

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PRIMERJAVA IZRAČUNA EMISIJ IZ CESTNEGA PROMETA
ZA MESTO MARIBOR ZA LETI 2010 IN 2015 PO
METODOLOGIJI COPERT**

MIŠEL GORENČIČ

VELENJE, 2017

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PRIMERJAVA IZRAČUNA EMISIJ IZ CESTNEGA PROMETA
ZA MESTO MARIBOR ZA LETI 2010 IN 2015 PO
METODOLOGIJI COPERT**

MIŠEL GORENČIČ
Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: izr. prof. dr. Viktor Grilc

Somentorica: mag. Suzana Prajnc

VELENJE, 2017

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Mišel Gorenčič z vpisno številko 34120013, študent visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor diplomskega dela z naslovom Primerjava izračuna emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leti 2010 in 2015 po metodologiji COPERT, ki sem ga izdelal pod mentorstvom izr. prof. dr. Viktorja Grilca s somentorstvom mag. Suzane Prajnc.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
 - oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
 - so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
 - so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
 - se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
 - se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
 - je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala mag. Margit Berlič Ferlinc, prof. ang. in slo.;
-
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
 - sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne: _____

Podpis avtorja: _____

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju, izr. prof. dr. Viktorju Grilcu, za njegovo odzivnost in izjemno strokovno pomoč pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvala gre tudi somentorici, mag. Suzani Prajnc, ki mi je pomagala pri izbiri teme, mi bila vedno pripravljena pomagati, mi nudila vso potrebno gradivo in me pri izdelavi diplomskega dela vseskozi spodbujala.

Posebna zahvala pa gre moji družini, ki mi je omogočila študij in vsa leta verjela vame ter me podpirala.

Za podporo in pomoč se zahvaljujem tudi svojemu dekletu Heleni in njeni družini.

Najlepša hvala!

Številka: 726-26/2016-2

Datum: 19. 9. 2016

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Mišel Gorenčič** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Primerjava izračuna emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leti 2010 in 2015 po metodologiji COPERT.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

The comparison of calculated emissions from road traffic in the city of Maribor for the years 2010 and 2015 according to the methodology COPERT.

Mentor: **izr. prof. dr. Viktor Grile.**

Somentorica: **mag. Suzana Prajnc.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZVLEČEK:

V Mariboru dolgoletni trendi meritev kakovosti zraka kažejo, da emisije zračnih onesnaževal upadajo. Kljub temu še vedno beležimo preseganja mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal. Preseganja so značilna predvsem za zimsko obdobje, a so tudi v poletnih mesecih ob ugodnih vremenskih razmerah vse prej kot izjema. Eden glavnih virov za slabšo kakovost zraka v Mariboru je cestni promet. Emisije iz cestno prometnega sektorja lahko družbo veliko stanejo, zlasti ko gre za onesnaževanje zraka in izpuste toplogrednih plinov. Škodljive vplive iz prometa pa je možno zmanjšati z izboljšanjem okoljske učinkovitosti motorjev vozil. Prav Euro standard je eden glavnih vhodnih parametrov pri metodologiji COPERT 5, s katero smo določili emisije iz cestnega prometa. V diplomskem delu smo ocenili letne koncentracije emisij šestnajstih onesnaževal zraka za floti vozil iz leta 2010 in 2015 za mesto Maribor. Floti vozil in emisije smo med seboj primerjali in jih grafično predstavili.

KLJUČNE BESEDE: Maribor, kakovost zunanjega zraka, emisije, onesnaževala, cestni promet, COPERT 5.

ABSTRACT:

Trends of air quality long-term measurements in Maribor show that emissions of air pollutants are dropping. Even though we still notice exceeding of some pollutants threshold. Exceeding of the limit is typical especially for winter period. However, it can also be frequent during summer as well. One of the main sources for lower quality of air in Maribor is road traffic. Emissions from road traffic sector can cost the society a lot, especially with air pollution and greenhouse gas exhausts. Harmful effects from the traffic can be lowered with the improvement of environmental vehicle machines' efficiency. Euro standard is one of the main input parameters of the methodology COPERT 5, which has been used for the definition of the road traffic emissions. We have assessed the yearly concentrations of the emissions of sixteen air pollutants for the fleet of vehicles from 2010 and 2015 for the city of Maribor. The fleets of vehicles and emissions have been compared and graphically presented.

KEYWORDS: Maribor, quality of outer air, emissions, pollutants, road traffic, COPERT 5.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opis področja in opredelitev vprašanja	1
1.2	Namen diplomskega dela	2
1.3	Cilji diplomskega dela	2
1.3.1	Delovne hipoteze	2
1.4	Metode dela	2
2	ONESNAŽEVANJE ZUNANJEGA ZRAKA IZ CESTNEGA PROMETA	3
2.1	Zakonske osnove na področju onesnaženosti zunanlega zraka	3
2.2	Opis onesnaževal zunanlega zraka iz prometa	9
2.3	Problematika onesnaženosti zunanlega zraka v Republiki Sloveniji	12
2.4	Stanje kakovosti zunanlega zraka v mestu Maribor	16
3	RAZISKOVALNA METODOLOGIJA	22
3.1	Metodologija EMEP/CORINAIR in predstavitev programa COPERT 5	23
3.2	Vhodni parametri programa COPERT 5	28
3.3	Delitev vozil v kategorije	30
4	PRIMERJAVA REZULTATOV ZA LETI 2010 IN 2015	33
4.1	Lastništvo osebnih avtomobilov v Sloveniji	33
4.2	Primerjava voznega parka za leti 2010 in 2015	34
4.3	Rezultati izračuna emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leto 2010	38
4.4	Rezultati izračuna emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leto 2015	40
4.5	Primerjava rezultatov za izpuste emisij iz cestnega prometa v Mariboru za leti 2010 in 2015	43
5	PREDSTAVITEV REZULTATOV ZA IZPUSTE EMISIJ V MESTU MARIBOR PO PREDPOSTAVKI, DA BI VSA VOZILA IMELA VGRAJENE EURO VI MOTORJE	49
5.1	Predstavitev rezultatov	50
5.2	Primerjava emisij iz generacije vozil z Euro 6 standardom z emisijami iz flote po dejanskih Euro standardih iz leta 2015	52
6	PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI ZRAKA V MESTU MARIBOR	55
7	RAZPRAVE IN SKLEPI	57

8	POVZETEK.....	60
9	SUMMARY	60
10	SEZNAM VIROV IN LITERATURE.....	61

KAZALO SLIK

Slika 1:	Izpusti onesnaževal zraka iz prometa, Slovenija, 1990–2014.....	14
Slika 2:	Izpusti onesnaževal zraka iz avtomobilskega prometa po posameznih onesnaževalih, Slovenija, 2008–2014.....	14
Slika 3:	Število dni s prekoračenimi vrednostmi delcev PM ₁₀ v Sloveniji.....	15
Slika 4:	Srednje letne koncentracije NO ₂ za obdobje od 1992 do 2015, merilno mesto Maribor Center.....	17
Slika 5:	Srednje letne koncentracije NO ₂ na merilnem mestu Vrbanski plato	18
Slika 6:	Srednje letne koncentracije NO _x za obdobje od 2000 do 2015, merilno mesto Maribor Center.....	18
Slika 7:	Srednje letne koncentracije NO _x za obdobje od 2000 do 2015, merilno mesto Maribor	19
Slika 8:	Srednje letne koncentracije PM ₁₀ na merilnem mestu Center za obdobje 2001–2015	20
Slika 9:	Koncentracije O ₃ za leto in poletje za obdobje od 1999 do 2015, merilno mesto Pohorje	21
Slika 10:	Stopnja motorizacije (število osebnih avtomobilov/1000 prebivalcev), Slovenija, 1970–2015.....	33
Slika 11:	Število vozil posamezne kategorije vozil v letih 2010 in 2015 v mestu Maribor	35
Slika 12:	Delež registriranih vozil v Mariboru v letu 2015.....	35
Slika 13:	Delitev vozil, registriranih v Mariboru, glede na emisijske standarde motorja.....	36
Slika 14:	Delitev osebnih vozil z bencinskim motorjem glede na delovno prostornino motorja	36
Slika 15:	Primerjava skupnega števila LTV in OA vozil med letoma 2010 in 2015 glede na vrsto goriva	37
Slika 16:	Primerjava izpustov VOC in NMVOC v letu 2010	39
Slika 17:	Primerjava med količino emitiranih različnih dušikovih spojin	39
Slika 18:	Prikaz skupnih izpustov trdih delcev PM ₁₀ in PM _{2,5} v letu 2010.....	40
Slika 19:	Izpusti toplogrednih plinov iz cestnega prometa v letu Mariboru v letu 2015.....	41

Slika 20: Prikaz emitiranih snovi, ki jih uvrščamo med predhodnike ozona	42
Slika 21: Primerjava emitiranih emisij CO ₂ za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil	43
Slika 22: Primerjava emitiranih emisij CO za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil.....	44
Slika 23: Primerjava emitiranih emisij CH ₄ za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil.....	44
Slika 24: Primerjava emisij VOC in NMVOC za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil.....	45
Slika 25: Primerjava emisij benzena za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil.....	45
Slika 26: Primerjava emisij Benzo(a)pirena za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil	46
Slika 27: Primerjava emitiranih emisij NO _x za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil	46
Slika 28: Primerjava emitiranih emisij N ₂ O za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil	47
Slika 29: Primerjava NH ₃ za leti 2010 in 2015 za osebna vozila.....	47
Slika 30: Primerjava emisij OM za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil.....	48
Slika 31: Primerjava emisij BC za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil	48
Slika 32: Primerjava emisij PM ₁₀ in PM _{2,5} za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil	49
Slika 33: Primerjava izpustov emisij VOC med enoslednimi vozili	51
Slika 34: Primerjava izpustov PM ₁₀ med različnimi tipi vozil	52
Slika 35: Primerjava izpustov TGP med obstoječimi Euro standardi iz leta 2015 in z Euro 6 standardom.....	53
Slika 36: Primerjava emisij VOC in NMVOC med obstoječimi Euro standardi iz leta 2015 in z Euro 6 standardom	53
Slika 37: Primerjava izpustov emisij NO _x med obstoječimi Euro standardi iz leta 2015 in z Euro 6 standardom	54
Slika 38: Primerjava emisij PM ₁₀ in PM _{2,5} med obstoječimi Euro standardi iz leta 2015 in z Euro 6 standardom	54

KAZALO TABEL

Tabela 1: Nacionalne zgornje meje letnih emisij za SO ₂ , NO _x , VOC in NH ₃ , izražene v 1000 t	6
Tabela 2: Mejne in ciljne vrednosti onesnaževal v zunanjem zraku za varovanje zdravja ljudi7	
Tabela 3: Merilna mesta z merjenimi parametri.....	17
Tabela 4: Onesnaževala, ki jih obrovna program COPERT 5, po skupinah	25
Tabela 5: Najnižje in najvišje povprečne mesečne temperature ter povprečna relativna vlažnost	28
Tabela 6: Uporabljeni podatki	29
Tabela 7: Povprečne hitrosti v RS in v Mariboru	30
Tabela 8: Deleži cest in povprečne hitrosti glede na prometno situacijo.....	30
Tabela 9: Prikaz emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leto 2010 v tonah na leto	38
Tabela 10: Prikaz emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leto 2015 v tonah na leto	41
Tabela 11: Prikaz emisij onesnaževal za Euro 6 motorje	50

OKRAJŠAVE

- ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje
- BUS – Avtobusi
- CNG – Stisnjeni zemeljski plin
- COPERT– Computer Program to estimate Emissions from Road Traffic
- E85 – Etanol
- EEA – Evropska agencija za okolje
- EU – Evropska unija
- EURO – Evropski emisijski standardi za motorna vozila
- JPP – Javni potniški promet
- LPG – Utekočinjeni zemeljski plin
- LTV – Lahka tovorna vozila – do 3,5 t
- MOM – Mestna občina Maribor
- MOT – Mopedi in motorji
- NPVO – Nacionalni program varstva okolja
- OA – Osebni avtomobili
- OAB – Osebni avtomobili na bencinsko pogonsko gorivo
- OAD – Osebni avtomobili na dizelsko pogonsko gorivo
- ReNPVO – Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja
- RS – Republika Slovenija
- TGP – Toplogredni plini
- TTV – Težko tovorno vozilo – nad 3,5 t
- WHO – World Health Organization
- ZVO – Zakon o varstvu okolja

SIMBOLI

- B(a)P – Benzo(a)piren
- BC – Črni ogljik
- C₆H₆ – Benzen
- CH₄ – Metan
- CO – Ogljikov monoksid
- CO₂ – Ogljikov dioksid
- N₂O – Didušikov oksid
- NH₃ – Amonijak
- NMVOC – Nemetanski lahkohlapni ogljikovodiki
- NO – Dušikov monoksid
- NO₂ – Dušikov dioksid
- NO_x – Dušikovi oksidi
- O₃ – Ozon
- OM – Organska snov
- PAH – Policiklični aromatski ogljikovodiki
- PM₁₀ – Prašni delci velikosti 10 µm
- PM_{2,5} – Prašni delci velikosti 2,5 µm
- POP – Obstojna organska onesnaževala
- VOC – Lahkohlapne organske spojine

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev vprašanja

Zaradi prometa je čezmerno onesnaženi zrak eden najbolj perečih okoljskih problemov v evropskih mestih. V zadnjih desetletjih je sicer opazen trend zmanjševanja emisij mnogih antropogenih onesnaževal zraka. Kljub temu so koncentracije onesnaževal še vedno zelo visoke in na letni ravni ponekod presegajo dovoljene zgornje meje. Zmanjševanje onesnaževanja zraka iz prometa zato ostaja eden glavnih ciljev Evropske unije na področju varstva okolja (EEA, [medmrežje], 2016). Onesnaževanje zraka pa predstavlja problem tudi v Sloveniji. Kotlinske lege urbanih središč, pogoste ter dolgotrajne temperaturne inverzije in brezvetrje pogosto pogojujejo klimatske razmere, ki so neugodne za razredčevanje onesnaženega zraka. Pri takšnih pogojih že manjši izpusti obremenjujejo kakovost zraka (Kakovost zraka, [medmrežje], 2014, str. 1). Poročilo o kakovosti zraka (EEA-2015 report, [medmrežje] str. 22–38) iz leta 2015 Slovenijo postavlja visoko med države, ki spadajo med najbolj onesnažene s spojinami ozona, dušikovih oksidov, benzo(a)pirena ter s prašnimi delci velikosti 2,5 in 10 μm .

V Mariboru potekajo meritve kakovosti zunanjega zraka že od leta 1978 in na podlagi večletnih trendov lahko trdimo, da se kakovost zraka v mestu izboljšuje. Razlogi za izboljšanje kakovosti zraka so, zraven propada nekdanjih velikih industrijskih obratov, še prehod na ogrevanje s plinom, energetska obnova stavb in dokončanje avtocestnega odseka mimo Maribora (Čanč in Bobič 2013, str. 4–7). Gotovo pa so eden glavnih krivcev za izboljšanje pravne podlage uredbe, ki z različnimi ukrepi omejujejo izpuste emisij. Navkljub izboljšanju kakovosti zraka pa le-ta še vedno ostaja eden izmed bolj perečih okoljskih problemov v mestu. Zaradi načina življenja, neenakomerne razvitosti prometnih sektorjev, geografskih značilnosti Slovenije in drugih vzrokov večina prebivalcev Slovenije svoje potrebe po mobilnosti zadovoljuje z osebnimi avtomobili (Prajnc, 2012, str. 2–4). Prodaja avtomobilov v Sloveniji po dveh letih zatišja ponovno raste in je trenutno na ravni iz leta 2010. Po številu avtomobilov v Evropi na 1000 prebivalcev Slovenijo najdemo na 9 mestu, kar jo postavlja pred nekatere razvitejše članice Evropske unije (EEA, [medmrežje], 2011). Slabše socialno stanje v državi vpliva na starost voznega parka, ki se povečuje in je glede na evropsko starostno povprečje nekoliko nazadovalo. Starost avtomobila posredno izraža tudi njegovo okoljsko učinkovitost, kar pa vodi v poglobljanje okoljskih problemov zaradi prometa.

Onesnaženost zraka v Mariboru sicer ni kritično, še vedno pa prihaja do občasnih preseganj mejnih vrednosti katerega od antropogenih onesnaževal. Merilna postaja Center je osnovno merilno mesto v Mariboru in je v državni merilni mreži, drugo reprezentativno merilno mesto je na Urbanskem platoju, ki je nedaleč iz centra mesta. Merjenje prisotnosti ozona poteka tudi na Pohorju. Emisij iz posameznih virov pa ni možno vedno meriti z merilnimi napravami, zato uporabljamo različne računske metode. Emisije iz cestnega prometa se računajo na osnovi mnogih prometnih podatkov. Ena takšnih metod je računanje emisij z metodologijo COPERT, pri kateri se uporabljajo prometni podatki in specifični emisijski faktorji za posamezne kategorije vozil. Emisijski faktorji pa niso odvisni le od vrste in lastnosti vozila, pač pa tudi od načina vožnje in mnogih drugih dejavnikov. Določevanje emisij iz prometa postaja v mestih vedno bolj pomembno, saj so ti podatki osnova za pripravo študij o ranljivosti okolja ter o vplivih onesnaževal na zdravje ljudi in živa bitja. Tovrstne študije so pomembne tudi za razumevanje podatkov, ki jih pridobimo iz merilnih postaj za meritve kakovosti zunanjega zraka ter za pomoč ob spremembah prometnih scenarijev (Prajnc, 2012, str. 2–4).

1.2 Namen diplomskega dela

Za boljše razumevanje rezultatov bomo najprej predstavili zakonske osnove s področja onesnaženosti zunanje zraka. Sledi predstavitev stanja kakovosti zraka na državni ravni in v Mariboru. Namen diplomskega dela je predstaviti raziskovalno metodologijo Copert 5 in izračune emisij iz prometa s tem programom. Rezultate iz leta 2015 bomo nato primerjali s prometnimi podatki iz leta 2010. Za omenjeni leti bomo predstavili spremembe v voznem parku. Sledi še izračun emisij po predpostavki, da bi vsa registrirana vozila mesta Maribor imela vgrajene EURO 6 motorje. Na podlagi teh rezultatov bomo podali predloge za znižanje cestno prometnih emisij za mesto Maribor.

1.3 Cilji diplomskega dela

- Uporaba metodologije COPERT 5 za izračun emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor.
- Primerjava rezultatov izpustov emisij iz prometa v Mariboru za leti 2010 in 2015.
- Primerjava voznega parka za leti 2010 in 2015 za mesto Maribor.
- Izračun emisij po predpostavki, da bi vsa vozila imela vgrajene EURO VI motorje.
- Predlogi za znižanje koncentracij emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor.

1.3.1 Delovne hipoteze

Hipoteza 1: Registrirano število vozil v Mariboru se je od leta 2010 do 2015 povečalo.

Hipoteza 2: Izpustov emisij iz cestnega prometa je bilo v letu 2015 manj kot leta 2010.

Hipoteza 3: Leta 2015 je bilo v Mariboru več vozil z višjim EURO standardom kot pred petimi leti; tudi zato se kakovost zraka v mestu izboljšuje.

1.4 Metode dela

Pri pisanju diplomskega dela si bomo ob drugih virih pomagali še z različnimi raziskavami, ki so bile narejene na to temo za mesto Maribor. Dobljene izide bomo nato primerjali z rezultati izračuna za prometne podatke iz leta 2010. Za analiziranje podatkov in za njihov lažji prikaz v diplomskem delu bomo uporabili veliko različnih tabel in grafov.

- **Opisna metoda:** Zbiranje podatkov iz različnih virov in raziskav.
- **Primerjalna metoda:** Skozi celoten raziskovalni del bomo primerjali izmerjene podatke in modelne rezultate za leti 2010 in 2015.
- **Statistična metoda:** To metodo bomo uporabili pri analiziranju podatkov in za lažji prikaz le-teh.
- **COPERT 5:** Uporabili bomo program COPERT 5 za izračun emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor.

2 ONESNAŽEVANJE ZUNANJEGA ZRAKA IZ CESTNEGA PROMETA

2.1 Zakonske osnove na področju onesnaženosti zunanjega zraka

- **Zakon o varstvu okolja** (Uradni list RS, št. 39/06)

Zakon je osnova slovenske zakonodaje na področju naravnega okolja. Namen zakona je spodbujanje in usmerjanje razvoja družbe v smeri dolgoročnih pogojev za človekovo zdravje, počutje in kakovost njegovega življenja. Na podlagi zakona (ZVO) je bil leta 1999 sprejet Nacionalni program varstva okolja (NPVO), leta 2005 pa še resolucija o njem.

- **Nacionalni program varstva okolja (Uradni list RS, št. 83/99 in 41/04 – ZVO-1) in Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja 2005-2012** (Uradni list RS, št. 2/06)

NPVO in ReNPVO sta osredotočena na razreševanje najpomembnejših problemov v okolju in sta usmerjena k dolgoročnemu obvladovanju problematike razmerij med naravo in družbo. Osnovni cilj NPVO je boljše okolje za življenje v Sloveniji ter uveljavitev okolja kot omejitvenega in spodbujevalnega dejavnika razvoja. Da bi se obvladovanju onesnaževanja zraka približali na vseh področjih, so bili za posamezna onesnaževala časovno določeni cilji. Določeni so bili predvideni okvirni cilji po onesnaževalih:

- Priprava in izvajanje ukrepov za zmanjšanje emisij TGP v skladu z obveznostmi iz Kjotskega protokola – toplogredni učinek emisij CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆ je treba zmanjšati za 8 % glede na leto 1986.
- Prepoved izpuščanja v zrak snovi, ki ogrožajo ozonski plašč.
- Zmanjševanje emisij SO₂ iz leta 1980 za 45 %.
- Izvajanje ukrepov na področju prometa za doseg dovoljenih obremenitev z NO_x.
- NH₃: cilji bodo prilagojeni mednarodnim obveznostim.
- Izvajanje ukrepov za zmanjšanje emisij hlapnih organskih snovi (VOC).
- Zmanjševanje emisij težkih kovin (Cd, Hg, Pb,) v skladu z določili protokola o težkih kovinah.
- Prašni delci: uveljavitev sprejetih predpisov.
- Za POP onesnaževala je bilo potrebno opraviti analizo stanja in cilje določiti na prizadetih lokacijah.

Glavni cilji za zmanjšanje cestno prometnih emisij so:

- Zmanjševanje individualnega prometa na urbanih območjih in hkratno povečanje uporabe javnega prometa in izboljšanje le-tega.
- Preusmeritev dela tovornega prometa na železnice.
- Zmanjšanje osebnega potniškega prometa (predvsem na krajših razdaljah v mestih).
- Spodbujanje uporabe osebnih vozil, ki manj obremenjujejo okolje.
- Ekonomski ukrepi, kot so podražitev parkiranja v urbanih središčih, pocenitev JPP in njegova izboljšava v smislu pogostosti voženj, podražitev cestnih pristojbin za tovorna vozila.

- **Resolucija o prometni politiki Republike Slovenije (Intermodalnost: čas za sinergijo)** (Uradni list RS, št. 58/06)

Z vstopom Slovenije v Evropsko unijo je bilo potrebno na področju prometa zagotoviti enotno delovanje različnih prometnih sistemov. Resolucija o prometni politiki Republike Slovenije (Intermodalnost: čas za sinergijo) je namenjena modernizaciji, deregulaciji, internacionalizaciji prometa, ki bi dvignila mobilnost ter kakovost storitev na višjo raven. Dobra prometna razvitost je eden temeljnih pogojev za gospodarski razvoj države. Na uspešnost uresničevanja prometne politike vpliva tudi širše družbeno okolje, zato je pri načrtovanju te politike treba upoštevati in poznati tudi politiko drugih področij, ki mejijo ali se pokrivajo s prometnim, mednje spadata tudi okolje in prostor. RePPRS je dokument, ki opredeljuje izhodišča, cilje, ukrepe za doseganje ciljev in ključne nosilce prometne politike.

Splošni cilji prometne politike na nacionalni ravni so razvrščeni po stopnji prioritete:

- učinkovita poraba energije in čisto okolje;
- povečanje obsega in kakovosti javnega potniškega cestnega in železniškega prometa;
- prenos blaga v tranzitu na železnico;
- ozaveščanje in informiranje prebivalstva o trajnostni mobilnosti;
- zagotovitev potrebne prometne infrastrukture tako za kopenski kot tudi pomorski in zračni transport, ki bo sledil načelom trajnostnega in skladnega regionalnega razvoja;
- zagotovitev zanesljivega, varnega, cenovno konkurenčnega in okolju prijaznega transporta v tovornem in potniškem prometu.

Splošni ukrepi prometne politike na nacionalni ravni:

- izdelava celovitega prometnega modela z ustreznim izračunom virov in intermodalnosti povezav in virov;
 - razvoj novih transportnih tehnik in tehnologij, ki bodo za okolje manj obremenjujoče;
 - predpisi in drugi akti, s katerimi je potrebno urediti predvsem pogoje za razvoj kakovostne tržne strukture ter podpreti celovite logistične storitve in enotno delovanje javnega potniškega prometa;
 - spodbujanje uporabe varčnejših in ekološko sprejemljivejših vozil;
 - vzgoja in izobraževanje, obveščanje in trženje, s čimer bi pri ljudeh vzbudili zavest o pomenu transportnega sistema, njegovem delovanju in optimalni uporabi transportne infrastrukture.
- **Operativni program ukrepov zmanjšanja emisij toplogrednih plinov do leta 2020**

Konec leta 2008 je Slovenija sprejela nove pravno obvezujoče cilje za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov do leta 2020. Obveznost zmanjšanja emisij toplogrednih plinov se nanaša tudi na emisije iz rabe goriv v prometu. Cilj Slovenije do leta 2020 je, da se emisije TGP ne bodo povečale za več kot 4 % glede na leto 2005. Ker ima Slovenija tudi pravno obvezujoče letne cilje od 2013–2020, se obveznosti zmanjšanja emisij TGP ne nanašajo le na obdobje do leta 2020. Letni izpusti emisij ne smejo biti večji od ciljnih letnih emisij. Obveznosti zmanjšanja emisij TGP iz prometa se nanaša na emisijo CO₂, CH₄ in NO₂. Za zmanjševanje emisij TGP so pomembne tudi dolgoročne ambicije podnebne politike do leta 2030 in 2050. Cilj prometne politike bo tako zaustaviti hitro rast emisij, da se ne bodo povečale za več kakor 18 % do leta 2030 glede na leto 2005, kar pomeni 15 % zmanjšanje glede na leto 2008. Cilj na področju prometa do leta 2050 je zmanjšanje emisij za polovico in s tem prehod na nizkoogljično družbo. Splošni ukrepi za spodbujanje zelene rasti gospodarstva so osredotočeni na trajnostno

potrošnjo in proizvodnjo, podporo raziskavam ter zmanjšanje okolju škodljivih subvencij in pravilno določitev cen.

Subvencije, ki spodbujajo neučinkovito rabo fosilnih goriv in so v nasprotju s cilji zmanjševanja emisij TGP, bodo postopoma znatno zmanjšane. Promet je pri doseganju državnih ciljev ključni sektor.

Ukrepi na tem področju so:

- promocija in konkurenčnost javnega potniškega prometa;
- spodbujanje trajnostnega tovornega prometa;
- povečanje energetske učinkovitosti cestnih motornih vozil in
- spodbujanje nemotoriziranih oblik prometa.

Cilji:

- učinkovitejše upravljanje sistema javnega prevoza z ustanovitvijo upravljavca, večletnimi koncesijskimi pogodbami in ustrezno tarifno politiko ter sistemom subvencioniranja vozovnic različnih ciljnih skupin;
 - subvencije za vzpostavitev intermodalnosti in povečanje prevoza tovora po železnici;
 - shema prostovoljnih ali obveznih programov za spodbujanje ekonomičnosti dostavnih in tovornih vozil v povezavi s subvencijami/oprostitvami plačila dajatev;
 - nadaljnje označevanje vozil in pnevmatik, tudi v smeri vrednotenja vplivov v življenjski dobi, zmanjšanje specifičnih emisij pri vozilih;
 - spodbujanje nakupa novih vozil z nizkimi emisijami, usmerjanje in spodbujanje razvoja polnilne infrastrukture za nove energente z nižjimi emisijami, spodbujanje varčne vožnje;
 - obvezni delež goriv z nizkimi emisijami (bio goriv v gorivih za pogon motornih vozil), če bodo proizvajalci vozil zagotavljali, da ne vpliva na življenjsko dobo vozil;
 - izvajanje aktivnosti, ki zmanjšujejo vplive osebnega prometa na kakovost zraka in uravnavajo naraščajoče potrebe po mobilnosti z izboljšavami na področju trajnostne mobilnosti, kar prispeva k večji kakovosti bivanja (za doseganje ciljev bodo sredstva vložena v izdelavo celostnih prometnih strategij, ki bodo smiselno določila nabor ukrepov trajnostne mobilnosti na nivoju občine ali regije);
 - zeleno javno naročanje in spremembe v sistemu obračuna potnih stroškov;
 - upoštevanje specifičnih emisij CO₂ kot merila pri oblikovanju davkov in drugih dajatev, zlasti dajatev za uporabo cest.
- **Uredba o nacionalnih zgornjih mejah emisij onesnaževal zunanjega zraka** (Uradni list RS, št. 24/05, 92/07 in 10/14)

Uredba o nacionalnih zgornjih mejah emisij onesnaževal zunanjega zraka v skladu z Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta določa nacionalne zgornje meje emisij za nekatera onesnaževala za leti 2010 in 2020. Ta uredba se uporablja za emisije iz vseh virov onesnaževal, ki so antropogenega izvora in nastajajo na ozemlju RS. Dolgoročni okoljski cilji ukrepov za doseganje mej emisij onesnaževal so izboljšanje varstva okolja in zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zakisljevanja, eutrofikacije tal in prizemnega ozona, preprečevanje preseganja kritične ravni ter kritične obremenitve in učinkovita zaščita vseh skupin prebivalstva pred znanimi tveganji zdravja zaradi onesnaženosti zraka.

Tabela 1: Nacionalne zgornje meje letnih emisij za SO₂, NO_x, VOC in NH₃, izražene v 1000 t

Onesnaževalo	SO ₂	NO _x	VOC	NH ₃
Zgornje meje emisij v RS	27	45	40	20

Vir: Uredba o nacionalnih zgornjih mejah emisij onesnaževal zunanjskega zraka, Priloga 1

- **Operativni program doseganja nacionalnih zgornjih mej onesnaževal zunanjskega zraka/Revizija operativnega programa doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij onesnaževal zunanjskega zraka iz leta 2005** (Uradni list RS, št. 24/05)

Program je Vlada RS sprejela 2005. Pripravljen je bil z namenom doseganja državnih zgornjih mejnih vrednosti emisij onesnaževal zunanjskega zraka. S programom bo Slovenija zmanjšala vpliv škodljivih učinkov zakisljevanja, eutrofikacije tal in prizemnega ozona na okolje in prebivalstvo. Operativni program poleg omenjenih snovi vključuje tudi projekcije emisij prašnih delcev, manjših od 10 in 2,5 mikrometrov, z namenom vključevanja mejnih emisij za le-te.

Operativni program za področje prometa predpisuje naslednje ukrepe z dodanimi ukrepi:

- znižanje vsebnosti žvepla v tekočih gorivih;
- standardi EURO za cestni promet;
- vgradnja ogljikovega zbiralnika bencinskih hlapov v nova osebna vozila;
- zmanjšanje cestnega tranzitnega prometa.

Iz Operativnega programa izhajajo tudi ukrepi za zmanjševanje emisij TGP. Pomembni so zaradi znižanja porabe goriva. Za doseg tega cilja so bili predstavljeni naslednji ukrepi:

- za zmanjšanje emisij CO₂ iz osebnih vozil in izboljšanje ekonomičnosti porabe goriva so določili tri dodatne podukrepe:
 - obveznost avtomobilske industrije glede izboljšanja ekonomičnosti porabe goriva;
 - označevanje ekonomičnosti porabe goriva na osebnih vozilih;
 - spodbujanje učinkovitosti porabe goriva pri vozilih z davčnimi ukrepi;
 - spodbujanje javnega potniškega prometa (vzpostavitev intermodalnih terminalov (prestopnih točk), uvedba enotne vozovnice, vzpostavitev informacijskih centrov itd.);
 - kordonske cestnine in vinjete;
 - spodbujanje intermodalnosti v tovornem prometu in povečanje deleža železnic.
- **Uredba o kakovosti zunanjskega zraka** (Uradni list RS, št. 9/11 in 8/15)

Uredba o kakovosti zunanjskega zraka določa standarde kakovosti zunanjskega zraka. Da bi se izognili škodljivim učinkom na zdravje ljudi in okolje, določa uredba ciljne, mejne, opozorilne in kritične alarmne vrednosti. Določa tudi način obveščanja javnosti ob preseganju opozorilne in alarmne vrednosti za določena onesnaževala in obveznost priprave načrtov za ohranjanje in izboljšanje kakovosti zunanjskega zraka.

Tabela 2: Mejne in ciljne vrednosti onesnaževal v zunanjem zraku za varovanje zdravja ljudi

Onesnaževalo	Enota	URNA		DNEVNA		LETNA
		Mejna	Št/pre.	Mejna	Št/pre.	Mejna
Žveplov dioksid	µg/m ³	350	24	125	3	
Dušikov dioksid	µg/m ³	200	18			40
Ozon	µg/m ³	120**	25***			
Delci PM ₁₀	µg/m ³			50	35	40
Delci PM _{2,5}	µg/m ³					25**
Benzen	µg/m ³					5
Ogljikov monoksid	mg/m ³	10*				
Benzo(a)piren	ng/m ³					1**
Svinec	µg/m ³					0,5
Arzen	ng/m ³					6**
Kadmij	ng/m ³					5**
Kalij	ng/m ³					20**

Vir: Prajnc, 2016

Št/pre. – dovoljeno število preseganj v koledarskem letu

* osemurna mejna vrednost

** ciljna vrednost

*** v koledarskem letu triletnega povprečja

- **Operativni program varstva zunanjega zraka pred onesnaževanjem z delci PM₁₀**

Program določa, da morajo države članice sprejeti programe ukrepov, s katerimi zagotovijo, da koncentracije PM₁₀ v zunanjem zraku ne presegajo mejnih vrednosti. Ta program določa nosilce in daje izhodišča za pripravo, sprejem in izvedbo teh programov ukrepov, vse z namenom zagotavljanja varstva zdravja ljudi na območjih, kjer so mejne vrednosti koncentracij prašnih delcev PM₁₀ presežene. Za vsako območje, kjer so presežene mejne vrednosti koncentracij PM₁₀, vlada sprejme program ukrepov.

Ukrepi:

- omejevanje uporabe TTV, ki ne dosegajo sodobnejših EURO standardov;
- zamenjava vozil JPP za vozila, ki so proizvedena v skladu s sodobnejšim EURO standardom;
- ureditev parkirišč za osebna vozila na obrobju mest;
- omejevanje hitrosti vozil na obvoznicah v zimskih dnevih.
- **Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka** (Uradni list RS, št. 55/11 in 6/15)

Naloge pravilnika so:

- ocenjevanje kakovosti zraka;
- odobritev merilnih sistemov (metode, oprema, mreže, laboratoriji);
- zagotavljanje natančnosti meritev;
- analiziranje metod in
- usklajevanje programov zagotavljanja ocenjevanja kakovosti zraka v RS, če jih za EU organizira Evropska komisija.

Ministrstvo zagotavlja, da so najnovejši podatki o koncentracijah onesnaževal v zunanjem zraku redno dostopni javnosti.

- **Odredba o določitvi območja in razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka** (Uradni list RS, št. 50/11)

Uredba določa stopnjo onesnaženosti zraka zaradi SO₂, CO₂, NO_x, PM₁₀, benzena, CO, O₃, in PAH v zraku za območja, aglomeracije, cone in podobmočja, ki so določeni v predpisu, ki ureja kakovost zunanjega zraka. Določa pa tudi razvrstitev območij in aglomeracij glede na raven prej naštetih onesnaževal zunanjega zraka v primerjavi s spodnjim in zgornjim ocenjevalnim pragom.

- **Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku** (Uradni list RS, št. 56/06)

Ta uredba v skladu z Direktivo Evropskega Parlamenta in Sveta 2004/107/ES določa:

- ciljne vrednosti koncentracij arzenia, kadmija, niklja in benzo(a)pirena v zraku;
- izvajanje ukrepov za ohranjanje kakovosti zraka v povezavi z onesnaženostjo zraka omenjenih onesnaževal na območjih, kjer je kakovost zraka zelo dobra;
- metode in merila za ocenjevanje koncentracij arzenia, kadmija, živega srebra, niklja in policikličnih aromatskih ogljikovodikov v zraku ter usedline arzenia, kadmija, živega srebra, niklja in policikličnih aromatskih ogljikovodikov;
- obveščanje javnosti o podatkih o onesnaženosti zraka.

2.2 Opis onesnaževal zunanjega zraka iz prometa

Prometno onesnaževanje ozračja se prične z izpustom (emisijo) izpušnih plinov v ozračje. Ti plini so posledica izgorevanja goriv v motorjih prevoznih sredstev. Ob plinih se v zrak sproščajo tudi majhni delci, ki pa niso povezani samo z izgorevanjem goriv, pač pa se pojavljajo tudi z obrabo delov vozil, kot so pnevmatike, zavore in podobni obrabni deli vozil. Emisije delcev se v zraku pojavljajo tudi zaradi resuspenzije sekundarnih delcev ter soli s cestnišč. Po izpustih v zrak se te snovi širijo po širšem območju v odvisnosti od več naravnih in nenaravnih dejavnikov. V zraku se zadržijo različno dolgo, in sicer od nekaj ur do več tednov. Snovi, ki v zraku ostanejo kratek čas, so navadno večji delci in neobstoječi plini. Večji delci se hitro posedejo na tla, neobstoječi plini, kot na primer dušikov monoksid, pa hitro reagirajo z drugimi plini v zraku. Ogljikov dioksid ali drugi manjši lebdeči delci lahko v zraku ostanejo veliko dlje (Ogrin, 2008, 15; povzeto po Ogrin 2007). Na kakovost zraka vplivajo izpusti onesnaževal in njihov prenos v prostoru, na kar vplivata molekularna difuzija in predvsem turbulentna (konvekcijska) difuzija, ki je približno 10.000-krat močnejša od molekularne (Ogrin, 2008, 15; povzeto po Petkovšek in Vrhovec, 2000).

- **Delci PM₁₀ in PM_{2,5} µm**

Izraz delci se uporablja kot splošen pojem, ki obsega suspendirane delce (tekoče in trdne) v plinu. PM_{2,5} se nanaša na fine delce, ki imajo premer manjši od 2,5 µm. PM₁₀ pa so grobi delci z aerodinamičnim premerom pod 10 µm (ARSO, 2014, 19). Del delcev prehaja v ozračje iz virov na površini (primarni delci), medtem ko so drugi posledica različnih pretvorb v ozračju (sekundarni delci) (Ogrin, 2008, 17). Pojav primarnih delcev v zunanjem zraku je posledica neposredne emisije prahu v zrak, sekundarni delci pa nastajajo kot posledica kemijske reakcije med onesnaževali, ki so za nastajanje delcev predhodniki (npr. amonijak, žveplov dioksid). Sekundarni delci so tudi delci, ki so se kot depozit odložili na tla in se s pomočjo vetra ali čiščenja cestnišč ponovno dvignejo v zrak. Na delce se lahko vežejo številne snovi, kar pa je odvisno od vira delca. V veliki večini je najpogostejša komponenta delcev ogljik (Bilban, 2013, 18). Glavni vir delcev PM₁₀ je zgorevanje trdih goriv v individualnih kuriščih. Pojavlja se predvsem zaradi uporabe lesa v neučinkovitih starih kuriščih ali drugih napravah z neoptimalnim zgorevanjem lesne biomase. Leta 2011 so mala kurišča prispevala 66 % delež primarnih delcev velikosti manjših od 10 µm. Daleč največji vir so mala kurišča za fine delce 2,5 µm, saj prispevajo kar 79 % k skupnim emisijam primarnih delcev, na drugem mestu najdemo promet z 9 % deležem. Delež izpustov na izpuhu predstavlja 70 % delcev PM_{2,5}, obraba gum in zavor prispevata 19 % in obraba cestnišč 11 %. Največ delcev v prometnem sektorju doprinesejo vozila na dizelski pogon. Najnovejše tehnologije v osebnih avtomobilih (EURO 6) predvidevajo zmanjševanje izpustov za te delce do 80 % glede na (EURO 4) motor. Zmanjševanja emisij delcev iz prometnega sektorja pa ni zaznati zaradi vsakoletnega večanja števila vozil. Zaradi obsežnosti pojavljanja delcev po svetu so dobro raziskani tudi njihovi vplivi na zdravje človeka. Poleg omenjenega ogljika so glavne komponente delcev še amonij, sulfat in nitrat, ki pa so iz zdravstvenega vidika zanemarljivi (Zavod PEC, 2015, 7-9). Pomembnejši so delci, na katere so vezane težke kovine, kot so kadmij, arzen, svinec, cink, saj so toksični in poškodujejo dedni material ter povzročajo vnetja. Organska topila prav tako poškodujejo dedni material, so rakotvorna, predvsem spojine PAH. Velikost delcev pogojuje globino njihovega prodiranja vzdolž dihalnih poti. Delci velikosti 10 µm se običajno ustavijo v vlažnih predelih nosne, ustne votline ter žrela. Zraven velikost delcev so zelo pomembne tudi fizikalno-kemijske lastnosti. Manjši so delci, večja je njihova skupna površina, kar olajša raztapljanje in absorpcijo snovi, ki so vezane nanje. Plini, ki se v vodi lažje raztapljajo, reagirajo s plastjo sluzi višje v dihalni poti, slabše vodotopni plini pa prodrejo vse do pljučnih mešičkov ali celo bronhijev. Ker jih alveolarni makrofagi slabše odstranjujejo, ostanejo prašni delci dlje časa v področju pljučnih mešičkov in povzročajo draženje (Bilban, 2013, 18).

Dolgotrajna stalna izpostavljenost ima neprimerno večji učinek na zdravje kot občasna kratkotrajna izpostavljenost večjim koncentracijam delcem PM₁₀. Zato kakršnokoli zmanjšanje koncentracije delcev v ozračju predstavlja zmanjšanje tveganja za zdravje prebivalcev (Zavod PEC, 2015, 10; povzeto po ARSO, Urad za meteorologijo).

- **Troposferski ozon – O₃**

Ozon je sekundarno onesnaževalo, kar pomeni, da nastane z reakcijami med primarnimi onesnaževali. Gre za zmes ogljikovodikov, dušikovih oksidov in drugih spojin, ki jim pravimo tudi predhodniki ozona. Pod vplivom sončne svetlobe reagirajo v zmes spojin, ki jih zaobjamemo s pojmom fotokemični smog. Eden od produktov je tudi ozon. Za njegov nastanek je zelo pomembno, da je v okolici na voljo dovolj CO₂ in drugih primarnih onesnaževal. Nasprotno pa koncentracijo ozona zmanjšuje prisotnost dušikovega monoksida. To je tudi eden od razlogov, da so koncentracije ozona ob neposredni bližini cest in virov NO nižje. Na območjih, kjer je dušikovega monoksida manj, se ozon razkraja počasneje, za to so navadno na območjih stanovanjskih sosesk in drugih predelih, kjer ni toliko spojin dušikovega monoksida, koncentracije ozona višje (Ogrin, 2008, 25). Ozon se dobro absorbira v vseh predelih pljuč in ob vstopu v dihalna sproži verižne reakcije oksidacije. Plin najprej reagira z različnimi sestavinami tekočinske plasti nad epitelijem dihal, med katerimi so tudi antioksidanti. Akutni in kronični učinki ozona na ljudi so:

- respiratorni in drugi simptomi: kašelj, draženje oči in sluznice, bolečine pri globokem vdihu, občutek utesnenosti v prsnem košu, redkeje tudi glavobol in slabost;
- upad pljučne funkcije, povečana frekvenca dihanja;
- vnetje dihalnih poti.

Vnetje je lahko prehodno, pri dolgotrajnejši izpostavljenosti pa povzroča trajne strukturne spremembe dihal. Ozon velja za močnega dražljivca, kar se kaže v draženju ali pekočem občutku v očesni veznici in sluznici zgornjih dihal, bolečinah pri dihanju in občutku stiskanja v prsih. Negativni učinki še posebej prizadenejo osebe s kroničnimi boleznimi dihal. Pri teh ljudeh zmanjšuje pljučno funkcijo, oži dihalne poti in veča njihovo občutljivost dihal. Akutno vnetje lahko preko sistemskih učinkov škodljivo vpliva tudi na delovanje srca in poveča umrljivost. Ob kronični izpostavljenosti ozonu se pojavi večje tveganje za razvoj astme in skrajšanje pričakovane življenjske dobe (Bilban, 2013, 18).

Po raziskavi EEA je bilo leta 2013 kar 15 % evropskega prebivalstva izpostavljeno prekomernim koncentracijam ozona na urbanih območjih. Slovenija se po onesnaženosti z ozonom uvršča med države, ki veljajo za najbolj onesnažene. Ta raziskava jo uvršča na drugo mesto v EU (EEA, 2015, 27).

- **Benzen – C₆H₆**

Benzen je aromatska spojina brez barve, lahkohlapna in zelo vnetljiva tekočina. Spada med nemetanske lahkohlapne ogljikovodike NMVOC (ARSO, 2014, 91). Benzen se pridobiva iz premogovega katrana, nekaterih frakcij nafte ali sintetično. Glavni izvor benzena v zraku mestnih središč je cestni promet. Uvrščamo ga v I. skupino, ki je kancerogena za človeka, pri čemer se izpostavljenost visokim koncentracijam povezuje s povečanim rizikom akutnih levkemij (Bilban, 2013, 18). Onesnaževanje z ogljikovodiki, kot je benzen, postaja v mestih resen problem. Bencinski servisi so poleg prevoznih sredstev pomemben vir emisij benzena (Ogrin, 2008, 26). Leta 2013 so v državah EU merili koncentracije benzena. V raziskavo so vključili 646 bencinskih servisov, kar je glede na velikost Unije in število servisov relativno malo. V 85 % so izmerili koncentracijo benzena pod 2 µg/m³, kar je pod mejno vrednostjo, ki jo določa zakonodaja, po kateri je lahko koncentracija benzena v zraku 5 µg/m³. Mejno vrednost sta presežala le bencinska servisa v Nemčiji in eden v Italiji (EEA, 2015, 38).

- **Dušikovi oksidi – NO_x**

Dušikove okside uvrščamo v skupino reaktivnih plinov, ki vsebujejo dušik in kisik v različnih razmerjih. K dušikovim oksidom spadajo NO, NO₂, N₂O, N₂O₃, N₂O₄, N₂O₅. Dušikov dioksid velja za najpogostejšo onesnaževalo med dušikovimi oksidi. Večina izpustov dušikovih oksidov iz prometa se pojavlja v neobstojni obliki dušikovega monoksida, ki v ozračju zelo hitro reagira s kisikom in preide v NO₂. Dušikovi oksidi spadajo med predhodnike ozona in posredno vplivajo na podnebne spremembe. V mestih, kjer so koncentracije NO_x zelo visoke, se večkrat izoblikuje značilen rdečkasti odtonek ozračja, viden pozimi, ko je sonce nizko nad obzorjem. Koncentracija dušikovih oksidov je močno odvisna od lokacije meritev oziroma od oddaljenosti od virov. Zaradi neobstočnosti NO se koncentracija slednjega z oddaljenostjo od vira zmanjšuje, saj prehaja v obliko NO₂, za katerega velja ravno nasprotno (Ogrin, 2008, 28). Glavni vir onesnaževanja z NO_x je promet, zato so koncentracije v večjih urbanih mestih in ob prometnicah pogosto višje. Dušikovi oksidi so zdravju najbolj škodljivi in delujejo dražeče na spodnje dihalne poti in povečujejo pogostost alergijskih respiratornih obolenj. Po letu 1992 so se izpusti NO_x zaradi povečane gostote vozil z notranjim izgorevanjem začeli povečevati (Bilban, 2013, 17). Letni izpusti NO_x v Sloveniji so leta 2013 znašali 43.000 ton. V primerjavi z letom 1987, ki je tudi izhodiščno leto, so se izpusti zmanjšali za 32 %. Skupni izpust NO_x je bil v letu 2013 za 5 % nižji od vrednosti, ki jo zahteva NEC direktiva (ARSO, 2014, 65).

- **Policiklični aromatski ogljikovodiki – PAH**

PAH predstavljajo veliko skupino organskih spojin z dvema ali več aromatskimi obroči. Zaradi svojih fizikalno-kemijskih lastnosti so prisotni v zraku, prsti in v vodi, kjer se pojavljajo kot kompleksne mešanice. Zaradi njihovih lastnosti jih uvrščamo v skupino obstojnih organskih onesnaževal POP's (Kirinčič, 2015). Ti ogljikovodiki se v naravi nahajajo v nafti in premogu, tvorijo se tudi pri zgorevanju organskih snovi in piroliznih procesih. Stacionarni antropogeni viri PAH vključujejo v domača kurišča in industrijsko onesnaževanje. Med mobilne antropogene vire vključujemo izpušne pline iz bencinskega in dizelskega goriva. V zunanjem zraku najdemo PAH v plinastem in trdnem agregatnem stanju, pri čemer so slednji absorbirani na fine delce 2,5 μm, zaradi česar preko vdihavanja lahko prehajajo v krvni obtok. Nekatere vrste PAH negativno vplivajo na imunski sistem in so lahko možni povzročitelji poškodb deoksiribonukleinske kisline (DNK). Uvrščamo jih med hormonske motilce in kancerogene spojine. Benzo(a)piren je izmed vseh PAH najbolj proučevan, zato o njem obstaja največ podatkov o pojavljanju in strupenosti (Kirinčič, 2015). Benzo(a)piren spada med PAH s petimi obroči. Pojavlja se ob nepopolnem zgorevanju različnih goriv, tako fosilnega izvora kakor tudi biomase. Glavni vir predstavljajo izpusti iz individualnih kurišč, za katere je značilen slabši proces zgorevanja. Pomemben vir benzo(a)pirena pa je tudi promet. Uvrščamo ga v I. kategorijo kancerogenosti. Letni poteki koncentracij benzo(a)pirena kažejo, da so najvišje koncentracije izmerjene v hladnejšem obdobju leta. Takrat so izpusti največji, dodatno na povišanje koncentracij delujejo tudi za hladno obdobje značilni pogoji. Poleti so koncentracije na vseh lokacijah znatno nižje. Primerjava večletnih trendov koncentracij benzo(a)pirena kaže, da se stanje onesnaženosti med letoma 2009 in 2014 ni bistveno spremenilo. Slovenija se po onesnaženosti z B(a)P uvršča med zgornjo polovico držav (ARSO, 2015, 39-42).

- **Ogljikov oksid – CO**

Ogljikov oksid ali ogljikov monoksid je znan kot najbolj razširjeni onesnaževalec zraka. Nastaja zaradi nepopolnega zgorevanja fosilnih goriv v energetskih obratih, vozilih z notranjim izgorevanjem in gospodinjstvih. Po nekaterih ocenah cestni promet prispeva 80 % celotnega emitiranega CO. Ogljikov monoksid ima 300-krat večjo afiniteto za hemoglobin kot kisik. Posledično se zmanjša kapaciteta krvi za prenos kisika, kar negativno vpliva na prenos kisika do tkiv.

Blaga zastrupitev je podobna gripi, saj jo spremljajo glavobol, utrujenost in nemoč. Pri zmerni zastrupitvi je glavobol hujši, pojavita se slabost in težave pri razmišljanju. Pri najhujši zastrupitvi se pojavijo krči, bruhanje, zmedenost, bolečine v prsih, motenje srčnega ritma, mravljinčenje in odpoved dihal (Bilban, 2013, 17). Letni izpusti CO v Sloveniji so leta 2013 znašali 154.000 ton. V primerjavi z letom 1990, ki je izhodiščno leto, so se izpusti zmanjšali za 54 %. Nekdaj je večinski delež izpustov izhajal iz prometa, z napredkom tehnike motorjev z notranjim izgorevanjem in uvedbo katalizatorjev pa se je to breme preneslo na mala kurišča. Koncentracije CO so na območju večine ozemlja Slovenije zelo nizke. V zadnjih desetih letih so najvišje dnevne 8-urne povprečne vrednosti celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom. Slovenija je po onesnaženosti zraka s CO v povprečju držav Evropske unije (ARSO, 2015, 87–89).

- **Toplogredni plini – TGP**

Med TGP je navadno največkrat izpostavljen ogljikov dioksid. Omenjeni plin velja za najpomembnejšega med toplogrednimi plini, ni pa edini s tovrstnim učinkom. Skupna lastnost toplogrednih plinov je, da sončevemu kratkovalovnemu sevanju dopuščajo vstop v ozračje, vendar vpijejo del izhajajočega dolgovalovnega sevanja in tako segrevajo zrak. Zmerna količina TGP v sestavi ozračja je dobrodejna, saj bi bila brez njih temperatura na zemeljskem površju $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ namesto sedanjih blagodejnih $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ob povečani prisotnosti TGP, se temperatura na Zemlji postopoma viša, zaradi česar prihaja do globalnih podnebnih sprememb (Gore, 2006, 28). Med TGP uvrščamo tiste pline, ki nastajajo ob avtogenih ali antropogenih procesih in človeških aktivnostih. Najpomembnejši plin, ki nastaja ob naravnih procesih, je vodna para. Človek s svojimi dejavnostmi v ozračje spušča velike količine toplogrednih plinov in z večanjem njihove koncentracije povečuje učinek tople grede na Zemlji (EEA, 2016, 6). Največji krivec za višanje temperatur je CO_2 , saj zavzema kar 80 % skupne količine izpustov toplogrednih plinov. Nastaja praktično ob vsaki človekovi aktivnosti: ob izgorevanju vseh vrst fosilnih goriv, v motorjih na notranje izgorevanje, v energetiki, v tovarnah, elektrarnah in povsod drugod. Naš obstoj na Zemlji ogrožajo tudi velike količine metana, ki ima približno 21-krat močnejši toplogredni učinek kot CO_2 . Glavni viri emisij metana so odlagališča odpadkov, živalske farme, promet in industrija. Tudi didušikov oksid N_2O , še en krivec za učinek tople grede, je sestavni del naravnega okolja, vendar smo ga samo v industrijski dobi ozračju dodali 17 %. Zanimivost slednjega je, da ima kar 310-krat močnejši toplogredni učinek kot CO_2 . Izvira iz gnojil, fosilnih goriv ter nastaja s požiganjem gozdov in poljščin. Med TGP sodijo tudi žveplov heksafluorid SF_6 , perfluorirani ogljikovodiki PFC in fluorirani ogljikovodiki HFC (Gore, 2006, 28).

Vedno večjo pozornost pa med onesnaževali namenjamo tudi črnemu ogljiku. Črni ogljik je strokovni izraz za črne saje, ki so produkt nepopolnega zgorevanja goriv, ki vsebujejo ogljik. Prisotnost črnega ogljika v ozračju je pomembna z vidika varovanja zdravja in zaradi njegovega doprinosa k podnebnim spremembam. Čeprav ga je v ozračju relativno malo, je pomemben zaradi močne absorpcijske zmožnosti svetlobe, zaradi česar segreva atmosfero in istočasno na tleh ustvarja senco. CO_2 segreva planet z močjo 1,6 vata na m^2 , črni ogljik pa z močjo 1,1 vata, kar pomeni, da sta glede na vpliv primerljiva. Velika razlika je v življenjski dobi, saj je CO_2 obstojen sto let, črni ogljik pa od tedna do meseca dni. Glavna vira črnih saj sta promet in mala kurišča (Močnik [medmrežje], 2013).

2.3 Problematika onesnaženosti zunanega zraka v Republiki Sloveniji

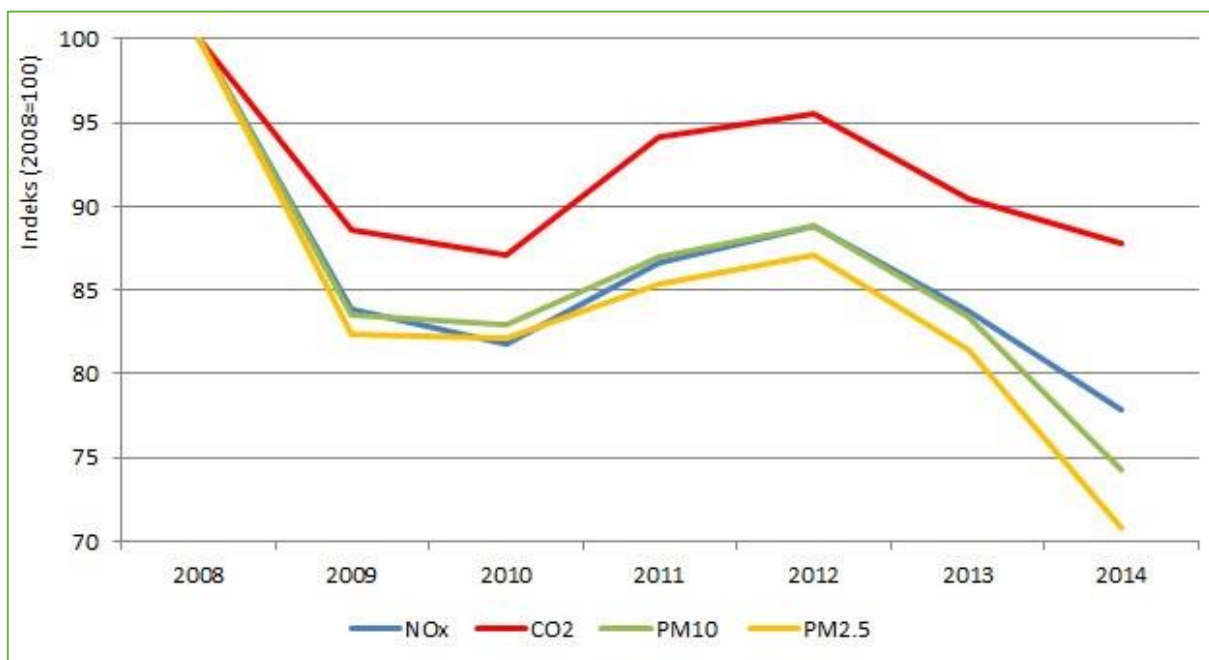
Na kakovost zraka v Sloveniji vplivajo predvsem emisije, ki so sproščene v sami državi. Za pojavljanje povišanih koncentracij snovi v zunanjem zraku so pomembni še mnogi drugi dejavniki, kot so klimatske značilnosti, meteorološki pojavi, fizikalno-kemijski procesi pretvorbe snovi v zraku in topografija. V zimskem času so zaradi razgibanega reliefa značilne pogoste temperaturne inverzije, ki v kombinaciji z meglo in brezvetrjem povzročajo, da se emitirane snovi razpršijo in ne razredčijo, temveč se zadržijo in koncentrirajo v kotlinah, dolinah in

nižinah, kjer je poseljenost največja. Prisotnost posameznega onesnaževala je odvisna od vira onesnaževala. V poletnem času visoke dnevne temperature prispevajo k intenzivnim fotokemijskim reakcijam, pri katerih nastaja prizemni ozon. Pomemben je tudi prenos onesnaževal na velike razdalje. Delci, ki potujejo na velike razdalje, se morajo dvigniti do višine troposfere. Na območju Evrope prevladuje zahodnik, v Sloveniji pa se zaradi Alp veter v spodnjih plasteh odklanja, tako da prinaša onesnaženi zrak v Slovenijo pretežno iz zahodno-jugozahodne smeri, kar poleti poveča prisotnost troposferskega ozona. Druga prevladujoča smer dotoka zračnih mas v prizemni plasti je severovzhodnik, ki v Slovenijo večinoma ne prinaša onesnaženja (Zrak [medmrežje], 1).

Agencija RS se s spremljanjem kakovosti zraka in padavin ukvarja že več kot štirideset let. ARSO pri napovedih in z izdajanjem opozoril v primerih prevelike onesnaženosti velik poudarek namenja obveščanju javnosti. Rezultati meritev so dostopni na svetovnem spletu, prve analize stanja kakovosti zraka pa so mesečno prikazane v biltenu Naše okolje. Ob koncu vsakega leta agencija izda celovito celoletno poročilo o kakovosti zraka v državi, v katerega so vključeni tudi podatki drugih institucij, ki spremljajo kakovost zraka v Sloveniji. Onesnaženi zrak vpliva na zdravje in počutje ljudi bolj kot drugi okoljski vplivi in velja za enega najpomembnejših vidikov stanja okolja (ARSO, 2014, XI). Kakovost zraka v Sloveniji je mnogokrat v nasprotju z evropsko zakonodajo. Največji problem predstavljajo zdravju škodljivi delci PM₁₀. Podobno stanje je tudi v nekaterih državah Evropske unije, na kar kažejo velika prizadevanja članic za njegovo izboljšanje. Med največjimi vzroki za nekakovosten zrak so individualna kurišča in promet. Več kot 70 % vsega onesnaževanja zraka v Sloveniji povzroča raba fosilnih goriv in biogoriv (Novak, 2015, 5). Onesnaževanje zraka v Sloveniji se je v zadnjem času ponovno povečalo zaradi povečane rabe tovornih in osebnih vozil na dizelsko gorivo in zaradi masovnega prehoda iz dragih tekočih in plinastih goriv na kurjenje z lesno biomaso. Stanje je še posebej kritično na področju izpustov emisij delcev PM₁₀ in PM_{2,5}, predvsem zaradi nepopolnega zgorevanja biomase (prav tam, str. 10).

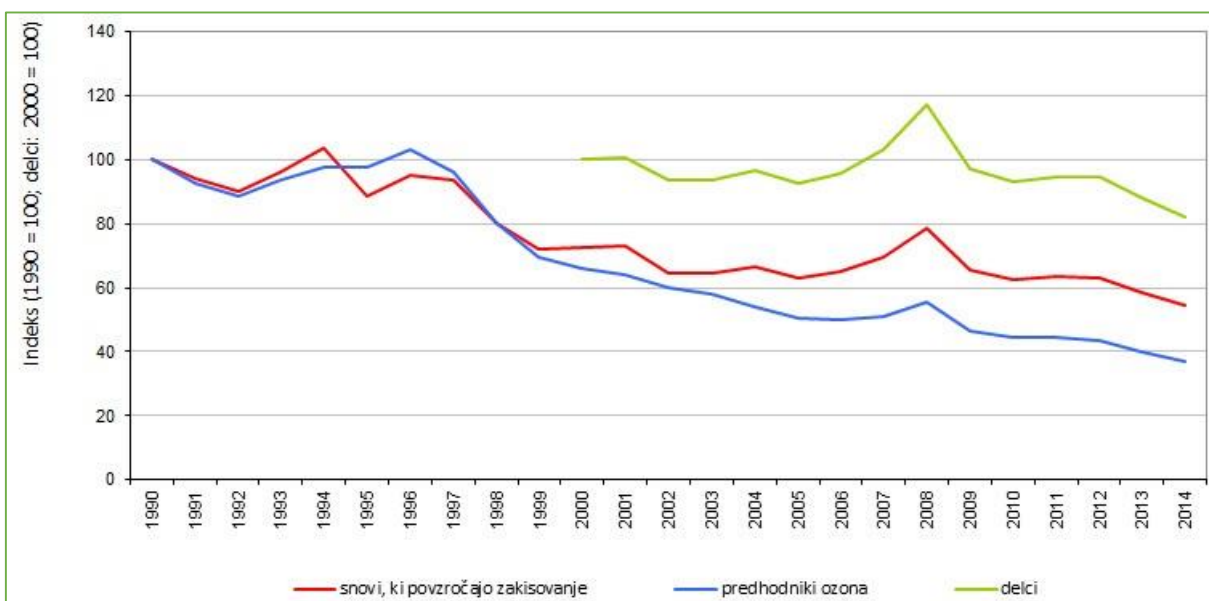
Emisije iz prometa so najbolj problematične predvsem zaradi njihove razpršenosti, časovne neopredeljenosti in relativno majhnih virov, katerih ni možno uspešno nadzirati in tehnično opremiti z napravami za varovanje okolja, kot je to možno pri stacionarnih virih. Najpogostejša goriva za pogon motornih vozil in delovnih strojev se uporabljajo neosvinčeni bencin, dizelska goriva, naftni plin (LPG) in zemeljski plin (CNG). Zaradi zniževanja porabe fosilnih goriv je vedno večja poraba alternativnih biogoriv, kot so biodizel, bio-bencin in bioetanol. Pri izgorevanju vseh vrst goriv se tvorijo spojine kot CO₂, NO_x, SO₂ in trdni delci PM_x. Seveda so količine posameznih emitentov odvisne od kemijske sestave goriv (Rahten, 2015, 98).

Promet je eden glavnih povzročiteljev izpustov snovi v zrak, ki so glavni vzrok za zakisovanje, nastanek prizemnega ozona in trdnih delcev. K skupnim izpustom iz prometa največ prispeva cestni promet. Za večino onesnaževal iz prometa si cestni promet lasti 80 % delež. Podatki večletnih trendov kažejo, da se izpusti zmanjšujejo. Zadnji dvig emisij se je zgodil v obdobju med letoma 2011 in 2012 (Slika 1). Izpusti NO_x so se zmanjšali za 22 %, izpusti CO₂ za slabih 12 %, izpusti PM₁₀ za 26 % in izpusti PM_{2,5} za 29 % (Logar in Kovač [medmrežje], 2016).



Slika 1: Izpusti onesnaževal zraka iz avtomobilskega prometa po posameznih onesnaževalih, Slovenija, 2008–2014

Vir: Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, Državne evidence izpustov toplogrednih plinov, Agencija RS za okolje, 2016



Slika 2: Izpusti onesnaževal zraka iz prometa, Slovenija, 1990–2014

Vir: Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, Državne evidence izpustov toplogrednih plinov, Agencija RS za okolje, 2016

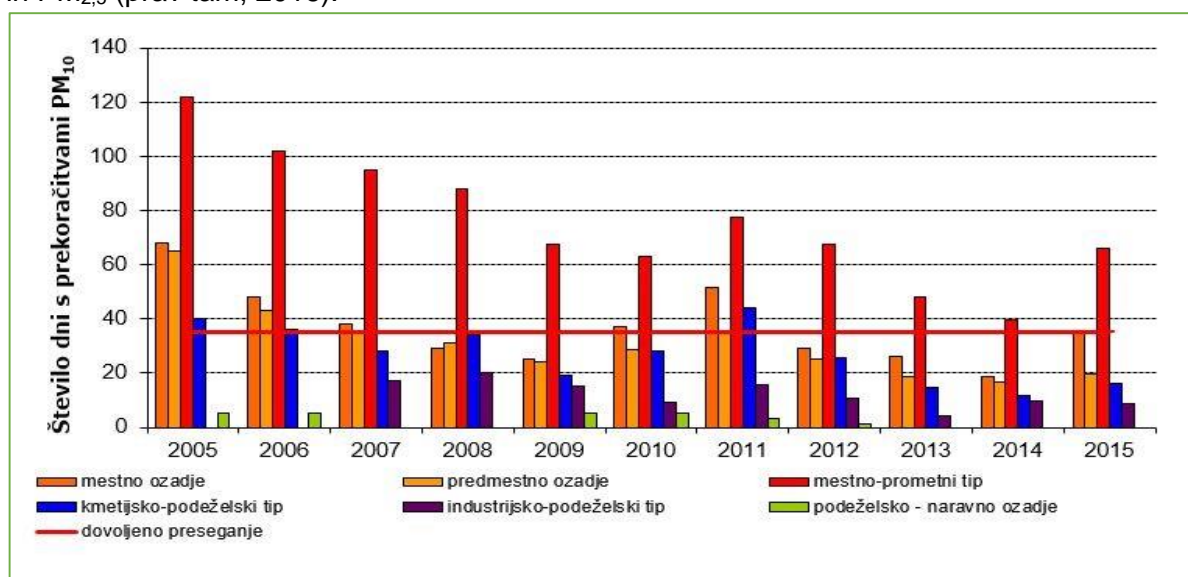
Med letoma 1990 in 2014 so se izpusti snovi, ki povzročajo zakisovanje, v sektorju promet znižali za 46 %, predhodniki ozona za 63 %, izpusti trdnih delcev pa glede na leto 2000 za 18 % (Slika 2). Zmanjšanje izpustov je predvsem posledica uvajanja strožjih emisijskih standardov za motorna vozila, obnova voznega parka in nižje vsebnosti žvepla v gorivu. V letih 2009 in 2010 je opazen upad izpustov v primerjavi z letom 2008, ki je odraz gospodarske krize in posledično manjše porabe goriva (prav tam, 2016).

Izpusti SO_x, NO_x in NH₃ v atmosfero in njihove naknadne kemične reakcije ter odlaganje v ekosistemih povzročajo zakisovanje prsti in vode. Negativni učinki zakisovanja so odvisni od potenciala zakisovanja za posamezno onesnaževalo in od lastnosti posameznih ekosistemov ali materialov. Dušikovi oksidi veljajo za najpomembnejšo onesnaževalo, ki povzroča zakisovanje. Kljub temu, da so se izpusti dušikovih oksidov iz prometa v obdobju 1990-2014 zmanjšali za 30 % so k celotnemu zakisovanju v letu 2014 prispevali kar 96 %. NO_x in NH₃ sta znana tudi po kopičenju v zemlji in vodah, slednji povzročata evtrofikacijo (prav tam, 2016).

K nastanku prizemnega ozona prispevajo predhodniki ozona NO_x, NMVOC, CO in CH₄, ki vstopajo v zapletene fotokemične reakcije v spodnjih plasteh atmosfere. Največji vir predhodnikov ozona v Sloveniji je promet. Med snovmi, ki prispevajo k tvorbi ozona, predstavljajo z 79 % največji delež dušikovi oksidi. Koncentracije ozona so v pomladnih in poletnih mesecih odvisne predvsem od vremena, zato imajo izrazito letno nihanje. Za Primorsko je pomemben tudi prenos koncentracij ozona preko meja. Izdatni vir predstavlja Padska nižina, ki je znana po večjih količinah O₃. Izpusti primarnih delcev PM₁₀ in njihovih sekundarnih predhodnikov (NO_x, SO_x in NH₃) so se v obdobju 2000–2014 zmanjšali za 18 %, predvsem zaradi zmanjševanja izpustov SO₂ (prav tam, 2016).

Vlada RS je v letu 2013 za potrebe zmanjševanja delcev PM₁₀ na lokalni ravni sprejela Odloke o načrtih za kakovost zraka v občinah Murska Sobota, Maribor, Celje, Kranj, Ljubljana, Novo mesto in za Zasavje (Novak, 2015, 11).

Onesnaženost zraka z delci je bila v letu 2015 višja kot leta 2014 (Slika 4). Nekoliko višje koncentracije so bile predvsem posledica neugodnih vremenskih razmer v slabo prevetrenih kotlinah. Preseganja dnevni mejnih vrednosti so večinoma omejena na hladni del leta, ko so meteorološke razmere neugodne za razredčevanje izpustov. Pri primerjavi zimskih in poletnih meritev je bilo ugotovljeno, da so v času zime koncentracije zaradi temperaturnih inverzij v notranjosti države od 70 do 100 % višje kot poleti (Koleša, [medmrežje], 2016). Na Primorskem so te razlike do 20 %. Leto 2015 velja za najtoplejše odkar ARSO na osnovi instrumentalnih meritev spremlja svetovno temperaturno povprečje. V letu 2015 je bila tudi količina padavin izjemno majhna. Zaradi stabilnega vremena so bile temperaturne inverzije v mesecu oktobru, novembru in decembru bolj pogoste, temu primerne pa so bile tudi koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} (prav tam, 2016).



Slika 3: Število dni s prekoračenimi vrednostmi delcev PM₁₀ v Slovenii
Vir: Zbirka podatkov avtomatskih meritev državne mreže za spremljanje kakovosti zraka (DMKZ)

Dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM_{10} je bilo leta 2015 preseženo na osmih merilnih mestih po državi, leta 2014 pa na štirih. Najvišje povprečne letne koncentracije delcev PM_{10} ter največ dni s preseženo dnevno mejno koncentracijo PM_{10} je bilo v obdobju 2005–2015 na merilnih postajah v mestih, ki so pod vplivom izpustov iz prometa (prav tam, 2016).

Zaradi neugodnih vremenskih razmer so bile leta 2015 po državi povečane tudi koncentracije delcev $PM_{2,5}$. Na merilnem mestu Maribor Center je bila povprečna letna koncentracija $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kazalnik povprečne izpostavljenosti delcem $PM_{2,5}$ je leta 2015 na merilnem mestu Lj.-Biotehniška fakulteta znašal $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in v Mariboru na Vrbanskem platoju $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mejne vrednosti glede stopnje izpostavljenosti so za leto 2015 znašale $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (prav tam, 2016). Pri delcih $PM_{2,5}$ sicer nismo presegli dovoljene vrednosti $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vendar so ti delci respirabilni in zdravju veliko bolj škodljivi. »Desetletja smo se borili proti kuriščem na trda goriva in kurilnemu olju ter zahtevali uvajanje plina v mestih in podeželju, da smo zmanjšali onesnaževanje zraka v Sloveniji na znosno mejo. Neuravnotežen razvoj prometa v zadnjih dveh desetletjih in vračanje kurišč na biomaso je ves dosedanji trud praktično izničil.« (Novak, 2015, 11).

Slovenija je po rasti izpustov med 33 državami, ki so članice EEA, v letu 2012 zasedla šesto mesto. Mesta pred njo so zasedle Irska, Češka, Poljska, Turčija in Luksemburg. Izpuste so zmanjšale Estonija, Latvija, Nemčija, Švedska, Finska in Velika Britanija. K rasti sta prispevala tako cestni kot letalski promet (Majaron, [medmrežje], 2016).

2.4 Stanje kakovosti zunanjega zraka v mestu Maribor

Glavni viri onesnaževal zraka v mestu Maribor so mala individualna kurišča, promet, v manjši meri še industrija, ravnanje z odpadki in kmetijstvo. Po popisu iz leta 2011 imamo na območju Mestne občine Maribor 25.289 kurilnih naprav do 50 kW. Cestni promet ima pomemben delež pri emisijah delcev PM_{10} in NO_x v zrak. Na območju Maribora je bilo v letu 2014 petnajst podjetij, ki so v skladu z zakonodajo zavezanci za poročanje o emisijah snovi v zrak iz nepremičnih virov. Najvišjo količino skupnega emitiranega prahu v zrak je zabeležilo podjetje CIMOS TAM Ai d. o. o., največja količina emisij CO_2 nastaja na zaprtih odlagališčih odpadkov na Pobrežju in v Dogošah. Emisije CO in NO_x proizvajajo tudi kotlovnice na daljinsko ogrevanje (Prajnc, 2016). Emisije CO_2 iz odlagališč so pretežno biogene, zato ne gredo v IPCC bilanco TGP.

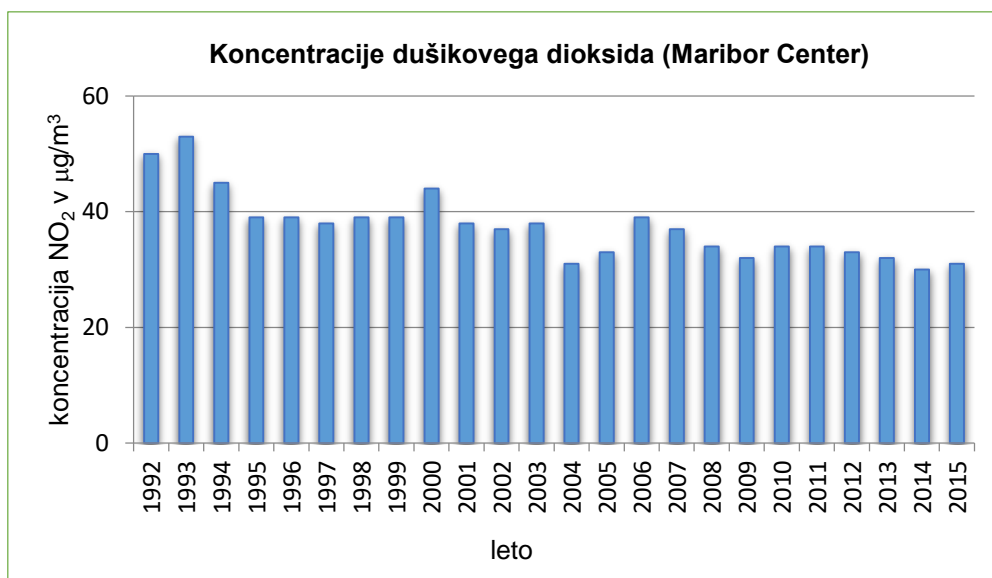
Prav daljinsko ogrevanje je v Mariboru pripomoglo k zmanjšanju onesnaženosti zraka. Zaradi gospodarske krize se vse več Mariborčanov vrača h kurjenju lesnih goriv, kar pa zaradi zastarelosti kurišč in nepravilnega kurjenja povzroča povečanje emisij PM_{10} v zraku. V mestu Maribor in njegovi okolici potekajo meritve kakovosti zunanjega zraka že od leta 1978. Spremljanje kakovosti zunanjega zraka poteka v okviru mestne merilne mreže in je obvezno v skladu z veljavno zakonodajo. Prav tako pa na istem območju izvaja meritve kakovosti zunanjega zraka ARSO, in sicer v okviru državne merilne mreže (Lukan et al., 2011). Ker se meritve kakovosti zunanjega zraka izvajajo skozi daljše časovno obdobje, imamo v Mariboru dolg niz primerjalnih podatkov, na podlagi katerih se ugotavlja trend upadanja oziroma naraščanja koncentracij posameznega onesnaževala. Merilna postaja Vrbanski plato, ki je pomembna za razumevanje mestnega ozadja, je bila vzpostavljena meseca novembra 2010. Meritve ozona se izvajajo na neobremenjenem podeželskem okolju na nadmorski višini 725 m. V okviru projekta PMinter je bilo vzpostavljeno merilno mesto na križišču Krekove in Tyrševe ulice, kjer se izvajajo meritve delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ ter meritve črnega ogljika. Vse meritve se dopolnjujejo z meritvami v državni merilni mreži na merilnih mestih Center in Vrbanski plato (prav tam, 2016).

Tabela 3: Merilna mesta z merjenimi parametri

Merilno mesto	Parameter
Center	NO ₂ , PM ₁₀ in težke kovine (TK) v PM ₁₀ , NO _x , delci PM _{2,5} in TK v PM _{2,5} , benzo(a)piren, (CO), benzen, temperatura
Vrbanski plato	NO _x , NO ₂ , ozon (O ₃), PM ₁₀ , PM _{2,5} in TK v PM _{2,5} , temperatura, hitrost in smer vetra
Krekova/Tyrševa	PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₁₀ , črni ogljik (BC)
Pohorje	O ₃

Vir: Prajnc, 2016

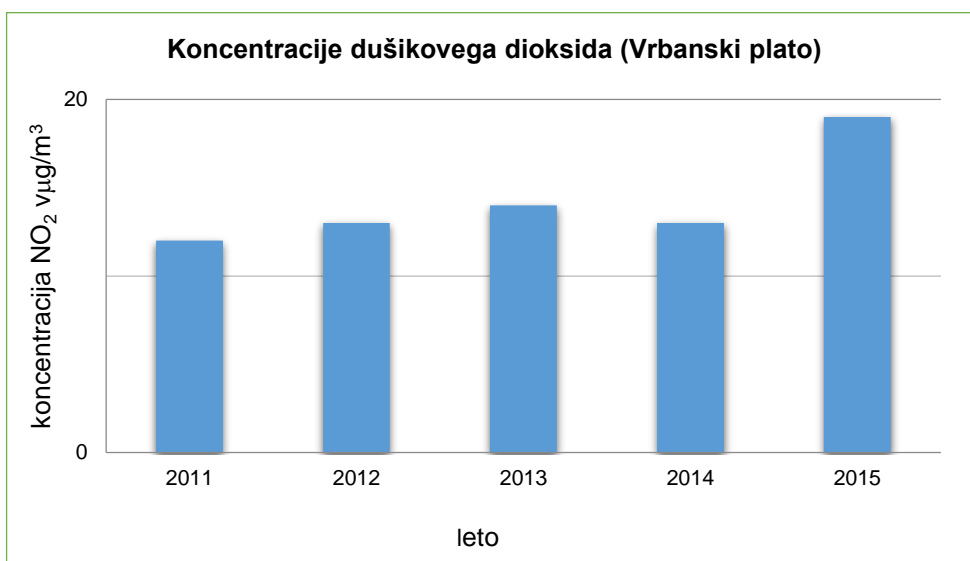
»Problematika kakovosti zraka, ki ga dihamo vsi, je vedno bolj v ospredju zanimanja. Pa ne zato, ker bi se stanje poslabševalo, pač pa zato, ker so vedno bolj raziskani vplivi, ki jih ima onesnažen zrak na zdravje.« (Čanč in Bobič, 2012, str. 4, 5) Rezultati večletnih trendov kažejo na to, da se je stanje v tem času postopoma izboljševalo. K temu so pripomogli prehod s kurjenja premoga na plinifikacijo, energetska obnova stavb in dokončanje avtocestnega odseka mimo Maribora (prav tam, 2013). Meritve kakovosti zraka z NO₂ v Centru potekajo od leta 1992, na Vrbanskem platoju pa od leta 2011. Meritve kakovosti zraka s skupnimi NO_x v Centru potekajo od leta 1997, na Vrbanskem platoju pa od leta 2011. V nočnem času so vrednosti NO₂ in NO_x nizke, saj so viri manj aktivni, poleg tega so te snovi vpletene tudi v razpad ozona, kar je še posebej opazno v poletnem času. Naraščajoče koncentracije so posledica svežih emisij iz malih kurišč in prometa, a se po sončnem vzhodu hitro prekinajo zaradi vključevanja v procese ob nastajanju ozona. Čez dan koncentracije padajo, saj se spojine NO₂ in NO_x porabljajo za nastanek ozona. V zimskem času so koncentracije proti večeru najvišje, saj so še vedno prisotne sveže emisije, fotokemični procesi v atmosferi pa se zaradi šibke sončne svetlobe zaključijo. Po 19. uri se emisije znižujejo, preostali NO₂ pa se vključi v razpad ozona (Prajin, 2016).



Slika 4: Srednje letne koncentracije NO₂ za obdobje od 1992 do 2015, merilno mesto Maribor Center

Vir: NLZOH, 2016

Med obdobjem 1992–2015 so bile najvišje izmerjene srednje letne koncentracije CO₂ v letu 1993 z vrednostjo 53 µg/m³ (Slika 4). Naslednja višja srednja letna koncentracija se pojavi ob prelomu stoletja, vendar so se koncentracije postopoma zniževale in dosegle najnižjo vrednost leta 2014. Letno povprečje v 2015 je bilo med najnižje doslej izmerjenimi. Večletni trendi kažejo, da so koncentracije NO₂ že od leta 2001 pod letno mejno vrednostjo.



Slika 5: Srednje letne koncentracije NO₂ na merilnem mestu Vrbanški plato
Vir: NLZOH, 2016

Leta 2015 so bile koncentracije NO₂ na Vrbanškem platoju najvišje izmerjene od začetka meritev (Slika 5). Koncentracije z izjemo leta 2014, ki je enako letu 2012, od začetka meritev rahlo naraščajo.



Slika 6: Srednje letne koncentracije NO_x za obdobje od 2000 do 2015, merilno mesto Maribor Center
Vir: NLZOH, 2016

Grafikon prikazuje potek srednjih letnih koncentracij NO_x, izmerjenih na območju merilne postaje Center (Slika 6). Letne koncentracije nihajo med 74 in 60 µg/m³.

Srednje mesečne koncentracije skupnih dušikovih oksidov prikazujejo značilno višje koncentracije v zimskih mesecih, ko je emisij zaradi kurjenja več. V poletnih mesecih so vrednosti nižje zaradi razpada spojin dušikovih oksidov. Koncentracije so precej višje v Centru kot na Vrbanskem platoju, ki predstavlja mestno ozadje. Dnevni hodi koncentracij NO_x so podobni hodom NO₂. Jutranji vrhovi so tako v Centru in na Vrbanskem platoju višji od večernih. Razlike med dnevnimi in nočnimi vrednostmi pa so višje kot pri NO₂ (prav tam, 2016).



Slika 7: Srednje letne koncentracije NO_x za obdobje od 2000 do 2015, merilno mesto Maribor

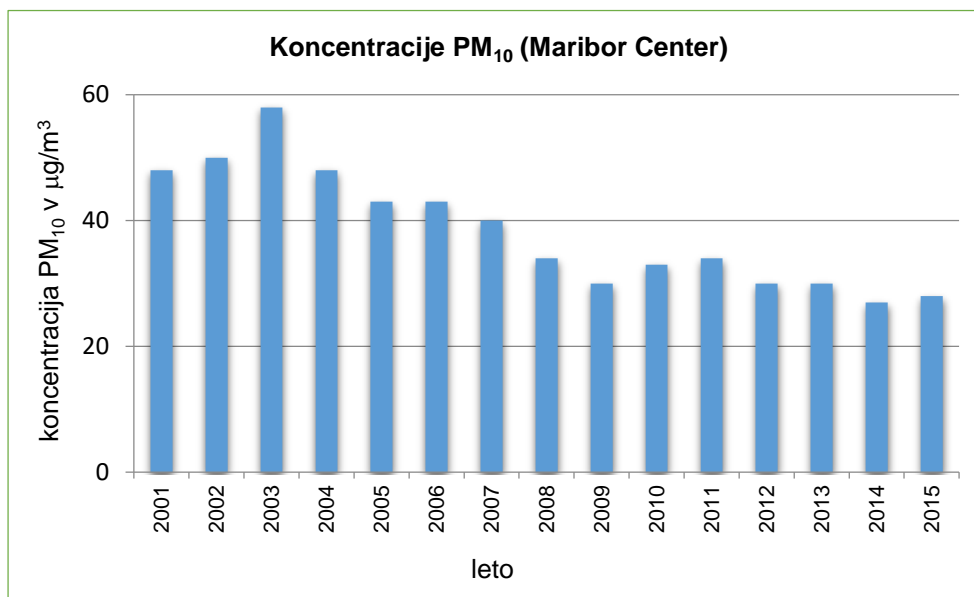
Vir: NLZOH, 2016

Koncentracije NO_x (Slika 7) se od začetka meritev na Vrbanskem platoju gibljejo okrog 17 µg/m³. Kot pri NO₂ so bile tudi skupne koncentracije NO_x v letu 2015 najvišje od leta 2011, ko se je pričelo z meritvami.

V Mariboru so glavni vir delcev PM₁₀ mala kurišča, gradbene dejavnosti, promet in resuspenzija. Vrednosti PM₁₀ so najvišje v zimskih mesecih na vrhuncu kurilne sezone. Najvišje koncentracije delcev PM₁₀ se pojavljajo januarja, februarja in decembra, najnižje vrednosti so v aprilu, maju in septembru. Dnevna hoda pozimi in poleti sta zelo podobna. Na Vrbanskem platoju izstopata dva vrhova: jutranji in večerni, ki je višji. V Centru in še manj na Krekovi/Tyrševi vrhova nista tako očitna, prvi se pojavi zgodaj popoldne, drugi okoli 21. ure. V nočnem času, ko so viri manj aktivni, koncentracije relativno malo padejo, kar nakazuje na visoke vrednosti ozadja (prav tam, 2016).

Srednje letne koncentracije delcev PM₁₀ strmo padajo od leta 2004 naprej (Slika 8). Med obdobjem 2001 in 2003 smo beležili zadnjo večjo rast koncentracij delcev v centru. Povprečne koncentracije delcev med letoma 2004 in 2015 se gibljejo med 35 µg/m³ in padajo proti letu 2015. Leta 2014 so bile koncentracije za odtenek višje kot leto pozneje. Srednje letne koncentracije so se med obdobjem 2011 in 2015 zniževale tudi na območju Vrbanskega platoja. Koncentracije mestnega ozadja so vseskozi nižje kot tiste v centru mesta. Tako kot v centru so tudi na Vrbanskem platoju v letu 2015 koncentracije nekoliko višje kot leto prej. Od začetka merjenja delcev PM₁₀ v centru mesta so koncentracije delcev kar 10 let presegle dovoljeno število preseganj 35-krat na leto, leta 2009 je bilo preseganj točno 35. Največ preseganj mejne dnevne koncentracije se je zvrstilo med leti 2003 in 2007. Izstopa leto 2003 s kar 129 preseganji mejne dnevne koncentracije.

Po letu 2007 so koncentracije v centru mesta upadale, vendar so kljub temu večkrat presegle dovoljeno mejo. V letu 2014 so bile koncentracije v centru najnižje od začetka merjenj. Na Vrbanškem platoju le redko prihaja do preseganja mejnih dnevnih koncentracij, leta 2015 je bila meja presežena le 3-krat, kar je tudi najmanj od leta 2012 (Prajnc, 2016).

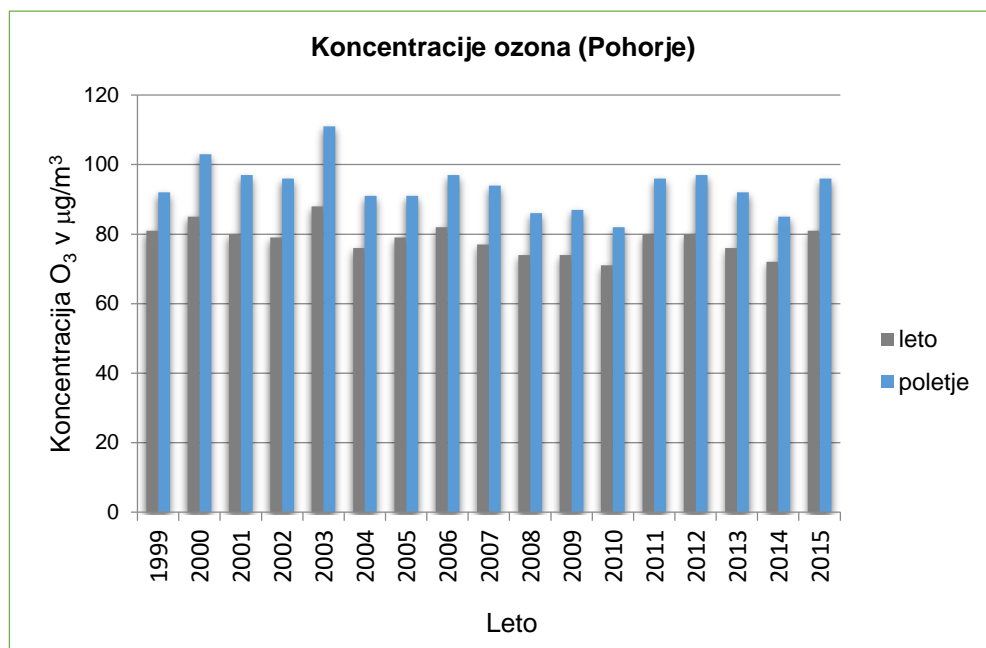


Slika 8: Srednje letne koncentracije PM₁₀ na merilnem mestu Center za obdobje 2001–2015
Vir: NLZOH, 2016

Meritve vsebnosti ozona na Pohorju potekajo od leta 1999, na Vrbanškem platoju so z meritvami začeli leta 2011, v centru pa že leta 1997, vendar so bile marca 2013 ukinjene. Več ozona nastaja v sončnih poletnih mesecih, zato so koncentracije na obeh merilnih mestih najvišje prav v poletnem času.

Koncentracija ozona na Pohorju (Slika 9) je bila v letu 2015 nekoliko višja kot zadnja leta in enaka tistim iz 2011. Dolgoletni trend je usmerjen navzdol, kar je znak, da se na širšem območju zmanjšujejo emisije predhodnikov O₃. Na Vrbanškem platoju so bile tako poletne kot letne koncentracije prva tri leta meritev bolj ali manj enake. V letu 2014 so bile koncentracije nižje od prejšnjih let, v letu 2015 pa so le-te ponovno narasle in bile v obdobju poletja najvišje doslej. To sovпада tudi z višjimi koncentracijami NO_x v letu 2015, ki so predhodniki O₃. Dnevne vrednosti se nekoliko razlikujejo od vrednosti na Pohorju, saj na Vrbanškem platoju preko noči poteka razpad O₃, zato koncentracije dosežejo najnižjo vrednost tik pred sončnim vzhodom. Ker ni dovolj svežih emisij predhodnikov, ves O₃ ne razpade in tako ostane v ozračju.

S sončnim vzhodom in svežimi emisijami izpušnih plinov se ponovno prične reakcija nastajanja O₃. Koncentracija doseže najvišjo vrednost v času, ko je sonce najmočnejše, to je med 13. in 18. uro poleti in okoli 15. ure v zimskih mesecih. Z upadanjem jakosti sonca se upočasnjuje nastajanje in pričinja njegov razpad. Fotokemične reakcije, ki povzročijo presežek O₃, potekajo še nekaj ur po nastajanju emisij. To pomeni, da spojine ozona nastajajo tudi na območjih, kjer ni emisijskih virov. Na teh območjih v nočnem času ni novih virov NO, ki povzročajo razpad O₃, zato je njegova vsebnost v zraku navadno precej višja kot v središču mesta (prav tam, 2016).



Slika 9: Koncentracije O₃ za leto in poletje za obdobje od 1999 do 2015, merilno mesto Pohorje
Vir: NLZOH, 2016

Opozorilna urna vrednost na Pohorju je bila nazadnje presežena leta 2004, kar pomeni, da je izpustov predhodnikov manj. Tudi ciljna 8-urna mejna vrednost ni presežena tolikokrat, kot je to bilo v preteklosti. Rekordno leto od začetka merjenj po preseganju koncentracij O₃ je bilo leto 2000, ko je bila ciljna 8-urna mejna vrednost presežena kar 299-krat. Kljub naprednejšim EURO motorjem O₃ še vedno redno presega dovoljene meje. V letu 2015 je bila ciljna 8-urna vrednost presežena 62-krat, kar je več kot prejšnja leta. Od začetka meritev na Pohorju v letu 1999 je bila vrednost O₃ le v zadnjih treh letih pod dovoljeno mejo. Ciljna 8-urna vrednost je bila v letu 2015 triinpetdesetkrat presežena tudi na Vrbanskem platoju, leto prej le sedemkrat (Prajnc, 2016).

Meritve benzena (C₆H₆) so vključene v državno mrežo na merilnem mestu v centru. Meritve potekajo od leta 2005. Koncentracije benzena so višje v zimskem kot v poletnem času. Koncentracije benzena se zadnja leta gibljejo okoli istih vrednosti in so v primerjavi z letom 2008 za polovico nižje.

Ogljikov monoksid v povprečju v zimskem času nastaja dva do trikrat pogosteje, kar kaže na prevladujoč vpliv kurišč in na drugačne zgorovalne razmere v vozilih. Dnevni hod CO ima dve podobni konici kot ostala onesnaževala, vendar sta predvsem v poletnem času manj izraziti. Jutranja konica je značilna za jutranje delovanje virov (kurišča in promet), bolj izrazita je večerna konica v zimskem času. V poletnem času po jutranji konici koncentracije CO ostanejo na istem nivoju do večera. V letu 2015 je bila koncentracija CO med doslej najnižje izmerjenimi vrednostmi.

Meritve črnega ogljika se na merilnem mestu Krekova/Tyrševa izvajajo od decembra 2013. Koncentracije BC so višje v zimskem času. Delež BC iz kurjenja lesnih goriv v zimskem času predstavlja 40 %, v poletnem času pade pod 10 %.

Iz meritev na merilnem mestu Krekova/Tyrševa je razvidno, da je prevladujoč vir črnega ogljika v zimskem času kurjenje fosilnih goriv. V nočnem času se delež BC iz kurjenja fosilnih goriv približa deležu iz kurjenja lesne biomase. Pozimi v večernih urah je delež črnega ogljika iz kurjenja lesne biomase do šestkrat višji kot poleti (prav tam, 2016).

V okviru projekta Medregijski vpliv ukrepov za varstvo zunanjega zraka pred onesnaževanjem z delci iz cestnega prometa in malih kurišč v slovensko-avstrijskem obmejnem prostoru (krajše Pminter) se je leta 2012 uvedla pilotna okoljska cona. Vzpostavljena je bila na območju centra Maribora na levem bregu Drave. Namen cone, ki je trajala od 1. 10. 2012 do 30. 4. 2013 je bil seznaniti ljudi z vplivi onesnaženega zraka na zdravje in jih z ukrepi spodbuditi k uporabi drugih alternativnih oblik prevoza. V testnem obdobju je veljala prepoved uporabe vozil z motorjem EURO standard 0 in 1. V okviru tega projekta je bila vzpostavljena tudi nova merilna mreža Krekova/Tyrševa. Določevanje emisij glede na vir se je takrat v Mariboru izvajalo prvič (Čanč in Bobič, 2013, str. 6, 7). S pomočjo kemijskih analiz, ki so jih izvajali partnerji iz Avstrije, so ugotovili, da lahko na merilnem mestu Maribor center s prometom povežemo 14 % vseh cestno prometnih emisij (izpušni plini, obraba materialov, resuspenzija), na Vrbskem platoju pa 6 %. Določili so tudi delež, ki izhaja iz kurilnih naprav. Na območju Centra naj bi tovrstni viri prispevali 28 % emisij in na območju Vrbskega platoja 38 %. V okviru projekta se je izdelala še zloženka z navodili za pravilno ogrevanje z nizkimi emisijami škodljivih snovi (prav tam, 2013, povzeto po Kaspar in Giebl, 2013).

3 RAZISKOVALNA METODOLOGIJA

Zaradi prevladujoče oblike transporta za prevoz ljudi in blaga se emisijam iz prometa posveča največ pozornosti. Cestni promet ne zavzema le največjega deleža transportnih aktivnosti – njegova razširjenost in dostopnost ga bolj kot katerokoli drugo obliko transporta postavlja v neposredno bližino ljudi.

Emisije iz prometa izračunamo na osnovi enačbe:

$$E = e \times a \quad (3.1)$$

E – količina emisije

e – emisijska vrednost na posamezno enoto aktivnosti (emisijski faktor)

a – transportne aktivnosti

Emisijska vrednost na posamezno enoto aktivnosti (**e**) je emisijski faktor, aktivnost (**a**) predstavlja obseg delovanja vozila z določeno težo pri povprečni hitrosti na cesti z določenim nagibom. Ta osnovna enačba se lahko uporabi za posamezno vozilo ali celoten vozni park. Uporabimo jo tudi pri računanju emisij za posamezno cesto ali pa za celotno mesto.

Glavne vire emisij cestnih vozil predstavljajo plini, ki nastajajo pri zgorevanju goriva. Kadar je temperatura motorja pod normalno delovno temperaturo, poraba goriva ni učinkovita, količina emitiranih škodljivih snovi pa je višja kot pri normalni delovni temperaturi motorja.

Emisije iz prometa izračunamo po enačbi:

$$E_{\text{skupne}} = E_{\text{vroče}} + E_{\text{hladne}} + E_{\text{izhlapevanja}} \quad (3.2)$$

E_{skupne} [g] – skupne emisije posameznega onesnaževala

$E_{\text{vroče}}$ [g] – emisije, ki nastajajo pri delovanju ogretega motorja

E_{hladne} [g] – emisije, ki nastajajo med zagonom in delovanjem hladnega motorja

$E_{\text{izhlapevanja}}$ [g] – emisije pri izhlapevanju (samo za neobstoje organske spojine)

Posamezne emisije $E_{\text{vroče}}$, E_{hladne} in $E_{\text{izhlapevanja}}$ izračunamo po osnovni enačbi $E = e \times a$.

Emisijski faktor pri ogretem vozilu, ki ga označujemo s spremenljivko $E_{vroče}$, je odvisen predvsem od povprečne hitrosti vozila. Korigiramo ga z različnimi faktorji glede na značilnosti posameznih elementov, kot so: nagib ceste, obtežitev vozila in podobno.

Emisije pri hladnem motorju se sproščajo samo na začetku vožnje, dokler je motor hladen, zato jih vnesemo v enačbo kot količino, ki je odvisna od števila potovanj in ne od njihove dolžine. Emisijski faktor E_{hladne} je izračunan kot funkcija povprečne hitrosti vozila, temperature motorja, dolžine vožnje in s hladnim motorjem prevožene razdalje. Ta postopek se uporablja le za lahka transportna vozila. Podatki za druge vrste vozil so zelo omejeni, zato se emisije pri hladnem motorju ocenijo kot konstante.

Emisije pri izhlapevanju $E_{izhlapevanja}$ nastajajo predvsem pri dolivanju goriva. Do izhlapevanja goriva prihaja tudi v poletnem času, ko visoke dnevne temperature povzročajo raztezanje hlapov in uhajanje le-teh iz rezervoarja. Gorivo izhlapeva ob kakršnikoli izpostavljenosti zraku, še posebej takrat, ko je vozilo vroče. Zaradi različnih oblik izhlapevanja uporabljamo več različnih emisijskih faktorjev za njegovo računanje, v splošnem pa so ti faktorji odvisni od temperature okolja, hlapljivosti goriva, dolžine potovanja, števila potovanj glede na temperaturo motorja na koncu potovanja.

Opisane principe izračunavanja je, razen redkih izjem, možno uporabiti za vsa onesnaževala in vse tipe vozil. Ob tem se pojavljajo razlike med posameznimi razredi vozil. Količina emitirane posamezne vrste onesnaževal se namreč spreminja glede na značilnosti vožnje. Pri izračunu se znotraj raziskovalnega območja upoštevajo tudi ceste z različno prometno karakteristiko.

Za izračun emisij iz prometa so na voljo številne računске metode, ki jih glede na zahtevane vhodne podatke delimo v štiri skupine:

- izračuni na podlagi transportnih aktivnosti – to je osnovna metoda za izračun emisij cestnih vozil in porabe energije za druge oblike transporta; na ta način izračunane emisije vključujejo vroče emisije, hladne emisije in emisije hlapov;
- izračuni na podlagi porabe energije – to je standardna metoda za izračun emisij cestnih oblik transporta ter emisij žveplovega dioksida in svinčevih spojin cestnih vozil;
- izračuni na podlagi bilance ogljika – izračun porabe goriva ali emisij CO_2 , temelji na enačbi, ki maso ogljika v gorivu enači z maso ogljika v produktih po zgorevanju; v cestnem prometu uporabljamo to metodo za določanje porabe goriva, v drugih oblikah prometa pa za izračunavanje emisij CO_2 , pri tem lahko upoštevamo vroče in hladne emisije ter emisije hlapov;
- izračuni specifičnih onesnaževal – nekatere škodljive snovi predstavljajo podskupine drugih (kot na primer posamezni ogljikovodiki so podskupina vseh ogljikovodikov, delci $PM_{2,5}$ pa podskupina skupine delcev PM_{10}) (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 – Update Dec. 2016, str. 41-44).

3.1 Metodologija EMEP/CORINAIR in predstavitev programa COPERT 5

Enotni evropski program in metodologija za zbiranje podatkov, izračunavanje in prikaz emisij (CORE INventory of AIR emissions) je usklajena metodologija za izdelavo emisijskih evidenc. Metodologija temelji na pristopu od spodaj navzgor, kar pomeni, da so evidence zelo podrobne in manj negotove (EMEP/EEA Technical guidance to prepare national emission inventories, 2016, 4–12). ARSO ocenjuje, da je nezanesljivost izračuna izpustov CO_2 5,5 % za CH_4 in N_2O pa 75 %, ker pa imata v skupnih izpustih v CO_2 v ekvivalentih CH_4 in N_2O precej majhen delež, je tudi skupna napaka okoli 6 %. Onesnaževala se v programu delijo na osnovna, težke kovine, nerazgradljive organske spojine POP's, policiklični aromatski ogljikovodiki PAH, alkene,

aldehide, furane, poliklorirane bifenile PCB, dioksine, heksaklorcikloheksane in prašne delce (EMEP/EEA Technical guidance to prepare national emission inventories, 2016, 4–12).

- osnovna onesnaževala: SO₂, NO_x, NMVOC, CH₄, NH₃, N₂O, CO in CO₂, BC;
- težke kovine: arzen (As), kadmij (Cd), krom (Cr), baker (Cu), svinec (Pb), živo srebro (Hg), nikelj (Ni), Cink (Zn), selen (Se);
- nerazgradljive organske spojine POPs: policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH); poliklorinirani bifenili (PCB), dioksini/furani (DF), pentaklorfenol (PCP), lindane (HCH); pesticidi, heksaklorbenzen (HCB), trikloreten (TCE), tetraklormetan (TCM); triklorbenzen (TCB), trikloretilen (TRI), ksilen (XYL);
- PM₁₀ in PM_{2,5} (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, 2016, 19–20).

Metodologija CORINAIR ima definirane glavne kategorije virov emisij v zrak, ki se naprej delijo na aktivnosti. Glavne kategorije virov emisij v zrak so:

1. Energija
2. Industrijski procesi in uporaba izdelka
3. Kmetijstvo
4. Odpadki
5. Drugi viri
6. Naravni viri

V tej diplomskem delu smo obravnavali kategorijo 1. Energija, ki se razdeli še na dve podpoglavji, in sicer 1.A Izgorevanje in 1.B Ubežne emisije iz goriva. V podpoglavju 1.A najdemo kategorijo 1.A.3.b.i-iv Cestni promet, katero predstavlja program COPERT.

V diplomskem delu smo uporabili metodologijo EMEP/CORINAIR, katere del je program COPERT 5. Program COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) je Microsoft Windows aplikacija, s katero računamo emisije iz cestnega prometa. To metodologijo uporablja tudi mnogo evropskih držav, za izračune emisij na nacionalni, regionalni ali lokalni ravni. Program vključuje vse največje onesnaževalce: TGP, zračna onesnaževala in toksične spojine (Prav tam, 2016).

Program Copert je leta 1985 razvil Laboratorij za termodinamiko Univerze v Solunu v Grčiji. Po prvi verziji Copert 85 so sledili program Copert 90, Copert II in leta 1999 Copert III. Trenutna različica programa Copert 5 je produkt rezultatov mnogih dejavnosti in namenskih projektov skupine EMISSA. Verzije se med seboj razlikujejo predvsem v uporabljenih emisijskih faktorjih, ki so se spreminjali glede na izboljšave motorjev v različnih kategorijah vozil. Razvit je bil kot evropsko orodje za izračun emisij iz cestnega prometa (Emissia). Glavni namen izdelave metodologije COPERT je bil zagotoviti standardizirano metodo za določitev nacionalnih emisij prometa. Razvoj tega programa je podprla tudi Evropska okoljska agencija in ga predpisala kot obvezen program za poročanje o nacionalnih emisijah iz cestnega prometa v državah članicah EU (Prajnc, 2012, 22).

Program vključuje podatke o vrstah registriranih vozil in emisijskih funkcijah, ki so odvisne od hitrosti, porabe goriva, povprečne hitrosti, povprečnega števila kilometrov za posamezno skupino vozil, in druge podatke. Vozila so razdeljena na 5 glavnih razredov:

- osebna vozila;
- lahka tovorna vozila;
- težka tovorna vozila;
- avtobusi in
- dvokolesniki.

Vozila se delijo še glede na vrsto goriva, ki ga uporabljajo:

- bencin;
- dizel;
- CNG;
- LPG;
- E85;
- Hibrid.

Za računanje emisij v programu COPERT 5 je zelo pomemben Euro standard motorja, ki je bil sprejet za omejevanje emisij iz cestnega prometa. Pomembna je tudi delovna prostornina motorja in druge spremenljivke.

Tabela 4: Onesnaževala, ki jih obravnava program COPERT 5, po skupinah

Skupina	Način izračuna	Onesnaževala
Skupina 1	Onesnaževala, za katera poznamo natančno metodologijo izračuna emisij. Izračun temelji na specifičnih emisijskih faktorjih in pokriva različne prometne situacije in pogoje v motorjih.	NO _x , NO, NO ₂ , VOC, CH ₄ , NMVOC, N ₂ O, NH ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5}
Skupina 2	Onesnaževala, ki so odvisna od porabe goriva, katero izračunamo s pomočjo specifičnih faktorjev porabe.	CO ₂ , SO ₂ , težke kovine: Pb, As, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Se, Zn
Skupina 3	Onesnaževala, za katera se, zaradi pomanjkanja podatkov, uporablja poenostavljena metodologija.	POPs, PAH, DF, PCB, PCDD, PCDF, HCB
Skupina 4	Posamezni nemetanski ogljikovodiki (NMVOC), ki se izračunajo kot delež skupnih hlapnih organskih snovi VOC.	Alkani, alkeni, alkini, aldehidi, ketoni in cikloketoni, aromatske spojine

Vir: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, 2016, 19–20

Program COPERT 5 uvršča benzen med aromatske spojine in B(a)p med onesnaževala PAH's in POP's.

Skupne emisije iz cestnega prometa se računajo kot vsota emisij ogretega motorja (vroče emisije), emisij motorja ob zagonu in segrevanju (hladne emisije) in emisij, ki nastajajo zaradi izhlapevanja goriva. Na količino izpustov emisij vplivajo tudi različne vozne razmere, ki so odvisne od tipa ceste (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook, 2016, 41–43).

Vroče emisije nastajajo ob delovanju motorja, ogretega na optimalno delovno temperaturo. Te emisije so odvisne od številnih faktorjev, kot je na primer razdalja, ki jo vozilo prepotuje, hitrost vozila, ki je odvisna tudi od vrste ceste, po kateri vozi (mestna ali primestna cesta in avtocesta), njegove starosti, prostornine motorja in mase vozila. Osnovna enačba, s katero lahko izračunamo vroče emisije:

$$E_{\text{vroče}; i,j,k} = N_j \times M_{j,k} \times e_{\text{vroče}; i,j,k} \quad (3.3)$$

$E_{\text{vroče}; i,j,k}$ [g] – emisije onesnaževala i , ki nastajajo v referenčnem letu v kategoriji vozil j , ki vozijo po cesti tipa k , z ogretim motorjem in katalizatorjem

N_j [-] – število registriranih vozil v kategoriji j v referenčnem letu

$M_{j,k}$ [km] – število prevoženih kilometrov na vozilo kategorije j , ki vozi po cesti tipa k

$e_{\text{vroče}; i,j,k}$ [g/km] – povprečni emisijski faktor za onesnaževalo i , kategorije vozil j , ki vozijo po cesti tipa k , z ogretim motorjem in katalizatorjem

i – onesnaževala iz skupin 1 in 3 (Tabela 4)

j – kategorije vozil (Tabela 6)

k – tip ceste (Tabela 7)

Tako imenovane hladne emisije nastajajo, dokler se motor ne segreje na optimalno delovno temperaturo. Emisije ob hladnem zagonu in ob vožnji s hladnim motorjem so nekajkrat višje od emisij, ki nastajajo v času delovanja že ogretega motorja. Hladne emisije se pojavljajo v vseh kategorijah vozil in v vseh vozniških razmerah, vendar pa so najbolj značilne za mestno vožnjo. Emisijski faktorji, ki se v metodologiji uporabljajo za računanje hladnih emisij, so določeni za osebna in lahka tovorna vozila. Pri izračunu je pomembna razdalja, ki jo vozilo prevozi s hladnim motorjem, podnebne razmere, ki prav tako vplivajo na čas, ki je potreben, da se motor segreje na delovno temperaturo in vozne razmere. Za Slovenijo je določena povprečna dolžina potovanja s hladnim motorjem, ki znaša 12 km. Tudi razmerje med emisijskima faktorjema $e^{hladne}/e^{vroče}$ je odvisno od zunanje temperature in vrste onesnaževala (Prav tam, 2016).

Osnovna enačba, s katero izračunamo hladne emisije:

$$E_{hladne;i,j} = \beta_{i,j} \times N_j \times M_j \times e_{vroče;i,j} \times (e^{hladne}/e^{vroče}/_{i,j} - 1) \quad (3.4)$$

$E_{hladne;i,j}$	[g]	– emisije onesnaževala i, ki nastajajo v referenčnem letu v kategoriji vozil j s hladnim motorjem
$\beta_{i,j}$	[-]	– delež kilometrov, ki jih vozilo prevozi s hladnim motorjem, za emisije onesnaževala i in kategorijo vozil j
N_j	[-]	– število registriranih vozil v kategoriji j v referenčnem letu
M_j	[km]	– število prevoženih kilometrov na vozilo kategorije j
$e^{hladne}/e^{vroče}/_{i,j}$	[-]	– razmerje med emisijskima faktorjema hladnih in vročih emisij za onesnaževalo i, kategorije vozil j.

Parameter β je odvisen od zunanje temperature zraka, načina vožnje in povprečne dolžine potovanja.

Večina emisij, ki so posledica izhlapevanja izvira iz sistema za gorivo. To so rezervoar za gorivo, uplinjač in cevni sistem. Izhlapevanje iz vozila na dizelski pogon je veliko manjše kot pri vozilu na bencinski pogon. Izhlapevanje pri vozilu na dizelski pogon je nekoliko povišano ob slabem vzdrževanju vozila ali ob nizkem tlaku v ceveh. Največ emisij zaradi izhlapevanja nastaja zaradi prezračevanja posode za gorivo ter pronicanja goriva. Izgube nastajajo tudi zaradi izhlapevanja goriva med premikanjem vozila. Izgube zaradi izhlapevanja so rešili z dodatno posodo, ki je priključena na rezervoar in vsebuje aktivno oglje. Študije so pokazale, da pronicanje goriva preko delov iz plastike in gume znatno prispeva k skupnim emisijam izhlapevanja (EMEP/EEA Gasoline evaporation 2013, 19–20).

Poznamo tri glavne mehanizme, ki gorivu omogočajo izhlapevanje iz vozila, to so:

Ubežne emisije so posledica izhlapevanja goriva med obratovanjem vozila. Pri starejših vozilih sistem gorivo vodi skozi motor in ga vrača v rezervoar, ki se pri tem segreva in ustvarja paro, kar povzroča znatno povišanje izhlapevanja goriva. Novejši motorji imajo direkten vbrizg goriva in le-tega ne vračajo nazaj v rezervoar, kar znatno zmanjša izhlapevanje in s tem ubežne emisije.

Dnevne emisije – izhlapevanje je povezano predvsem s temperaturno razliko. Ko se temperatura v okolici dvigne, so emisije izhlapevanja višje. Brez nadzornega sistema lahko v ozračje prehajajo večje količine hlapov.

Emisije segretega vozila – nastajajo, ko vroč motor ugasnemo. Toplota razgretoga motorja in izpušnega sistema povečujeta temperaturo goriva v sistemu, ki ne teče več. Posebej pomemben vir so segreti vozila, ki še uporabljajo uplinjač. Pri vozilih z vbrizgavanjem goriva hlapi ob ugasnjenem motorju ne nastajajo več (prav tam, 2013).

Osnovna enačba s katero izračunamo emisije izhlapevanja:

$$E_{eva, VOC, j} = 365 \times N_j (HS_j + e_{d, j} + RL_j) \quad (3.5)$$

$E_{eva, VOC, j}$ [g] – letne emisije VOC, ki so posledica izhlapevanja iz vozil kategorije j
 N_j [-] – število vozil iz kategorije j

HS_j [g/dan] – povprečne dnevne emisije segretega vozila iz vozil kategorije j

$e_{d, j}$ [g/dan] – povprečne dnevne emisije vozil iz kategorije j

RL_j [g/dan] – povprečne dnevne ubežne emisije vozil iz kategorije j

Pri tem je:

$$HS_j = x \{c [p e_{s, vroče, c} + (1 - p) e_{s, tople, c}] + (1 - c) e_{s, vroče, fi}\} \quad (3.6)$$

$$RL_j = x \{c [p e_{r, vroče, c} + (1 - p) e_{r, tople, c}] + (1 - c) e_{r, vroče, fi}\} \quad (3.7)$$

x [potovanj/dan] – povprečno število potovanj na vozilo na dan, povprečje za vso leto
 c [-] – delež vozil, opremljenih z uplinjačem in sistemom za vračanje goriva
 p [-] – delež potovanj, ki se končajo z segretim motorjem (odvisen od povprečne mesečne temperature okolice)
 $e_{s, vroče, c}$ [g/postopek] – srednji emisijski faktor segretega vozila za vozila z uplinjačem in sistemi z vračanjem goriva (odvisno od hlapnosti goriva in povprečne mesečne temperatura okolice)
 $e_{s, tople, c}$ [g/postopek] – srednji emisijski faktor hladnega in toplega vozila za vozila z uplinjačem in sistemi z vračanjem goriva (odvisno od hlapnosti goriva in povprečne mesečne temperatura okolice)
 $e_{s, vroče, fi}$ [g/postopek] – srednji emisijski faktor segretega vozila za vozila z vbrizgavanjem goriva in sisteme brez vračanja goriva (odvisno od hlapnosti goriva in povprečne mesečne temperatura okolice)
 $e_{r, vroče, c}$ [g/potovanje] – srednji emisijski faktor za vroče ubežne emisije za vozila z uplinjačem in sistemi z vračanjem goriva (odvisno od hlapnosti goriva in povprečne mesečne temperatura okolice)
 $e_{r, tople, c}$ [g/potovanje] – srednji emisijski faktor za hladne in tople ubežne emisije za vozila z uplinjačem in sistemi z vračanjem goriva (odvisno od hlapnosti goriva in povprečne mesečne temperatura okolice)
 $e_{r, vroče, fi}$ [g/potovanje] – srednji emisijski faktor za vroče ubežne emisije za vozila z vbrizgavanjem goriva in sisteme brez vračanja goriva (odvisno od hlapnosti goriva in povprečne mesečne temperatura okolice)
 (Prajnc, 2012, 25–26).

Na izračun goriva vplivajo še faktorji:

- starost vozila (pri novih vozilih je količina emitiranih snovi v ozračje nižja kot pri starejših);
- kvaliteta goriva (je določena z zakonodajo in od leta 2005 zagotavlja višjo kvaliteto goriv, ki ustrezajo emisijskim standardom za Euro 4 in Euro 5);
- naklon ceste in velikost tovora pri težkih tovornih vozilih (emisije so večje v primeru, da cesta ni ravna in program omogoča izbor faktorja za težka tovorna vozila s tovorom) (Prav tam, 2012).

Najpomembnejše emisije, emitirane iz cestnega prometa, ki jih lahko izračunamo s programom COPERT 5:

- predhodniki ozona: CO, NO_x, NMVOC;
- toplogredni plini: CO₂, CH₄, N₂O;
- snovi, ki povzročajo zakisljevanje: SO₂, NH₃;
- prašni delci: PM₁₀, PM_{2,5} ter BC, OC;
- kancerogene spojine: PAH, POP, aromatske spojine;
- toksične snovi: dioksini in furani;
- težke kovine.

Podatke o najpomembnejših emisijah smo dobili: (EMEP/EEA, 2016, 3).

3.2 Vhodni parametri programa COPERT 5

Za izračun emisij iz cestnega prometa s programom COPERT 5 je potrebno v program vnesti številne podatke o podnebnih razmerah, podatke o porabi goriva, število registriranih vozil, ki jih je potrebno razvrstiti glede na Euro standard in v razrede, ki jih predpisuje program, delež različnih kategorij cest, RVP vrednosti in mnoge druge, ki jih bomo v tem poglavju opisali podrobneje.

Za določitev emisij iz hladnega motorja potrebujemo povprečno dolžino potovanja, ki jo vozilo prevozi od hladnega zagona do normalne delovne temperature motorja. Po podatkih Nacionalnega poročila RS 2015 ta razdalja znaša 12 km. Ta podatek se skupaj s temperaturo zraka uporabi za izračun beta vrednosti, kar program izračuna sam. Beta vrednost predstavlja vrednost mesečno prevožene poti, preden motor doseže optimalno temperaturo.

Parni tlak goriva ali RVP – vrednost se razlikuje glede na zimsko in poletno obdobje. Za zimsko obdobje od 1. 10. do 30. 4. je RVP vrednost 70 kPa, za poletno obdobje od 1. 5. do 30. 9. je ta vrednost 60 kPa (Slovenia's national inventory report, 2015–2016, 91).

Podnebne razmere (Tabela 5)

Poznavanje maksimalnih in minimalnih povprečnih mesečnih temperatur je prvi podatek, ki ga je potrebno vnesti v program, saj le-ta na osnovi teh vhodnih parametrov izračuna izhlapevanje goriva iz vozila. Ob teh podatkih je potrebno vnesti še povprečne mesečne vrednosti relativne vlažnosti zraka v Mariboru.

Tabela 5: Najnižje, najvišje povprečne mesečne temperature in povprečna relativna vlažnost

Mesec	Minimalna temperatura v °C	Maksimalna temperatura v °C	Relativna vlažnost zraka v %
Januar	-0.8	6.7	67
Februar	-1.4	6.1	57
Marec	-0.8	11.6	52
April	3.7	17.7	50
Maj	11	21.6	51
Junij	11.4	24.7	53
Julij	18	29	50
Avgust	16.5	28.9	51
September	12.2	21.8	56
Oktober	7.1	14.8	61
November	3	14.5	67
December	-1.1	7.7	72

Vir: ARSO, 2016

Podatki o porabi goriva

Podatke o porabi goriva na obravnavanem območju lahko pridobimo na različne načine. Porabo goriva na določenem območju lahko izračunamo glede na število vozil v posamezni kategoriji in glede na povprečno porabo goriva posamezne kategorije (Prajnc, 2012, 26). Program ima možnost izračuna porabe goriva za posamezno pogonsko sredstvo glede na podatke o številu in vrsti vozila, ki so vneseni v program kot vhodni podatki (ta način smo uporabili tudi v diplomskem delu).

Dejavni podatki (Tabela 6)

Program COPERT 5 zahteva podatke o povprečnih letno prevoženih kilometrih glede na prostornino motorja in povprečno število prevoženih kilometrov glede na življenjsko dobo in glede na velikost prostornine motorja. Vrednosti v tabeli so statistično izračunane in se konstantno spreminjajo, imenujemo dejavni ali aktivni podatki.

Tabela 6: Dejavni podatki

Tip vozila	Vrsta goriva	Prostornina motorja	Povprečno št. Km/leto	Št.Km/življenska doba
OA	Bencin	< 0,8	9,725	150,000
		1,4-2,0	13,190	150,000
		> 2,0	25,710	217,000
	Dizel	1,4-2,0	25,710	223,000
		> 2,0	28,582	223,000
	Hibrid	/	28,582	223,000
	LPG	/	29,616	223,000
CNG	/	29,616	223,000	
LTV	Bencin	/	27,786	205,000
	Dizel	/	27,786	205,000
TTV	Dizel	<= 7,5 t	37,948	700,000
	Dizel	/	93,695	700,000
BUS	Dizel	<= 15 t	20,684	800,000
		/	54,330	800,000
Mopedi	Bencin	/	2,187	50,000
Motorna kolesa		/	2,187	100,000

Vir: Slovenia's national inventory report, 2016

Za primerjavo dodajamo še povprečne hitrosti (Tabela 7), ki veljajo za RS in so podane v Nacionalnem emisijskem poročilu 2015. V program je potrebno vnesti podatke o povprečnih hitrostih vozil na različnih tipih cest in ob različnih prometnih situacijah. Razlika v povprečnih hitrostih se med podatki RS in fakultete dokaj razlikujejo. Razlika med podatkom na mestnih cestah je 10 km/h in je v primerjavi z ostalimi tipi cest najmanjša. Razlika je očitna tudi na primestnih cestah, kjer so povprečne hitrosti RS dvakrat višje kot tiste, ki so bile izmerjene v Mariboru. Največja razlika v povprečni hitrosti je na hitrih cestah in avtocestah. V diplomskem delu smo (razen izjeme) uporabili podatke o povprečnih hitrostih, ki jih je izračunala Fakulteta za gradbeništvo. V program smo morali vnesti še povprečno hitrost na mestnih cestah v času prometne konice. Ker podatka o povprečni hitrosti za takšno situacijo nismo našli, smo uporabili podatek o povprečni hitrosti v RS, ki znaša 30 km/h.

Tabela 7: Povprečne hitrosti v RS in v Mariboru

Kategorija vozil	Mestne ceste	Primestne ceste	Hitre ceste in avtoceste
	Povprečne hitrosti RS/ povprečne hitrosti MB	Povprečne hitrosti RS/ povprečne hitrosti MB	Povprečne hitrosti RS/ povprečne hitrosti MB
OA	30/20	60/26	110/47
LTV	30/20	60/26	90/47
TTV	30/20	60/26	80/47
BUS	30/20	60/26	80/47
Mopedi	30/20	40/26	-
Motorna kolesa	30/20	60/26	110/47

Vir: Prajnc, 2012

Na osnovi pridobljenih podatkov iz meritev in lege mestnega jedra je Fakulteta za gradbeništvo Univerze v Mariboru pripravila izračun deležev za posamezne tipe cest (Prajin, 2012, str. 39). Najmanj je v Mariboru hitrih cest in avtocest – 16 %, primestnih cest je 20 % in mestnih cest 64 % (Tabela 8). Program COPERT 5 zahteva tudi podatke o deležu različnih prometnih situacijah na posameznih kategorijah cest. Ker podatkov ni na voljo, deleže določi program sam. Tako program predvideva, da je na mestnih cestah, ki zavzemajo 64 % delež, v polovici primerov promet zasičen, kar predstavlja 32 % delež. Ostalih 32 % je promet tekoč. Podrobnih podatkov o prometni situaciji na primestnih cestah, hitrih cestah in avtocestah program ne zahteva.

Tabela 8: Deleži cest in povprečne hitrosti glede na prometno situacijo

Kategorija vozil		OA	LTV	TTV	BUS	Mopedi	Motorna kolesa
Delež %	Nezgoščen promet urb. c.	32	32	32	25	32	32
	Zgoščen promet urb. c.	32	32	32	25	32	32
	Primestna cesta	20	20	20	50	20	20
	Hitra cesta ali avtocesta	16	16	16	-	16	16
Hitrosti v Km	Nezgoščen promet urb. c.	30	30	30	30	30	30
	Zgoščen promet urb. c.	20	20	20	20	20	20
	Primestna cesta	26	26	26	26	26	26
	Hitra cesta ali avtocesta	47	47	47	-	-	47

Vir: Gorenčič, 2016

3.3 Delitev vozil v kategorije

Emisije, ki prihajajo iz cestnega prometa, so pod nadzorom evropske zakonodaje že od leta 1970. Do tega leta članice EU niso imele nobenih navodil ali predpisov, s katerimi bi omejevale izpuste emisij. Obdobje pred letom 1970 imenujemo pred ECE. Da avtomobilski proizvajalci zadovoljijo zahteve evropske zakonodaje, morajo konstantno izboljševati motorje in uvajati različne emisijske nadzorne sisteme. Euro standardi se za osebna vozila, lahka tovorna vozila, mopede in motorje označuje z arabskimi številkami (Euro 1–6). Težka tovorna vozila in avtobuse označujemo z rimskimi številkami (Euro I–VI) (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, 2016, 9–13).

Osebna vozila na bencinsko pogonsko gorivo

Leto proizvodnje vozil v tej kategoriji je bilo upoštevano z uvedbo različnih razredov, ki odražajo zakonodajne ukrepe (ECE, Euro) ali tehnološke ukrepe (Izboljšana konvencionalna tehnologija in odprt krogotok). Med letoma 1970 in 1985 so morale vse države slediti pravilniku UNECE 15 R15, ki je določala mejne vrednosti iz vozil lažjih od 3,5 t. Ta pravilnik je veljal tako za proizvodnjo vozil kot tudi za uvožena vozila iz drugih predelov sveta, ki so bila registrirana v državi (prav tam, 2016).

Predpisi ECE:

pred ECE vozila	do leta 1971
ECE 15 00 in ECE 15 01	1972 do 1977
ECE 15 02	1978 do 1980
ECE 15 03	1981 do 1985
ECE 15 04	1985 do 1992

Po letu 1985 sta se začeli v nekaterih evropskih državah pojavljati še dve dodatni tehnologiji. Zahteve te tehnologije so bile naprednejše od tehnologij ECE odredbe. Izboljšana konvencionalna tehnologija za zmanjšanje emisij ni potrebovala katalizatorja, ampak izboljšave na motorju vozila. Odprti krogotok pa je bila tehnologija, kjer so uporabili trismerni katalizator v odprtem krogotoku goriva. Ti dve tehnologiji so uporabljali najprej v Nemčiji, nato na Nizozemskem, Danskem in v Grčiji (Prav tam, 2016).

Z Direktivo 91/441/EGS so julija 1992 v veljavo stopili Euro standardi. Euro 1 motor je bil prvi, ki je bil opremljen z zaprtim krogotokom goriva in s katalizatorjem. Korak naprej so naredili tudi na področju kakovosti goriva, saj se je začelo uporabljati neosvinčen bencin. Določila smernice so veljala do leta 1996, ko je v veljavo vstopila nova Direktiva 94/12/EGS. Euro 2 motor je imel izboljšani zaprti krogotok in katalizator. S to tehnologijo so v primerjavi z Euro 1 motorjem zmanjšali emisije CO za 30 % in za 55 % emisije VOC + NO_x. Nadaljnje zniževanje emisij iz osebnih vozil je bilo sprejeto z Direktivo 98/69/EC, ki je začela veljati leta 2001. Euro 3 standard je bil 1. stopnja te smernice in je znižal emisije CO za 30 %, VOC za 40 % in NO_x za 40 % glede na smernice Euro 2. Vozila, izdelana po tej smernici, so morala imeti vgrajene senzorje za lažji nadzor emisij z mejnimi vrednostmi. 2. stopnja smernice 98/69/EC Euro 4 je stopila v veljavo januarja 2005. Ta direktiva je zahtevala dodatno znižanje emisij CO za 57 % ter HC in NO_x za 47 % v primerjavi z Euro 3. Evropski svet je maja 2007 sprejel standarde za motorje Euro 5 in 6, ki jih je predlagala Evropska komisija. Euro 5 je prišel v veljavo dve leti kasneje (septembra 2009). Euro 5 je določil zmanjševanje NO_x emisij za 25 % v primerjavi s standardom prej in znižanje izpustov trdih delcev. Emisijski standard Euro 6 ne predpisuje nadaljnjih znižanj emisij iz bencinskih motorjev (Prav tam, 2016).

Osebna vozila na dizelsko pogonsko gorivo

Osebna vozila na dizelsko pogonsko gorivo, ki so bila proizvedena pred letom 1992, klasificiramo v razred konvencionalnih vozil. V to kategorijo spadajo vsa neregulirana vozila pred letom 1985 in vsa vozila, ki so v skladu z Direktivo ECE 15/4. Tem vozilom je skupna značilnost posredno vbrizgavanje goriva v motor brez dodatne obdelave izpušnih plinov. Obstoječo tehnologijo je leta 1992 z Direktivo 91/441/EGS izboljšal Euro 1 standard. Euro standardi so enaki tistim, ki smo jih opisali pri osebnih vozilih z bencinskim motorjem, razlikujejo se le zahteve za zmanjšanje emisij. Euro 1 standard je prvi, ki je urejal področje onesnaževal. Euro 2 je določil znižanje emisij CO za 68 %, HC in NO_x za 38 % ter PM za 55 % glede na Euro 1. Euro 2 je poleg znižanja emisij določil še uporabo oksidacijskega katalizatorja. Euro 3 je znižanje emisij PM in NO_x dosegel z recirkulacijo izpušnih plinov in z optimizacijo direktnega vbrizgavanja goriva. Znižanje emisij na stopnjo, ki jo predpisuje Euro 4 standard, so dosegli z izboljšanjem tehnologij na motorju in katalizatorju. Euro 5 je vstopil v veljavo leta 2010 in je zahteval nadaljnje zniževanje emisij. Med vsemi emisijami je najpomembnejše nadaljnje zmanjševanje trdih delcev. Ta Euro standard zahteva zmanjšanje teh emisij za 88 % glede na standard prej. Omejeno je bilo tudi število emitiranih delcev 5x10¹¹/km, kar predpisuje obvezno uporabo filtra. Pri Euro 5 motorju je bilo ugotovljeno, da so emisije NO_x v realnih pogojih nekajkrat višje, kot jih dovoljuje standard, zato so uvedli še Euro 6 in Euro 6c standard, da bosta z dodatnimi senzorji in možnostmi nadzora te težave odpravila (Prav tam, 2016).

Osebna vozila z dvotaktnim motorjem

Tovrstna vozila so v Evropi skoraj izginila, nekaj jih je v uporabi le še v Vzhodni Evropi. Ta vozila uvrščamo v razred konvencionalnih vozil (Prav tam, 2016).

Osebna vozila na plin

Razdelitev vozil v razrede po različnih emisijskih standardih je enaka kot pri vozilih na dizelsko in bencinsko pogonsko gorivo (Prav tam, 2016).

Hibridna vozila

Bencin-hibridna vozila uvrščamo v Euro 6 standard. Zaradi svoje napredne tehnologije imajo nekatera vozila nižje emisije, kot jih določa Euro 6. Emisijski faktorji so primerni za hibridna vozila, pri katerih elektromotor dopolnjuje še motor z notranjim izgorevanjem (Prav tam, 2016).

Lahka tovorna vozila na bencinsko pogonsko gorivo < 3,5 t

Vozila, izdelana do leta 1992, spadajo med konvencionalna vozila. Prva Direktiva 93/59/EGS EURO 1 je veljala za obdobje 1993–1997 in je zahtevala uporabo katalizatorja. Naslednja smernica za standard 96/69/EC Euro 2 je bila sprejeta 1997 in je še bolj zaostrovala izpuste emisij kot njena predhodnica. Kasneje sta bili sprejeti še dve direktivi in sicer 98/69/EC Euro 3 in Euro 4, ki je veljal po letu 2006. Kasneje so veljale smernice, ki veljajo za osebna vozila z razlikami v emisijskih standardih (Prav tam, 2016).

Lahka tovorna vozila na dizelsko pogonsko gorivo < 3,5 t

Zakonodaja, ki velja za LTV na bencinsko pogonsko gorivo, velja tudi za dizelske motorje. Razlika je v emisijskih standardih in v drugačnih zahtevah pri vrednostih delcev PM. Tehnologija motorjev LTV sledi tehnologiji osebnih vozil z 1–2-letno zamudo (Prav tam, 2016).

Težka tovorna vozila na bencinsko pogonsko gorivo > 3,5 t

Zaradi nizkega števila tovrstna vozila ne igrajo velike vloge pri izpustih emisij iz prometa. Vsa registrirana vozila pa uvrščamo med konvencionalna vozila (Prav tam, 2016).

Težka tovorna vozila na dizelsko pogonsko gorivo > 3,5 t

Emisije iz dizelskih motorjev TTV je prva urejala odredba ECE 49 leta 1988. Vse motorje, ki so v skladu z ECE 49 in starejše, uvrščamo med konvencionalna vozila. Direktiva 91/542/EGS je bila sprejeta v dveh stopnjah in je prinašala dva standarda za zmanjšanje emisij. 1. stopnja – Euro I je veljala za obdobje 1992–1995. Od leta 1996–2000 je v veljavo stopila 2. stopnja iste odredbe Euro II. Tudi naslednja odredba je v veljavo vstopila z dvema stopnjama. 1. stopnja – Euro III je uvedla znižanje vseh emisij za 30 % glede na 2. stopnjo – Euro II. Ista direktiva 2. stopnje – Euro IV stopi v veljavo v letu 2005 in traja do leta 2007. Leto kasneje začne veljati strogi standard Euro V.

Standard Euro V zahteva zmanjšanje emisij NO_x za 70 % in zmanjšanje delcev za 85 % v primerjavi s standardom Euro II. Te spremembe so bile dosežene s spremembami v tehnologiji dizelskih motorjev. Nadaljnje znižanje emisij je bilo sprejeto z novim Euro VI standardom, ki je stopil v veljavo v letu 2013/2014. Ta standard določa zmanjšanje trdih delcev za 50 % in zmanjšanje NO_x za 80 % glede na predhodni standard Euro V. Standard zahteva tudi uporabo filtrov in spremembe v tehnologiji motorjev (Prav tam, 2016).

Mopedi z dvotaktnim motorjem > 50 ccm

Prva Direktiva 97/24/EC 1. stopnje – Euro 1 je stopila v veljavo 1999. Mopede, izdelane pred 1999, štejejo med konvencionalna enosledna vozila. Euro 2 z novimi mejnimi vrednostmi 1g/km CO in 1,2 g/km VOC + NO_x, je začel veljati junija 2002. Novi standardi Euro 3 so bili pripravljeni s strani Evropske komisije v letu 2013. Mejne vrednosti so ostale enake mejnim vrednostim Euro 2. Uvedena je bila le tehnologija za preizkus ustreznosti. Euro 4 standard je predviden v letih 2017/2018, Euro 5 pa v letih 2020/2021 (Prav tam, 2016).

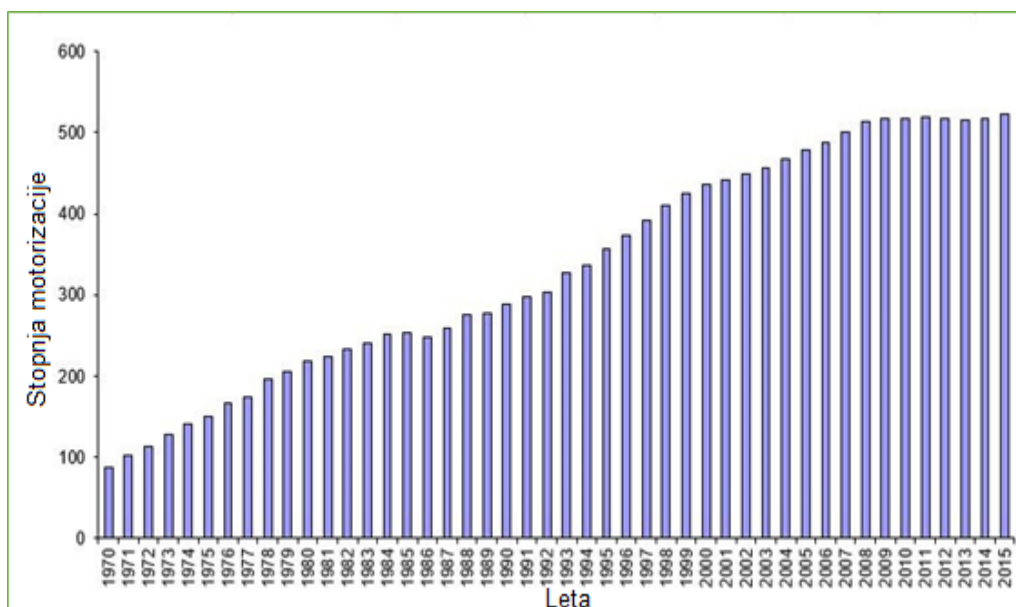
Motorji z dvotaktnimi in štiritačtnimi motorji > 50 ccm

Emisije za te tipe vozil ureja enaka zakonodaja kot za mopede. Razlike so le v emisijskih mejnih vrednostih. Euro 4 in Euro 5 sta motorje > 50 ccm z enakim emisijskim nivojem uvrstila med osebna vozila. Ta standarda urejata že tudi nadzor izhlapevanja goriva (Prav tam, 2016).

4 PRIMERJAVA REZULTATOV ZA LETI 2010 IN 2015

4.1 Lastništvo osebnih avtomobilov v Sloveniji

Lastništvo osebnih avtomobilov je opredeljeno kot število osebnih vozil na število prebivalcev. Stopnja motorizacije (kot tudi imenujemo tovrsten kazalec) je tesno povezana z rabo oziroma obsegom avtomobilizacije, predvsem na urbanih območjih. Lastništvo osebnih avtomobilov je močno povezano s trendi sodobnega načina življenja, kot so: zmanjševanje števila oseb na gospodinjstvo, večje število avtomobilov na gospodinjstvo in povečanje povprečne razdalje potovanj. Lastništvo osebnih avtomobilov je tudi odličen kazalec dostopnosti in fleksibilnosti javnega prevoza (Plevnik, [medmrežje], 2016).



Slika 10: Stopnja motorizacije (število osebnih avtomobilov/1000 prebivalcev). Slovenija, 1970–2015
Vir: Statistični urad RS, 2016

Leta 2015 je bilo v Sloveniji 1.078.737 osebnih avtomobilov, kar je 7-krat več kot leta 1970. Stopnja motorizacije se je glede na leto 2014 še nekoliko dvignila in je leta 2015 znašala 523 osebnih avtomobilov na 1000 prebivalcev, kar je 166 avtomobilov na 1000 prebivalcev več kot leta 1995. Leta 2015 si je povprečno slovensko gospodinjstvo, ki je takrat štelo 2,5 člana, lastilo 1,31 avtomobila. Število osebnih vozil glede na gospodinjstvo in število prebivalcev je največje v Trzinu, najmanj jih je v Ankaranu (prav tam, 2016).

Najvišjo stopnjo motorizacije v EU praviloma beležijo v gospodarsko najbolj razvitih državah, kot sta Luksemburg in Italija. Hkrati pa je v najbogatejših državah Skandinavije stopnja motorizacije veliko nižja od evropskega povprečja. Najnižjo stopnjo motorizacije izkazuje države, ki so se kot zadnje priključile EU in so gospodarsko najmanj razvite (Slovaška, Hrvaška, Romunija, Madžarska).

Med države z največjim povečanjem lastništva osebnih avtomobilov se uvršča tudi Slovenija, ki že leta visoko presega povprečje vseh novih članic in kandidatk EU, razen Malte in Cipra. Rast števila osebnih avtomobilov je nazadnje leta 2008 ustavila recesija.

Po letu 2012 je število spet naraščalo in se ustavilo pri 4576 novo registriranih vozilih. Naslednje leto se je število povečalo na 5062, leta 2014 na 6392, leta 2015 pa se je število novo registriranih vozil povzpelo že na 7129 (prav tam, 2016).

Skozi desetletja je konstantno naraščal tudi delež avtomobilov na dizelski pogon, pri čemer je izrazit trend rasti značilen zlasti od leta 2002 dalje. Daljnega leta 1986 je delež osebnih vozil na dizelski pogon znašal 7 %, leta 2002 nekaj manj kot 12 %. Leta 2015 se je delež povečal na 44 % in še raste. Avtomobili na dizelski pogon manj onesnažujejo okolje z izpusti CO in s toplogrednim CO₂, vendar znatno več prispevajo k onesnaževanju z delci in dušikovimi oksidi. Delež avtomobilov je med letoma 2003 in 2012 vseskozi naraščal tudi v vseh državah članicah. Povprečni delež avtomobilov na dizelski pogon je v evropskih državah nižji kot v Sloveniji. Povprečni delež avtomobilov na dizelski pogon je leta 2012 je v EU znašal 34 %, medtem ko je bil v Sloveniji za 4 % višji, leta 2013 za 6 %, leta 2014 za 8 % in leta 2015 že za 10 % (prav tam, 2016).

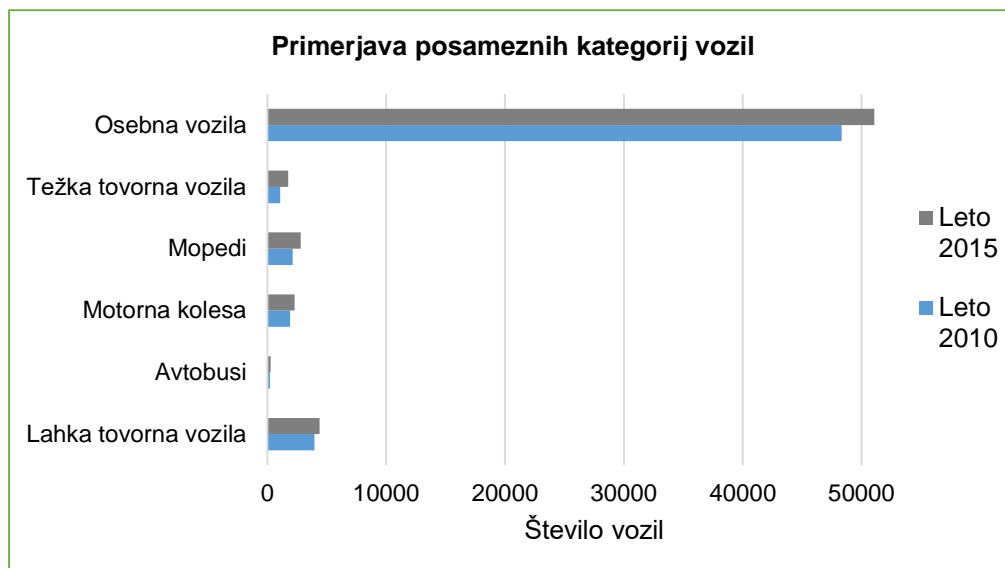
Število avtobusov na 1000 prebivalcev je bilo med letoma 1995 in 2014 v Sloveniji razmeroma konstantno in je znašalo 1,2 avtobusa na 1000 prebivalcev. Leta 2015 je naraslo na 1,3 avtobusa na 1000 prebivalcev (prav tam, 2016).

Povprečna starost osebnih vozil v Sloveniji se v zadnjem času povečuje. Leta 2008 je bilo na vsak novi osebni avtomobil registriranih približno 13, leta 2014 pa že 20 starih osebnih vozil. Konec leta 2014 je bilo okoli 26 % cestnih vozil starih največ 5 let, okoli 37 % pa jih je bilo starih najmanj 12 let ali skoraj 50 % več kot v letu 2008. To pomeni, da se nove tehnologije uvajajo počasneje in da je vozni park večinoma okolju manj prijazen (Plevnik et al., [medmrežje], 2013). Po podatkih EEA je bila vozna flota osebnih avtomobilov leta 2014 v Sloveniji v povprečju stara 6,6 let. Od tega so nekoliko starejša vozila na bencinsko pogonsko gorivo, saj povprečno štejejo 8,9 let, avtomobili na dizelsko gorivo pa 6,8 let. Povprečno so torej vozila na dizelsko pogonsko gorivo mlajša za dve leti. Ta podatek potrjuje tudi ugotovitev, da so v zadnjem obdobju v porastu vozila na dizelski pogon (Plevnik, [medmrežje], 2015).

4.2 Primerjava voznega parka za leti 2010 in 2015

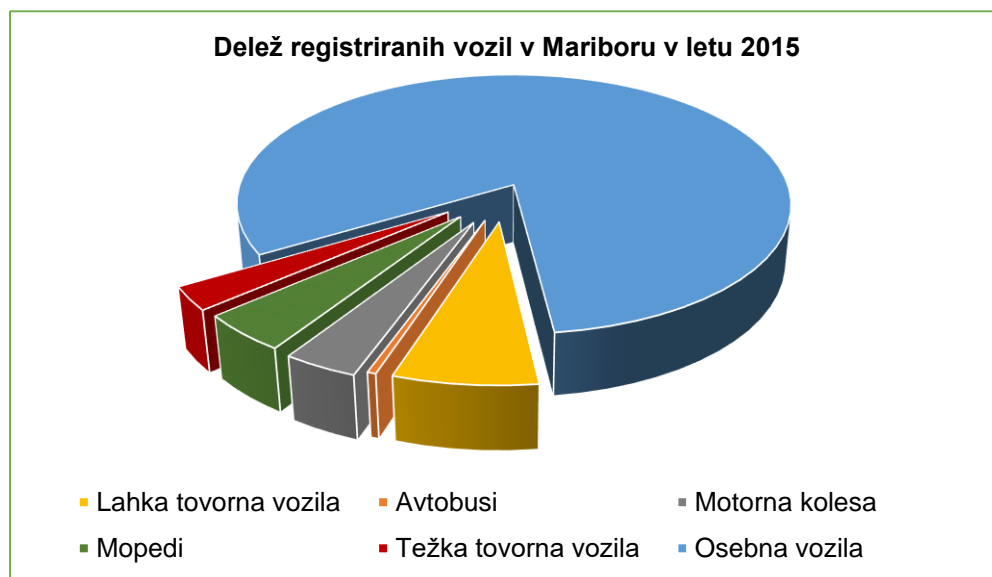
V tem poglavju bomo med letoma 2010 in 2015 primerjali vozno floto vozil v mestu Maribor. V letu 2010 je bilo v Mariboru registriranih skupaj 57.625 prevoznih sredstev, od tega 48.345 osebnih vozil, 3967 lahkih tovornih vozil, 1070 težkih tovornih vozil, 2010 avtobusov, 1913 motornih koles in 2120 mopedov. Pet let kasneje je bilo v Mariboru 62.590 registriranih prevoznih sredstev, kar je 8 % več kot leta 2010, od tega je bilo 51.078 OA, kar predstavlja 2,75 % več kot leta 2010.

Število vozil se je povečalo v vseh kategorijah (Slika 11). V letu 2015 je bilo 4392 LTV, kar je 5,08 % več kot leta 2010. Število TTV se je glede na leto 2010 povečalo za skoraj 24 % na 1742 vozil in število avtobusov za slabih 12 % na 267 vozil. Od leta 2010 se je povečalo tudi število enoslednih motornih vozil. Število motornih koles je bilo 2298 in mopedov 2813. Tako je bilo leta 2015 v Mariboru glede na leto 2010 registriranih 9 % več motornih koles in 14 % več mopedov.

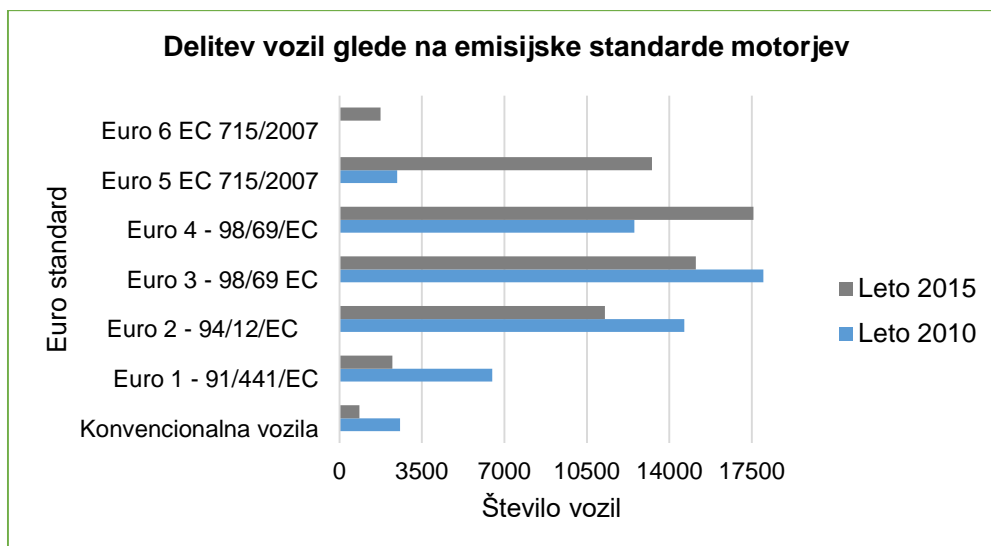


Slika 11: Število vozil posamezne kategorije vozil v letih 2010 in 2015 v mestu Maribor

V MOM je v letu 2010 84 % izmed vseh registriranih vozil predstavljalo osebna vozila. Sledijo LTV 7 %, motorna kolesa 3 %, po 2 % TTV in mopedi, najmanjši delež z manj kot enim odstotkom predstavljajo avtobusi. Iz grafa (Slika 12) je razvidno, da se sestava registriranih vozil v Mariboru od leta 2010 ni veliko spremenila. Osebna vozila so leta 2015 predstavljala 82 %. Čeprav je v primerjavi z letom 2010 delež OA upadel, se je število vozil povečalo. Vzrok gre iskati v povečanemu številu drugih tipov vozil. Na drugem mestu s 7 % sledijo LTV, katera po nekaterih karakteristikah uvrščamo skupaj z OA. TTV predstavljajo 3 % delež in enosledna vozila 8 %. Avtobusov je tudi v letu 2015 med vsemi vozili manj kot odstotek.

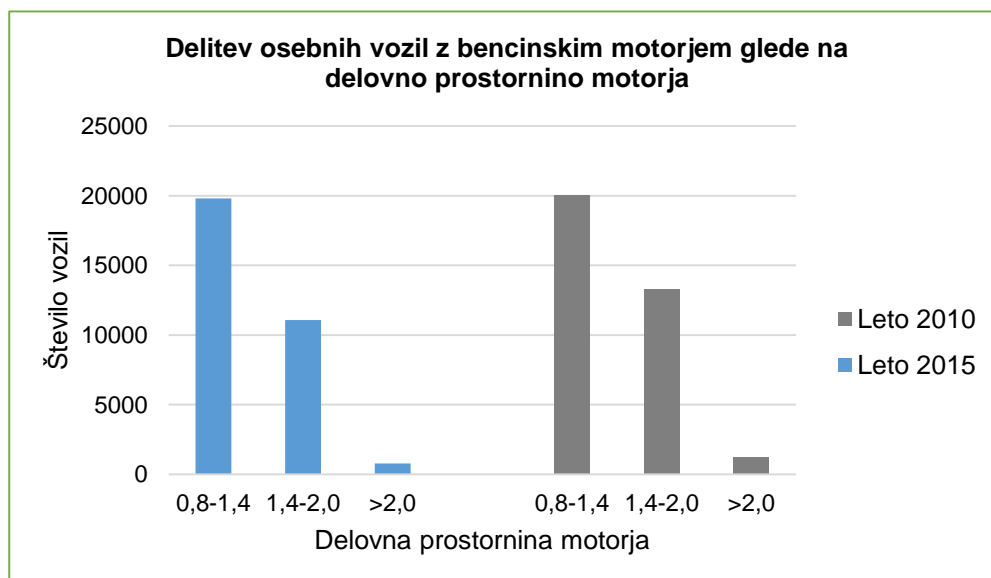


Slika 12: Delež registriranih vozil v Mariboru v letu 2015



Slika 13: Delitev vozil registriranih v Mariboru, glede na emisijske standarde motorja

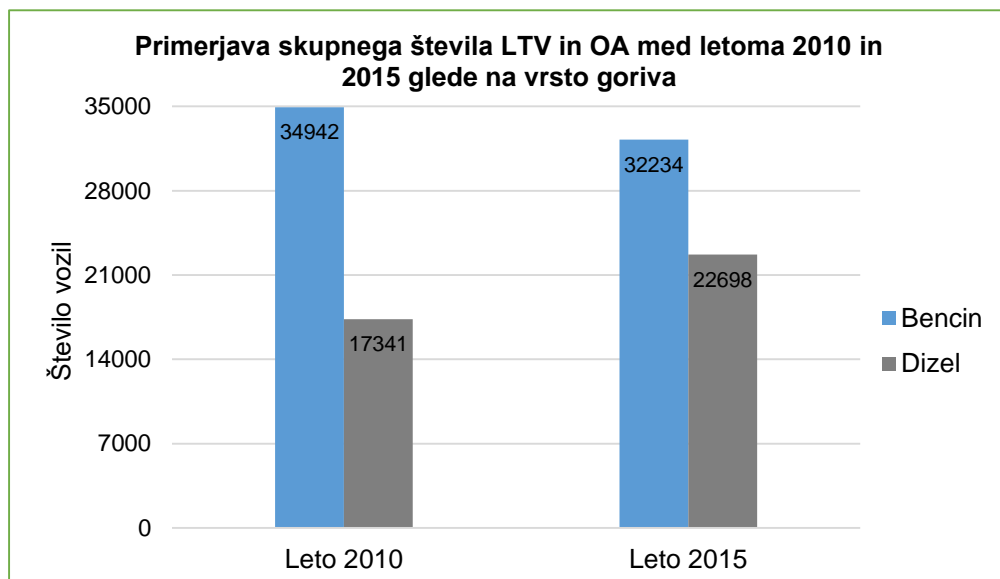
Leta 2010 je med vozili prevladoval Euro 3 standard (Slika 13). Takrat je bilo v Mariboru registriranih skoraj 18.000 vozil s tem emisijskim standardom. Sledili so Euro 2,4 in 1 standard. Vozila, ki jih uvrščamo med konvencionalna, so bila v letu 2010 po številu pred Euro 5 standardom. Euro 6 standard je stopil v veljavo kasneje. Pet let kasneje so bila registrirana konvencionalna vozila in vozila z Euro 1 motorjem v manjšini. Prevladovala so vozila z vgrajenim Euro 4 motorjem. Po številu registriranih vozil so sledili standardi Euro 3,5 in 2 standard. Registriranih vozil z Euro 6 motorjem je bilo leta 2015 najmanj med vsemi. Število vozil, ki spadajo med konvencionalna vozila, je zanemarljivo nizko. Upad števila tovrstnih vozil je očiten in je v nekaterih ECE standardih padel za polovico.



Slika 14: Delitev osebnih vozil z bencinskim motorjem glede na delovno prostornino motorja

V obeh letih je sestava osebnih avtomobilov glede na delovno prostornino motorja zelo podobna (Slika 14). Prevladujejo motorji z delovno prostornino do 2,0 litrov. V letu 2015 je opazna manjša rast srednje velikih bencinskih motorjev. Pri osebnih vozilih na dizelsko pogonsko gorivo je stanje podobno kot pri bencinskih motorjih.

V obeh letih močno prevladuje število vozil s prostornino do 2,0 litrov. Glede na leto 2010 se je število srednje velikih dizelskih motorjev povečalo za 17 %. Rast števila dizelskih motorjev, ki so večji od 2,0 l, je nekoliko manjša in znaša 7 %.



Slika 15: Primerjava skupnega števila LTV in OA vozil med letoma 2010 in 2015 glede na vrsto goriva

Iz (Slike 15) je razvidno, da se je v primerjavi z letom 2010 število avtomobilov na bencinsko pogonsko gorivo nekoliko zmanjšalo. Nasprotno lahko trdimo za vozila z dizelskim motorjem, saj se je število le-teh povečalo za 5357 vozil. Leta 2010 je bilo 48.316 osebnih vozil in 3967 lahkih tovornih vozil. Od tega jih je bencinsko gorivo uporabljalo 67 % in dizelsko gorivo 33 %. V letu 2015 je bilo skupaj registriranih 54.932 osebnih in lahkih tovornih vozil na bencinski ali dizelski motor, od tega je bilo 59 % vozil na bencinsko gorivo in 41 % na dizelsko gorivo. Število uporabnikov bencinskega goriva se je zmanjšalo za 8 %, prav za toliko se je povečalo število vozil na dizelsko gorivo. Če vzamemo pod drobnogled samo LTV za obe primerjalni leti, ugotovimo, da je 90 % vozil na dizelsko gorivo.

Leta 2010 je bilo med osebnimi avtomobili 29 vozil na LPG, drugih goriv še ni bilo prisotnih. V letu 2015 se je število avtomobilov, ki uporabljajo LPG gorivo, povzpelo do 509, kar je skoraj 18-krat več. Registriranih je tudi 9 hibridnih vozil, 16 CNG vozil, 3 električna vozila in 1 vozilo, ki kot pogonsko gorivo uporablja mešanico olja in bencina.

Med avtobusi je bilo leta 2010 največ vozil razvrščenih med mestne avtobuse, ki ne presegajo skupne mase 15 t. Tovrstnih avtobusov je bilo 209 od 210. Eden je bil uvrščen v razred od 15 do 18 t. Vsa vozila so uporabljala dizelsko pogonsko gorivo. V letu 2015 je bilo največ avtobusov razvrščenih v kategorijo mestnih avtobusov do 18 t ali več. Teh je bilo 87, medtem ko je bilo v kategorijo od 15 do 18 t razvrščenih 76 avtobusov. V kategoriji, kjer je bilo v letu 2010 kategoriziranih največ avtobusov, je bilo leta 2015 67 vozil. Leta 2015 je bilo registriranih tudi 23 turističnih avtobusov. Vsi avtobusi v letu 2010 so uporabljali dizelsko pogonsko gorivo, v letu 2015 jih je od skupno 267 dizelsko gorivo uporabljalo 253 vozil. 14 avtobusov je uporabljalo stisnjen zemeljski plin.

Število težkih tovornih vozil se je od leta 2010 povečalo za dobrih 38 %. Med tovornimi vozili so bila leta 2015 4 vozila na bencinsko pogonsko gorivo, ostalih 1738 pa na dizelsko gorivo. V primerjavi z letom 2010 se je število TTV povečalo v vseh razredih, tudi glede na skupno maso v najtežjih razredih, kjer leta 2010 skoraj ni bilo tovornih vozil.

Daleč največ TTV (kar 710) je razvrščenih v razred, v katerem vozila ne presegajo 7,5 t, sledijo TTV, katerih je 568 in so razvrščena v razred, med 14 in 20 t.

Med enoslednimi vozili v letu 2010, je bilo 1913 motornih vozil in 2120 mopedov. Število motornih vozil je bilo v letu 2015 2813, kar je 24 % več kot leta 2010. Za 21 % se je povečalo tudi število mopedov, katerih število je v letu 2010 bilo 4033, pet let kasneje pa je bilo v Mariboru registriranih 5111 mopedov.

4.3 Rezultati izračuna emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leto 2010

Rezultati izpustov emisij iz cestnega prometa v mestu Maribor so podani kot skupne emisije, ki predstavljajo vroče ter hladne emisije in emisije, ki nastajajo zaradi izhlapevanja goriva. Emisije smo na podlagi opisane metodologije izračunali za 16 različnih onesnaževal zraka v mestu Maribor za leto 2010. Kot je opisano v poglavju 4.2, so v Mariboru v letu 2010 OA s 84 % predstavljala največji delež vozil med celotno floto. Med vozili so prevladovali motorji z Euro 3 in 2 standardom.

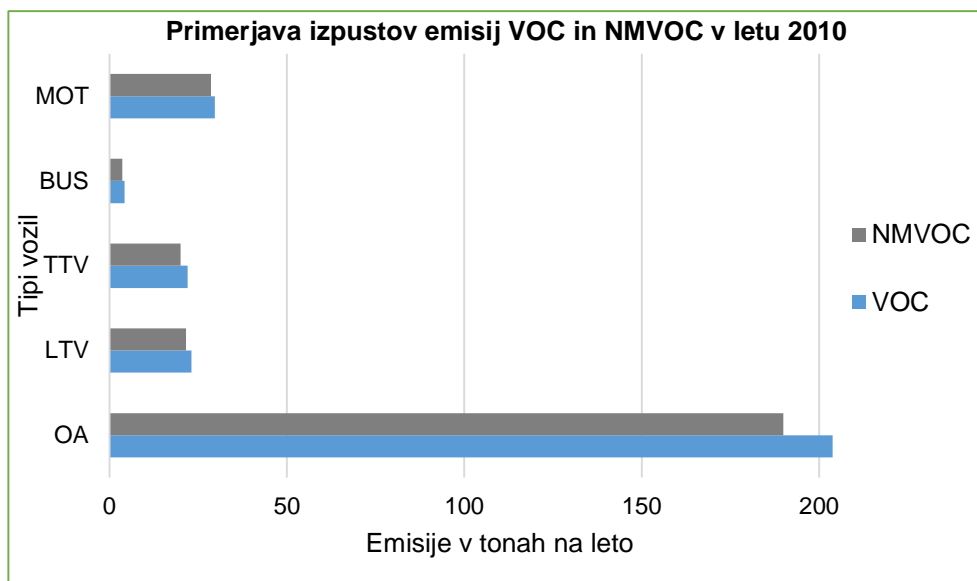
Tabela 9: Prikaz emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leto 2010 v tonah na leto

EMISIJE ONESNAŽEVAL IZ CESTNEGA PROMETA V LETU 2010						
ONESNAŽEVALO	OA	LTV	TTV	BUS	MOT	SKUPAJ
CO	1.401,16	200,45	77,69	18,17	81,31	1.778,78
CO ₂	169.756,6	41.174,35	35.909,54	8.159,42	1.116,48	256.116,3
CH ₄	13,93	1,53	1,99	0,68	1,05	19,18
VOC	203,83	23,07	22,02	4,25	29,68	282,85
NM VOC	189,89	21,54	20,02	3,56	28,63	263,64
BENZEN	9,02	0,58	0,01	0,02	1,68	11,310
B(A)P	0,072	0,022	0,0059	0,0010	0,00026	0,10
NO	280,40	179,26	264,20	72,78	1,70	798,34
NO ₂	87,31	38,17	37,70	9,87	0,070	173,12
NO _x	367,71	217,44	301,91	82,66	1,77	971,49
N ₂ O	5,64	0,74	0,59	0,090	0,018	7,07
NH ₃	25,47	0,66	0,20	0,022	0,018	26,37
OM	3,70	7,49	2,36	0,40	0,30	14,25
BC	14,21	14,20	4,86	1,01	0,070	34,35
PM ₁₀	34,81	27,40	12,65	2,38	0,49	77,73
PM _{2,5}	27,12	25,27	10,20	1,95	0,43	64,97

Vir: Gorenčič, 2016

Iz tabele (Tabela 9) je razvidno razmerje povzročenih emisij glede na onesnaževala po prevoznih sredstvih. Osebna vozila, ki predstavljajo daleč največji delež med vozili, so hkrati tudi največji vir emisij. OA so v letu 2010 emitirala 66,7 % vseh onesnaževal, s 15,6 % sledijo LTV, 13,5 % delež emisij pripisujemo TTV, 3,1% avtobusom in 1,1 % enoslednim vozilom.

Med emisijami ogljikovih spojin in praktično vsemi emisijami prevladujejo izpusti CO₂. Po izračunih naj bi ga vsi tipi vozil skupaj letno v ozračje emitirali 256.116,39 t, kar je največ med vsemi onesnaževalci. Emitirane količine CO₂ so tolikšne, da jih ne gre primerjati z nobenimi drugimi onesnaževali. Dobrih 66 % emisij CO₂ izpustijo OA, od tega 59 % vozila na bencinski pogon. S 16 % in 14 % sledijo LTV in TTV. Delež emisij CO₂ iz ostalih vozil je zanemarljiv. OA so tudi največji vir ogljikovega oksida ali ogljikovega monoksida, kot ga tudi imenujemo. Kar 94 % CO emisij nastane v motorjih na bencinsko pogonsko gorivo. Enoslednim vozilom pripisujemo 4,6 % emisij CO, s tem deležem se postavljajo pred TTV in BUS. Med vsemi ogljikovimi spojinami vozila emitirajo najmanj spojin metana. OA letno izpustijo skoraj 14 t CH₄, od tega 96 % vozila na bencinsko pogonsko gorivo. Izpusti ostalih vozil so v primerjavi z OA majhni. LTV in TTV izpustijo v zrak skupaj 20 % CH₄.

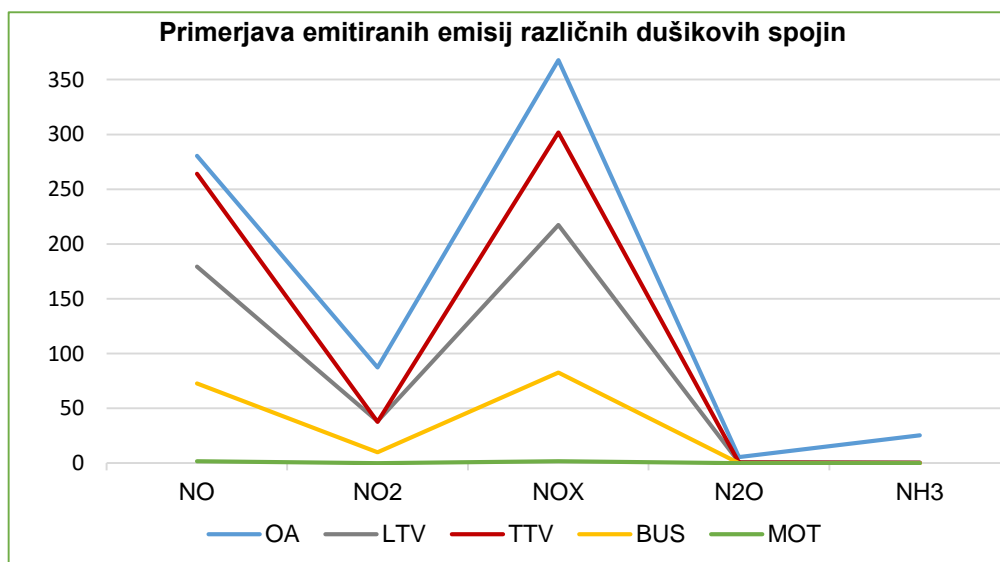


Slika 16: Primerjava izpustov VOC in NMVOC v letu 2010

Največ izpustov VOC in NMVOC pripisujemo OA. Obe skupini onesnaževal sta v 72 % vir emisij OA. Deleži emisij iz ostalih vozil so si med seboj zelo podobni. Z 10 % največ emitirajo MOT, z 8 % LTV in s 7 % TTV. Avtobusi letno izpustijo do 4,5 t, kar predstavlja 1,5 % vseh VOC ali NMVOC spojin.

Vozila iz cestnega prometa v mestu Maribor so v letu 2010 skupaj ustvarila 11,3 t emisij benzena. Z dobrimi 9 tonami ga v ozračje največ izpustijo OA. Med ostalimi vozili ga v ozračje največ emitirajo enosledna in LTV.

Emisije benzo(a)pirena so v primerjavi z ostalimi emisijami onesnaževal zelo nizke. Skupaj jih vozila v zrak letno izpustijo nekaj več kot kilogram. OA so vir 71 % vseh emisij benzo(a)pirena, delež izpustov med bencinskimi in dizelskimi vozili je približno enak.



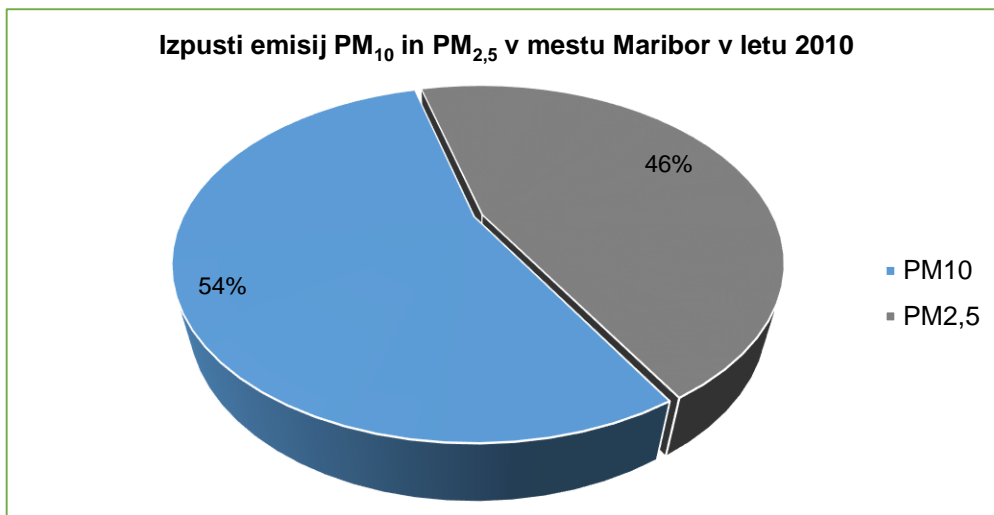
Slika 17: Primerjava med količino emitiranih različnih dušikovih spojin

Vsa registrirana vozila v Mariboru so v letu 2010 izpustila 971,49 t NO in NO₂, katere poznamo pod skupnim imenom NO_x. Prevladujejo emisije iz OA 38 %, TTV 31 % in LTV 22 %. Kar 82 % delež NO_x predstavljajo NO, katerih glavni vir so prej naštetja vozila v enakem vrstnem redu.

Vozila so emitirala tudi 26 t NH₃ in 7 t N₂O, vir obeh onesnaževal so v veliki večini OA. Emisije dušikovih spojin iz enoslednih vozil so izjemno nizke.

Vozila v mestu Maribor v zrak emitirajo tudi dobrih 14 t organske snovi OM. Največje količine organske snovi OM v zrak izpustijo LTV, OA in TTV. Enosledna vozila in avtobusi skupaj letno emitirajo slabih 5 % vseh izpustov OM. Vir emisij OM gre pripisati predvsem vozilom z dizelskim motorjem.

Za kar 80 % vseh emisij črnega ogljika BC so kriva LTV in OA. Skupaj vozila izpustijo 34 t BC letno. Če razdelimo deleže emisij BC glede na vrsto goriva, ugotovimo, da so v 98 % glavni vir vozila na dizelsko gorivo.



Slika 18: Prikaz skupnih izpustov trdih delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v letu 2010

V letu 2010 so vozila v zrak izpustila 77 t delcev PM₁₀ in 64 t delcev PM_{2,5}. Deleži izpustov so glede na tipe vozil za obe velikosti delcev zelo podobni. Približno 40 % delcev v zrak emitirajo OA, sledijo LTV, katerih delež se giblje med 35 in 38 %. TTV za obe vrsti delcev pripisujemo približno 15 % vseh emitiranih delcev iz cestnega prometa in avtobusom 3 %. Izpusti iz enoslednih vozil so zanemarljivo nizki in ne presegajo 1 %.

4.4 Rezultati izračuna emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leto 2015

Od leta 2010 do 2015 se sestava vozil ni bistveno spremenila. Število vozil se je povečalo na vseh področjih, deleži po tipih prevoznih sredstev pa se niso spremenili. Mnogo starejših vozil so nadomestila nova z novjšimi Euro standardi tako, da je leta 2015 že prevladoval Euro 4 standard, kar je vplivalo tudi na količine emitiranih emisij različnih onesnaževal. Povprečno ocenjeno OA tudi v letu 2015 doprinesejo največji delež emisij med vsemi vozili. OA so bila v letu 2015 vir 56,7 % emisij iz cestno prometnega sektorja v mestu Maribor. Na drugem mestu najdemo TTV, ki so vir 24,8 % emisij. LTV so krivec za 14,2 % emisij, avtobusi 3,8 % in motorji ter mopedi 0,6 %.

Med ogljikovimi spojinami ponovno prevladuje CO₂, ki je po količini največji onesnaževalec iz cestnega prometa v Mariboru. 56 % ga v zrak izpustijo OA, 25 % TTV, 14 % LTV, ostali delež pripada avtobusom in enoslednim vozilom. Med floto OA več CO₂ v zrak izpustijo vozila na dizelski motor 56 %. Med MOT tipi so glavni vir 4-taktni mopedi in motorji s prostorninama 250–750 ccm in >750 ccm. Če prezremo količine CO₂, je med največjimi onesnaževalci še CO. TGP plina metana med ogljikovimi spojinami nastaja najmanj, njegov glavni vir iz cestnega prometa pa so osebna vozila.

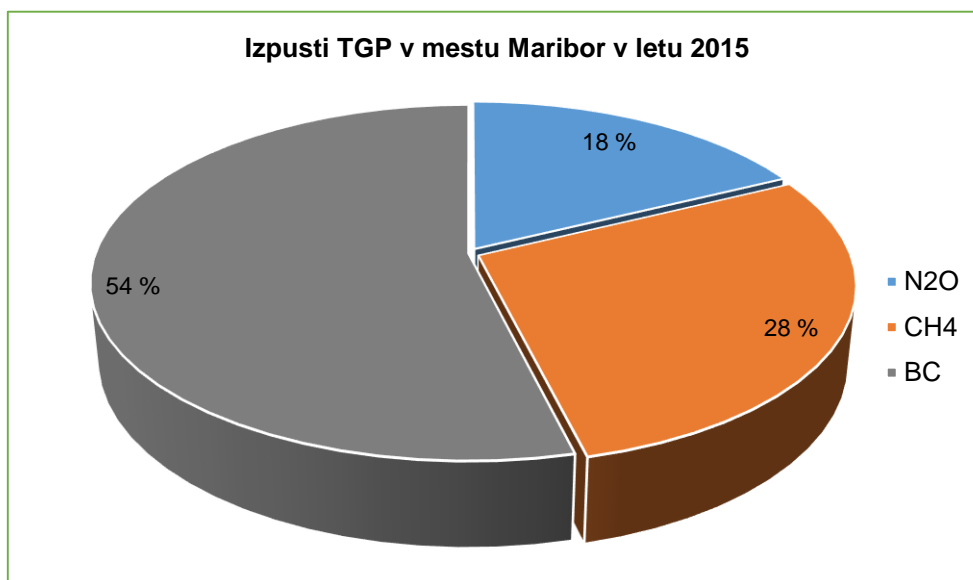
Deleži izpustov VOC in NMVOC so si glede na tipe vozil zelo podobni, ponekod enaki. Kot nemalokrat so tudi tukaj z naskokom glavni vir OA, sledijo TTV, katerih izpusti so izredno nizki v primerjavi z omenjenimi OA izpusti. Med prvimi tremi onesnaževalci tokrat najdemo motorna vozila, ki se po emitirani količini metana postavljajo pred LTV.

Tabela 10: Prikaz emisij iz cestnega prometa za mesto Maribor za leto 2015 v tonah na leto

EMISIJE ONESNAŽEVAL IZ CESTNEGA PROMETA V LETU 2015						
ONESNAŽEVALO	OA	LTV	TTV	BUS	MOT	SKUPAJ
CO	810,65	118,10	169,81	25,85	56,91	1.181,32
CO ₂	181.674,9	46.406,60	80.967,03	12.276,69	1.256,75	322.582,01
VOC	144,91	12,22	45,49	4,21	16,63	233,46
NMVOC	134,95	11,71	41,54	3,80	15,73	207,73
BENZEN	5,06	0,34	0,29	0,27	0,73	6,14
B(A)P	0,097	0,03	0,01	0,001	0,0003	0,13
NO	285,31	107,90	550,84	89,24	1,83	1.035,12
NO ₂	140,86	66,27	71,93	12,71	0,076	291,84
NO _x	426,17	174,18	622,77	101,95	1,90	1.326,97
N ₂ O	5,74	1,34	2,42	0,10	0,021	9,62
NH ₃	14,93	0,52	0,61	0,019	0,021	16,10
CH ₄	9,95	0,51	3,94	0,40	0,90	15,70
OM	3,27	1,13	4,18	0,38	0,012	8,97
BC	13,81	5,34	8,88	1,15	0,029	29,20
PM ₁₀	35,56	11,98	23,14	2,57	0,28	73,53
PM _{2,5}	27,19	9,48	18,61	2,12	0,21	57,61

Vir: Gorenčič, 2016

Flota osebnih vozil v Mariboru je v letu 2015 emitirala 6,1 t benzena. OA so leta 2015 v ozračje izpustili 5 t tega onesnažila. Drugi največji onesnaževalec so motorji in mopedi, ki so krivi za 0,7 t emitiranega benzena. LTV so v zrak emitirala 0,34 t in TTV 0,29 t benzena. Benzo(a)pirena so vozila skupaj emitirala 1,3 kg, kar je najmanj med vsemi onesnažili.



Slika 19: Izpusti toplogrednih plinov iz cestnega prometa v letu Mariboru v letu 2015

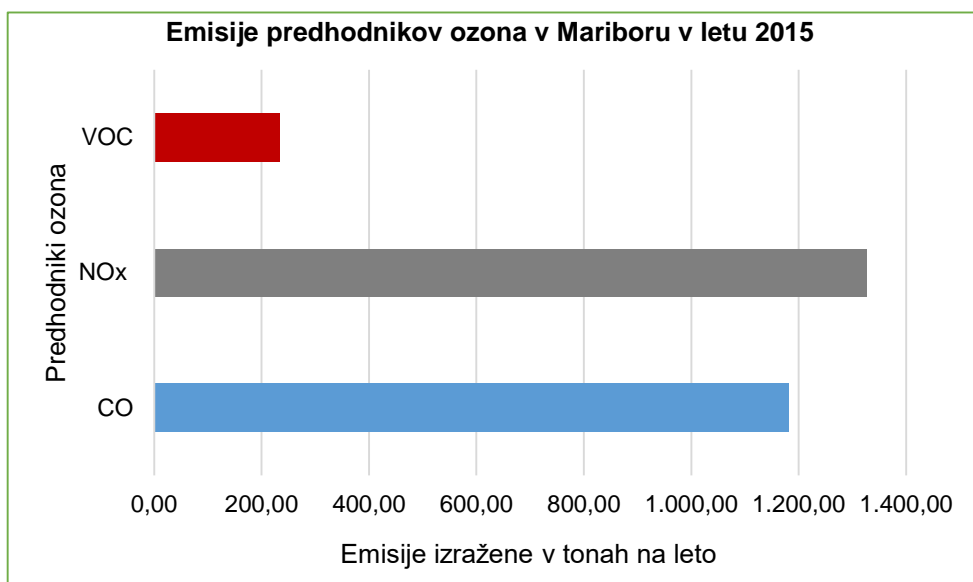
Po količini izpustov med toplogrednimi plini prevladuje prej omenjeni CO₂. Med ostalimi TGP prevladuje črni ogljik, ki nastane ob nepopolnem izgorevanju goriva in katerega največji vir so dizelski avtomobili in TTV. Velik delež zavzema tudi metan, ki ima 21-krat večji toplogredni učinek kot CO₂. Vsa vozila skupaj so v letu 2015 izpustila več kot 15 t metana. N₂O med temi tremi TGP zavzema 18 % delež, h kateremu največ pripomorejo izpusti OA in TTV. Didišikovega oksida so vozila v letu 2015 v ozračje emitirala skoraj 10 t, kar je najmanj med

izpusti dušikovih spojin. Med osebnimi vozili 71 % N_2O v zrak emitirajo vozila na dizelsko pogonsko gorivo.

NO je največji onesnaževalec med NO_x , saj predstavlja kar 78 % delež. Letno ga vozila v Mariboru emitirajo več kot 1000 t. Glavni vir NO so TTV, ki so odgovorna za 53 %. Vozila letno izpustijo tudi 291 t NO_2 , največ OA. Za 16 t emisij amonijaka so v kar 92 % krivec OA, emisije iz ostalih vozil so zanemarljivo nizke.

Za izpuste 29 t organske snovi v zrak so s 46 % glavni vir TTV in s 36 % osebna vozila. Avtobusi predstavljajo 1,15 % in motorji ter mopedi 0,1 %. Več emisij OM v zrak emitirajo vozila na dizelsko pogonsko gorivo.

OA skupaj izpustijo 35 t trdih delcev PM_{10} , od tega jih 27 t emitirajo dizelska vozila, ki so tudi največji povzročitelj izpustov teh delcev. Za več kot 95 % med LTV so prav tako vir dizelski motorji. TTV so drugi največji vir delcev PM_{10} . Zelo podobna slika je pri izpustih delcev $PM_{2,5}$, katerih glavni vir so OA vozila, od tega 84 % vozila na dizelsko gorivo. Drugi največji vir so TTV, ki so krivec za 32 % izpustov, LTV so leta 2015 izpustila 9,48 t finih delcev, avtobusi pa 2,12 t. Motorna kolesa in mopedi so leta 2015 izpustili 0,2 t emisij delcev $PM_{2,5}$.



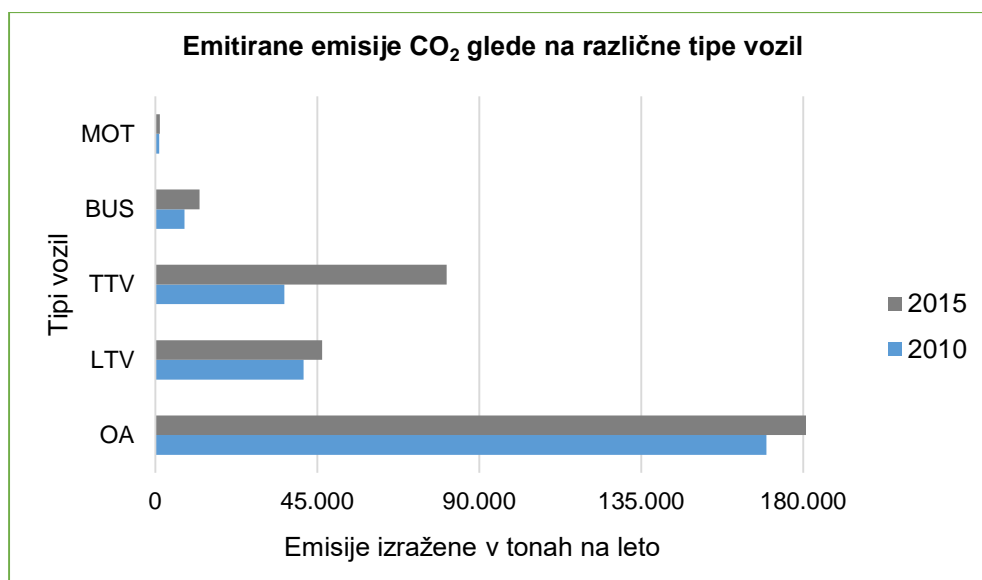
Slika 20: Prikaz emitiranih snovi, ki jih uvrščamo med predhodnike ozona

Med spojinami, ki jih poznamo kot predhodnike ozona, je bilo leta 2015 izpuščenih največ skupnih dušikovih oksidov, katerih glavni vir so dizelski motorji. OA vozila so vir 32 % vseh NO_x , od tega 88 % emisij pripisujemo dizelskim motorjem. Po količini emitiranih predhodnikov je na drugem mestu ogljikov oksid, katerega glavni vir z 68 % so OA. Izmed OA jih največ v zrak izpustijo vozila na bencinsko pogonsko gorivo, in sicer kar 98 %. Z 233 t so tukaj še VOC onesnaževala, katerih večinski krivec so ponovno osebni avtomobili, ki so v 2015 v zrak izpustili 62 % emisij VOC. Med OA vozili so tudi za VOC emisije z 89 % glavni vir vozila na bencinsko pogonsko gorivo.

4.5 Primerjava rezultatov za izpuste emisij iz cestnega prometa v Mariboru za leti 2010 in 2015

V tem poglavju bomo predstavili izračune emisij, ki smo jih dobili s programom COPERT 5. Med seboj bomo primerjali rezultate izpustov emisij za leti 2010 in 2015 iz cestnega prometa v mestu Maribor.

Od leta 2010 do 2015 se je število vozil povečalo za 8 %, število OA se je povečalo za 2,75 %, LTV 5,08 %, TTV 24 %, BUS 12 %, motorna kolesa 9 % in mopedi 14 %. Do sprememb je prišlo tudi v starostni strukturi voznega parka, ki se je nekoliko pomladil. Po številu vozil v letu 2010 je prevladujoče Euro 3 motorje zamenjal okoljsko učinkovitejši Euro 4 motor, ki naj bi pri OA zmanjšal emisije CO in HC za 57 % in NO_x za 47 %. Emisije iz OA naj bi zmanjšal tudi dizelski motor, in sicer za 25 % NO_x in PM₁₀. Kljub porastu števila vozil z Euro 4 motorjem pa je na cestah v Mariboru še precej OA s starejšimi Euro motorji. Motor Euro 3 je tako po številu uporabnikov še vedno na 2. mestu. Opazno je, da se pojavlja tudi vedno več vozil z Euro 5 in Euro 6 motorjem. Razlika je očitna tudi po številu vozil, ki uporabljajo okolju prijaznejša goriva. V letu 2010 je bilo 29 OA vozil, ki so uporabljala LPG gorivo, v letu 2015 je bilo tovrstnih vozil že 509. Pojavljati so se začela tudi vozila, ki uporabljajo gorivo CNG, etanol E85 in hibridna vozila. Tovrstnih vozil leta 2010 v Mariboru še ni bilo registriranih. Še vedno prevladujeta standardni vrsti goriva bencin in dizel. Število vozil na bencinsko pogonsko gorivo prevladuje, saj ga uporablja 59 % vozil, vendar se je od leta 2010 uporaba le-tega zmanjšala za 8 %. Povečala se je uporaba dizelskega goriva.

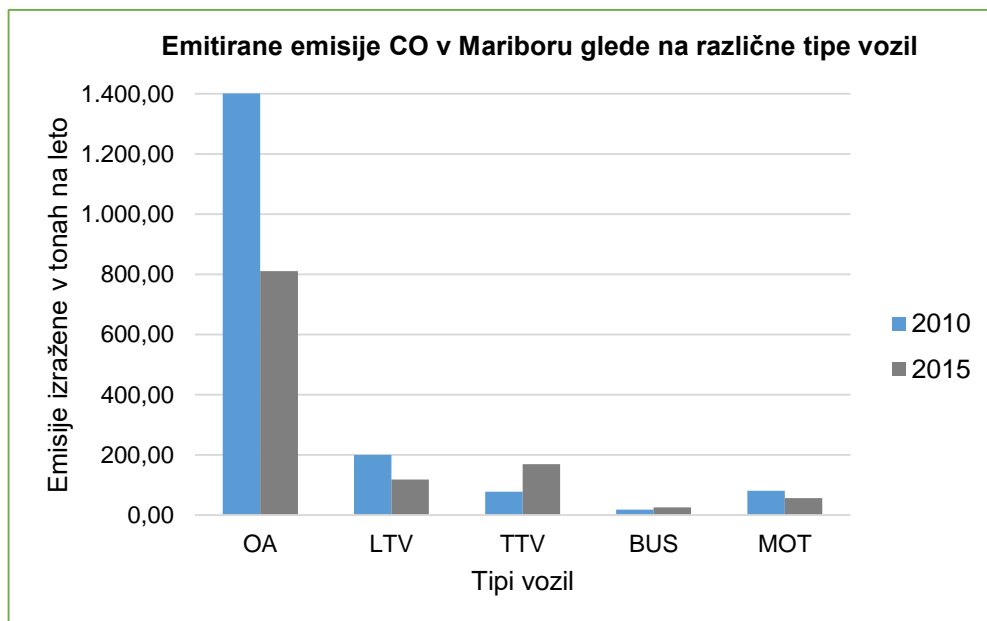


Slika 21: Primerjava emitiranih emisij CO₂ za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

Vse te spremembe vplivajo na sestavo in količino posameznega onesnaževala, ki ga v zrak emitirajo vozila kot posledico notranjega izgorevanja goriva. Le-to proizvaja mehansko energijo, ki jo ljudje potrebno ali nepotrebno uporabljamo za vsakodnevne premike svojega jeklenega konjička.

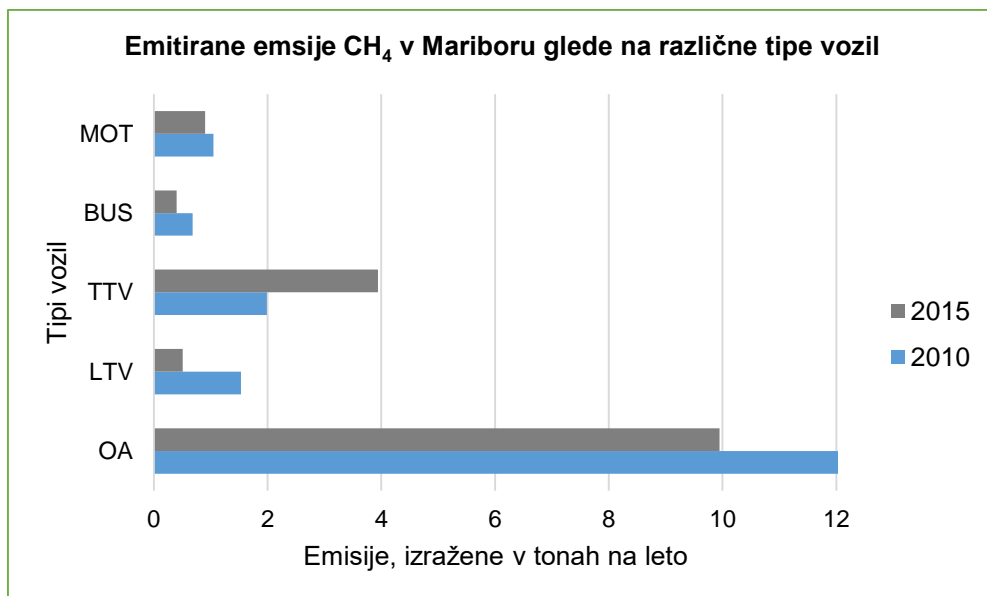
CO₂ je plin, ki nastaja kot glavni produkt izgorevanja goriva in se med vsemi emitiranimi onesnaževalci pojavlja v največjih količinah. Skupaj so ga vozila v letu 2015 proizvedla 322.582 t, od tega več kot polovico osebna vozila. Glede na izračune s programom COPERT 5 emisije CO₂ v mestu Maribor, katerih vir je cestni promet, naraščajo. Skupne emisije CO₂ so se glede na leto 2010 povečale za 20,6 %. V letu 2010 so vozila emitirala 256.116 t emisij CO₂ v letu 2015 pa že 322.582 t. OA, ki so največji vir teh emisij, so povečali izpuste za 6,6 % in LTV za 11 %. Glede na leto 2010 so se emisije povečale pri TTV, in sicer za 66 %. TTV, ki so leta 2010 po količini emitiranih snovi zaostajala za LTV, so se v letu 2015 postavila pred

slednje. Svoje izpuste so povečali tudi avtobusi ter motorji in mopedi. BUS so emisije CO₂ povečali za 33 % in enosledna vozila za 12 %.



Slika 22: Primerjava emitiranih emisij CO za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

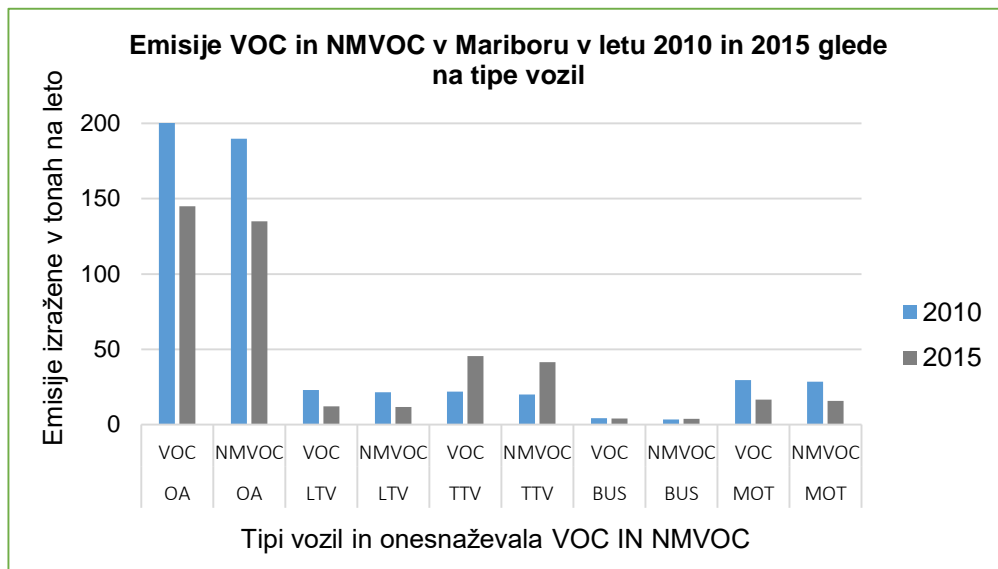
Emisije CO so se iz cestnega prometa glede na leto 2010 v Mariboru zmanjšale za 33,6 %. Največji upad absolutnih emisij lahko pripišemo OA, saj so se emisije glede na leto 2010 zmanjšale za 600 t, kar predstavlja 42 %. Za 41 % odstotkov so se zmanjšale tudi emisije LTV. Za največjo rast emisij CO so krivec TTV, saj so se emisije več kot podvojile. V letu 2010 so jih TTV emitirala 77 t, v letu 2015 pa 169 t, kar je 55 % več. Dvig emisij CO beležimo tudi pri avtobusih, in sicer za 30 %. Emisije enoslednih vozil so se zmanjšale za 31 %.



Slika 23: Primerjava emitiranih emisij CH₄ za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

Skupne emisije CH₄ so se glede na leto 2010 zmanjšale za 3,5 t, kar znaša 18 %. Od skupaj izpuščenih 15,7 t na letni ravni v 2015 prednjačijo emisije OA, ki so vir skoraj 10 t CH₄. Emisije OA so se glede na leto 2010 zmanjšale za 29 % in so tako največji krivec za upad emisij CH₄ iz cestnega prometa v Mariboru. Za 77 % so se zmanjšale tudi emisije iz LTV. Ponovno rast beležimo pri TTV, kjer so se emisije povečale za polovico in gledano v tonah ravno toliko, za

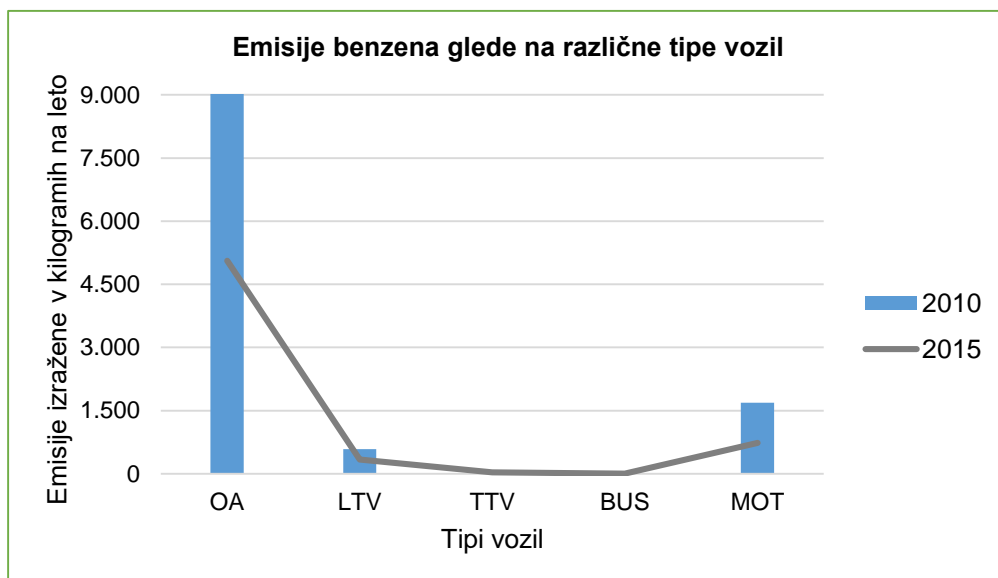
kolikor so se na drugi strani pri OA zmanjšale. Emisije iz BUS in MOT so se zmanjšale za 42 % in 15 %.



Slika 24: Primerjava emisij VOC in NMVOC za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

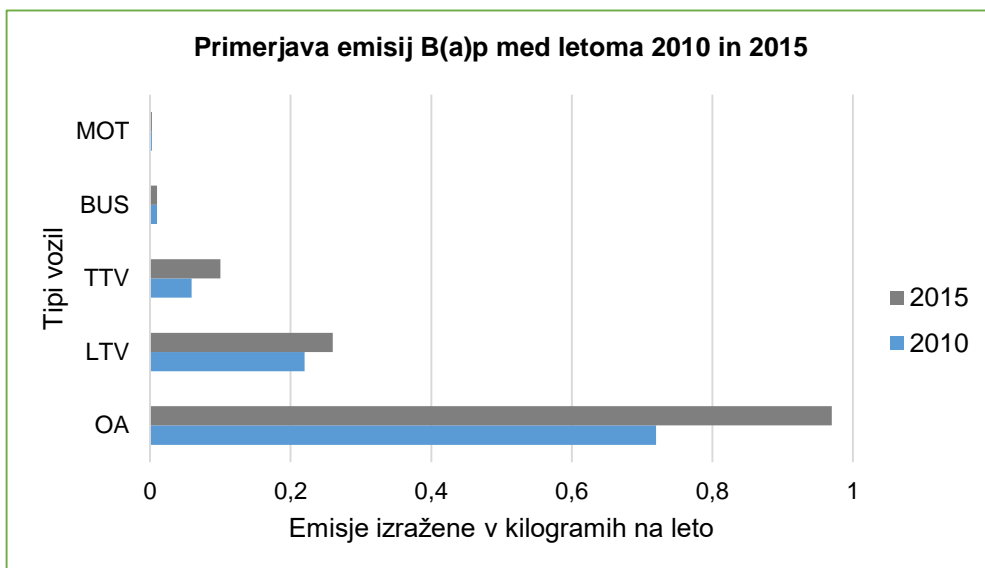
Emisije VOC so se glede na leto 2010 zmanjšale za 49 t, kar predstavlja 17,5 %. Pri OA beležimo 29 % padec emisij, pri LTV 47 %, BUS 1 % in MOT 44 %. TTV so edini tip vozila, kjer so se emisije VOC povečale. Iz 22 t, kolikor so TTV emitirala VOC emisij v letu 2010, so se emisije povečale na 45 t, izpusti so se tako povečali za 52 %.

Glede na leto 2010 so se emisije spojin NMVOC zmanjšale za 21 %. Kot pri večini onesnaževal imajo tudi tukaj na rast ali upad emisij največji vpliv OA. Pri OA so se emisije NMVOC onesnaževal zmanjšale za 29 %, pri LTV pa za 46 %. Rast ponovno beležimo pri TTV, kjer so se emisije glede na leto 2010 povečale za dvakrat. 6 % rast emisij beležimo tudi pri floti avtobusov. V letu so ta vozila emitirala 3,56 t, v letu 2015 pa 3,8 t. Ker so OA v letu 2015 emitirala 134 t, so emisije BUS izredno majhne. Nasprotno lahko trdimo za MOT, saj so le-ti v letu 2015 emitirali 15,7 t NMVOC, kar je sicer 45 % manj kot leta 2010.



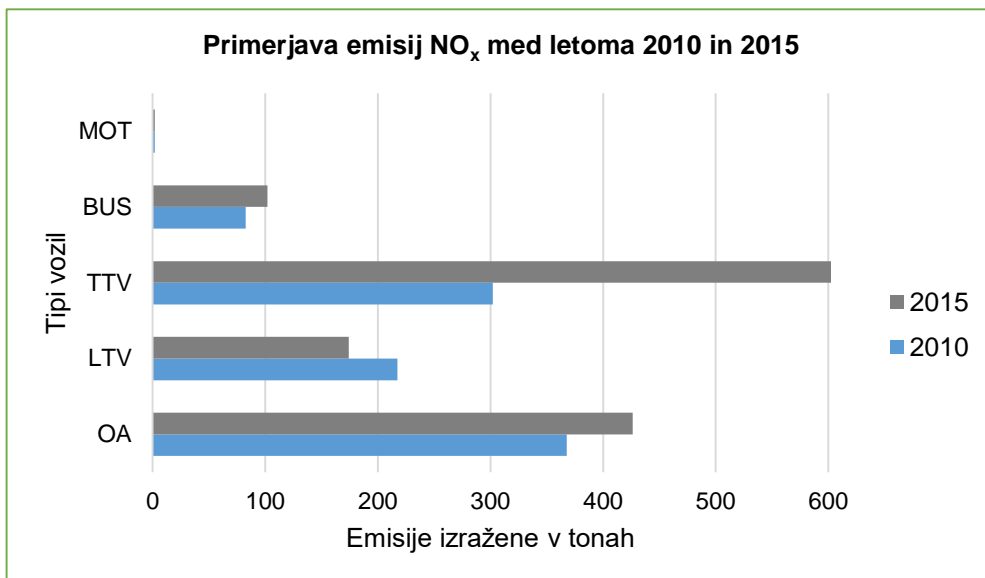
Slika 25: Primerjava emisij benzena za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

Emisije benzena so v primerjavi z ostalimi onesnažili zelo nizke. 5 t te spojine emitirajo OA, kar je daleč največ med vsemi tipi vozil, za njimi so s 0,7 t MOT. Emisije benzena so glede na leto 2010 upadle za 45 %. Pri OA so se emisije benzena zmanjšale za 42 % in MOT za 57 %. Med vozili so emisije benzena zmanjšala še LTV, ki so bila v letu 2010 krivec za 0,58 t emisij. V letu 2015 smo jim pripisali 0,34 t emisij, kar je 42 % manj, kot pet let prej. Za 52 % so emisije benzena povečala TTV in za 7 % avtobusi.



Slika 26: Primerjava emisij Benzo(a)pirena za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

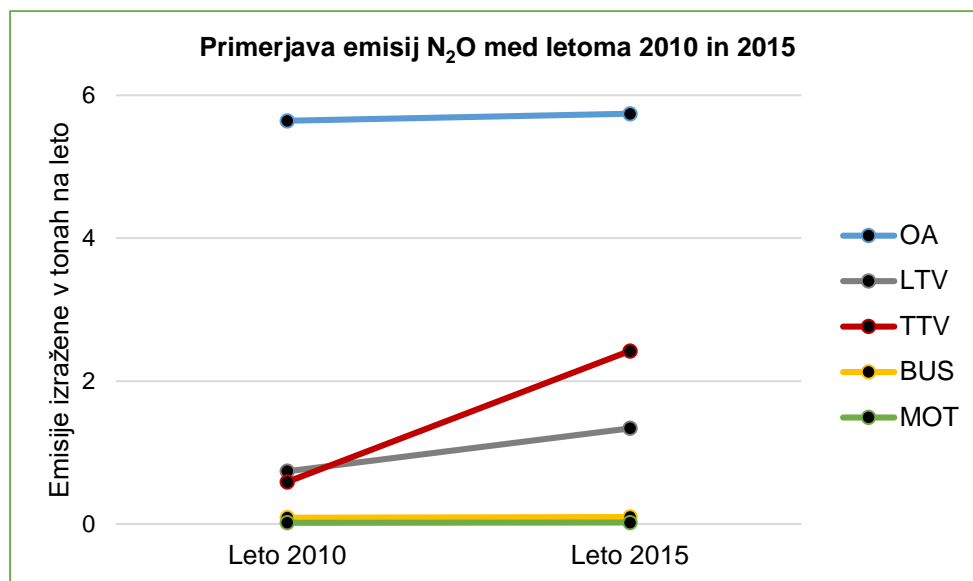
Količina emitiranih emisij B(a)P se je v primerjavi z letom 2010 nekoliko povečala. V letu 2010 so vsa vozila skupaj emitirala 1 kg B(a)p, v letu 2015 pa 1,3 kg. Izračunali smo, da so se emisije B(a)p povečale: pri OA za 26 %, LTV za 16 %, TTV za 41 % in pri MOT 6 %. Količina emisij je med primerjalnima letoma 2010 in 2015 za BUS ostala ista.



Slika 27: Primerjava emitiranih emisij NO_x za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

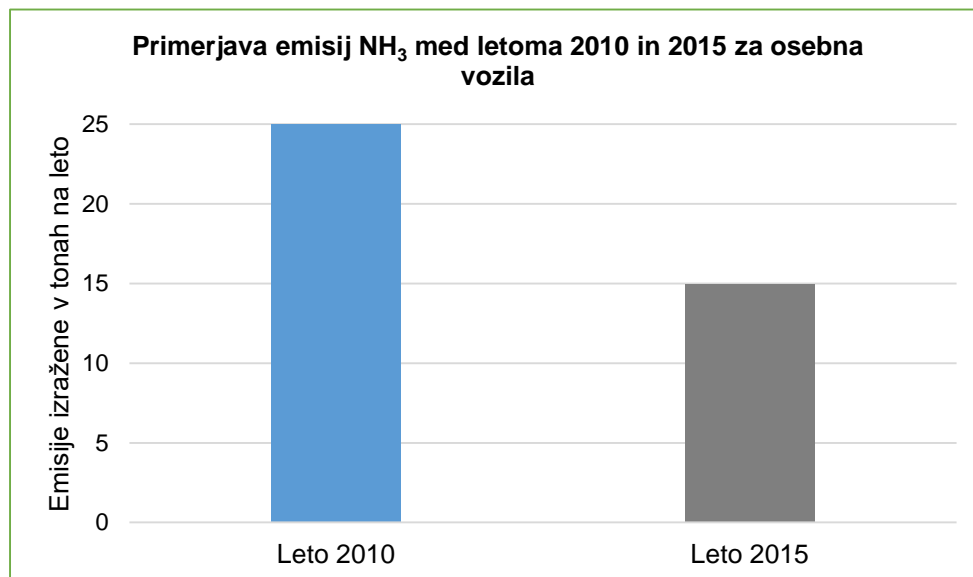
Izpusti skupnih NO_x so se glede na leto 2010 povečali za 27 %, od tega za 40 % NO₂ in 22 % NO. V letu 2010 so bili največji onesnaževalci z NO_x OA, katera so skupne izpuste z NO_x v 2015 povečala za 14 %. Emisije NO_x so se najbolj povečale pri TTV, ki so postali glavni vir. Emisije NO so TTV povečale za 52 %, NO₂ za 48 %. Skupne emisije NO_x so se pri TTV tako povečale za 52 %. Za 19 % so skupne emisije NO_x povečali tudi avtobusi in MOT za 7 %.

LTV so edini tip vozil, kjer so se skupne emisije zmanjšale. Emisije NO so LTV zmanjšale za 40 % in za 42 % povečale emisije NO₂. Skupne emisije so se zmanjšale za 20 %.



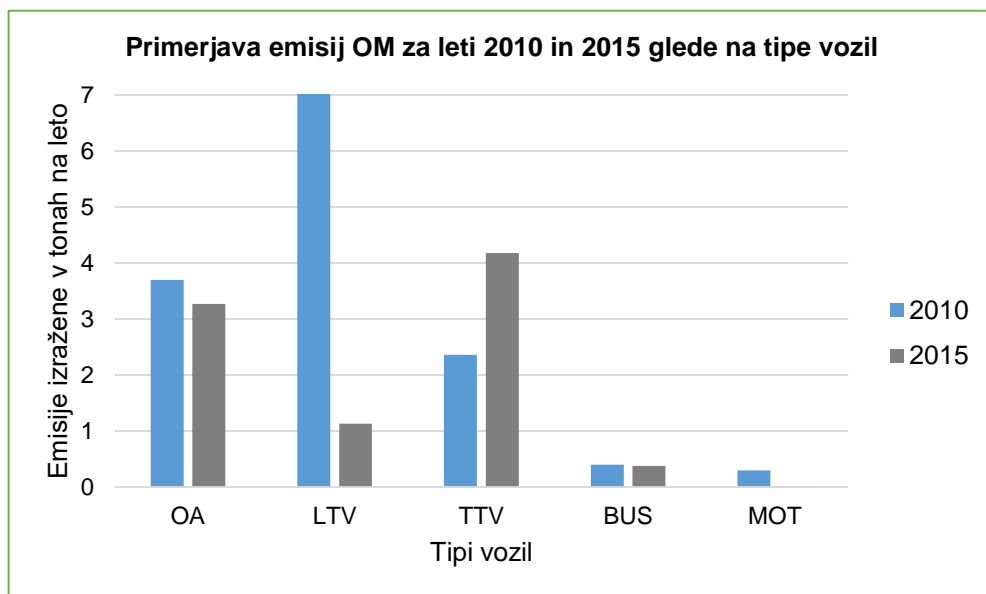
Slika 28: Primerjava emitiranih emisij N₂O za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

Emisije N₂O so se s 7,07 t povišale na 9,6 t, kar je 26,5 %. Do največje rasti emisij je prišlo pri TTV, ki so emisije povečale za 76 %. Glavni vir emisij N₂O ostajajo OA, saj v ozračje emitirajo daleč največ tega toplogrednega plina, emisije so povečali za 2 %. Za 45 % so emisije N₂O povečala tudi LTV ter za 10 % BUS in 14 % MOT. Emisije N₂O iz slednjih dveh tipov navkljub povišanju ostajajo zelo nizke.



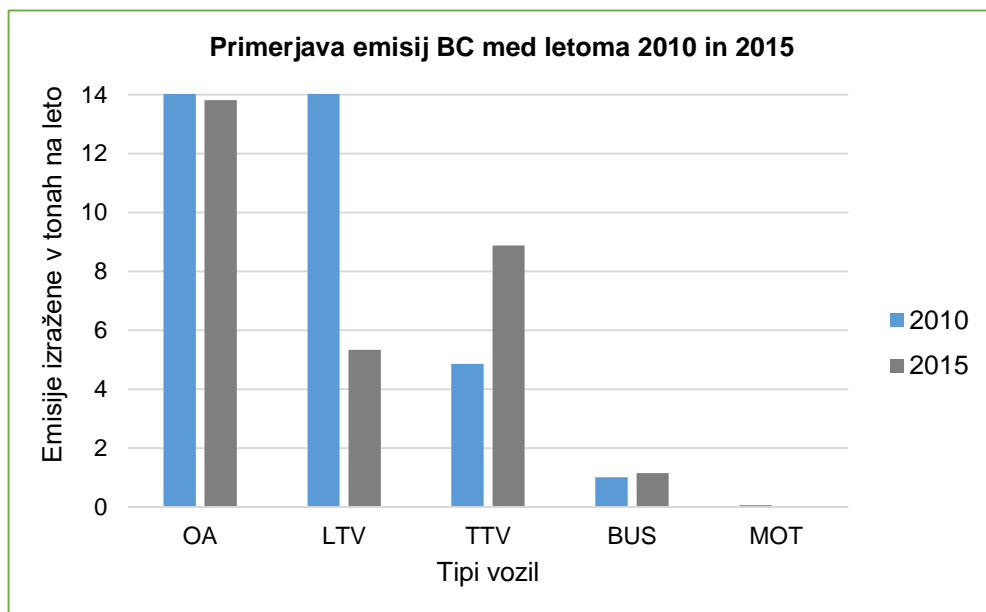
Slika 29: Primerjava NH₃ za leti 2010 in 2015 za osebna vozila

Skupne emisije amonijaka so se zmanjšale za 39 %. V letu 2010 so vozila izpustila za 26 t teh emisij, pet let kasneje le še 16 t. K znižanju koncentracij NH₃ so v največji meri pripomogli OA, saj so emisije zmanjšali za 41 %. Emisije NH₃ so zmanjšala tudi LTV za 22 % in BUS za 14 %. TTV so emisije povišala iz 0,2 t iz leta 2010 na 0,6 t v letu 2015. Emisije so se povišale za 68 %, kljub temu pa so v primerjavi z OA zanemarljivo nizke. Za 14 % so emisije NH₃ povečala tudi enosledna vozila, vendar so emisije izredno nizke in zato zanemarljive.



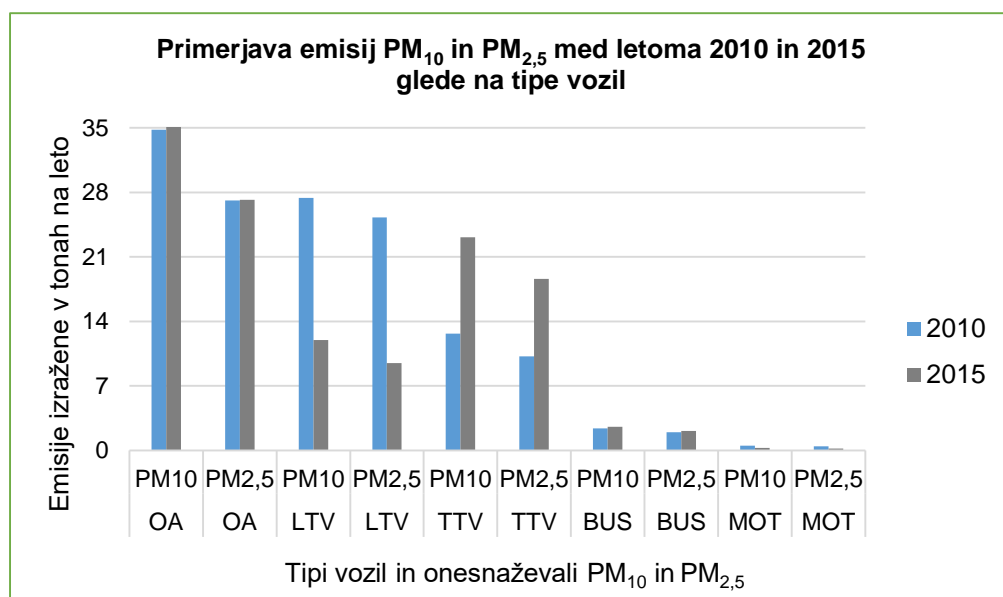
Slika 30: Primerjava emisij OM za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

Skupne emisije OM so se glede na leto 2010 zmanjšale za 37 %. Zmanjšanje emisij OM je najbolj izrazito pri LTV, kjer padejo za 85 %. Emisije so znižala tudi OA za 12 % in MOT za 96 %. Emisije iz MOT so že prej bile v primerjavi z ostalimi tremi tipi izredno majhne. Emisije iz BUS ostajajo nespremenjene. TTV so emisije glede na leto 2010 povišale za 44 % in so s tem postale glavni vir OM iz cestnega prometa v Mariboru.



Slika 31: Primerjava emisij BC za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

Emisije BC so se glede na leto 2010 zmanjšale za 5 t oz. za 15 %. Pri OA so emisije med letoma skoraj enake, le za 3 % so v letu 2015 nižje. Večja razlika je pri LTV, kjer so se emisije zmanjšale za 63 %. TTV so emisije povišala za 2-krat in s tem postala drugi največji vir emisij BC za OA. Emisije pri avtobusih ostajajo na isti ravni, MOT so že tako nizke emisije znižali za 59 %.



Slika 32: Primerjava emisij PM₁₀ in PM_{2,5} za leti 2010 in 2015 glede na tipe vozil

V letu 2010 so vsa vozila skupaj emitirala 77,7 t emisij PM₁₀, v letu 2015 5,4 % manj. Zmanjšanje emisij lahko pripišemo LTV, katerih emisije so se znižale za 57 %. Emisije PM₁₀ iz OA so ostale skoraj enake oz. so se glede na leto 2010 povišale za 2 %. Najbolj so emisije povišala TTV, in sicer za 46 %, kar je največ med vsemi tipi vozil. Rast emisij opazimo tudi pri BUS 8 %, kjer so emisije PM₁₀ v primerjavi z drugimi tipi vozil nizke. Enosledna vozila so emisije zmanjšale za 43 %, koncentracije le-teh so zanemarljive. Glavni vir emisij PM₁₀ ostajajo OA, na drugem mestu med onesnaževalci najdemo TTV.

Pri emisijah s trdimi delci velikosti PM 2,5 je stanje zelo podobno kot pri PM 10. Skupne emisije so se zmanjšale za 7,4 t oz. za 11 %. Pri OA so koncentracije emisij ostale enake in so najvišje med vsemi tipi vozil. LTV so se emisije PM 2,5 zmanjšale za 63 %, kar je glavni vzrok za znižanje skupnih emisij PM 2,5. Emisije iz motorjev TTV so se povečale za 46 % iz 10 t v letu 2010 na 18,6 v 2015. TTV so tako kot pri PM 10 tudi pri PM 2,5 drugi največji vir emisij. Za 9 % so se povečale emisije iz BUS, a so kljub temu zelo nizke. MOT so emisije PM 2,5 zmanjšali za 52 %.

5 PREDSTAVITEV REZULTATOV ZA IZPUSTE EMISIJ V MESTU MARIBOR PO PREDPOSTAVKI, DA BI VSA VOZILA IMELA VGRAJENE EURO VI MOTORJE

S programom COPERT 5 smo za floto vozil iz leta 2015 izračunali še emisije po predpostavki, da imajo vsa vozila v mestu Maribor vgrajene motorje z Euro 6 standardom oziroma da imajo vozila vgrajene motorje z najvišjim euro standardom, ki je trenutno na trgu. Euro 6 standard ima več smernic, zato smo vozila v programu razvrstili med Euro 6 standard, ki je bil na trgu do leta 2016. Za motorna kolesa in mopede je najnaprednejši Euro 5 standard.

5.1 Predstavitev rezultatov

Tabela 11: Prikaz emisij onesnaževal za Euro 6 motorje

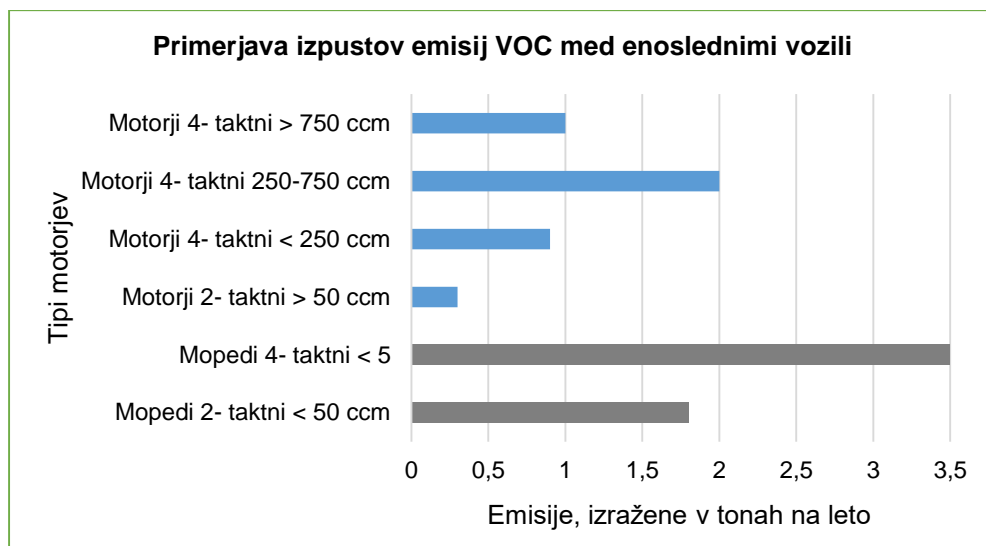
EMISIJE ONESNAŽEVAL IZ CESTNEGA PROMETA V LETU 2015-EURO VI						
ONESNAŽEVALO	OA	LTV	TTV	BUS	MOT	SKUPAJ
CO	303,40	23,26	19,89	3,02	31,08	380,65
CO ₂	181.674	43,07	77.763	11,87	1,23	315.618
CH ₄	6,80	0,20	0,48	0,03	0,57	8,08
VOC	62,07	1,74	4,18	0,51	9,62	78,12
NMVOC	55,24	1,50	3,70	0,48	9,04	69,96
BENZEN	2,15	0,067	0,060	0,034	0,38	0,27
B(A)P	0,001	0,0002	0,0001	0,00001	0,000001	0,0001
NO	227,44	63,32	55,24	4,90	1,70	352,60
NO ₂	90,02	26,93	6,13	0,54	0,07	123,69
NO _x	317,46	90,26	61,38	5,45	1,75	476,30
N ₂ O	4,54	1,19	3,63	0,26	0,02	9,64
NH ₃	7,85	1,22	0,36	0,02	0,02	9,47
OM	0,85	0,13	0,25	0,03	0,05	1,31
BC	0,38	0,06	0,08	0,01	0,02	0,55
PM ₁₀	19,70	5,61	9,30	0,94	0,20	35,75
PM _{2,5}	11,34	3,10	4,76	0,50	0,15	19,85

Vir: Gorenčič, 2016

Povprečno bi bili OA s 69,4 % največji količinski vir vseh emisij. Z 11,6 % in 13,3 % bi sledili LTV in TTV. Emisije onesnaževal iz vozil BUS in MOT bi bile mnogo nižje kot pri omenjenih tipih vozil. BUS bi bili povprečno vir 1,4 % vseh emisij, MOT pa 4,3 %. Med ogljikovimi spojinami bi izstopale emisije CO₂, katerih delež bi bil največji med vsemi onesnaževalci. 57,7 % emisij CO₂ bi emitirala OA vozila. Med slednjimi bi s 55 % prevladovala vozila na dizelski pogon. Sledila bi TTV z 24,5 %, LTV s 13,6 %, BUS s 3,7 % in MOT s 0,4 %. OA bi v zrak emitirala 79,7 % CO, od tega bi bila v 80 % glavni vir vozila na bencinski pogon. Emisije iz ostalih tipov vozil bi bile v primerjavi z OA izredno nizke. Zelo podobno stanje bi bilo pri emisijah CH₄, kjer bi bila daleč največji vir emisij OA, od tega 95 % vozila na bencinski pogon.

Največji vir emisij VOC in NMVOC bi bila z 79 % OA. Za več kot 2 % emisij bi bila krivec LTV in za več kot 5 % TTV. Emisije iz BUS bi se gibale pod pol tone na leto, kar bi predstavljalo 0,7 %. Drugi največji vir emisij VOC in NMVOC bi bili motorji in mopedi, saj bi na leto v zrak emitirali za dobrih 12 % teh emisij. Med OA bi z 98 % emisij VOC največ emitirala vozila na bencinsko pogonsko gorivo.

Med enoslednimi vozili (Slika 33) bi bili največji vir 4-taktni mopedi, med katerimi je tudi največje število vozil in kjer z 80 % prevladujejo motorji z Euro 2 standardom. Med 4-taktnimi motorji z motorjem 250–750 ccm, ki so drugi največji vir med MOT po izpustih VOC, prevladujejo Euro 3 in Euro 2 motorji.



Slika 33: Primerjava izpustov emisij VOC med enoslednimi vozili

Vozila bi letno v zrak emitirala 2,1 t benzena, od tega 78,5 % OA, ki bi bila tudi največji vir emisij. Drugi največji vir benzena bi z 18,4 % bili motorji in mopedi. Omembe vredni so še viri iz LTV, ki bi k emisijam doprinesli 3 %. Vrednosti iz ostalih dveh tipov vozil bi bile zanemarljive. Za 99 % emisij benzena bi bili krivec bencinski motorji.

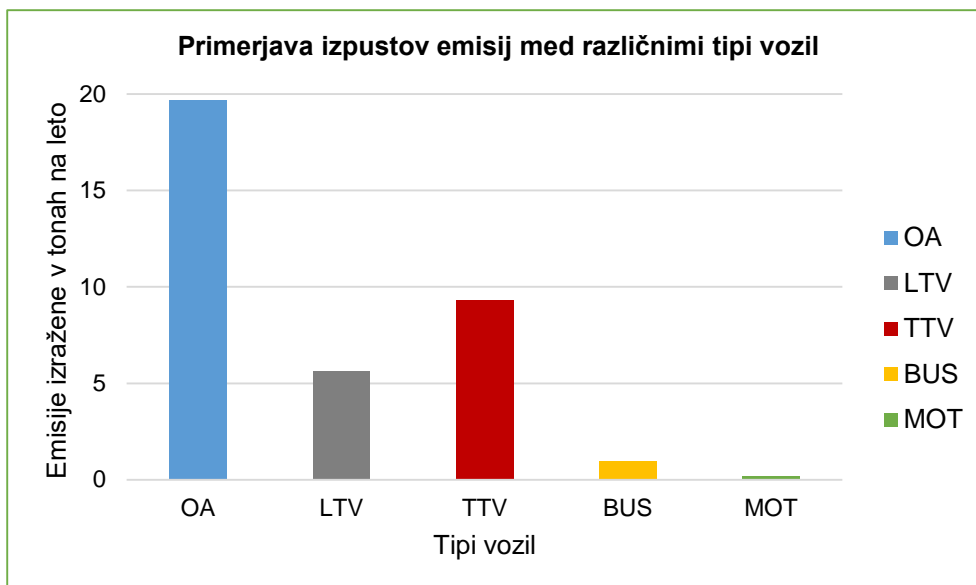
Emisije B(a)p bi bile zelo nizke. V enem letu bi jih vsi tipi vozil skupaj emitirali za 1,3 kg, od tega največ OA. Emisije B(a)p bi bile zanemarljivo nizke. Emisije iz dizelskega motorja OA bi bile vir 90 % emisij B(a)p.

Med NO_x bi vozila največ emitirala emisij NO, in sicer 352 t letno. Največji vir emisij bi bila osebna vozila. Med NO_x bi vozila na leto proizvedla 123 t NO₂, od tega 72 % OA in 21,8 % LTV. TTV bi bila vir 5 % emisij NO₂, ostalo bi proizvedla vozila BUS in MOT. Glede na vrsto goriva bi največ emisij NO_x proizvedli motorji na dizelsko pogonsko gorivo, med OA bi bil ta odstotek 94 %. Med LTV prevladujejo dizelski motorji, zato bi bil ta odstotek še nekoliko večji. Osebna vozila bi bila krivec tudi za polovico izpustov najbolj toplogrednega plina N₂O, ki nastaja ob procesu izgorevanja goriva. Letno bi vozila v zrak emitirala skoraj 10 t tega plina. OA bi se po količini emitiranih emisij N₂O ob bok postavljala še TTV. Največji vir emisij N₂O med OA bi bili motorji na dizelsko gorivo.

Vozila bi v zrak emitirala tudi 10 t NH₃. Največji krivec teh emisij OA bi bil vir 7,8 t NH₃. Dodatno tono in četrt bi prispevala LTV. 0,36 t bi prispevala TTV in po 2 kg BUS in MOT.

Vozila v Mariboru bi na leto emitirala 1,3 t OM, najmanj med njimi avtobusi in motorji ter mopedi. LTV bi bili vir 10 % emisij, TTV 19 % in OA 64 %. Glede na vrsto goriva bi nastajalo največ emisij pri dizelskih motorjih.

Črnega ogljika bi vozila iz cestnega prometa v mestu Maribor na leto proizvedla 0,5 t, od tega 0,38 OA, kar je največ med vsemi tipi vozil in bi predstavljalo 68 % vseh emisij BC.



Slika 34: Primerjava izpustov PM₁₀ med različnimi tipi vozil

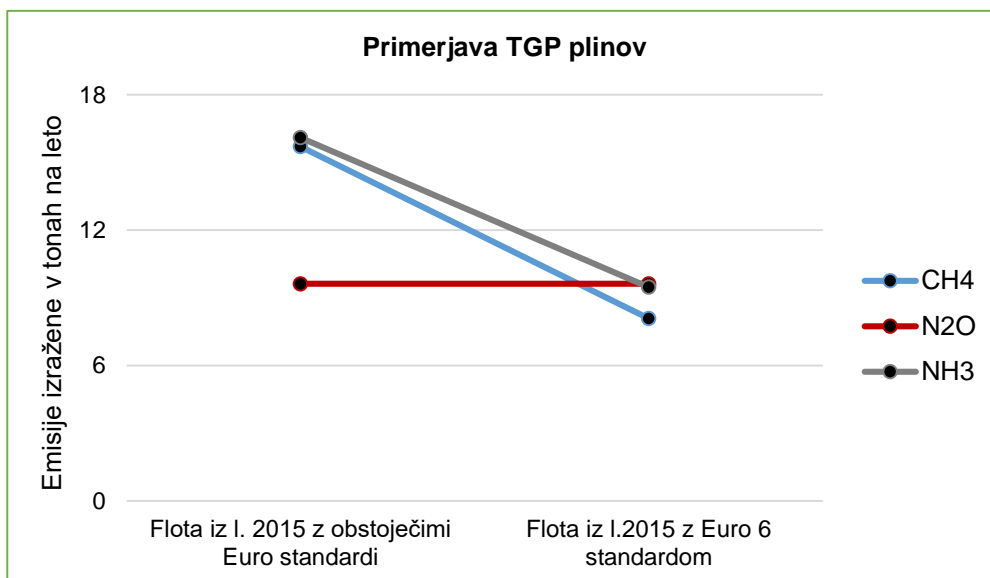
Vozila bi na leto skupaj emitirala 35,7 t PM₁₀. Med njimi bi najmanj trdih delcev proizvedli MOT in BUS, največ pa OA, katerim bi pripisali več kot polovico vseh izpustov. 26 % emisij PM₁₀ bi v zrak emitirala TTV in 15,7 LTV.

Z 11 t na leto bi bili OA tudi največji vir izpustov emisij PM_{2,5}. Na letni ravni bi jih vozila v zrak emitirala 19,85 t, najmanj med vozili MOT in BUS. TTV bi bila tudi pri teh trdih delcih drugi največji vir izpustov, LTV bi na leto emitirala 3 t, kar bi predstavljalo 15,6 % delež med vozili. Pri obeh velikostih delcev PM bi bili med OA s 60 % največji vir motorji na dizelsko pogonsko gorivo.

5.2 Primerjava emisij iz generacije vozil z Euro 6 standardom z emisijami iz flote po dejanskih Euro standardih iz leta 2015

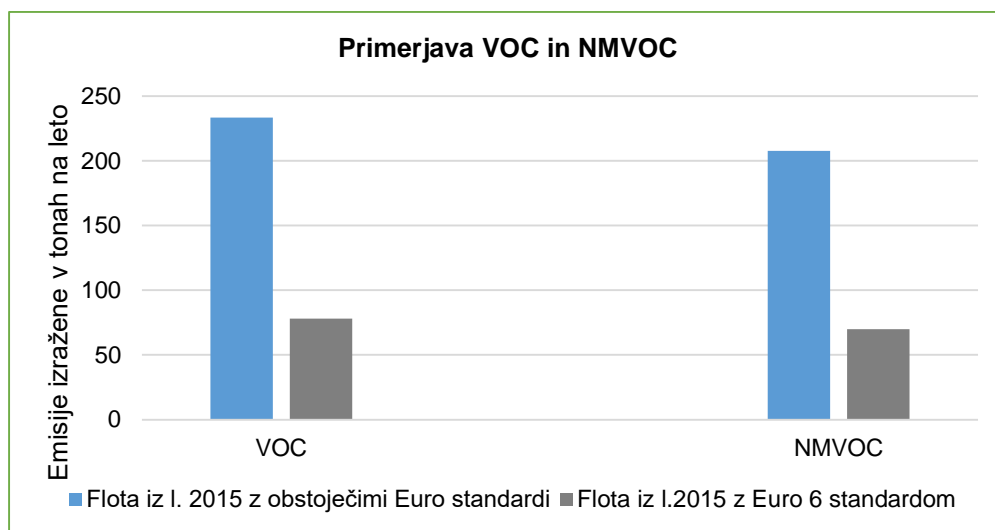
Kljub nenehnemu napredku v avtomobilski tehnologiji do večjih sprememb v cestnem prometu prihaja relativno počasi. Ko že govorimo o času, naj poudarim, da smo primerjali prvo floto vozil in njene izpuste emisij iz časa gospodarske krize in drugo floto ter njene izpuste emisij po gospodarski krizi, ko se je stanje počasi stabiliziralo. Ugotovitev se nam zdi pomembna, ker statistični podatki kažejo, da se je prodaja vozil med krizo očitno zmanjšala, flota vozil pa se je začela glede na povprečje EU starati. Če bi se uspeli izogniti gospodarski krizi, bi bile spremembe v številu vozil med floto iz 2010 in 2015 vozil bržkone večje. Do večjih pozitivnih sprememb bi prišlo tudi v starostni strukturi vozil in tako posledično v strukturi Euro standardov, kar bi vodilo do zmanjšanja emisij. Na izpuste emisij tako vplivajo številni zunanji dejavniki.

Po izračunih s programom COPERT 5 bi se obravnavane emisije, če bi vsa vozila imela Euro 6 motorje povprečno zmanjšale za 60 %. Najbolj bi upadle emisije BC, katerih vrednosti bi se znižale za 99,9 %. Najmanj bi se glede na izračun zmanjšale emisije N₂O in B(a)p, ki bi ostale enake tistim iz flote vozil iz leta 2015 z dejanskimi Euro standardi. Za le 2 % bi se zmanjšale emisije CO₂, ki bi ostale največji vir med onesnaževalci glede na količino izpustov. Za jasnejši in podrobnejši prikaz bomo vse rezultate predstavili še v grafični obliki.



Slika 35: Primerjava izpustov TGP med obstoječimi Euro standardi iz 2015 in z Euro 6 standardom

Če bi vsa vozila imela vgrajene motorje z Euro 6 standardom, bi se emisije CH₄ zmanjšale za 49 %. Od prejšnjih 15,7 t bi jih vozila v zrak emitirala le še 8 t. Količina emisij N₂O bi ostala nespremenjena. Vozila z obstoječimi Euro standardi so v letu 2015 proizvedla 16 t metana, vozila z Euro 6 standardi bi emisije zmanjšala za 41 %. Kot smo že omenili v uvodu, bi se emisije največkrat omenjenega TGP CO₂ zmanjšale za 2 %, kar je zanemarljivo malo. Glede na tipe vozil bi se emisije pri LTV zmanjšale za 7 %, TTV in BUS za 4 % in MOT za 2 %.

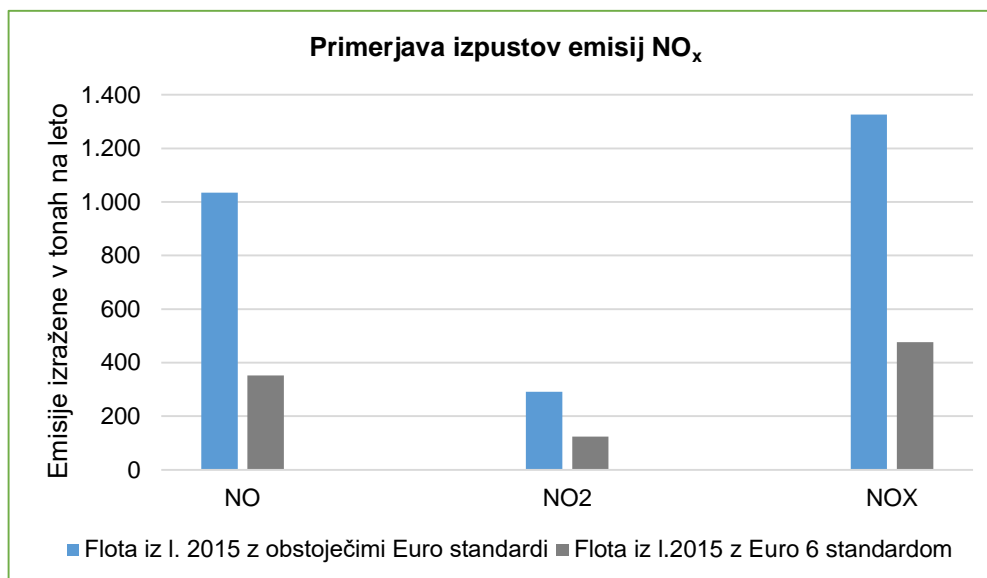


Slika 36: Primerjava emisij VOC in NMVOC med obstoječimi Euro standardi iz 2015 in z Euro 6 standardom

Vozila na leto proizvedejo za 233 t emisij VOC in 207 emisij NMVOC. Emisije obeh onesnaževal bi se zmanjšale za 77 %.

Emisije benzena, bi se ob uporabi Euro 6 standardov zmanjšale za 63 %.

Emisije B(a)p bi po izračunih ostale na isti ravni. Tudi flota vozil z naprednejšimi okoljskimi tehnologijami bi na leto proizvedla 1,3 kg tega onesnaževala.

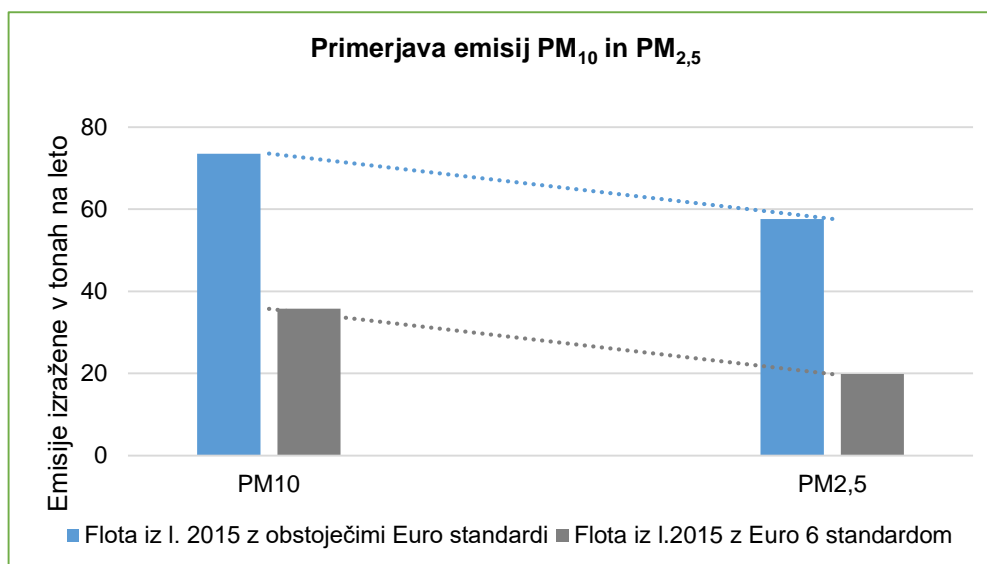


Slika 37: Primerjava izpustov emisij NO_x med obstoječimi Euro standardi iz 2015 in z Euro 6 standardom

Vozila so v letu 2015 v ozračje emitirala 1.035 t NO, flota z motorji Euro 6 standard bi te izpuste zmanjšala za 66 %. Izpusti NO₂ bi z 291 t padli na 124 t letno, kar procentualno znaša 58 %. Skupne emisije NO_x bi se tako zmanjšale glede na izpuste v letu 2015 za 65 %.

Veliko nižje bi bile tudi emisije OM, katere vozila na leto emitirajo za skoraj 9 t. Te vrednosti bi ob uporabi modernejših tehnologij upadle na 1,1 t letno oziroma bi se zmanjšale za 86 %.

Kot smo že omenili, bi se najbolj zmanjšale emisije BC. Flota vozil z obstoječo tehnologijo je vir 29 t teh delcev. Ob uporabi modernejših filtrov bi se tovrstne emisije zmanjšale za 99,9 %.



Slika 38: Primerjava emisij PM₁₀ in PM_{2,5} med obstoječimi Euro standardi iz 2015 in z Euro 6 standardom

V letu 2015 so vozila med delci PM_{2,5} in PM₁₀ proizvedla 33 % več emisij slednjih. Med floto OA, ki je največja flota med tipi vozil, proizvedejo 60 % emisij trdih delcev motorji na dizelsko pogonsko gorivo. OA na bencinsko gorivo pa predstavljajo 60 % vozil, kar pomeni, da bi bil med floto, ki bi vsebovala enako število vozil na obe vrsti goriv, ta delež še višji.

Emisije delcev PM₁₀ bi se ob uporabi Euro 6 motorjev zmanjšale za 52 %, emisije delcev PM_{2,5} pa za 66 %.

6 PREDLOGI ZA IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI ZRAKA V MESTU MARIBOR

Škodljive vplive prometa na zdravje in okolje je možno zmanjšati na tri načine:

- z izogibanjem nepotrebne prometu,
- s preusmeritvijo potrebnega prometa z okolju škodljivih na okolju prijaznejše načine prevoza in
- z izboljšanjem okoljske učinkovitosti vseh načinov prevoza, vključno z učinkovito rabo prometne infrastrukture (Evropsko okolje, [medmrežje], 2015, 49).

Predloge za izboljšanje kakovosti zraka v mestu Maribor bomo podali na podlagi ugotovitev, do katerih smo prišli ob pisanju teoretičnega in empiričnega dela.

Spremembe na področju zmanjšanja uporabe osebnih vozil in drugih prevoznih sredstev

Sodobna družba v razvitejših državah je odvisna od pretoka blaga in oseb, vendar obstoječa prevozna sredstva negativno vplivajo na zdravje ljudi in okolja. Med države z največjim lastništvom osebnih avtomobilov se uvršča tudi Slovenija, ki že leta visoko presega povprečje EU. Osebnostna vozila so med vsemi tipi vozil najpogostejše prevozna sredstvo. Zaradi izrednega števila vozil in pogostosti uporabe so OA glavni vir škodljivih emisij. Po izračunih, ki smo jih opravili, so OA v Mariboru v povprečju vir 57 % vseh emisij iz cestnega prometa. Emisije pa so se samo pri OA glede na leto 2010 povečale za 4 %. Prehod na alternativne načine prevoznih sistemov in alternativne vire energije bo tako zaradi vse večjih in izjemno škodljivih emisij moral biti karseda hiter in učinkovit. Pot do integracije alternativnih tehnoloških rešitev je še dolga, do tedaj so eden zmesnih korakov Euro 6 motorji. Izračunali smo, da bi bile emisije, če bi vsa vozila imela omenjen standard motorja, nižje za 64 %, kar bi znatno izboljšalo kakovost zraka v Mariboru. V mestu so se začeli pojavljati tudi avtomobili na alternativna pogonska goriva, tako je bilo v letu 2015 že 509 vozil na LPG, 9 hibridnih OA, 16 vozil na CNG in 3 električna vozila. Mnogih težav, povezanih s cestnim prometom, pa ne bomo rešili zgolj z nadomestitvijo obstoječih vozil z vozili z izboljšano tehnologijo ali z vozili na alternativna goriva. Čeprav s tem zmanjšamo emisije TGP, drugih zdravju in okolju škodljivih plinov ter zmanjšamo obremenjenost okolja s hrupom, s temi vozili ne bomo rešili zastojev ali zmanjšali potreb po parkirnih mestih. Za mesto Maribor imamo tako še nekaj predlogov, ki so v nekaterih evropskih mestih primer dobre prakse.

Predlogi za zmanjšanje onesnaženosti zraka v mestu Maribor z OA:

- uvedba parkirišč za sistem »Parkiraj in se pelji z avtobusom«;
- vzpostavitev sistema »Car sharing«;
- vzpostavitev spletne strani za dogovore o skupnih vožnjah;
- trening varčne vožnje;
- povečati število kolesarnic;
- urediti obstoječe kolesarske poti in dograditi nove;
- povečati število električnih polnilnic;
- povečati število peš con.

Spremembe na področju TTV in tranzita

Slovenija se po deležu mednarodnega tovornega prometa v EU uvršča na drugo mesto. Več kot 90 % TTV predstavljajo tuji tovornjaki. Število tovornjakov naj bi še naprej strmo naraščalo. Vsak šesti tovornjak na slovenskih cestah naj bi bil tudi preobremenjen z maso tovora (Pavšič, 2015). Rešitev za zmanjšanje emisij bi bila lahko preusmeritev transporta blaga s cestnega na železniški promet. Izračunali smo namreč, da se je število TTV v Mariboru od leta 2010 povečalo za 42 %. Rezultati kažejo, da so se emisije glede na 2010 najbolj povečale ravno pri TTV. V letu 2015 so se skupne emisije TTV glede na leto 2010 povečale za 66 %.

Predlogi za zmanjšanje emisij iz TTV v mestu Maribor:

- preusmeritev blaga s cestnega prometa na železniški ali ladijski promet;
- povečanje cestnih trošarin za TTV;
- obnova železniške infrastrukture, da bi se podjetja odločala za ta način prevoza blaga;
- boljši nadzor teže tovora.

Spremembe na področju JPP

Vozni park JPP v MOM je v letu 2012 štel 48 avtobusov, od tega jih je imelo 77 % vgrajene Euro 2 motorje, 6 % Euro 3 motorje in 17 % Euro 5 motorje. Povprečna starost avtobusov je bila 11 let, vsa vozila pa so uporabljala dizelsko pogonsko gorivo. V letu 2016 je bilo na razpolago 55 BUS, od tega je imelo 40 % vozil vgrajene Euro 2 motorje, 11 % Euro 3, 5,5 % Euro 4, 25 % Euro 5, 4 % Euro 5 EEV in 14,5 % Euro 6 motorje. Spremenila se je tudi struktura v uporabi pogonskega goriva, saj je 25 % uporabljalo CNG, 75 % pa dizel. Stvari na področju JPP v MOM se torej glede na podatke počasi obračajo na bolje, kar potrjujejo tudi naši izračuni za floto BUS v MOM. Glede na izračune so se povprečni izpusti emisij v primerjavi z letom 2012 tako zmanjšali za 41 %. Kljub zmanjšanju emisij je še veliko število BUS, ki imajo vgrajene motorje s starejšo tehnologijo in tako proizvajajo več emisij, kot bi jih mlajši avtobusi. Najvišja starost avtobusa je v letu 2015 znašala 22 let, minimalna pa 1,1 leto. Povprečna starost vozil je 10 let in je navkljub številnim novim vozilom še vedno relativno visoka. Število potovanj z mestnim avtobusom na območju MOM se je od leta 2014 do 2015 povečalo za le 0,16 % kar je občutno premalo. Ko smo pod drobnogled vzeli celotno floto BUS v Mariboru, smo ugotovili, da so se emisije leta 2015 glede na 2010 povečale za 33 %.

Predlogi za področje JPP v MOM in za ostala vozila BUS:

- promovirati uporabo JPP;
- ozaveščati meščane o pozitivni in negativni izbiri prevoznih sredstev;
- na novo preučiti lastnosti linij avtobusov;
- povečati frekvenco voženj na liniji, ko je to potrebno;
- povečati število avtobusnih linij;
- optimizirati cene vozovnic;
- povečati število nizkopodnih avtobusov, primernih za invalidske in otroške vozičke;
- preiti na nizkoogljicne avtobuse;
- uvesti starostne omejitve uporabe BUS;
- nakup prtljažnikov za kolesa.

7 RAZPRAVE IN SKLEPI

Maribor je drugo največje mesto v Sloveniji in je središče slovenske Štajerske ter sedež Podravske regije. Maribor ima nadvse ugodno lego, saj leži na križišču pomembnih evropskih poti. Prednost te lege je predvsem dobra prometna povezava mesta Maribor s pomembnimi okoliškimi mesti, kot so Ljubljana, Zagreb in Gradec. Slabost prometnih povezav je obremenjevanje okolja z emisijami iz cestnega prometa, ki postaja vse intenzivnejši. Število vozil v Mariboru se povečuje, s tem pa tudi emisije, ki obremenjujejo okolje in predstavljajo potencialno nevarnost za zdravje ljudi. Za zmanjšanje emisij so potrebni številni ukrepi, katerih učinkov pa brez dobrega poznavanja izhodiščnih koncentracij onesnaževal ne moremo preverjati. Dolgoletni trendi meritev kakovosti zraka v Mariboru kažejo na to, da emisije upadajo, podatki meritev iz zadnjega obdobja pa za nekatera onesnaževala kažejo ponovno rast in nihanja med leti. Na ta nihanja vplivajo tudi izpusti iz cestnega prometa. Naši rezultati kažejo, da se emisije večine vrst onesnaževal v primerjavi z letom 2010 zmanjšujejo.

Ugotovili smo, da se je registrirano število vozil v Mariboru glede na leto 2010 povečalo za 8 %. Glede na celotno floto vozil se je najbolj povečalo število OA, če rast števila vozil primerjamo po tipih vozil, pa se je najbolj povečalo število TTV, kar se odraža tudi pri porastu emisij. Sestava tipov vozil po deležih se glede na leto 2010 skoraj ni spremenila. Drugače je pri delitvi vozil glede na emisijske standarde vozil. Leta 2010 je očitno prevladoval Euro 3 standard. Za njim sta bila po številu vozil najpogostejša Euro 2 in Euro 4 standarda. Po številu vozil sta omembe vredna še Euro 1 standard in konvencionalna vozila. Pet let kasneje je Euro 4 prevladoval pred Euro 3 in Euro 5 standardom, pojavljati se je začel tudi že Euro 6 standard, ki je prišel v veljavo ravno tega leta. Glede na delovno prostornino imamo v obeh primerjalnih letih zelo podobno strukturo. Prevladujejo vozila z manjšo delovno prostornino, sledijo vozila s srednjo delovno prostornino. Vozil s prostornino motorja, večjo od 2 l, je izredno malo. Struktura vozil glede na vrsto goriva je vedno bolj podobna tisti iz Avstrije. Število vozil na bencinsko pogonsko gorivo namreč upada, povečuje se uporaba dizelskega goriva in uporaba alternativnih goriv.

S programom COPERT 5 smo primerjali emisije dveh flot vozil iz cestnega prometa, in sicer za leti 2010 in 2015. Izračuni so pokazali, da so emisije iz leta 2015 večje v primerjavi z 2010 za 19,4 %. Vendar je podroben pregled emisij pokazal, da so emisije večje zaradi enormnih izpustov CO₂, ki so se glede na leto 2010 povečali za 20 %. Emisije izpustov CO₂ so tako visoke, da že manjše spremembe lahko vplivajo na rezultate skupnih izpustov emisij. Ko smo izvzeli izpuste CO₂, smo prišli do ugotovitve, da so se skupne emisije izpustov zmanjšale za 33 %. CO₂ je tudi edino za nas pomembno onesnaževalo, ki ga program COPERT oceni glede na porabo goriva in ga računa s posebnimi faktorji porabe. Porabo goriva je za nas zaradi nedostopnosti podatkov program izračunal sam. Na končne rezultate izpustov emisij onesnaževal zaradi največjega deleža med tipi vozil v veliki meri vplivajo tudi izpusti iz OA, ki so hkrati največji vir večine izpustov.

Ugotovili smo, da med ogljikovimi spojinami skupne emisije naraščajo, vendar zaradi že prej omenjenega vpliva CO₂. Če emisije CO₂ izvzamemo, emisije CO in CH₄ padajo pri vseh tipih vozil razen pri TTV, kjer beležimo rast obeh onesnaževal. Rast CO beležimo tudi pri BUS. Pri onesnaževalih VOC in NMVOC emisije padajo pri vseh tipih vozil razen pri TTV. Rezultati izpustov emisij so pokazali, da so vsi tipi vozil razen TTV in BUS emisije benzena zmanjšali, nasprotno lahko trdimo za emisije B(a)p, ki stagnirajo le pri BUS. Emisije B(a)p so zanemarljivo nizke. Med dušikovimi spojinami so se zmanjšale le skupne emisije NH₃, emisije vseh ostalih onesnaževal glede na izpuste v letu 2010 naraščajo. Emisije NO_x so se tako povečale za 26,8 %. Skupni izpusti emisij OM so se zmanjšali, povečali so se le izpusti iz TTV in BUS, enako lahko trdimo za emisije BC.

K skupnemu zmanjšanju emisij delcev PM_x so v največji meri prispevala LTV, spremembe pri OA, BUS in MOT so zanemarljive. TTV so emisije PM_x znatno povečala.

Prišli smo do ugotovitve, da so se emisije najbolj povečale pri TTV, in sicer za 66 %, če izvzamemo CO₂, pa za 52 %, kar je znatno več kot pri drugih tipih vozil. Čeprav se je začel pojavljati Euro 6 standard, ki ga v letu 2010 še ni bilo in da se je povečalo število vozil z Euro 5 standardom, se tehničnica po številu vozil glede na Euro standard nagiba na stran starejših standardov in konvencionalnih vozil. Predvidevamo, da so se emisije TTV najbolj povečale zaradi 24 % rasti števila vozil v tej kategoriji in zaradi velikega deleža motorjev s starejšimi Euro standardi.

Skupne emisije iz OA so se glede na leto 2010 povečale za 4 %. Rast emisij pripisujemo rasti CO₂ oziroma povečanju števila vozil v tej kategoriji. Če izvzamemo CO₂, ugotovimo, da so se skupne emisije izpustov iz OA glede na leto 2010 zmanjšale za 40 %. Zmanjšanje emisij pripisujemo izboljšanju tehnologiji motorjev, saj se je število vozil s starejšimi Euro standardi znatno zmanjšalo in prav tako krepko povečalo število novejših Euro standardov.

Pri LTV beležimo 11 % rast skupnih emisij, kar pripisujemo rasti CO₂ zaradi povečanja števila vozil. Če emisije CO₂ zanemarimo, ugotovimo, da so emisije LTV glede na leto 2010 upadle za 36 %. Upad emisij pripisujemo obnovitvi voznega parka. Do največjih pozitivnih sprememb glede na strukturo vozil po Euro standardih je prišlo ravno pri LTV, in sicer pri vozilih na dizelsko pogonsko gorivo.

Emisije so se povečale tudi na področju JJP. BUS so namreč izpuste emisij povečali za 33 %. Tudi če v tem primeru izvzamemo emisije CO₂, pridemo do ugotovitev, da so se emisije povečale za 20 %. Ob pregledu smo ugotovili, da je med vozili največ motorjev z Euro 3 in Euro 2 standardom. Število vozil z Euro 3 standardom se je od leta 2010 celo povečalo. Sestava vozil po Euro standardih in povečano število vozil je po našem mnenju ključnega pomena, da so se emisije iz te kategorije povečale.

MOT so svoje izpuste glede na leto 2010 zmanjšala za 29 %. Če izvzamemo izpuste CO₂, ta odstotek pade na 55 % zmanjšanje emisij. K zmanjšanju teh emisij je prispeval močan upad uporabe konvencionalnih vozil in vozil z Euro 1 standardom. Na drugi strani se je krepko povečalo število vozil z Euro 2 in Euro 3 standardom.

Menimo, da je za rast emisij CO₂ vzrok porast števila vseh tipov vozil, ki so osnova za računanje porabe goriva. Ko od skupnih emisij posameznih tipov vozil odštejemo izpuste CO₂, je med emitiranimi onesnaževali med letoma 2010 in 2015 velika razlika. Do izraza pridejo Euro standardi. Pri vseh tipih vozil so namreč glavno vlogo prevzeli novejši Euro standardi z izboljšano tehnologijo. Čeprav skupni izpusti emisij upadajo, so med njimi še vedno onesnaževala, katerih izpusti so se glede na leto 2010 povečali. To so predhodniki ozona CO in NO_x ter TGP N₂O in že mnogokrat omenjeni CO₂.

V poglavju 8 smo predstavili tudi izračune za floto vozil iz leta 2015 po predpostavki, da bi vsa vozila imela vgrajene Euro 6 motorje. Izračune smo naredili za vsa vozila, tudi za MOT, kjer je trenutno okoljsko najnaprednejši Euro 3 standard. Ugotovili smo, da bi se večina emisij močno zmanjšala. Če izvzamemo izpuste CO₂, bi se skupne emisije zmanjšale za kar 44 %. Emisije N₂O in B(a)p bi po količini izpustov ostale na enakem nivoju. Izpusti slednjih bi ostali enaki, ker novejši standardi niso vključevali zmanjšanja teh emisij. Izpusti emisij CO₂ bi se zmanjšali za le 2 %. Kakovost zraka v Mariboru bi se v primeru, da bi vsa vozila imela vgrajene Euro 6 oziroma MOT Euro 3 standarde, krepko izboljšala.

V uvodu diplomskega dela smo si zadali tudi 3 delovne hipoteze. Na podlagi ugotovitev, do katerih smo prišli ob empiričnem delu, vse tri zastavljene hipoteze potrdimo.

Hipoteza 1: Hipotezo lahko potrdimo, saj se je število vozil v Mariboru povečalo. V letu 2010 je bilo v Mariboru registriranih skupaj 57.625 prevoznih sredstev, od tega 48.345 OA, 3967 LTV, 1070 TTV, 2010 BUS, 1913 motornih koles in 2120 mopedov. Pet let kasneje je bilo v Mariboru 62.590 registriranih vozil, kar je 8 % več kot leta 2010. Od tega je bilo 51078 OA, kar predstavlja 2,75 % več kot v letu 2010. V letu 2015 je bilo 4392 LTV, kar je 5,08 % več kot leta 2010. Število TTV se je glede na leto 2010 povečalo za skoraj 24 % na 1742 vozil in število avtobusov za slabih 12 % na 267 vozil. Od leta 2010 se je povečalo tudi število enoslednih motornih vozil. Število motornih koles je bilo 2298 in mopedov 2813. Tako je bilo leta 2015 v Mariboru glede na leto 2010 registriranih 9 % več motornih koles in 14 % več mopedov. Število vozil se je v Mariboru povečalo pri vseh tipih vozil.

Hipoteza 2: Hipotezo lahko potrdimo, saj so se skupne emisije, če izvzamemo CO₂, zmanjšale. Glede na leto 2010 so se skupne emisije onesnaževal zmanjšale za 40 %. Izmed vseh tipov vozil so se emisije izpustov zmanjšale pri OA, LTV in MOT, povečale pa pri TTV in BUS. Emisije iz BUS so po količini izpustov glede na ostala vozila zanemarljivo majhne. Upad emisij pripisujemo predvsem izboljšani tehnologiji motorjev, saj se je število vozil s starejšimi Euro standardi znatno zmanjšalo in prav tako krepko povečalo število novejših Euro standardov.

Hipoteza 3: Hipotezo lahko potrdimo. Leta 2015 je bilo v Mariboru več vozil z višjim EURO standardom kot pred petimi leti. Leta 2010 je med vozili prevladoval Euro 3 standard. Takrat je bilo v Mariboru registriranih skoraj 18.000 vozil s tem emisijskim standardom. Sledili so Euro 2, Euro 4 in Euro 1 standard. Vozila, ki jih uvrščamo med konvencionalna, so bila v letu 2010 po številu pred Euro 5 standardom. Pet let kasneje so bila konvencionalna vozila in vozila z Euro 1 motorjem v manjšini. Prevladovala so vozila z vgrajenim Euro 4 motorjem. Po številu registriranih vozil so sledili standardi Euro 3, Euro 5 in Euro 2. Registriranih vozil z Euro 6 motorjem je bilo leta 2015 najmanj med vsemi. Število vozil, ki spadajo med konvencionalna vozila, je zanemarljivo malo. Upad števila tovrstnih vozil je očiten in je v nekaterih ECE standardih padel za polovico.

8 POVZETEK

Mesto Maribor je kot drugo največje mesto v Republiki Sloveniji gospodarsko in kulturno središče severovzhodne Slovenije. Z vstopom Slovenije v Evropsko unijo se je obremenitev okolja ob glavnih prevoznicah še povečala. Zaradi vse večjega števila vozil v mestu predstavlja promet vse večji problem. Zaradi varovanja okolja in zdravja ljudi potekajo v Mariboru od leta 1978 naprej meritve kakovosti zunanega zraka. Meritve koncentracij različnih snovi v zraku so najzanesljivejši pokazatelj stanja kakovosti zunanega zraka na določenem območju. Emisije iz prometa je težko izmeriti, zato jih ocenjujemo na podlagi različnih prometnih podatkov in specifičnih emisijskih faktorjev za posamezne kategorije vozil. Za mesto Maribor smo s programom COPERT 5 izračunali emisije za leti 2010 in 2015 ter jih med seboj primerjali. Zaradi pomembnosti flote vozil iz različnih vidikov smo za obe leti primerjali še floti vozil. Program smo uporabili še za ocenitev emisij po predpostavki, da bi vsa vozila imela vgrajene Euro 6 motorje, pri tem pa je število vozil v posameznih kategorijah ostalo enako. Ugotovili smo, da se je povečalo število vseh tipov vozil. V primerjavi z letom 2010 se je število vozil povečalo za 8 %. Spremenila se je tudi struktura vozil glede na emisijski standard motorja. S programom COPERT 5 smo nato izračunali emisije za 16 onesnaževal. Ugotovili smo, da so se emisije glede na leto 2010, če prezremo koncentracije CO₂, zmanjšale za 40 %. Zmanjšanje izpustov emisij pripisujemo izboljšanju tehnologije motorjev, saj se je krepko povečalo število novejših Euro standardov. Kljub upadu večine vrst onesnaževal so se emisije onesnaževal CO₂, CO, NO_x in N₂O povečale. Rezultati ocen emisij izključno iz Euro 6 standardov so pokazali, da bi se skupne emisije zmanjšale za 44 %. Ob koncu smo dodali še nekaj predlogov za izboljšanje kakovosti zraka v MOM.

9 SUMMARY

Maribor as the second biggest city in the Republic of Slovenia has been an economic and cultural centre of the Northeastern Slovenia. When Slovenia entered the European Union the environmental burden at the main highways has increased even more. Traffic presents bigger and bigger problem due to larger number of vehicles in the city. From 1978, there have been measurements of different substances in the air to present the quality of the outer air in order to protect the environment and the people's health. Measurement of different substances' concentrations in the air have been the most reliable indicator of the quality state of the air at the certain area. Emission from traffic are hard to measure, therefore, we assess them based on different traffic data and specific emission factors for the individual categories of vehicles. We have calculated the emissions for the years 2010 and 2015 for the city of Maribor with the program COPERT 5 and compare them. Because of the fleet of vehicles importance from different angles, we have compared the fleets of vehicles for both years. We have used the program to assess the emissions based on the assumption that all vehicles would have Euro 6 machines and that the number of vehicles in individual categories would stay the same. We have discovered that the number of all types of vehicles have increased. In comparison to the year 2010, the number of vehicles have increased for 8 %. The structure of vehicles in connection to the emission standard of the vehicles has changed. We have calculated the emissions of 16 pollutants with the programme Copert 5. We have researched that the emissions according to the year 2010, if we overlook the concentrations of the CO₂, are lower for 40 %. Lowering of the emissions has been achieved with better technology of machines because the number of newer Euro standards has increased immensely. Despite most of the pollutants and their lowering in number, the emissions of CO₂, CO, NO_x, and N₂O have increased. The results of the emission assessment. The results of the emission from Euro 5 standards have shown that we would and could learn about it showed that the emissions would go down from 44. We have also included some suggestions for the air quality at MOM.

10 SEZNAM VIROV IN LITERATURE

Ambient (outdoor) air quality and health. Medmrežje:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/> (25. 10. 2016).

Bilban, M. 2013: Onesnaževala zraka. Medmrežje:

http://www.zvd.si/media/medialibrary/2016/01/DV-04-2014_Onesnazevala_zraka.pdf (21. 10. 2016).

Čanč, B., Červek B, Ž. 2013: Reševanje problematike kakovosti zraka v Mariboru s poudarkom na onesnaženju z delci: Ekolist revija o okolju. Maribor 2013, str. 4–7.

EEA Report. Air Quality in Europe – 2015 Report. Medmrežje:

<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2015> (10. 10. 2016).

EEA. Evropsko okolje: Stanje in napovedi 2015. Medmrežje: www.eea.europa.eu/soer-2015/synthesis/evropsko-okolje-stanje-in-napovedi (5. 1. 2017).

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Medmrežje:

<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016> (11. 12. 2016).

EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update Sept 2014. Medmrežje:

<http://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook> (8. 12. 2016).

EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013. Gasoline evaporation from vehicles.

Medmrežje: www.eea.europa.eu/publications/.../1-a-3-gasoline-evaporation (25. 11. 2016).

Emissia SA. Medmrežje: <http://emisia.com/products/copert> (15. 10. 2016).

European Environment Agency: Air quality in Europe – 2015 report. Medmrežje: www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2015 (11. 10. 2016).

European Environment Agency: Size of the vehicle fleet. Medmrežje:

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/size-of-the-vehicle-fleet/size-of-the-vehicle-fleet-2> (3. 10. 2016).

European Environmental Agency: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016. Part B: sectoral guidance chapters: 1.A.3.b.i-iv Road transport 2016. Medmrežje: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/#> (15. 12. 2016).

Evropska okoljska agencija: Onesnaževanje zraka. Medmrežje:

<http://www.eea.europa.eu/sl/themes/air/intro#parent-fieldname-title> (3. 10. 2016).

Gore, A. (2006). Neprijetna resnica: Svetovna nevarnost globalnega segrevanja in kako lahko ukrepamo. Ljubljana, Mladinska knjiga Založba, 28 str.

Kakovost zraka v Sloveniji: Kakšen zrak dihamo? Murska Sobota, Zavod PEC, 2015, str. 7–9.

Kakovost zraka. Medmrežje: <http://www.okolje.info/index.php/kakovost-zraka/zveplov-dioksid> (25.10.2016).

Kakšen zrak dihamo. Kakovost zraka v Evropi. Medmrežje:

<http://www.eea.europa.eu/sl/publications/eea-signali-2013-kaksen-zrak-dihamo>.

Kirinčič, S. 2015: Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) v hrani in njihov vpliv na zdravje. Medmrežje: http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/enboz_pah_3.pdf (10. 10. 2016).

Kovač, N., Logar, M. 2015: Izpusti onesnaževal zraka iz prometa. Medmrežje: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=770 (27. 10. 2016).

Mekinda, M., T. 2010: Izpusti toplogrednih plinov iz prometa. Medmrežje: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=792 (22. 11. 2016).

Ministrstvo za okolje in prostor: Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2014. Medmrežje: www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/.../porocilo_2014.pdf (10. 10. 2016).

Močnik, G. 2013: Črni ogljik merimo najboljše na svetu. Medmrežje: <http://www.delo.si/zgodbe/sobotnapriloga/grisa-mocnik-crni-ogljik-merimo-najbolje-na-svetu.html> (25. 10. 2016).

Nacionalni program varstva okolja (Uradni list RS, št. 83/99 in 41/04 – ZVO-1).

Novak, P. (2015). Uporaba biomase in reševanje emisije prašnih delcev v možnem energetskem konceptu Slovenije. V: Kakšen zrak dihamo – kakovost zraka v Sloveniji. Strokovno posvetovanje 2015. Ljubljana, Zveza ekoloških gibanj Slovenije, str. 9–11.

Novak, P. (2015). Varstvo zraka v Sloveniji. V: Kakšen zrak dihamo – kakovost zraka v Sloveniji. Strokovno posvetovanje 2015. Ljubljana, Zveza ekoloških gibanj Slovenije, str. 5.

Ogrin, M. (2008). Prometno onesnaževanje ozračja z dušikovim dioksidom v Ljubljani. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, 15, 17, 25, 26, 28 str.

Operativni program doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij onesnaževal zunanega zraka/ Revizija operativnega programa doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij onesnaževal zunanega zraka iz leta 2005/. Medmrežje: http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/op_nec_revizija_2006.pdf (20. 10. 2016).

Pavšič, G. 2015: Slovenija z rekordnim deležem tujega tovarnega prometa, vsak šesti tovornjak pretežak. Medmrežje: <http://siol.net/avtomoto/novice/slovenija-z-rekordnim-delezem-tujega-tovornega-prometa-vsak-sesti-tovornjak-pretezak-199892> (4. 1. 2017).

Plevnik, A. 2016: Lastništvo osebnih avtomobilov. Medmrežje: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=756 (28. 10. 2016).

Plevnik, A. 2016: Starost voznega parka. Medmrežje: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=757 (22. 11. 2016).

Plevnik, A., Balant, M., Mladenovič, L., Kozina, J., Polanec, V. 2013: Starost osebnih avtomobilov. Medmrežje: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=569 (2. 11. 2016).

Podnebne spremembe. Medmrežje: <http://www.eea.europa.eu/downloads/0c768a03abaf19152d062748a0ba32d8/1472135489/in tro.pdf> (25. 10. 2016).

Prajnc, S. (2016). Poročilo o stanju okolja v mestu Maribor. Varstvo zraka.

Pravno-informacijski sistem. Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka. Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10250> (22. 10. 2016).

Rahten, M. (2015). Emisije v prometu. V: Kakšen zrak dihamo – kakovost zraka v Sloveniji. Strokovno posvetovanje 2015. Ljubljana, Zveza ekoloških gibanj Slovenije, str. 98.

Resolucija o Nacionalnem programu varstva okolja 2005–2012 (Uradni list RS, št. 2/06).

Resolucija o prometni politiki Republike Slovenije (Intermodalnost: čas za sinergijo) (RePPRS).

Slovenija's national inventory report 2015 and 2016. Medmrežje: http://cdr.eionet.europa.eu/si/eu/mmr/art07_inventory/ghg_inventory/envv2ezfg/SVN_NIR_2016_v2.pdf (15. 10. 2010).

Statistični urad Republike Slovenije. Medmrežje: <http://www.stat.si/StatWeb/prikazinovico?id=5227&idp=22&headerbar=19> (2. 11. 2016).

Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku, Ur. l. RS, št. 56/06, str. 5993.

Uredba o kakovosti zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 9/11 in 8/15). Medmrežje: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5493> (20. 11. 2016).

Uredba o nacionalnih zgornjih mejah emisij onesnaževal zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 24/05, 92/07 in 10/14).

Vlada RS. Operativni program varstva zunanjega zraka pred onesnaževanjem s PM₁₀ (OP PM₁₀). Medmrežje: http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/varstvo_okolja/operativni_programi/op_onesnazevanje_pm10.pdf (21. 10. 2016).

Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09– ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16).