



**ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO MARIBOR**

Prvomajska ulica 1, 2000 Maribor

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

**INŠTITUT ZA VARSTVO OKOLJA**

Telefon: **(02) 4500170**

Telefaks: **(02) 4500227**

E-pošta: **ivo@zzv-mb.si**

ID za DDV: **SI30447046**

Številka transakcijskega računa: **01100-6030926630**



DAT: IVOTS/20/PR09MOM\_letno2009.doc

## **Kakovost zraka v Mariboru - letno poročilo 2009**

Maribor, marec 2010

---

Naslov: Kakovost zraka v Mariboru - letno poročilo 2009

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

Naročnik: MESTNA OBČINA MARIBOR  
Slovenska ulica 40  
2000 MARIBOR

Evidenčna oznaka: 120-09/1579-09 / 13  
Delovni nalog: pogodba št. 35410-1/2009 030203 z dne 23.01.2009  
okvirni sporazum št. 43000-47/2008 z dne 2.10.2008  
Šifra dejavnosti: 20 – imisijski monitoring

Referenčni izvod: **DA**

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

Sodelavci: Uroš Lešnik, univ.dipl.inž.prom.  
Pija Rep, univ.dipl.inž.kem.inž.  
Bogdana Jeretin, univ.dipl.inž.kem.tehnol.  
Marjana Babič, univ.dipl.inž.kem.inž.

Maribor, 26.03.2010

ODDELEK ZA FIZIKALNE MERITVE

Vodja:

mag. Benjamin Lukan, univ.dipl.fiz.

INŠTITUT ZA VARSTVO OKOLJA

Predstojnik:

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

## POVZETEK

Meritve kakovosti zraka v Mariboru in okolici so v letu 2009 potekale po ustaljenem programu v okviru mestne in državne merilne mreže kakovosti zraka (DMKZ), ki jo upravlja Agencija RS za okolje. Ugotavljala so se vsa onesnaževala, ki jih zahteva naša zakonodaja: žveplov dioksid, dušikov dioksid in skupni dušikovi oksidi, ozon, ogljikov monoksid, benzen, delci PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>, benzo(a)piren in težke kovine v delcih PM<sub>10</sub>, prašne usedline z analizo na težke kovine ter dodatno še meteorološki parametri. Osnovno merilno mesto je Center, dodatna Tabor, Slivniško Pohorje (občina Hoče – Slivnica), Vrbanska, Tezno, Laznica in Skoke (občina Miklavž na Dravskem polju). Obseg meritev se je glede na leto 2008 nekoliko povečal, saj so se meritve delcev PM<sub>2,5</sub> izvajale tudi na Vrbanski in Taboru. Merilne metode so bile usklajene z zahtevami zakonodaje in stanjem tehnike ter se glede na pretekla leta niso spremenile. V letu 2009 je prenehal veljati Odlok o varstvu zraka na območju Mestne občine Maribor. Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjšega zraka in čistejšem zraku za Evropo še ni bila privzeta v naš pravni red. To poročilo vključuje uradne rezultate vseh izvedenih meritev kakovosti zunanjšega zraka v letu 2009, njihovo primerjavo z normativnimi vrednostmi iz veljavne zakonodaje in druge značilnosti, ki iz rezultatov izhajajo.

Koncentracije žveplovega dioksida, ogljikovega monoksida, težkih kovin v delcih PM<sub>10</sub>, prašnih usedlin in kovin v njih so bile kot že leta prej ustrezne, brez preseganj normativnih vrednosti za zaščito zdravja, tudi trendi zniževanja v celotnem merilnem obdobju so še vedno opazni. Koncentracije dušikovega dioksida, benzena in benzo(a)pirena (ta je pokazatelj za rakotvorno tveganje policikličnih aromatskih ogljikovodikov) so bile sicer pod normativnimi vrednostmi, vendar nad zgornjim ocenjevalnim pragom, kar pomeni, da je njihovo spremljanje v okolju še potrebno. Trendi gibanja koncentracij teh onesnaževal v celotnem merilnem obdobju so ali usmerjeni navzdol ali pa so nepsremenjeni. Vsebnost ozona v zraku v Centru in na Pohorju je v skladu z zakonodajo, saj ciljna osemurna vrednost ni bila presežena večkrat, kot je dovoljeno. Preseganja opozorilne in alarmne vrednosti za ozon se niso pojavile nikoli. Rezultati v dosedanjih letih kažejo majhne spremembe, tako da težko govorimo o očitnih trendih. Koncentracije žveplovega dioksida niso presegale normativne vrednosti za zaščito vegetacije, medtem ko so bili skupni dušikovi oksidi v Centru in parameter AOT40 na Pohorju, ki je merilo za ogroženost rastlin zaradi vsebnosti ozona v zunanjem zraku, nad njimi. Srednja letna vrednost delcev PM<sub>10</sub> v Centru in na Taboru ni presegala mejne letne vrednosti, tudi dovoljeno število preseganj mejne dnevne vrednosti ni bilo prekoračeno. Dolgoročni trendi delcev so v Centru in na Taboru usmerjeni navzdol. Koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> so bile v Centru in na Taboru pod ciljno vrednostjo iz nove direktive EU. Temperatura zraka je bila precej nad dolgoletnim povprečjem 1961-1990 in tudi nad povprečjem zadnjih nekaj let.

Onesnaženost zraka je v zimskem času slabša za vsa onesnaževala, razen za ozon in prašne usedline ter težke kovine v njih, za katera bi lahko rekli, da k nekim bolj ali manj stalnim koncentracijam ozadja, ki jih izmerimo v poletnem času, kurišča, promet, industrija in drugi lokalni viri prispevajo dodatno onesnaženje, ki je v zimskem času še bolj očitno. Pri ozonu je razlog višjih poletnih vrednosti v načinu njegovega nastanka, saj je sončno obsevanje pozimi bistveno šibkejše. Prašne usedline so delci prahu, običajno večjih dimenzij (>30 μm), ki niso neposredno posledica emisij iz nepremičnih ali premičnih virov, temveč jih dviguje veter s tal ali pa so deli rastlin, kar se pogosteje dogaja pri višjih temperaturah in bolj sušnem vremenu. O

dodatnih podrobnostih o vplivnih virih je težko govoriti, saj katastra emisij za Maribor ni. Na kakovost zraka pa pomembno vplivajo tudi vremenska dogajanja, kar pa pri nas ni raziskano.

Dnevni hodi za žveplov dioksid, dušikove okside, ogljikov monoksid, benzen in delce kažejo, da je kakovost zunanjega zraka najboljša med 2. in 4. uro zjutraj, saj so takrat koncentracije absolutno najnižje. Še vedno se preko dneva pojavljata dva vrhova, ko je zrak najbolj onesnažen, vendar so razlike med njima vedno manjše. Dopoldan se vrh pojavi okoli 10. ure poleti in uro prej pozimi, popoldan pa med 18. in 20. uro poleti in prav tako uro prej pozimi. Potek ozona kaže, da je njegova vsebnost v zraku najnižja tik pred sončnim vzhodom, najvišja pa v času najbolj intenzivnega sončnega obsevanja, nekje med 13. in 17. uro.

Obseg meritev je ustrezen in je nedvomno potrebno z njim nadaljevati, razen meritev žveplovega dioksida in ogljikovega monoksida, ki se lahko opustita zaradi nizkih vrednosti že v daljšem časovnem obdobju. Prav tako naj se zamenjajo meritve prašnih usedlin z meritvami delcev  $PM_{10}$  in  $PM_{2,5}$ . Prostorska razporeditev glavnih merilnih mest (Center, Tabor, Pohorje) je ustrezna, saj ne pokriva samo ozkega območja mesta, temveč tudi njegovo gosto poseljeno okolico s sosednjimi občinami. Rezultati meritev na različnih merilnih mestih v Mariboru in okolici vedno bolj kažejo na približno enako onesnaženost zunanjega zraka z večino onesnaževali. Kljub temu bo potrebno širiti merilno mrežo še na druga poseljena območja mesta in njegove okolice (sosednje občine), da se zgornja domneva dokaže.

Glede na povišane koncentracije delcev  $PM_{10}$  in  $O_3$  lahko pričakujemo škodljive učinke teh onesnaževal 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 pa 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 onesnaževal iz zraka si je potrebno prizadevati za še večje znižanje njihovih koncentracij, predvsem delcev.

# KAZALO

	Stran
<b>1 UVOD.....</b>	<b>7</b>
<b>2 MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV.....</b>	<b>8</b>
<b>3 METODOLOGIJA DELA .....</b>	<b>11</b>
3.1 OZON (POHORJE).....	11
3.2 OPTIČNI MERILNIK - OPSIS .....	12
3.3 DELCI PM <sub>10</sub> – nereferenčna metoda .....	12
3.4 DELCI PM <sub>10</sub> in/ali PM <sub>2,5</sub> - referenčna metoda.....	13
3.5 PREISKAVE DELCEV NA VSEBNOST BENZO(A)PIRENA V DELCIH PM <sub>10</sub> (Tabor).....	13
3.6 PREISKAVE DELCEV NA VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V DELCIH PM <sub>10</sub> (TABOR) .....	14
3.7 PRAŠNE USEDLINE IN TEŽKE KOVINE V NJIH .....	14
3.8 METODOLOGIJA MERITEV IN ANALIZ V DRŽAVNI MERILNI MREŽI (CENTER) .....	15
<b>4 ZAKONSKI OKVIR.....</b>	<b>17</b>
<b>5 REZULTATI MERITEV .....</b>	<b>20</b>
5.1 ŽVEPLOV DIOKSID (CENTER).....	20
5.2 DUŠIKOV DIOKSID IN SKUPNI DUŠIKOVI OKSIDI (CENTER) .....	21
5.3 OZON (CENTER) .....	22
5.4 OZON (POHORJE).....	23
5.5 ŽVEPLOV DIOKSID, DUŠIKOV DIOKSID, OZON (TABOR).....	24
5.6 DELCI PM <sub>10</sub> in PM <sub>2,5</sub> , TEŽKE KOVINE IN BENZO(A)PIREN V DELCIH PM <sub>10</sub> in PM <sub>2,5</sub> (CENTER, VRBANSKA).....	25
5.7 DELCI PM <sub>10</sub> in PM <sub>2,5</sub> , TEŽKE KOVINE IN BENZO(A)PIREN V DELCIH PM <sub>10</sub> (TABOR) .....	27
5.8 PRAŠNE USEDLINE (MARIBOR, MIKLAVŽ) .....	29
5.9 OGLJIKOV MONOKSID (CENTER) .....	30
5.10 BENZEN (CENTER).....	30
5.11 TEMPERATURA ZRAKA (CENTER).....	31

<b>6</b>	<b>ZNAČILNOSTI .....</b>	<b>32</b>
6.1	DNEVNI HODI.....	32
6.2	MESEČNI HODI.....	37
6.3	DOLGOLETNI POTEKI KAKOVOSTI ZRAKA.....	43
6.4	PRIMERJAVA MED MERILNIMI MESTI V LETU 2009.....	56
6.5	ODVISNOST KAKOVOSTI ZRAKA OD TEMPERATURE .....	56
6.6	MOŽNI VPLIVI ONESNAŽENOSTI ZRAKA NA ZDRAVJE .....	56
<b>7</b>	<b>SKLEPNE UGOTOVITVE .....</b>	<b>56</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURA IN VIRI .....</b>	<b>56</b>

## 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 2009 dosegle stanje, ki je prikazano v tem poročilu.

Mestna občina Maribor je v skladu z veljavno zakonodajo poselitveno območje, na katerem so meritve obvezne. Spremljanje kakovosti zunanjega zraka je stalna naloga, ki poteka v okviru mestne merilne mreže v obsegu, dogovorjenem s pogodbami z mestno občino Maribor 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 spremljanje kakovosti zraka (DMKZ).

Osnovni merilni mesti v Mariboru sta Center v državni in Tabor v mestni merilni mreži. Ostala merilna mesta so namenjena ugotavljanju porazdelitvi kakovosti zraka po mestnem in izvenmestnem območju. V letu 2009 so v Mariboru potekale meritve vseh onesnaževal, na katere se v skladu z zakonodajo nanašajo ukrepi za ohranjanje in izboljšanje kakovosti zunanjega zraka:

- mestna merilna mreža je na merilnem mestu Tabor obsegala stalno ugotavljanje delcev  $PM_{10}$  in  $PM_{2,5}$  v zraku ter analizo delcev  $PM_{10}$  na benzo(a)piren (B(a)P v  $PM_{10}$ ) kot predstavnik poliaromatskih ogljikovodikov in težke kovine svinec, kadmij, arzen in nikelj (TK v  $PM_{10}$ ). To mesto sovпада z linijsko meritvijo žveplovega dioksida ( $SO_2$ ), dušikovega dioksida ( $NO_2$ ) in ozona ( $O_3$ ). Štiri merilna mesta za ugotavljanje prašnih usedlin (PU) in težkih kovin svinec, kadmij in cink v njih (TK v PU) so bila na območju mestne občine Maribor (Tabor, Laznica, Vrbanska in Tezno) in eno v občini Miklavž na Dravskem polju (Skoke). Meritve  $O_3$  so potekale še na Pohorju, v občini Hoče - Slivnica.
- državna merilna mreža je na merilnem mestu Center obsegala stalne meritve  $SO_2$ ,  $NO_2$ , skupnih dušikovih oksidov ( $NO_x$ ),  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , ogljikovega monoksida (CO) in benzena ( $C_6H_6$ ) v zraku ter analize B(a)P in TK v  $PM_{10}$ , v njenem sklopu je tudi postaja za meteorološke parametre, od katerih se v tem poročilu navaja temperatura zunanjega zraka.

V letu 2009 je Odlok o varstvu zraka na območju Mestne občine Maribor prenehal veljati.

Obseg meritev v mestni merilni mreži se je glede na leto 2008 le malo spremenil. Merilnik Opsi je na Taboru v letu 2009 obratoval do septembra, ko je prišlo do večje okvare. V Centru in na Taboru so meritve delcev  $PM_{10}$  potekale z referenčno in nereferenčno metodo. Nereferenčna metoda je uporabljena zaradi takojšnjega prikaza rezultatov. Meritve delcev  $PM_{2,5}$  so se izvajale na Taboru, v Centru in Vrbanska (mestno ozadje) – vse z referenčno metodo. Koncentracije delcev  $PM_{10}$  z nereferenčno metodo na Taboru so v skladu z /12/ pomnožene s faktorjem 1,3 skozi celo leto.

V nadaljevanju so zbrane podrobnosti o meritvah ter uradni pregledani rezultati iz mestne in državne merilne mreže. Rezultate meritev v državni merilni mreži so obdelali na ARSO. Podrobnejši rezultati so bili dostavljeni naročnikom v mesečnih poročilih, zato tu 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 rezultati analiz B(a)P in TK v  $PM_{10}$  ter koncentracij  $PM_{10}$ , izmerjenih z referenčno metodo, na merilnem mestu Center (DMKZ), ki jih v mesečnih poročilih ni bilo.

## 2 MERILNA MESTA IN TRAJANJE MERITEV

Mreža merilnih mest za spremljanje kakovosti zraka je glede na pretekla leta ostala nespremenjena. Podrobnejši podatki o merilnih mestih so v tabeli 2.1. Prostorsko je lega merilnih mest (stanje konec leta 2009) 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	SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> (ref. in neref.), PM <sub>2,5</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , CO, TK in B(a)P v PM <sub>10</sub> , temperatura zraka
Tabor – Jadranska cesta 28 - Tržaška cesta 14	275 + 15 – sprejemnik 276 + 8 - oddajnik	549665 549880	154927 155381	SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> ,
Tabor – Tržaška cesta 26, meteorološka postaja	276 + 4	549846	155262	PM <sub>10</sub> (neref.), B(a)P in TK v PM <sub>10</sub> , PU, TK v PU
Tabor – Tržaška cesta 26, meteorološka postaja	276 + 1,5	549846	155257	PM <sub>10</sub> (ref.), PM <sub>2,5</sub>
Pohorje – Slivniško Pohorje 7, bolnišnica za pljučne bolezni	725 + 15	544682	148933	O <sub>3</sub>
Tezno – Prvomajska ulica 1, Zavod za zdravstveno varstvo	275 + 1	551005	154909	PU, TK v PU
Laznica – Laznica 34	290 + 2	544101	157326	PU, TK v PU
Vrbanska – vodarna Mariborskega vodovoda	280 + 1	548466	158577	PU, TK v PU
Vrbanska – vodarna Mariborskega vodovoda	280 + 1,5	548482	158627	PM <sub>2,5</sub>
Skoke – Letališka cesta 6	264 + 1	553603	149320	PU, TK v PU

**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
Tabor	SI M	T	U	RC	16
Pohorje	SI I	B	R	N	1
Tezno	SI M	T	U	RCI	16
Laznica	SI M	B	S	RA	32
Vrbanska	SI M	B	S	RA	16
Skoke	SI I	B	R	RA	16



**Legenda:**

Tip mesta:	B – ozadje T – promet	Tip območja:	U - mestno S - predmestno R – podeželsko
Značilnost območja:	R – stanovanjsko C – poslovno I – industrijsko A – kmetijsko N - naravno	Geogr. opis:	1 - gorsko 16 - ravnina 32 - razgibano



**Slika 2.1:** Merilna mesta za spremljanje kakovosti zraka v Mariboru v letu 2009

Glede na leto 2008 ni bilo nobenih sprememb v lokacijah merilnih mest. Merilno mesto za ugotavljanje delcev  $PM_{2,5}$  z referenčno merilno metodo na Vrbanski, je bilo le nekaj metrov oddaljeno od stalnega merilnega mesta za PU. Dodatno merilno mesto za ugotavljanje delcev  $PM_{10}$  oziroma  $PM_{2,5}$  z referenčno merilno metodo na Taboru je bilo le nekaj metrov oddaljeno od stalnega merilnega mesta za  $PM_{10}$  z nereferenčno merilno metodo.

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 meritev

Merilno mesto	Parameter	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
CENTER	SO <sub>2</sub>												
CENTER	NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>												
CENTER	O <sub>3</sub>												
CENTER	PM <sub>10</sub> (ref.)												
CENTER	PM <sub>10</sub> (neref.)												
CENTER	PM <sub>2,5</sub> in TK												
CENTER	B(a)P in TK v PM <sub>10</sub>												
CENTER	CO												
CENTER	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>												
CENTER	temperatura												
VRBANSKA	PM <sub>2,5</sub> in TK												
TABOR	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> ,												
TABOR	PM <sub>10</sub> (neref.)												
TABOR	PM <sub>10</sub> (ref.) oz. PM <sub>2,5</sub>												
TABOR	B(a)P in TK v PM <sub>10</sub>												
POHORJE	O <sub>3</sub>												
TABOR	PU in TK												
TEZNO	PU in TK												
VRBANSKA	PU in TK												
LAZNICA	PU in TK												
SKOKE	PU in TK												

**Legenda:**

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

### 3 METODOLOGIJA DELA

Meritve kakovosti zraka so vedno določitev koncentracij onesnaževal v območju analitike sledov (red velikosti  $10^{-6}$ - $10^{-9}$ ), zato zahtevajo analitsko opremo z visoko selektivnostjo, občutljivostjo, natančnostjo in stabilnostjo. Onesnaževala  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , neref.  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{CO}$  in  $\text{C}_6\text{H}_6$  se določajo s posebno merilno opremo, katere rezultati so koncentracije v realnem času (avtomatske meritve). Referenčne meritve  $\text{PM}_{10}$  in  $\text{PM}_{2,5}$  potekajo 24 ur, rezultati so dnevne koncentracije, ki so na voljo šele po tehtanju vzorčevalnih filtrov, kar traja lahko tudi več kot 14 dni. Za določitev PU, TK v PU in  $\text{PM}_{10}$  ter B(a)P v  $\text{PM}_{10}$  so potrebne kombinacije vzorčevalnih in analitskih metod; rezultati so znani šele po zaključku analiz.

Rezultati avtomatskih meritev se beležijo v posameznem merilniku, izračunajo povprečne polurne vrednosti in avtomatsko, sproti, z osnovnim preverjanjem njihove ustreznosti prenašajo na ZZV in ARSO. Od ZZV grede podatki z avtomatskim prenosom na MOM in so predstavljeni na njihovi 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.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/>.

#### 3.1 OZON (POHORJE)

UV absorpcijski analizator ozona Advanced Pollution Instrumentation Inc. (API), model 400, kontinuirano analizira vsebnost  $\text{O}_3$  v zraku. Delovanje bazira na UV absorpciji.

Živosrebrna žarnica emitira UV svetlobo valovne dolžine 254 nm v stekleno merilno celico, kjer jo molekule ozona absorbirajo. Analizator vsakih 8 sekund izmenično polni celico z vzorčenim zrakom in z očiščenim zrakom in v obeh primerih meri povprečno svetlobno jakost, ki preide skozi zrak v celici. Razmerje med jakostjo svetlobe, ki pride 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 drugi plini, ki prav tako absorbirajo svetlobo uporabljene valovne dolžine. Analizator je bil uspešno testiran na zavračanje interferenčnih vplivov žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, vode in metaksilena.

Tehnične karakteristike analizatorja:

<i>Merilno območje:</i>	0.0001-10.000 ppm (0,2 – 20.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	< 0.6 ppb (1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>Linearnost:</i>	boljša kot 1 % polne skale
<i>Natančnost:</i>	0.5 % odčitka
<i>Pomik ničle (24 ur)*:</i>	< 1.0 ppb (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>Pomik ničle (7 dni)*:</i>	< 1.0 ppb (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>Stabilnost kalibracijske vrednosti*:</i>	< 1 % odčitka

\*pri konstantni temperaturi in napetosti

Funkcijska kontrola merilnika poteka avtomatsko vsakih 6 dni, kalibracijo pa enkrat letno izvede ARSO s testnim plinom.

### 3.2 OPTIČNI MERILNIK - OPSIS

Optični merilnik Opsis, proizvajalca Opsis AB Švedska, deluje na principu diferenčnih optičnih absorpcijskih spektrov (DOAS) in lahko kontinuirano meri koncentracije SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, benzena, p-ksilena in toluena.

Sistem za merjenje in analizo onesnaževal v zunanjem zraku Opsis AR 500 sestavljajo oddajnik EM 110, sprejemnik RE 110 in optični analizator AR 500. Oddajnik je visokotlačna ksenonova žarnica, ki stalno oddaja praktično paralelni snop svetlobe. Porazdelitev valovnih dolžin te svetlobe je zvezna v ultravijoličnem, vidnem in infrardečem spektru, razen nekaj vrhov v vidnem območju. Sprejemnik »ujame« svetlobo in jo vodi po optičnem vlaknu v analizator. Svetloba vstopi najprej v spektrometer, v katerem mrežica ukloni svetlobo na ozke pasove valovnih dolžin. Uklonjena svetloba se projicira na hitro se gibajočo rezo pred detektorjem fotopomnoževalke, ki detektira izbrani del spektra. Ta sistem gibajočih se rež omogoča snemanje spektra vseh valovnih dolžin ločeno, čeprav je uporabljen en sam detektor, in optimiranje na določeno komponento, s poudarkom na občutljivosti in izločanjem motečih onesnaževal. Narejenih je približno 100 posnetkov na sekundo. Vsako onesnaževalo meri določen čas, zbrane podatke računalnik ovrednoti, medtem pa se prične postopek za meritev naslednjega onesnaževala. Digitalizirani spekter, spravljen v večkanalnem spominu, obdela računalnik na principu primerjave absorpcijskih spektrov, ki vsebujejo t.i. prstne odtise onesnaževal.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Merilno območje:</i>	0-500 ppb
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	1 ppb (razdalja 500 m in čas vzorčenja 60 s)

Kalibracija merilnega sistema je bila izvedena leta 2004.

### 3.3 DELCI PM<sub>10</sub> – 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 PM<sub>10</sub>. 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 PM<sub>10</sub> v zraku. Tehtanje filtra poteka po principu TEOM (Tapered Element Oscilating Mikrobalance) – mikrotehtanje oscilirajočega elementa. Spreminjajoča masa steklenega

elementa, ki je zaključen s filtrom, povzroči spremembo frekvence njegovega nihanja. Iz spremembe frekvence se določi sprememba mase elementa s filtrom.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	3.0 l/min
<i>Merilno območje:</i>	vsaj 5-5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	pod 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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

### 3.4 DELCI $\text{PM}_{10}$ IN/ALI $\text{PM}_{2,5}$ - referenčna metoda

Delce  $\text{PM}_{10}$  in/ali  $\text{PM}_{2,5}$  vzorčuje vzorčevalnik z nizkim volumskim pretokom (LVS) Leckel. Referenčna metoda za delce  $\text{PM}_{10}$  je Določevanje frakcije  $\text{PM}_{10}$  lebdečih trdnih delcev – Referenčna metoda in terenski preskusni postopek za potrditev ustreznosti merilnih mestod, standard SIST EN 12341:2000. Referenčna metoda za delce  $\text{PM}_{2,5}$  je Referenčna gravimetrijska metoda za določevanje masne frakcije suspendiranih trdnih delcev z velikostjo  $\text{PM}_{2,5}$  - standard SIST EN 14907:2005. Velikost vzorčenih delcev je odvisna od izvedbe vzorčevalne glave. Merilnik zagotavlja stalni pretok skozi napravo. Vzorčenje poteka na filtrih - uporabljajo se kvarčni filtri 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 začetnega dne do 0.00 naslednjega dne.

Tehnične karakteristike merilnika:

<i>Pretok vzorca:</i>	2,3 $\text{m}^3/\text{h}$
<i>Merilno območje:</i>	vsaj 1-5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Spodnja meja določljivosti:</i>	pod 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Enkrat letno se preverjata stalnost pretoka merilnika in ustreznost tehtnice.

### 3.5 PREISKAVE DELCEV NA VSEBNOST BENZO(A)PIRENA V DELCIH $\text{PM}_{10}$ (TABOR)

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.

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  $\text{PM}_{10}$  je v tabeli 3.1.

**Tabela 3.1:** Spodnja meja vrednotenja (Loq) - benzo(a)piren v delcih PM<sub>10</sub>

Onesnaževalo	Spodnja meja vrednotenja - Loq	
	ng/vzorec	ng/m <sup>3</sup> (pri 20 m <sup>3</sup> )
<i>Benzo(a)piren</i>	2	0,2

### 3.6 PREISKAVE DELCEV NA VSEBNOST TEŽKIH KOVIN V DELCIH PM<sub>10</sub> (TABOR)

Vstopni tok zraka se za vzorčevalno glavo nerefarenčnega 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.

Določitev težkih kovin na filtru poteka z metodo induktivno sklopljene plazme z masno selektivnim detektorjem po standardu SIST EN 14902:2005. Analitska metoda je v obsegu akreditacije ZZV Maribor po standardu SIST EN ISO/IEC 17025:2005, listina št. LP-014.

Spodnja meja določanja in vrednotenja za preiskave težkih kovin v delcih PM<sub>10</sub> sta v tabeli 3.2.

**Tabela 3.2:** Spodnja meja določanja (Lod) in vrednotenja (Loq) - težke kovine v delcih PM<sub>10</sub>

Onesnaževalo	Spodnja meja vrednotenja - Loq	
	µg/vzorec	ng/m <sup>3</sup> (pri 20 m <sup>3</sup> )
<i>Svinec</i>	0,05	2,5
<i>Kadmij</i>	0,001	0,05
<i>Nikelj</i>	0,15	7,5
<i>Arzen</i>	0,03	1,5

### 3.7 PRAŠNE USEDLINE IN TEŽKE KOVINE V NJIH

Koncentracije prašnih usedlin določamo po priporočilih nemških smernic VDI 2119 Bl.1: Meritve prašnih padavin - Pregled in VDI 2119 Bl.2: Meritve prašnih padavin - Določitev prašnih padavin s plastičnimi ali steklenimi posodami (Bergerhoffova metoda). Na merilnih mestih so postavljena stojala s plastičnimi posodami, prostornine okoli 2 litra ter z znanim premerom zgornje odprtine, v katerih se nabirajo tekoče in trdne padavine. Čas vzorčenja je okoli 1 mesec.

Priprava laboratorijskega vzorca prašnih usedlin poteka po VDI 2119 Bl.2. Pri prašnih usedlinah ugotavljamo njihovo maso in jih analiziramo na vsebnost težkih kovin: svinec, kadmij in cink.

Analitski postopek za množino prašnih usedlin je po VDI 2119 Bl.2: po izparevanju sušimo pri 105 °C. Nato vzorec razklopimo s kislinsko mešanico HNO<sub>3</sub>/HCl po modificirani metodi VDI 2267 Bl.4. Rastopino po razklopu filtriramo skozi filtrni papir moder trak. Vzoredno delamo

slepi vzorec. Koncentracijo svinca, kadmija in cinka izmerimo z metodo induktivno sklopljene plazme in masno selektivnim detektorjem. Predpisa: VDI 2267 Bl.4 in ISO 17294-2.

Spodnja meja vrednotenja za preiskave prašnih usedlin na težke kovine je v tabeli 3.3.

**Tabela 3.3:** Spodnja meja vrednotenja (Loq) - prašne usedline

Onesnaževalo	Spodnja meja vrednotenja - Loq	
	$\mu\text{g}/\text{vzorec}$	$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{dan}$
Množina	1000	10000
Svinec	0,1	1
Kadmij	0,01	0,1
Cink	1,0	10

### 3.8 METODOLOGIJA MERITEV IN ANALIZ V DRŽAVNI MERILNI MREŽI (CENTER)

Na avtomatski merilni postaji v državni merilni mreži ugotavljajo kakovost zunanjega zraka in meteorološke parametre. Podatki o merilni opremi so v tabeli 3.4. 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 3.4:** Merilna oprema in metode merjenja za avtomatske meritve v mreži DMKZ

Parameter	Metoda	Instrument (Tip)	merilna ne-gotovost (%)	Območje ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
SO <sub>2</sub>	UV fluorescenca molekul SO <sub>2</sub>	MLU Model 100A Sulphur dioxide Analyzer	15	0-2.8
NO <sub>x</sub>	Kemoluminiscenca molekul NO <sub>2</sub>	MLU Model 200A Nitrogen Oxides Analyzer	15	0-2
O <sub>3</sub>	UV absorpcija	MLU Model 400 Ozone Analyzer	15	0-2.1
CO	IR absorpcija	MLU Model 300 Carbon Monoxide Analyzer	15	0-62
Delci PM <sub>10</sub> PM <sub>2,5</sub>	Oscilacijsko mikrotehtanje; referenčna gravimetrična metoda	TEOM 1400 A; LECKEL LVS3	25	
BTX	Plinska kromatografija	AIRMO BTX 1000 Analyzer	25 (benzen)	0-0.3

Princip delovanja merilne opreme za O<sub>3</sub> in delce PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> (TEOM in LECKEL) iz zgornje tabele je podrobneje opisan v predhodnih poglavjih, saj ARSO uporablja enako merilno opremo. Ostala merilna oprema uporablja referenčne metode. Dodatno opisujemo le FDMS sistem, ki je priključen na merilnik TEOM. FDMS (Filter Dynamics Measurements System) zagotavlja, da merilnik ugotavlja nehlapni in hlapni del; slednji se pri običajnem merilniku zaradi povišane temperature v merilnem delu sicer izgubi, kar se kompenzira z upoštevanjem korekcijskega faktorja.

Kalibracijo merilnikov s testnimi plini iz jeklenk ali s kalibratorjem opravljajo na merilni postaji najmanj dvakrat letno, vedno ob neustreznem rezultatu avtomatske funkcijske kontrole in po takšnem posegu na merilniku, ki vpliva na njegovo občutljivost. Merilnik delcev PM<sub>10</sub> umerjajo 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 PM<sub>10</sub> za analizo na težke kovine (svinec, arzen, nikelj in kadmij) in poliaromatske ogljikovodike (benzo(a)piren) poteka z referenčnim merilnikom 24 ur, vzorci se odzemajo praviloma vsak drugi dan. Analiza vzorcev poteka v laboratoriju ARSO z metodami, opisanimi v poglavjih 3.4 in 3.5. Spodnja meja določanja za preiskave delcev PM<sub>10</sub> je v tabeli 3.5.

**Tabela 3.5:** Spodnja meja določanja (Lod) - benzo(a)piren in težke kovine v delcih PM<sub>10</sub>

Onesnaževalo	Spodnja meja določanja - Lod <i>ng/m<sup>3</sup></i>
<i>Svinec</i>	<1,5
<i>Kadmij</i>	<0,05
<i>Nikelj</i>	<1,1
<i>Arzen</i>	<0,18
<i>Benzo(a)piren</i>	<0,05



## 4 ZAKONSKI OKVIR

Rezultati meritev se vrednotijo v skladu z zahtevami veljavne zakonodaje:

- Uredba o ukrepih za ohranjanje in izboljšanje kakovosti zunanjega zraka, Ur. l. RS št. 52/2002 (krovna uredba),
- Uredba o žveplovem dioksidu, dušikovih oksidih, delcih in svincu v zunanjem zraku, Ur. l. RS št. 52/2002, 18/2003, 121/2006 (uredba A),
- Uredba o benzenu in ogljikovem monoksidu v zunanjem zraku, Ur. l. RS št. 52/2002 (uredba B),
- Uredba o ozonu v zunanjem zraku, Ur. l. RS št. 8/2003 (uredba C),
- Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku, Ur. l. RS št. 56/2006 (uredba D),
- Odlok o varstvu zraka na območju občine Maribor, MUV št. 13/1998, 13/2009-razveljavitev (odlok),
- Pravilnik o monitoringu kakovosti zunanjega zraka, Ur. list RS št. 34/2008 (pravilnik).

Mejne vrednosti po uredbah A, B, C in D iz tabele 4.1 veljajo od 1.1.2005. Letni mejni vrednosti za NO<sub>2</sub> in benzen pričneta veljati 1.1.2010, do takrat veljata mejni vrednosti, zvišani za sprejemljivo preseganje (dopustna vrednost). Ciljna osemurna vrednost za ozon je postavljena za leto 2010, ciljna letna vrednost za benzo(a)piren pa za leto 2013.

**Tabela 4.1:** Mejne vrednosti za varovanje zdravja ljudi po uredbah A, B, C in D

Onesnaževalo	Enota	Mejna vrednost					
		URNA		DNEVNA		LETNA	
		mejna	ŠT	mejna	ŠT	mejna	dopustna
žveplov dioksid	µg/m <sup>3</sup>	350	24	125	3		
dušikov dioksid	µg/m <sup>3</sup>	200	18			40	42
delci PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>			50	35	40	
svinec	ng/m <sup>3</sup>					500	
benzen	µg/m <sup>3</sup>					5	5,5
ogljikov monoksid	mg/m <sup>3</sup>	10*					
ozon	µg/m <sup>3</sup>	120**	25				
arzen	ng/m <sup>3</sup>					6***	
kadmij	ng/m <sup>3</sup>					5***	
nikelj	ng/m <sup>3</sup>					20***	
benzo(a)piren	ng/m <sup>3</sup>					1***	

**dopustna** dopustna vrednost je mejna, zvišana za sprejemljivo preseganje, in velja v letu 2009

**ŠT** dovoljeno število preseganj v koledarskem letu

**\*** osemurna mejna vrednost

**\*\*** osemurna ciljna vrednost

**\*\*\*** letna ciljna vrednost

Mejni vrednosti po uredbi A za varstvo rastlin v naravnem okolju za NO<sub>x</sub> in varstvo ekosistemov za SO<sub>2</sub>, ki sta pričeli veljati leta 2002, ter ciljna vrednost za varstvo rastlin za O<sub>3</sub> po uredbi C, ki bo pričela veljati šele leta 2010, so v tabeli 4.2.

**Tabela 4.2:** Mejne vrednosti za varstvo rastlin oz. ekosistemov (SO<sub>2</sub>)

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Mejna vrednost
skupni dušikovi oksidi	koledarsko leto in zimski čas	30 µg/m <sup>3</sup>
žveplov dioksid	koledarsko leto in zimski čas	20 µg/m <sup>3</sup>
ozon*	od maja do julija	18.000 (µg/m <sup>3</sup> ).h

\* AOT40 se izračuna kot vsota razlik med izmerjeno urno koncentracijo in vrednostjo 80 µg/m<sup>3</sup>, vseh tistih urnih koncentracij, ki presegajo 80 µg/m<sup>3</sup>, in so izmerjene med 8. in 20. uro.

V tabeli 4.3 so alarmne vrednosti po uredbah A in C.

**Tabela 4.3:** Alarmne vrednosti po uredbah A in C

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Alarmna koncentracija
žveplov dioksid	3 ure	500 µg/m <sup>3</sup>
dušikov dioksid	3 ure	400 µg/m <sup>3</sup>
ozon	1 ura	240 µg/m <sup>3</sup>

Opozorilna vrednost za ozon po uredbi C je v tabeli 4.4.

**Tabela 4.4:** Opozorilna vrednost koncentracije po uredbi C

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja	Opozorilna koncentracija
ozon	1 ura	180 µg/m <sup>3</sup>

*Uredba o prenehanju veljavnosti Uredbe o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih snovi v zraku, Ur. list RS št. 73/1994, je med drugim razveljavila mejne vrednosti za prašne usedline in težke kovine v njih. Za oceno rezultatov meritev smo te vrednosti, prikazane v tabeli 4.5, kljub temu uporabili, poimenovali pa smo jih referenčne koncentracije.*

**Tabela 4.5:** Referenčne koncentracije za prašne usedline in težke kovine v njih

Onesnaževalo	Časovni interval merjenja		
	Enota	mesec	leto
skupna masa prašnih usedlin	mg/m <sup>2</sup> .dan	350	200
svinec v prašnih usedlinah	µg/m <sup>2</sup> .dan		100
kadmij v prašnih usedlinah	µg/m <sup>2</sup> .dan		2
cink v prašnih usedlinah	µg/m <sup>2</sup> .dan		400

V maju leta 2009 je bil sprejet Odlok o prenehanju veljavnosti odloka o varstvu zraka na območju Mestne občine Maribor, MUV št. 13/2009. Zato rezultatov meritev v letu 2009 nismo več primerjali z zahtevami tega odloka, ki je sicer določal le opozorilne vrednosti.

V letu 2008 je bila sprejeta Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo /16/, Ta predpisuje letno ciljno vrednost za PM<sub>2,5</sub>, ki je 25 µg/m<sup>3</sup>, medtem ko mejnih vrednosti za ostala onesnaževala ne spreminja. Bistveno se ne spreminjajo tudi druga določila v novi direktivi glede na obstoječo zakonodajo. Direktiva mora biti privzeta v slovensko zakonodajo v roku dveh let po sprejetju.

Vrednosti spodnjega in zgornjega ocenjevalnega praga po uredbah 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	µg/m <sup>3</sup>	-	-	75	3	12
dušikov dioksid	µg/m <sup>3</sup>	140	18	-	-	32
dušikovi oksidi	µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	24
delci PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	-	-	30	7	14
ogljikov monoksid	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	7
benzen	µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	3,5
svinec	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	350
kadmij	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	3,0
arzen	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	3,6
nikelj	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	14
benzo(a)piren	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0,6

**Tabela 4.7:** Vrednosti spodnjega ocenjevalnega praga

Onesnaževalo	Enota	URNA	URNA	DNEVNA	DNEVNA	LETNA
		mejna	ŠT	mejna	ŠT	mejna
žveplov dioksid	µg/m <sup>3</sup>	-	-	50	3	8
dušikov dioksid	µg/m <sup>3</sup>	100	18	-	-	26
dušikovi oksidi	µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	19,5
delci PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	-	-	20	7	10
ogljikov monoksid	mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	5
benzen	µg/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	2,0
svinec	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	250
kadmij	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	2,0
arzen	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	2,4
nikelj	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	10
benzo(a)piren	ng/m <sup>3</sup>	-	-	-	-	0,4

## 5 REZULTATI MERITEV

Podrobnejši rezultati meritev so zbrani 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 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 kontinuirnih 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), meritve prašnih usedlin pa mesečne vrednosti. Rezultati v posameznih tabelah, osenčeni z zeleno barvo pomenijo, da ni bilo preseganj normativnih vrednosti, osenčeni z rdečo pa pomenijo preseganje. »Zimski čas« se nanaša na mesece januar, februar, marec ter oktober, november in december v tekočem letu, »zimski čas (2008/09)« ki bi ga lahko imenovali tudi kurilna sezona, pa pomeni čas od 1.10.2008 do 31.3.2009. »Poletni čas« predstavlja mesece april do september.

### 5.1 ŽVEPLOV DIOKSID (CENTER)

Žveplov dioksid je bil včasih značilno onesnaževalo v zraku mestnih in primestnih območij ter se sistematično ugotavlja že od leta 1978. Zadnja leta so vrednosti nizke in ne presegajo več mejnih dnevne in urne koncentracije. Rezultati meritev za merilno mesto Center so v tabeli 5.1. Za vrednotenje rezultatov je bilo veljavnih 87 % urnih podatkov.

**Tabela 5.1:** Kakovost zraka z SO<sub>2</sub> - merilno mesto Center

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna
<i>Letna srednja vrednost</i>	5,1	20
<i>Zimski čas</i>	8,0	20
<i>Zimski čas (2008/09)</i>	5,6	20
<i>Poletni čas</i>	2,6	
<i>C<sub>24</sub> max</i>	28	125
<i>Število preseganj C<sub>24</sub></i>	0	3
<i>C<sub>1</sub> max</i>	35	350
<i>Število preseganj C<sub>1</sub></i>	0	24

Rezultati kažejo, da letna srednja vrednost in srednji vrednosti v zimskem času tudi tokrat niso presegali mejne koncentracije za varstvo ekosistemov. Nobena izmerjena dnevna in urna koncentracija nista presegali mejne dnevne oziroma urne vrednosti za varovanje zdravja ljudi. V tem letu ni bilo preseganj alarmne vrednosti po uredbi A.

## 5.2 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 5.2. Za vrednotenje rezultatov je bilo veljavnih 90 % urnih podatkov.

**Tabela 5.2:** Kakovost zraka z NO<sub>2</sub> - *merilno mesto Center*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna/Dopustna
<i>Letna srednja vrednost</i>	32	40 / 42
<i>Zimski čas</i>	38	
<i>Poletni čas</i>	27	
<i>C<sub>1</sub> max</i>	182	200
<i>Število preseganj C<sub>1</sub></i>	0	18

Dopustna letna vrednost ni bila presežena, prav tako ne mejna. Preseganj mejne urne vrednosti v koledarskem letu ni bilo, prav tako ne alarmne vrednosti po uredbi A.

Rezultati meritev skupnih dušikovitih oksidov so v tabeli 5.3. Za vrednotenje rezultatov je bilo veljavnih 91 % urnih podatkov.

**Tabela 5.3:** Kakovost zraka z NO<sub>x</sub> - *merilno mesto Center*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna
<i>Letna srednja vrednost</i>	61	30
<i>Zimski čas</i>	82	30
<i>Poletni čas</i>	40	

Srednja letna koncentracija skupnih dušikovitih oksidov in srednja vrednost samo v zimskem času sta bili nad mejno vrednostjo za varstvo rastlin.

### 5.3 OZON (CENTER)

Meritve vsebnosti ozona v zraku potekajo v okviru državne mreže v Centru od maja leta 1997. Za vrednotenje rezultatov je bilo veljavnih 93 % urnih podatkov. Rezultati so v tabeli 5.4.

**Tabela 5.4:** Vsebnost O<sub>3</sub> v zraku - *merilno mesto Center*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Ciljna oz. Opozorilna*
<i>Letna srednja vrednost</i>	39	
<i>Poletni čas</i>	55	
<i>C<sub>8</sub> max</i>	127	120
<i>Število preseganj C<sub>8</sub> ciljne</i>	4	25
<i>C<sub>1</sub> max</i>	148	180*
<i>Število preseganj C<sub>1</sub> opozorilne/alarmne</i>	0 / 0	
<i>AOT 40 (µg/m<sup>3</sup>).h</i>	4492	
<i>AOT 40 (µg/m<sup>3</sup>).h (2005-2009)</i>	5845	18000

Ciljna 8-urna vrednost je bila presežena 2 dni v aprilu in 2 dni v avgustu, kar je skupaj manj od dovoljenih 25 preseganj v koledarskem letu. Opozorilna in alarmna vrednost po uredbi C nista bili nikoli preseženi. Povprečje parametra AOT 40 zadnjih petih let ne presega ciljne vrednosti za varstvo rastlin.

## 5.4 OZON (POHORJE)

Meritve vsebnosti ozona v zraku potekajo v okviru mestne merilne mreže na Pohorju od leta 1999. Za vrednotenje rezultatov je bilo veljavnih 90 % urnih podatkov. Rezultati so v tabeli 5.5.

**Tabela 5.5:** Vsebnost O<sub>3</sub> v zraku - *merilno mesto Pohorje*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Ciljna oz. Opozorilna*
<i>Letna srednja vrednost</i>	74	
<i>Poletni čas</i>	87	
<i>C<sub>8</sub> max</i>	<b>134</b>	120
<i>Število preseganj C<sub>8</sub> ciljne</i>	19	25
<i>C<sub>1</sub> max</i>	152	180*
<i>Število preseganj C<sub>1</sub> opozorilne/alarmne</i>	0 / 0	
<i>AOT 40 (µg/m<sup>3</sup>).h</i>	12216	
<b><i>AOT 40 (µg/m<sup>3</sup>).h (2005-2009)</i></b>	<b>19405</b>	<b>18000</b>

Ciljna 8-urna vrednost je bila presežena skupno v 19 dneh (od aprila do avgusta, največ aprila). Opozorilna vrednost ni bila presežena, prav tako ne alarmna, obe po uredbi C. Povprečje parametra AOT40 zadnjih petih let je nad ciljno vrednostjo za varstvo rastlin.

## 5.5 ŽVEPLOV DIOKSID, DUŠIKOV DIOKSID, OZON (TABOR)

Z optičnim merilnikom Opsis že od leta 1995 ugotavljamo SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> in O<sub>3</sub> v zraku. Meritve so najprej potekale v Centru, lokacija Tabor pa je postala stalno mesto mestne merilne mreže leta 1999. V tabeli 5.6 so rezultati meritev za SO<sub>2</sub> (29 % veljavnih podatkov), v tabeli 5.7 za NO<sub>2</sub> (63 % veljavnih podatkov), rezultatov za O<sub>3</sub> pa ne navajamo, saj ni bilo dovolj veljavnih podatkov (le 17 %).

**Tabela 5.6:** Kakovost zraka z SO<sub>2</sub> - merilno mesto Tabor

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna
Letna srednja vrednost	6,4	20
Zimski čas	9,8	20
Zimski čas (2008/09)	9,1	20
Poletni čas	4,7	
C <sub>24</sub> max	40	125
Število preseganj C <sub>24</sub>	0	3
C <sub>1</sub> max	50	350
Število preseganj C <sub>1</sub>	0	24

Srednja letna koncentracija SO<sub>2</sub> in koncentracija samo v zimskem času nista presegali mejne vrednosti za varstvo ekosistemov, prav tako v času meritev ni bilo preseganj mejne urne in dnevne vrednosti, pa tudi preseganj alarmne vrednosti po uredbi A ni bilo.

**Tabela 5.7:** Kakovost zraka z NO<sub>2</sub> - merilno mesto Tabor

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna/Dopustna
Letna srednja vrednost	23	40 / 42
Zimski čas	32	
Poletni čas	19	
C <sub>1</sub> max	136	200
Število preseganj C <sub>1</sub>	0	18

Srednja letna koncentracija NO<sub>2</sub> je bila pod dopustno in mejno letno vrednostjo. Mejna urna vrednost ni bila nikoli presežena, tudi preseganj alarmne vrednosti po uredbi A ni bilo.



## 5.6 DELCI PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>, TEŽKE KOVINE IN BENZO(A)PIREN V DELCIH PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> (CENTER, VRBANSKA)

Meritve koncentracij delcev PM<sub>10</sub> v državni merilni mreži na merilnem mestu Center potekajo od leta 2001. V letu 2009 so potekale meritve z merilnikom TEOM (do vključno marca brez sistema FDMS). Rezultati teh meritev so v skladu z navodilom ARSO /12/ pomnoženi s faktorjem 1,19 v zimskem in 1,0 v poletnem času, po namestitvi sistema FDMS se korekcijski faktor ne uporablja (=1,0). Vendar pa je ARSO med izvajanjem teh meritev ugotovil določene nepravilnosti v delovanju merilnika TEOM z FDMS sistemom, zato teh rezultatov sploh ne navajamo. Istočasno pa so potekale tudi meritve z referenčnim merilnikom, katerih rezultati so zbrani v tabeli 5.8. Za vrednotenje rezultatov je bilo veljavnih 99 % dnevnih podatkov.

**Tabela 5.8:** Kakovost zraka z delci PM<sub>10</sub> (referenčna metoda) - *merilno mesto Center*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna
<i>Letna srednja vrednost</i>	30	40
<i>Zimski čas</i>	38	
<i>Poletni čas</i>	23	
<i>C<sub>24</sub> max</i>	149	50
<i>Število preseganj C<sub>24</sub></i>	35	35

Vsebnost delcev PM<sub>10</sub> 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 35, kar je enako dovoljenim 35 v koledarskem letu. Vsa preseganja razen enega so se pojavila v zimskem času (januar-18, februar-5, marec-4, november-2, december-6).

Meritve koncentracij delcev PM<sub>2,5</sub> v državni merilni mreži potekajo na merilnem mestu Center od leta 2005 in na Vrbanški (mestno ozadje) od leta 2009. Rezultati meritev so v tabelah 5.9 in 5.10. Za vrednotenje rezultatov je bilo v Centru veljavnih 99 % in na Vrbanški 100 % dnevnih podatkov.

**Tabela 5.9:** Kakovost zraka z delci PM<sub>2,5</sub> - *merilno mesto Center*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Ciljna
<i>Letna srednja vrednost</i>	22	25
<i>Zimski čas</i>	30	
<i>Poletni čas</i>	14	

Vsebnost delcev PM<sub>2,5</sub> je bila v Centru pod ciljno letno vrednostjo.

**Tabela 5.10:** Kakovost zraka z delci PM<sub>2,5</sub> - merilno mesto *Vrbanska*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Ciljna
<i>Letna srednja vrednost</i>	20	25
<i>Zimski čas</i>	26	
<i>Poletni čas</i>	14	

Vsebnost delcev PM<sub>2,5</sub> je bila na Vrbanski pod ciljno letno vrednostjo.

Meritve vsebnosti težkih kovin svinec, kadmij, arzen in nikelj v delcih PM<sub>10</sub> so potekale na merilnem mestu Center v okviru državne mreže. Vzorci za analizo so bili odvzeti v povprečju vsak drugi dan (skupno 181 vzorcev) iz referenčnega merilnika in so bili enakomerno razporejeni skozi vse leto (časovna pokritost 50 %). 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<sub>2,5</sub> (Center/Vrbanska), ki sicer nimajo mejne vrednosti.

**Tabela 5.11:** Vsebnost težkih kovin v PM<sub>10</sub> - merilno mesto *Center* in (vsebnost težkih kovin v PM<sub>2,5</sub> – merilni mesti *Center / Vrbanska*)

Onesnaževalo	Letno povprečje	Koncentracija v ng/m <sup>3</sup>	
		Najvišja dnevna	Ciljna letna vrednost
<i>Svinec</i>	9,9 (8,6 / 7,1)	76 (70 / 69)	500
<i>Nikelj</i>	2,4 (1,8 / 1,6)	12,3 (21,2 / 10,7)	20
<i>Kadmij</i>	0,28 (0,27 / 0,22)	2,5 (2,5 / 1,6)	5
<i>Arzen</i>	0,62 (0,46 / 0,42)	3,4 (2,8 / 2,5)	6

Srednja letna koncentracija posamezne kovine ni presegala posamezne ciljne vrednosti. Vsebnost kovin v delcih PM<sub>2,5</sub> je absolutno nižja kot v delcih PM<sub>10</sub>, le pri kadmiju praktično enaka. Koncentracije niklja in arzena v delcih PM<sub>2,5</sub> so na Vrbanski približno za 10 %, svineca in kadmija pa 20 % nižje kot v Centru.

Meritve vsebnosti poliaromatskih ogljikovodikov v delcih PM<sub>10</sub>, od katerih navajamo le koncentracije benzo(a)pirena, ki ima normativno vrednost, so potekale na merilnem mestu Center iz referenčnega merilnika. Vzorci za analizo so bili odvzeti v povprečju vsak drugi dan (skupno 180 vzorcev) in so bili enakomerno razporejeni skozi vse leto (časovna pokritost 49 %). Rezultati, prikazani kot letna povprečna in najvišja dnevna vrednost, so v tabeli 5.12.

**Tabela 5.12:** Vsebnost benzo(a)pirena v PM<sub>10</sub> - *merilno mesto Center*

Onesnaževalo	Koncentracija v ng/m <sup>3</sup>		
	Letno povprečje	Najvišja dnevna	Ciljna letna vrednost
<i>Benzo(a)piren</i>	0,92	7,1	1,0

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

## 5.7 DELCI PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>, TEŽKE KOVINE IN BENZO(A)PIREN V DELCIH PM<sub>10</sub> (TABOR)

Meritve koncentracij delcev potekajo v okviru mestne merilne mreže od leta 1989. Pred letom 2000 so se ugotavljali skupni lebdeči delci, za tem pa delci PM<sub>10</sub>. Merilno mesto v mestni merilni mreži Tabor obratuje od leta 2002. Rezultati meritev delcev PM<sub>10</sub>, ki so v skladu z navodilom ARSO /12/ pomnoženi s faktorjem 1,3, so v tabeli 5.13. Za vrednotenje rezultatov iz mestne merilne mreže je bilo veljavnih 98 % urnih podatkov.

**Tabela 5.13:** Kakovost zraka z delci PM<sub>10</sub> - *merilno mesto Tabor*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna
<i>Letna srednja vrednost</i>	30	40
<i>Zimski čas</i>	34	
<i>Poletni čas</i>	27	
<i>C<sub>24</sub> max</i>	139	50
<i>Število preseganj C<sub>24</sub></i>	24	35
<i>C<sub>1</sub> max</i>	231	

Vsebnost delcev PM<sub>10</sub> v zunanjem zraku je bila na Taboru pod mejno letno vrednostjo. Najvišja izmerjena dnevna vrednost je bila nad mejno vrednostjo, skupno število preseganj mejne vrednosti je bilo 24, kar je manj od dovoljenih 35 v koledarskem letu. Večina preseganj, kar 83 %, se je pojavila v zimskem času (januar-14, februar-3, marec-1, december-2).

V obdobju od 9. septembra do 31. decembra 2009 so potekale na merilnem mestu Tabor tudi meritve z referenčno merilno metodo, od tega do 8. decembra delci PM<sub>10</sub> (skupno 90 dni) in naprej delci PM<sub>2,5</sub> (skupno 24 dni). Rezultati so prikazani v tabeli 5.15 in sicer kot povprečna vrednost v celotnem merilnem obdobju. V tabeli navajamo tudi izmerjene vrednosti iz istega merilnega mesta po nereferenčni metodi (TEOM) ter iz Centra in Vrbanske, izmerjene z referenčno metodo. Primerjava z mejno oziroma ciljno vrednostjo ni narejena, saj je na voljo premalo podatkov oziroma ti niso enakomerno razporejeni preko celega leta.

**Tabela 5.14:** Kakovost zraka z delci PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> - merilna mesta Tabor/Center/Vrbanska

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	PM <sub>10</sub> (9.9.-7.12.2009)	PM <sub>2,5</sub> (8.12.-31.12.2009)
Srednja vrednost-referenčna Tabor	29	26
Srednja vrednost-nereferenčna Tabor	31	/
Srednja vrednost-referenčna Center	29	30
Srednja vrednost-referenčna Vrbanska	/	24

Koncentracije delcev PM<sub>10</sub>, pridobljene z različnima merilnima metodama, so praktično enake na obeh merilnih mestih, koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> so najvišje v Centru, sledi Tabor in najnižje na Vrbanski, razlike pa niso velike.

Meritve vsebnosti težkih kovin svinec, kadmij, arzen in nikelj v delcih PM<sub>10</sub> so potekale na merilnem mestu Tabor. Vzorci za analizo (skupno 54) so bili odvzeti v povprečju enkrat tedensko in so bili enakomerno razporejeni skozi vse leto (časovna pokritost 15 %). Rezultati meritev, prikazani kot povprečna letna in najvišja dnevna vrednost, so v tabeli 5.15.

**Tabela 5.15:** Vsebnost težkih kovin v PM<sub>10</sub> - merilno mesto Tabor

Onesnaževalo	Koncentracija v ng/m <sup>3</sup>		
	Letno povprečje	Najvišja dnevna	Ciljna letna vrednost
Svinec	5,4	16	500
Nikelj	<7,5	20	20
Kadmij	0,13	0,56	5,0
Arzen	<1,5	5,6	6,0

Srednja letna koncentracija posamezne kovine ni presegala predpisane ciljne letne vrednosti.

Meritve vsebnosti benzo(a)pirena v delcih PM<sub>10</sub> so potekale na merilnem mestu Tabor. Vzorci za analizo (skupno 56 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 5.16.

**Tabela 5.16:** Vsebnost benzo(a)pirena v PM<sub>10</sub> - merilno mesto Tabor

Onesnaževalo	Koncentracija v ng/m <sup>3</sup>		
	Letno povprečje	Najvišja dnevna	Ciljna letna vrednost
Benzo(a)piren	0,49	2,5	1,0

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

## 5.8 PRAŠNE USEDLINE (MARIBOR, MIKLAVŽ)

Meritve prašnih usedlin z analizami na tri težke kovine svinec, kadmij in cink že kar nekaj časa potekajo na petih stalnih lokacijah v mestni merilni mreži, prikazanih na sliki 2.1. Zaradi načina meritev so rezultati izraženi kot mesečne vrednosti. Odvzeti so bili vsi vzorci, rezultati za maso prašnih usedlin so na voljo za 58 mesečnih vzorcev ali 97 %, za koncentracije svineca, kadmija in cinka pa za vseh 60 vzorcev ali 100 %. V tabeli 5.17 so povprečne letne in najvišje mesečne vrednosti (le za maso prašnih usedlin) za vsa merilna mesta.

**Tabela 5.17:** Kakovost zraka s prašnimi usedlinami – merilna mreža Maribor, Miklavž

Merilno mesto	Usedline-letno (mg/m <sup>2</sup> .dan)		Usedline-mesec (mg/m <sup>2</sup> .dan)		Svinec (µg/m <sup>2</sup> .dan)		Kadmij (µg/m <sup>2</sup> .dan)		Cink (µg/m <sup>2</sup> .dan)	
	srednja	referen	najvišja	referen	srednja	referen	srednja	referen	srednja	referen
	letna	čna	mesečna	čna	letna	čna	letna	čna	letna	čna
Tezno	90	200	196	350	6,7	100	<0,1	2	89	400
Tabor	74	200	165	350	9,5	100	0,2	2	93	400
Laznica	33	200	83	350	3,2	100	0,1	2	50	400
Vrbanska	26	200	70	350	2,2	100	0,4	2	22	400
Skoke	41	200	90	350	2,7	100	0,1	2	51	400

Izmerjene mesečne koncentracije mase prašnih usedlin niso nikoli in na nobenem merilnem mestu presegale referenčne mesečne vrednosti. Povprečje vseh meritev na nobenem merilnem mestu ne presega referenčne letne koncentracije. Najnižja srednja letna vrednost je bila izmerjena na Vrbanski, sledijo Laznica, Skoke in Tabor, medtem ko je bila najvišja na Teznu.

Srednje letne koncentracije težkih kovin svinec, kadmij in cink v prašnih usedlinah na nobenem merilnem mestu niso presegale referenčne letne vrednosti za posamezno kovino. Vsa merilna mesta so bila malo obremenjena s težkimi kovinami, pri svincu in cinku nekoliko izstopata Tabor in Tezno, pri kadmiju Vrbanska.

## 5.9 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 veljavnih 87 % urnih podatkov. Rezultati so v tabeli 5.18.

**Tabela 5.18:** Kakovost zraka s CO - *merilno mesto Center*

Količina	Koncentracija v mg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna
<i>Letna srednja vrednost</i>	0,6	
<i>Zimski čas</i>	0,8	
<i>Poletni čas</i>	0,4	
<i>C<sub>8</sub> max</i>	2,3	10
<i>Število preseganj C<sub>8</sub> mejne</i>	0	

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

## 5.10 BENZEN (CENTER)

Meritve benzena so vključene v državno mrežo na merilnem mestu Centru. Za vrednotenje rezultatov je bilo veljavnih 74 % podatkov. Rezultati so v tabeli 5.19.

**Tabela 5.19:** Vsebnost benzena v zraku - *merilno mesto Center*

Količina	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>	
	Izmerjena	Mejna/Dopustna
<i>Letna srednja vrednost</i>	1,5	5 / 5,5
<i>Zimski čas</i>	2,5	
<i>Poletni čas</i>	0,9	

Preseganj dopustne in mejne letne vrednosti ni bilo.

## 5.11 TEMPERATURA ZRAKA (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. Srednje mesečne temperature zraka na merilnem mestu Center so v tabeli 5.20. Veljavnih je bilo 100 % podatkov.

**Tabela 5.20:** Srednje mesečne temperature zraka - *merilno mesto Center*

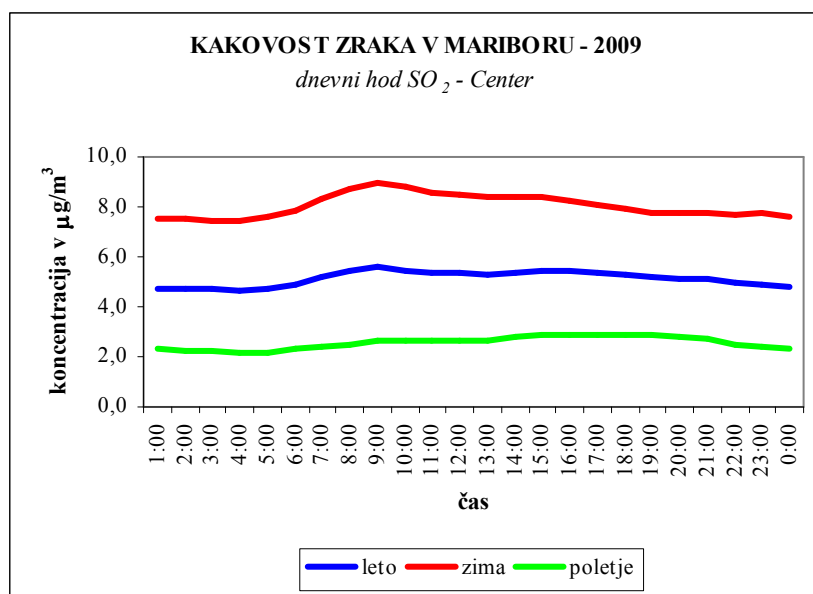
Mesec	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	povp.
<i>Temperatura (°C)</i>	-1,0	2,5	7,1	14,8	17,9	19,0	22,4	22,2	18,0	11,4	7,4	2,3	12,1

## 6 ZNAČILNOSTI

Neprekinjene meritve v daljšem časovnem obdobju omogočajo spremljanje značilnih potekov kakovosti zraka v posameznih dnevih, mesecih, letnih časih ter ugotavljanje dolgoročnih potekov kakovosti zraka, kar lahko imenujemo tudi 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 podrobneje obdelane te značilnosti kakovosti zraka.

### 6.1 DNEVNI HODI

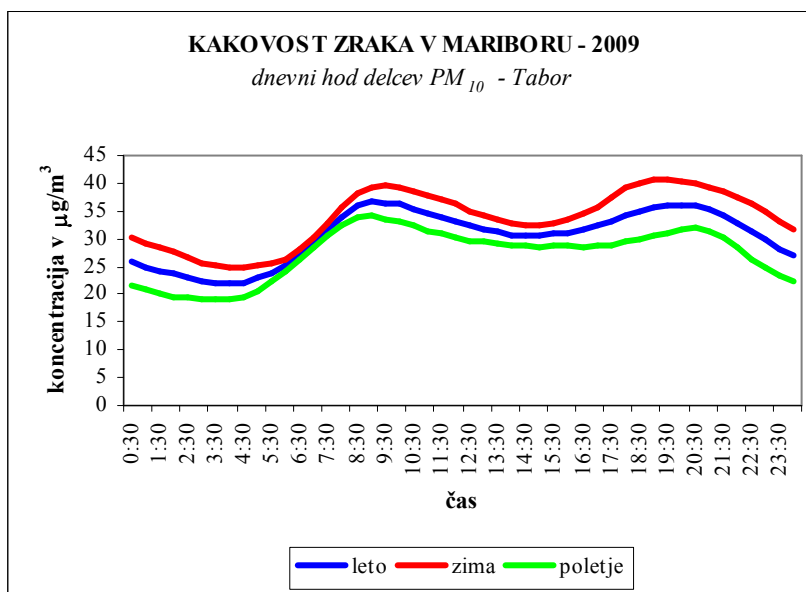
Dnevni hodi kažejo povprečen dnevni potek koncentracij posameznega onesnaževala v koledarskem letu ter zimskem in poletnem času. Izdelani so za vsa merjena onesnaževala, ki se ugotavljajo kontinuirano, in sicer za merilno mesto Center iz urnih koncentracij (razen za benzen), za merilno mesto Pohorje in Tabor pa iz polurnih izmerjenih vrednosti. Pri izdelavi dnevnega hoda se običajno uporabi drseče dvourno povprečje, kar smo tudi mi upoštevali. Dnevni hodi za celo leto in dodatno še za poletni (»poletje«) in zimski (»zima«) čas so prikazani na slikah 6.1 - žveplov dioksid Center, 6.2 - delci PM<sub>10</sub> Tabor, 6.3 – ozon Center, 6.4 – ozon Pohorje, 6.5 - dušikov dioksid Center, 6.6 - skupni dušikovi oksidi Center in 6.7 - ogljikov monoksid Center. Zaradi neustreznosti meritev delcev PM<sub>10</sub> v Centru z nereferenčno metodo teh podatkov tokrat ne prikazujemo.



Slika 6.1: Dnevni hod urnih koncentracij žveplovega dioksida, merilno mesto Center

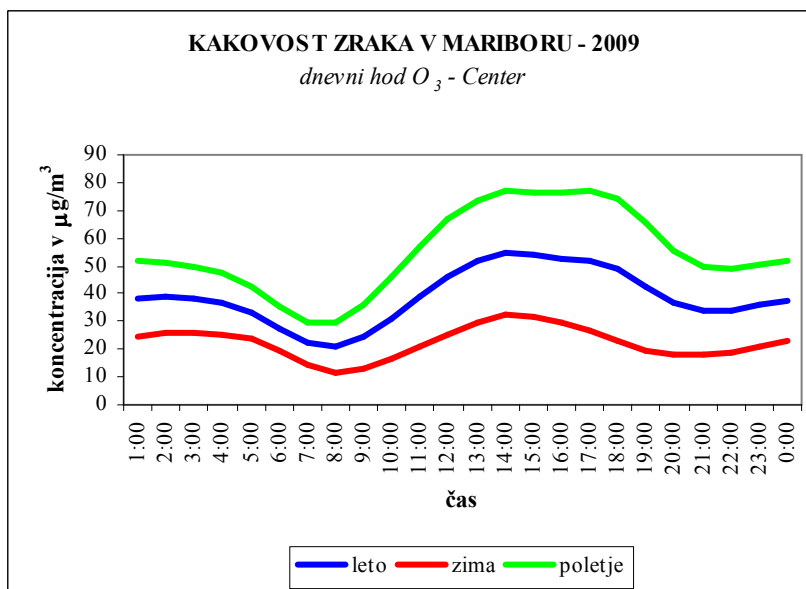
Dnevni hod žveplovega dioksida postaja vedno bolj netipičen, z le eno, vedno manj izrazito konico, ki je v zimskem času zjutraj, v poletnem času pa popoldan, vendar zelo neizrazito.



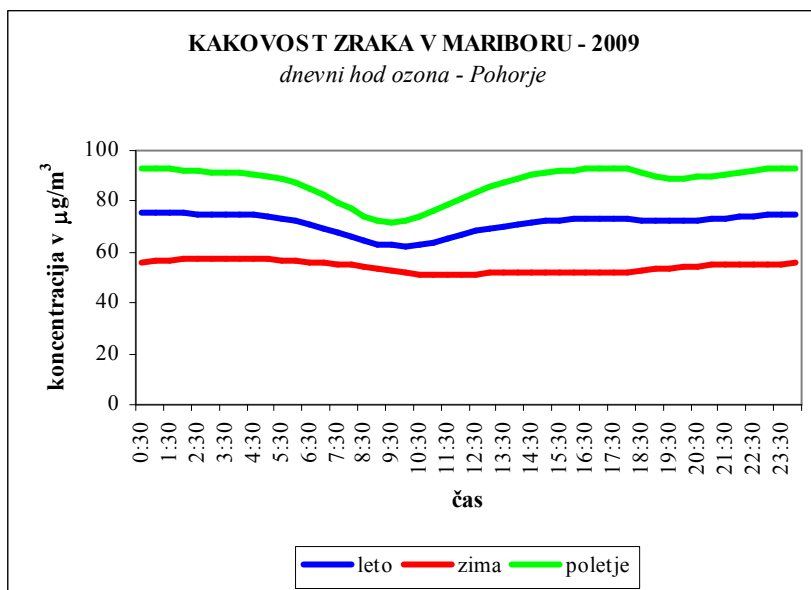


Slika 6.2: Dnevni hod polurnih koncentracij delcev  $PM_{10}$ , merilno mesto Tabor

Pri dnevni hodih delcev  $PM_{10}$  izstopata dva vrhova-jutranji in večerni. Dnevna hoda v zimskem in poletnem času sta zelo podobna in se bistveno ne razlikujeta od poteka za celotno leto. Konice na Taboru so iz leta v leto manj izrazite. Zanimivo je tudi, da v nočnem času, ko so viri precej manj intenzivni, koncentracije padejo neke na polovico najvišje vrednosti.

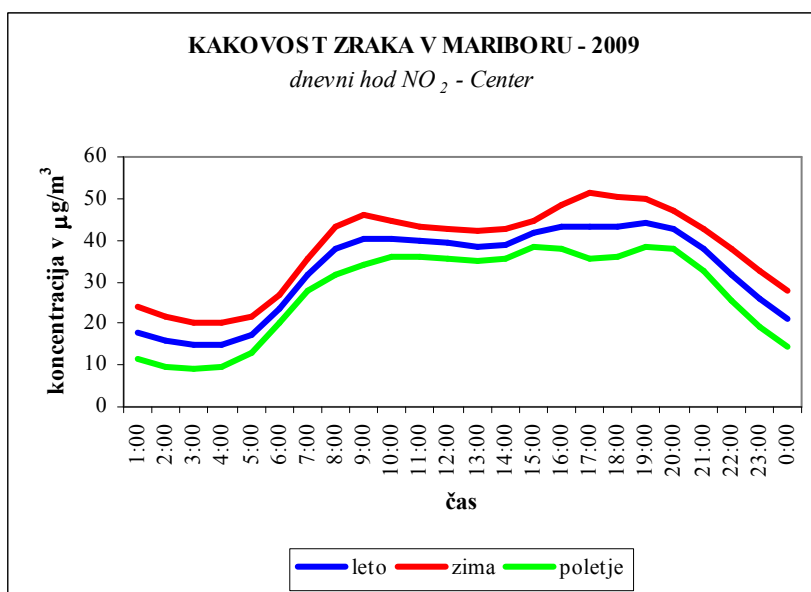


Slika 6.3: Dnevni hod urnih koncentracij  $O_3$ , merilno mesto Center

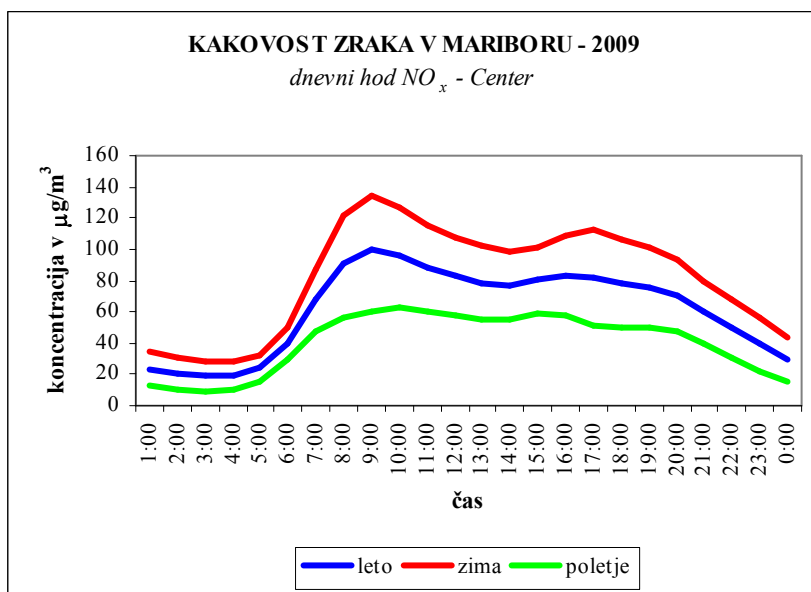


**Slika 6.4:** Dnevni hod polurnih koncentracij O<sub>3</sub>, merilno mesto Pohorje

Dnevni hodi ozona v Centru kažejo rahlo povišanje v zgodnjih jutranjih urah, povezano s spuščanjem onesnaženega zraka iz višjih zračnih plasti. Razpad ozona preko noči se nadaljuje in doseže najnižje vrednosti tik pred sončnim vzhodom. Vendar ponoči ozon popolnoma ne razpade, saj ni svežih emisij NO<sub>x</sub>, tako da vrednosti ne padejo na nič. S sončnim vzhodom se prične tvorba ozona, ki doseže najvišjo vrednost v času največje intenzitete sončnega obsevanja, to je med 12. in 18. uro poleti oziroma 13. in 15. uro pozimi. Z upadanjem jakosti sonca se znižuje stopnja nastajanja ozona, dodatno se že pričinja njegov razpad. Dnevni potek na Pohorju ni poudarjen, vrednosti so višje, ker ozon zaradi pomanjkanja NO<sub>x</sub> preko noči ne razpada. Razlike med zimskim in poletnim časom v vrednostih in v času pojavljanja koničnih vrednosti so povezane s časom sončnega vzhoda in zahoda ter intenziteto sončnega obsevanja.

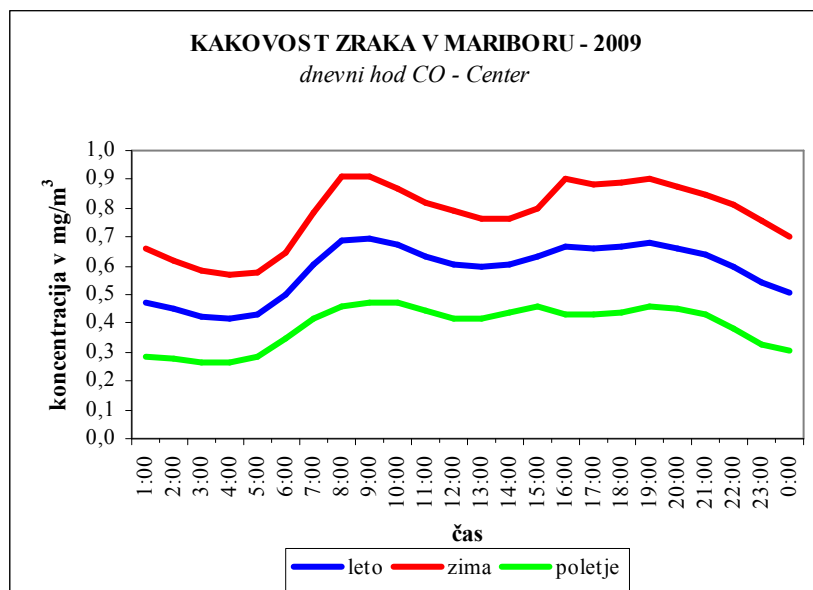


**Slika 6.5:** Dnevni hod urnih koncentracij dušikovega dioksida, merilno mesto Center



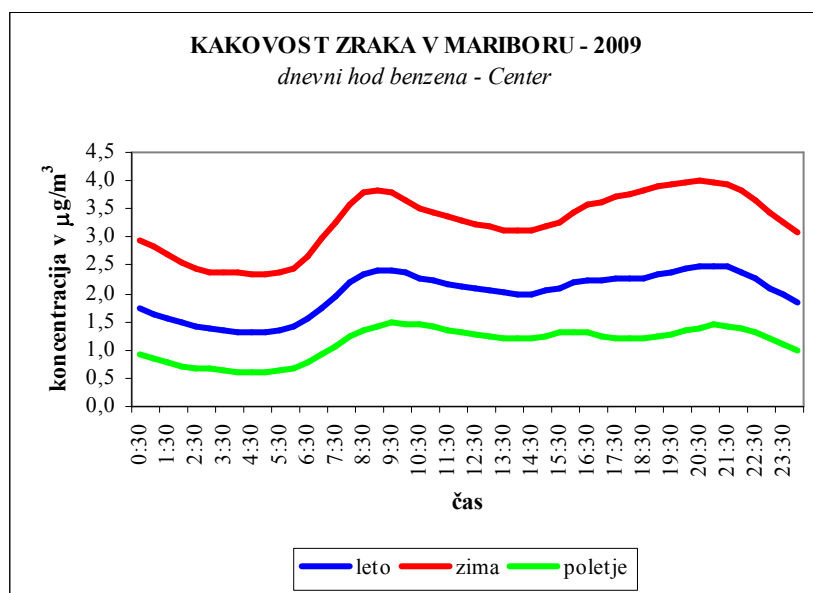
**Slika 6.6:** Dnevni hod urnih koncentracij skupnih dušikovih oksidov, *merilno mesto Center*

Hodi koncentracij NO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub> kažejo nizke vrednosti v jutranjem času, ko so viri malo aktivni, te snovi pa so vpletene tudi v razpad ozona, kar pomeni njihovo porabo. Naraščanje koncentracij v jutranjem času je povezano s svežimi emisijami iz vplivnih virov (promet, kurišča). Upad koncentracij v dopoldanskem času (hitro po sončnem vzhodu) je posledica vključevanja v nastanek ozona. Preko dneva se koncentracije bistveno ne spreminjajo, saj sta količina nastalih dušikovih oksidov in njihova poraba za razpad ozona blizu ravnovesja (poleti bolj očitno kot pozimi). Pozno popoldne so koncentracije dušikovega dioksida najvišje v dnevu, še vedno so prisotne njihove intenzivne emisije, vključevanja v nastanek ozona pa je vedno manj, saj je sončna svetloba že precej šibka. Po 19. uri se emisije znižujejo, preostali dušikovi oksidi v zraku se vključijo v razpad ozona, tako da koncentracije pričenjajo hitro upadati. Vsi dušikovi oksidi se ponoči ne porabijo za razpad ozona, tako da koncentracije ostanejo na nizkem nivoju ozadja. Hodi so izrazitejši v zimskem času, ko vključevanje v nastanek ozona ni tako intenzivno.



**Slika 6.7:** Dnevni hod urnih koncentracij ogljikovega monoksida, *merilno mesto Center*

Dnevni hod ogljikovega monoksida kaže dve izraziti in eno kratkotrajno konico. 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 6.8:** Dnevni hod polurnih koncentracij benzena, *merilno mesto Center*

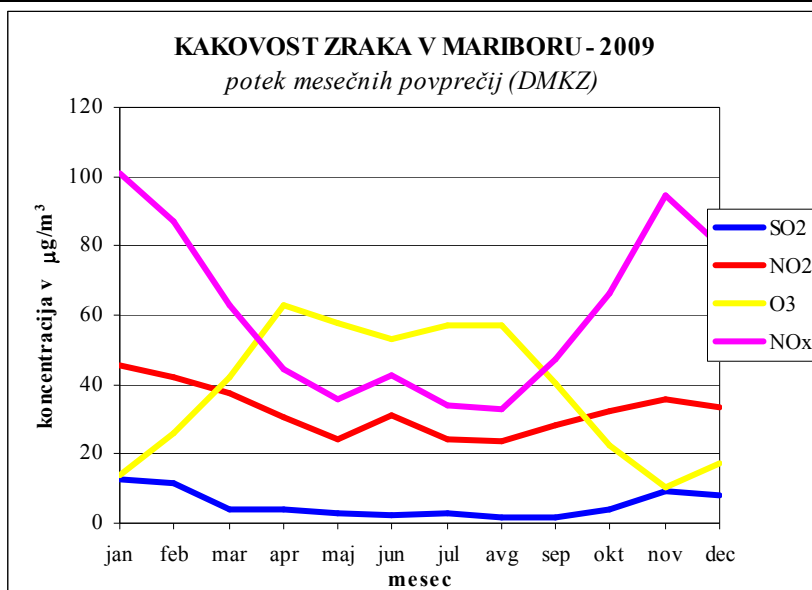
Potek benzena je zelo podoben ogljikovemu monoksidu in delcem, le da se večerni vrh pojavlja nekoliko kasneje.

## 6.2 MESEČNI HODI

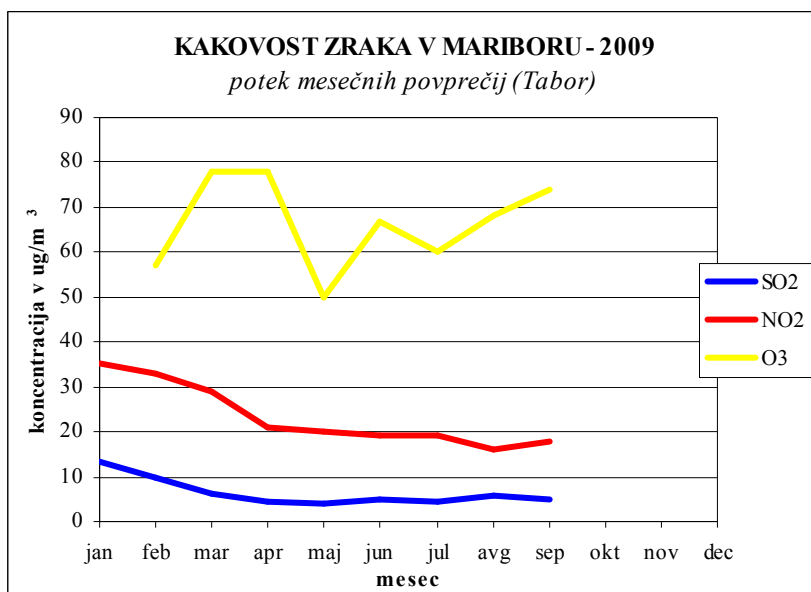
V tabeli 6.1 so srednje mesečne in najvišje kratkotrajne koncentracije SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>-ref. (Center) in prašnih usedlin (povprečje vseh merilnih mest). Grafično so mesečni hodi prikazani na slikah 6.9 za SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> in O<sub>3</sub>, (Center), 6.10 za SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> in O<sub>3</sub> (Tabor), 6.11 za O<sub>3</sub> (Pohorje), 6.12 za PM<sub>10</sub> (Center in Tabor) in 6.13 za PM<sub>2,5</sub> (Center in Vrbanska), 6.14 za benzo(a)piren v PM<sub>10</sub> (Center in Tabor), 6.15 svinec v PM<sub>10</sub> (Center in Tabor), 6.16 kadmij v PM<sub>10</sub> (Center in Tabor), 6.17 za prašne usedline (vsa mesta), 6.18 za CO (Center) in 6.19 za benzen (Center).

**Tabela 6.1:** Mesečne vrednosti - merilno mesto Center (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> in PM<sub>10</sub>) in merilna mreža Maribor, Miklavž (PU)

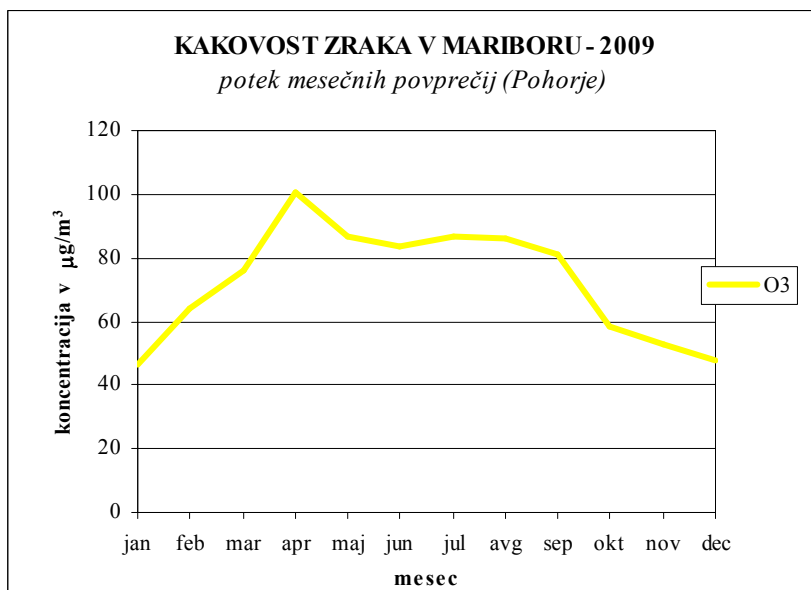
mesec	Koncentracija v $\mu\text{g}/\text{m}^3$										mg/m <sup>2</sup> .dan	
	SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>		O <sub>3</sub>			PM <sub>10</sub>			PU
	mesec	dan	ura	mesec	ura	mesec	8-ur	ura	mesec	dan		mesec
januar	13	28	35	46	108	14	43	53	70	149	44	
februar	11	17	23	42	118	26	69	74	36	65	45	
marec	4,3	6,4	11	38	100	42	95	103	32	66	40	
april	3,9	6,7	11	31	114	63	123	131	32	52	63	
maj	2,7	3,5	5,1	24	91	58	112	125	24	48	78	
junij	2,3	5,0	10	31	97	53	103	116	17	31	76	
julij	2,6	6,1	10	24	65	57	120	148	18	32	92	
avgust	1,8	3,4	4,7	24	182	57	127	139	20	36	54	
september	2,0	3,9	7,3	29	108	40	84	95	28	46	54	
oktober	4,0	10	11	32	89	23	56	73	25	39	37	
november	9,1	18	28	36	99	11	62	71	32	61	49	
december	8,3	18	23	34	105	18	66	70	31	69	16	



**Slika 6.9:** Mesečne koncentracije SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> in O<sub>3</sub>, merilno mesto Center

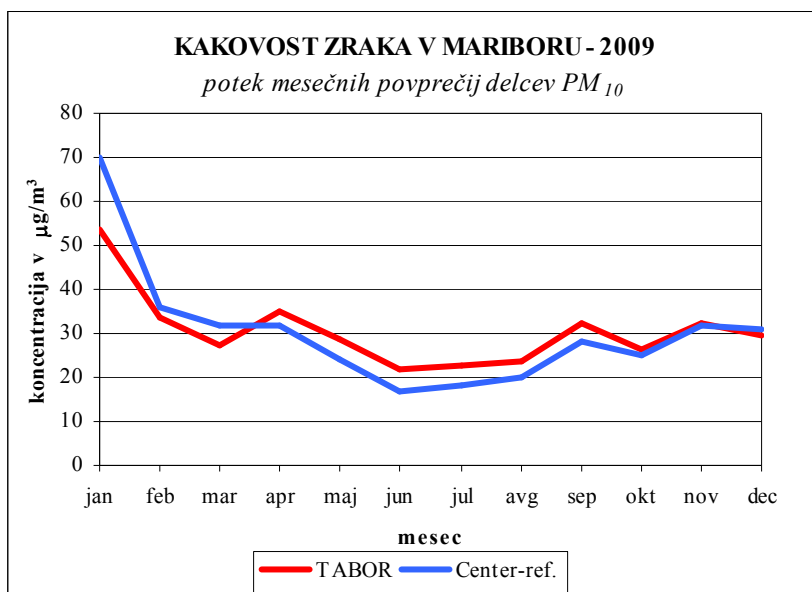


**Slika 6.10:** Mesečne koncentracije SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> in NO<sub>2</sub>, merilno mesto Tabor

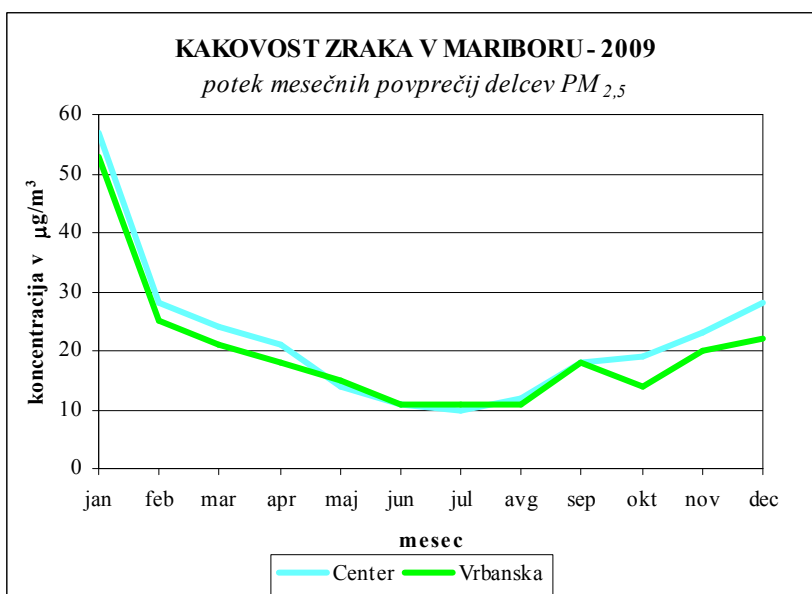


**Slika 6.11:** Mesečne koncentracije O<sub>3</sub>, merilno mesto Pohorje

Srednje mesečne koncentracije SO<sub>2</sub> kažejo značilen potek z višjimi vrednostmi v zimskem času. Najvišje vrednosti so v najhladnejših zimskih mesecih, saj so glavni vir tega onesnaževala še vedno kurišča. Poteka koncentracij NO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub> kažeta podobne značilnosti, s tem da so nižje vrednosti poleti dodatno posledica sodelovanja pri nastanku ozona. Koncentracije O<sub>3</sub> so komplementarne dušikovim oksidom, z višjimi koncentracijami v poletnem ter nižjimi v zimskem času. Na koncentracije ozona, ki je fotokemijski oksidant, vplivajo seveda predhodniki (dušikovi oksidi in lahkohlapne organske spojine) ter v največji meri sončno obsevanje, ki je bolj intenzivno v poletnem času.

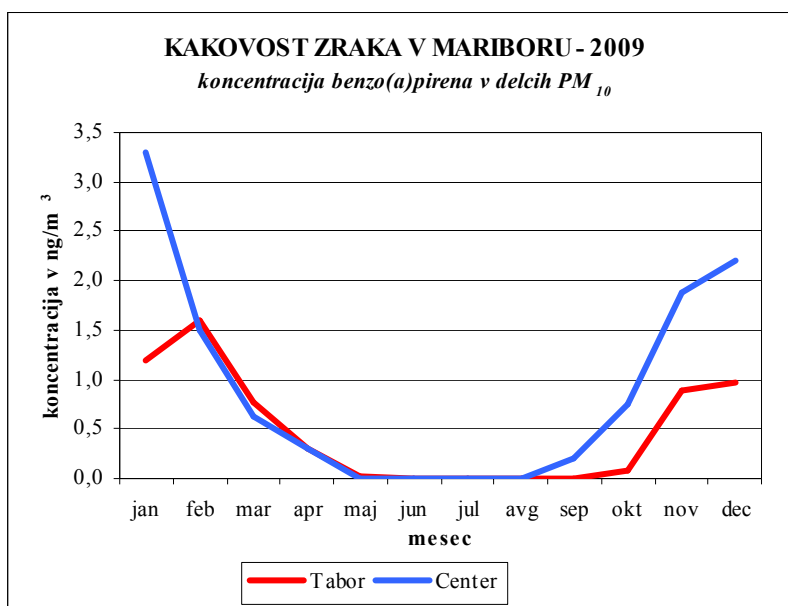


Slika 6.12: Mesečne koncentracije delcev PM<sub>10</sub>, merilni mesti Center in Tabor



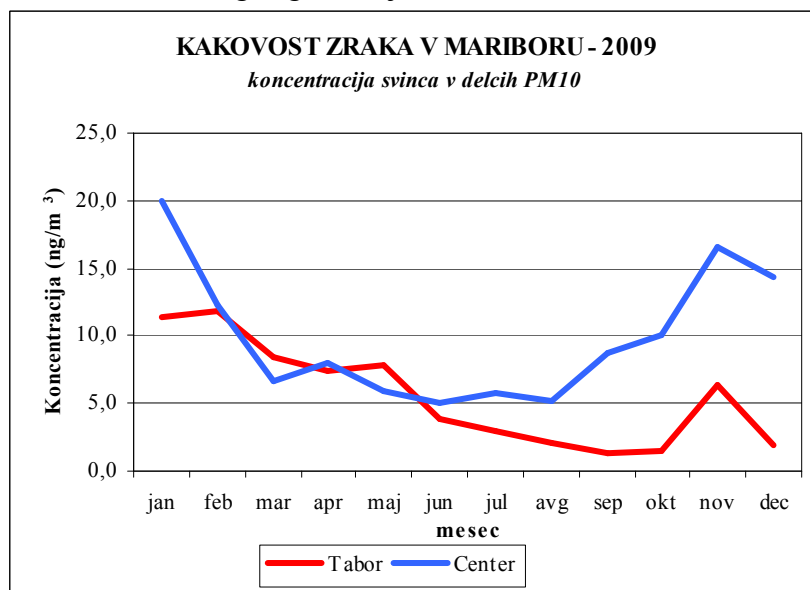
Slika 6.13: Mesečne koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub>, merilni mesti Center in Vrbanska

Potek srednjih mesečnih koncentracij delcev PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> kaže višje vrednosti v zimskem kot v poletnem času na vseh merilnih mestih. Vzrok temu je v kuriščih in v vremenski situaciji (dolgotrajnejša zadrževanja onesnaženega zraka v času situacij z visokim zračnim pritiskom), verjetno tudi v daljinskem transportu onesnaženega zraka. Koncentracije PM<sub>2,5</sub> sledijo vrednostim PM<sub>10</sub>. V zimskem času je v delcih PM<sub>10</sub> kar 79 % delcev PM<sub>2,5</sub>, v poletnem pa 61 %. Najnižja vrednost delcev se je pojavljala junija do avgusta.



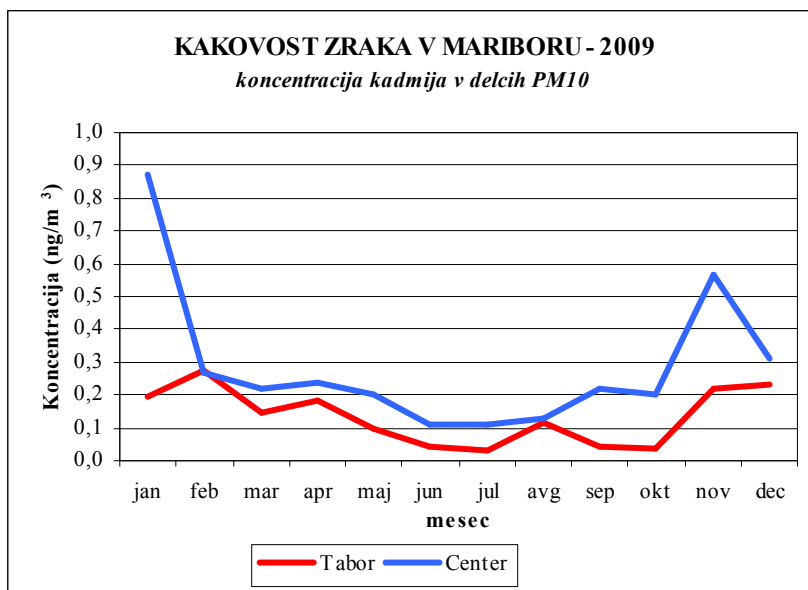
**Slika 6.14:** Mesečne koncentracije benzo(a)pirena v delcih PM<sub>10</sub>, merilni mesti Center in Tabor

Benzo(a)pirena je v delcih PM<sub>10</sub> bistveno več v zimskem kot v poletnem času, kar kaže na prevladujoč vpliv kurišč in slabšega zgorevanja v vozilih.



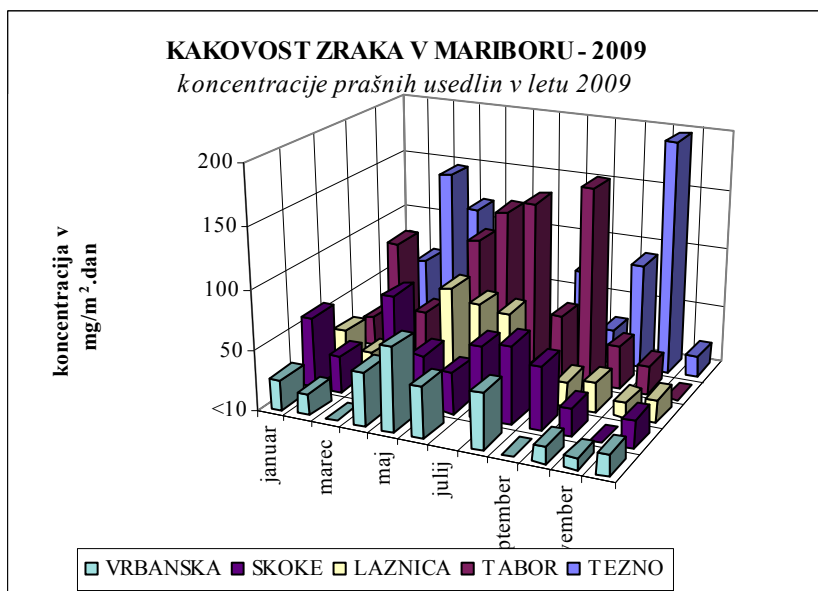
**Slika 6.15:** Mesečne koncentracije svinca v delcih PM<sub>10</sub>, merilni mesti Center in Tabor





**Slika 6.16:** Mesečne koncentracije svinca v delcih PM<sub>10</sub>, merilni mesti Center in Tabor

Mesečne značilnosti koncentracij težkih kovin v delcih PM<sub>10</sub> za Center in Tabor prikazujemo samo za svinec in kadmij, medtem ko za arzen in nikelj poteki in razlike niso najbolj očitni zaradi nizkih koncentracij, ki so praktično pod spodnjo mejo določanja. Iz potekov za svinec in kadmij lahko razberemo, da je vsebnost teh kovin v delcih pozimi skoraj dvakrat višja. To velja za obe merilni mesti, s tem da so razlike očitnejše v Centru.

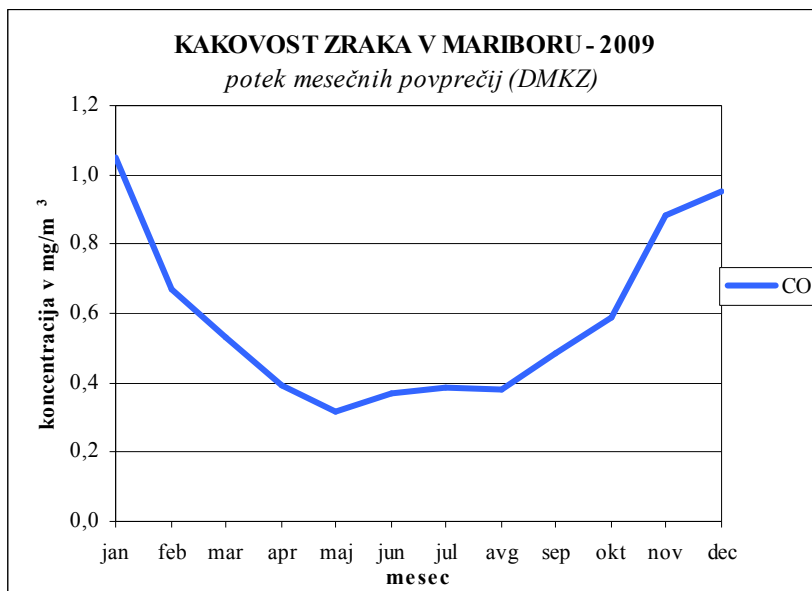


**Slika 6.17:** Mesečne koncentracije prašnih usedlin, merilna mreža Maribor, Miklavž

Prašnih usedlin je v splošnem več v poletnem času (najvišje vrednosti julija, maja in junija, najnižje pa decembra, oktobra in marca). Usedline v glavnem sestavljajo večji delci, ki jih

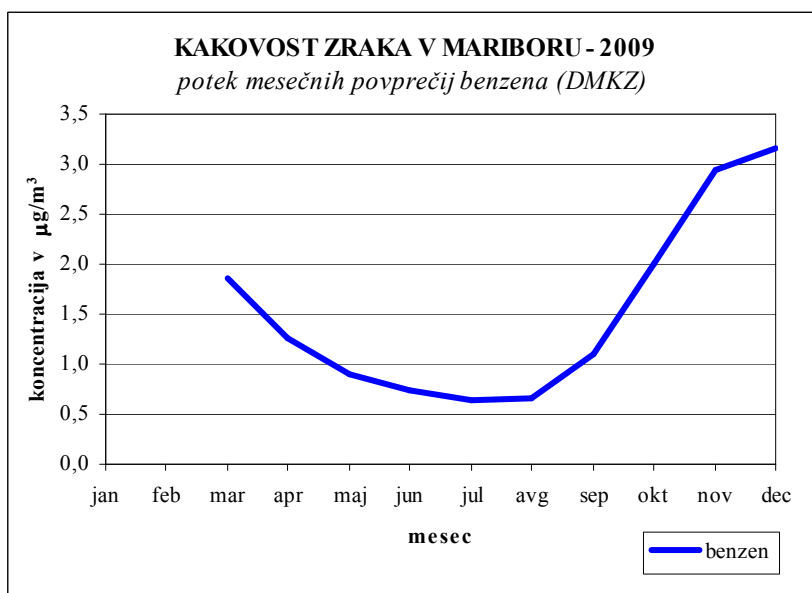
veter dviguje s cestišč, gradbišč, kmetijskih površin ter delci organskega izvora (deli insektov in rastlin), kar je bolj izrazito v poletnem oziroma sušnem času.

Mesečne koncentracije težkih kovin v prašnih usedlinah na posameznih merilnih mestih, ki na slikah niso prikazane, kažejo, da je kovin več poleti kot pozimi, pri kadmiju so razlike večje, pri svincu in cinku pa minimalne.



Slika 6.18: Mesečne koncentracije CO, merilno mesto Center

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



Slika 6.19: 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.

### 6.3 DOLGOLETNI POTEKI KAKOVOSTI ZRAKA

V tem poglavju prikazujemo dolgoletne poteke stanja kakovosti zraka z merjenimi onesnaževali tabelarično in na slikah, kjer je poudarjen tudi trend gibanja koncentracij.

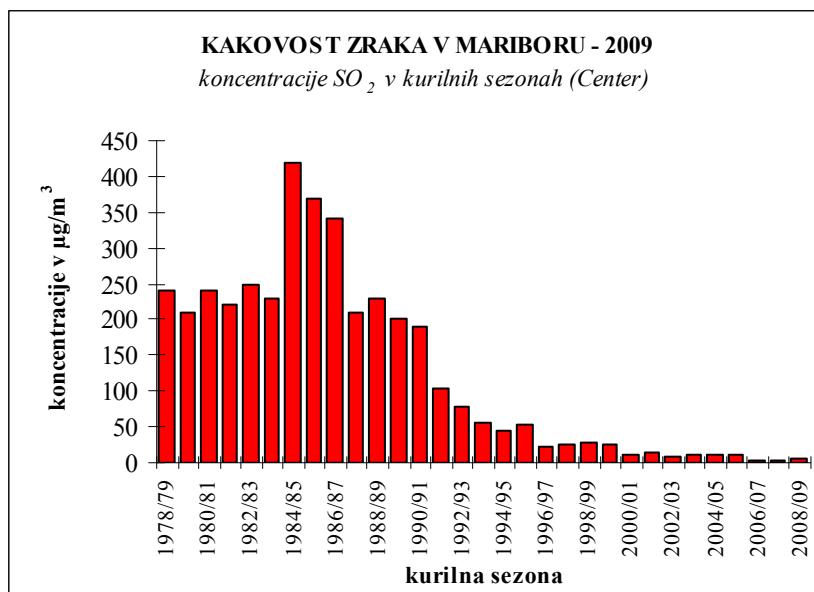
#### 6.3.1 Žveplov dioksid

Srednje letne koncentracije žveplovega dioksida in koncentracije v zimskem času od leta 1989 so prikazane v tabeli 6.2, na slikah 6.20 (od kurilne sezone 1978/79) in 6.21 za Center ter na sliki 6.22 za Tabor.

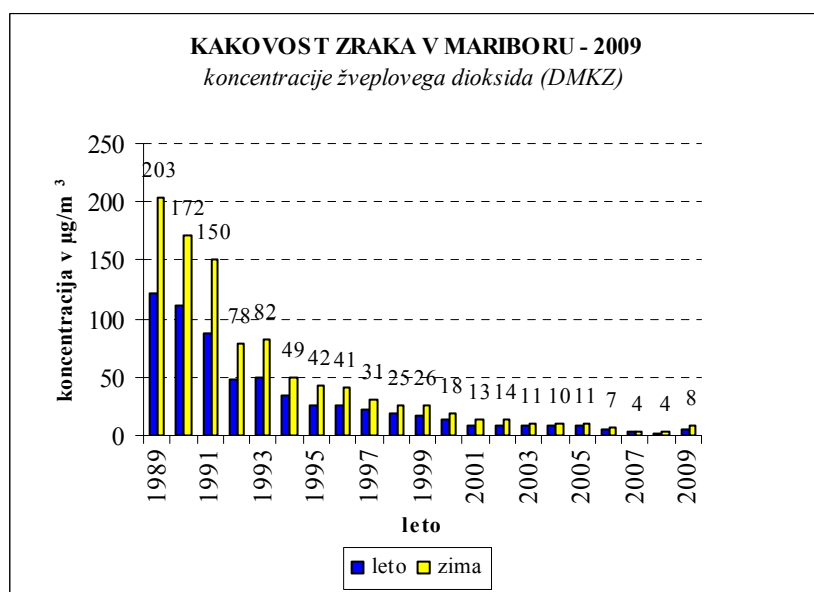
Srednja letna koncentracija žveplovega dioksida in srednja koncentracija samo v zimskem času v Centru in na Taboru so bile še nižje kot pretekla leta. Mejna vrednost za varstvo ekosistemov  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ni bila presežena že od sprejetja uredbe A (2002). Razlog je lahko tudi relativno visoka temperatura zraka, kar je razvidno iz tabele 6.3.

**Tabela 6.2:** Žveplov dioksid 1989-2009 - *merilno mesto Center*

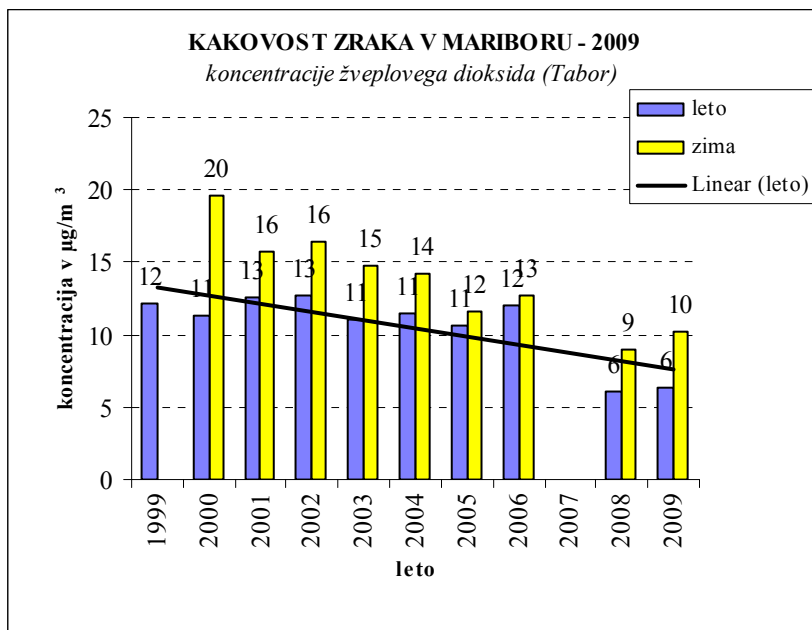
		Koncentracija v $\mu\text{g}/\text{m}^3$										
Obdobje	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
<i>Leto</i>	121	112	87	48	49	34	26	26	22	18	17	
<i>Zimski čas</i>	203	172	150	78	82	49	42	41	31	25	26	
Obdobje	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		
<i>Leto</i>	13	9	8	9	8	8	5	3	2	5		
<i>Zimski čas</i>	18	13	14	11	10	11	7	4	4	8		



Slika 6.20: Žveplov dioksid v zimskem času 1978-2009, merilno mesto Center



Slika 6.21: Žveplov dioksid 1989-2009, merilno mesto Center



Slika 6.22: Žveplov dioksid 1999-2009, merilno mesto Tabor

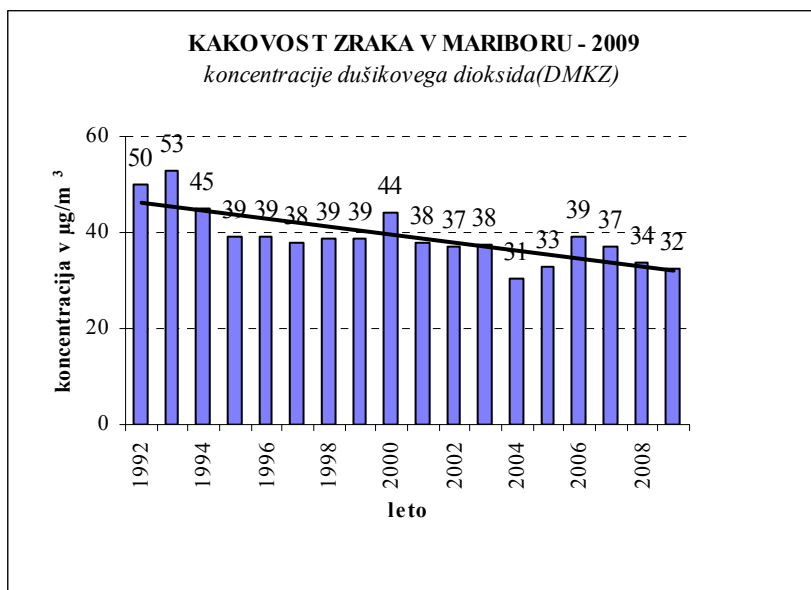
Tabela 6.3: Temperatura zraka 1992-2009 – merilno mesto Center

Temperatura (°C)										
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		
Zimski čas	6,8	4,1	4,8	4,0	4,8	6,0	6,4	5,0		
januar	-1,3	-1,0	-0,2	1,2	-2,6	5,3	3,6	-1,0		

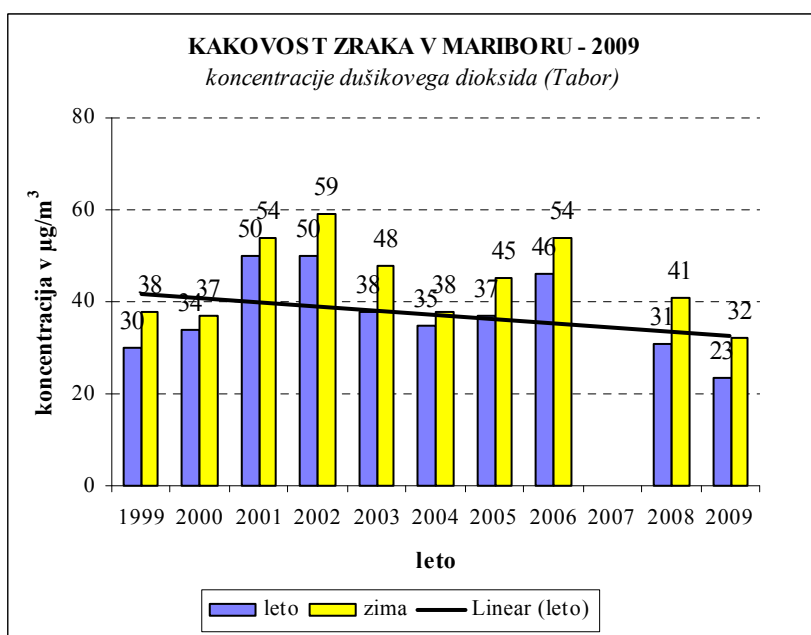
Vsi rezultati meritev SO<sub>2</sub> potrjujejo pravilnost dolgoročnih usmeritev za zmanjšanje emisij iz kurišč (širjenje toplovodnega in plinovodnega omrežja), ki še vedno potekajo.

### 6.3.2 Dušikovi oksidi

Srednje letne koncentracije dušikovega dioksida v letih 1992-2009 so na sliki 6.23 za merilno mesto Center in še z vrednostmi v zimskem času v letih 1999-2009 na sliki 6.24 za merilno mesto Tabor. Rezultati na merilnem mestu Center za leto 1998 so za optični merilni sistem, saj je bilo za meritve s klasičnim merilnikom (DMKZ) na voljo premalo veljavnih podatkov. Na obeh slikah je prikazan tudi linearni trend letnih koncentracij.



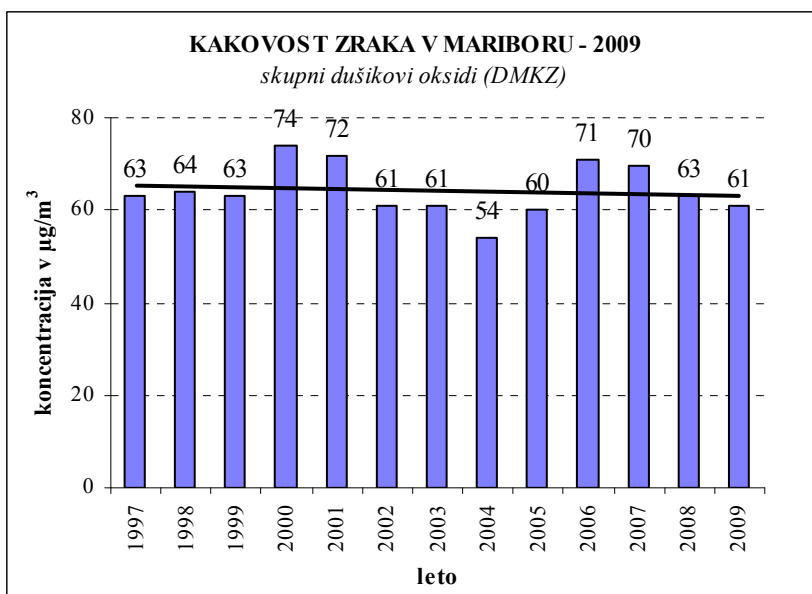
Slika 6.23: Dušikov dioksid 1992-2009, merilno mesto Center



Slika 6.24: Dušikov dioksid 1999-2009, merilno mesto Tabor

Najvišje koncentracije  $\text{NO}_2$  so bile v Centru leta 1993, nato so se (z izjemo leta 2000) postopno zniževale in dosegle najnižjo vrednost leta 2004. Letno povprečje 2009 je bilo najnižje v zadnjih štirih letih ter že od leta 2001 pod mejno letno vrednostjo. Na Taboru so nihanja bolj očitna, v letu 2009 je bilo izmerjeno najnižje povprečje do sedaj, tudi tu je zaznaven trend zniževanja koncentracij.

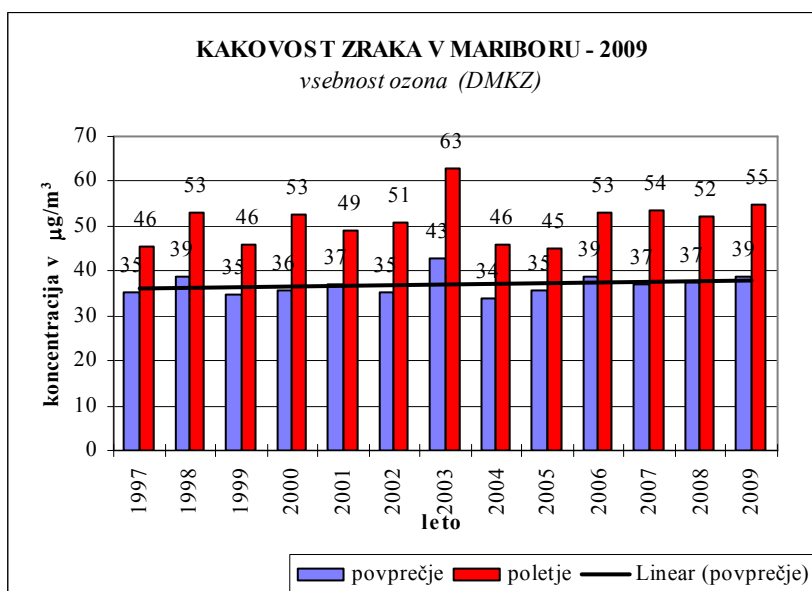
Slika 6.25 prikazuje potek srednjih letnih koncentracij skupnih dušikovitih oksidov, izmerjenih od leta 1997 na merilnem mestu Center. Linearni trend je le malo usmerjen navzdol, vidi se, da koncentracije od leta 1997 nihajo okoli neke povprečne vrednosti, ki pa je nad mejno letno vrednostjo za varstvo rastlin v naravnem okolju.



Slika 6.25: Dušikovi oksidi 1997-2009, merilno mesto Center

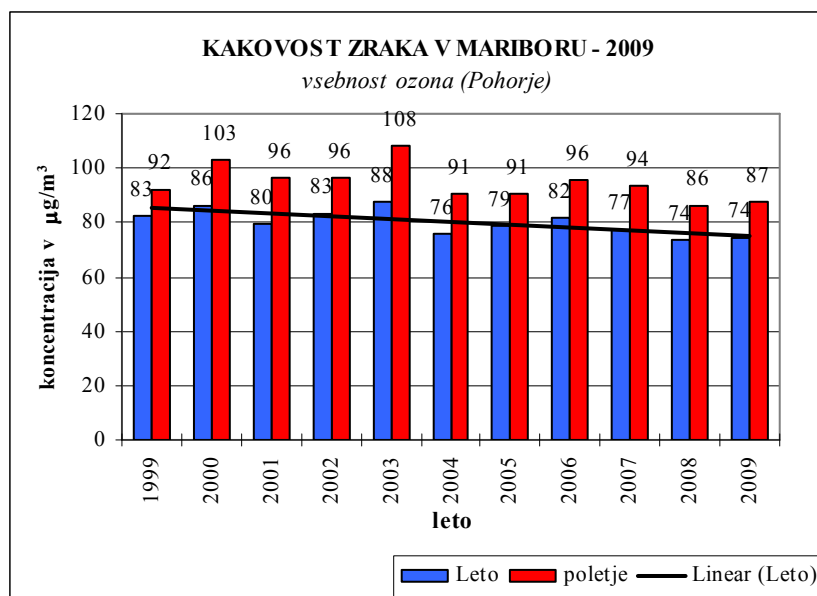
### 6.3.3 Ozon

Meritve ozona v Centru potekajo že od leta 1995, na Pohorju (deloma na Teznu) pa od leta 1996, vendar se takrat niso izvajale celotno leto. Stalne meritve v Centru (DMKZ) 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 6.26 in za Pohorje na sliki 6.27.



Slika 6.26: Ozon 1997-2009, merilno mesto Center

Vsebnost ozona v zraku v Centru je bila leta 2009 med povprečnimi. Letne vrednosti in vrednosti v poletnem času od leta 1997 kažejo majhno odstopanje od povprečne vrednosti, tako da je trend usmerjen nekoliko navzgor.



Slika 6.27: Ozon 1999-2009, merilno mesto Pohorje

Vsebnost ozona na Pohorju je bila enaka kot leta 2008, trend je usmerjen nekoliko navzdol.

V tabeli 6.4 prikazujemo najvišje urne vrednosti ozona v vseh letih meritev. Za Tabor podatkov za leto 2006-2009 ne prikazujemo, saj je bilo na voljo premalo podatkov.

Tabela 6.4: Najvišje urne koncentracije ozona 1999-2009 - merilna mesta Center, Tabor in Pohorje

Leto	Najvišja urna koncentracija v µg/m <sup>3</sup>		
	Center	Tabor	Pohorje
1999	131	166	159
2000	170	197	208
2001	140	196	182
2002	147	225	167
2003	160	173	185
2004	134	167	187
2005	131	147	160
2006	164	/	176
2007	154	/	157
2008	130	/	155
2009	148	/	152



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

Pokazatelj stanja kakovosti zraka z ozonom sta tudi števili preseganj ciljne 8-urne in opozorilne urne vrednosti po uredbi C, kar je za leta 2003 (pričetek veljavnosti uredbe C) do 2009 prikazano v tabeli 6.5. V posameznem koledarskem letu je dovoljenih 25 preseganj ciljne 8-urne vrednosti. Za Tabor podatkov za leto 2009 ne prikazujemo.

**Tabela 6.5:** Število preseganj ciljne 8-urne in opozorilne urne koncentracije ozona 2003-2009 - merilna mesta Center, Tabor in Pohorje

Leto	Število preseganj					
	Center		Tabor		Pohorje	
	Ciljna 8-urna	Opozorilna urna	Ciljna 8-urna	Opozorilna urna	Ciljna 8-urna	Opozorilna urna
2003	19	0	41	0	185	2
2004	1	0	2	0	44	1
2005	0	0	0	0	55	0
2006	7	0	/	/	59	0
2007	4	0	/	/	52	0
2008	0	0	/	/	27	0
2009	4	0	/	/	19	0

V Centru in na Pohorju že nekaj let zapored ni bilo preseganj opozorilnih vrednosti. V Centru so bila v letu 2009 štiri preseganja ciljne 8-urne vrednosti, medtem ko jih je bilo na Pohorju 19, kar je najmanj doslej, oboje manj več kot je dovoljeno v koledarskem letu.

Iz vseh zgornjih prikazov vsebnosti ozona v zraku lahko sklepamo, da se v povprečju stanje giblje nekje okoli stalne vrednosti brez občutnih gibanj navzgor ali navzdol.

#### 6.3.4 Delci

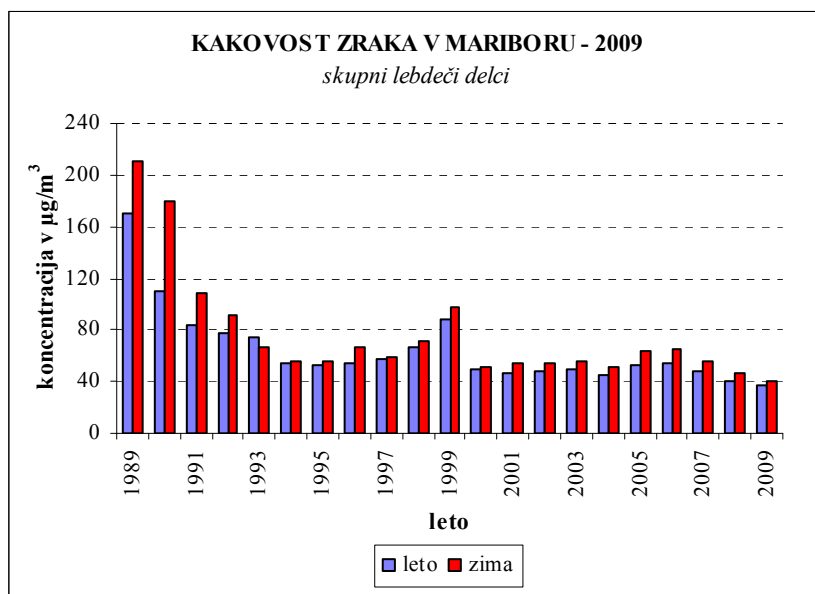
Gibanje srednje letne koncentracije in koncentracije samo v zimskem času za skupne lebdeče delce je za leta 1989 (začetek meritev) do 2009 prikazano v tabeli 6.6 in na sliki 6.28. Upoštevali smo meritve, ki jih je izvajal ZZV: merilno mesto je bilo do maja leta 2002 v Centru, nato pa na Taboru. Od leta 2000 naprej se ugotavljajo delci PM<sub>10</sub>, zato smo rezultate teh meritev preračunali na skupne lebdeče delce s faktorjem 1,2.

**Tabela 6.6:** Skupni lebdeči delci v Mariboru 1992-2009 - merilno mesto Center (ZZV)/Tabor

Onesnaževalo	Obdobje	Koncentracija v µg/m <sup>3</sup>									
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Skupni lebdeči delci	Leto	78	74	54	52	54	58	67	89*	49*	47
	Zimski čas	91	67	56	55	66	59	72	98*	51*	55

Onesnaževalo	Obdobje	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Skupni lebdeči delci	Leto	48	49	46	52	54	48	41	36
delci	Zimski čas	55	56	50	64	64	55	46	40

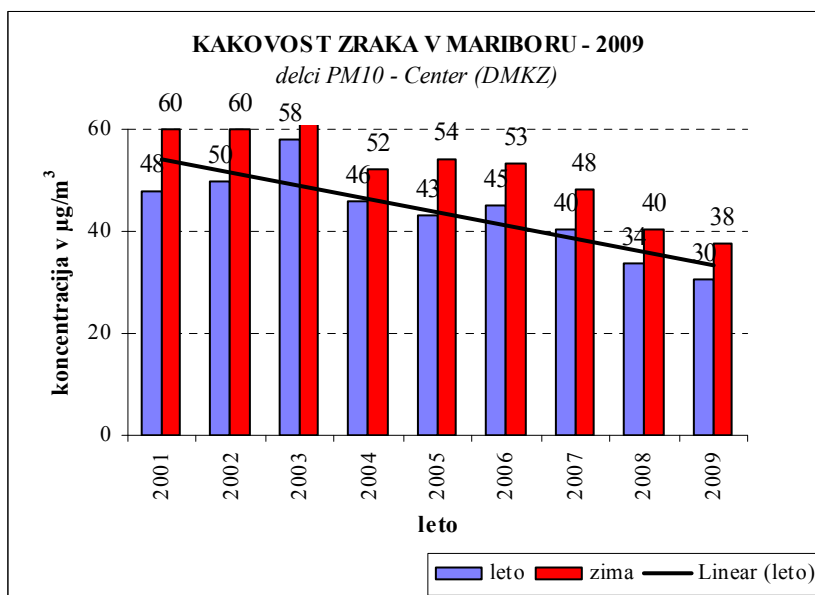
\* ni bilo merjeno celo leto



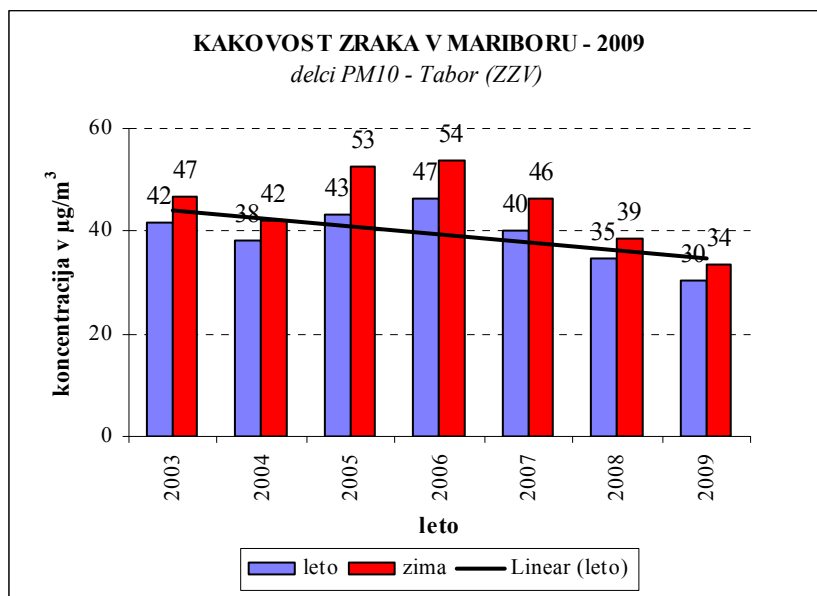
Slika 6.28: Skupni lebdeči delci 1989-2009, merilno mesto Center (ZZV)/Tabor

Iz slike je lepo razviden upad koncentracij skupnih lebdečih delcev od leta 1989. Koncentracije v letu 2009 so bile najnižje do sedaj.

Rezultate meritev delcev PM<sub>10</sub> prikazujemo na slikah 6.29 (Center od leta 2001) in 6.30 (Tabor od leta 2003).



Slika 6.29: Delci PM<sub>10</sub> 2002-2009, merilno mesto Center



**Slika 6.30:** Delci PM<sub>10</sub> 2003-2009, merilno mesto Tabor

Koncentracije delcev PM<sub>10</sub> so bile v Centru in na Taboru najnižje v dosedanem merilnem obdobju. Mejna letna vrednost na nobenem merilnem mestu ni bila presežena. Na obeh merilnih mestih se kaže velik upad vsebnosti delcev PM<sub>10</sub> v zraku.

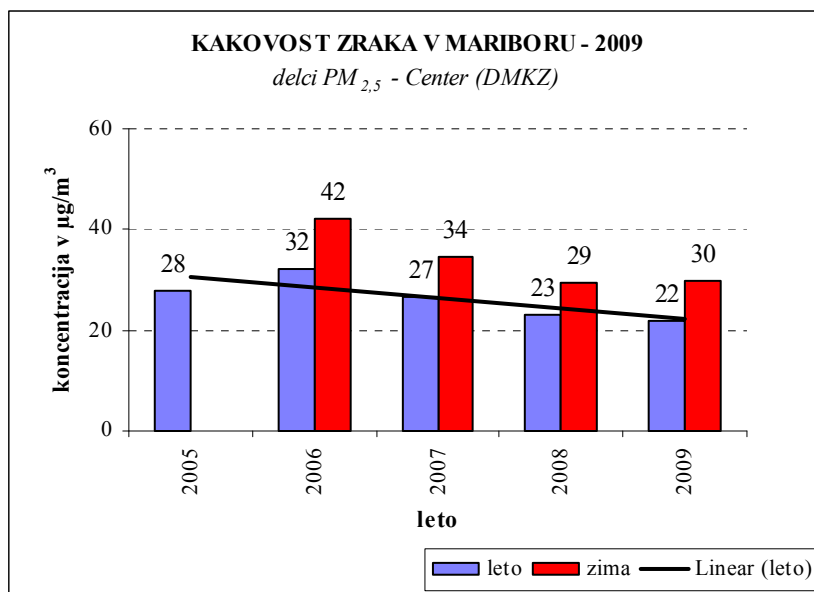
Število preseganj mejne dnevne vrednosti za delce PM<sub>10</sub> v letih 2001-2009 je prikazano v tabeli 6.7. V posameznem koledarskem letu je dovoljeno 35 preseganj.

**Tabela 6.7:** Število preseganj mejne dnevne vrednosti za delce PM<sub>10</sub> 2002-2009 - merilni mesti Tabor in Center

Leto	Število preseganj mejne dnevne vrednosti	
	Center	Tabor
2002	153	94
2003	185	76
2004	130	70
2005	103	111
2006	117	132
2007	95	94
2008	54	52
2009	35	24

Na Taboru in v Centru je bilo število preseganj mejne dnevne vrednosti v letu 2009 bistveno nižje kot pretekla leta in nikjer ni bilo čezmerno.

Potek srednjih letnih vrednosti in vrednosti v zimskem času za delce PM<sub>2,5</sub> je na sliki 6.31.

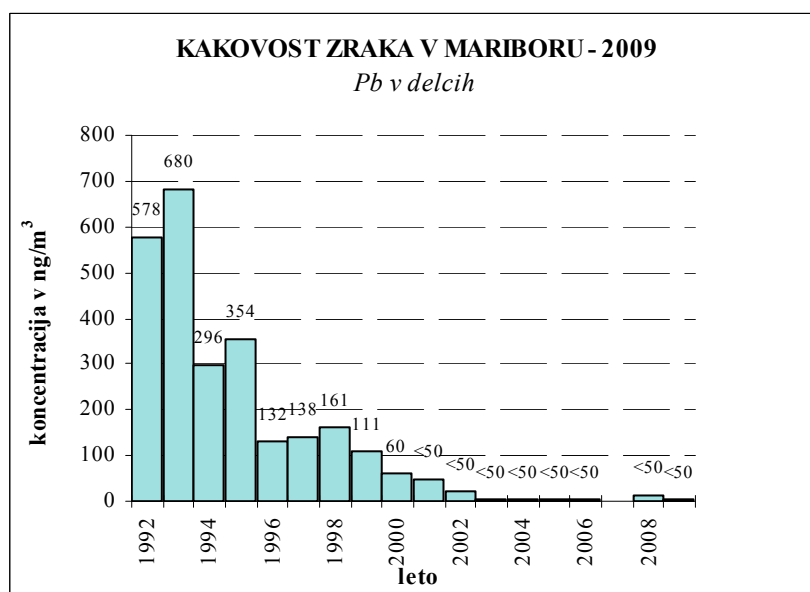


Slika 6.31: Delci PM<sub>2,5</sub> 2005-2009, merilno mesto Center

Koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> v Centru so bile leta 2009 najnižje doslej, tudi pri tej frakciji delcev se kaže upad koncentracij, za Vrbanško pa še ni dovolj podatkov za izdelavo trenda.

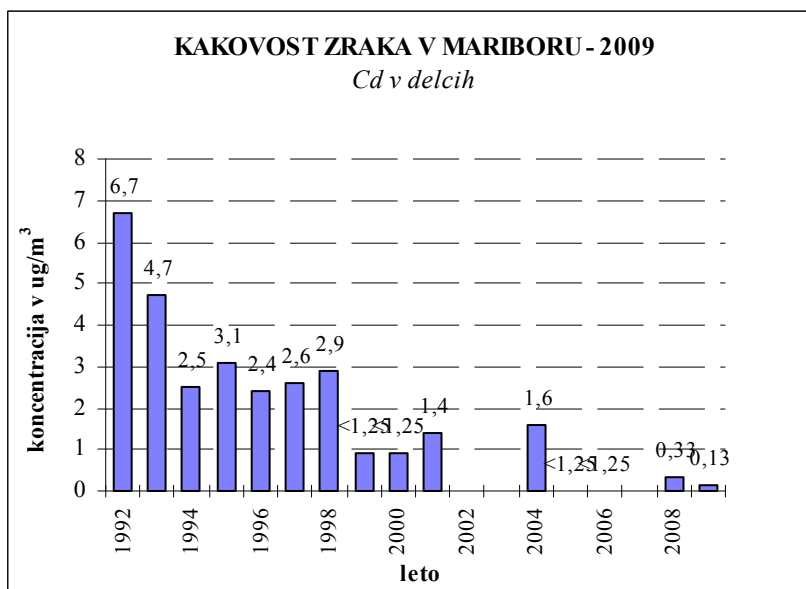
### 6.3.5 Težke kovine v delcih

Srednje letne koncentracije svineca v delcih so na sliki 6.32, kadmija 6.33, niklja 6.34, arzena pa na sliki 6.35. Meritve do leta 2000 se nanašajo na analizo skupnih lebdečih delcev, kasneje pa delcev PM<sub>10</sub>. Do sredine leta 2002 je bilo merilno mesto Center (ZZV), 2003 na Taboru, podatki za leta 2004 do 2009 so iz meritev v državni merilni mreži (Center).



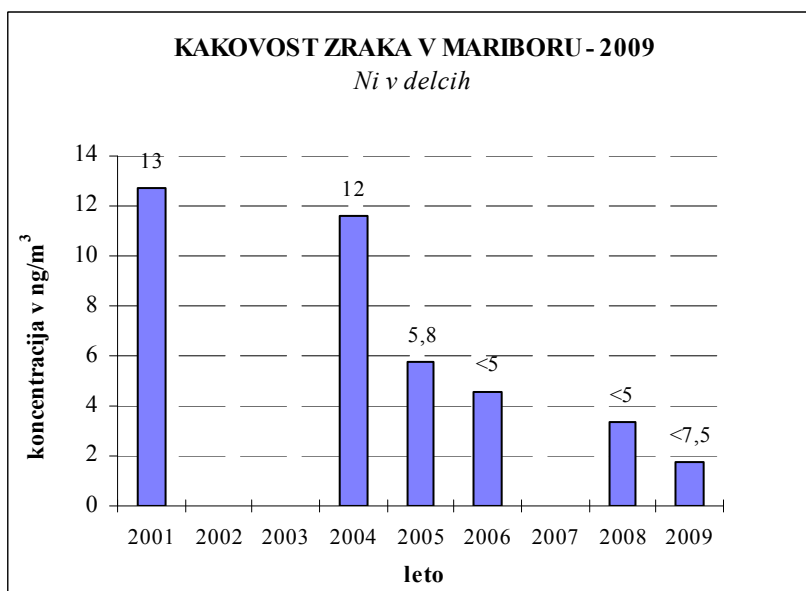
Slika 6.32: Svinec v delcih 1992-2009, merilna mesta Center (ZZV)/Tabor/Center (DMKZ)

Koncentracije svinca so bile enako nizke in pod ciljno vrednostjo  $500 \text{ ng/m}^3$  kot v preteklih letih, kar je povezano z opustitvijo svinca v pogonskih gorivih.



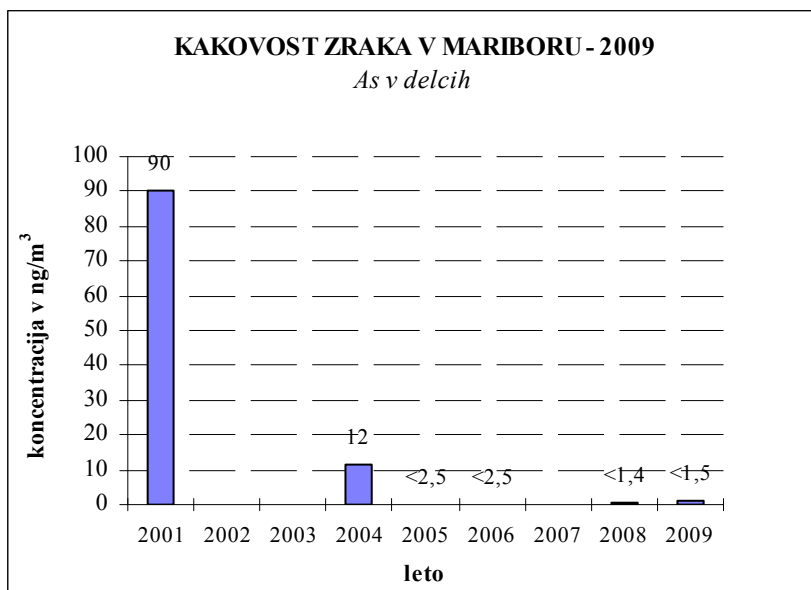
Slika 6.33: Kadmij v delcih 1992-2009, merilna mesta Center (ZZV)/Tabor/Center(DMKZ)

Tudi koncentracije kadmija so bile nizke in pod ciljno vrednostjo  $5 \text{ ng/m}^3$ .



Slika 6.34: Nikelj v delcih 2001-2009, merilno mesto Center

Koncentracije niklja so bile pod ciljno letno vrednostjo  $20 \text{ ng/m}^3$ .



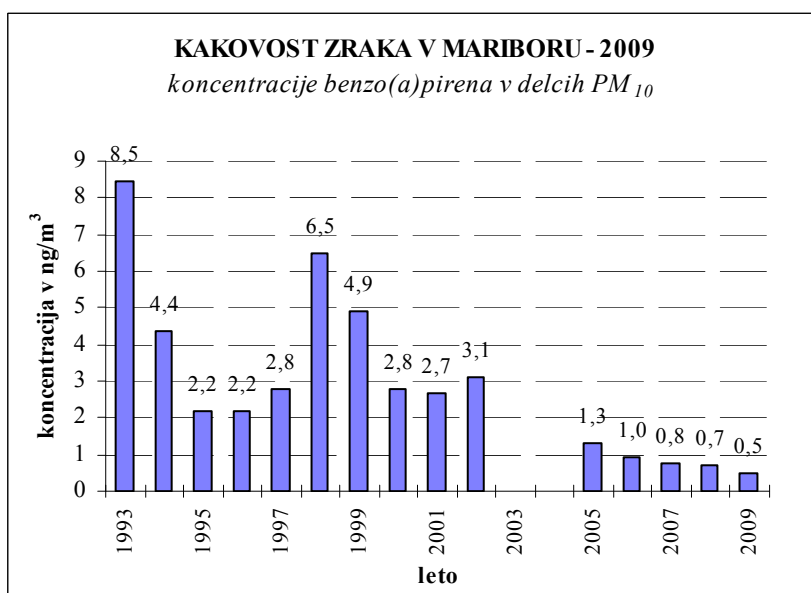
Slika 6.35: Arzen v delcih 2004-2009, merilno mesto Center (DMKZ)

Koncentracije arzena so bile nizke, kot že zadnjih nekaj let pod mejo določanja in pod ciljno letno vrednostjo 6 ng/m<sup>3</sup>.

Vsebnost kovin v delcih torej ne presega ciljnih vrednosti.

### 6.3.6 Benzo(a)piren

Poliaromatski ogljikovodiki (PAO) v delcih so se od let 1993 do 2000 ugotavljali v skupnih lebdečih delcih v Centru (ZZV), kasneje v delcih PM<sub>10</sub> na Taboru. Leta 2003 in 2004 analize niso potekale. Od leta 2005 naprej poteka le analiza benzo(a)pirena kot tipičnega predstavnika PAO. Slika 6.36 prikazuje povprečne letne vrednosti v celotnem dosedanjem merilnem obdobju.



Slika 6.36: Benzo(a)piren v delcih 1993-2009, merilno mesto Center (ZZV)/Tabor

Vsebnost benzo(a)pirena v delcih PM<sub>10</sub> je bila leta 2009 najnižja doslej; jasno se kaže zniževanje vsebnosti te snovi v zraku, ki je že četrto leto zapored pod ciljno letno vrednostjo.

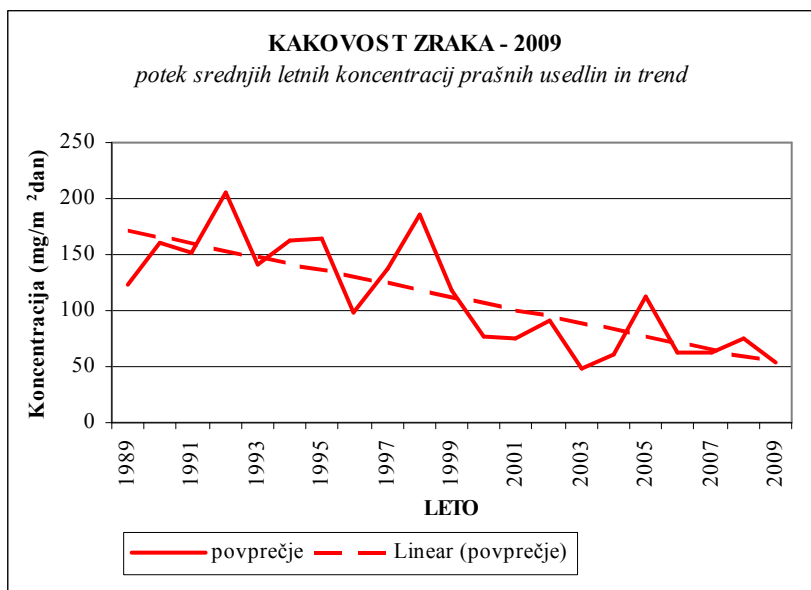
### 6.3.7 Prašne usedline

V tabeli 6.8 so srednje letne koncentracije prašnih usedlin po merilnih mestih v letih 1989-2009.

**Tabela 6.8:** Prašne usedline 1989-2009 - merilna mreža Maribor, Miklavž

Koncentracija v mg/m <sup>2</sup> .dan											
Merilno mesto	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Tezno	100	150	250	155	125	80	70	100	75	140	100
Tabor	190	280	160	210	240	390	380	165	300	300	150
Laznica	160	220	140	200	120	60	90	80	90	180	65
Vrbanska	110	90	140	200	190	180	200	80	150	100	60
Skoke	60	60	65	260	30	110	80	65	65	210	210
Povprečje	145	145	150	190	130	140	170	100	130	205	120
Merilno mesto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Tezno	100	73	75	67	66	142	136	106	111	90	
Tabor	130	100	150	45	61	145	48	66	87	74	
Laznica	40	80	81	44	74	92	33	40	64	33	
Vrbanska	64	65	80	41	48	35	32	46	47	26	
Skoke	50	53	69	44	68	144	66	58	63	41	
Povprečje	80	80	92	48	64	114	63	63	74	53	

Potek letnega povprečja merilnih mest je skupaj z linearnim trendom prikazan na sliki 6.37. Do sredine leta 2002 je bilo merilno mesto Tabor dejansko v Centru, merilno mesto Vrbanska pa do sredine leta 2003 v Bresternici.



**Slika 6.37:** Prašne usedline in linearni trend 1989-2009, *povprečje vseh merilnih mest*

V letu 2009 so bile izmerjene relativno nizke koncentracije prašnih usedlin, pod referenčno letno vrednostjo, kar potrjuje splošen trend izboljševanja kakovosti zunanjega zraka. Najvišje koncentracije so bile na Teznu; kar lahko pripišemo prometnici v bližini. Z zelo nizkimi vrednostmi spet izstopajo Urbanska, Laznica in Skoke.

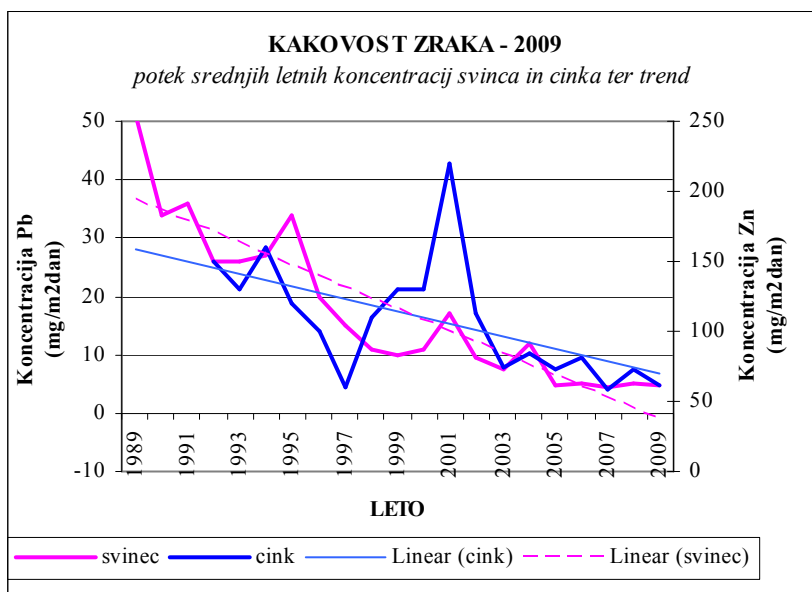
### 6.3.8 Težke kovine v prašnih usedlinah

V tabeli 6.9 so srednje letne koncentracije težkih kovin v prašnih usedlinah za obdobje 1989-2009, izražene kot povprečje rezultatov meritev iz vseh merilnih mest, kar je prikazano tudi na slikah 6.38 (svinec in cink) in 6.39 (kadmij), skupaj z linearnim trendom letnih koncentracij.

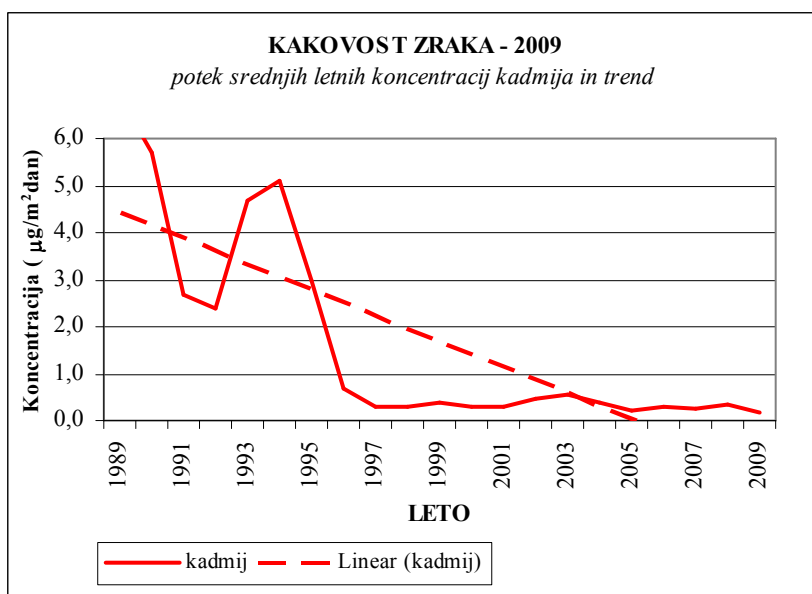
**Tabela 6.9:** Težke kovine v prašnih usedlinah 1989-2009 – *merilna mreža Maribor, Miklavž*

		Koncentracija v $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{dan}$									
Onesnaževalo	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997		
svinec	51	34	36	26	26	27	34	20	15		
kadmij	6,9	5,7	2,7	2,4	4,7	5,1	3,0	0,7	0,3		
cink				150	130	160	120	100	60		
Onesnaževalo	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006		
svinec	11	10	11	17	10	<10	12	<10	<10		
kadmij	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2	0,3		
cink	110	130	130	220	110	74	85	72	81		
Onesnaževalo	2007	2008	2009								
svinec	<10	<10	5								
kadmij	0,2	0,4	0,2								
cink	58	74	61								





Slika 6.38: Svinec in cink v PU 1989-2009, povprečje vseh merilnih mest

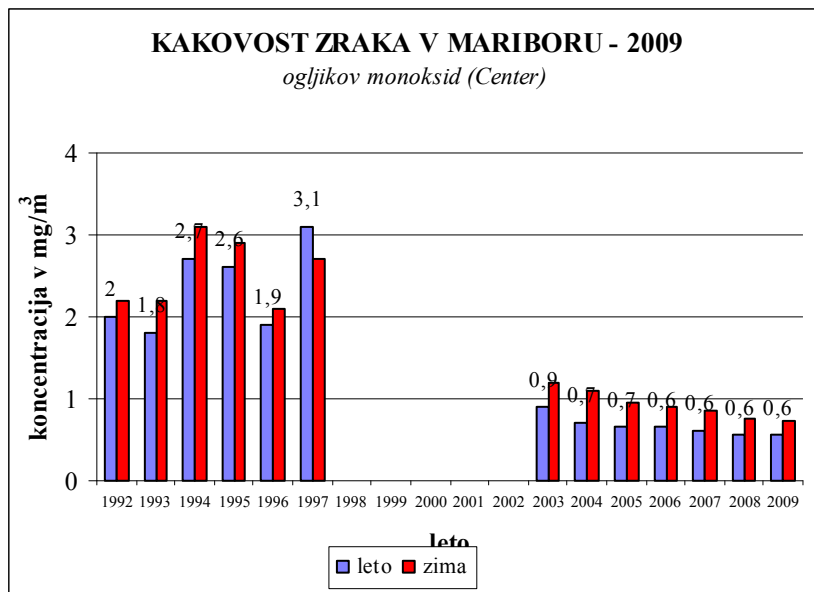


Slika 6.39: Kadmij v PU 1989-2009, povprečje vseh merilnih mest

Gibanje srednjih letnih vrednosti je pri svincu usmerjeno strmo navzdol, pri cinku je trend upadanja zelo zaznaven, vendar nekoliko počasnejši, pri kadmiju pa so koncentracije že več kot zadnjih 10 let nizke. Koncentracije vseh treh kovin so bile pod referenčnimi letnimi vrednostmi in sledijo splošnemu izboljšanju kakovosti zraka v zadnjih letih.

### 6.3.9 Ogljikov monoksid

Srednje letne koncentracije in koncentracije samo v zimskem času so za ogljikov monoksid in za merilno mesto Center v letih 1992-2009 prikazane na sliki 6.40. Rezultatov za leta 1998-2002 ni, saj meritve takrat niso potekale.

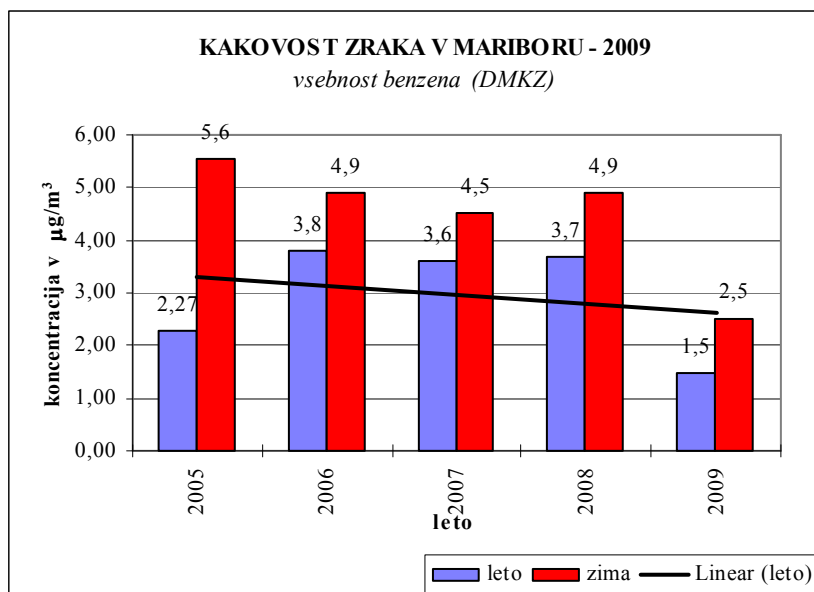


Slika 6.40: Ogljikov monoksid 1992-2009, merilno mesto Center

Kakovost zraka z ogljikovim monoksidom je bila leta 2009 enako nizka kot leto poprej; trend upadanja koncentracij je zaznaven.

### 6.3.10 Benzen

Uradni rezultati meritev benzena v zunanjem zraku iz merilne postaje Center (DMKZ) so bili prvič na voljo v letu 2005 in so skupaj z rezultati meritev v letih 2006 do 2009 prikazani na sliki 6.41.

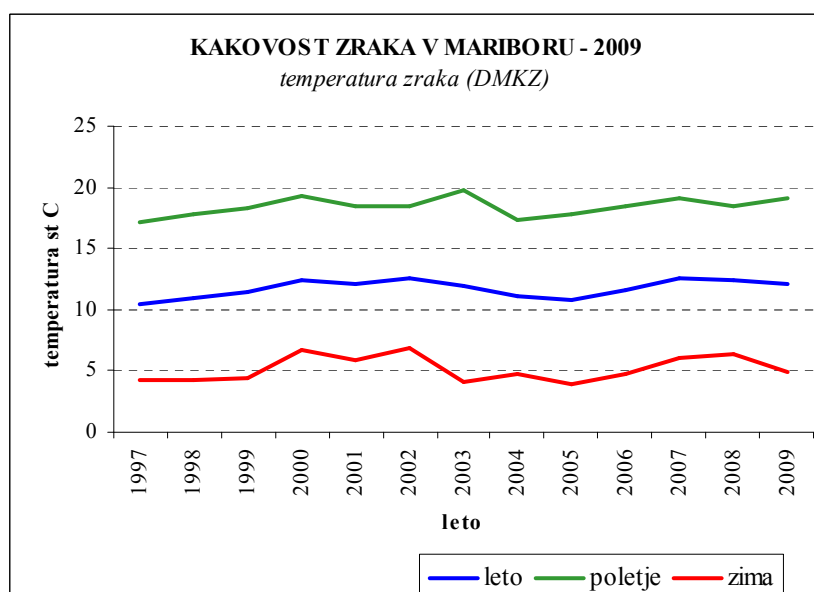


Slika 6.41: Benzen 2005-2009, merilno mesto Center

Podatki kažejo, da je bilo benzena leta 2009 najmanj doslej, pa tudi povprečje v zimskem času je najnižje. Mogoče na to vpliva tudi dejstvo, da v mesecih januar in februar meritve niso potekale, čeprav je bilo tudi povprečje samo v poletnem času najnižje doslej. Trend je usmerjen navzdol, ne glede na nepopolnost podatkov (tudi v letu 2005).

### 6.3.11 Temperatura zraka

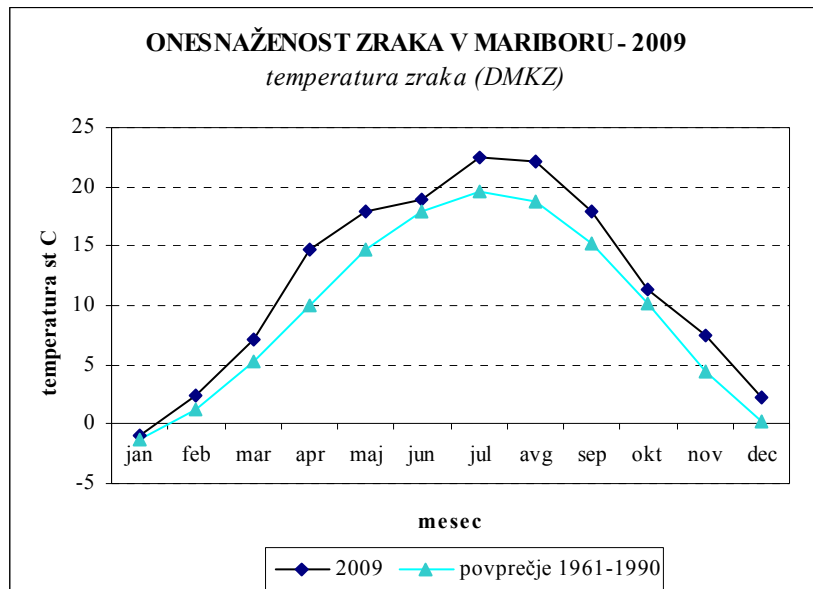
Tudi meritve temperature potekajo že precej dolgo, tako da lahko opazujemo letne trende. Na sliki 6.42 prikazujemo srednjo letno temperaturo zraka ter temperaturo v zimskem in poletnem času v letih 1997–2009. Podatki so iz merilnega mesta Center.



Slika 6.42: Temperatura zraka 1997-2009, merilno mesto Center

Srednja letna temperatura zraka je bila leta 2009 med višjimi v obravnavanem merilnem obdobju, temperatura v poletnem času nadpovprečna, v zimskem času pa povprečna. Zviševanje temperature zraka je opazno za vsa tri prikazana časovna obdobja.

Odstopanje srednje mesečne vrednosti od dolgoletnega povprečja v klimatskem obdobju 1961–1990 je prikazano na sliki 6.43.

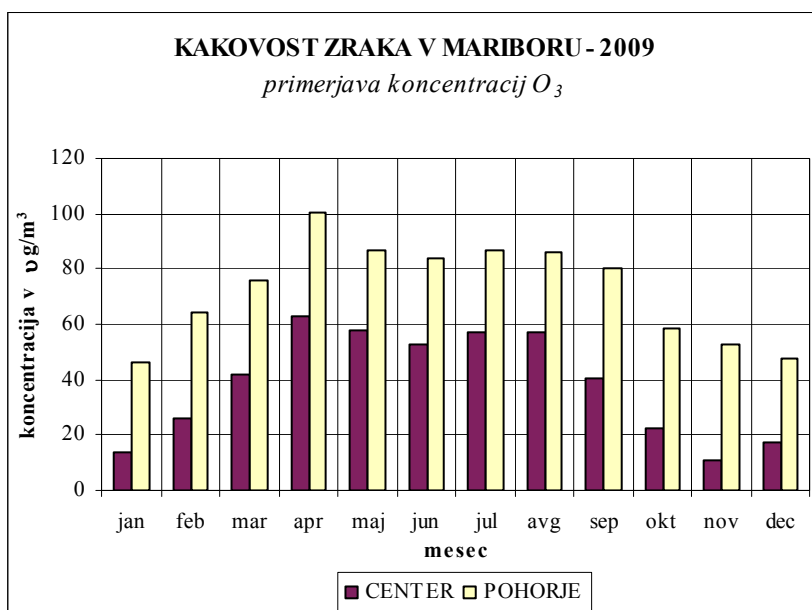


**Slika 6.43:** Odstopanje mesečne temperature zraka v letu 2009 od povprečja 1961-1990, *merilno mesto Center*

Srednja letna temperatura zraka v letu 2009 je bila za 3,1 °C višja kot v dolgoletnem povprečju 1961–1990, glede na povprečje v obdobju 1998-2008 pa je bilo leto 2009 toplejše za 0,6 °C.

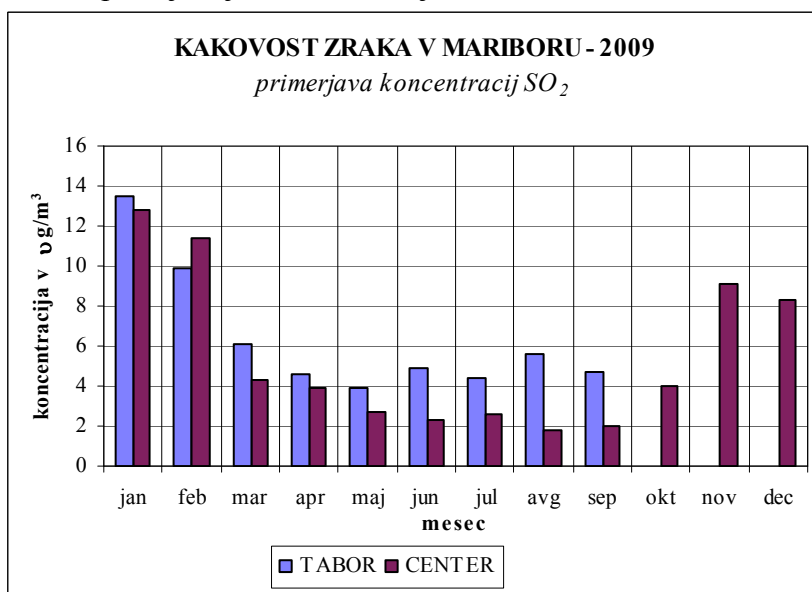
#### 6.4 PRIMERJAVA MED MERILNIMI MESTI V LETU 2009

Meritve kakovosti zraka potekajo v okviru državne merilne mreže v Centru in v okviru mestne merilne mreže na merilnem mestu Tabor, ozon se dodatno ugotavlja še na Pohorju, delci PM<sub>2,5</sub> pa na Vrbanski. V letu 2009 ne moremo primerjati rezultatov meritev ozona iz vseh treh merilnih mest, saj na Taboru meritve niso bile ustrezne, za ostali onesnaževali žveplov dioksid in dušikov dioksid s Tabora pa je primerjava nepopolna, saj so se meritve zaključile z mesecem septembrom. Srednje letne in najvišje izmerjene kratkotrajne vrednosti v primerjavi z normativnimi vrednostmi za obe merilni mreži so v poglavju 5, v nadaljevanju prikazujemo primerjavo potekov srednjih mesečnih vrednosti: na slikah 6.44 za O<sub>3</sub>, 6.45 za SO<sub>2</sub>, 6.46 za NO<sub>2</sub>, 6.47 (tudi na sliki 6.12) za delce PM<sub>10</sub>, 6.48 (tudi na sliki 6.13) za delce PM<sub>2,5</sub>, 6.49 za svinec in slika 6.50 benzo(a)piren v delcih PM<sub>10</sub>.



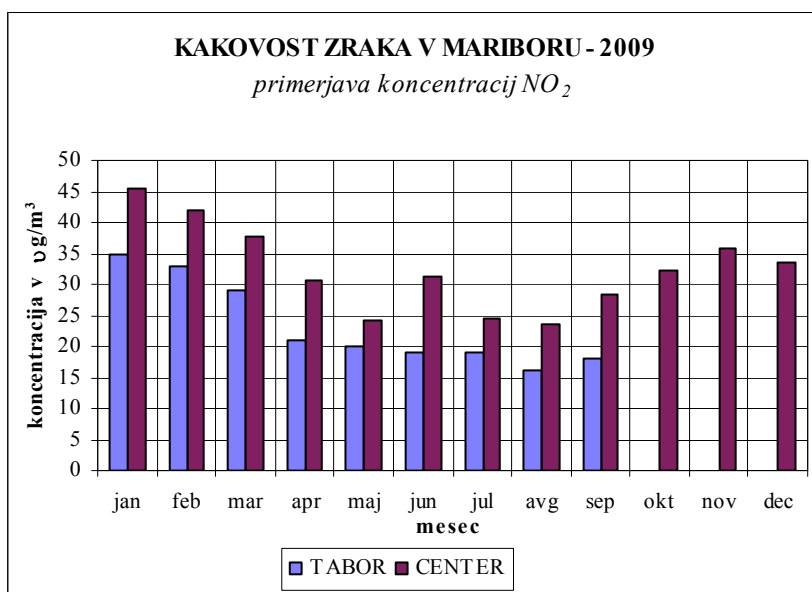
Slika 6.44: Vsebnosti  $O_3$ , merilni mesti Center in Pohorje

Mesečna poteka ozona za obe merilni mesti kažeta podobne osnovne značilnosti z najvišjimi vrednostmi v aprilu in glavnih poletnih mesecih (julij in avgust). Kot je bilo že navedeno, so koncentracije v Centru precej nižje kot na Pohorju.



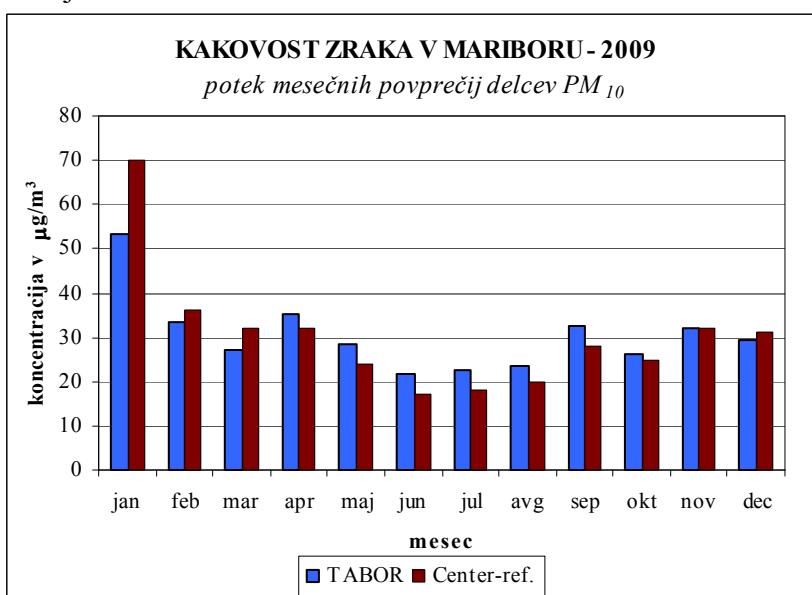
Slika 6.45: Vsebnosti  $SO_2$ , merilni mesti Center in Tabor

Mesečna poteka žveplovega dioksida za obe merilni mesti kažeta podobne osnovne značilnosti z najvišjimi vrednostmi v času kurilne sezone. Kot je bilo že navedeno, so koncentracije v Centru višje kot na Taboru.



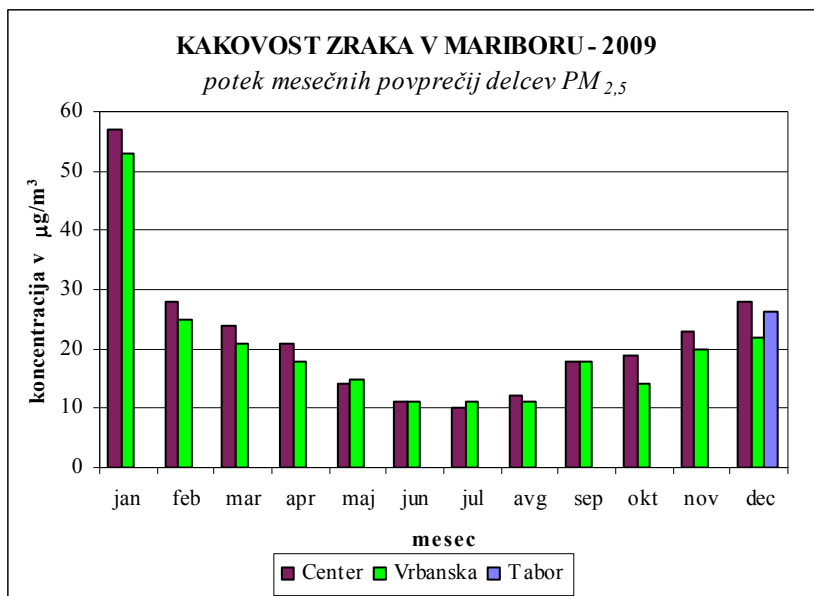
Slika 6.46: Vsebnosti NO<sub>2</sub>, merilni mesti Center in Tabor

Tudi mesečna poteka dušikovega dioksida kažeta podobne osnovne značilnosti z relativno nizkimi vrednostmi v poletnem času in najvišjimi v času najnižjih zunanjih temperatur. Koncentracije so nižje na Taboru.



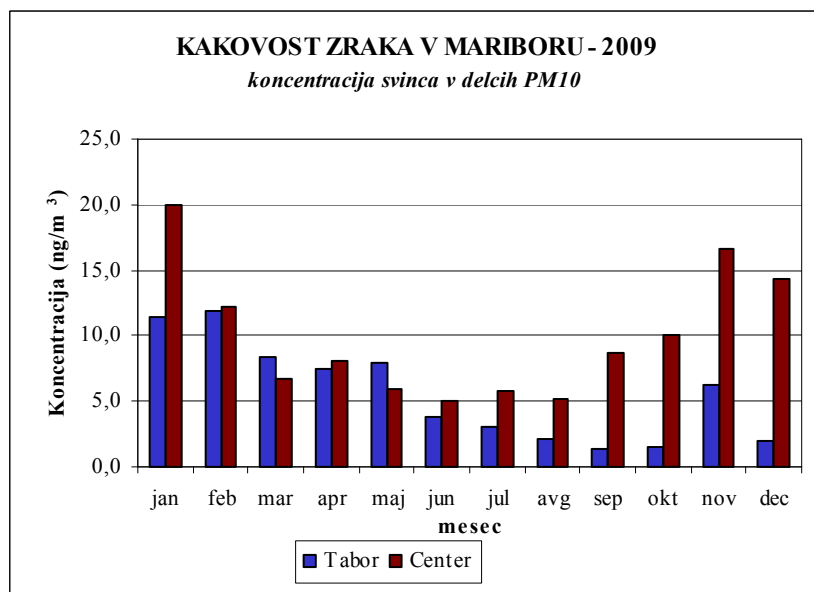
Slika 6.47: Kakovosti zraka z delci PM<sub>10</sub>, merilni mesti Center in Tabor

Iz slike izhaja, da sta v povprečju Center in Tabor enako obremenjena z delci PM<sub>10</sub>, v poletnem času Tabor nekoliko bolj kot Center, v zimskem pa Center bolj kot Tabor.



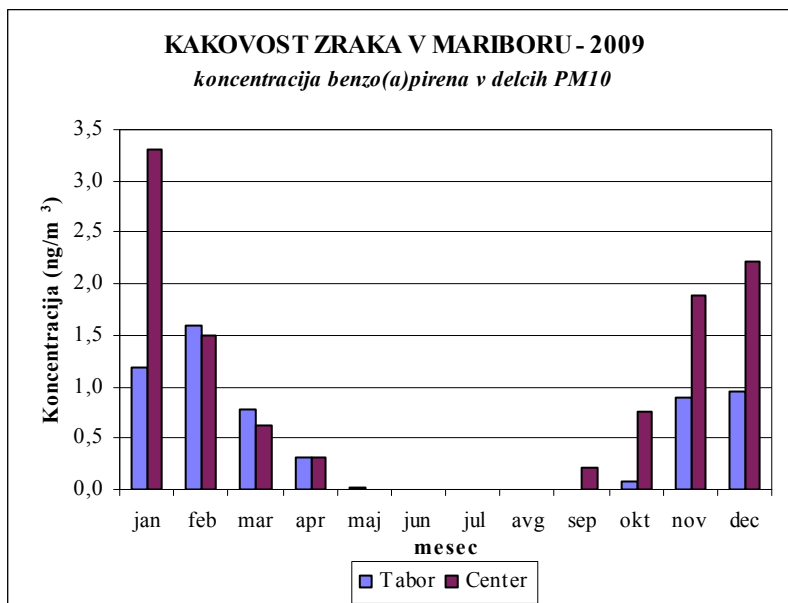
Slika 6.48: Kakovosti zraka z delci PM<sub>2,5</sub>, merilna mesta Center, Vrbanska in Tabor

Center je bolj obremenjen z delci PM<sub>2,5</sub> kot Vrbanska, Tabor pa je nekje vmes. V poletnem času pa so bile koncentracije na Vrbanski nekoliko višje kot v Centru.



Slika 6.49: Kakovosti zraka s svincom v delcih PM<sub>10</sub>, merilni mesti Center in Tabor

Razlike v koncentracijah svinca v delcih se pojavljajo, tako da ga je v povprečju več v Centru, enako velja za kadmij.



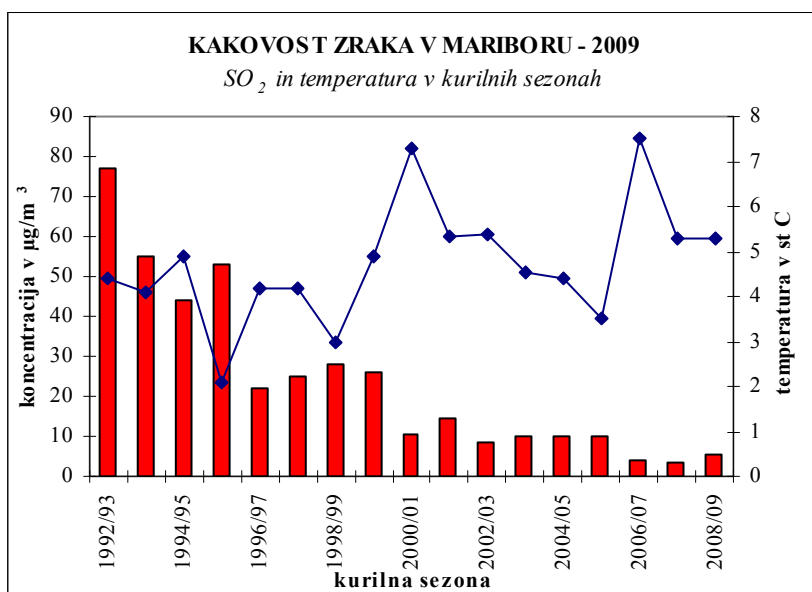
**Slika 6.50:** Kakovosti zraka z benzo(a)pirenom v delcih PM<sub>10</sub>, merilni mesti Center in Tabor

Center je bistveno bolj obremenjen z benzo(a)pirenom v delcih PM<sub>10</sub> v zimskem času in enako v poletnem času.

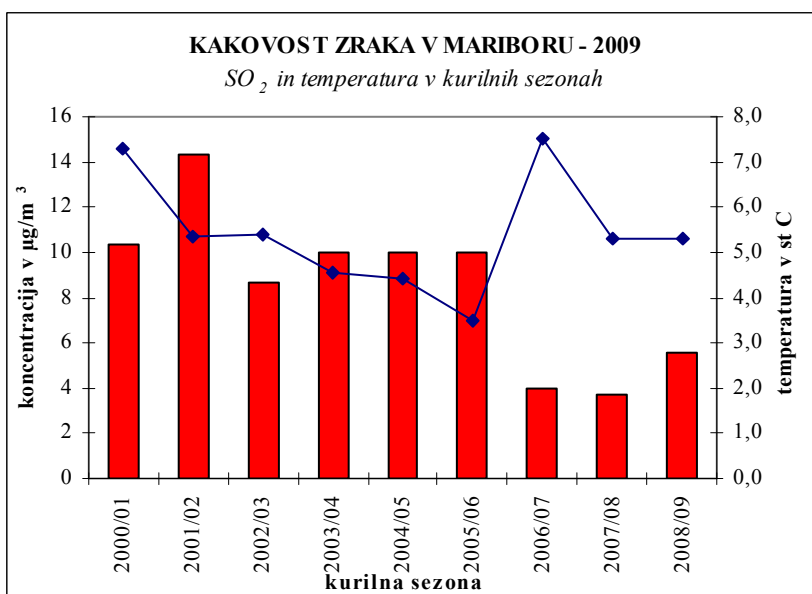
## 6.5 ODVISNOST KAKOVOSTI ZRAKA OD TEMPERATURE

Koncentracije nekaterih onesnaževal že na prvi pogled kažejo odvisnost od zunanje temperature zraka. Zato v nadaljevanju prikazujemo slike, ki to domnevo potrjujejo. Povezava srednje temperature zraka in srednjih koncentracij SO<sub>2</sub> v zimskem času 1992/93-2008/09 so na sliki 6.51, v zimskem času 2000/01-2008/09 pa na sliki 6.52. Srednje koncentracije O<sub>3</sub> v poletnem času od 1997-2009 v povezavi s srednjo temperaturo zraka so na sliki 6.53, srednje letne koncentracije delcev PM<sub>10</sub> v obdobju 2001-2009 in temperatura za isto obdobje, oboje za merilno mesto Center, pa na sliki 6.54.

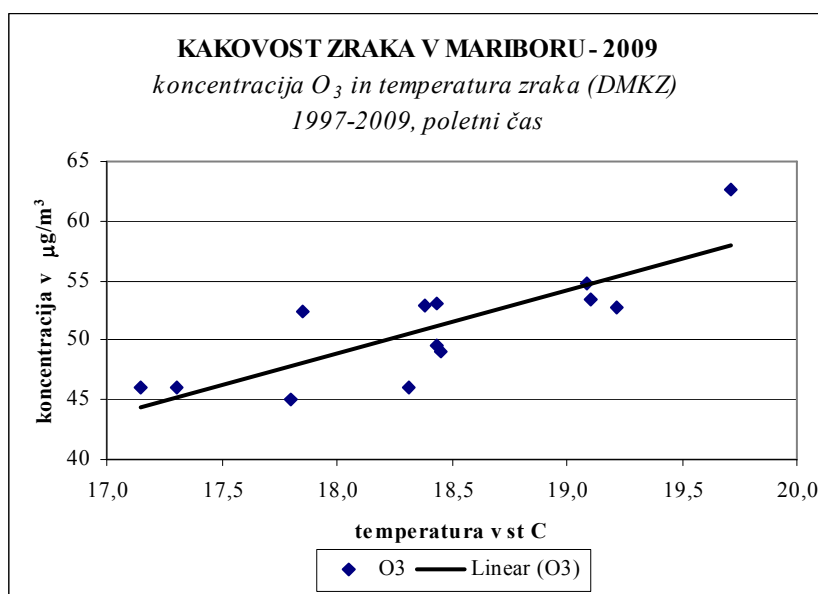




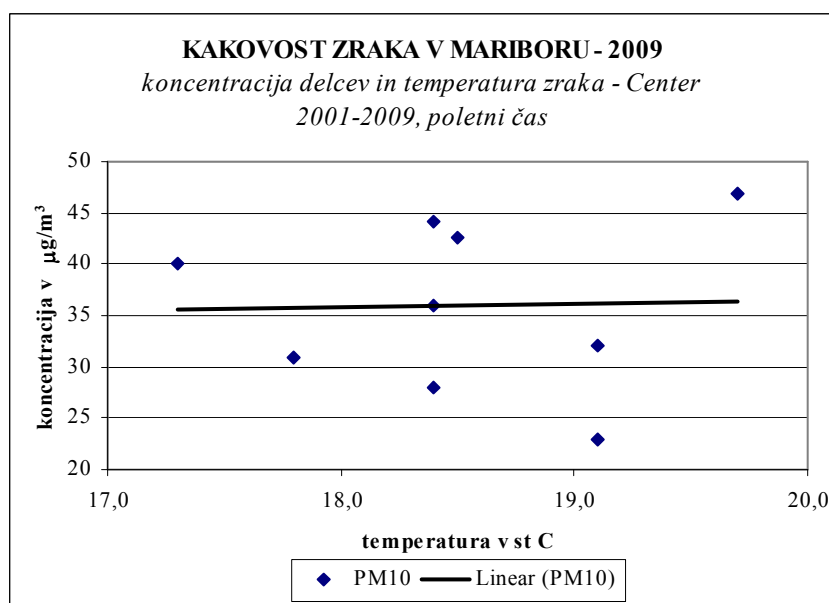
Slika 6.51: Temperatura zraka in koncentracije SO<sub>2</sub> v zimskem času 1992-2009, merilno mesto Center



Slika 6.52: Temperatura zraka in koncentracije SO<sub>2</sub> v zimskem času 2000-2009, merilno mesto Center



**Slika 6.53:** Temperatura zraka in koncentracije O<sub>3</sub> v poletnem času 1997-2009, *merilno mesto Center*



**Slika 6.54:** Temperatura zraka in koncentracije PM<sub>10</sub> v letih 2001-2009-poletni čas, *merilno mesto Center*

Iz prvih dveh slik izhaja, da višja temperatura zraka v zimskem času pomeni nižjo koncentracijo žveplovega dioksida, kar je seveda povezano z intenziteto ogrevanja objektov. Iz trendne črte, ki predstavlja povezavo srednjih koncentracij O<sub>3</sub> v poletnem času s srednjo temperaturo zraka, je razvidno, da je bila ob toplejših poletjih vsebnost ozona v zraku precej višja. Pri delcih PM<sub>10</sub> se odvisnost ne kaže očitno, saj so povprečne koncentracije delcev neodvisne od temperature. V zimskem času pa nižje temperature pomenijo višje koncentracije delcev.

## 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 iz priloge 3 krovne uredbe 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 uredbami A, B, C in D.

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 uspeli 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. Meritve kakovosti zraka v Mariboru so glede ekoloških parametrov v letu 2009 dale sledeče rezultate.

Koncentracije **žveplovega dioksida** so bile kot že leta poprej ustrezne. Najvišja urna vrednost v Centru je bila  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mejna urna vrednost po slovenski zakonodaji  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), najvišja dnevna vrednost pa  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mejna dnevna vrednost po slovenski zakonodaji  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , smernica WHO  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3 /15/$ ). Vrednosti so bile višje v zimskem času. Podobno je stanje tudi na Taboru z le nekoliko višjimi vrednostmi.

Kot glavne vire žveplovega dioksida v ozračju lahko opredelimo kurilne naprave in promet, svoj delež prispeva tudi industrija.

Podatki o akutnih učinkih izpostavljenosti visokim koncentracijam žveplovega dioksida prihajajo predvsem iz kontroliranih študij na prostovoljcih. Te študije so pokazale spremembe kazalcev pljučne funkcije, zlasti padec  $\text{FEV}_1$  in porast specifične upornosti dihalnih poti, kakor tudi pojav simptomov, kot je kratka sapa. Najbolj občutljiva skupina so astmatiki. Težave nastopijo že po kratkotrajni (nekajminutni) izpostavljenosti, prej pri fizični aktivnosti. WHO smernica za kratkotrajno (10-minutno) izpostavljenost je  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ne obstaja jasno določena varna mejna vrednost, vendar je študija z astmatiki, ki so telovadili v posebnih komorah s kontroliranimi koncentracijami žveplovega dioksida, pokazala, da urne vrednosti žveplovega dioksida  $572 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ne povzročajo klinično zaznavnih škodljivih učinkov na dihalno funkcijo, zato pri izmerjenih urnih vrednostih do  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ne pričakujemo akutnih škodljivih učinkov žveplovega dioksida pri izpostavljenih prebivalcih.

Podatki o škodljivih učinkih žveplovega dioksida pri subakutni in kronični izpostavljenosti zraku, onesnaženemu z žveplovim dioksidom, izhajajo predvsem iz epidemioloških študij, kjer so bili skupaj opazovani učinki žveplovega dioksida, delcev  $\text{PM}_{10}$  in drugih onesnaževal. Študije so pokazale povezavo med koncentracijami žveplovega dioksida v zraku in splošno, kardiovaskularno in respiratorno umrljivostjo ter nujnimi sprejemi v bolnišnico zaradi kronične obstruktivne pljučne bolezni in drugih respiratornih obolenj. Na podlagi novejših študij, ki obravnavajo učinke žveplovega dioksida ločeno, je WHO leta 2005 kot mejno 24-urno vrednost za škodljive efekte na zdravje človeka predlagala  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , zato je pri izmerjenih 24 -

urnih vrednostih do  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verjetnost pojava subakutnih ali kroničnih učinkov žveplovega dioksida pri izpostavljenih prebivalcih, razen pri najbolj občutljivih skupinah, majhna.

Povprečna letna koncentracija **dušikovih oksidov** v Centru je bila  $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , z 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 ne predpisuje mejnih vrednosti za  $\text{NO}_x$ , zato ni mogoče ocenjevati zdravstvene škodljivosti.

Izmerjene so bile tudi koncentracije **dušikovega dioksida**. Najvišja urna koncentracija v Centru je znašala  $182 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mejna urna vrednost po slovenski zakonodaji in tudi smernica 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  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mejna/dopustna letna vrednost po slovenski zakonodaji  $40/42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , smernica WHO je enaka mejni vrednosti  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Na Taboru so bile izmerjene še 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 oksida v zraku so torej posebej občutljivi astmatiki, pri katerih se pri izmerjeni urni vrednosti do  $182 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lahko pojavijo škodljivi učinki na pljučno funkcijo v smislu povečane bronhialne odzivnosti, vendar so malo verjetni.

Koncentracije **ozona** so bile merjene na merilnih mestih Center in Pohorje. Najvišja 8 – urna koncentracija je bila v Centru  $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , na Pohorju pa  $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ciljna 8 – urna vrednost po slovenski zakonodaji  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , smernica WHO – 8-urno povprečje je  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vrednosti so bile občutno višje v poletnem kot v zimskem času. Ciljna 8 – urna koncentracija ozona je bila na merilnem mestu Center presežene v štirih dneh, na Pohorju pa 19 dni, kar je oboje manj od dovoljenih 25 preseganj v koledarskem letu.

Toksičnost ozona se povečuje z višanjem koncentracije, s podaljševanjem časa izpostavljenosti in s 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 Pohorju.

Koncentracije **delcev  $\text{PM}_{10}$**  so bile relativno visoke. Srednji letni koncentraciji v Centru in na Taboru sta bili pod mejno letno vrednostjo  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vendar nad priporočeno letno vrednostjo WHO  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Najvišja izmerjena povprečna dnevna koncentracija je bila  $149 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Center)

oziroma  $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Tabor) (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 35, na Taboru pa 24, kar ni nad dovoljenim številom preseganj v koledarskem letu. Večina preseganj se je zgodila v zimskem času.

Škodljivi učinki visokih koncentracij delcev  $\text{PM}_{10}$  na zdravje človeka se pojavljajo že pri koncentracijah, ki jim je izpostavljena populacija v mestih, tako v razvitih, kakor tudi v nerazvitih 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  $\text{PM}_{10}$ , 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  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$  ter potrebo po uporabi bronhodilatatorjev, pogostnostjo kašlja, simptomi prizadetosti spodnjega dela respiratornega trakta, hospitalizacijami zaradi respiratornih težav in povečano mortaliteto. Dve kohortni študiji, opravljeni v ZDA, kažeta na skrajšanje pričakovane življenjske dobe za več kot eno leto v okolju z visokimi koncentracijami delcev  $\text{PM}_{10}$ , glede na okolje z nizkimi koncentracijami delcev  $\text{PM}_{10}$ . Pri izmerjenih najvišjih povprečnih dnevni koncentracijah delcev  $\text{PM}_{10}$  lahko pričakujemo pojav škodljivih učinkov delcev  $\text{PM}_{10}$  na zdravje izpostavljenih prebivalcev, zlasti prizadetost respiratornega trakta, pri čemer so bolj dovzetni starejši, otroci in bolniki s predhodnimi pljučnimi obolenji.

Podobne ugotovitve kot za delce  $\text{PM}_{10}$  veljajo tudi za **delce  $\text{PM}_{2,5}$** . Slednji delci so še bolj škodljivi za zdravje ljudi, saj med drugim prodrejo globlje v respiratorni sistem. Priporočilo WHO je  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  kot srednja letna vrednost in je strožje kot je ciljna letna vrednost EU ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). V Mariboru so bile na vseh merilnih mestih povprečja nad priporočilom WHO in pod ciljno vrednostjo EU. WHO pa postavlja tudi kratkotrajno (dnevno) vrednost, ki je  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ki je bila kar pogosto presežena.

V dnevni vzorci delcev  $\text{PM}_{10}$  iz Centra so se ugotovljale koncentracije **težkih kovin** (svinec, kadmij, arzen, nikelj) ter **vsebnost benzo(a)pirena**. Ciljna letna vrednost ni bila presežena za nobeno od kovin in za benzo(a)piren, zato ne pričakujemo škodljivih učinkov teh snovi na zdravje izpostavljenih prebivalcev.

Izmerjene koncentracije **ogljikovega monoksida** na merilni postaji Center so bile nizke. Najvišja 8-urna koncentracija je bila  $2,3 \text{ mg}/\text{m}^3$  (mejna 8-urna vrednost po slovenski zakonodaji in WHO  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ ). Glede na izmerjene najvišje 8-urne koncentracije ne pričakujemo škodljivih učinkov ogljikovega monoksida na izpostavljene prebivalce.

Povprečna letna koncentracija **benzena** je dosegla  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (mejna/dopustna letna vrednost po slovenski zakonodaji  $5,0/5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

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  $120 \text{ mg/m}^3$ . Pri koncentracijah pod  $32 \text{ mg/m}^3$  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  $4 - 7 \text{ mg/m}^3$ . 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 epiteličnih 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 2009 potekale v okviru rednih pogodbenih obveznosti z mestno občino Maribor v mestni merilni mreži. Program je obsegal tudi meritve izven območja mestne občine na podlagi pogodb z občinama Hoče-Slivnica in Miklavž na Dravskem polju. Poročilo enakovredno vključuje rezultate meritev kakovosti zraka iz državne merilne mreže (DMKZ), ki jo vodi Agencija RS za okolje iz Ljubljane, čeprav bodo ti rezultati objavljeni tudi v njihovem rednem letnem poročilu. Obseg del, metodologija meritev in uporabljena merilna oprema so že daljše obdobje ustaljeni. V meritve v obeh mrežah so bila vključena naslednja onesnaževala: žveplov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$  in  $\text{NO}_2$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), delci ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ), ogljikov monoksid ( $\text{CO}$ ), benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) ter težke kovine (Pb, Cd, Ni, As) in benzo(a)piren v delcih  $\text{PM}_{10}$ . Dodatno so obsegale še meritve prašnih usedlin (PU) in težkih kovin (TK v PU) v njih, ki služijo predvsem za ugotavljanje prostorske razporeditve kakovosti zraka, ter temperature zraka.

Meritve v državni merilni mreži so potekale na merilnem mestu Center in Vrbanska, v mestni merilni mreži pa na Taboru, na Pohorju ter na petih lokacijah za ugotavljanje prašnih usedlin in kovin v njih (Tabor, Skoke, Vrbanska, Laznica in Tezno). Obseg meritev se glede na pretekla leta ni bistveno spreminjal, dodatno so se ugotavljali delci  $\text{PM}_{2,5}$  na Vrbanski, na vzorcih teh delcev iz Centra in Vrbanske pa so bile narejene tudi analize na težke kovine in benzo(a)piren. Za večino merjenih onesnaževal je bilo na voljo ustrezno število podatkov, le meritve  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  in  $\text{O}_3$  na Taboru so zaradi težav z merilnikom potekale samo do meseca septembra, pa še rezultati za ozon so preveč nepopolni, zato jih ne navajamo. Rezultati meritev delcev  $\text{PM}_{10}$  so v skladu z navodilom ARSO /12/ na Taboru pomnoženi s faktorjem 1,3, v Centru pa s faktorjem 1,0, saj je uporabljena referenčna merilna metoda. Rezultatov meritev delcev  $\text{PM}_{10}$  z nereferenčno metodo v Centru ne navajamo, saj je ARSO naknadno ugotovil, da meritve niso bile popolnoma ustrezne. Vsi rezultati meritev v tem poročilu so ponovno preverjeni, so uradni rezultati za leto 2009 in nadomeščajo vse rezultate iz mesečnih poročil. Rezultate iz državne merilne mreže so posredovali iz Agencije RS za okolje, kjer so jih tudi obdelali.

Zakonski okvir se v letu 2009 ni spremenil, le Odlok o varstvu zraka na območju Mestne občine Maribor je prenehal veljati. V letu 2008 je bila sprejeta Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanje zraka in čistejšem zraku za Evropo /16/. Ta predpisuje letno ciljno vrednost za  $\text{PM}_{2,5}$ , ki je  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , medtem ko mejnih vrednosti za ostala onesnaževala ne spreminja. V slovensko zakonodajo direktiva še ni bila privzeta.

Kakovost zraka z **žveplovim dioksidom**, merjena na merilnih mestih Center in Tabor, je bila kot že leta prej ustrezna. Preseganj mejnih dnevne in urne vrednosti ter opozorilne in alarmne vrednosti v tem letu ni bilo. Dnevni hod ni več izrazit, nekoliko izstopa le dopoldanska konica v zimskem času. Koncentracije so v zimskem času nekoliko višje kot v poletnem, ko so blizu spodnje meje določljivosti merilne opreme. Razlike med Centrom in Taborom niso pomembne. Koncentracije v zadnjih 10 letih so pod letno mejno vrednostjo, pa tudi prekoračitve mejne urne in dnevne vrednosti se že dolgo ne pojavljajo več. Viri žveplovega dioksida v zunanjem zraku so kurišča, aktivna v glavnem v zimskem času, ter promet in industrija. Na koncentracije vpliva tudi zunanja temperatura zraka, saj je z njo povezana intenziteta ogrevanja. Nizke koncentracije žveplovega dioksida v zadnjih letih so posledica intenzivne spremembe goriv

oziroma načina ogrevanja: predpisi o kakovosti goriv zahtevajo uporabo vedno čistejših goriv, plinifikacija in toplifikacija pa sta bistveno spremenili energetska strukturo mesta v korist ekološko sprejemljivejših goriv.

Meritve koncentracij **dušikovega dioksida** so potekale na merilnih mestih Center in Tabor. Srednja letna vrednost ni presegla mejne letne vrednosti na nobenem merilnem mestu, koncentracije so bile nižje na Taboru. 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 dušikovega dioksida kaže vrh v jutranjem času, kot posledica večje aktivnosti virov, kateremu sledi rahlo znižanje takoj po sončnem vzhodu zaradi sodelovanja pri tvorbi ozona, preko dneva so koncentracije bolj ali manj enake, saj sta nastanek in razpad ozona blizu ravnovesja, v večernem času se pojavi drugi, intenzivnejši vrh, ki je posledica ponovnega delovanja virov in prenehanja fotokemijskih procesov v atmosferi. Srednja letna koncentracija dušikovega dioksida je bila v Centru in na Taboru med najnižjimi doslej, glede na potek srednjih letnih vrednosti od leta 1992 lahko še vedno govorimo o trendu upadanja na obeh merilnih mestih.

Srednja letna koncentracija **skupnih dušikovih oksidov** v Centru je nad mejno letno vrednostjo za varstvo rastlin v naravnem okolju in na ravni vrednosti v preteklih letih. Trend letnih koncentracij v dosedanjem obdobju meritev ne kaže bistvenih sprememb glede na pretekla leta. Dnevni hod koncentracij skupnih dušikovih oksidov je zelo 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 v poletnem.

Meritve vsebnosti **ozona** v zraku potekajo na dveh merilnih mestih: v središču mesta (Center), in na višji legi (Pohorje). Z uveljavitvijo uredbe C je za varovanje zdravja ljudi določena le ciljna 8-urna vrednost, ki je bila v Centru presežena v štirih dneh, na Pohorju pa 19 dneh, oboje manj 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 v Centru.

Parameter AOT40 je merilo za ogroženost rastlin zaradi vsebnosti ozona v zunanjem zraku. Povprečje zadnjih petih let v Centru ne presega ciljne vrednosti, na Pohorju pa je nad njo.

Vsebnost ozona je občutno višja v pomladnem in poletnem času zaradi močnejšega sončnega obsevanja, ki je sploh potrebno za njegov nastanek, kar je značilno za obe merilni mesti. Dnevni hod ozona kaže najvišje vrednosti v popoldanskem času, ko zaradi prisotnosti intenzivne sončne svetlobe in predhodnikov (to je onesnaževal, ki pripomorejo k nastanku ozona: dušikovih oksidov in lahkih organskih spojin - VOC) prihaja do nastajanja viška ozona in ostalih fotokemijskih oksidantov. V nočnem času so koncentracije ozona zaradi reakcije z dušikovim oksidom (razpad ozona) na ravni naravnega ozadja. Z  $\text{NO}_x$  in VOC obremenjen zrak je bolj prisoten v mestnem središču kot na obrobju, vendar ga veter odnaša tudi izven območij nastanka. Fotokemijske reakcije, ki povzročijo presežek ozona, potekajo tudi še nekaj ur po emitiranju iz virov. To pomeni, da ozon 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 v Centru kažejo majhne spremembe srednjih letnih in sezonskih vrednosti, tako da težko govorimo o očitnih trendih vsebnosti ozona v zraku, kar velja za obe merilni mesti. Medtem pa na Pohorju opažamo nekoliko nižje koncentracije z vedno manj prekoračitvami ciljne 8-urne vrednosti. Zniževanje je spodbudno tudi zaradi dejstva, da je bila srednja temperatura zrak v preteklem letu nad dolgoletnim povprečjem

Koncentracije **delcev PM<sub>10</sub>** so bile merjene v Centru in na Taboru, na obeh mestih z referenčno in nereferenčno merilno metodo. Nereferenčna metoda je kontinuirna, kar pomeni, da so rezultati na voljo stalno in takoj, 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 Tabor, dobljeni z nereferenčno metodo. Srednja letna vrednost je na obeh mestih praktično enaka in pod mejno letno vrednostjo. Preseganj mejne dnevne vrednosti je bilo 35 v Centru in 24 na Taboru, kar je manj od dovoljenih 35 preseganj v koledarskem letu. Večina preseganj se je zgodila v zimskem času, še posebej izstopa mesec januar z več kot polovico vseh prekoračitev. Koncentracije so pozimi precej višje kot poleti. V poletnem času so razlike med Centrom in ostalimi merilnimi mesti manj očitne. Dnevni hod na Taboru ima dve konici (jutranjo in večerno), od katerih je v zimskem času višja večerna, v poletnem pa jutranja. Na koncentracije delcev PM<sub>10</sub> v zraku vplivajo razen vplivnih virov (kurišča, promet in industrija) tudi širše vremenske razmere ter daljinski transport onesnaženega zraka. Dolgoročni trendi so v Centru in na Taboru usmerjeni navzdol, saj so bile v letu 2009 izmerjene doslej najnižje koncentracije z najmanj prekoračitvami, kar velja za obe merilni mesti.

Kakovosti zraka z **delci PM<sub>2,5</sub>** se je ugotavljala v Centru, na Vrbanski in krajši čas na Taboru. Rezultati sledijo zakonitostim, opisanim pri delcih PM<sub>10</sub>. Srednja letna vrednost je bila na obeh mestih pod ciljno vrednostjo iz direktive EU in v Centru najnižja doslej. Najvišje koncentracije so v Centru, sledi Tabor in najnižje na Vrbanski, ki je okarakterizirana kot mestno ozadje.

Koncentracije težkih kovin (**svinca, kadmija, arzena in niklja**) so se ugotavljale v dnevnikih vzorcih delcev PM<sub>10</sub> iz Centra in Tabora ter delcev PM<sub>2,5</sub> iz Centra in Vrbanske. Izmerjene so bile zelo nizke koncentracije vseh štirih kovin, tako da ciljna letna vrednost za posamezno kovino v delcih PM<sub>10</sub> ni bila presežena. Onesnaženost je nekoliko večja v Centru kot na Taboru, kar je bilo bolj očitno v drugi polovici leta. Mesečni hodi kažejo višje vrednosti v zimskem času, kar pa ni stalno pravilo. Že precej časa so koncentracije kovin v delcih pod ciljnim letnimi vrednostmi. Kovin je več v delcih PM<sub>10</sub> kot PM<sub>2,5</sub>, le pri kadmiju je vsebnost praktično enaka. Vrbanska je manj onesnažena tudi s kovinami, enako kot pri delcih.

Vsebnost **benzo(a)pirena** v delcih PM<sub>10</sub> je bila v Centru in na Taboru pod ciljno vrednostjo. 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 Taboru nakazujejo tudi na pomemben prispevek prometa. Dolgoletni potek kaže na bistveno zniževanje vsebnosti tega onesnaževala v zunanjem zraku.

Delci v zraku se ugotavljajo tudi kot **prašne usedline**, ki predstavljajo večjo velikostno frakcijo kot delci PM<sub>10</sub> ali PM<sub>2,5</sub>. Letno povprečje je bilo na vsakem od petih merilnih mest

pod referenčno letno vrednostjo. Referenčna mesečna koncentracija ni bila nikoli presežena. Najvišje koncentracije so bile izmerjene na Vrbanski, sledijo Laznica, Skoke in Tabor, medtem ko so bile najvišje na Teznu. Prašnih usedlin je v splošnem več v poletnem kot v zimskem času. Najvišje so bile julija, maja in junija. Glede na pretekla leta so bile v letu 2009 izmerjene nizke vrednosti, na Vrbanski, v Laznici in na Skokah celo najnižje doslej, za vsa merilna mesta je opazno dolgoročno izboljšanje stanja.

Vsebnost težkih kovin **svinec, kadmij in cink** v prašnih usedlinah nikjer ni bila čezmerna. V primerjavi s preteklimi leti so bile koncentracije vseh treh kovin v letu 2009 najnižje doslej (svinec in kadmij) oziroma med najnižjimi (cink). Dolgoročni trend kaže občutno zniževanje vsebnosti kovin v prašnih usedlinah. Koncentracije so v poletnem času višje kot v zimskem, pri kadmiju bolj, pri svincu in cinku pa manj izrazito. Od povprečja še vedno nekoliko izstopajo koncentracije kadmija na merilnem mestu Vrbanska.

Iz vseh rezultatov meritev prašnih delcev vseh velikostnih frakcij, benzo(a)pirena in težkih kovin v delcih je težko sklepati na vplivne vire; lahko so to sicer kurišča (koncentracije delcev PM<sub>10</sub>, kovin in PAO so v zimskem času višje kot poleti), promet (dnevni hod ima dva, s prometnimi konicami povezana vrhova), industrijski viri, gradbene dejavnosti (višje vrednosti prašnih usedlin v poletnem času) ter so lokalnega značaja (na primer delo na vrtu – višje vrednosti prašnih usedlin v poletnem času). 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. Povezava vsebnosti delcev z vremenskimi razmerami ne kaže, da bi bile koncentracije bistveno višje ob toplejših poletjih.

Za zagotavljanje boljše zdravstvene zaščite prebivalstva pred škodljivim delovanjem delcev iz zraka si je potrebno prizadevati še večje znižanje koncentracij delcev.

**Ogljikov monoksid**, merjen v Centru, ne predstavlja pomembnega onesnaževala, saj nobena izmerjena 8-urna vrednost ni presegala mejne vrednosti. Dnevni hod je podoben hodu delcev PM<sub>10</sub> z dvema konicama (jutranjo in večerno). Tega onesnaževala je bistveno več v zraku v zimskem kot v poletnem času, kar lahko pripišemo kuriščem in drugačnih zgorevalnim razmeram v vozilih. Koncentracije so bile najnižje v dosedanem merilnem obdobju, trend zniževanja vsebnosti CO je opazen, vendar v zadnjih letih ne več tako očitno.

Meritve vsebnosti **benzena** v zraku v Centru so pokazale, da mejna in dopustna letna vrednost nista bili preseženi. Dnevni hod je enak hodom ostalih onesnaževal, značilnih za promet in kurišča. Kažejo se v povprečju bistveno višje vrednosti v zimskem kot v poletnem času. Opredelitve glavnih virov tega onesnaževala samo iz rezultatov meritev ni mogoča. V letu 2009 so bile izmerjene najnižje koncentracije benzena doslej, tako kot celoletno povprečje kot tudi povprečje samo v zimskem času.

**Temperatura zraka** je lahko pokazatelj širših vremenskih dogajanj, ki vplivajo na kakovost zunanjega zraka, zato jo v poročilu tudi vedno navajamo. Za leto 2009 so bili značilni precej toplejši pomladni in poletni meseci (april, maj, julij in avgust), pa tudi v vseh ostalih mesecih so bile temperature zraka nad ravnijo dolgoletnega povprečja 1961-1990. Srednja letna temperatura v letu 2009 je bila od tega povprečja višja kar za 3,1 °C. Primerjava s povprečjem v letih 1998-2008 kaže, da je bilo leto 2009 za 0,6 °C toplejše.

Vlada je izdala leta 2003 **Sklep o določitvi območij in stopnji onesnaženosti zaradi žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, delcev, svinca, benzena, ogljikovega monoksida in ozona v zunanjem zraku**, Uradni list RS št. 72/2003, v katerem je odločila, da je območje mestne občine Maribor (SI M) poselitveno območje. Okoliške občine, med katerimi sta tudi občini Hoče – Slivnica in Miklavž na Dravskem polju, pa je razvrstila v območje Pomurja in Podravja (SI 1). Ta sklep določa tudi stopnje onesnaženosti zraka: tako SI M kot SI 1 spadata v II. stopnjo onesnaženosti zraka, kjer je raven onesnaženosti enega ali več onesnaževal višja od predpisane mejne vrednosti in nižja od vsote mejne vrednosti in vrednosti sprejemljivega preseganja (dopustne vrednosti). Ta razvrstitev je temeljila na čezmerni vsebnosti ozona, dušikovega dioksida in delcev PM<sub>10</sub>. Tudi študija Predhodna ocena onesnaženosti zraka /13/, izdelana v letu 2004 na podlagi izvedenih meritev v mestni merilni mreži, je prišla do enakega zaključka.

Glede na v tem poročilo predstavljeno kakovost zraka v letu 2009 smo določili ravni koncentracij onesnaževal in območja meritev uvrstili v eno od treh stopenj onesnaženosti zraka, kot jih določa krovna Uredba o ukrepih za ohranjanje in izboljšanje kakovosti zunanjega zraka. Ravni koncentracij v Sklepu označujemo z:

- 1- presežena mejna vrednost ali vsota mejne vrednosti in dopustnega odstopanja oziroma ciljna vrednost, če gre za ozon, Cd, As, Ni in B(a)P
- 2- med mejno vrednostjo in dopustnim odstopanjem
- 3- med zgornjim pragom za ocenjevanje in mejno vrednostjo, oziroma pod ciljno vrednostjo, če gre za ozon
- 4- med spodnjim in zgornjim pragom ocenjevanja
- 5- pod spodnjim pragom ocenjevanja

Stopnje onesnaženosti so v krovni uredbi in uredbi D definirane na naslednji način:

- I. stopnja: raven onesnaženosti presega vsoto mejne vrednosti in vrednosti sprejemljivega preseganja ali presega mejno vrednost, če sprejemljivo preseganje ni predpisano, oziroma za ozon, Cd, As, Ni in B(a)P, če je presežena ciljna vrednost
- II. stopnja: raven onesnaženosti je višja od mejne vrednosti in nižja od vsote mejne vrednosti in vrednosti sprejemljivega preseganja, oziroma za ozon, če je višja od predpisane dolgoročno naravnane vrednosti in nižja ali enaka ciljni vrednosti, za Cd, As, Ni in B(a)P pa če je nižja od ciljnih vrednosti
- III. stopnja: raven onesnaženosti ne presega mejne vrednosti oziroma za ozon ne presega predpisane dolgoročno naravnane vrednosti.

Uredba D ne določa III. stopnje onesnaženosti zraka za Cd, As, Ni in B(a)P.

Pri določitvi območij smo upoštevali povprečje zadnjih petih let, kjer so bili na voljo dolgoletni rezultati, drugače pa krajša povprečja. Upoštevali smo vsa onesnaževala, ki imajo vpliv na zdravje ljudi, ne glede na to, da Sklep ne obravnava onesnaževal, ki jih regulira uredba D. Prišli smo do naslednjih ravni koncentracij onesnaževal oziroma razvrstitve v stopnje onesnaženosti:

Ravni koncentracij

Območje	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	Pb	O <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	CO	B(a)P	Cd	As	Ni
SI M – Center	5	3	1	5	3	4	5	3	5	5	5
SI M – Tabor	/	/	1	5	/	/	/	3	5	5	5
SI 1 – Pohorje	/	/	/	/	1	/	/	/	/	/	/

## Stopnja onesnaženosti zraka

Območje	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	Pb	O <sub>3</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	CO	B(a)P*	Cd*	As*	Ni*
SI M	III	III	I	III	II	III	III	III	II	II	II
SI M – Tabor	III	III	I	III	/	/	/	III	II	II	II
SI 1 - Pohorje	/	/	/	/	I	/	/	/	/	/	/

\*III. stopnja ni predpisana, tako da je II. stopnja pokazatelj ustrezne kakovosti zraka

Kot vidimo iz zgornje preglednice, je potrebno glede na dokazano škodljivost delcev okoljske naloge usmerjati k reševanju tega problema, čeprav so bile leta 2009 letne koncentracije delcev PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> in benzo(a)pirena v delcih pod normativnimi vrednostmi. Normativni vrednosti za O<sub>3</sub> in B(a)P sta sicer ciljni, kar pomeni, da bosta začeli dejansko veljati šele leta 2010 oziroma 2013. Ne glede na to, je potrebno izvajati ukrepe za izboljšanje in ohranjanje kakovosti zunanjega zraka in zagotoviti, da se obstoječa kakovost zraka z vsemi onesnaževali izboljša oziroma pri onesnaževalih, ki niso več problematična (žveplov dioksid, ogljikov monoksid, težke kovine), ohranja.

Rezultati meritev kakovosti zraka, dolgoletni poteki in trendi koncentracij onesnaževal služijo tudi za ugotavljanje ustreznosti merilne mreže. V skladu z določili krovne uredbe spada mestna občina Maribor med poselitvena območja, za katera so meritve kakovosti zraka obvezne. Nedopustno bi bilo zmanjšanje obsega meritev oziroma celo njihova opustitev iz finančnih ali drugih neracionalnih razlogov. Odločitev o tem mora temeljiti na analizi dolgotrajnih podatkov in določenih veljavne zakonodaje. V tem poročilu objavljamo tudi rezultate meritev delcev PM<sub>2,5</sub> iz državne merilne mreže kakovosti zunanjega zraka, za katere se slovenska zakonodaja šele pripravlja, zaradi škodljivosti delcev pa se tej frakciji daje precejšen pomen. Predstavljen obseg pokriva vsa onesnaževala, za katera se po krovni uredbi nanašajo ukrepi za ohranjanje in izboljšanje kakovosti zraka in imajo mejne ali ciljne vrednosti ter kot tak zagotavlja ustrezen pregled stanja kakovosti zraka.

Ko govorimo o rezultatih meritev kakovosti zraka iz mesta Maribora, s tem mislimo tudi na druga bivalna okolja v naši neposredni bližini. Meritve na različnih merilnih mestih so pokazale zelo podobne rezultate, tako da lahko z gotovostjo trdimo, da z ugotovljeno onesnaženostjo zraka niso obremenjena le merilna mesta, ampak je značilna za širše območje. Tudi primestne občine niso v takšni oddaljenosti od mesta, da bi lahko za njih veljale bistveno drugačne ugotovitve. Seveda obstajajo lokalne razlike zaradi bolj ali manj gostega prometa, večje ali manjše porabe goriv za ogrevanje, gostote poselitve in prisotnosti takšnih ali drugačnih industrijskih virov. Na lokalno 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 kurilne in vozne navade ter s tem spreminjajo onesnaženost zraka. S tem mislimo, da so meritve na območju sosednjih občin upravičene, saj dajo dopolnilni podatek k mestni kakovosti zraka in pregled nad kakovostjo zraka širšega območja. Kljub temu bo potrebno v bližnji prihodnosti izvajati sistematičnejše meritve v drugih predelih mesta in okolici, vključno s primestnimi občinami. Na ta način bomo prišli do prostorske razporeditve onesnaženosti

zraka, ki bo, podkrepjena s katastrofom onesnaževalcev (virov onesnaževanja zraka), podlaga za ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka, ki ga je nujno potrebno doseči pri delcih ( $PM_{10}$  in  $PM_{2,5}$ ), pa tudi pri benzo(a)pirenu v delcih  $PM_{10}$ , dušikovih oksidih, benzenu in ozonu.

V poročilu zelo malo govorimo o virih, ki povzročajo predstavljeno kakovost zraka. Samo na podlagi meritev 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 nalogo bomo skušali izvesti v bližnji prihodnosti, saj smo se (ZZV, MOM in Fakulteta za gradbeništvo) prijavi na razpis v okviru sodelovanja Avstrije in Slovenije, skupaj s Celovcem, avstrijsko Koroško, avstrijsko Štajersko in Tehniško univerzo Gradec.

Agencija RS za okolje je v letu 2007 opravila raziskavo /17/, v kateri so ugotavljali, kateri viri najbolj vplivajo na kakovost zraka z delci  $PM_{10}$ . V Mariboru prispeva k onesnaženosti z delci promet z izpušnimi plini 26 %, resuspenzija (ponovno dvigovanje prahu s tal-cest) 21 %, soljenje cest 11 %, daljinski transport 22 % in ostali viri 20 %. Enako raziskavo so izvedli tudi v Gradcu v sosednji Avstriji /18/. Glavni viri za onesnaženost zraka z delci so v Gradcu promet in kurišča. Pri prometu imajo pomembno vlogo ob emisijah izpušnih plinov tudi dvigovanje prahu s tal (cest) in obraba vozišča ter delov avtomobila (sklopka, zavore), ki je ocenjeno kot kar trikrat pomembnejše, kot se je do sedaj smatralo.

V celoti gledano lahko na osnovi opravljenih meritev kakovosti zraka v Mariboru v letu 2009 ocenimo, da so bile izmerjene le visoke vrednosti delcev  $PM_{10}$ . Petletni povprečni koncentracij delcev  $PM_{10}$  in benzo(a)pirena sta pod mejnimi vrednostmi in nad zgornjim ocenjevalnim pragom, še vedno pa se kaže jasen trend zniževanja koncentracij. Koncentracije dušikovega dioksida so med spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom, tudi tu je trend zniževanja očiten. Ozon na Pohorju občasno presega ciljno 8-urno vrednost, kar pa je posledica značilnosti nastanka in razpada ozona, ne pa lokalne onesnaženosti zraka z njegovimi predhodniki. Na podlagi meritev koncentracij skupnih dušikovih oksidov ni mogoče ocenjevati zdravstvene škodljivosti, saj obstaja le mejna vrednost za zaščito ekosistemov. Zaradi povišanih koncentracij delcev  $PM_{10}$  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 mariborskega 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 mariborskega območja niso izpostavljeni večjemu tveganju za okvare zdravja zaradi onesnaženosti zraka kot ostali prebivalci Slovenije v mestih ali ob prometnih cestah.







V naslednjih letih se glede na dosedanje rezultate meritev lahko v skladu z zahtevami zakonodaje opustijo meritve žveplovega dioksida, ogljikovega monoksida in težkih kovin v delcih  $PM_{10}$ . Ostale meritve in analize, ki zagotavljajo dolgotrajen niz podatkov in njihovo ustrezno kvaliteto, naj se nadaljujejo v nespremenjenem obsegu. Še več, z dodatnimi meritvami bo potrebno poiskati prostorsko porazdelitev kakovosti zraka z najbolj kritičnimi onesnaževali in poiskati ustrezne ukrepe za izboljšanje stanja.

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























Ilustrativen prikaz izmerjenih vrednosti v letu 2009 s primerjavo z normativnimi vrednostmi ter rezultati meritev v dosedanem merilnem obdobju je na slikah 7.1, 7.2, 7.3 in 7.4.

Slika 7.1: Pregled izmerjenih vrednosti v letu 2009 in usklajenosti z zakonodajo

Onesnaževalo	SO <sub>2</sub> letna μg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> dnevna μg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> urna μg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> letna μg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> urna μg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> letna μg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> 8-urna št. preko št. preko	PM <sub>10</sub> letna μg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> dnevna št. preko	PM <sub>2,5</sub> letna μg/m <sup>3</sup>	CO 8-urna mg/m <sup>3</sup>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> letna μg/m <sup>3</sup>	Pb v PM <sub>10</sub> letna ng/m <sup>3</sup>	Cd v PM <sub>10</sub> letna ng/m <sup>3</sup>	As v PM <sub>10</sub> letna ng/m <sup>3</sup>	Ni v PM <sub>10</sub> letna ng/m <sup>3</sup>	B(a)P v PM <sub>10</sub> letna ng/m <sup>3</sup>	
Center	5.1	28	35	32	182	61	4	30	35	22	2.3	1.5	9.9	0.28	0.62	2.4	0.92	
Tabor	6.4	40	50	23	136			30	24				5.4	0.13	<1,5	<7,5	0.49	
Pohorje							19											
Vrbsanska										20								
mejna oz. ciljna	20	125	350	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 2009 – VAROVANJE ZDRAVJA LJUDI

Onesnaževalo	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CO	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Pb v PM <sub>10</sub>	Cd v PM <sub>10</sub>	As v PM <sub>10</sub>	Ni v PM <sub>10</sub>	B(a)P v PM <sub>10</sub>
Center												
Tabor												
Pohorje												

Slika 7.3: Pregled usklajenosti z zakonodajo v letu 2009 – VARSTVO RASTLIN OZ. EKOSISTEMOV

Onesnaževalo	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>
Center			
Tabor			
Pohorje			

Slika 7.4 Odstotek spremembe srednjih letnih vrednosti v letu 2009 glede na pretekla leta

Onesnaževalo	SO <sub>2</sub> Center %	NO <sub>2</sub> Center %	NO <sub>x</sub> Center %	O <sub>3</sub> Center %	O <sub>3</sub> Pohorje %	PM <sub>10</sub> Center %	PM <sub>10</sub> Tabor %	PM <sub>2,5</sub> Center %	CO Center %	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Center %	Pb v PM <sub>10</sub> Tabor/Center %	Cd v PM <sub>10</sub> Tabor/Center %	As v PM <sub>10</sub> Tabor/Center %	Ni v PM <sub>10</sub> Tabor/Center %	B(a)P v PM <sub>10</sub> Tabor/Center %
1989	4														
1999	30	82	97	111	89						9				10
2004	64	103	113	115	97	65	79		86		17		5	20	
2008	243	94	97	105	100	88	86	96	100	41	71	74	52	69	71



## 8 LITERATURA IN VIRI

- 1) Občinski program varstva okolja za Maribor (OPVO za MB), Mestna občina Maribor, Maribor, marec 2008
- 2) Zakon o varstvu okolja, Uradni list RS števil. 39/2006 in 70/2008 (ZVO-1-UPB11)
- 3) Kakovost zraka v Mariboru, letno poročilo 2008, ZZV Maribor 2009
- 4) Mesečna poročila o kakovosti zraka ZZV Maribor, januar - december 2009
- 5) Arhiv, interna poročila ZZV, Inštitut za varstvo okolja Maribor 1984 – 2009
- 6) Agencija RS za okolje: Onesnaženost zraka v Sloveniji, mesečna poročila 2009
- 7) Das Land Steiermark, Fachabteilung 17C, Luftgutemessungen in der Steiermark, Jahresbericht 2008 und Monatsberichte 2009
- 8) B. Lukan: Možnosti zmanjšanja vsebnosti ozona v zraku zaradi emisij vozil v prometu, magistrsko delo, Maribor 2003
- 9) Fine! Dust-Free, 2<sup>nd</sup> International Congress in Klagenfurt on Worthersee, 1 to 2 October 2009
- 10) Air pollution at street level in European cities, European Environment Agency Technical Report No 1/2006
- 11) »Aquella« Peggau Bestimmung von Immissionsbeitragen in Fenistaubproben, Das Land Steiermark, Bericht UA/AQPeggau 2008 72S, Graz, Oktober 2008
- 12) Dopis MOP – ARSO števil. 954-47/2004 z dne 17.12.2004
- 13) Predhodna ocena onesnaženosti zraka v Mariboru, poročilo ZZV-IVO Maribor, števil. 20/218-03 z dne 17.08.2004
- 14) Diplomsko delo Izračun emisij onesnaževal in toplogrednih plinov iz prometa v mestu Maribor, Saša Tandar, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
- 15) WHO Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, global update 2005, Summary of risk assessment, World Health Organization, 2006
- 16) Direktiva 2008/50/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2008 o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo
- 17) Poročilo pilotnega projekta »Opredelitev virov delcev PM10 v Sloveniji«, Agencija RS za okolje, Ljubljana, november 2008
- 18) PM10 Datenanalyse, Grobabschätzung des PM10-Anteils von Verkehrs- und Hausbrandemissionen an Grazer Luftgutemessstationen, Das Land Steiermark, Bericht Nr-01-2008, Graz Februar 2008