 0 | 57 | 0 |

V Centru že precej časa ni bilo preseganj opozorilnih vrednosti. Preseganja ciljne 8-urne vrednosti v Centru so že nekaj let le občasna, na Pohorju pa je bilo kar 57 preseganj, kar je več kot pretekla leta.

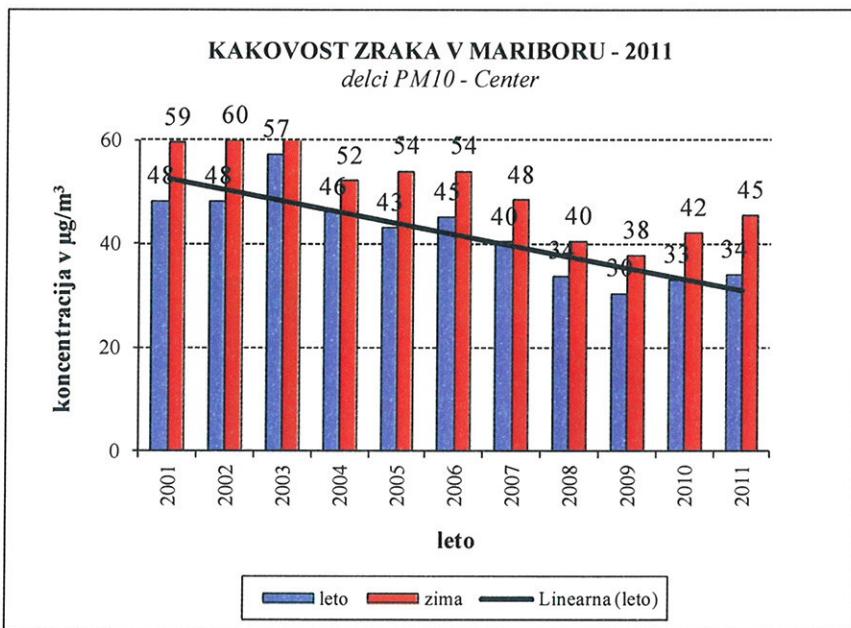
6.3.3 Delci

Gibanje srednje letne koncentracije skupnih lebdečih delcev in srednje koncentracije samo v zimskem času je za leta 1989 (začetek meritev) do 2010 prikazano na sliki 6.27. Upoštevali smo meritve, ki jih je izvajal ZZV: merilno mesto je bilo do maja leta 2002 v Centru, nato pa na Taboru do leta 2010. Od leta 2000 naprej se ugotavlja delci PM₁₀, zato smo rezultate teh meritev preračunali na skupne lebdeče delce z množenjem s faktorjem 1,2. Ker smo z meritvami na Taboru zaključili novembra 2010 in nadaljevali na Vrbanskem platoju, letne koncentracije skupnih lebdečih delcev več ne preračunavamo.



Slika 6.27: Skupni lebdeči delci 1989-2010, merilno mesto Center (ZZV)/Tabor

Srednje letne in zimske koncentracije delcev PM₁₀ prikazujemo na sliki 6.28 (Center od leta 2001).



Slika 6.28: Delci PM₁₀ 2001-2011, *merilno mesto Center*

Koncentracije delcev PM₁₀ so bile v Centru pod dolgoletnim povprečjem. Mejna letna vrednost ni bila presežena že od leta 2007. Kaže se precejšen upad vsebnosti delcev PM₁₀ v zraku od pričetka meritev.

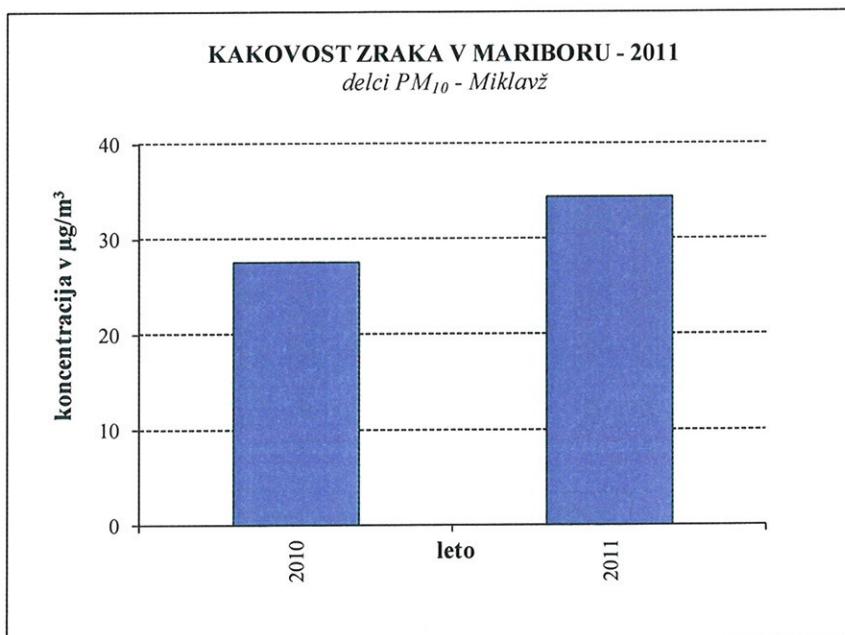
Število preseganj mejne dnevne vrednosti za delce PM₁₀ v letih 2001-2011 je prikazano v tabeli 6.8. V posameznem koledarskem letu je dovoljeno 35 preseganj.

Tabela 6.8: Število preseganj mejne dnevne vrednosti za delce PM₁₀ 2002-2011 - *merilno mesto Center*

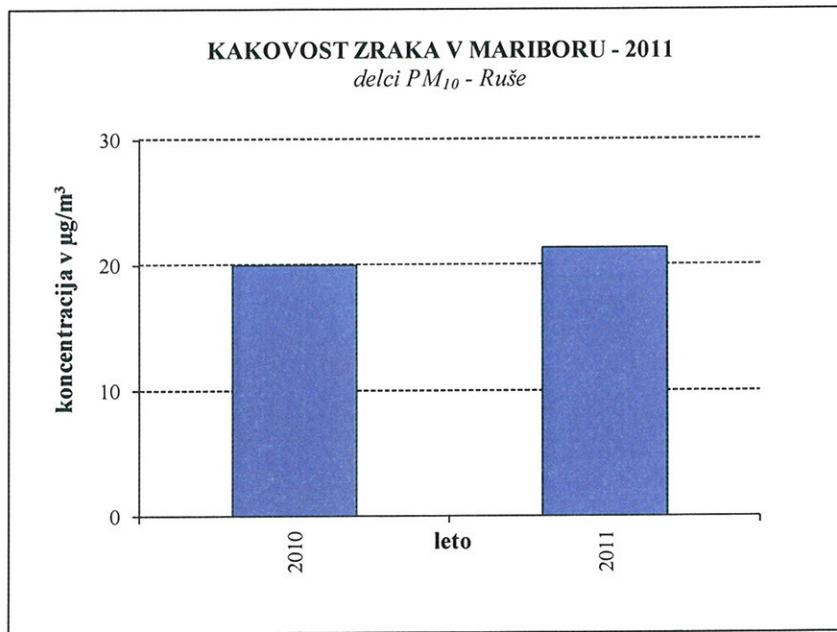
| Leto | Center |
|------|--------|
| 2002 | 153 |
| 2003 | 185 |
| 2004 | 130 |
| 2005 | 103 |
| 2006 | 117 |
| 2007 | 95 |
| 2008 | 54 |
| 2009 | 35 |
| 2010 | 47 |
| 2011 | 65 |

V Centru je bilo število preseganj mejne dnevne vrednosti v letu 2011 nad dovoljenim.

Potek preračunanih srednjih letnih vrednosti delcev PM₁₀ za Miklavž je na sliki 6.29, za Ruše pa na sliki 6.30.



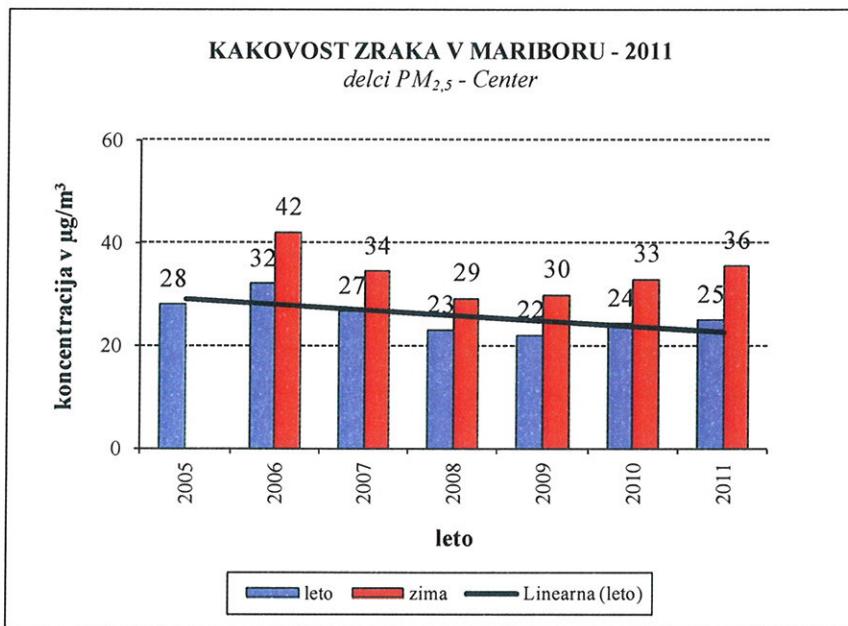
Slika 6.29: Delci PM₁₀ 2010-2011, merilno mesto Miklavž



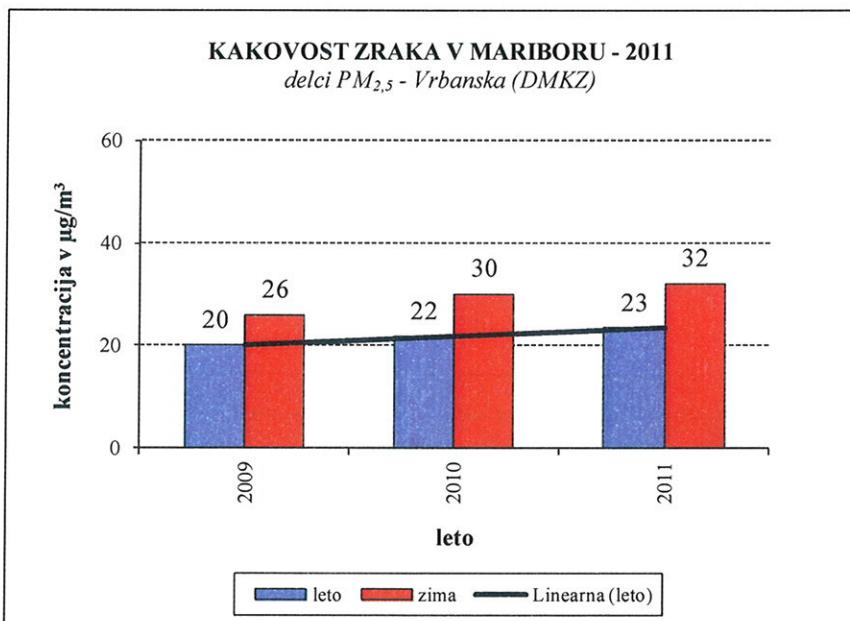
Slika 6.30: Delci PM₁₀ 2010-2011, merilno mesto Ruše

Preseganj mejne dnevne vrednosti v Miklavžu je bilo leta 2010 28, leta 2011 pa 67; v Rušah v letu 2010 ni bilo preseganj mejne dnevne vrednosti, v letu 2011 pa jih je bilo 11.

Potek srednjih letnih in zimskih vrednosti delcev PM_{2,5} je na sliki 6.31 za Center in 6.32 za Vrbanski plato.



Slika 6.31: Delci PM_{2,5} 2005-2011, merilno mesto Center

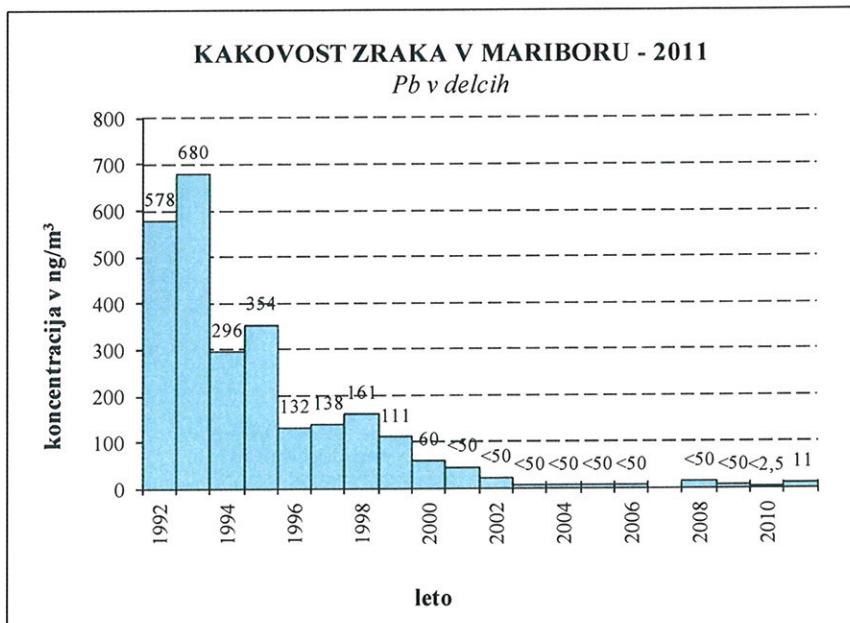


Slika 6.32: Delci PM_{2,5} 2009-2011, merilno mesto Vrbanski plato

Koncentracije delcev PM_{2,5} v Centru so bile leta 2011 višje kot pretekla tri leta, vendar se tudi pri tej frakciji delcev kaže upad koncentracij. Na Vrbanskem platoju so bile koncentracije leta 2011 najvišje do sedaj.

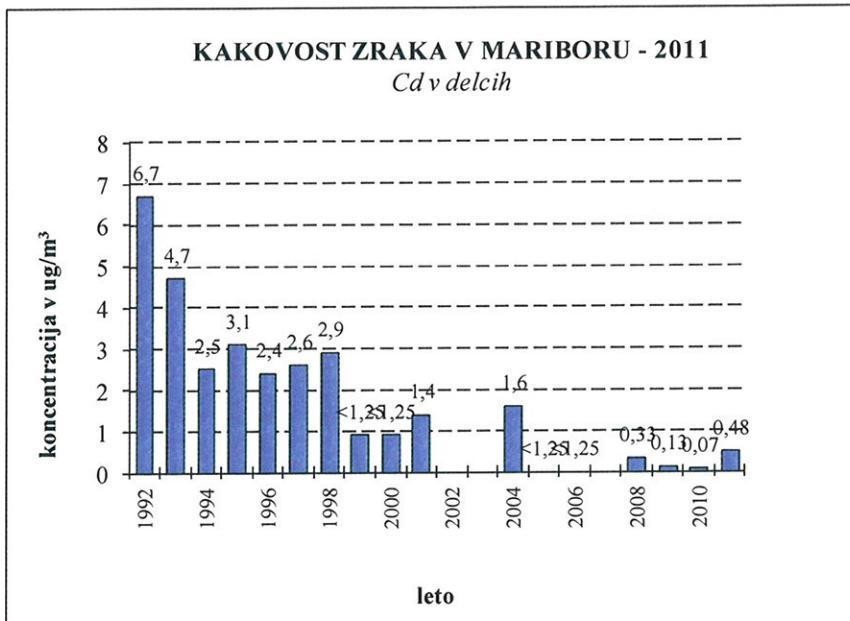
6.3.4 Težke kovine v delcih

Srednje letne koncentracije svinca v delcih (do leta 2000 v skupnih lebdečih delcih, kasneje v delcih PM₁₀) so na sliki 6.33, kadmija 6.34, niklja 6.35, arzena pa na sliki 6.36. Rezultati za zadnja leta so za DMKZ, ko se metodologija razlikuje od preteklih let, ko je analize izvajal ZZV, zato so spodnje meje določanja različne.



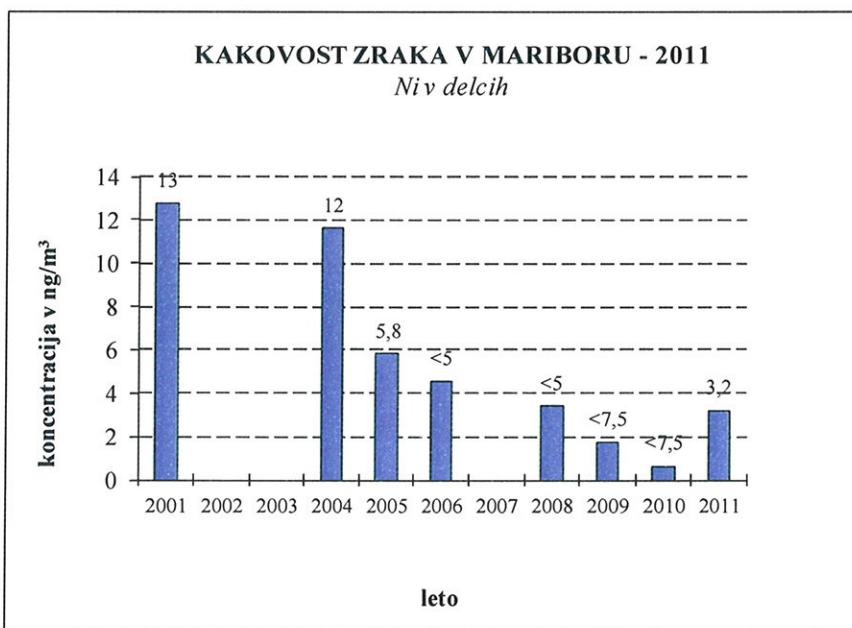
Slika 6.33: Svinec v delcih 1992-2011, merilna mesta Center (ZZV)/Tabor/Center (DMKZ)

Koncentracije svinca so bile nizke in pod ciljno vrednostjo 500 ng/m³, enako kot že precej preteklih let, kar je tudi povezano z opustitvijo svinca v pogonskih gorivih.



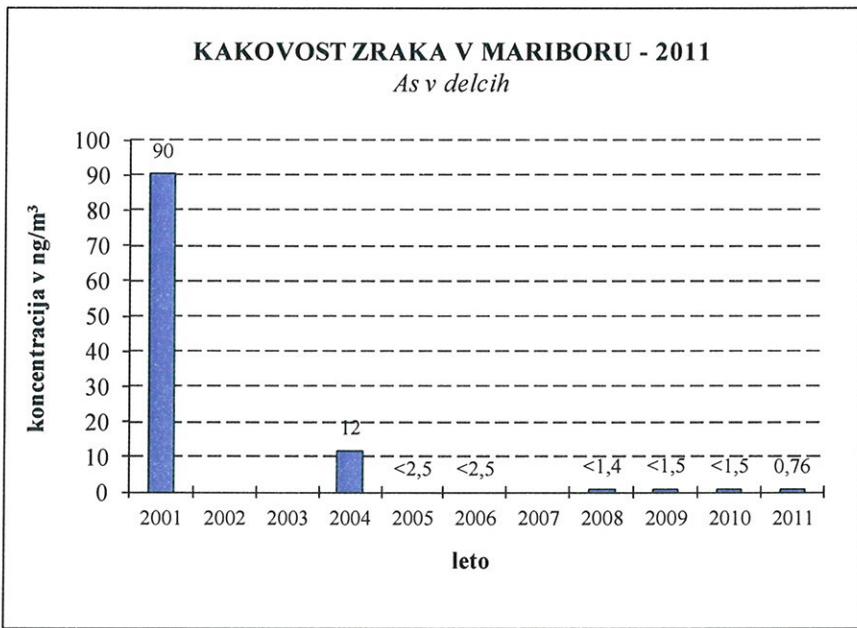
Slika 6.34: Kadmij v delcih 1992-2011, merilna mesta Center (ZZV)/Tabor/Center(DMKZ)

Tudi koncentracije kadmija so bile nizke in pod ciljno vrednostjo 5 ng/m^3 , kot že praktično od začetka meritev.



Slika 6.35: Nikelj v delcih 2001-2011, merilno mesto Center

Koncentracije niklja so bile pod ciljno letno vrednostjo 20 ng/m^3 , kot že celotno merilno obdobje.

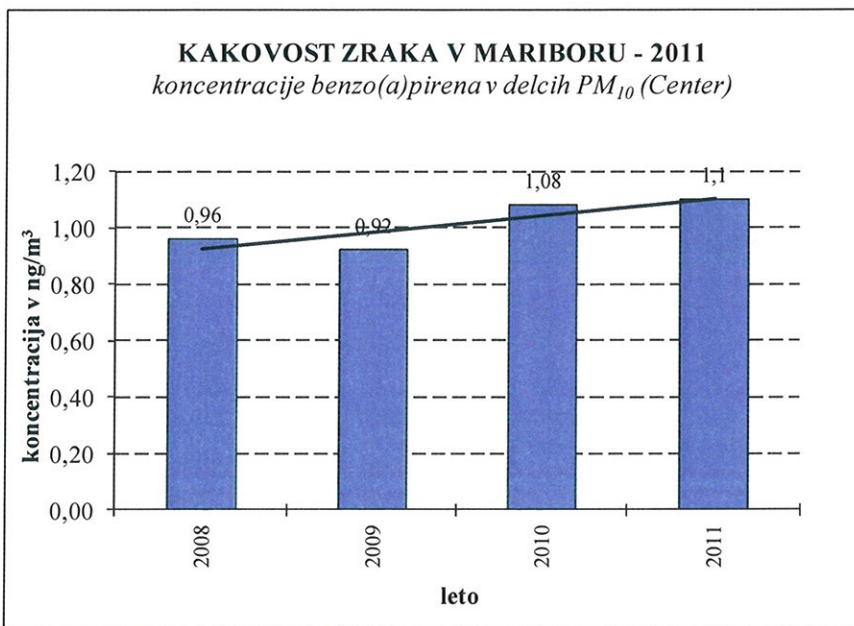


Slika 6.36: Arzen v delcih 2004-2011, merilno mesto Center (DMKZ)

Koncentracije arzena so bile nizke, od leta 2005 tudi pod ciljno letno vrednostjo 6 ng/m^3 .

6.3.5 Benzo(a)piren

Benzo(a)piren kot tipičen predstavnik policikličnih aromatskih ogljikovodikov v delcih PM₁₀ se v Centru (DMKZ) ugotavlja od leta 2008, kar je prikazano na sliki 6.37.

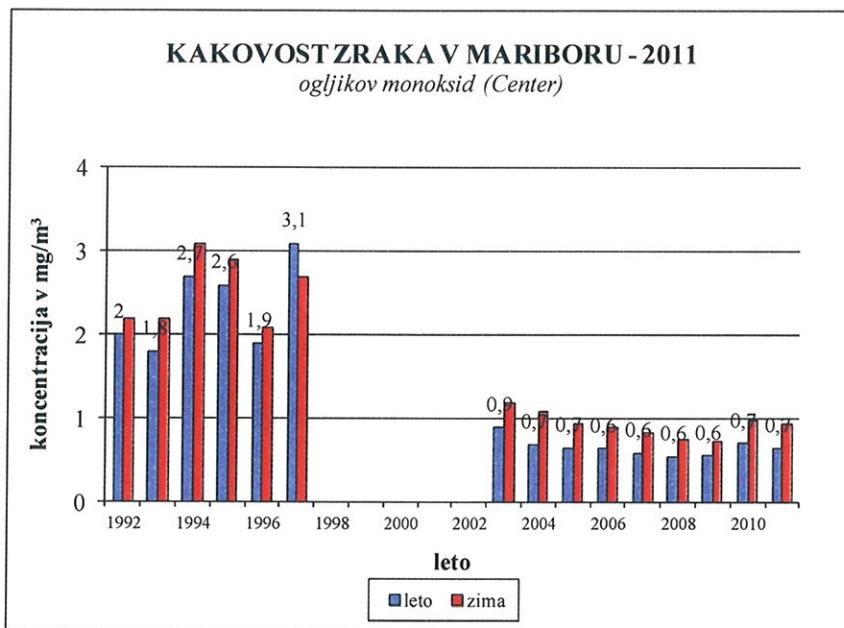


Slika 6.37: Benzo(a)piren v delcih 2008-2011, merilno mesto Center

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM₁₀ je bila v Centru nad ciljno vrednostjo, vrednosti v zadnjih letih se malo razlikujejo, trend je usmerjen navzgor.

6.3.6 Ogljikov monoksid

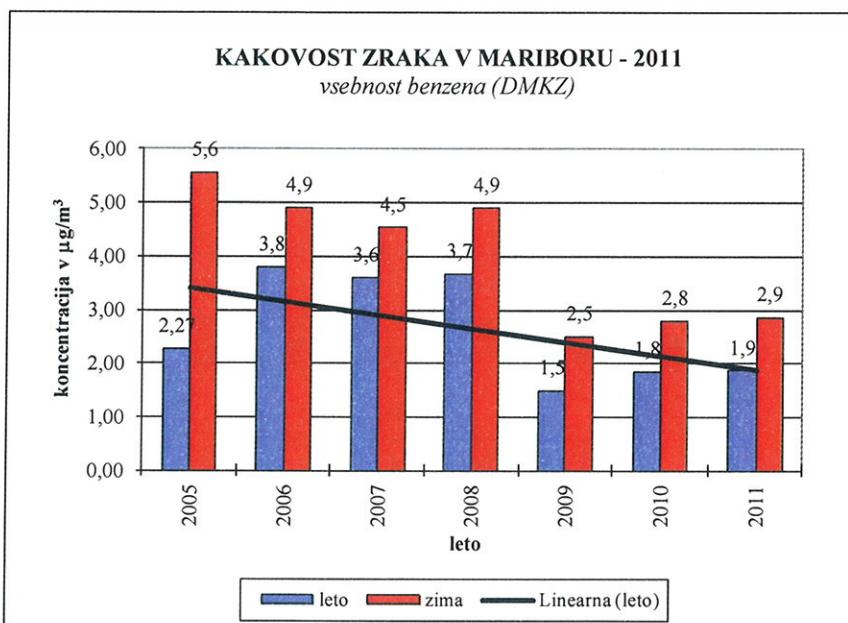
Srednje letne koncentracije in koncentracije samo v zimskem času so za ogljikov monoksid in merilno mesto Center v letih 1992-2011 prikazane na sliki 6.38. Rezultatov za leta 1998 do 2002 ni, saj meritve takrat niso potekale.

**Slika 6.38:** Ogljikov monoksid 1992-2011, merilno mesto Center

Kakovost zraka s CO je bila leta 2011 enako nizka kot že v preteklih letih.

6.3.7 Benzen

Uradni, vendar nepopolni rezultati meritev benzena v zunanjem zraku iz merilne postaje Center so bili prvič na voljo v letu 2005 in so skupaj z rezultati meritev v letih 2006 do 2011 prikazani na sliki 6.39.

**Slika 6.39:** Benzen 2005-2011, merilno mesto Center

Rezultati kažejo, da je bilo benzena leta 2011 sicer nekoliko več kot leta 2010, vendar precej manj kot ostala leta, enako velja za povprečje v zimskem času. Sicer v letih 2005 in 2009 meritve v zimskih mesecih, ko so koncentracije običajno najvišje, niso potekale. Trend je usmerjen navzdol.

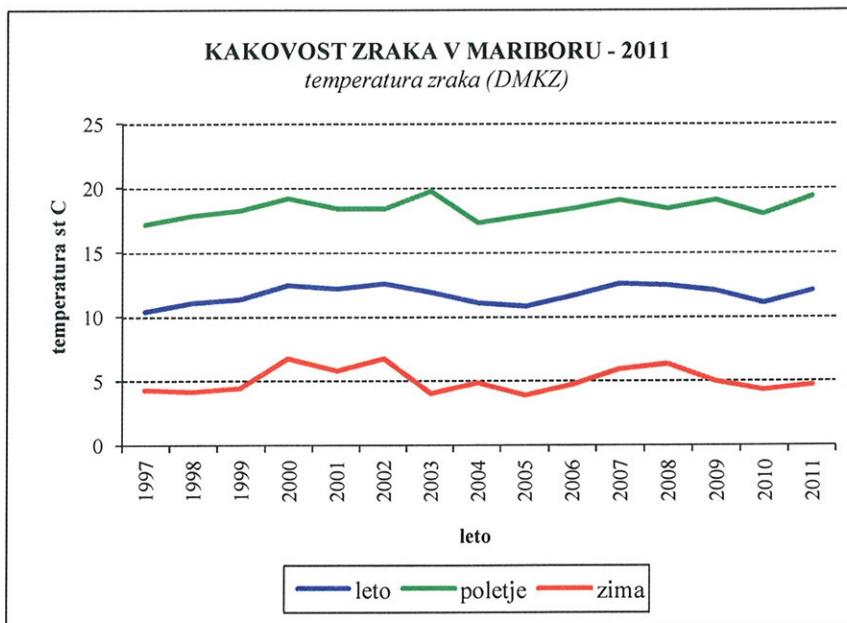
6.3.8 Temperatura zraka

Tudi meritve temperature zraka potekajo že precej dolgo, tako da lahko opazujemo letne trende. Rezultati meritev temperature na merilnem mestu Center za obdobje od leta 1992 do 2011 so samo za zimski čas in mesec januar prikazani v tabeli 6.9.

Tabela 6.9: Temperatura zraka 1992-2011 v °C – merilno mesto Center

| Obdobje | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Zimski čas | | | | 4,3 | 2,9 | 4,3 | 4,2 | 4,4 | 6,8 | 5,8 |
| Januar | 1,0 | 1,5 | 4,3 | 0,4 | -1,5 | -1,9 | 2,7 | 0,4 | -0,2 | 2,3 |
| Obdobje | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Zimski čas | 6,8 | 4,1 | 4,8 | 4,0 | 4,8 | 6,0 | 6,4 | 5,0 | 4,4 | 4,8 |
| Januar | -1,3 | -1,0 | -0,2 | 1,2 | -2,6 | 5,3 | 3,6 | -1,0 | -1,1 | 1,5 |

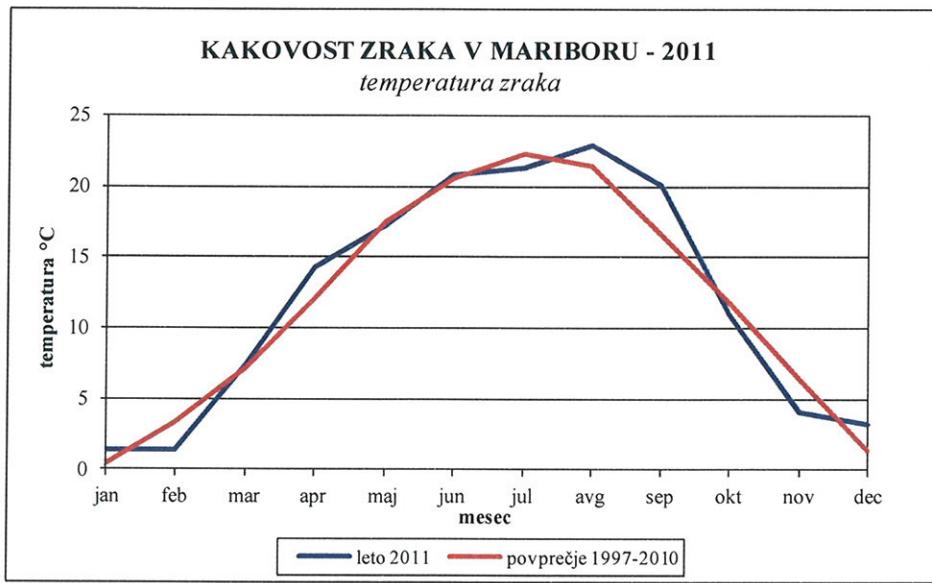
Na sliki 6.40 prikazujemo srednjo letno temperaturo zraka ter temperaturo v zimskem in poletnem času v letih 1997 do 2011. Podatki so iz merilnega mesta Center.



Slika 6.40: Temperatura zraka 1997-2011, merilno mesto Center

Srednja letna temperatura zraka je bila leta 2011 med najvišjimi v obravnavanem obdobju, enako velja za srednjo temperaturo v poletnem času.

Odstopanje srednje mesečne vrednosti od dolgoletnega povprečja v obdobju 1997–2010 je prikazano na sliki 6.41.



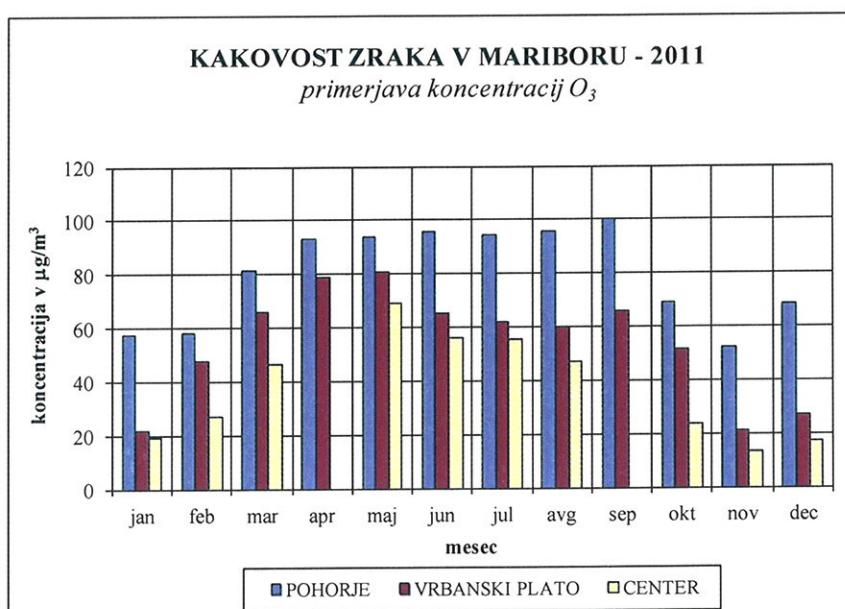
Slika 6.41: Odstopanje mesečne temperature zraka v letu 2011 od povprečja 1997-2010,
merilno mesto Center

Srednja letna temperatura zraka v letu 2011 je bila za $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ višja kot v dolgoletnem povprečju 1997-2010.

6.4 PRIMERJAVA MED MERILNIMI MESTI V LETU 2011

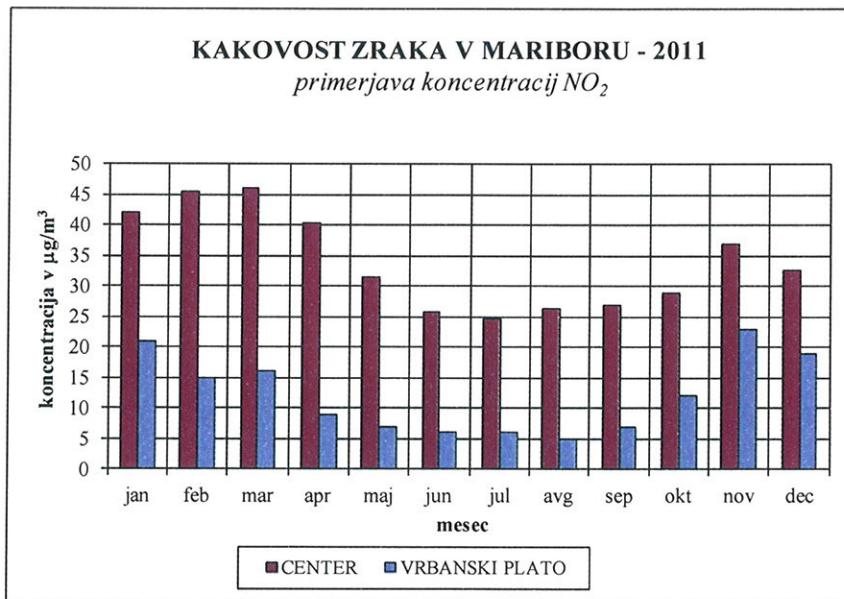
Meritve kakovosti zraka so potekale istočasno v okviru državne meritne mreže v Centru in v okviru meritne mreže Maribora in sosednjih občin na meritnem mestu Vrbanski plato z dušikovim dioksidom, skupnimi dušikovimi oksidi in ozonom, ta pa se je še dodatno ugotavljal na Pohorju. Meritve delcev PM_{10} so potekale v Centru in na Vrbanskem platoju ter še na treh drugih lokacijah (Duplek, Ruše in Miklavž), meritve delcev $PM_{2,5}$ pa v Centru in na Vrbanskem platoju. Pri primerjavi rezultatov teh meritev, prikazanih na naslednjih slikah, je potrebno upoštevati le obdobja, ko so meritve potekale sočasno.

Primerjava potekov srednjih mesečnih vrednosti je na slikah 6.42 za O_3 (Pohorje, Center in Vrbanski plato), 6.43 za NO_2 (Center in Vrbanski plato), 6.44 za NO_x (Center in Vrbanski plato), 6.45 za delce PM_{10} (Center in Vrbanski plato), 6.46 za delce PM_{10} (Center, Vrbanski plato, Miklavž, Ruše in Duplek), 6.47 za delce $PM_{2,5}$ (Center in Vrbanski plato), 6.48 za delce PM_{10} in $PM_{2,5}$ (Center) in 6.49 za benzo(a)piren (Center in Vrbanski plato).

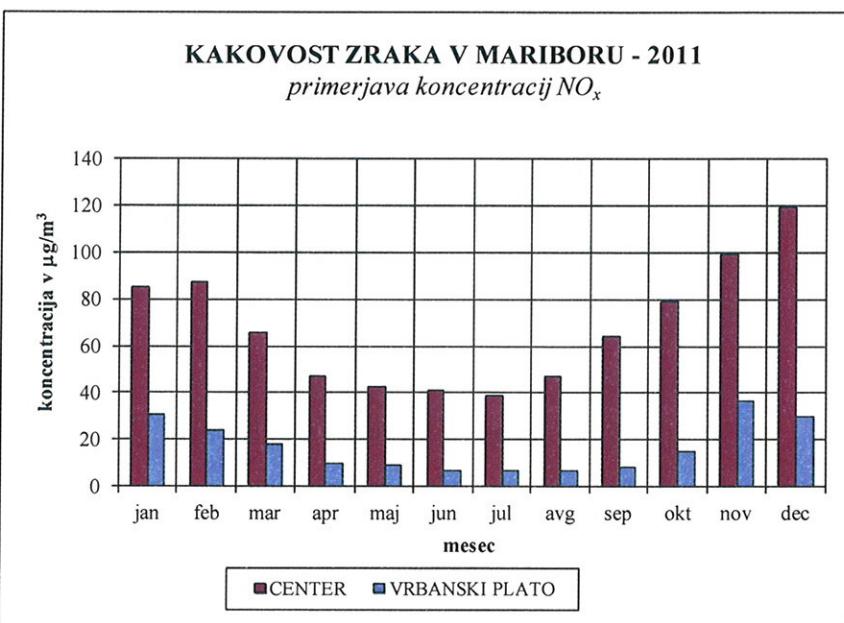


Slika 6.42: Vsebnosti O_3 , merilna mesta Pohorje, Center in Vrbanski plato

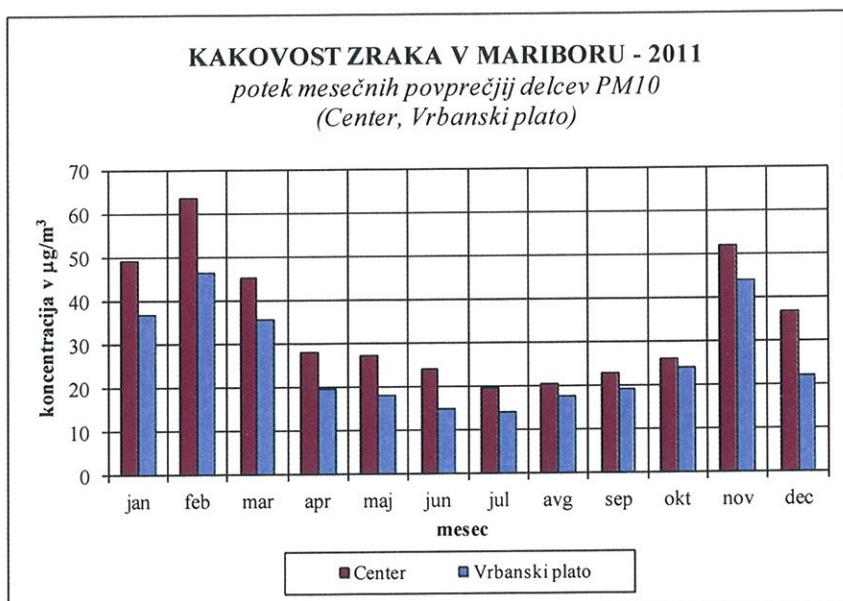
Mesečni poteki ozona za vsa meritna mesta kažejo podobne osnovne značilnosti z najvišjimi vrednostmi na Vrbanskem platoju in Centru maja, na Pohorju pa septembra. Kot je bilo že navedeno, so koncentracije v Centru precej nižje kot na Pohorju, na Vrbanskem platoju so nižje kot na Pohorju, vendar nad tistimi v Centru.

**Slika 6.43:** Koncentracije NO₂, merilni mesti Center in Vrbanski plato

Mesečna poteka dušikovega dioksida kažeta na obeh merilnih mestih podobne osnovne značilnosti z relativno nizkimi vrednostmi v poletnem času in najvišjimi v času najnižjih zunanjih temperatur. Koncentracije v Centru so višje kot na Vrbanskem platoju.

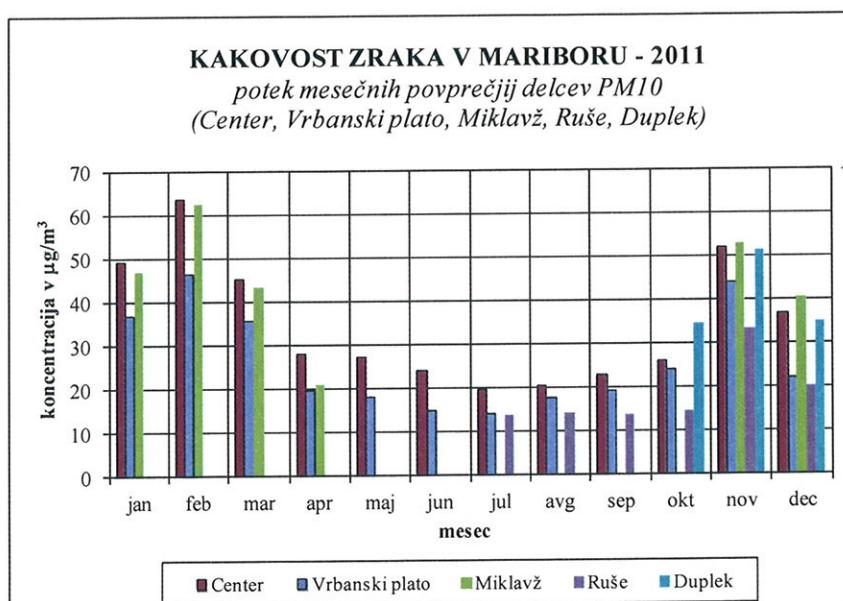
**Slika 6.44:** Koncentracije NO_x, merilni mesti Center in Vrbanski plato

Tudi mesečna poteka skupnih dušikovih oksidov kažeta na obeh merilnih mestih podobne osnovne značilnosti, z nižjimi vrednostmi v poletnem času in najvišjimi v času najnižjih zunanjih temperatur. Koncentracije v Centru so precej višje kot na Vrbanskem platoju.



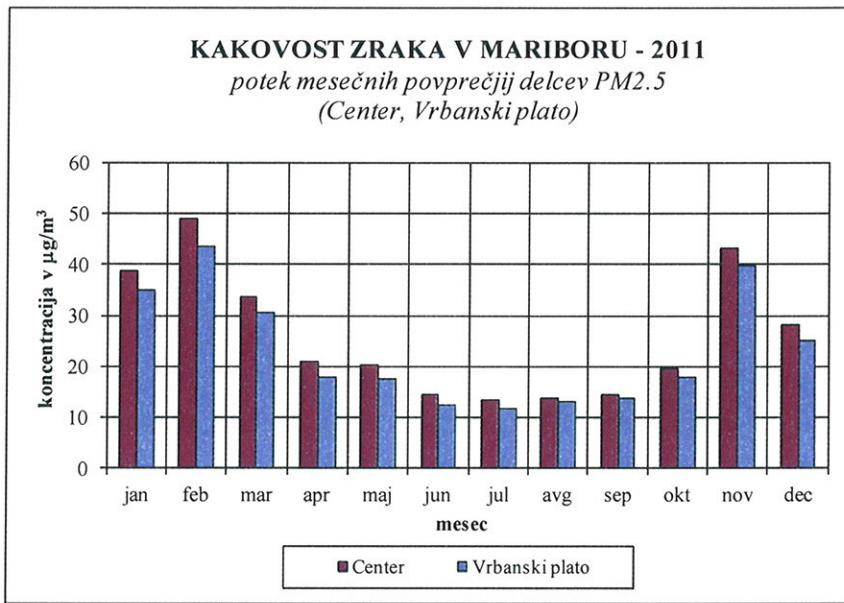
Slika 6.45: Kakovosti zraka z delci PM₁₀, merilni mesti Center in Vrbanski plato

Center je čez celo leto bolj obremenjen z delci PM₁₀ kot Vrbanski plato.

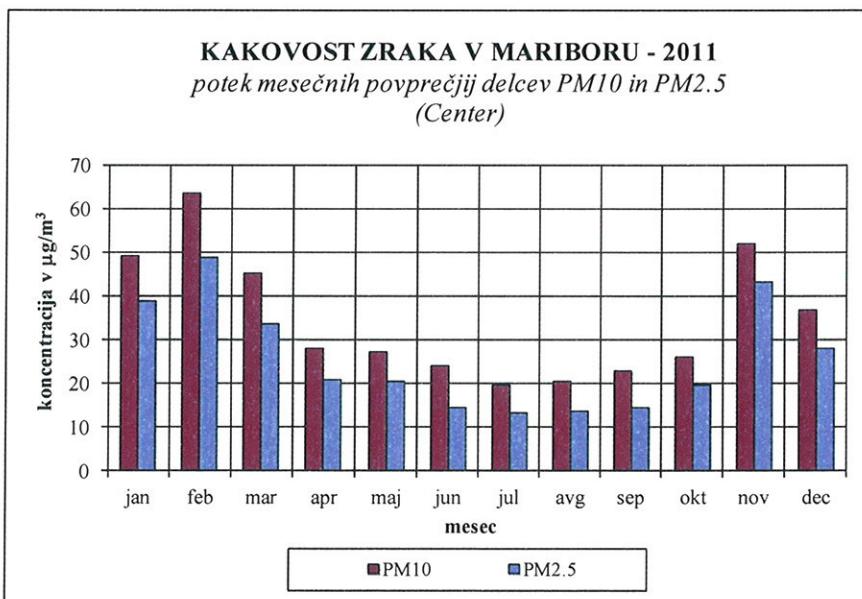


Slika 6.46: Kakovosti zraka z delci PM₁₀, merilna mesta Center, Vrbanski plato, Miklavž, Ruše in Duplek

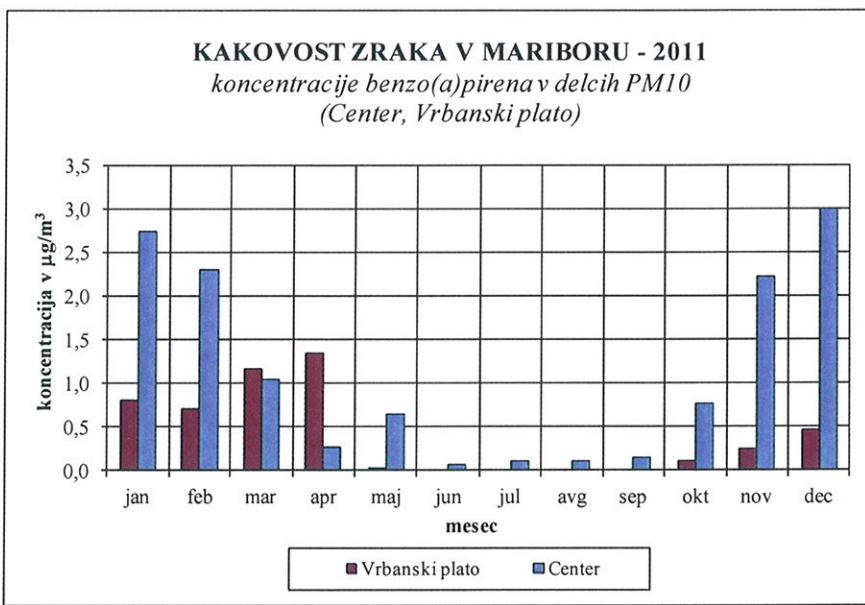
Rezultati za posamezna merilna obdobja kažejo, da je Miklavž precej obremenjen z delci PM₁₀, saj so bile koncentracije v skupnem obdobju meritev (november, december) najvišje med vsemi obravnavanimi merilnimi mesti. Razlog je lahko v lokalnih emisijah, bližini ceste ali poti onesnaženega zraka. Nekaj manjša obremenitev je bila na merilnem mestu v Centru, nato sledita Duplek in Vrbanski plato. Meritve so potekale tudi v Rušah, kjer so bile vrednosti daleč najnižje glede na preostala merilna mesta. Vzrok je lahko v lokaciji merilnega mesta, ki je precej proč od prometnic, zelo verjetno pa tudi izven običajne poti tokov zraka, ki prihaja iz podjetij v Rušah ali Mariboru.

**Slika 6.47:** Kakovosti zraka z delci PM_{2,5}, merilni mesti Center in Vrbanski plato

Center je bolj obremenjen z delci PM_{2,5} kot Vrbanski plato, kar velja za vse mesece v letu, preko celega leta za 11 %, samo poleti za 12 % in samo pozimi za 11 %.

**Slika 6.48:** Mesečne koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, merilno mesto Center

Koncentracije delcev PM₁₀ v Centru so seveda višje kot PM_{2,5} in to za 34 % v poletnem in 28 % v zimskem času, kar je običajno za urbana okolja.

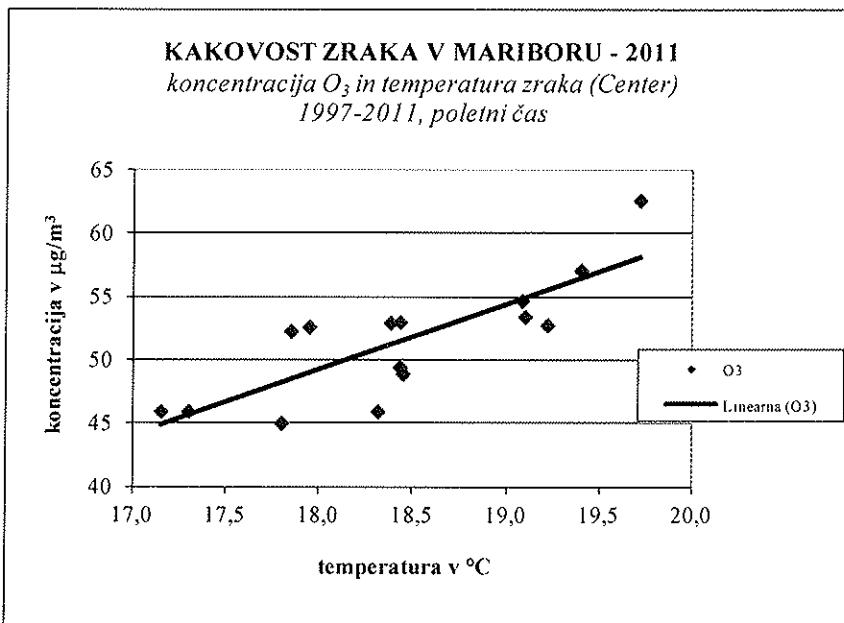


Slika 6.49: Kakovosti zraka z benzo(a)pirenom v delcih PM₁₀, merilni mesti Center in Vrbanski plato

Center je bistveno bolj obremenjen z benzo(a)pirenom v delcih PM₁₀ v zimskem času in približno enako v poletnem času kot Vrbanski plato.

6.5 ODVISNOST KAKOVOSTI ZRAKA OD TEMPERATURE

Nekatere slike v predhodnih poglavjih nakazujejo, da so koncentracije onesnaževal odvisne od temperature zraka. Srednje koncentracije O₃ v poletnem času v obdobju od 1997 do 2011 v povezavi s srednjo temperaturo zraka v istem obdobju so na sliki 6.50.



Slika 6.50: Temperatura zraka in koncentracije O₃ 1997-2011-poletni čas, *merilno mesto Center*

Iz trendne črte, ki povezuje koncentracij O₃ s srednjo temperaturo zraka v poletnem času, je razvidno, da je bila ob toplejših poletjih vsebnost ozona v zraku precej višja kot v hladnejših.

6.6 MOŽNI VPLIVI ONESNAŽENOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE

Čist zrak se smatra kot osnovni pogoj za zagotavljanje zdravja in dobrega počutja ljudi. O čezmerni onesnaženosti zraka na območju poselitve ali drugem območju govorimo, če raven onesnaženosti najmanj ene snovi presega mejno vrednost ali dovoljeno število preseganj mejne vrednosti. Mejne vrednosti za varovanje zdravja in varstvo zavarovanih naravnih vrednot za posamezne snovi so določene z zakonodajo in podrobnejše predstavljene v poglavju Zakonski okvir.

Onesnaženost zraka predstavlja pomembno grožnjo zdravju ljudi povsod po svetu, zato je Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) na podlagi številnih opravljenih študij izdala prva priporočila za kvaliteto zraka, z namenom zmanjšati vpliv onesnaženosti zraka na zdravje ljudi, že leta 1987. Priporočila so bila kasneje večkrat dopolnjena v skladu z novimi znanstvenimi spoznanji. Glede na to, da študije niso uspele opredeliti varne meje onesnaženosti, ki ne bi povzročala škodljivih učinkov na zdravje človeka, mejne vrednosti ne zagotavljajo popolne zaščite zdravja človeka.

Glavni viri emisij onesnaževal, ki povzročajo onesnaženost zraka v Mariboru, so industrija in promet, v zimskem času tudi individualna kurišča in večje kotlovnice, podrobnosti pa na žalost niso poznane. Meritve kakovosti zraka v Mariboru so v letu 2011 dale sledeče rezultate.

Povprečna letna koncentracija **dušikovih oksidov** v Centru je bila $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, s precej višjimi vrednostmi v zimskem času. V zvezi z dušikovimi oksidi obstaja v slovenski zakonodaji le mejna letna koncentracija za varstvo rastlin v naravnem okolju ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ravno tako tudi WHO /15/ ne predpisuje mejnih vrednosti za NO_x , zato ni mogoče ocenjevati njihove zdravstvene škodljivosti.

Merjene so bile tudi koncentracije **dušikovega dioksida**. Najvišja urna koncentracija v Centru je znašala $138 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mejna urna vrednost po slovenski zakonodaji in tudi smernicah WHO je $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$), kar pomeni, da ni bilo preseganj mejne urne vrednosti v koledarskem letu. Povprečna letna koncentracija je bila $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mejna letna vrednost po slovenski zakonodaji $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, smernica WHO je enaka mejni vrednosti $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na Vrbanskem platoju so bile izmerjene precej nižje koncentracije kot v Centru.

Številne kratkotrajne toksikološke študije na človeku so pokazale akutne škodljive učinke na zdravje po enourni izpostavljenosti koncentraciji dušikovega dioksida nad $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najnižja urna koncentracija, pri kateri je prišlo do učinka na pljučno funkcijo pri astmatikih, je bila $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$, povečano bronhialno odzivnost pa so opazovali že pri koncentracijah višjih od $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Na povišane urne vrednosti dušikovega dioksida v zraku so torej posebej občutljivi astmatiki, pri katerih se pri izmerjeni urni vrednosti do $138 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lahko pojavijo škodljivi učinki na pljučno funkcijo v smislu povečane bronhialne odzivnosti, vendar so malo verjetni in še to le v Centru oziroma ob pomembnejših prometnicah.

Koncentracije **ozona** so bile merjene na merilnih mestih Center, Pohorje in Vrbanski plato. Najvišja 8-urna koncentracija je bila v Centru $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na Pohorju $158 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in na Vrbanskem platoju $158 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ciljna 8-urna vrednost je po slovenski zakonodaji $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in po smernicah WHO $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Vrednosti so bile občutno višje v poletnem kot v zimskem času. Ciljna 8-urna koncentracija ozona na merilnem mestu Center ni bila presežena, na

Pohorju je bila presežena v 57 dneh, na Vrbanskem platoju pa v 35 dneh, kar je oboje več od dovoljenih 25 preseganj v koledarskem letu.

Toksičnost ozona se povečuje z višanjem koncentracije, s 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. S študijami na mladih, zdravih prostovoljcih, ki so telovadili v kontroliranih pogojih, so dokazali prehodne spremembe pljučne funkcije in vnetja pri koncentracijah $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi pri opazovanju aktivnih otrok v poletnih taborih. Zaradi domneve, da so posamezniki v populaciji bolj občutljivi za škodljive učinke ozona na zdravje kot pa mladi, zdravi prostovoljci, je WHO priporočila mejno 8 - urno koncentracijo ozona $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pri izmerjenih najvišjih 8-urnih vrednostih je v Centru verjetnost pojava škodljivih učinkov ozona na zdravje človeka majhna, vendar reverzibilnih sprememb pljučne funkcije pri občutljivih posameznikih ne moremo izključiti, njihova verjetnost je večja na Vrbanskem platoju in Pohorju.

Koncentracije **delcev PM₁₀** so bile relativno visoke. Srednji letni koncentraciji v Centru in na Vrbanskem platoju sta bili pod mejno letno vrednostjo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vendar nad priporočeno letno vrednostjo po smernicah WHO $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najvišja izmerjena srednja dnevna koncentracija v Centru je bila $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na Vrbanskem platoju (mejna dnevna vrednost po slovenski zakonodaji $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, enako priporoča WHO). Skupno število preseganj mejne dnevne vrednosti je bila v Centru 65, kar je nad dovoljenim številom preseganj v koledarskem letu, na Vrbanskem platoju pa 25, kar je pod dovoljenim številom preseganj. Vsa preseganja so se zgodila v zimskem času. Do podobnih zaključkov kot v Centru pridemo tudi na podlagi meritev v Miklavžu in Dupleku, medtem ko so bile koncentracije precej nižje v Rušah in na Vrbanskem platoju.

Koncentracije delcev PM_{2.5} so bile prav tako relativno visoke. Srednja letna koncentracija v Centru je bila $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (in je dosegala mejno letno vrednost, ki je $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), na Vrbanskem platoju pa $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Škodljivi učinki visokih koncentracij delcev PM₁₀ na zdravje človeka se pojavljajo že pri koncentracijah, ki jim je izpostavljena populacija v mestih, tako v razvitih, kakor tudi v nerasvitih državah. Spekter škodljivih učinkov na zdravje je širok, prevladujejo škodljivi učinki na respiratorni in kardiovaskularni sistem. Prizadeta je vsa populacija, dovzetnost variira s starostjo in splošnim zdravstvenim stanjem. Tveganje za škodljive učinke narašča z večanjem koncentracije delcev PM₁₀, obstaja pa malo dokazov o obstoju mejne vrednosti, pri kateri ne pričakujemo škodljivih učinkov na zdravje, zato nobena mejna vrednost ne predstavlja popolne zaščite pred škodljivimi učinki delcev PM₁₀ na zdravje človeka. Epidemiološke študije kažejo pojav škodljivih učinkov tako pri kratkotrajni kot tudi pri dolgotrajni izpostavljenosti. Študije so pokazale povezavo med visokimi koncentracijami delcev PM₁₀ ter potrebo po uporabi bronhodilatatorjev, pogostostjo kašja, simptomi prizadetosti spodnjega dela respiratornega trakta, hospitalizacijami zaradi respiratornih težav in povečano mortaliteto. Dve kohortni študiji, opravljeni v ZDA, kažeta na skrajšanje pričakovane življenske dobe za več kot eno leto v okolju z visokimi koncentracijami delcev PM₁₀, glede na okolje z nizkimi koncentracijami delcev PM₁₀. Pri izmerjenih najvišjih povprečnih dnevnih koncentracijah delcev PM₁₀ v gosto poseljenih območjih lahko pričakujemo pojav škodljivih učinkov delcev PM₁₀ na zdravje izpostavljenih prebivalcev, zlasti prizadetost respiratornega trakta, pri čemer so bolj dovetni starejši, otroci in bolniki s predhodnimi pljučnimi obolenji.

Podobne ugotovitve kot za delce PM₁₀ veljajo tudi za delce PM_{2,5}. Slednji so še bolj škodljivi za zdravje ljudi, saj med drugim prodrejo globlje v respiratorni sistem. Priporočilo WHO je 10 µg/m³ kot srednja letna vrednost in je strožje kot je ciljna letna vrednost (25 µg/m³). V Mariboru so bile na vseh merilnih mestih povprečja nad priporočilom WHO in pod ciljno vrednostjo. WHO pa postavlja tudi kratkotrajno (dnevno) vrednost, ki je 25 µg/m³, ki je bila v Mariboru kar pogosto presežena, predvsem v zimskem času.

V dnevnih vzorcih delcev PM₁₀ iz Centra so se ugotavljale koncentracije **težkih kovin** (svinec, kadmijski arzen, nikelj), na Vrbanskem platoju tudi benzo(a)pirena. Ciljna letna vrednost ni bila presežena za nobeno od kovin. Za benzo(a)piren pa je bila v Centru presežena ciljna letna vrednost, medtem ko na Vrbanskem platoju ne.

Izmerjene koncentracije **ogljikovega monoksida** na merilni postaji Center so bile nizke. Najvišja 8-urna koncentracija je bila 2,6 mg/m³ (mejna 8-urna vrednost po slovenski zakonodaji in WHO 10 mg/m³). Glede na izmerjene najvišje 8-urne koncentracije ne pričakujemo škodljivih učinkov ogljikovega monoksida na izpostavljenе prebivalce.

Povprečna letna koncentracija **benzena** je dosegla 1,9 µg/m³ (mejna letna vrednost po slovenski zakonodaji je 5,0 µg/m³).

Najbolj značilni škodljivi učinki dolgotrajne izpostavljenosti povišanim koncentracijam benzena v zraku so hematotoksičnost, genotoksičnost in kancerogenost. Kronična izpostavljenost benzenu lahko povzroči depresijo kostnega mozga s posledično leukopenijo, anemijo in/ali trombocitopenijo, kar vodi v pancitopenijo in aplastično anemijo. Hematološke efekte 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 človeku, in sicer so se pojavljale kromosomske aberacije pri delavcih izpostavljenih povprečnim koncentracijam 4 – 7 mg/m³. Kancerogenost benzena je bila dokazana pri človeku in živalih. Opazovali so povečan pojav levkemije pri delavcih, izpostavljenih benzenu, pri miših in podganah pa povečan pojav epitelialnih tumorjev. IARC uvršča benzen v skupino I kancerogenih snovi, kot kancerogenega za človeka, zato ne moremo postaviti povsem varne mejne vrednosti, pri kateri ni škodljivih učinkov za zdravje človeka. Glede na izmerjene povprečne koncentracije benzena hematotoksični, genotoksični in mutageni učinki benzena pri izpostavljenih prebivalcih niso verjetni, ne moremo pa izključiti kancerogenih učinkov benzena pri dolgotrajni izpostavljenosti, saj glede le-teh varne mejne vrednosti ni.

7 SKLEPNE UGOTOVITVE

Meritve kakovosti zraka so v letu 2011 potekale v okviru rednih pogodbenih obveznosti z mestno občino Maribor (MOM) ter občinama Hoče-Slivnica in Miklavž na Dravskem polju v merilni mreži Maribora in sosednjih občin po Programu monitoringa kakovosti zunanjega zraka za Mestno občino Maribor za leto 2011, ki je bilo posredovano na Ministrstvo za okolje in prostor. Letno poročilo enakovredno vključuje še rezultate meritev kakovosti zraka iz državne merilne mreže (DMKZ), ki jo vodi Agencija RS za okolje iz Ljubljane, čeprav so ti rezultati objavljeni tudi v njihovem rednem letnem poročilu. V meritve v obeh mrežah so bila vključena naslednja onesnaževala: dušikovi oksidi (NO_x in NO_2), ozon (O_3), delci (PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$), ogljikov monoksid (CO), benzen (C_6H_6), težke kovine (Pb, Cd, Ni, As) v delcih PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$ ter benzo(a)piren v delcih PM_{10} .

Meritve v državni merilni mreži so potekale na merilnih mestih Center in Vrbanski plato, v merilni mreži Maribora in sosednjih občin pa na na Vrbanskem platoju, Pohorju, v Dupleku, Rušah in Miklavžu na Dravskem polju. Merilno mesto Center predstavlja mestno okolje, Duplek, Miklavž, Ruše in Vrbanski plato primestno, s tem, da sta slednji dve lokaciji precej oddaljeni od pomembnih virov onesnaževanja zraka (mestno ozadje). Obseg meritev v državni mreži se glede na pretekla leta ni spremenil. V merilni mreži Maribora in sosednjih občin je bilo sprememb več. Prenehale so se izvajati analize na težke kovine v delcih PM_{10} , saj so bile 5 let zapored pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Nadaljevale so se meritve delcev PM_{10} z referenčnimi merilniki na različnih lokacijah v okolini mesta (Ruše, Miklavž na Dravskem polju), katerim je bil dodan Spodnji Duplek – namen teh meritev je predvsem ugotavljanje prostorske razporeditve onesnaženosti zraka z delci.

Praktično vsa merilna oprema in metode so referenčni, kot jih zahteva veljavna zakonodaja, le stalne meritve delcev PM_{10} potekajo z nereferenčno metodo, za katero pa je dokazana skladnost z referenčno. Merilna oprema iz merilne mreže Maribora in sosednjih občin je bila preverjena v Umerjevalnem laboratoriju ARSO. Referenčni merilniki delcev PM_{10} so skupaj z analizami na benzo(a)piren uspešno prestali primerjalne meritve, ki jih je organiziral ARSO. Za vsa merjena onesnaževala v državni mreži je bilo na voljo ustrezno število podatkov, le za O_3 to število ni bilo doseženo. Na Vrbanskem platoju ustrezna pokritost ni bila dosežena za NO_2 , NO_x in O_3 , vendar je bila pokritost blizu zahtevane.

Rezultati meritev delcev PM_{10} na Vrbanskem platoju so v skladu z navodilom ARSO /12/ v zimskem času pomnoženi s faktorjem 1,3, v letnem pa z 1,0, saj je bil izveden test enakovrednosti, medtem ko v Centru faktor ni upoštevan, saj ARSO uporablja referenčno merilno metodo. Vsi rezultati meritev v tem poročilu so ponovno preverjeni, so uradni rezultati za leto 2011 in nadomeščajo vse rezultate iz mesečnih poročil. Rezultate iz državne merilne mreže so posredovali iz Agencije RS za okolje, kjer so jih tudi obdelali in zanje odgovarjajo.

Zakonski okvir se je v letu 2011 precej spremenil, saj se uskladil z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo /16/. Sprejeti sta bili nova Uredba o kakovosti zunanjega zraka, ki zamenjuje krovno in tri hčerinske uredbe, in nov Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka. Vendar pa novi predpisi vsebinsko niso spremenili dosedanjih zahtev, le na novo je predpisana letna ciljna vrednost za delce $\text{PM}_{2,5}$, ki je $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Meritve koncentracij **dušikovega dioksida** so potekale na merilnih mestih Center in Vrbanski plato. Srednja letna vrednost ni nikjer presegla mejne letne vrednosti. V Centru so bile koncentracije višje kot na Vrbanskem platoju. Preseganje mejne urne vrednosti se ni pojavilo nikoli, prav tako ne preseganje opozorilne in alarmne vrednosti. Srednja vrednost v zimskem času je višja kot v poletnem. Dnevni hod v Centru kaže manj izrazit vrh v jutranjem času, kot posledica večje aktivnosti virov, nato se koncentracije praktično ne spreminjajo do zgodnjega popoldneva zaradi sodelovanja pri tvorbi ozona, v večernem času se pojavi drugi, višji vrh, ki je posledica ponovnega delovanja virov in prenehanja fotokemičnih procesov v atmosferi. Srednja letna koncentracija je bila v Centru na ravni preteklih let, glede na potek srednjih letnih vrednosti od leta 1992 naprej lahko še vedno govorimo o trendu upadanja.

Srednja letna koncentracija **skupnih dušikovih oksidov** in srednja vrednost samo v zimskem času sta bili v Centru nad kritično letno vrednostjo za varstvo rastlin v naravnem okolju. Letna koncentracija ne kaže bistvenih sprememb glede na dolgoletno povprečje. Dnevni hod koncentracij skupnih dušikovih oksidov je podoben hodu dušikovega dioksida, s tem, da so razlike med dnevnimi in nočnimi koncentracijami bistveno večje, prav tako med jutranjo (najvišjo) konico in vrednostmi preko dneva. Koncentracije so v zimskem času bistveno višje kot v poletnem in precej višje v Centru kot na Vrbanskem platoju, ki predstavlja mestno ozadje.

Meritve vsebnosti **ozona** v zraku so potekale na treh merilnih mestih: v središču mesta (Center), v okolju brez pomembnih virov onesnaževal (Vrbanski plato) in na višji legi, prav tako brez virov predhodnikov (Pohorje). Ciljna 8-urna vrednost v Centru ni bila nikoli presežena, na Vrbanskem platoju je bila presežena 32 in na Pohorju 57 dni, kar je več od dovoljenih 25 preseganj v koledarskem letu. Opozorilna urna vrednost in alarmna vrednost nista bili nikjer in nikoli preseženi. Meritve na Pohorju so pokazale bistveno višje koncentracije kot na Vrbanskem platoju, tu pa višje kot v Centru.

Parameter AOT40 je merilo za ogroženost rastlin zaradi vsebnosti ozona v zunanjem zraku. Povprečji zadnjih petih let v Centru in na Pohorju ne presegata ciljne vrednosti.

Vsebnost ozona je občutno višja v pomladnem in poletnem času zaradi močnejšega sončnega obsevanja, ki je skupaj s predhodniki (to je onesnaževali, ki pripomorejo k nastanku ozona: dušikovi oksidi in lahkoklapne organske spojine - VOC) sploh potrebno za njegov nastanek, kar je značilno za vsa tri merilna mesta. Zato tudi dnevni hod ozona kaže najvišje vrednosti v popoldanskem času. V nočnem času so koncentracije ozona zaradi reakcije z dušikovim oksidom (razpad ozona) na nizki ravni ozadja. 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 onesnaževanja zraka. Ker na teh območjih v nočnem času zaradi pomanjkanja dušikovih oksidov ozon ne razpada, je njegova vsebnost v zraku lahko precej večja kot v mestu, kar tudi kažejo rezultati meritev na Pohorju.

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

Rezultati meritev v dosedanjem merilnem obdobju kažejo, da sta bili srednji letni vrednosti na Pohorju in v Centru povprečni. Trend srednjih letnih koncentracij je v Centru usmerjen rahlo

navzgor. Število prekoračitev ciljne 8 urne vrednosti je bilo v letu 2011 na Pohorju najvišje v zadnjih petih letih, kljub temu je trend še vedno usmerjen navzdol. Zniževanje vsebnosti ozona na Pohorju je znak, da se na širšem območju znižujejo emisije predhodnikov, ki so vključeni v nastanek ozona, kar je seveda dobro.

Težišče vseh meritev v letu 2011 je bilo zagotovo na ugotavljanju koncentracij **delcev PM₁₀**. Osnovni meritni mesti za delce PM₁₀ v zraku sta bili Center in Vrbanski plato, kjer so se delci ugotavljali z referenčno in nereferenčno meritno metodo. Nereferenčna metoda je kontinuirna, kar pomeni, da so rezultati na voljo stalno in takoj, zato je namenjena obveščanju, medtem ko z referenčno metodo določamo srednje dnevne koncentracije, katere so na voljo šele po nekaj dneh. V poročilu so obdelani in prikazani podatki za Center, dobljeni z referenčno metodo, ter podatki za Vrbanski plato, dobljeni z nereferenčno metodo. Srednja letna vrednost je bila na obeh mestih pod mejno letno vrednostjo, v splošnem velja, da so koncentracije na Vrbanskem platoju nižje kot v Centru skozi vse leto, za obe meritni mesti pa velja, da so koncentracije pozimi precej višje kot poleti. Preseganj mejne dnevne vrednosti je bilo v Centru 65, na Vrbanskem platoju pa 25. Vsa preseganja so se zgodila v zimskem času. Dnevni hod na Vrbanskem platoju ima dve konici (jutranjo in večerno), od katerih je višja večerna. Na koncentracije delcev PM₁₀ v zraku vplivajo razen glavnih virov (kurišča, promet in industrija) tudi širše vremenske razmere ter daljinski transport onesnaženega zraka. Dolgoročni trend je v Centru usmerjen precej navzdol, čeprav lanska koncentracija ni bila bistveno drugačna kot pretekla tri leta.

Meritve delcev PM₁₀ so potekale še na drugih lokacijah v okolici mesta v sosednjih občinah. Ker so meritve potekale različna časovna obdobja, lahko primerjamo povprečje za isto časovno obdobje ali pa na koledarsko leto preračunane vrednosti. Pokaže se, da je bil z delci PM₁₀ najbolj obremenjen zrak v Miklavžu, srednja letna vrednost je bila enaka v Dupleku, vendar z manj prekoračitvami, najmanj obremenjeno meritno mesto je bilo Ruše z le nekaj preseganj mejne dnevne vrednosti. Tako v Miklavžu kot v Dupleku je bilo število preseganj nad dovoljenim, pojavljala pa so se samo v zimskem času. V primerjavi s Centrom je bil Miklavž le malo bolj, Duplek pa malo manj obremenjen, Vrbanski plato ima le malo višje koncentracije kot Ruše, vendar nižje kot vse ostale meritne lokacije v mestu in sosednjih občinah. Iz tega lahko zaključimo, da so gosto poseljena območja v večini primerov preobremenjena s prašnimi delci PM₁₀. O najvplivnejšem viru težko govorimo, zagotovo sta to promet in drobna kurišča, vendar zelo verjetno na različnih lokacijah v različnem razmerju. Na vseh lokacijah je prisotno tudi relativno visoko ozadje, ki ni nujno lokalnega izvora.

Tudi za ugotavljanje kakovosti zraka z **delci PM_{2,5}** sta bili osnovni meritni mesti Center in Vrbanski plato. Rezultati sicer sledijo zakonitostim, opisanim pri delcih PM₁₀. Srednja letna vrednost je bila na obeh mestih pod ciljno vrednostjo, koncentracije so precej višje v zimskem kot v poletnem času, Vrbanski plato (mestno ozadje) je bil v vseh mesecih manj onesnažen kot Center. Razmerje PM_{2,5}/PM₁₀ je v Centru 0,74, na Vrbanskem platoju pa 0,92, kar kaže na to, da Vrbanski plato dejansko predstavlja mestno ozadje brez pomembnih lastnih virov delcev. Srednja letna koncentracija v Centru je bila višja kot pretekla tri leta, še vedno je trend usmerjen navzdol, na Vrbanskem platoju pa višja kot pretekli dve leti, z navzgor usmerjenim trendom. Iz tega lahko sklepamo, da se je onesnaženost iz mesta preselila na obrobje.

Za zagotavljanje boljše zdravstvene zaščite prebivalstva pred škodljivim delovanjem delcev iz zraka si je potrebno prizadevati še za večje znižanje koncentracij delcev, predvsem PM_{2,5}.

Koncentracije težkih kovin (**svinec, kadmij, arzen in nikelj**) so se ugotavljale v dnevnih vzorcih delcev PM₁₀ iz Centra ter delcev PM_{2,5} iz Centra in Vrbanskega platoja. Izmerjene so bile zelo nizke koncentracije vseh štirih kovin, tako da ciljna letna vrednost za posamezno kovino v delcih PM₁₀ ni bila presežena. Razmerje vsebnosti kovin v delcih PM₁₀ in PM_{2,5} kaže, da so kovine v zraku prisotne predvsem v manjši velikostni frakciji. Koncentracije vseh kovin so višje v zimskem času. Razlike med Centrom in Vrbanskim platojem so pri kovinah v delcih PM_{2,5} manjše kot v delcih PM₁₀. Že precej časa so koncentracije kovin v delcih PM₁₀ precej pod ciljnimi letnimi vrednostmi, tako da trendi v zadnjih letih niso očitni.

Vsebnost **benzo(a)pirena** v delcih PM₁₀ je bila v Centru nad ciljno vrednostjo, na Vrbanskem platoju pa pod njo. PAO nastajajo pri nepopolnem zgorevanju v kuriščih in prometu, glede na bistveno višje vrednosti v zimskem času pa so kurišča zagotovo prevladujoči vir. Višje vrednosti v Centru kot na Vrbanskem platoju nakazujejo tudi na pomemben prispevek prometa. Dolgoletnega poteka za merilno mesto Vrbanski plato zaradi kratkega časa trajanja meritve na tej lokaciji ni možno podati, meritve v Centru kažejo trend, ki je usmerjen navzgor.

Primerjalne meritve b(a)p v delcih na različnih lokacijah v merilni mreži Maribora in sosednjih občin so pokazale, da so v povprečju urbana območja bolj obremenjena kot mestno ozadje, primestna naselja celo bolj kot Center, se pa lahko tudi izven poseljenih območij (Ruše) pojavijo posamezne zelo visoke koncentracije, ki pa so zelo verjetno povezane z lokalnimi viri.

Iz vseh rezultatov meritve prašnih delcev obeh velikostnih frakcij, benzo(a)pirena in težkih kovin v delcih je težko sklepati na vplivne vire; lahko so to sicer kurišča (koncentracije delcev PM₁₀, PM_{2,5}, kovin in b(a)p so v zimskem času višje kot poleti), promet (dnevni hod ima dva, s prometnimi konicami povezana vrhova), industrijski viri, gradbene dejavnosti (povišane vrednosti tudi v poletnem času) ter so lokalnega značaja (na primer delo na vrtu ali lokalna kurišča). Tudi kovine imajo podoben izvor, v največji meri so to kurišča, promet (svinec v gorivu, kadmij na vozilih: pločevina, katalizatorji), industrija, kmetijstvo in so lahko tudi naravnega, mineralnega izvora.

S težkimi kovinami in b(a)p v delcih je najbolj onesnaženo območje Centra, Vrbanski plato predstavlja mestno ozadje, kamor se delci, sicer kar razredčeni in v manjših velikostnih frakcijah, širi iz bolj onesnaženih območij mesta in primestnih naselij. Meritve v drugih občinah so pokazale, da je onesnaženost z delci PM₁₀ in PAO v njih tesno povezana z intenziteto virov, od katerih so v zimskem času izredno pomembna individualna kurišča. Tako je lahko v primestnih občinskih središčih onesnaženost z delci PM₁₀ tudi višja kot v središču Maribora.

Ogljikov monoksid, merjen v Centru, ne predstavlja pomembnega onesnaževala, saj nobena izmerjena 8-urna vrednost v koledarskem letu ni presegala mejne vrednosti. Dnevni hod je podoben hodu delcev PM₁₀ z dvema konicama (jutranjo in večerno), s tem, da sta konici manj izraziti in približno enako visoki. Tega onesnaževala je bistveno več v zraku v zimskem kot v poletnem času, kar lahko pripisemo kuriščem in drugačnih zgorevalnih razmeram v vozilih. Koncentracije so bile enako nizke kot v dosedanjem merilnem obdobju, trend zniževanja vsebnosti CO v zadnjih letih ni več tako očiten.

Meritve vsebnosti **benzena** v zraku v Centru so pokazale, da mejna letna vrednost ni bila presežena. Dnevni hod je enak hodom ostalih onesnaževal, značilnih za promet in kurišča. V povprečju se kažejo bistveno višje vrednosti v zimskem kot v poletnem času. Opredelitev

glavnih virov tega onesnaževala samo iz rezultatov meritev ni mogoča. V letu 2011 so bile izmerjene nizke koncentracije benzena, vendar višje kot pretekli dve leti, trend zniževanja je še vedno usmerjen navzdol.

Temperatura zraka je pokazatelj širših vremenskih dogajanj, ki vplivajo na kakovost zraka, zato jo v poročilu tudi vedno navajamo. Temperatura zraka je bila v Centru višja kot na Vrbanskem platoju. Leto 2011 je bilo nekoliko toplejše glede na dolgoletno povprečje 1997-2010, občutno hladnejša sta bila februar in november, toplejši pa april, avgust in september (za več kot 4 °C), kar se očitno kaže tudi pri večji vsebnosti ozona (poleti) in delcev (pozimi).

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, Duplek, Ruše in Miklavž na Dravskem polju, so v Panonskem območju, ki obsega območje Pomurja in Podравja brez območja Mestne občine Maribor, z oznako SI1. Stopnje onesnaženosti zraka določa *Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka*: SIM spada v I., SI1 pa v II. stopnjo onesnaženosti zraka. Ravni onesnaževal v zraku glede na mejne ali ciljne vrednosti oziroma glede na spodnji in zgornji ocenjevalni prag so v tabeli 7.1. Glede na v tem poročilu predstavljeno kakovost zraka v letu 2011 so ravni onesnaževal na območju SI1 (merilna mesta Pohorje, Ruše, Miklavž in Duplek) in aglomeraciji SIM (merilni mesti Center in Vrbanski plato) predstavljene v tabeli 7.2. Pri določitvi smo upoštevali povprečje zadnjih petih let, če pa ni bilo dolgoletnih rezultatov, smo uporabili krajša obdobja.

Tabela 7.1: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku po Odredbi

| Območje | SO ₂ | NO ₂ | NO _x | PM ₁₀ | PM _{2,5} | svinec | CO | benzen | O ₃ | arzen | kadmij | nikelj | b(a)p |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|--------|----|--------|----------------|-------|--------|--------|-------|
| SIM | 1 | 3 | -* | 3(4) | | 1 | 1 | 3 | 3(4) | 1 | 1 | 1 | 3 |
| SI1 | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 1 | 3(4) | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabela 7.2: Ravni onesnaževal v zunanjem zraku glede na rezultate v 5-letnem obdobju

| 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 | -* | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Vrbanski | - | 1 | 2 | 3 | 3 | - | - | - | 4 | - | - | - | 2 |
| Ruše | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Miklavž | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Pohorje | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | - | - | - | - |
| Duplek | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Legenda:

- 1 pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- 2 med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom
- 3 nad zgornjim ocenjevalnim pragom oziroma pod ciljno vrednostjo, kjer ni ocenjevalnih prago
- 4 nad mejno/ciljno vrednostjo
- ni bilo merjeno ali ni dovolj podatkov
- * v aglomeraciji se ravni NO_x za varstvo rastlin in ekosistemov ne ocenjuje

Kot vidimo iz obeh zgornjih preglednic, so delci tisti, ki presegajo mejno vrednost in za SIM zahtevajo razvrstitev v I. stopnjo onesnaženosti zraka. Razvrstitev v I. stopnjo je posledica visoke vsebnosti ozona v zraku izven mestnega središča. Rezultati meritev v letu 2011 pa kažejo, da bi morali biti tudi urbani predeli območja SI1 razvrščeni v I. stopnjo, saj

koncentracije delcev PM₁₀ tudi tam presegajo mejno vrednost. Zaradi povišanih koncentracij delcev PM₁₀ in ozona lahko pričakujemo škodljive učinke teh onesnaževal na zdravje izpostavljenih prebivalcev, vendar je ob tem potrebno poudariti, da čezmerna onesnaženost zraka z omenjenimi onesnaževali ni posebnost tega območja, ampak gre za sliko, značilno za mesta (delci) oziroma višje lokacije (ozon), kar potrjujejo tudi meritve na drugih merilnih mestih v Sloveniji in v tujini. Na podlagi tega lahko zaključujemo, da prebivalci obravnavanega območja niso izpostavljeni večjemu tveganju za okvare zdravja zaradi onesnaženosti zraka kot ostali prebivalci Slovenije v mestih ali ob prometnih cestah. Vendar pa je glede na dokazano škodljivost potrebno okoljske naloge usmerjati predvsem k reševanju problema delcev. Ne glede na boljše stanje kakovosti zunanjega zraka z ostalimi onesnaževali, je potrebno izvajati ukrepe za izboljšanje in ohranjanje kakovosti zunanjega zraka tudi z drugimi onesnaževali, in zagotoviti, da se obstoječa kakovost zraka še izboljša oziroma pri onesnaževalih, ki sploh niso več problematična (žveplov dioksid, ogljikov monoksid, težke kovine), vsaj ohranja.

Kot smo že pri delcih ugotovili, so koncentracije v središču mesta in v občinskih središčih sosednjih občin praktično enake in tudi čezmerne, medtem ko so obrobja občin, v katerih okolici ni vplivnih virov, precej manj onesnažena. To ne velja za ozon, katerega vsebnost je najnižja v mestnem središču, najvišja pa na bolj oddaljenih, neposeljenih območjih. Razlog temu so značilnosti njegovega nastanka in razpada, saj fotokemične reakcije razpada intenzivneje potekajo tam, kjer je na voljo več predhodnikov ozona (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 onesnažen zrak iz bližnje in daljne okolice (lokalni in daljinski transport), pa tudi vremenskim razmeram se daje vedno večji pomen, saj vplivajo na naše kurirne in vozne navade ter s tem spreminjajo emisije snovi v zrak, vplivajo pa tudi na zadrževanje lokalno nastalega onesnaženega zraka na širšem območju mesta v daljem časovnem obdobju. 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.

Rezultati meritve kakovosti zraka, dolgoletni potek in trendi koncentracij onesnaževal služijo tudi za ugotavljanje ustreznosti merilne mreže. V skladu z določili zakonodaje se ocenjevanje kakovosti zraka izvaja na območjih in aglomeracijah, kjer raven onesnaženosti presega zgornji ocenjevalni prag na stalnem merilnem mestu. Za pridobitev podatkov o prostorski razporeditvi kakovosti zraka se lahko navedene meritve dopolnijo z indikativnimi meritvami. Nedopustno bi bilo zmanjšanje obsega meritve oziroma celo njihova opustitev iz finančnih ali drugih neracionalnih razlogov. Odločitev o tem mora temeljiti na analizi dolgotrajnih podatkov in določilih veljavne zakonodaje. Predstavljen obseg je v skladu s Programom monitoringa kakovosti zunanjega zraka za Mestno občino Maribor za leto 2011 in pokriva vse onesnaževala, ki jih pokriva Uredba o kakovosti zunanjega zraka in ki imajo mejne ali ciljne vrednosti. Zato smo mnenja da tak program zagotavlja ustrezni 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.

V letu 2011 smo izvajali dodatne indikativne meritve delcev, ki pa so v skladu zakonodajo. Na podlagi predhodne analize rezultatov, ki jo analiza iz tega poročila le še potrjuje, smo se odločili, da bodo v prihodnje meritve na lokacijah v sosednjih občinah potekale istočasno in v času trajanja šest mesecev (enakomerno razporejene preko koledarskega leta), kar nam bo dalo tako z mejnimi vrednostmi kot z vrednostmi iz drugih merilnih mest primerljive rezultate. V prihodnosti se meritve lahko razširijo še na druge sosednje občine, vendar predlagamo le ugotavljanje delcev PM₁₀. Ko bodo rezultati meritve podkrepjeni s katastrom onesnaževalcev (virov onesnaževanja zraka), bomo prišli do popolnejše prostorske razporeditve onesnaženosti zraka, kar bo podlaga za ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka – načrt za kakovost zraka, ki mora biti pripravljen za MOM s sosednjimi občinami. Ukrepi so nujno potrebni za zmanjšanje koncentracij delcev (PM₁₀ in PM_{2,5}), pa tudi benzo(a)pirena v delcih PM₁₀, dušikovih oksidov, benzena in ozona.

V poročilu zelo malo govorimo o virih, ki povzročajo predstavljeno kakovost zraka. Samo na podlagi meritve ni možno dovolj dobro opredeliti vplivnih virov; to bi lahko storili s podrobnejšim poznavanjem lokalnih emisijskih virov, klimatskih značilnosti širšega območja obdelave in ravni onesnaževal ozadja, ki je potrebno zaradi določitve prispevka daljinskega transporta. To nalogu izvajamo v okviru projekta PMinter³, skupaj z MOM in Fakulteto za gradbeništvo ter partnerji iz Avstrije (mesto Celovec, avstrijska Koroška, avstrijska Štajerska in Tehniška univerza Gradec). Podrobnosti o tem projektu so dosegljive na spletni strani projekta www.pminter.eu.

Vsi rezultati in poročila so stalno dosegljivi na spletnih straneh ARSO (državna mreža kakovosti zraka) in Mestne občine Maribor (državna merilna mreža in merilna mreža Maribora in sosednjih občin). Primerjava z ostalimi slovenskimi mesti je razvidna iz podatkov ARSO, primerjavo z ostalimi evropskimi mesti pa je možno slediti na spletni strani airqualitynow.eu, ki je nastala v sklopu sodelovanja MOM v evropskem projektu CiteairII.

Ilustrativen prikaz izmerjenih vrednosti v letu 2011 s primerjavo z normativnimi vrednostmi ter rezultati meritve v dosedanjem merilnem obdobju je na slikah 7.1 in 7.2.

³ PMinter: Medregijski vpliv ukrepov za varstvo zunanjega zraka pred onesnaževanjem z delci iz cestnega prometa in malih kurišč v slovensko – avstrijskem obmejnem prostoru

Slika 7.1: Pregled izmerjenih vrednosti v letu 2011 in usklajenosti z zakonodajo

| Onesnaževalo | NO₂ letna urna | NO₂ letna | NO_x 8-urna | O₃ letna | PM₁₀ dnevna letna | PM_{2,5} št. preko | CO µg/m ³ | C₆H₆ mg/m ³ | Pb v PM₁₀ ng/m ³ | Cd v PM₁₀ ng/m ³ | As v PM₁₀ ng/m ³ | Ni v PM₁₀ ng/m ³ | B(a)P v PM₁₀ ng/m ³ |
|--------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---|---|--------------------------------|--|--|--|--|--|---|
| Center | 34 | 138 | 70 | 0 | 34 | 65 | 25 | 0,7 | 1,9 | 11,5 | 0,5 | 0,8 | 3,2 |
| Pohorje | | | | 57 | | | | | | | | | 1,2 |
| Vrbanski plato | 10 | 68 | 14 | 35 | 25 | 25 | 23 | | | | | | 0,4 |
| Miklavž | | | | | 34 | 67 | | | | | | | |
| Ruše | | | | | 24 | 11 | | | | | | | |
| Duplek | | | | | 34 | 57 | | | | | | | |
| mejna oz. ciljna* | 40 | 200 | 30 | 25* | 40 | 35 | 25* | 10 | 5 | 500 | 5* | 6* | 20* |
| | | | | | | | | | | | | | 1* |

Legenda:

- prekoračena mejna vrednost za zaščito zdravja
- prekoračena mejna vrednost za zaščito vegetacije
- prekoračen zgornji ocenjevalni prag
- prekoračen spodnji ocenjevalni prag
- pod spodnjim ocenjevalnim pragom
- pod mejno oz. ciljno vrednostjo, kjer ni ocenjevalnih pragov

Slika 7.2: Pregled usklajenosti z zakonodajo v letu 2011 – VAROVANJE ZDRAVJA LJUDI

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, Uradni list RS štev. 39/2006 in 70/2008 (ZVO-1-UPB1)
- 3) Kakovost zraka v Mariboru, letno poročilo 2010, ZZV Maribor 201
- 4) Mesečna poročila o kakovosti zraka ZZV Maribor, januar - december 2011
- 5) Prostorska porazdelitev onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM₁₀ in benzo(a)pirenom v njih v Mariboru in okolici, februar 2012, ZZV Maribor (120-09/1579-11 / 13)
- 6) Arhiv, interna poročila ZZV, Inštitut za varstvo okolja Maribor 1984 – 2011
- 7) Agencija RS za okolje: Onesnaženost zraka v Sloveniji, mesečna poročila 2011
- 8) Das Land Steiermark, Fachabteilung 17C, Luftgutemessungen in der Steiermark, Jahresbericht 2009 und Monatsberichte 2010
- 9) B. Lukanc: Možnosti zmanjšanja vsebnosti ozona v zraku zaradi emisij vozil v prometu, magistrsko delo, Maribor 2003
- 10) Fine! Dust-Free, 2nd International Congress in Klagenfurt on Worthersee, 1 to 2 October 2009
- 11) Določitev novih meritnih mest v Ljubljani in Mariboru, Agencija RS za okolje, Ljubljana, marec 2009
- 12) »Aquella« Peggau Bestimmung von Immissionsbeiträgen in Fenistaubproben, Das Land Steiermark, Bericht UA/AQ Peggau 2008 72S, Graz, Oktober 2008
- 13) Dopis MOP – ARSO štev. 954-47/2004 z dne 17.12.2004
- 14) Ocena onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom, dušikovimi oksidi, delci PM₁₀, ogljikovim monoksidom, benzenom, težkimi kovinami (Pb, As, Cd, Ni) in policikličnimi aromatskimi ogljikovodiki (PAH) v Sloveniji za obdobje 2005-2009 /13/, Ljubljana 2010
- 15) Diplomsko delo Izračun emisij onesnaževal in toplogrednih plinov iz prometa v mestu Maribor, Saša Tandar, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
- 16) WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, global update 2005, Summarx of risk assessment, World Health Organization, 2006
- 17) Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo
- 18) Poročilo pilotnega projekta »Opredelitev virov delcev PM10 v Sloveniji«, Agencija RS za okolje, Ljubljana, november 2008

- 19) PM₁₀ Datenanalyse, Grobabschätzung des PM₁₀-Anteils von Verkehrs- und Hausbrandemissionen an Grazer Luftgutemessstationen, Das Land Steiermark, Bericht Nr-01-2008, Graz Februar 2008

