

Onesnaženost s PMx delci in črnim ogljikom v Celju

IZVLEČEK

Onesnaženost zraka je resen problem in povzroča vse večja tveganja za okolje, gospodarstvo in naše zdravje. Onesnaženost zraka ni samo svetovno vprašanje, temveč tudi vseevropsko in predvsem lokalno. Onesnaževala, sproščena v neki državi, lahko potujejo v ozračje drugih držav in tako prispevajo k slabi kakovosti zraka daleč naokrog. V prispevku so prikazani nekateri rezultati meritev črnega ogljika, ki so potekale od marca do julija 2017 na Fakulteti za logistiko Univerze v Mariboru. Osvetlili smo pomen onesnaženja s PM delci, s poudarkom na črnem ogljiku, in rezultate meritev v Mestni občini Celje. Na podlagi dobrih praks iz sveta izpostavljam tiste, ki bi lahko v Celju prispevale k zmanjšanju onesnaženosti.

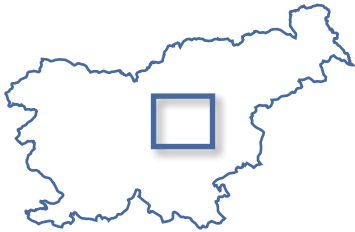
Ključne besede: črni ogljik, Mestna občina Celje, geografski dejavniki, zrak.

ABSTRACT

PMx and black carbon pollution in the city of Celje

Air pollution is a serious problem and causes an increasing risk to the environment, the economy and our health. The pollution of the air is not only a global issue, but also pan-European and above all local. Pollutants released in one country can travel to the atmosphere of other countries and thus contribute to poor air quality far around. The paper presents some of the results of black carbon measurements, which was taking place from March to July 2017 at the Faculty of Logistics, University of Maribor. We highlighted the importance of pollution with PM particles with an emphasis on black carbon and the results of measurements in the Municipality of Celje. On the basis of good practices from the world, we highlight those who could, in the case of Celje, reduce pollution.

Key words: black carbon, City Municipality of Celje, geographical factors, air.



Črni ogljik je kratkotrajno onesnaževalo, ki nastaja pri nepopolnem izgorevanju goriv ter škodljivo vpliva na kakovost zraka in zdravje v mestih. V svetovnem merilu je opredeljen kot drugi najškodljivejši onesnaževalec zraka. Študije na lokalni ravni so pokazale, da obstaja povezava med izpostavljenostjo črnemu ogljiku in boleznimi, kot so astma, okužba dihal in prirojene okvare. Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije (*World Health Organization – WHO*) je so leta 2012 onesnaženosti zunanjega zraka pripisali 3,7 milijona prezgodnjih smrti, od tega jih je bilo 88 % v državah z nizkim in srednjim dohodkom (Jereb s sodelavci 2017). Črni ogljik so $PM_{2,5}$ zelo drobni delci, ki brez težav prodrejo globoko v pljuča in povzročajo prezgodnjo umrljivost ter različne bolezni srca in dihal. Na Kitajskem se je število smrti zaradi onesnaženosti zunanjega zraka med letoma 2005 in 2010 povečalo za 5 % (medmrežje 1). Delovna skupina CEHAP nekdanjega Inštituta za varovanje zdravja (v nadaljevanju IVZ; zdaj Nacionalni inštitut za javno zdravje) navaja študijo, kjer je zapisano, da samo v treh evropskih državah (Avstriji, Švici in Franciji) zaradi onesnaženega zunanjega zraka vsako leto umre od 19.000 do 44.000 ljudi. Prav tako so ugotovili, da lahko okrog 6 % vseh letnih smrti pripišejo izpostavljenosti onesnaženemu zunanjemu zraku, kar je dvakrat več od števila žrtev prometnih nesreč (ARSO, IVZ RS 2017).

PM_x pomeni masno koncentracijo prašnih delcev s premerom, manjšim od x μm.

Avtorji besedila in fotografij:
BORUT JEREB, dr. logistike
Fakulteta za logistiko,
Univerza v Mariboru
Mariborska cesta 2, 3000 Celje
E-pošta: borut.jereb@um.si

ANA VOVK KORŽE, ddr., geografije
Oddelek za geografijo, Filozofska
fakulteta, Univerza v Mariboru
Koroška cesta 160, 2000 Maribor
E-pošta: ana.vovk@um.si

TEJA BEZGOVŠEK
Študentka Oddelka za geografijo
Filozofske fakultete Maribor
Koroška cesta 160, 2000 Maribor
E-pošta: teja.bezgovsek@gmail.com

COBISS 1.04 strokovni članek

Za črni ogljik je značilno, da od vseh delcev v zraku najbolj učinkovito absorbira svetlobo. Čeprav v ozračju obstaja le približno teden dni, ima zelo velik vpliv na podnebje. Saje zvišujejo globalne in regionalne temperature ter zmanjšujejo učinek hlajenja velikih odsevnih površin, kot so ledeniki. To kratkotrajno podnebno onesnaževalo ima sposobnost, da v ozračju ujame 900-krat več toplote kot ogljikov dioksid v stotih letih in kar 3200-krat več v dvajsetih letih (medmrežje 1).

Ob nepopolnem zgorevanju ogljičnih goriv nastajajo poleg črnega ogljika tudi druge organske sestavine, ki prispevajo k absorpciji svetlobe le v določenem delu spektra, zato se za njih uporablja izraz rjavi ogljik. Naprava, s katero lahko z visoko časovno resolucijo neposredno merimo vsebnost črnega ogljika v zraku, se imenuje etalometer (Jereb s sodelavci 2017).

Delci (*Particulate Matter – PM*) je izraz, ki se uporablja kot splošen pojem in poimenuje v plinu suspendirane trdne in tekoče delce. Poimenovanje $PM_{2,5}$ se nanaša na drobne delce (*fine particles*), katerih aerodinamični premer je manjši od 2,5 μm, PM_{10} pa na delce z aerodinamičnim premerom pod 10 μm. PM_{10} tako ne vključuje le grobih delcev (*coarse particles*) z aerodinamičnim premerom med 2,5 in 10 μm, ampak tudi drobne delce, manjše od 2,5 μm (Jereb s sodelavci 2017).

Delce glede na izvor delimo na primarne in sekundarne. Primarni delci, med katere spada tudi črni ogljik, se v ozračje sproščajo neposredno iz virov izpuštov, sekundarni pa nastajajo z oksidacijo in pretvorbo primarnih plinastih izpuštov v ozračju. Plini, ki v največji meri prispevajo k tvorbi delcev, so SO₂, NO_x, NH₃ in hlapne organske spojine. Lahko jim rečemo tudi predhodniki delcev. Iz njih namreč s kemijskimi reakcijami nastanejo spojine, ki vsebujejo sulfate, nitrata in amonijak. Te snovi nato zaradi kondenzacije tvorijo delce, ki jim pravimo sekundarni anorganski aerosoli. Iz določenih organskih spojin pa z oksidacijo nastajajo tudi manj hlapne spojine, ki sestavljajo sekundarne organske aerosole (medmrežje 2). Nastajanje sekundarnih delcev je odvisno od številnih kemijskih in fizikalnih dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši koncentracija glavnih predhodnikov, reaktivnost ozračja, ki je odvisna predvsem od koncentracije visoko reaktivnih spojin (ozon in hidroksilni radikali), meteorološke spremenljivke (Sončevo sevanje, relativna vlažnost, oblačnost) (Poročilo kakovosti zraka 2015). Približno 70 % mase PM₁₀ in PM_{2,5} sestavljajo sekundarni organski in anorganski aerosoli, elementarni ogljik, dvignjeni mineralni delci s tal (resuspenzija) in morski aerosoli. Preostalih 30 % lahko pripisemo vodi (Poročilo o stanju ... 2014).

Druga delitev delcev glede na izvor je okolščina, ali so naravni ali antropogeni. Med naravne vire lahko uvrstimo morske soli, snovi naravne resuspenzije tal, saharski prah in druge delce biogenega izvora, kot je na primer cvetni prah, medtem ko antropogeni viri ob-

segajo predvsem izpuste, povezane z zgorevanjem goriv v različnih objektih in industriji, ogrevanjem stavb ter s prometom. Predvsem v naseljih so pomemben vir delcev izpusti iz prometa, individualna kurišča in resuspenzija s cestišč. Za te vire so značilne nizke višine izpuštov (navadno nižje od 20 m), zato prispevajo k povečani ravni onesnaženosti zunanjega zraka predvsem pri tleh (Poročilo kakovosti zraka 2015).

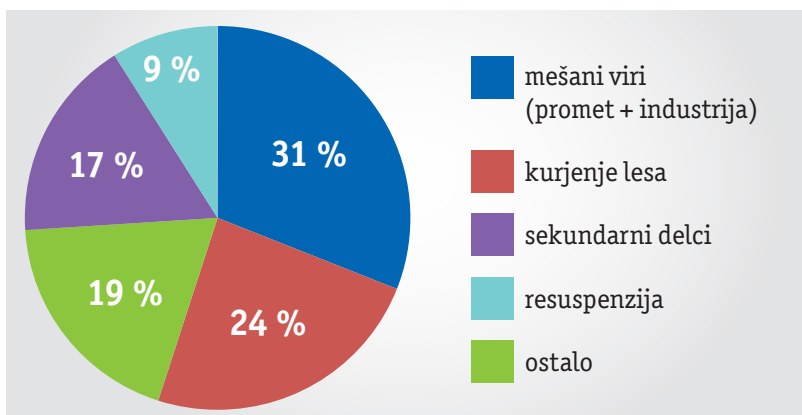
Glavni viri onesnaževanja v Mestni občini Celje so industrija, tehnološki procesi, cestni promet, industrijske kotlovnice in kotlovnice za ogrevanje stavb in pripravo sanitarne vode ter mala kurišča. Velikost emisij in vrsta onesnaževal iz teh virov je odvisna od vrste uporabljenega goriva (plin, lesna biomasa, lahko kurilno olje).

Na območju občine je bilo v preteklih letih število dovoljenih dnevnih vrednosti delcev PM₁₀ v zraku preseženo, zato je bila leta 2011 izvedena podrobnejša analiza virov onesnaževalcev. Ta je razkrila, da kar 31 % od vseh emisij prašnih delcev prispevata promet in industrija (Poročilo o stanju ... 2014).

Večina izmerjenih indikatorjev je značilna za oba vira, zato ni bilo mogoče ovrednotiti, kolikšen je delež vsakega od njiju. Ugotovili pa so, da kurjenje lesa prispeva 24 % delcev, 17 % jih je sekundarnega izvora, ki jih zračne gmote prinesejo od drugod, resuspenzija cestnega prahu prispeva 9 % delcev, medtem ko 19 % njihovih virov ostaja neopredeljenih. V zadnjih letih je opazno povečan vpliv malih kurišč, predvsem zaradi uporabe cenejših, »nečistih« energentov (Drinovec, Ježek in Močnik 2012).

Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Celje je začel veljati leta 2013 in določa območje izvajanja ukrepov glede onesnaženosti zraka zaradi čezmernih koncentracij delcev PM₁₀. V uredbi so zabeleženi ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci PM₁₀, s katerimi naj bi dosegli skladnost z mejnimi vrednostmi koncentracij delcev ter zmanjšali škodljive vplive na zdravje in okolje. Ker je letna mejna koncentracija PM₁₀ za varovanje zdravja ljudi je 40 µg/m³, odlok zajema tudi spremljanje učinkov izvajanja, potrebna noveliranja in čas

Slika 1: Viri črnega ogljika v Mestni občini Celje (Jereb s sodelavci 2017).





Slika 2: Instrument za merjenje črnega ogljika etalometer® Model AE33. Na levi je merilnik s trakom, na katerem so preiskovani vzorci delcev, v sredini je naprava, vgrajena ob križišču, na desni pa so zabeležene trenutne vrednosti onesnaženja.

izvajanja ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti. Določa še odgovorne organe za pripravo in izvajanje ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka ter vključuje naloge občine in države, obveznosti povzročiteljev obremenitev, obveznosti izvajalcev javnih služb varovanja okolja ter oseb, ki izvajajo dejavnosti varovanja okolja. Na državni ravni so nosilci izvajanja ukrepov ministrstva, pristojna za okolje, promet in energijo ter izvajalci pristojnih državnih gospodarskih služb. Na občinski ravni to vlogo prevzamejo organi občine ter izvajalci lokalnih javnih gospodarskih služb. Med nosilci ukrepov so tudi osebe, ki izvajajo dejavnosti varovanja okolja, in povzročitelji obremenitev (pravne in fizične osebe, ki opravljajo gospodarsko ali negospodarsko dejavnost, ter posamezniki na območju občine) (Vovk Korže in Sajovic 2009).

Čepprav so prometna sredstva in prometna infrastruktura pomembni razvojni dejavniki, ki v mestu omogočajo lažjo dostopnost in večjo mobilnost, je cestni promet tudi velik vir onesnaževanja zraka s prašnimi delci PM_{10} , katerih del je tudi črni ogljik, dušikovimi spojinami in nemetanskimi ogljikovodiki, med katerimi so mnogi pretvorniki pri tvorbi ozona. Celje ima zelo ugoden prometno-

-komunikacijski položaj. Prometno omrežje znotraj občine sestavljajo državne in občinske ceste. Prometno zelo dobro dostopno je tudi mestno jedro, kar povečuje tamkajšnje pritiske na okolje. Bolj kot razširjenost cestnega omrežja je za oceno onesnaženosti zraka ob prometnicah pomembna gostota njihovega prometa. Predvsem gost tovorni promet je velik onesnaževalec, ki močno vpliva na kakovost zraka v mestih.

Merjenje onesnaženosti zraka

Na območju Mestne občine Celje meritve onesnaženosti zraka potekajo v okviru državne merilne mreže (DMKZ) na merilni postaji Celje – Bolnišnica, ki je v neposredni bližini novozgrajenega urgentnega centra. Postaja meri prisotnost žveplovega dioksida (SO_2), dušikovega dioksida (NO_2), ogljikovega monoksida (CO), vrednost delcev PM_{10} in ozona. Poleg te postaje se kakovost zraka v Celju spremlja tudi na občinski avtomatski merilni postaji v Gajih (AMP Gaji), locirani v vzhodnem delu mesta, v bližini toplarne. Na njej se meri prisotnost žveplovega dioksida (SO_2), dušikovega dioksida (NO_2), vrednost delcev PM_{10} , benzena in amonijaka.

Črni ogljik in Ångströmov eksponent

smerili z napravo etalometer® Model AE33 (Magee Scientific / Aerosol d. o. o). Svetlobni izvor v tem modelu naprave so svetleče diode s spektri, ki imajo maksimume pri valovnih dolžinah 370, 470, 520, 590, 660, 880 in 950 nm. Meritve v tako širokem svetlobnem spektru omogočajo karakterizacijo absorpcije aerosolov v območju od ultravijolične do infrardeče svetlobe (Jereb s sodelavci 2017). Merilnik prikazuje slika 2.

Meritve črnega ogljika ob Mariborski cesti v Celju so na različnih lokacijah potekale v dveh obdobjih: med 19. 1. in 13. 2. 2017 ter med 13. 3. in 8. 5. 2017.

Lokacije meritev so bile naslednje (slika 3):

- Lokacija **A** – pritličje Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru, 20 m stran od Mariborske ceste, ki se dviguje iz podvoza, 2 metra nad tlemi.
- Lokacija **B** – sejna soba Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru (4. nadstropje), 18 m nad lokacijo A.
- Lokacija **C** – Komunikacijska soba Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru (zadnja stran stavbe), v bližini parkirišča, 2 m nad tlemi.
- Lokacija **K4** – tik ob križišču



Slika 3: Lokacije merilnih mest z oznakami ob Mariborski cesti v Celju.

Mariborske in Kidričeve ceste; v okolici je osem vozniških pasov.

- Lokacija **K5** – tik ob cesti, nasproti avtobusne postaje, kjer se srečajo štirje vozniški pasovi.

Onesnaženost zraka s PM delci

V obdobju med letoma 2011 in 2015 izmerjene povprečne letne koncentracije delcev PM₁₀ v zraku na merilnem mestu Celje – Bolnišnica niso presegle mejne letne vrednosti 40 µg/m³. Preseženo pa je bilo dovoljeno število dnevniških prekoračitev, kar se je zgodilo 35-krat na leto, večinoma v zimskem obdobju. Presežkov je bilo največ leta 2011, ko se je to zgodilo kar 73-krat.

Kot je razvidno iz preglednice 1, se je od leta 2011 do leta 2014 število dnevniških prekoračitev vseskozi zmanjševalo, potem pa leta 2015 znova krepko povečalo. Lokacija ob bolnišnici je tako imenovano ozadje pri ostalih meritvah, predvsem ob prometnicah. Najvišje koncentracije delcev PM₁₀ v letu 2011 so bile izmerjene v dveh obdobjih stabilnega in suhega vremena:

med 19. januarjem in 28. februarjem ter novembra. Takrat so koncentracije delcev PM₁₀ velikokrat prekoračile mejno dnevno vrednost. Februar je bil sicer nadpovprečno topel, vendar je najdaljše obdobje brez padavin trajalo kar 22 dni. Novembra je bil notra-

nosti Slovenije dolgotrajni toplotni obrat, ko se je po zamegljenih nižinah zdrževal hladen zrak, medtem ko je bilo v višjih legah in na Primorskem jasno in toplejše vreme. To dejstvo je skupaj z 20-dnevnim obdobjem brez padavin prispevalo k veliki onesnaženosti zraka v Celju (Odlok o načrtu za kakovost zraka ... 2013).

Na merilnem mestu v Gajih v zahodnem predmestju Celja so bile letne vrednosti delcev PM₁₀ v zraku podobne kot na merilni postaji Celje – Bolnišnica in niso presegle predpisane letne mejne vrednosti (preglednica 1). Tudi na tem merilnem mestu je bilo v obdobju med letoma 2011 in 2016 preseženo dovoljeno število dnevniških prekoračitev, kar se je zgodilo 35-krat. Največ, 73, presežkov je bilo leta 2011, najmanj, 35, pa leta 2013 (Odlok o načrtu za kakovost zraka 2013).

Preglednica 1: Koncentracije prašnih delcev na merilnih postajah Celje-Bolnišnica (C-B) in v Gajih (G) (Jereb s sodelavci 2017).

leto	povprečna letna koncentracija (µg/m ³)		najvišja dnevna koncentracija (µg/m ³)		število dni s prekoračeno mejno vrednostjo	
	C-B	G	C-B	G	C-B	G
2011	35	35	119	255	73	73
2012	31	32	131	129	55	39
2013	29	26	121	101	51	35
2014	28	29	97	510	41	41
2015	32	/	142	118	70	76

Preglednica 2: Lokacije meritev in povprečna vrednost koncentracij črnega ogljika.

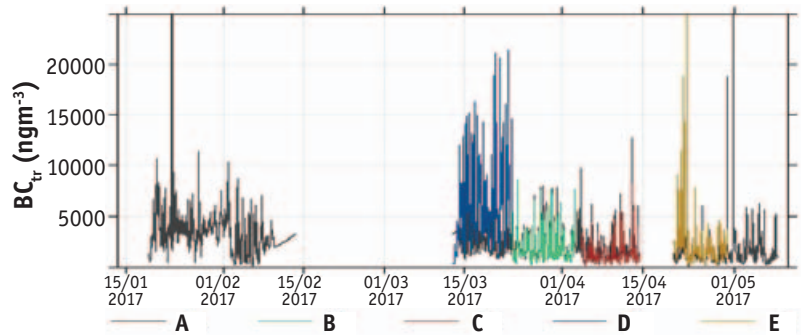
lokacija meritev	obdobje meritev	koncentracija črnega ogljika (µg/m ³) povprečje ± standardni odklon
lokacija A	19. 1. – 13. 2. 2017	6,32 ± 4,86
	13. 3. – 8. 5. 2017	2,69 ± 2,85
lokacija B	23. 3. – 3. 4. 2017	2,83 ± 2,31
lokacija C	4. 4. – 14. 4. 2017	1,67 ± 1,43
lokacija K4	13. 3. – 23. 3. 2017	7,25 ± 6,06
lokacija K5	20. 4. – 8. 5. 2017	2,57 ± 4,04

Onesnaženost zraka s črnim ogljikom

Na lokaciji A so meritve potekale ves čas, medtem ko so bile na ostalih merilnih mestih zaradi ugotavljanja značilnosti prostorske porazdelitve črnega ogljika meritve opravljene v krajših časovnih obdobjih (preglednica 2) (Jereb s sodelavci 2017).

Najvišje koncentracije črnega ogljika smo zabeležili v zimskem obdobju, na lokaciji A v povprečju $6,32 \pm 4,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in ob prometnem križišču K4 v povprečju $7,25 \pm 6,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pozimi 2010/2011 je bila na merilnem mestu ob bolnišnici zabeležena povprečna koncentracija $4,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Drinovec, Ježek in Močnik 2012), kar je manj od koncentracij, izmerjenih na lokaciji A. V spomladanskem obdobju od marca do maja so bile izmerjene koncentracije črnega ogljika (razen ob križišču K4) večinoma nižje (na lokaciji A na primer $2,69 \pm 2,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Razlog je predvsem konec kurilne sezone, kar se kaže v manjšem prispevku kurjenja biomase h koncentracijam črnega ogljika in večji dinamiki zračne plasti, ki vpliva na hitrejšo mešanje in redčenje aerosolov v urbanem okolju. Poleti 2010 je bila pri bolnišnici povprečna koncentracija $1,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Prispevek kurjenja biomase h koncentracijam črnega ogljika je bil pričakovano največji v zimskem času, spomladi pa se je zmanjšal (slika 6) (Jereb s sodelavci 2017).

Nasprotno pa se koncentracije črnega ogljika zaradi prometa (slika 5) v celotnem obdobju meritev niso bistveno spremenile in so bolj odvisne od lokacije meritev, torej od bližine ceste. Da bi ugotovili, kakšno je tipično



Slika 5: Časovni potek koncentracij črnega ogljika zaradi prometa na različnih lokacijah.

dnevno kolebanje koncentracij črnega ogljika glede na različne vire onesnaževanja, smo izračunali povprečno koncentracijo za vsako uro v dnevu skozi celotno obdobje meritev in tako dobili povprečni dnevni profil, iz katerega smo ugotovili, da promet v primerjavi s kurjenjem biomase močnejše prispeva k povečani koncentraciji črnega ogljika čez dan (Jereb s sodelavci 2017).

Sklep

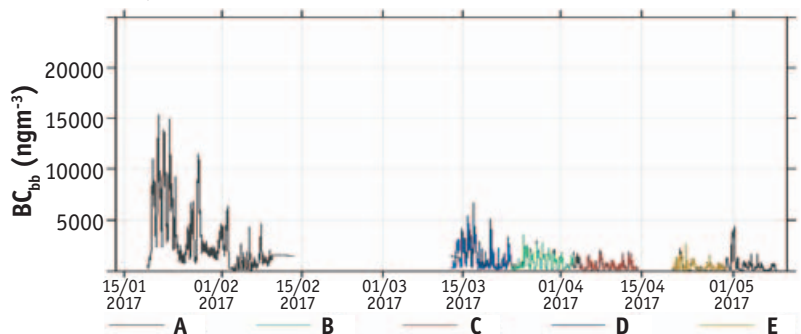
Pri zmanjševanju emisije črnega ogljika lahko igrajo pomembno vlogo optimirano upravljanje prometa, trajnostni prometni sistemi in čiste tehnologije, saj k onesnaženju zraka v mestih več kot 90 % prispevajo emisije vozil. Veliko mest v razvitih državah je že doseglo napredek pri zmanjševa-

nju prometnih emisij črnega ogljika. Največji onesnaževalci zraka s črnim ogljikom so dizelska vozila. Z naraščanjem števila vozil se večja tudi raven črnega ogljika. Zato so v nekaterih velikih mestih morali ukrepati, da so za njihove prebivalce zagotovili vsaj približno vzdržno stanje.

Naj navedemo nekaj najbolj značilnih primerov:

- V drugem največjem mestu na Filipinih Cebuju emisije črnega ogljika zmanjšujejo z izboljševanjem javnega mestnega prometa, pri čemer nadgrajujejo svoje avtobuse Rapid Transit;
- v Carigradu so v pilotnih projektih eksperimentirali z dizelskim filtrom za trdne delce;

Slika 6: Časovni potek koncentracij črnega ogljika zaradi kurjenja biomase na različnih lokacijah.



- v Džakarti preiskujejo emisijske standarde vozil;
- v Ciudad de México City so izvedli več ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka, vključno z zmanjševanjem osebnih vozil, razširitvijo trajnostnega javnega prevoza in spodbujanjem kolesarjenja. Koncentracije črnega ogljika v zraku spremljajo na petih izbranih lokacijah (medmrežje 1).

Kalifornija se z zmanjšanjem črnega ogljika spopada tako, da nadzira emisije iz dizelskih motorjev. Prav ta ukrep je pripomogel k čistejšemu zraku in boljšemu zdravju ljudi. Prizadevanja za preusmeritev tovornjakov in avtobusov so bila učinkovita v boju proti podnebnim spremembam. Če bi kalifornijski model začeli posnemati drugod po svetu, bi lahko v prihodnjih desetletjih upočasnili globalno segrevanje za okrog 15 %.


Zmanjševanje črnega ogljika po vsem svetu, skupaj z zmanjšanjem drugih podnebnih onesnažil, vključno z meta-

nom, troposferskim ozonom in fluorovimi ogljikovodiki, lahko v naslednjih nekaj desetletjih zmanjša globalno segrevanje ozračja za polovico in na Arktiki za kar dve tretjini (medmrežje 3).

Čeprav so prometne povezave in prometna infrastruktura pomembni razvojni dejavniki, ki v Celju izboljšujejo dostopnost in mobilnost, je mestni cestni promet tudi velik vir onesnaževanja zraka z naslednjimi onesnaževali: prašnimi delci PM_{10} , del katerih je tudi črni ogljik, dušikovimi spojinami in nemetanskimi ogljikovodiki, med katerimi so številni pretvorniki pri tvorbi ozona. Celje ima na eni strani zelo ugodno prometno lego, na drugi pa je na območju mesta pogost toplotni obrat, ki izdatno prispeva k povečanemu onesnaženju, predvsem z delci črnega ogljika (Golavšek 2016).

Bolj kot razširjenost cestnega omrežja je za oceno onesnaženosti zraka ob prometnicah pomembna gostota prometa na njih. Velik onesnaževalec, ki

močno vpliva na slabšo kakovost zraka v mestih, je predvsem gost tovorni promet. Zato je v Celju mogoče kazalce onesnaževanja s črnim ogljikom, ogljikovim dioksidom in drugimi onesnaževali izboljšati z učinkovitejšim upravljanjem prometa. V mislih imamo delujoč »zeleni val« in druge pristope za izboljšanje prometne pretočnosti, tako da se vozila čim manj ustavljajo in ponovno pospešujejo. Za ta namen so seveda najboljša zunajnivojska križišča.

V raziskavi (Jereb s sodelavci 2017) smo prav tako opredelili alternativne poti za kolesarje, tako da kolesarske steze ne potekajo ob glavni prometnici. S tem se izpostavljenost kolesarjev onesnaževalom, ki ga povzroča promet, bistveno zmanjša. Naslednja možnost je izgradnja nove cestne infrastrukture, ki bi promet s severa proti jugu Celja preusmeril na novo cesto. Promet po njej bi bil bistveno bolj tekoč in ga ne bi, tako kot zdaj, na razdalji dobrih treh kilometrov prekinjalo kar štirinajst semaforjev (Jereb s sodel., 2018). 

Viri in literatura

1. ARSO, IVZ RS. Kakovost zraka – zdravje [Internet]. Delovna skupina CEHAP. Medmrežje: http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/kakovost_zraka_-_zdravje_peter_otorepec.pdf (11. 6. 2017).
2. Drinovec, L., Ježek, I., Močnik, G. 2012: Meritve in viri ogljičnih aerosolov, Celje, 2010/2011. Poročilo, Aerosol d. o. o. Ljubljana.
3. Golavšek, D. 2016: Vpliv meteoroloških elementov na onesnaženost zraka v Celjski kotlini. Diplomsko delo, Filozofska fakultete Univerze v Mariboru. Maribor.
4. Jereb, B., Gregorič, A., Vovk Korže, A., Močnik, G., Sterle Mašat, N., Kovše, Š., Herman, L., Čeh, I., Bezgovšek, T., Brezovšek, N., Batkovič, T. 2017: Black bicycle: kolesarske poti ob vpadnici v Celje: študentski projekt Po kreativni poti do znanja. Elektronska izdaja, Fakulteta za logistiko Univerze v Mariboru. Celje. Medmrežje: <http://lab.fl.um.si/labinf/wp-content/uploads/sites/4/2017/08/BLACK-BICYCLE-final.pdf> (15. 6. 2017).
5. Jereb, B., Kumpeščak, S., Bratina, T. 2018: The impact of traffic flow on fuel consumption increase in the urban environment. FME Transactions 462-2, 278–284. Medmrežje: http://www.mas.bg.ac.rs/_media/istrazivanje/fme/vol462/19_b_jereb_et_al.pdf (14. 6. 2017).
6. Medmrežje 1: <http://thecityfix.com/blog/cities-fighting-black-carbon-transport-public-health-climate-benefits-change-yin-qiu-angela-enriquez/> (20. 6. 2017).
7. Medmrežje 2: <http://www.igsd.org/black-carbon-emissions-cut-90-in-california-model-for-polluted-mega-cities-of-the-world/> (20. 6. 2017).
8. Medmrežje 3: <http://www.igsd.org/black-carbon-emissions-cut-90-in-california-model-for-polluted-mega-cities-of-the-world/> (20. 6. 2017).
9. Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Celje. Uradni list RS 108/13, stran 12538. Medmrežje: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/115612/#10>. Člen (11. 6. 2016).
10. Poročilo kakovosti zraka, 2015. ARSO. Medmrežje: http://www.arslo.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/porocilo_2015.pdf (11. 6. 2017).
11. Poročilo o stanju okolja v Mestni občini Celje, 2014. Medmrežje: https://moc.celje.si/images/Datoteke/Okolje/Porocilo_o_stanju_okolja_v_Mestni_obcini_Celje_2014.pdf (10. 6. 2017).
12. Vovk Korže, A., Sajovic, A. 2009: Poročilo o stanju okolja v mestni občini Celje 2008. MOC, Celje.