



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA JAVNO UPRAVO



Kakovost zraka v Sloveniji v obdobju 2003–2013 z vidika prometnega onesnaževanja

Poročilo

CIPRA SLOVENIJA

Pripravila: Kristina Glojek, Matej Ogrin

Ljubljana, avgust 2015

Kazalo

1. Uvod	2
2. Delci PM ₁₀ in PM _{2,5}	2
1.1. Izpusti delcev	6
3. Ozon.....	7
2.1. Izpusti	11
4. Dušikovi oksidi	11
3.1. Izpusti	14
5. Ogljikov monoksid in dioksid.....	14
4.1. Izpusti	15
6. Nemetanski lahkohlapni ogljikovodiki.....	16
5.1. Izpusti	17
7. Zaključek.....	18
8. Viri in literatura	20
9. Seznam slik, grafikonov in preglednic	22

1. Uvod

CIPRA Slovenija v okviru mreže plan B za Slovenijo sodeluje v koaliciji za trajnostno prometno politiko in jo tudi koordinira. Ker ima promet velik vpliv tudi na kakovost zraka, pri nekaterih onesnaževalih ima celo poglobljeno vlogo, smo opravili pregled stanja kakovosti ozračja v Sloveniji v obdobju 2003 – 2013 z vidika prometnega obremenjevanja. To pomeni, da smo se osredotočili predvsem na onesnaževala, ki jih povzroča promet.

Kakovost zraka določenega območja je odvisna od stopnje obremenjevanja in sposobnosti regeneracije. Onesnaževanje ozračja lahko povzročijo naravni procesi (npr. vulkanski izbruhi, požari, peščeni viharji) ali pa jih povzroči človek s svojo dejavnostjo (npr. promet, industrija, energetika, kmetijstvo, turizem ipd.). Stopnja onesnaženosti ozračja je v veliki meri odvisna tudi od stanja ozračja, to pa od geografskih značilnosti prostora (izoblikovanost površja, reliefna energija, vertikalna razčlenjenost, pozidanost tal ipd.) in meteoroloških pogojev v ozračju (prevetrenost in stabilnost ozračja, pogostost padavin in temperaturnih inverzij) (Ogrin, Vintar Mally, 2013).

Promet ima danes prevladujočo vlogo na področju družbenogospodarskega razvoja (Erjavec, Mali, 2001). Poleg pozitivnih učinkov, razvoj in povečanje prometa prinašata vrsto negativnih, zlasti okoljskih učinkov. Z izredno dinamiko rasti je promet postal eden največjih onesnaževalcev okolja, ki z izgorevanjem fosilnih goriv v ozračje prispeva naslednja onesnažila: lebdeče delce, ogljikov dioksid (CO_2), ogljikov monoksid (CO), dušikove okside (NO_x), ogljikovodike (C_xH_x), žveplov dioksid (SO_2) in svinec (Pb) (vedno manj) (Farrington, 1994; Lep e tal., 2004).

Vsa ta onesnažila negativno vplivajo na rastline, živali in ljudi. Izpusti toplogrednih plinov pa povzročajo tudi globalno segrevanje ozračja (Kakovost zraka ..., 2013). Z namenom, da bi se zavarovalo zdravje ljudi in zaščitilo okolje Uredba o kakovosti zunanjega zraka (2011) in Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (2011) določata mejne in ciljne vrednosti onesnaženosti zraka za posamezna onesnaževala.

V poročilu so predstavljene in analizirane koncentracije (emisije) delcev PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$, ogljikovega monoksida (CO), dušikovih oksidov (NO_x in NO_2) ter benzena in benzo(a)pirena, katere pomemben vir izpustov (emisije) je promet. Za določena onesnaževala je prikazana tudi struktura izpustov.

2. Delci PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$

Glede na izvor ločimo primarne in sekundarne delce. Primarni delci se sproščajo v ozračje direktno iz virov, sekundarni delci pa v ozračju nastajajo z oksidacijo in pretvorbo primarnih izpustov. Najpomembnejši predhodniki delcev (plini, ki prispevajo k tvorbi delcev) so SO_2 , NO_x , NH_3 in hlapne organske spojine. Delci so lahko naravnega izvora (cvetni prah, prah, morska sol, dim gozdnih požarov, meteorski prah, vulkanski pepel...) ali antropogenega izvora (posledica izpustov iz energetskih objektov, industrije, prometa, kmetijstva, individualnih kurišč). Glede na izvor so delci različne kemijske sestave, oblike in fizikalnih

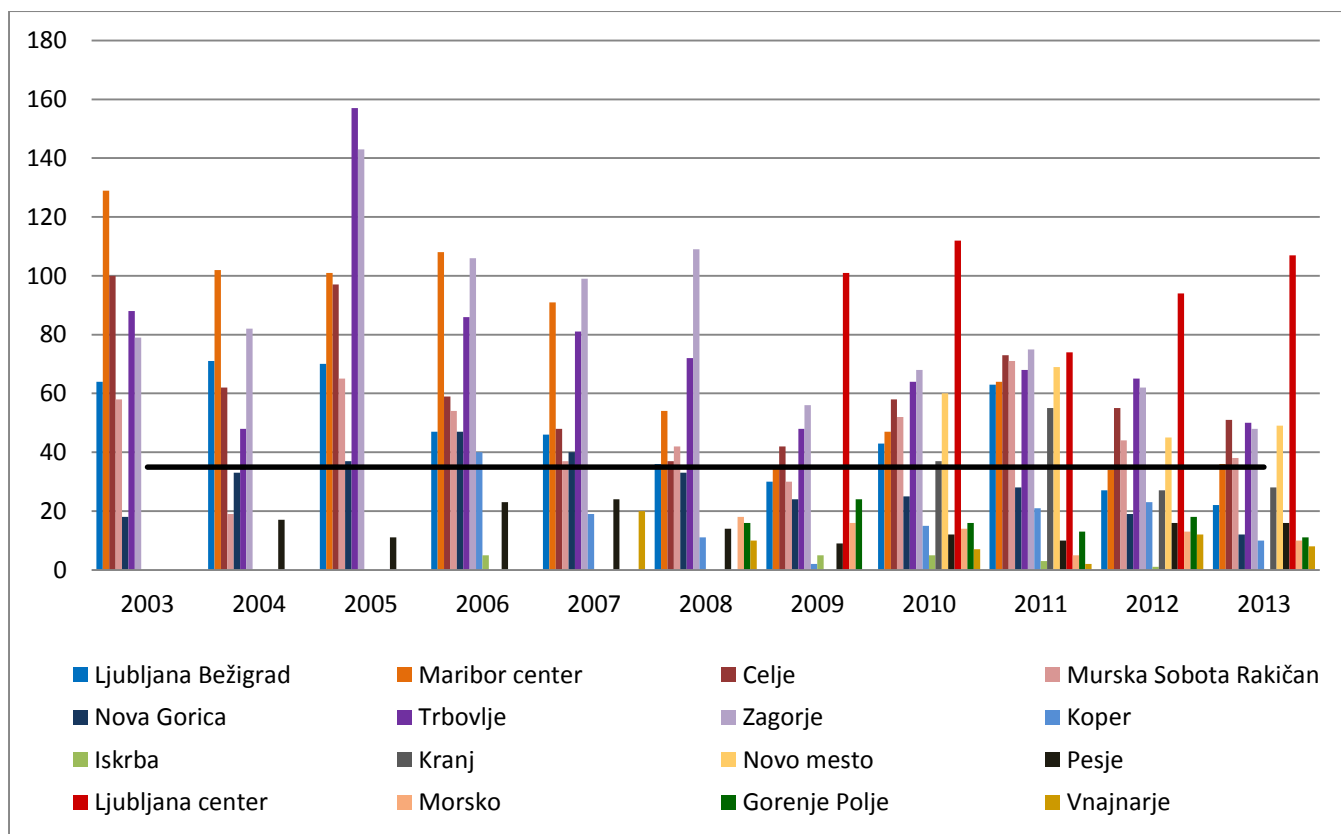
stanj. PM_{2,5} se nanaša na fine delce, ki imajo aerodinamski premer manjši od 2,5 µm. PM₁₀ pa se nanaša na delce z aerodinamičnim premerom med 2,5 in 10 µm (Kakovost zraka..., 2013; Logar, 2013).

Epidemiološke študije kažejo, da imajo z vidika onesnaženosti zraka najbolj negativen vpliv na zdravje delci. Celotne koncentracije pod sedanjimi zakonodajnimi mejnimi vrednostmi predstavljajo zdravstveno tveganje. Poročila Svetovne zdravstvene organizacije kažejo na to, da ne obstaja meja, pod katero ni pričakovati vpliva na zdravje. Do vpliva na zdravje prihaja zaradi vdihavanja delcev in posledičnega vdora v pljuča in krvni sistem, kar povzroča okvare respiratornega, kardiovaskularnega, imunskega in živčnega sistema. Manjši kot so delci, bolj globoko lahko prodrejo v pljuča. Do vnetja ali poškodb tkiva prihaja tako zaradi kemijskih kot fizikalnih interakcij med delci in tkivom (Logar, 2013).

Poleg negativnega vpliva na zdravje, onesnaženost z delci vpliva tudi na podnebje in ekosisteme. Delci v ozračju zmanjšajo vidnost, povzročajo škodo na objektih, vplivajo na padavinski režim in spreminjajo odbojnost zemeljske površinske za svetlobo, kar je povezano z zmožnostjo odboja sončne svetlobe (Kakovost zraka..., 2013; Logar, 2013).

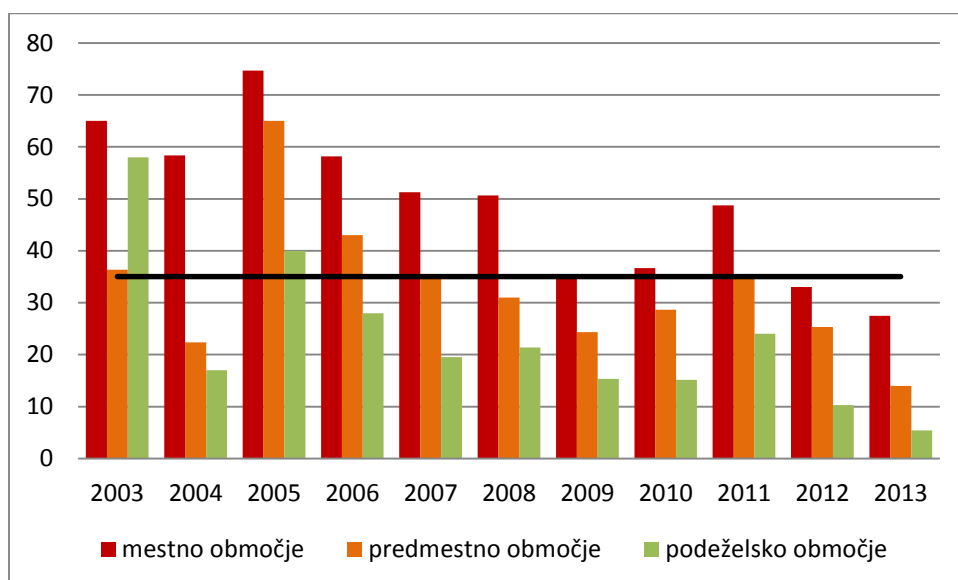
Mejna vrednost za delce PM₁₀ določa letno povprečno vrednost 40 µg/m³ in dnevno mejno koncentracijo 50 µg/m³, ki ne sme biti prekoračena več kot 35 dni na leto. Za delce PM_{2,5} pa je določena letna mejna vrednost 25 µg/m³.

Slika 1: Število dni s preseženo dnevno mejno koncentracijo PM₁₀ 50 µg/m³ (lahko presežena največ 35-krat v koledarskem letu).



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

Slika 2: : Število dni s preseženo dnevno mejno koncentracijo PM₁₀ glede na tip območja.



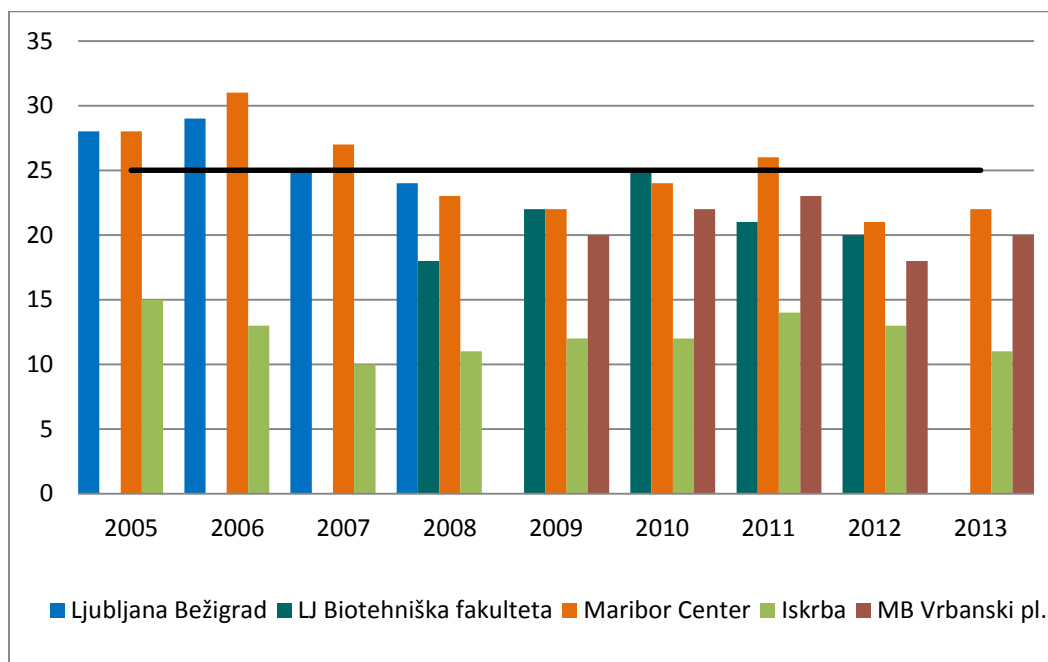
Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015

V obdobju 2003–2013 je zaznati trend upada koncentracij delcev PM₁₀. Povprečne letne vrednosti so se od leta 2003 pa do leta 2013 prepolovile (upad za 54 %). Kljub trendu zniževanja povprečnih letnih vrednosti delcev PM₁₀, smo v letu 2013 na mestni merilni postaji Ljubljana center še vedno presegali dovoljeno letno mejno koncentracijo. Na precej slabše stanje kaže število preseganj dnevnih mejnih koncentracij, ki je predvsem na mestnih merilnih postajah in ob prometno obremenjenih lokacijah precej večje od dovoljenih 35 dni na leto. Vidne so razlike med mestnimi in podeželskimi postajami, kjer podeželske postaje kažejo na manjšo mero onesnaženosti (ne presegajo dovoljenih 35 dni preseganj dnevnih mejnih koncentracij). Največja preseganja dnevnih mejnih koncentracij so bila zabeležena na merilnem mestu Ljubljana center, kjer je bila dnevna mejna koncentracija PM₁₀ v letu 2013 presežena 74-krat. Gibanje koncentracij delcev je v veliki meri povezano z vremenskimi razmerami. Veliko število preseganj v letu 2003 tako pripisujemo suhemu vremenu z majhno količino padavin. Upad koncentracij od leta 2003 naprej, je poleg gradnje čistilnih naprav na industrijskih objektih, posledica ugodnih vremenskih razmer v zadnjem obdobju. Nadpovprečno topla in vetrovna polovica leta 2007 ter deževno poletje v letih 2008 in 2009. Najvišje koncentracije delcev so bile izmerjene v obdobju stanovitnega in suhega vremena v zimskih mesecih, zaradi pojava temperaturnega obrata, ki povzroča zadrževanje v zrak izpuščenih onesnaževal pri tleh v kotlinah in dolinah. K visokim koncentracijam delcev na merilnima mestoma Trbovlje in Zagorje poleg prometa, industrije in individualnih kurišč

veliko prispeva neugodna topografija, saj naselji ležita v ozkih, neprevetrenih dolinah. Opazno je tudi precejšnje zmanjšanje koncentracij delcev po letu 2005, ko je bila zgrajena razžvepljevalna naprava na termoelektrarni Trbovlje, leta 2007 pa je razžvepljevalno napravo dobil tudi Lafarge cement (Kovač in sod., 2007; Opis ..., 2013).

Prekomerna onesnaženost z delci PM₁₀ v slovenskih mestih je eden najbolj perečih okoljskih problemov. Evropska komisija je v letu 2010 proti Sloveniji sprožila postopek na Sodišču Evropske unije zaradi nespoštovanja okoljske zakonodaje (Plevnik in sod., 2013).

Slika 3: Gibanje povprečne mejne koncentracije PM_{2,5} (letna mejna vrednost 25 µg/m³).

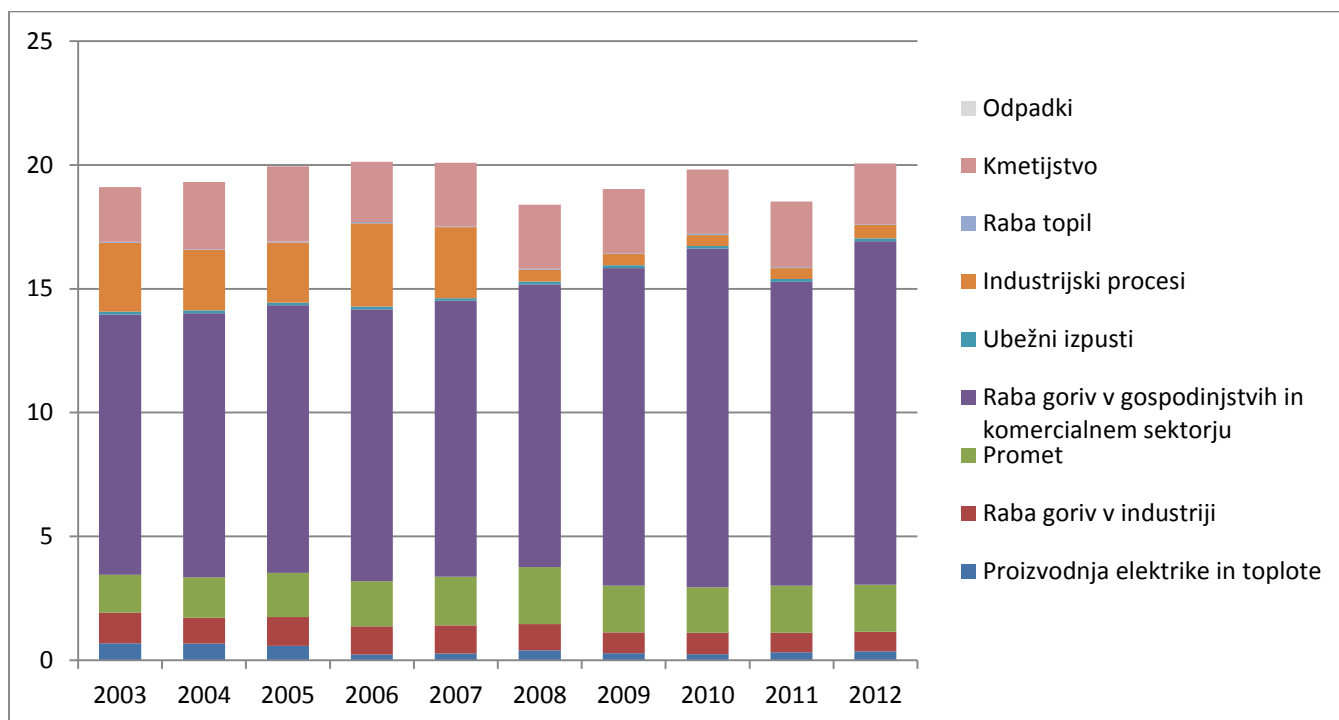


Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

Tudi pri koncentracijah delcev PM_{2,5} je v obdobju 2005–2013 zaznati manjši upad. Od leta 2012 so na vseh merilnih postajah, kjer spremljajo koncentracije PM_{2,5} bile letne vrednosti pod mejno ravnjo. Vendar pa, z izjemo merilnega mesta Iskrba pri Kočevski Reki, merilna mesta presegajo mejno vrednost, ki jo je potrebno doseči do leta 2020 (20 µg/m³). Najvišje povprečne letna koncentracija delcev PM_{2,5} so značilne za merilno mesto Maribor center, na prometni lokaciji (v povprečju 25 µg/m³). Najnižje povprečne letne koncentracije pa so tako kot za delce PM₁₀ značilne za merilno mesto Iskrba (v povprečju 12 µg/m³). Merilno mesto se nahaja na lokaciji, kjer v neposredni bližini ni virov, ki bi povzročali emisije delcev (predvsem promet) (Koleša, Bolte, Plantan, 2013).

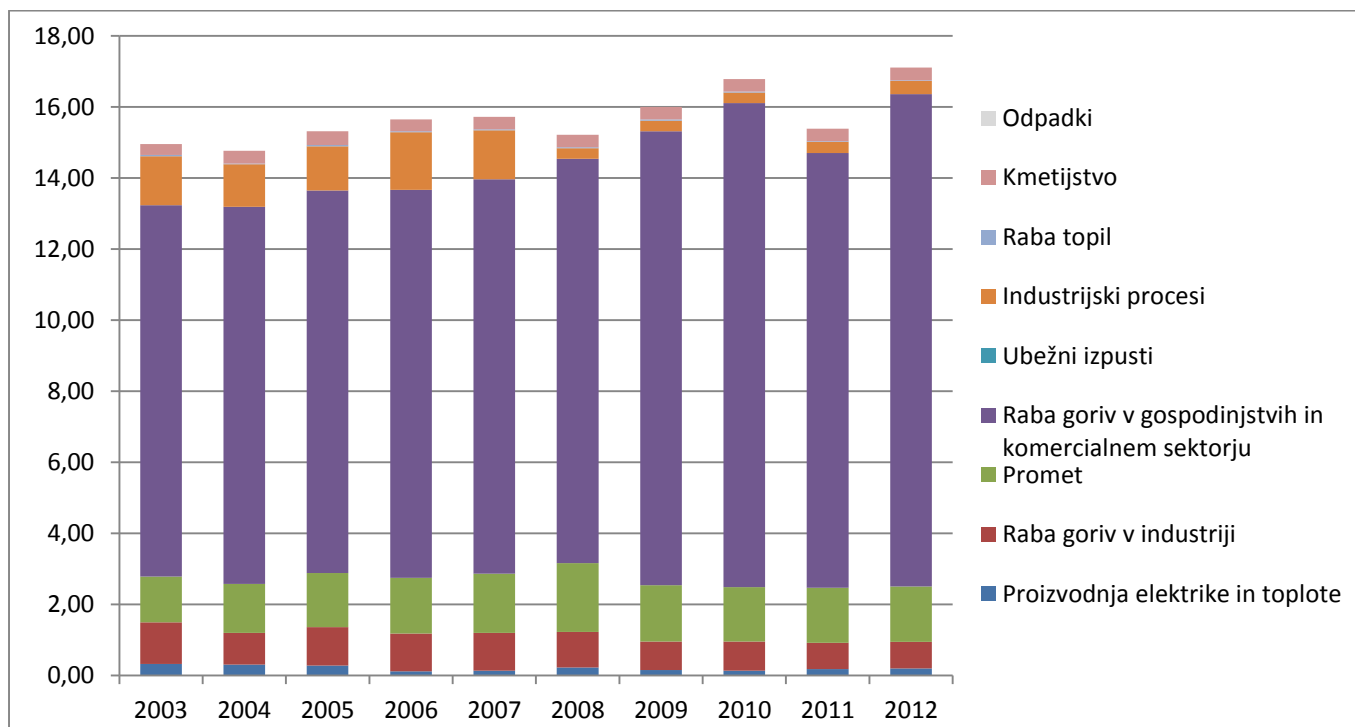
1.1. Izpusti delcev

Slika 4: Viri PM₁₀ (1000 t).



Vir: Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, Agencija RS za okolje, 2015.

Slika 5: Viri PM_{2,5} (1000 t).



Vir: Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, Agencija RS za okolje, 2015.

V obdobju 2003–2013 se količine izpustov delcev PM₁₀ niso veliko spreminjale in so v povprečju znašale 19,44 tisoč ton. Od leta 2003 pa do leta 2013 so se izpusti povečali za pribl.

1 %. Izpusti delcev PM_{2,5} pa so se v obdobju 2003–2012 povečali za 2,3 %. Povprečna količina izpustov delcev PM_{2,5} v omenjenem obdobju znaša 15,48 tisoč ton.

Glavni vir delcev PM₁₀ je raba goriv v gospodinjstvih in komercialnem sektorju (62 %), predvsem zaradi uporabe lesa v neučinkovitih, starih kotlih na trdna goriva ali v drugih napravah z neoptimalnim zgorevanjem lesne biomase. Sledita kmetijstvo (14%) in promet (13 %). Tudi pri delcih PM_{2,5} daleč najpomembnejši vir predstavljajo mala kurišča, ki prispevajo kar 81 % vseh izpustov. Sledi promet z 9 %. V obdobju 2003–2012 so se najbolj zmanjšali izpusti v industrijskih procesih in pri proizvodnji elektrike, najbolj pa so se povečali izpusti v rabi goriv v gospodinjstvih in komercialnem sektorju. Na povečanje izpustov delcev iz gospodinjstev je vplivala tudi ugodnejša cena lesa v primerjavi z drugimi energenti za ogrevanje. Povečali so se tudi izpusti v prometu (Kakovost zraka ..., 2013).

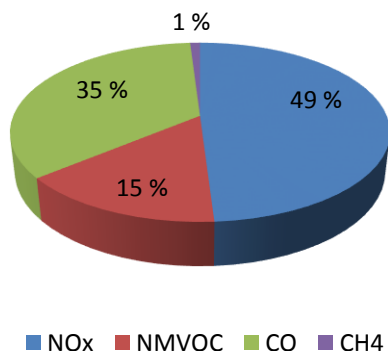
Glede na izpuste delcev je Slovenija v samem vrhu EU. Po izpustih delcev PM₁₀ in PM_{2,5} na prebivalca je bila v letu 2012 na tretjem mestu takoj za Latvijo in Estonijo. Po izpustih delcev PM₁₀ na površino ozemlja je pred Slovenijo le Belgija, ki pa ima 3,5-krat večjo gostoto prebivalcev (Logar, 2014; Kakovost zraka ..., 2013).

3. Ozon

Ozon je produkt fotokemičnih reakcij. Snovi, iz katerih nastane (predhodniki ozona), so predvsem dušikovi oksidi (NO_x) in ogljikovodiki (C_xH_x). Zaradi tega se visoke koncentracije ozona ne pojavljajo le v bližini velikih virov predhodnikov, ampak tudi v širši okolici. Ob stabilnem vremenu v anticiklonu ima lahko oblak visokih koncentracij ozona dimenzije več sto kilometrov in seže nekaj kilometrov visoko. Reakcije so tem intenzivnejše, čim višja je temperatura in čim močnejše je sončno obsevanje, zato je onesnaženost zraka z ozonom največja poleti (Kakovost zraka ..., 2013).

Zaradi nestabilne strukture molekule je ozon močno reaktiven in zato v prevelikih koncentracijah škodljiv. Prizemni (troposferski) ozon lahko že pri nizkih koncentracijah povzroča zdravstvene težave, kot so oteženo dihanje in razvoj dihalnih bolezni (astma, pljučnica, bronhitis) pri najbolj ogroženih skupinah ljudi, kot so otroci in starejši. Povzroča tudi poškodbe na rastlinah in ekosistemih. Posledica je povečana dovzetnost za razvoj različnih bolezni ter večja ranljivost ob napadih škodljivcev in ekstremnih vremenskih dogodkih (Kovač in sod., 2007).

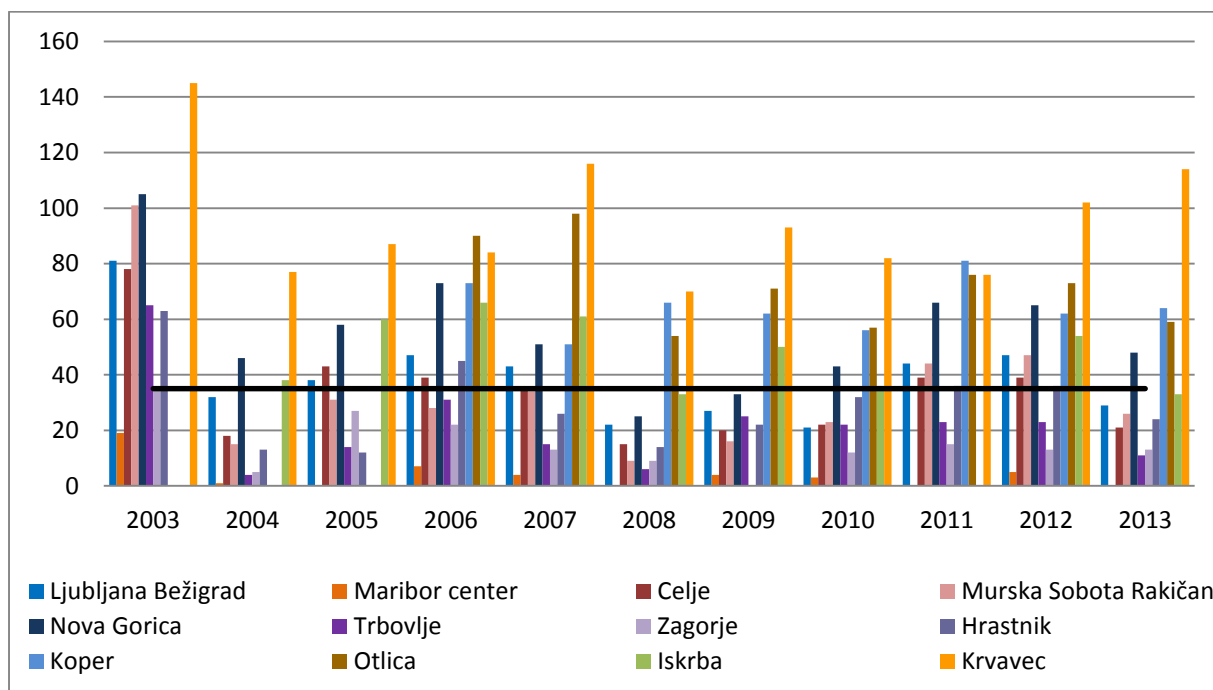
Slika 6: Prispevek posameznih snovi k skupnim izpustom predhodnikov ozona v letu 2012.



Vir: Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, 2014 cv: Logar, 2014.

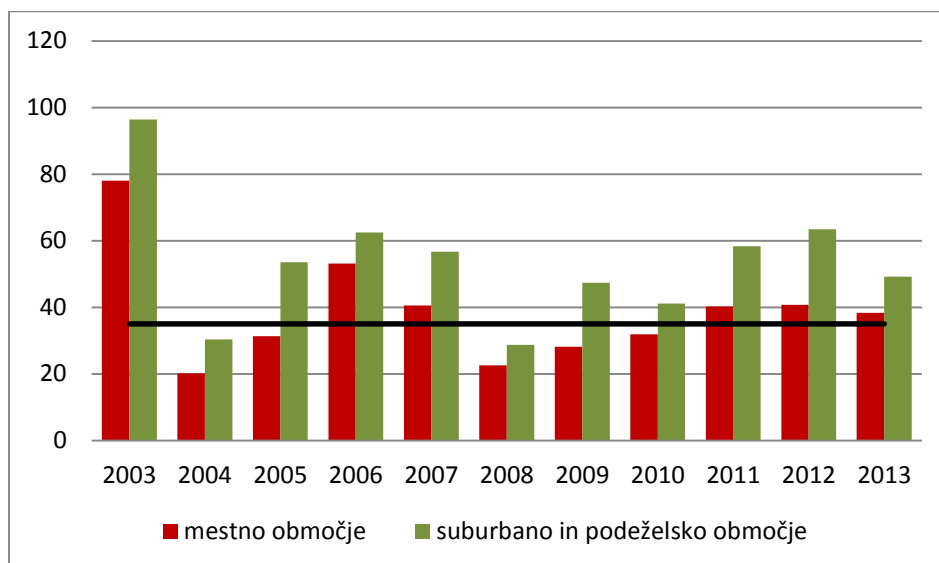
V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka za ozon ni predpisanih mejnih vrednosti. Predpisane so ciljna, opozorilna in alarmna vrednost ozona za varovanje zdravja ljudi in parameter AOT40 za varovanje rastlin. 8-urna ciljna koncentracija ozona za varovanje ljudi $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je lahko presežena največ 25 krat v koledarskem letu. Eno urna opozorilna vrednost je $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in alarmna $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Parameter AOT40 (izražen v $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{ure}$) pomeni vsoto razlik med urnimi koncentracijami, večjimi od $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in koncentracijo $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v danem času z upoštevanjem le enournih vrednosti, izmerjenih vsak dan med 8.00 in 20.00 po srednjeevropskem času (CET). Ciljna vrednost za varstvo rastlin znaša $18.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{h}$ kot povprečje v obdobju petih let, ki v obdobju ne sme biti presežena. Dolgoročna ciljna vrednost za varstvo rastlin pa znaša $6.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot \text{h}$ (Kakovost zraka ..., 2013; Planinšek, Nježič, 2013).

Slika 7: Število dni s preseženo ciljno vrednostjo za ozon, ko je najvišja povprečna 8-urna drseča vrednost več kot $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (letna mejna vrednost je 25 dni).



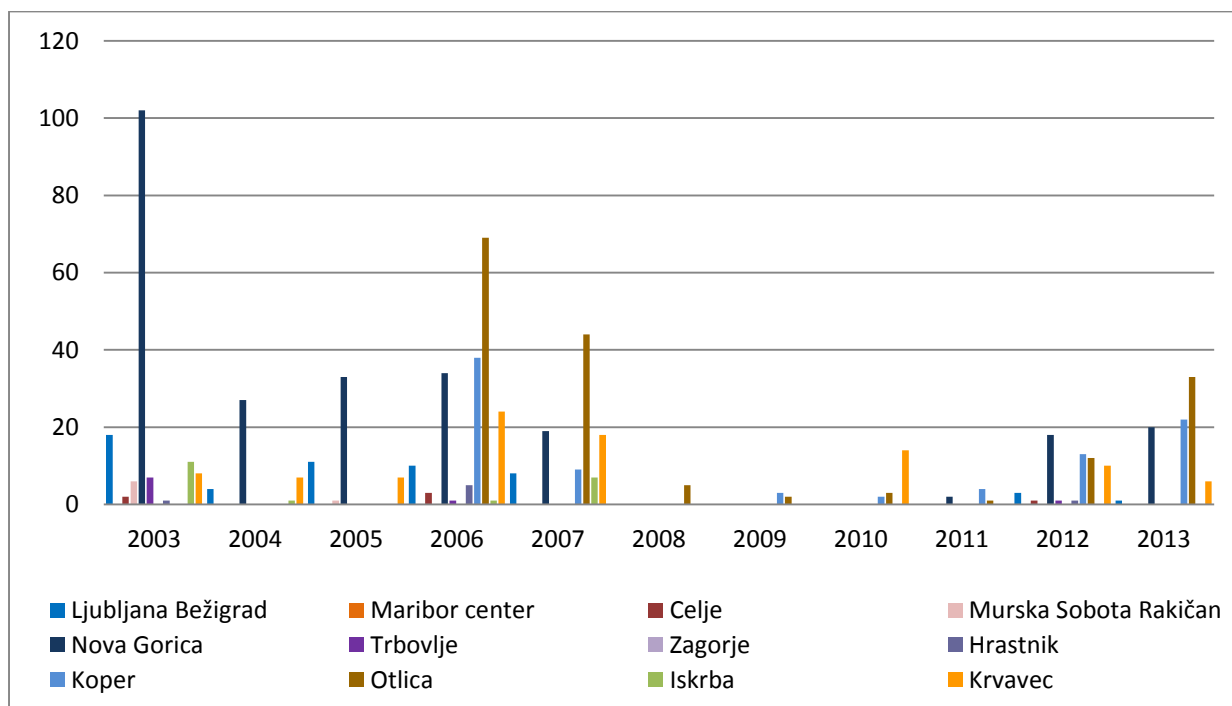
Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

Slika 8: Število dni s preseženo ciljno vrednostjo za ozon glede na tip območja.



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015

Slika 9: Število ur s preseženo opozorilno vrednostjo za ozon, ko je najvišja urna vrednost več kot 180 µg/m³.



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

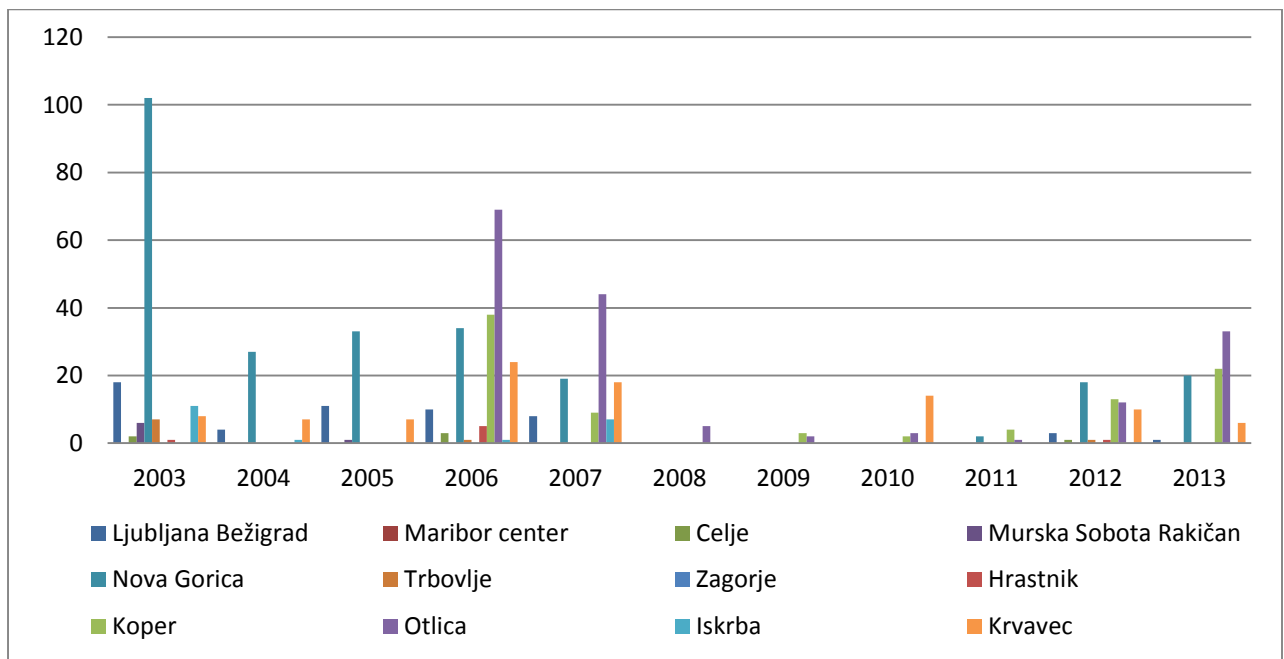
Koncentracije ozona so odvisne od izpustov predhodnikov ozona, vremenskih razmer v poletnih mesecih in se spreminjajo od leta do leta (Kakovost ..., 2013).

Podatki ne kažejo opaznega trenda oz. sprememb v gibanju koncentracij ozona. Raven onesnaženosti zraka z ozonom je v zadnjih letih na večini merilnih mest nad ciljno in dolgoročno ciljno vrednostjo (parameter AOT40). Glede na število preseganj ciljne vrednosti izstopa leto 2003, z izrazito vročim poletjem z veliko sončnega sevanja. Razvidno je, da so

koncentracije ozona višje na merilnih mestih, ki so oddaljene od prometnih cest in drugih virov dušikovih oksidov, ki reagira z ozonom v fotokemični reakciji in ga razgradi v običajne molekule kisika tako da sprejme en atom kisika. Se pa pojavljajo povišane koncentracije ozona tako v urbanih središčih kot tudi na podeželju in v višjih legah. Kraji z višjo nadmorsko višino in odprtim reliefom imajo vse bolj značilnosti prostega ozračja, kjer so neposredni vplivi emisij predhodnikov ozona majhni, je pa tukaj močnejše sevanje sonca. Opisane značilnosti kažejo tudi podatki, kjer so maksimalne koncentracije ozona v višjih legah nižje, povprečne koncentracije pa so višje od tistih v nižjih predelih.

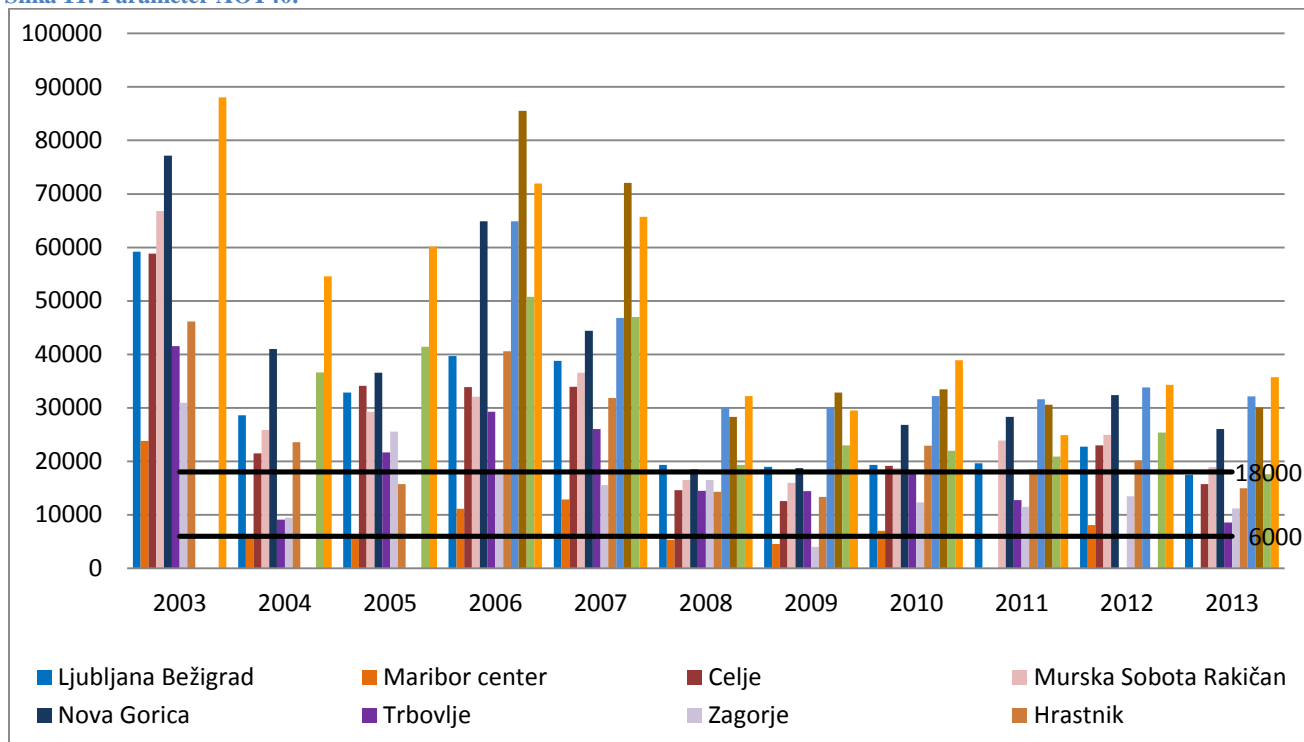
Opozorilne vrednosti presegajo le merilne postaje na Primorskem in v višjih legah. Nobena postaja ne dosega alarmnih vrednosti. Velika onesnaženost Primorske z ozonom je posledica ugodnejših vremenskih razmer za nastanek ozona in bližine Padske nižine, od koder zahodni in jugozahodni vetrovi prinašajo večje količine ozona in njegovih predhodnikov. V nižinah severne Italije namreč nastajajo ene največjih količin ozona v Evropi (Planinšek, Nježič, 2013).

Slika 10: Število ur s preseženo opozorilno vrednostjo za ozon, ko je najvišja urna vrednost več kot 180 µg/m³.



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

Slika 11: Parameter AOT40.



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

2.1. Izpusti

Največji vir predhodnikov troposferskega ozona v Sloveniji je promet, ki prispeva približno dve tretjini vseh izpustov (Logar, 2014). Emisije predhodnikov ozona – dušikovi oksidi (NO_x), ogljikov oksid (CO) in nemetanske lahke hlapne organske snovi (NMVOC) so opisane v naslednjih poglavjih.

4. Dušikovi oksidi

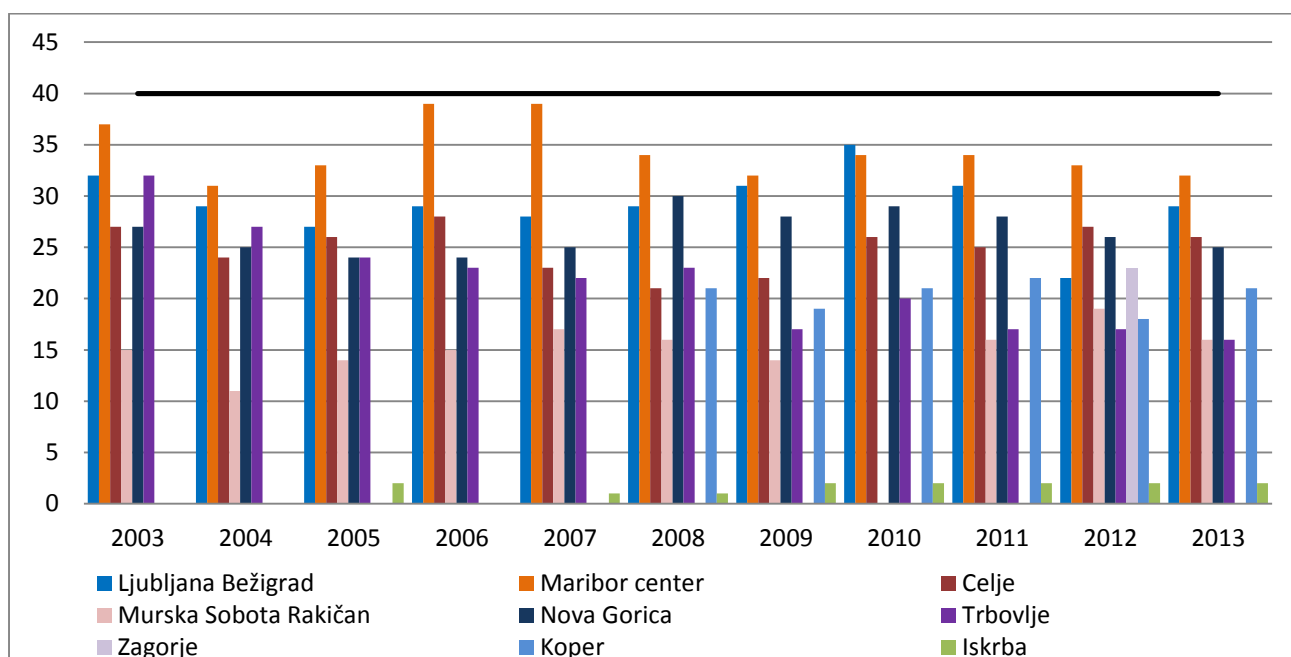
Izmed spojin dušikovih oksidov je v ozračju največ dušikovega monoksida (NO) in dušikovega dioksida (NO_2). Iz izpustov prihaja v zrak največ dušikovega monoksida, ki v ozračju dokaj hitro oksidira v dušikov dioksid. Zdravju je bolj škodljiv dušikov dioksid. Kratkotrajna izpostavljenost NO_2 je povezana z zmanjšanjem pljučne funkcije, povečano dovzetnostjo dihalnih poti in odzivnostjo na naravne alergene. Dolgotrajna izpostavljenost povečuje nevarnost za vnetje dihalnih poti, predvsem pri občutljivejših skupinah, kot so otroci, astmatiki in ljudje s kroničnim bronhitisom (Kakšen ..., 2013; Dušikov dioksid (NO_2), 2015).

Dušikovi oksidi pomembno vplivajo tudi na številne okoljske probleme, kakršni so zakisovanje in evtrofikacija, tvorba fotokemičnega smoga in troposferskega ozona (O_3). Neposredni toplogredni učinek ima sicer nestrupeni didušikov oksid (N_2O), ki je po učinku segrevanja ozračja takoj za ogljikovim dioksidom, metanom in halogeniranimi ogljikovodiki (Kakovost zraka ..., 2013).

S 1. januarjem 2010 je za dušikov dioksid (NO₂) pričela veljati letna mejna vrednost 40 µg/m³. Določena urna mejna koncentracija 200 µg/m³ je lahko presežena največ 18-krat v koledarskem letu. Alarmna urna vrednost pa je 400 µg/m³.

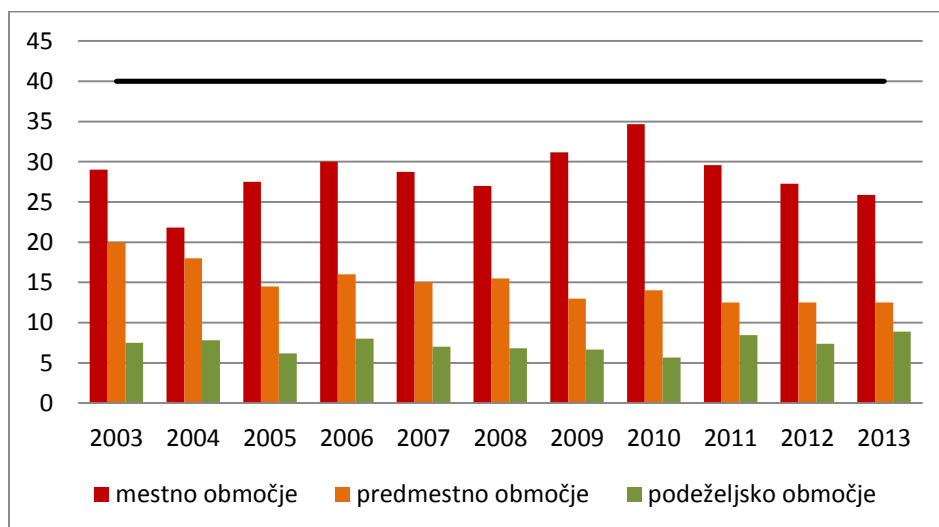
Dušikov dioksid (NO₂) ima značilen letni in dnevni hod. Najnižje koncentracije so v poletnih mesecih, ko je razredčevanje izpustov ugodnejše, v mestih pa je tudi manj prometa (dopusti, počitnice, večja uporaba koles). Dnevni hod kaže na najnižje koncentracije ponoči, čez dan pa so te višje. Najvišje koncentracije se pojavljajo v času jutranje in popoldanske prometne konice (Kakovost zraka ..., 2013).

Slika 12: Gibanje povprečne letne koncentracije dušikovega dioksida (NO₂) (letna mejna vrednost je 40 µg/m³).



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

Slika 13: Gibanje povprečne letne koncentracije dušikovega dioksida (NO₂) glede na tip območja.

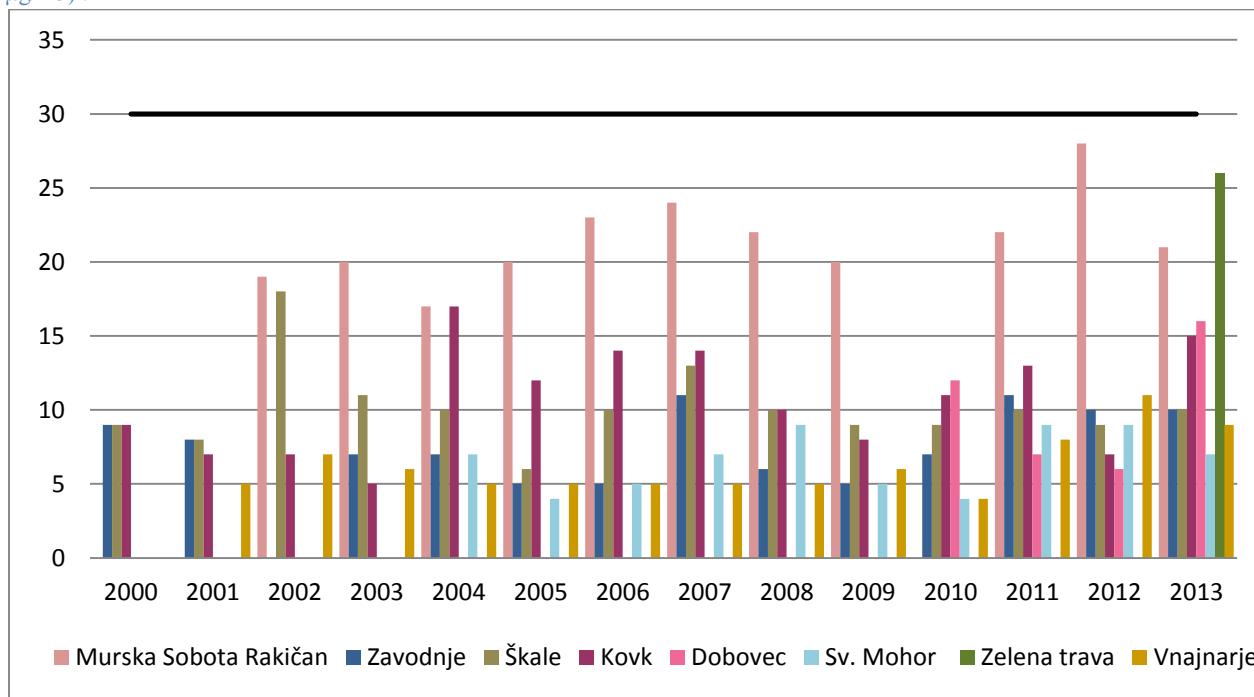


Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

Podatki letnih koncentracij dušikovega dioksida (NO₂) v obdobju 2003–2014 kažejo na relativno veliko stabilnost omenjenega onesnaževala v zraku. Od leta 2011 je mogoče zaznati rahel upad koncentracij. So pa razvidne precejšnje razlike v izmerjenih vrednostih med postajami, ki so pod neposrednim vplivom prometnih obremenitev (mestna območja), posrednim vplivom (predmestna območja) in med podeželskimi območji. Mestna območja so veliko bolj onesnažena z dušikovim dioksidom (NO₂) kot predmestna in podeželska območja, kjer so prometne obremenitve manjše. Od leta 2004 do 2010 so se koncentracije dušikovih oksidov (NO₂) v mestnih območjih povečevale, od leta 2010 naprej pa je viden rahel upad. K povečanju koncentracij so prispevali povečani izpusti zaradi povečanja osebnega in tovornega prometa do leta 2010, od leta 2009 pa beležimo rahlo zmanjšanje tako osebnega kot tovornega prometa (Cestni blagovni ..., 2015; Cestni potniški ..., 2015). Izmerjene vrednosti v predmestnih in podeželskih območjih so ves čas bolj ali manj konstantne. Povprečne letne koncentracije onesnaževala ne presegajo predpisane letne mejne koncentracije za varovanje ljudi, z izjemo merilnega mesta Ljubljana center, ki se je tako kot pri koncentracijah delcev, izkazalo za najbolj problematično.

Urna mejna vrednost dušikovega dioksida (NO₂) 200 µg/m³ ni bila presežena na nobenem merilnem mestu in tako tudi ne alarmna vrednost.

Slika 14: Gibanje kritične vrednosti NO_x za varstvo rastlin (kritična mejna koncentracija NO_x v naravnem okolju je 30 µg/m³).



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

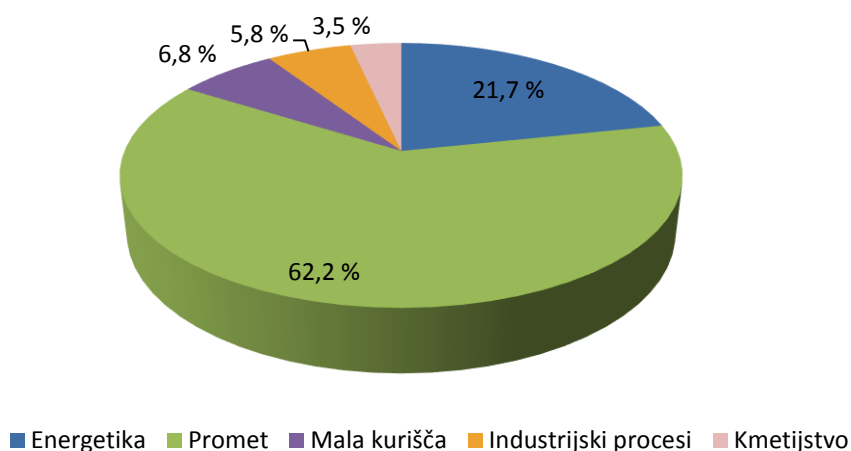
Za zaščito vegetacije je predpisana kritična letna vrednost dušikovih oksidov (NO_x) 30 µg/m³, ki se uporablja za neizpostavljena ruralna merilna mesta (Murska Sobota Rakičan, Iskrba in vsa merilna mesta dopolnilne merilne mreže z izjemo merilnega mesta Ljubljana Center, AMP Gaji v Celju in Maribor Vrbanski plato) (Kakovost zraka..., 2013). Na nobenem

ruralnem merilnem mestu kritična vrednost za dušikove okside (NO_x) ni bila presežena. Najvišje vrednosti dušikovih oksidov (NO_x) so bile izmerjene na merilnem mestu Murska Sobota Rakičan, ki leži ob glavni prometnici skozi vas Rakičan.

3.1. Izpusti

Leta 2006 je Slovenija ratificirala NO_x protokol (Konvencija ..., 1979), ki določa, da koncentracije dušikovih oksidov (NO_x) ne smejo preseči nivoja izpustov iz leta 1987 (izhodiščno leto). Glede na obveznost Slovenije po Goteborškem protokolu in NEC Direktivi (Direktiva 2001, 2015) izpusti dušikovih oksidov (NO_x) po letu 2010 ne smejo presegati 45 tisoč ton.

Slika 15: Struktura virov izpustov NO_x v letu 2013.



Vir podatkov: Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, Agencija RS za okolje, 2015.

Od leta 2003 pa do leta 2013 so se koncentracije dušikovih oksidov (NO_x) zmanjšale. Letne emisije leta 2013 so znašale 42,9 tisoč ton, kar je skoraj 18 % manj kot leta 2003 (52,1 tisoč ton). V letu 2013 so bili izpusti prvič nižji od ciljne vrednosti 45 tisoč ton. Največji delež dušikovih oksidov, kljub tehnološkim izboljšavam in kakovostnejšemu gorivu, še vedno prihaja iz prometa (62 %) nekaj pa prispeva tudi energetika (21%).

Slovenija je po izpustih dušikovih oksidov na prebivalca na petem mestu, po izpustih na površino ozemlja pa na desetem. Visoke emisije dušikovih oksidov na prebivalca so posledica velike uporabe osebnih vozil v Sloveniji in tudi intenzivnega cestnega tovornega tranzitnega prometa (Kakovost zraka ..., 2013).

5. Ogljikov monoksid in dioksid

Ogljikov monoksid (CO) je onesnaževalo, ki nastaja zaradi nepopolnega izgorovanja v kuriščih in motorjih z notranjim izgorovanjem ter pri tehnoloških procesih v industriji (Kakovost zraka ..., 2013). Je zelo strupen plin, brez vonja in okusa. Plin se 210-krat hitreje veže na hemoglobin kot kisik, spremeni njegovo konformacijo in zmanjša njegovo sposobnost prenosa kisika po krvi. Pri tem nastaja karboksihemoglobin (COHb). Učinki ogljikovega monoksida na zdravje so povezani s časom izpostavljenosti in koncentraciji plina, kateri je

človek izpostavljen. Zmanjšana razpoložljivost kisika lahko vpliva na funkcioniranje različnih organov. Najbolj so izpostavljeni možgani, srce in razvijajoči se plod pri nosečnicah. Simptomi zastrupitve z ogljikovim monoksidom so zmanjšana koncentracija, zakasneli refleksi, zmedenost. Najbolj ranljiva skupina so ljudje s slabšim delovanjem srca in pljuč, starejši ljudje z boleznijo zoženih arterij, ljudje s kroničnim bronhitisom, ki težko nadomestijo zmanjšano koncentracijo kisika v krvi z globljim in pospešenim dihanjem ter slabokrvni ljudje. Je pa vezava ogljikovega monoksida na hemoglobin reverzibilna, kar pomeni, da ko človek ne vdihava več zraka pomešanega z ogljikovim monoksidom poteka izmenjava ogljikovega monoksida s kisikom (Carbon ..., 2015; Human health ..., 2007).

Predpisana 8-urna mejna koncentracija ogljikovega monoksida za varovanje zdravja ljudi je 10 mg/m³.

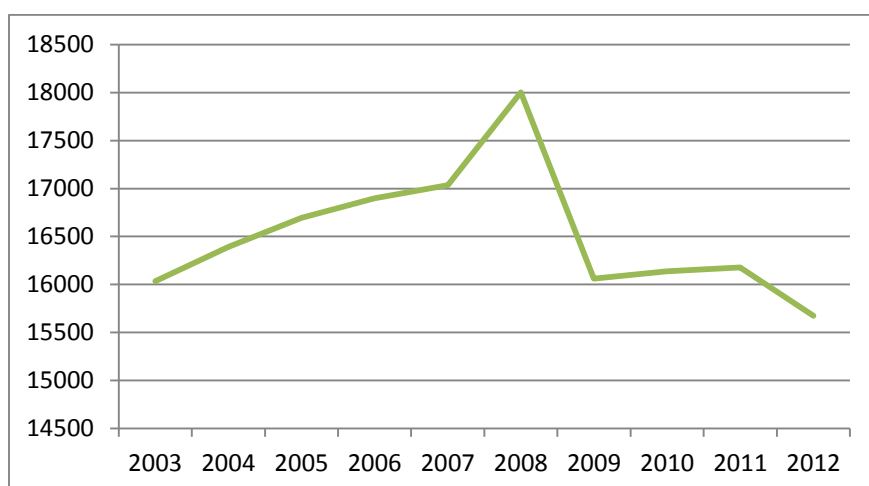
V obdobju 2003–2013 mejna vrednost ni bila presežena na nobeni izmed merilnih mest. Najvišje 8-urne vrednosti so kar trikrat nižje od predpisane mejne koncentracije in se zadnjih 10 let niso bistveno spremenile.

4.1. Izpusti

Letni izpusti ogljikovega monoksida (CO) v Sloveniji od leta 2003 upadajo. Leta 2012 je bilo v zrak izpuščenega 158,6 tisoč ton ogljikovega oksida (CO), leta 2003 pa 198,3 tisoč ton (20 % več). Nekdaj je glavni vir izpustov (71,5 % v letu 2003) predstavljal promet (mala kurišča 10 %), z napredkom tehnike bencinskih motorjev in uvedbo katalizatorjev pa danes večinski delež (66 % v letu 2012) prispevajo mala kurišča (promet 9,13 %), predvsem zaradi uporabe trdnih goriv v zastarelih kotlih in pečeh.

Ogljikov dioksid (CO₂) je najpomembnejši med toplogrednimi plini. Nastaja zlasti pri izgorevanju goriva (Mekinda Majaron, 2014).

Slika 16: Skupni izpusti CO₂, 2003–2012.



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015 cv: Mekinda Majaron, 2014.

Od leta 2003 pa do 2008 so izpusti ogljikovega dioksida (CO₂) konstantno naraščali, najhitreje od leta 2006 do 2008, ko je bilo izpuščenega največ ogljikovega dioksida (CO₂)

(18.003 kt). V splošnem se po letu 2008 izpusti zmanjšujejo, vendar to ne velja za promet. Zaradi cestnega prometa so se celotni izpusti ogljikovega dioksida (CO₂) v letu 2007 in 2008 večali za več kot odstotek letno, v letu 2009 pa so se znižali zaradi svetovne gospodarske krize in upada tovornega prometa (Mekinda Majaron, 2014). Upad se je v letu 2010 še nadaljeval, v letu 2011 in 2012 pa je znova opazen porast. Glede na leto 2011 so se izpusti v prometu povečali za 1,3 %.

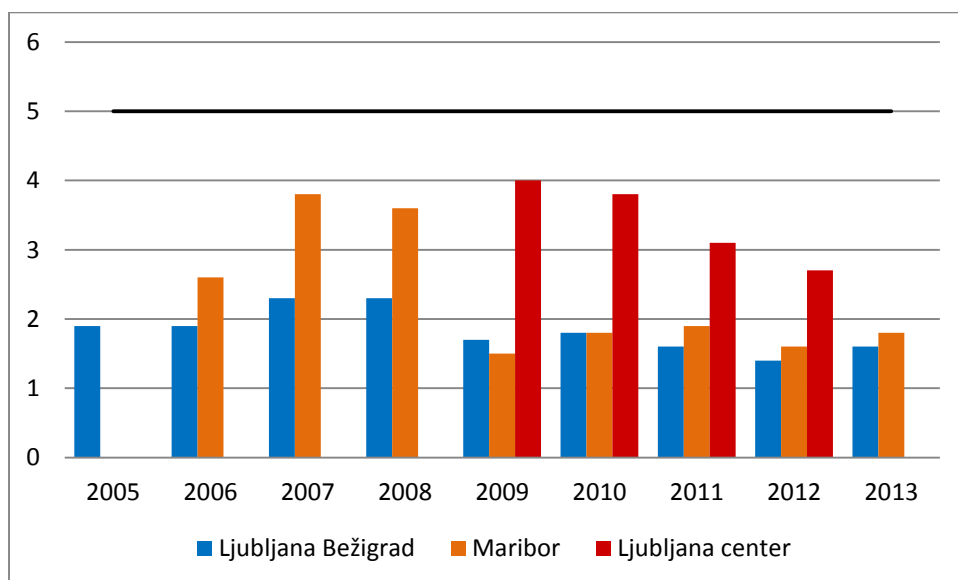
6. Nemetanski lahkohlapni ogljikovodiki

Benzen in benzo(a) piren spadata med nemetanske lahkohlapne ogljikovodike (NMVOC), ki predstavljajo širok spekter snovi. Nekatere med njimi škodljivo vplivajo na zdravje ljudi. V telo prihajajo preko respiratornega sistema. Te snovi povečujejo tvorbo prizemnega (troposferskega) ozona in sodelujejo pri učinku tople grede. So zelo pomembna sestavina fotokemičnega smoga v mestih. V ozračju se nahajajo kot posledica izgorevanja fosilnih goriv ob nepopolnem izgorevanju. V zrak lahko pridejo tudi z izhlapevanjem pri pretakanju, prevozu ali skladiščenju goriv (Kakovost zraka ..., 2013).

Benzen je policiklična aromatska spojina s šestimi obroči. Je kancerogen. Ob dolgotrajni izpostavljenosti lahko poškoduje kostni mozeg, kar povzroča zmanjšanje števila belih in rdečih krvnih celic. Gre za dokaj stabilno spojino, ki lahko v ozračju ostane več dni in se tako lahko prenaša na daljše razdalje. Iz ozračja se izloči s pomočjo fotokemičnih reakcij, ki povzročijo tvorbo ozona (Kakovost zraka ..., 2013).

Predpisana letna mejna koncentracija benzena za varovanje ljudi je 5 µg/m³.

Slika 17: Gibanje povprečne letne koncentracije benzena (letna mejna vrednost je 5 ng/m³)



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

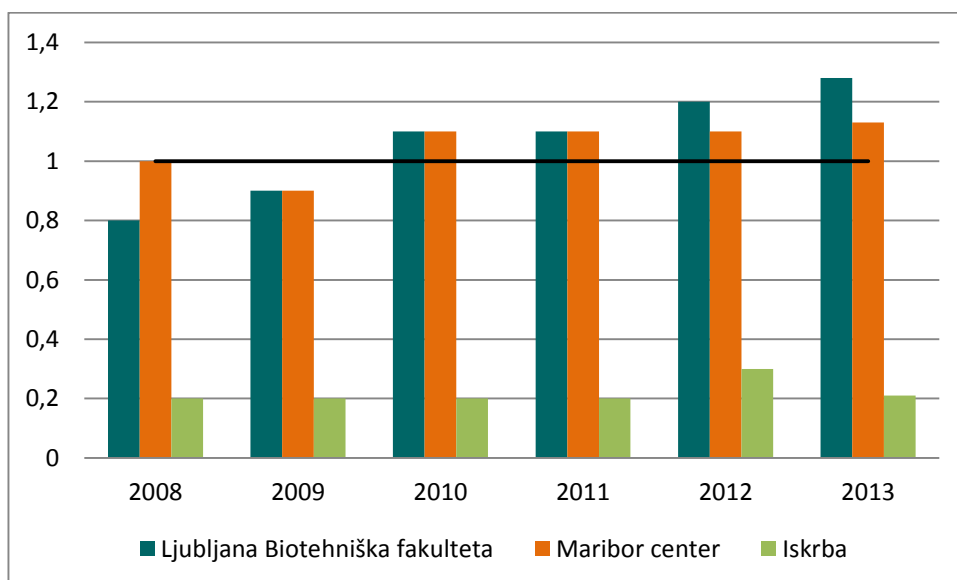
V obdobju 2005–2013 letna mejna vrednost za benzen ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Najvišje koncentracije benzena so bile zabeležene na lokaciji Ljubljana center. Na merilnima mestoma Ljubljana Bežigrad in Maribor, so se koncentracije benzena po

letu 2008 zmanjšale. Zadnjih nekaj let pa je količina izpustov na obeh lokacijah bolj ali manj stabilna. Beležimo pa zmanjšanje koncentracij na merilnem mestu Ljubljana center, kjer meritve benzena potekajo od leta 2009 naprej.

Benzo(a)piren je policiklična aromatska spojina s petimi obroči. Tudi benzo(a)piren je kancerogen. Izpostavljenost pred rojstvom otroka je povezana z nizko težo in vplivom na kognitivni razvoj otrok (Kakovost zraka ..., 2013).

Letna ciljna koncentracija benzo(a)pirena za varovanje ljudi je 1 ng/m³.

Slika 18: Gibanje povprečne letne koncentracije benzen(a)pirena (letna ciljna vrednost je 1 ng/m³)



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ), Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

Koncentracije benzo(a)pirena od leta 2008 naprej na merilnih postajama Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor naraščajo, na merilnem mestu Iskrba pa so koncentracije bolj ali manj stabilne oz. se ne spreminjajo. Letno ciljno koncentracijo za varovanje ljudi od leta 2010 naprej presegata merilni mesti Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor center.

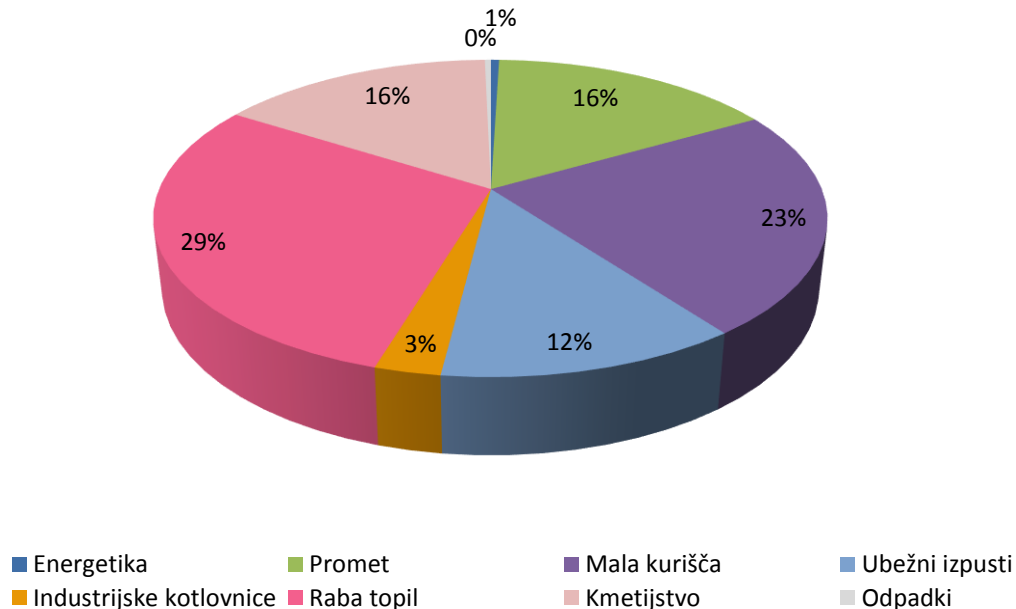
5.1. Izpusti

Glavni vir benzena je promet, zaradi nepopolnega izgorevanja in izhlapevanja goriv. Benzen se namreč uporablja kot dodatek k bencinu. Drugi viri benzena so še industrija nafte in plina ter dejavnosti, pri katerih se uporabljajo oziroma proizvajajo veziva, barve, topila. Vir benzena so tudi individualna kurišča. Naravni izvor benzena pa so vulkani in gozdni požari. Prisoten je tudi v cigaretnem dimu (Kakovost zraka ..., 2013).

Od leta 2003 do leta 2013 so se letni izpusti nemetanskih lahkih ogljikovodikov (NMVOC) v Sloveniji zmanjšali kar za 32 %. Razlog temu je implementacija uredbe o emisiji hlapnih organskih spojin (2012) v zrak iz naprav za skladiščenje in pretakanje motornega bencina ter implementacije uredbe o mejnih vrednostih emisije HOS v zrak iz naprav v katerih se uporabljajo organska topila.

Glavni vir izpustov nemetanskih lahkihplapnih ogljikovodikov (NMVOC) predstavljajo industrijski procesi (25,2 %), mala kurišča (19,8 %), zaradi zastarelih kurilnih naprav na trdna goriva in izpusti iz prometa (14 %).

Slika 19: Struktura izpustov NMVOC v letu 2013

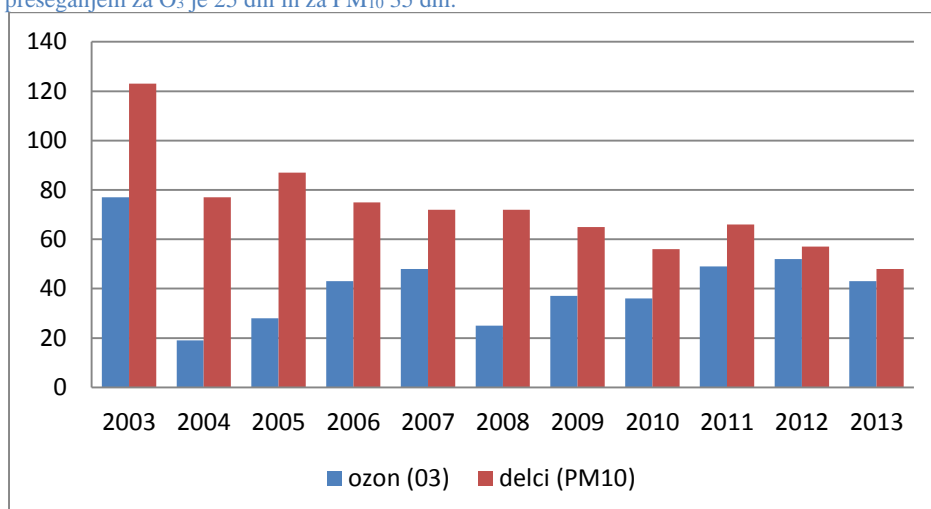


Vir podatkov: Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, Agencija RS za okolje, 2015.

7. Zaključek

Koncentracije glavnih prometnih onesnaževal so se v zadnjih desetih letih zmanjšale, vendar posamezna onesnaževala še vedno presegajo mejne vrednosti in ne dosegajo ciljnih vrednosti, ki jih določajo evropski predpisi. Najbolj problematične so koncentracije delcev, dušikovih oksidov (NO_x) in ozona (O₃), katerih glavni vir izpustov predstavlja promet. Z vidika delcev in dušikovih oksidov (NO_x) so najbolj problematična mestna območja, kjer je gostota prometa veliko večja kot v predmestnih in podeželskih območjih. V urbanih območjih se soočamo z velikim številom dni, ko so koncentracije delcev nad dovoljeno vrednostjo. Največja in največ preseganj koncentracij delcev in dušikovih oksidov so značilna za merilno mesto Ljubljana center. Prostorska razporeditev visokih koncentracij ozona je ravno obratna od razporeditve onesnaženosti zraka z delci in dušikovimi oksidi. Najvišje vrednosti ozona so namreč značilne za merilna mesta, ki so oddaljena od prometnih cest in drugih virov dušikovih oksidov, saj ti povzročijo razgradnjo ozona v običajne molekule kisika. Poleg virov izpustov predhodnikov ozona je nastanek ozona vezan na količino prejete sončne svetlobe. Zaradi tega so povprečne koncentracije ozona višje v višjih legah in na Primorskem. Slednja predstavlja z ozonom najbolj onesnaženo območje v Sloveniji, ki velike količine ozona prejme tudi iz Padske nižine.

Slika 20: Povprečno število dni s preseženo mejno vrednostjo delcev (PM₁₀) in ozona (O₃). Dovoljeno število dni s presežanjem za O₃ je 25 dni in za PM₁₀ 35 dni.



Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne ekološko-meteorološke mreže za spremljanje kakovosti zunanjega zraka, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2015.

Izpusti onesnaževal iz industrije in energetike so se v zadnjem obdobju močno zmanjšali. Tudi izpusti iz prometa se zaradi tehnoloških izboljšav in kakovostnejših goriv zmanjšujejo, vendar gostota prometa ostaja visoka, tako da izpusti onesnaževal iz prometa še vedno predstavljajo veliko grožnjo za zdravje ljudi, rastlin in okolja. Poleg tega so ljudje bolj kot drugim virom izpostavljeni izpustom iz prometa, kar zahteva takojšnje učinkovito, celostno prometno načrtovanje.

8. Viri in literatura

1. Carbon Monoxide Poisoning. URL: <http://www.xcaper.com/technology/documents/COPoisoning.pdf> (Citirano 10. 7. 2015).
2. Cegnar, T., Gjerek, M., Logar, M., Murovec, M., Planinšek, A., Paradiž, B., Fangeli Pucer, J., Rode, B., Rus, M., Turšič, J., 2014. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2013. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija republike Slovenije za okolje, 99 str. URL: http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/porocilo_2013.pdf (Citirano 10. 7. 2015).
3. Cestni blagovni prevoz. SI-STAT Podatkovni portal. Statistični urad Republike Slovenije. URL: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=2221404S&ti=&path=../Database/Ekonomsko/22_transport/02_22212_cestni_transport/02_22214_potniski_prevoz/&lang=2 (Citirano 10. 7. 2015).
4. Cestni potniški prevoz in promet. SI-STAT Podatkovni portal. Statistični urad Republike Slovenije. URL: http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=2207703S&ti=&path=../Database/Ekonomsko/22_transport/02_22212_cestni_transport/03_22077_blagovni_prevoz/&lang=2 (Citirano 10. 7. 2015).
5. Direktiva 2001/81/ES o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka (NEC). 2001. Uradni list Evropske unije, str. 1–13. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2001L0081:20040501:SL:PDF> (Citirano 10. 7. 2015).
6. Dušikov dioksid (NO₂). Okolje.info. URL: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/dusikov-dioksid> (Citirano 10. 7. 2015).
7. Erjavec, F., Mali, I., 2001. Prometna geografija. Celje, Grafika Gracer, 192 str.
8. Farrington, J., 1994. Transport, Environment and Energy. V: Modern transport geography. Chichester, John Wiley & SONS, str. 51–66.
9. Kakšen zrak dihamo. Kakovost zraka v Evropi. 2013. European Environment Agency, 68 str. URL: <http://www.eea.europa.eu/sl/publications/eea-signali-2013-kaksen-zrak-dihamo> (Citirano 10. 7. 2015).
10. Kampa, M., Castanas, E., 2007. Human helath of air pollution. Environmental Pollution, 2. izdaja, 155, str. 362–367. URL: http://ac.els-cdn.com/S0269749107002849/1-s2.0-S0269749107002849-main.pdf?_tid=218de454-2cbe-11e5-8d30-00000aab0f01&acdnat=1437163262_772d53fe26e446b2823e783ea4b2c487 (Citirano 10. 7. 2015).
11. Koleča, T., Bolte, T., Plantan, M., 2013. Onesnaženost zraka z delci PM₁₀ in PM_{2.5} – Kazalci okolja v Sloveniji. ARSO. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=565 (Citirano 10. 7. 2015).
12. Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja, UNECE, 1979.
13. Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja. 1979. UNECE. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1979.CLRTAP.e.pdf> (Citirano 10. 7. 2015).

14. Kovač, N., Šegula, A., Gjerek, M., Bolte, T., Planinšek, A., 2007. Kakovost zraka – Kazalci okolja v Sloveniji. ARSO. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=53 (Citirano 10. 7. 2015).
15. Lampič, B., Ogrin, M., 2009b. Razvoj in vloga cestnega prometa. V: Špes, M., Ogrin, D. Okoljski učinki prometa in turizma v Sloveniji, Ljubljana. Znanstvena založba Filozofske fakultete, str. 22–46.
16. Lep et al., 2004. Analiza eksternih stroškov prometa. Končno poročilo. CRP »Konkurenčnost Slovenije 2001–2006«. Fakulteta za gradbeništvo Maribor, Inštitut za ekonomska raziskovanja Ljubljana, Primorski inštitut za naravoslovne in tehnične vede Koper, 197 str.
17. Logar, M., 2013. Izpusti delcev v zrak – Kazalci okolja v Sloveniji. ARSO. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=545 (Citirano 10. 7. 2015).
18. Logar, M., 2014. Izpusti predhodnikov ozona – Kazalci okolja v Sloveniji. ARSO. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=621 (Citirano 10. 7. 2015).
19. Mekinda Majaron, T., 2014. Izpusti toplogrednih plinov – Kazalci okolja v Sloveniji. ARSO. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=544 (Citirano 10. 7. 2015).
20. Ogrin, M., 2009. Prometno obremenjevanje ozračja. V: Špes, M., Ogrin, D. Okoljski učinki prometa in turizma v Sloveniji. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete, str. 62–73.
21. Ogrin, M., Vintar Mally, K., 2013. Primerjava poletne onesnaženosti zraka z dušikovim dioksidom v Ljubljani med letoma 2005 in 2013. Dela, 40, str. 55–72.
22. Opis območja čezmerne onesnaženosti, analiza stanja onesnaženosti, viri onesnaževanja, vpliv virov onesnaženosti, ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti, odgovorni organi za izvajanje ukrepov. Priloga k odloku o načrtu za kakovost zraka na območju Zasavja. Opis območja čezmerne onesnaženosti, analiza stanja onesnaženosti, viri onesnaževanja, vpliv virov onesnaženosti, ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti, odgovorni organi za izvajanje ukrepov. 2013. Uradni list RS, 108, str. 12518.
23. Planinšek, A., Nježič, D., 2013. Onesnaženost zraka z ozonom 5 – Kazalci okolja v Sloveniji. ARSO. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=568 (Citirano 10. 7. 2015).
24. Plevnik, A., Kovač, N., Nježič, D., 2011. Vpliv prometa na kakovost zraka v mestih – Kazalci okolja v Sloveniji. ARSO. URL: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=574 (Citirano 10. 7. 2015).
25. Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka, Uradni list RS, 2011. 55/11.
26. Uredba o kakovosti zunanjega zraka, Uradni list RS, 2011. 9/11.
27. Uredba o emisijah hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav za skladiščenje in pretakanje bencina, Uradni list RS, 2012. 36/2012. Str. 3674

9. Seznam slik, grafikonov in preglednic

Slika 1: Število dni s preseženo dnevno mejno koncentracijo PM ₁₀ 50 µg/m ³ (lahko presežena največ 35-krat v koledarskem letu).....	3
Slika 2: : Število dni s preseženo dnevno mejno koncentracijo PM ₁₀ glede na tip območja.....	4
Slika 3: Gibanje povprečne mejne koncentracije PM _{2,5} (letna mejna vrednost 25 µg/m ³).....	5
Slika 4: Viri PM ₁₀ (1000 t).....	6
Slika 5: Viri PM _{2,5} (1000 t).....	6
Slika 6: Prispevek posameznih snovi k skupnim izpustom predhodnikov ozona v letu 2012.	8
Slika 7: Število dni s preseženo ciljno vrednostjo za ozon, ko je najvišja povprečna 8-urna drseča vrednost več kot 120 µg/m ³ (letna mejna vrednost je 25 dni).....	8
Slika 8: Število dni s preseženo ciljno vrednostjo za ozon glede na tip območja.....	9
Slika 9: Število ur s preseženo opozorilno vrednostjo za ozon, ko je najvišja urna vrednost več kot 180 µg/m ³	9
Slika 10: Število ur s preseženo opozorilno vrednostjo za ozon, ko je najvišja urna vrednost več kot 180 µg/m ³	10
Slika 11: Parameter AOT40.....	11
Slika 12: Gibanje povprečne letne koncentracije dušikovega dioksida (NO ₂) (letna mejna vrednost je 40 µg/m ³).....	12
Slika 13: Gibanje povprečne letne koncentracije dušikovega dioksida (NO ₂) glede na tip območja....	12
Slika 14: Gibanje kritične vrednosti NO _x za varstvo rastlin (kritična mejna koncentracija NO _x v naravnem okolju je 30 µg/m ³).....	13
Slika 15: Struktura virov izpustov NO _x v letu 2013.....	14
Slika 16: Skupni izpusti CO ₂ , 2003–2012.....	15
Slika 17: Gibanje povprečne letne koncentracije benzena (letna mejna vrednost je 5 ng/m ³).....	16
Slika 18: Gibanje povprečne letne koncentracije benzen(a)piren (letna ciljna vrednost je 1 ng/m ³) ...	17
Slika 19: Struktura izpustov NMVOC v letu 2013.....	18
Slika 20: Povprečno število dni s preseženo mejno vrednostjo delcev (PM ₁₀) in ozona (O ₃). Dovoljeno število dni s presežanjem za O ₃ je 25 dni in za PM ₁₀ 35 dni.....	19