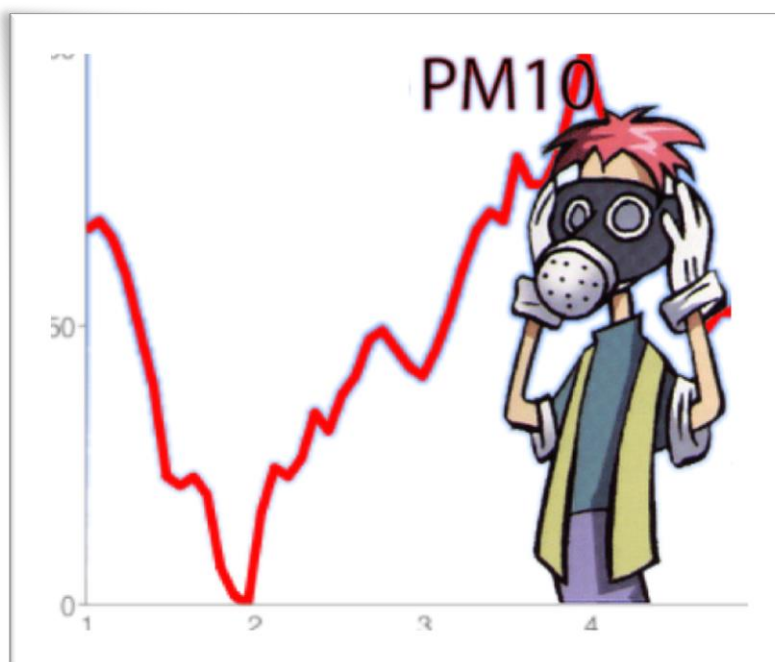


OSNOVNA ŠOLA HUDINJA

ONESNAŽENOST ZRAKA Z DELCI PM_{10} IN $PM_{2,5}$ V CELJU

RAZISKOVALNA NALOGA



AVTORICE:

- Hana Firer, 8. r
- Eva Jazbec, 8. r
- Iona Zupanc, 8. r

MENTOR:

Jože Berk, prof.

Področje: **EKOLOGIJA**

Celje, 2017

KAZALO

KAZALO	2
KAZALO SLIK, TABEL IN GRAFOV	3
POVZETEK	4
1. UVOD	5
1.1 Opis raziskovalnega problema	6
1.2 Hipoteze	6
1.3 Raziskovalne metode	7
2. TEORETIČNI UVOD	8
2.1 Kaj so delci PM ₁₀ in PM _{2,5}	8
2.2 Viri delcev PM ₁₀ in PM _{2,5}	11
2.3 Onesnaženost z delci PM ₁₀ in PM _{2,5} v Sloveniji	10
2.4 Mejne vrednosti onesnaženosti z delci PM ₁₀ in PM _{2,5}	12
2.5 Vpliv delcev PM ₁₀ in PM _{2,5} na zdravje ljudi	14
2.6 Splošna priporočila ob povišanih koncentracijah delcev PM ₁₀ in PM _{2,5}	16
2.7 Kaj lahko samo naredimo za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci	17
2.8 Merjenje koncentracije delcev PM ₁₀ in PM _{2,5} v zraku	18
2.9 Ukrepi za zmanjšanje koncentracije delcev PM ₁₀ in PM _{2,5} v zraku v Celju ..	21
3. OSREDNJI DEL NALOGE: MERITVE IN UGOTOVITVE	27
3.1 Primerjava onesnaženosti zraka z delci PM ₁₀ med najbolj onesnaženimi mesti v Sloveniji	27
3.2 Dnevni hod delcev PM ₁₀ v Celju	34
3.3 Primerjava onesnaženosti zraka z delci PM ₁₀ in PM _{2,5} na različnih lokacijah v Celju	36
3.4 Preverjanje izvajanja ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci PM ₁₀ in PM _{2,5} v Mestni občini Celje	37
3.5 Razprava in ugotovitve	43
4. ZAKLJUČEK	46
VIRI IN LITERATURA	48

KAZALO SLIK

Slika 1	Naslovnica	1
Slika 2	Obdelava statističnih podatkov	7
Slika 3	Relativna velikost delcev PM ₁₀ in PM _{2,5}	9
Slika 4	Grafični prikaz onesnaženosti zraka (ARSO)	13
Slika 5	Pot trdnih delcev v dihalnem sistemu človeka	14
Slika 6	Merilna postaja Celje (ARSO)	18
Slika 7	Lokacija merilne postaje v Celju	18
Slika 8	Digitalni laserski merilnik trdnih delcev PM ₁₀ in PM _{2,5}	19
Slika 9	Lestvica mejnih vrednosti na prenosnem merilniku	20
Slika 10	Merjenje koncentracije delcev PM ₁₀ in PM _{2,5} (Hudinja)	37
Slika 11	Merjenje koncentracije delcev PM ₁₀ in PM _{2,5} (OŠ F. Roša)	37

KAZALO TABEL

Tabela 1	Število prekoračitev mejne vrednosti v Sloveniji (2010-13)	10
Tabela 2	Kriteriji onesnaženosti zraka	12
Tabela 3	Priporočila za ravnanje prebivalcev	16
Tabela 4	Povprečne dnevne koncentracije delcev PM ₁₀ v zraku	28
Tabela 5	Povprečna koncentracija delcev PM ₁₀ v obdobju 30 dni	30
Tabela 6	Primerjava koncentracije delcev PM ₁₀ - novo leto	31
Tabela 7	Število dnevnih prekoračitev koncentracije delcev PM ₁₀	32
Tabela 8	Izmerjena koncentracija delcev PM ₁₀ in PM _{2,5} v Celju	36
Tabela 9	Pregled realizacije ukrepov v Mestni občini Celje	39

KAZALO GRAFOV

Graf 1	Viri delcev v Celju	23
Graf 2	Primerjava povprečne dnevne koncentracije za 30 dni	30
Graf 3	Primerjava povprečne koncentracije delcev PM ₁₀	30
Graf 4	Število urnih prekoračitev v obdobju 30 dni	32
Graf 5	Dnevni hod delcev, 14. 12. 2016 (Celje, Ljubljana, Zagorje)	34
Graf 6	Dnevni hod delcev, 24. 12. 2016 (Celje, Ljubljana, Zagorje)	35
Graf 7	Dnevni hod delcev, 4. 1. 2017 (Celje, Ljubljana, Zagorje)	35

POVZETEK

Onesnaženost zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ lahko pomembno vpliva na zdravje ljudi. Gre za zelo majhne, očem nevidne delce, ki jim zaradi možnega povzročanja številnih bolezni pravijo tudi »tihi ubijalci«. Povišane ravni delcev v zraku se pojavljajo predvsem pozimi, ko se promet, ki je pomemben vir onesnaženosti zraka, priključijo še dodatni viri – kurišča in neugodni klimatski pogoji. Najvišje ravni onesnaženosti zraka z delci lahko pričakujemo v večjih urbanih središčih, kjer je prisotnih veliko virov onesnaževanja zraka: promet, industrija in kurišča. Eno takšnih mest je tudi Celje.

V raziskovalni nalogi smo potrdili, da lahko po koncentraciji delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ Celje trenutno uvrstimo med bolj onesnažena mesta v Sloveniji. Pomemben dejavnik je geografska lega, saj Celje leži na južnem, najnižjem delu Celjske kotline, kjer pozimi pogosto nastane jezero hladnega zraka, v katerem se onesnažen zrak lahko zadržuje dlje časa. V Celju je bilo za obdobje 2013–2016 sprejetih štirideset ukrepov za zmanjšanje koncentracije delcev v zraku. Ugotovili smo, da se vsi predvideni ukrepi na tem področju žal ne izvajajo.

Zrak je z delci močno onesnažen po vseh večjih krajih po Sloveniji, ne samo na območjih, za katere je vlada izdala odloke o načrtih za kakovost zraka. Tako je za naše zdravje koristno, da ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka izvaja vsak posameznik po svojih zmožnostih kjerkoli v državi. Enako velja tudi za priporočila o ravnanju prebivalcev v primeru povečane onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$.

1. UVOD

Čist in kvaliteten zrak je osnovna potreba vsakega človeka in ima zelo velik vpliv na njegovo zdravje in dobro počutje. Onesnaževanje ozračja se je v zadnjih 30 letih močno povečalo – po nekaterih ocenah tudi do 400 %. Onesnaženje pa se ni le količinsko povečalo, ampak se je spremenila tudi struktura virov onesnaženja. Danes se ne srečujemo več z viri, s katerimi so se srečevali naši predniki, ki so tako tekom tisočletij evolucijsko pridobili osnovne obrambne mehanizme, ampak s povsem drugačno strukturo, predvsem pa s povsem drugim velikostnim razredom, na kar pa žal nismo prilagojeni. Medtem, ko smo bili ljudje včasih izpostavljeni v večini velikim sajastim delcem ali delcem prahu zemlje iz naravne okolice, smo danes pogosto izpostavljeni strupenim plinom, kemikalijam in sajastim ter prašnim delcem nano in mikro velikostnega razreda – govorimo o delcih PM_{10} in $PM_{2,5}$.

Na spletni strani Nacionalnega inštituta za javno zdravje lahko med drugim preberemo:

»Povišane ravni delcev v zraku se pojavljajo predvsem pozimi, ko se prometu, ki je pomemben vir onesnaženosti zraka, priključijo še dodatni viri - kurišča in neugodni klimatski pogoji. Najvišje ravni onesnaženosti zraka z delci lahko pričakujemo v večjih urbanih središčih, kjer je prisotnih veliko virov onesnaževanja zraka (promet, industrija, kurišča). To so predvsem Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto, Zagorje, Trbovlje in Hrastnik. Za navedena območja mestnih občin in Zasavja je Vlada RS v obdobju 2013-2014 sprejela Odloke o načrtih za kakovost zunanjega zraka, ki vključujejo ukrepe za izboljšanje stanja.

Agencija RS za okolje (ARSO) je za območja, kjer so sprejeti odloki, zadolžena za obveščanje javnosti o verjetnosti, da bo mejna vrednost delcev PM_{10} v tekočem ali v naslednjem dnevu presežena.

Vsi prebivalci, zlasti pa ranljive skupine (dojenčki in otroci, starejši, srčni in pljučni ter sladkorni bolniki), ob epizodah povišane onesnaženosti zraka z delci upoštevajmo splošna priporočila.« ^[4]

K izdelavi raziskovalne naloge so nas ob zgoraj navedenih dejstvih vzpodbudila številna alarmantna opozorila o prekomerni onesnaženosti ozračja, ki smo jih zasledili v sredstvih javnega obveščanja v novembru in decembru 2016 glede prisotnosti prašnih delcev v ozračju. Ravno naše mesto Celje je bilo v teh novicah žal pogosto omenjeno kot zelo onesnaženo mesto.

1.1. Opis raziskovalnega problema

Pred začetkom raziskave smo poiskali strokovno literaturo in podrobno proučili, kaj so sploh delci PM_{10} in $PM_{2,5}$, kako vplivajo na zdravje ljudi in kakšna je situacija glede onesnaženosti v Sloveniji po opravljenih meritvah v preteklih letih. Zanimalo nas je, kako se sploh meri koncentracija omenjenih delcev in kje v Sloveniji in v Celju te meritve izvajajo.

Na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) smo poiskali podatke o onesnaženosti zraka z delci PM_{10} v določenem obdobju 30 dni in jih analizirali. S pomočjo prenosnega merilnika smo se odločili, da bomo meritve opravili tudi sami. Zanimalo nas je namreč, kako se koncentracija delcev v zraku spreminja glede na mikrolokacijo. Razen tega nas je zanimala morebitna povezava med koncentracijo delcev PM_{10} in delcev $PM_{2,5}$, saj ARSO praviloma objavlja samo koncentracijo delcev PM_{10} .

V okviru naše raziskovalne naloge smo želeli preveriti, kakšna je trenutna situacija glede onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ v Celju, kako se izvajajo sprejeti ukrepi v našem mestu in katera priporočila bi morali upoštevati prebivalci v primeru prekomerne onesnaženosti zraka.

1.2. Hipoteze

V okviru raziskovalne naloge smo postavili naslednje hipoteze:

- 1. Mesto Celje je po kriteriju prisotnosti delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ v zraku še vedno eno bolj onesnaženih slovenskih mest.**
- 2. Raven onesnaženosti zraka z delci PM_{10} v Celju se tekom dneva zelo spreminja.**
- 3. V Celju se onesnaženost zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ v različnih predelih mesta zelo razlikuje v primerjavi z izmerjeno vrednostjo ARSO za Celje.**
- 4. V Celju se sprejeti ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ za obdobje 2013-2016 ne izvajajo v celoti.**

1.3. Raziskovalne metode

V okviru raziskovalne naloge smo uporabili veliko različnih oblik in metod dela. Na začetku je prevladovalo delo z literaturo, ki smo jo poiskali predvsem na spletu, saj so tam objavljena najnovejša dognanja in aktualni podatki. V tem delu naloge smo se seznanili s teoretičnimi osnovami področja, ki smo ga želeli raziskati.

Pomemben del naše naloge je bilo delo s statističnimi podatki. Podatke smo urejali (povprečje, grafi ...) s pomočjo računalniškega programa Microsoft Excel, ki omogoča enostavno in pregledno obdelavo velike množice številskih podatkov.

V okviru naloge smo opravili tudi veliko terenskega dela, saj smo nekatere meritve izvajali sami.

V delu naloge, kjer smo preverjale izvajanje ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti v Celju, smo uporabili metodo razgovora z odgovorno osebo na Mestni občini Celje.

Na koncu je sledil še zapis poteka naloge in ugotovitev, ki smo ga naredili s pomočjo programa Microsoft Word.

Večina dela je bilo skupinskega, saj smo meritve izvajale vse tri – praviloma ob prisotnosti mentorja. Podobno je bilo pri obdelavi statističnih podatkov ter pri oblikovanju. V določenih delih pa smo si naloge tudi razdelile – to velja predvsem za uvodni, teoretični del naše naloge in za nekatere dele obdelave podatkov.



Slika 2: Obdelava statističnih podatkov

2. TEORETIČNI UVOD

Onesnaženost zraka z delci lahko pomembno vpliva na zdravje ljudi. Povišane ravni delcev v zraku se pojavljajo predvsem pozimi, ko se cestnemu prometu, ki je pomemben vir onesnaženosti zraka, priključijo še dodatni viri - kurišča in neugodni klimatski pogoji.

2.1. Kaj so delci PM_{10} in $PM_{2,5}$

Izraz delci (angl. **P**articulate **M**atter – PM) se uporablja za zelo majhne delce trdne ali tekoče snovi, ki so razpršeni v zraku (plinu). V ozračje pridejo neposredno iz virov na površini kot primarni plinasti izpusti, npr. žveplov dioksid, dušikovi oksidi, amonijak in hlapne organske spojine. To so primarni delci. Z različnimi pretvorbami v onesnaženem ozračju iz primarnih delcev nastanejo delci druge sestave ali sekundarni delci. Nastajanje sekundarnih delcev je odvisno od različnih dejavnikov med drugim tudi meteoroloških (sončno sevanje, relativna vlaga, oblačnost).

Tako primarni kot sekundarni delci so lahko:

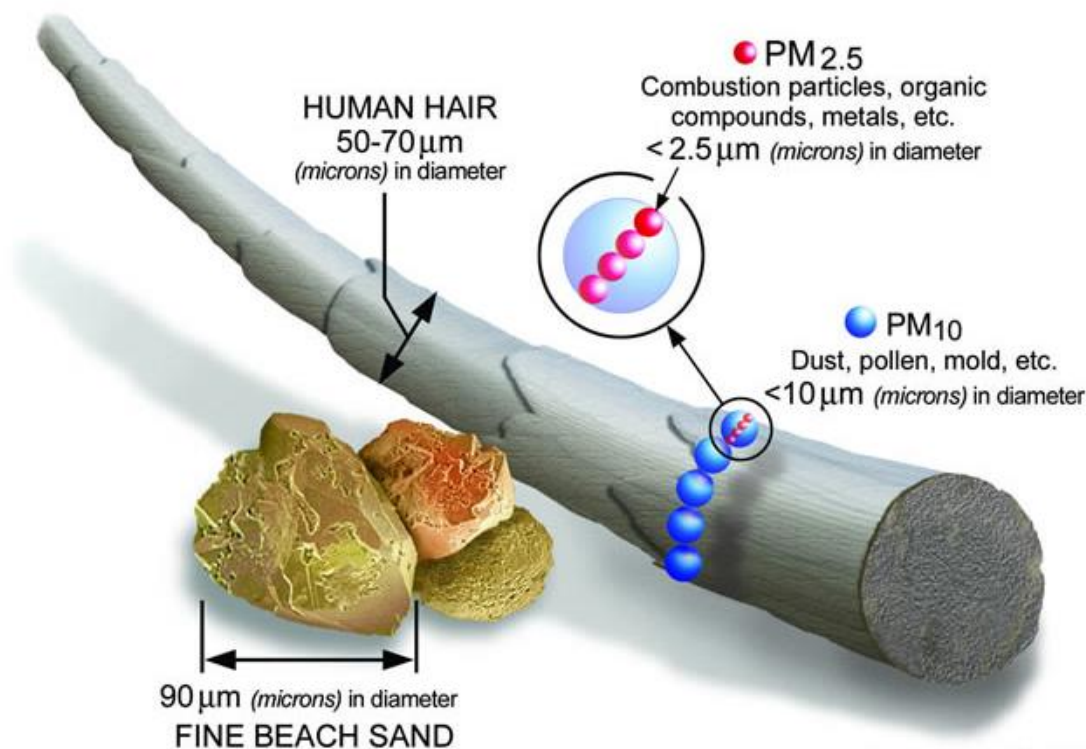
- naravnega izvora: cvetni prah, prah, morska sol, dim gozdnih požarov, meteorski prah, vulkanski pepel,
- človeškega izvora (posledica človekove dejavnosti): energetski objekti v najširšem pomenu, industrija, promet, poljedelstvo. Gre torej za prah zaradi aktivnosti človeka, kot so delci iz motorjev z notranjem zgorevanjem (tovornjaki, vlaki, letala, avtomobili), promet po cestah (obrade zavor, pnevmatik, obrabe cestišč), iz kmetijstva (proizvodnja hrane), gradbišč, proizvodnje cementa, sežigalnic odpadkov in elektrarne, tobačni dim in tudi prah iz malih kurilnih naprav (kotli, peči, štedilniki, kamini itd.). Glede na lastnosti goriva in kurilnih naprav je največ prahu pri kurjenju s trdnimi gorivi.

Zaradi različnega izvora imajo različno kemijsko sestavo, so različnih oblik in v različnih fizikalnih stanjih. Obliko oziroma velikost delcev opišemo z izrazom »aerodinamični premer«. Aerodinamični premer je definiran kot premer okroglega delca z gostoto 1 g/cm^3 .

Določitev aerodinamičnega premera delcev je eden najpomembnejših elementov meritev. Delci z enako obliko in velikostjo, toda z različno gostoto, imajo različen aerodinamični premer.

Na podlagi aerodinamičnega premera ločimo delce:

- PM₁₀: delci z aerodinamičnim premerom do 10 µm,
- PM_{2,5}: delci z aerodinamičnim premerom do 2,5 µm,
- PM_{1,0}: delci z aerodinamičnim premerom do 1 µm.



Slika 3: Relativna velikost delcev PM₁₀ in PM_{2,5}

Delci, ki nastanejo s procesi med plini v ozračju, in delci, ki se lahko nahajajo tako v plinasti kot v tekoči fazi, so v glavnem velikosti pod 1 µm (10⁻⁶ m). Ti delci se imenujejo fini delci (angl. fine particles). Na zemeljski površini nastanejo v glavnem delci večji od 1 µm, imenujemo jih grobi delci (angl. coarse particles). V to skupino uvrščamo tudi bioaerosole, npr. pelod in trose, katerih izvor je vegetacija. Delci, ki nastanejo pri gorenju, se lahko nahajajo v obeh velikostnih razredih. Na splošno velja, da se manjši in svetlejši delci zadržujejo v ozračju dalj časa in prepotujejo večje razdalje. Večji delci (s premerom večjim kot 10 µm), se zadržujejo v ozračju nekaj ur, medtem ko manjši delci (delci manjši od 2,5 µm) lahko ostanejo v ozračju več tednov. Iz ozračja jih navadno sperejo padavine. Približno 70% mase PM₁₀ in PM_{2,5} predstavljajo sekundarni delci (aerosoli), elementarni ogljik, dviganje usedlin s tal in morski aerosoli. Preostalih 30% lahko pripišemo vodi.

2.2. Viri delcev PM₁₀ in PM_{2,5}

Glavni vir delcev PM₁₀ je zgorevanje trdih goriv v gospodinjstvih in komercialnem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v neučinkovitih starih kotlih na trdna goriva ali v drugih napravah z neoptimalnim zgorevanjem lesne biomase. Sektor mala kurišča je v letu 2011 prispeval 66 % k skupnim emisijam primarnih delcev manjših od 10 µm. Daleč najpomembnejši vir delcev PM_{2,5} so mala kurišča, ki prispevajo kar 79 % k skupnim emisijam primarnih delcev, manjših od 2,5 µm, sledi promet z 9 %. Delci v sektorju promet nastajajo pri zgorevanju goriv (predvsem dizla) in pri obrabi cest, gum in zavor. Najnovejše tehnologije v osebnih vozilih (EURO 5) uvajajo strožje emisijske standarde za delce, saj predvidevajo za dizelska vozila kar 80 % zmanjšanje emisij v primerjavi z vozili EURO 4. Zmanjšanja emisij delcev iz prometa kljub strožjim emisijskim standardom pa ni zaznati tudi zaradi velike gostote prometa in večje porabe dizelskega goriva.

2.3. Onesnaženost z delci PM₁₀ in PM_{2,5} v Sloveniji

Slovenija sodi med države, kjer je zrak zaradi delcev PM₁₀ med bolj onesnaženimi v Evropi. Čeprav se onesnaženost zraka z delci v Sloveniji zmanjšuje, so prebivalci mest še vedno izpostavljeni preseženim vrednostim, predvsem zaradi prometa in onesnaženosti iz individualnih kurišč. Povečano raven onesnaženosti zraka z delci opazamo predvsem v hladnejši polovici leta in to v celinskih predelih Slovenije.

»Analiza virov PM₁₀ kaže, da je v Sloveniji vzrok onesnaženja z delci večinoma cestni promet, predvsem v prometno bolj obremenjenih urbanih središčih (Ljubljanska kotlina), v slabo prevetrenih kotlinah pa so vzrok onesnaženja tudi izpusti iz kurilnih naprav in industrijskih virov (Zasavska in Celjska kotlina). Meritve onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM₁₀ so pokazale, da je zrak na območjih desetih večjih slovenskih mest onesnažen nad mejno vrednostjo, kar velja predvsem za dnevne vrednosti (Tabela 1).

Leto	Celje	Hrastnik	Kranj	Ljubljana Bežigrad	Maribor center	Murska Sobota	Nova Gorica	Novo mesto	Trbovlje	Zagorje ob Savi
2010	58	30	37	43	47	53	27	60	64	68
2011	73	52	55	63	65	73	28	70	67	75
2012	55	17	27	27	34	44	20	44	65	62
2013	51	15	28	22	36	38	12	49	50	48

TABELA 1: Število prekoračitev mejne dnevne vrednosti delcev PM₁₀ v zunanjem zraku v µg/m³ zraka v obdobju 2010–2013 (dovoljeno število prekoračitev v enem letu: 35) ^[4]

Ti kraji so Celje, Hrastnik, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Nova Gorica, Novo mesto, Trbovlje in Zagorje ob Savi. Koncentracije delcev PM₁₀ so višje pozimi, ko se za onesnaženost zraka manj ugodnim vremenskim razmeram poleg stalno prisotnih priključijo še dodatni viri onesnaževanja zraka - kurišča. Na to obdobje so praktično brez izjeme vezane tudi vse prekoračitve dnevnih mejnih vrednosti.« ^[5]

Za navedena območja mestnih občin in Zasavja, je Vlada RS v obdobju 2013-2014 že sprejela Odloke o načrtih za kakovost zunanjega zraka, ki vključujejo ukrepe za izboljšanje stanja. Prekoračitve mejne ravni delcev v zraku se zaradi transporta delcev z zračnimi masami in specifičnih lokalnih razmer vsaj občasno pojavijo tudi na drugih območjih izven večjih urbanih središč.

Takšni pojavi so npr. možni v slabo prevetrenih manjših kotlinah z zgoščeno poselitvijo in z večjim številom drobnih kurišč na trda goriva. Na priobalnih območjih Primorske in na drugih dobro prevetrenih območjih je zaradi ugodnih klimatskih razmer običajno ta pojav manj pogost.

- **Letni hod delcev**

Raven onesnaženosti zraka z delci je nižja med toplim in višja med hladnim delom leta (pozimi). K onesnaženju zraka z delci veliko prispevajo tudi vremenske razmere (temperaturne inverzije, značilne za kotline, veter, padavine).

- **Dnevni hod delcev**

Raven onesnaženosti zraka z delci se spreminja tudi v dnevu. Običajni dnevni hod koncentracij delcev v zraku kaže dva vrhova, jutranjega in večernega, ki sta predvsem posledica prometnih konic, v zimskem času tudi kurjenja v individualnih kuriščih. Vpliv popoldanskega maksimuma je premaknjen nekoliko v večerni čas, ko se hitrost vetra zmanjšuje.

2.4. Mejne vrednosti onesnaženosti z delci PM₁₀ in PM_{2,5}

Mejne vrednosti delcev so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št.9/2011). Za delce PM₁₀ sta predpisani dnevna in letna mejna vrednost. Dnevna mejna vrednost, ki znaša 50 µg/m³ (kot 24 urno povprečje), ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu. Letna mejna vrednost znaša 40 µg/m³. Kot podpora ukrepom za doseganje ustrezne kakovosti zraka (za varovanje zdravja ljudi) veljajo tudi Smernice za kakovost zraka Svetovne zdravstvene organizacije, ki temeljijo na obsežni zbirki znanstvenih dokazov v zvezi z onesnaževanjem zraka in njegovimi posledicami za zdravje. Na podlagi znanih učinkov na zdravje smernice priporočajo nižjo letno povprečno vrednost PM₁₀ in sicer 20 µg/m³.

Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) je za območja, kjer so sprejeti odloki, zadolžena za obveščanje javnosti o verjetnosti, da bo mejna vrednost delcev PM₁₀ v tekočem ali v naslednjem dnevu presežena. Prav tako so tam objavljeni podatki o dnevni koncentraciji delcev in sicer za vsako polno uro, 24 ur na dan.

Podatki o dnevni koncentraciji so objavljeni tudi na spletnih straneh nekaterih občin npr. MO Ljubljana, MO Maribor, MO Celje, Nova Gorica, Velenje, Trbovlje, Zagorje in na drugih spletnih straneh (npr. TEŠ, TET, TEB, TETO Ljubljana, Salonit Anhovo).

- **Indeks onesnaženosti zunanjega zraka**

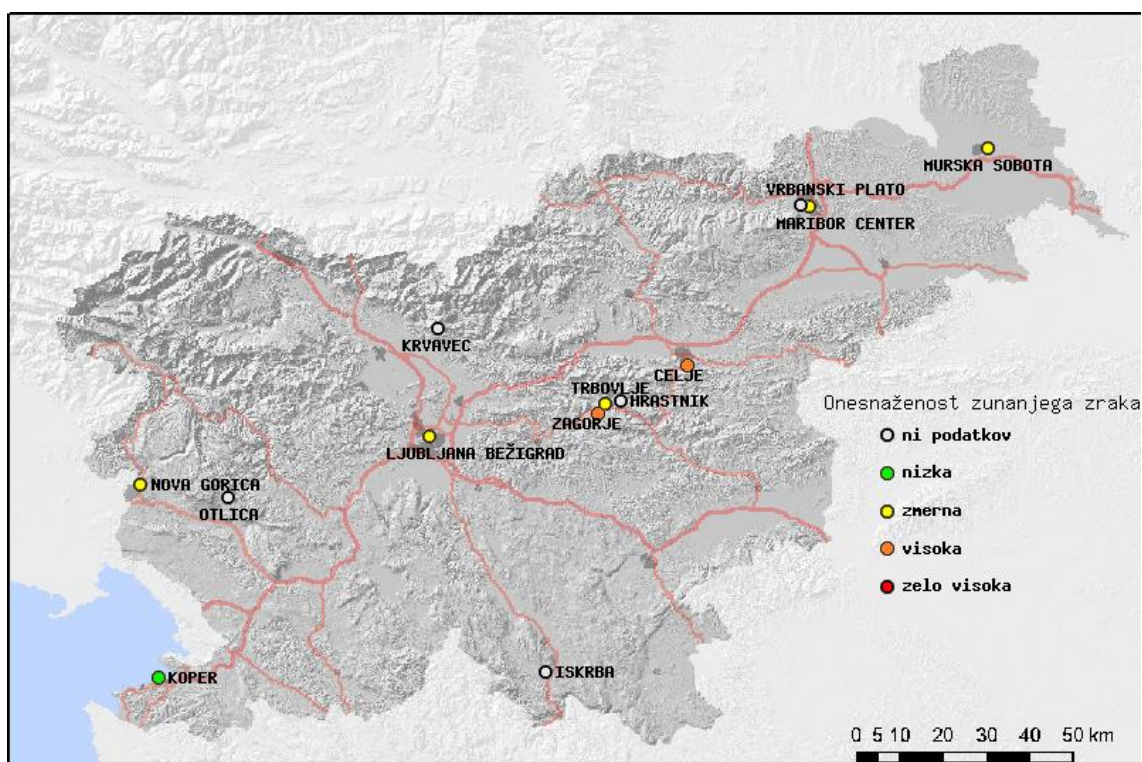
Podatki o kakovosti zunanjega zraka se prikazujejo s pomočjo indeksa onesnaženosti zunanjega zraka.

Indeks vključuje štiri onesnaževala: delce PM₁₀, NO₂, SO₂ in O₃. Za vsako onesnaževalo se po določeni formuli vsako uro izračuna indeks. Za O₃, NO₂ in SO₂ se za izračun uporabijo zadnje urne koncentracije, v primeru delcev PM₁₀ pa 24 urno drseče povprečje. Stopnjo onesnaženosti zraka določa onesnaževalo z najvišje izračunanim indeksom. Na podlagi te vrednosti, se stanje onesnaženost zraka uvrsti v štiri razrede: nizka, zmerna, visoka in zelo visoka. S temi razredi so povezane tudi barve: nizka onesnaženost se prikazuje z zeleno barvo, zmerna z rumeno, visoka z oranžno in zelo visoka z rdečo barvo.

Razred onesnaženosti	Index	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24ur	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 ura	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 ura	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1 ura
NIZKA	0-50	0-40	0-60	0-50	0-50
ZMERNA	51-75	41-75	61-120	51-100	51-100
VISOKA	76-100	76-100	121-180	101-200	101-350
ZELO VISOKA	> 101	>101	>181	>201	>351

TABELA 2: Kriteriji onesnaženosti zraka ^[7]

Razred onesnaženosti z delci PM₁₀ se izračuna na podlagi 24 urnega drsečega povprečja. To pomeni, da v posameznem obdobju dneva dejanske koncentracije odstopajo od tega povprečja. Najnižje koncentracije so običajno okoli poldneva. Dobro je torej na spletni strani ARSO spremljati sprotne urne koncentracije in na podlagi le teh prilagoditi aktivnosti na prostem.

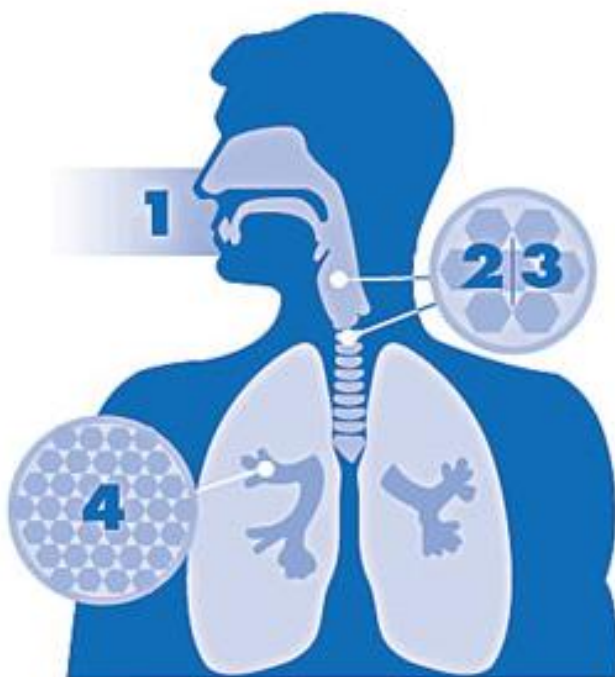


Slika 4: Grafični prikaz onesnaženosti zunanjega zraka (Vir: ARSO) ^[7]

Na spletni strani ARSO lahko uporabniki v meniju »Zrak« v zvezi s koncentracijo delcev v zraku najdejo podatki o koncentraciji delcev v zraku za vsa merilna mesta v Sloveniji.

2.5. Vpliv delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ na zdravje

Delci, večji od $10\ \mu m$, se zadržijo v zgornjih dihalnih poteh (nos, obnosne votline). Delci, manjši od $10\ \mu m$, dosežejo spodnje dihalne poti, delci, manjši od $2,5\ \mu m$, prodrejo v pljučne mešičke. Iz pljučnih mešičkov lahko vstopajo v krvni obtok in s krvjo v različna tkiva in organe v telesu, kjer povzročijo vnetje. Ultra fini delci (premer pod $0,1\ \mu m$) lahko v nosno žrelnem prostoru vstopijo prek vohalnega živca v možgane. Delci, manjši od $2,5\ \mu m$, so bolj toksični (močnejši oksidativni stres, vnetna reakcija, vstop v druge organe).



Slika 5: Pot prašnih delcev v dihalnem sistemu človeka
(1 – nos in grlo, 2 – sapnik, 3 – bronhiji)

- **Dihala**

Delci vstopajo v telo prek dihal. V dihalih sprožijo oksidativni stres in vnetje, večjo odzivnost dihal, kašelj in oteženo dihanje. Povzročijo poslabšanje obstoječih akutnih in kroničnih bolezni dihal. Pri dolgotrajni izpostavljenosti kronična vnetna reakcija povzroči trajne okvare pljučne funkcije. Izpostavljenost povišanim koncentracijam delcev je povezana z večjo obolevnostjo otrok zaradi astme in dokazano povzroča pojav pljučnega raka. Onesnaženost zunanjega zraka je prvi okoljski vzrok smrti zaradi raka. Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) je onesnaženost zunanjega zraka in delce PM uvrstila v 1. skupino, to je med dokazano rakotvorne snovi za ljudi.

- **Sistemiški vplivi**

Najmanjši delci iz dihal vstopajo v kri in potujejo v različna tkiva, organe, kjer tudi povzročajo vnetje. Povzročajo in pospešujejo tudi nastanek ateroskleroze. Posledice v krvi so med drugim večja viskoznost, nastanek krvnih strdkov, zvišan krvni tlak, kar lahko vodi v nastanek možganske kapi. Zaradi stimulacije avtonomnega živčevja v pljučih se poveča delovanje simpatičnega živčevja. Delci povzročajo motnje srčnega ritma in srčni infarkt. Z delci povzročena oksidativni stres in vnetje, ki se razširita po telesu in povzročita poslabšanje obstoječih akutnih in kroničnih bolezni dihal ter srca in ožilja, povezujejo tudi z nastankom nekaterih bolezni živčevja (Parkinsonova bolezen, Alzheimerjeva bolezen) in presnovnih bolezni (sladkorna bolezen tip 2).

- **Obolevnost in umrljivost**

Delci večajo obolevnost in umrljivost zaradi bolezni dihal, srca in ožilja. Učinek delcev na zdravje je odvisen od koncentracije delcev in časa izpostavljenosti. Z ustreznim samozaščitnim ravnanjem ob povečani onesnaženosti zraka z delci lahko škodljive učinke zmanjšamo. Po ocenah Svetovne zdravstvene organizacije je zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zunanjemu zraku v letu 2012 po svetu umrlo 3 milijone ljudi, kar predstavlja 5,4 odstotka vseh smrti. Onesnaženost zraka je prvi okoljski vzrok prezgodnje smrti v EU. Velikost delcev in vplivi na zdravje Velikost delcev je neposredno povezana z vplivi na zdravje, saj pogojuje mesto njihovega delovanja v organizmu.

- **Ranljive skupine ljudi**

Delci v zraku škodljivo delujejo na vse ljudi, še posebej pa so za njihove učinke ranljive naslednje skupine:

- Dojenčki in otroci;
- Starejši ljudje;
- Ljudje z boleznimi srca in ožilja;
- Ljudje z boleznimi dihal (astma, kronično obstruktivno pljučno boleznijo (KOPB) in bolniki z drugimi kroničnimi pljučnimi boleznimi);
- Sladkorni bolniki;
- Ljudje z nižjim socialno-ekonomskim položajem (pogostejša raba trdnih goriv in odprtih ognjišč).

2.6. Splošna priporočila ob povišanih koncentracijah delcev PM₁₀ in PM_{2,5}

Priporočila za ravnanje prebivalcev, ki jih je pripravil NIJZ so podana v spodnji tabeli.

Stopnja onesnaženosti zunanjega zraka (delci PM ₁₀)	24-urna povprečna koncentracija, (µg/m ³)	PRIPOROČILA ZA RANLJIVE SKUPINE	PRIPOROČILA ZA SPLOŠNO POPULACIJO
NIZKA	0-40	Brez omejitev, vse dejavnosti na prostem.	Brez omejitev, vse dejavnosti na prostem.
ZMERNNA	41-75	Odrasli in otroci z boleznimi pljuč ter odrasli z boleznimi srca, ki občutijo simptome: naj razmislijo o zmanjšanju fizičnih aktivnosti, še zlasti na prostem.	Brez omejitev, vse dejavnosti na prostem.
VISOKA	76-100	Odrasli in otroci z boleznimi pljuč ter odrasli z boleznimi srca: zmanjšanje intenzivnejših fizičnih aktivnosti, še zlasti na prostem in še posebej, če čutijo težave. Astmatiki: pričakovana pogostejša raba inhalatorjev. Starejši ljudje: zmanjšanje fizičnih aktivnost.	Vsak, ki občuti nelagodje, kot so vnetje oči, kašelj ali bolečine v žrelu: naj razmisli o zmanjšanju fizičnih aktivnosti, še zlasti na prostem.
ZELO VISOKA	101 ali več	Odrasli in otroci z boleznimi pljuč, odrasli z boleznimi srca, starejši: izogibanje intenzivnejšim fizičnim aktivnostim. Astmatiki: pričakovana pogostejša raba inhalatorjev.	Vsi: zmanjšanje fizične aktivnosti, še zlasti na prostem, še posebej, če čutijo težave, kot so bolečine v žrelu in kašelj.

Tabela 3: Priporočila za ravnanje prebivalcev glede na stopnjo onesnaženosti zraka za ranljive skupine ljudi in za splošno populacijo ^[4]

2.7. Kaj lahko sami prispevamo k zmanjšanju onesnaževanja zraka z delci

- V stanovanju znižajmo temperaturo ogrevanja (najnižja temperatura zraka za toplotno ugodje sedeče osebe v bivalni coni je 19°C);
- Omejimo ali prenehajmo uporabljati peči na trdna goriva in kamine z odprtim ognjiščem;
- Zamenjajmo trdna goriva s čistejšimi gorivi in energijami (npr. sončna energija, električna energija, zemeljski plin, utekočinjen naftni plin, kurilno olje...);
- Uporabljajmo le takšne kurilne naprave, ki so energetske visoko učinkovite;
- Poskrbimo za redno čiščenje in vzdrževanje kurilnih, dimovodnih in prezračevalnih naprav. Pri pečeh na tekoča in plinasta goriva že pred začetkom kurilne sezone poskrbimo za pravilno nastavitve gorilnikov;
- Pri rabi lesa upoštevajmo navodila za pravilno kurjenje lesa;
- Za kurjavo uporabljajmo le zračno suh in neobdelan les. Ne kurimo oz. zažigajmo odpadkov npr. plastike, gume... ali listja. Kurjenje odpadkov je prepovedano, saj povzroča nastajanje strupenih snovi in močno onesnažuje ozračje;
- Ne kurimo na prostem;
- Namesto lastnega avtomobila uporabljajmo javna prevozna sredstva;
- Skrbimo za redno vzdrževanje in pravilne nastavitve motorjev v naših vozilih.

2. 8. Merjenje koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ v zraku

Merilniki koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ v zraku so lahko stacionarni ali prenosni. Pri stacionarnih ločimo več vrst merilnikov, ki imajo skupno to, da so v njih nameščeni filtri, ki absorbirajo trdne delce različnih velikosti. Izvedbe merilnikov so seveda različne – predvsem glede na način ugotavljanja količine trdnih delcev, ki se ujamejo na filtrih v merilnih napravah.

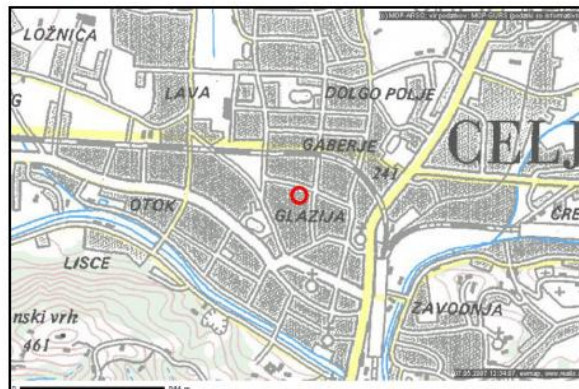
- **Stacionarno merjenje koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ v zraku v Celju**

Celje je mesto v osrednji Sloveniji in je z 50.000 prebivalci tretje največje mesto v Sloveniji. Agencija za okolje ima postavljeno postajo za spremljanje kakovosti zraka na Oblakovi ulici 5. Merilno mesto Celje uvrščamo v tip mestno ozadje.

Merjenje koncentracije delcev v zraku v Celju poteka s pomočjo črnega ogljika, ki je primarni produkt nepopolnega zgorevanja ogljičnih goriv in je dober kazalec primarnih emisij, zato se ga pogosto uporablja za spremljanje učinkovitosti ukrepov za zmanjšanje delcev v zraku (PM_{10} ali $PM_{2,5}$). Merjenje poteka tako, da se vzorci zraka s pretokom nekaj litrov na minuto skozi filterski trak iz kvarčnih vlaken. Nad filtrom je izvor svetlobe, pod njim pa so detektorji, ki merijo prepustnost traku za svetlobo. Na delu filtra, skozi katerega teče zrak, se nabirajo aerosoli. Absorpcija se meri relativno glede na vzporedno meritev optične prepustnosti referenčnega dela istega filtra, skozi katerega zrak ne teče.



Slika 6: Merilna postaja Celje (ARSO)



Slika 7: Lokacija merilne postaje v Celju

- **Prenosni digitalni laserski merilnik prašnih trdnih delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v zraku**

Merilnik je namenjen za merjenje koncentracije prašnih trdnih delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v zraku v tovarnah, v avtomobilih, v stanovanjskih objektih, na prostem in drugod. Rokovanje z instrumentom je preprosto in ne zahteva posebnega znanja oziroma veščin.



Slika 8: Digitalni laserski merilnik prašnih trdnih delcev PM₁₀ in PM_{2,5}

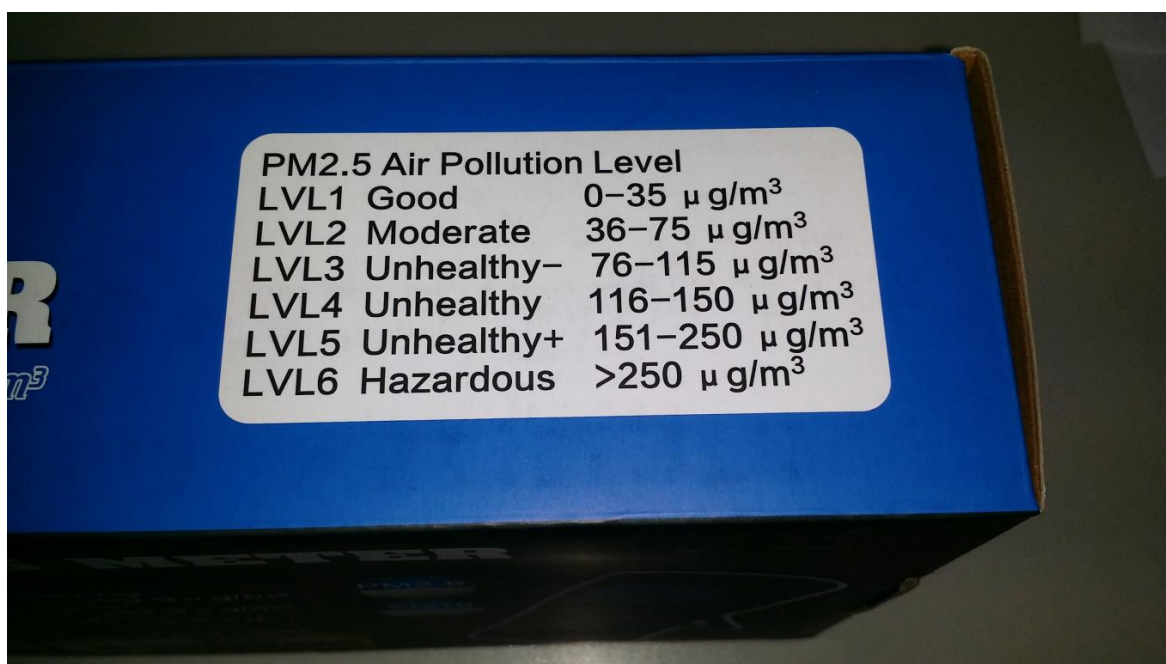
Merilnik deluje tako, da gre skozi njega točno določena količina zraka k laserskemu žarku. Tam se žarek na delcih lomi ali absorbira. S pomočjo posebnih foto diod se ta lom oziroma absorpcija izmeri in primerja z referenčnimi vrednostmi. Merilnik prikaže vrednosti v $\mu\text{g}/\text{m}^3$, za delce PM_{2,5} ($<2,5\mu\text{m}$) in PM₁₀ ($<10\mu\text{m}$).

Tehnični podatki merilnika:

- Merilni območje: 0-999,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Nastavitev dolžine meritve: od 10~60sek
- Ločljivost: 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Minimalna velikost delca: 0,3 μm
- Vgrajena polnilna baterija: 7,4V Li-ION, 1400mAh
- Temperaturno območje uporabe: 5-45°C
- Temperatura skladiščenja: 20-70°C
- Mere: 196 x 95 x 46mm
- Teža: približno 420g

Lestvica vrednosti izmerjene koncentracije delcev PM_{10} in $\text{PM}_{2,5}$

Na ohišju prenosnega laserskega merilnika smo našli tudi lestvico mejnih vrednosti, ki je prikazana na sliki 8.



PM2.5 Air Pollution Level		
LVL1	Good	0–35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
LVL2	Moderate	36–75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
LVL3	Unhealthy–	76–115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
LVL4	Unhealthy	116–150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
LVL5	Unhealthy+	151–250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
LVL6	Hazardous	>250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Slika 9: Lestvica mejnih vrednosti, ki je zapisana na prenosnem merilniku

Opazili smo, da je prikazana lestvica 6-stopenjska in je nekoliko drugače oblikovana, kot lestvica, ki jo je določil NIJZ v Sloveniji. Kljub temu pa primerjava pokaže ujemanje glede kriterija koncentracije delcev v zraku, ki je človeku škodljiva.

2. 9. Ukrepi za zmanjšanje koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v zraku v Celju

»Za vse kraje v Sloveniji, kjer je zrak s PM₁₀ onesnažen nad mejno vrednostjo, razen za Novo Gorico, je soglasju z občinami Vlada Republike Slovenije sprejela odloke o načrtu za kakovost zraka. Cilj odlokov je v občinah izvesti serijo ukrepov, katerih rezultat bo zmanjšanje onesnaženosti zraka s PM₁₀. Ukrepi so razdeljeni v štiri osnovne skupine: ukrepi na področju spodbujanja učinkovite rabe energije, ukrepi na področju prometa, ukrepi na drugih področjih in kratkoročni ukrepi. Uspešno izvedeni sanacijski ukrepi bi pomembno prispevali k zmanjšanju tveganja za zdravje ljudi, ki izvira iz izpostavljenosti onesnaženemu zraku.« ^[5]

Glede na ugotovljene vire slabega zraka je torej država skupaj z lokalnimi skupnostmi za vsako območje posebej izdelala načrt, kako bo v prihodnjih treh letih izboljšala kakovost zraka. Osnovni cilj ukrepov je zmanjšati število preseganj pod 35 na leto. Glavnina ukrepov je namenjena toplotni izolaciji stavb, s čimer se bo zmanjšala potreba po toplotni energiji in spremembi načina ogrevanja (mikrosistemi daljinskega ogrevanja na lesno biomaso, ogrevanje na plin, daljinsko ogrevanje na zgoščenih območjih poselitve). Poleg omenjenih ukrepov, ki zahtevajo kar precejšnja finančna sredstva, ministrstvo predlaga številne tako imenovane mehke ukrepe, ki ne zahtevajo veliko denarja, imajo pa velike učinke. Lastnike sedanjih kurilnih naprav je treba naučiti, kako se pravilno kuri in pripravijo drva za kurjenje.

Tudi v prometu, ki je velik vir onesnaževanja z delci PM₁₀, je država predvidela nekaj ukrepov in ti naj bi predvsem odvrčali od osebne motoriziranega prometa k javnemu potniškemu, kolesarstvu in pešačenju. Država bi naj ukrepe na tem področju dodatno finančno spodbujala. Tako je na primer leta 2013 zagotovila denar za nakup sodobnih avtobusov za skoraj dva milijona evrov, s tem ukrepom pa je država nadaljevala tudi leta 2015 in 2016.

Vzrok za previsoke koncentracije so emisije delcev, trenutna vremenska situacija in geografske danosti. Pri emisijah je treba upoštevati tudi način izpuščanja v ozračje, saj delci iz prometa in individualnih kurišč pridejo v zrak v bližini tal in tam povzročajo visoke koncentracije, medtem ko se emisije iz visokih dimnikov razpršijo v večji prostor in se tako razredčijo.

Za naslednja območja: MO Ljubljana, MO Maribor, MO Celje, MO Kranj, MO Novo mesto, MO Murska Sobota, MO Ljubljana in Zasavje do bili sprejeti odloki o načrtu za kakovost zraka, ki predvidevajo ukrepe za zmanjšanje koncentracij delcev.

Ukrepi so dolgoročni in kratkoročni v primerih, ko se pričakuje preseganje mejne vrednosti koncentracije za delce PM₁₀. V odlokih je zahtevano, da se navede opis območja čezmerne onesnaženosti, analiza stanja onesnaženosti, viri onesnaževanja, vpliv virov onesnaževanja, ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti, odgovorni organi za izvajanje ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka, vključno z nalogami občine in države, obveznosti povzročiteljev obremenitve, obveznosti izvajalcev javnih služb varstva okolja ter osebe, ki izvajajo dejavnosti varstva okolja.

- **Dolgoročni ukrepi:**

- Investicijski projekti gospodinjstev za zamenjavo kotlov na vse vrste goriv z novimi napravami za ogrevanje stavb ter obnova posameznih delov ali celotnega zunanjega ovoja stavb.
- Vgradnja kotlov na zemeljski plin ali toplotnih postaj ob hkratni priključitvi na sistem distribucije zemeljskega plina ali omrežje daljinskega ogrevanja na območju, kjer je kot prednostni način ogrevanja določena uporaba zemeljskega plina ali toplota iz daljinskega ogrevanja, se lahko spodbuja s subvencijami države in občine.
- Investicijski projekti za uporabo goriv ali tehnologij, ki imajo majhne emisije delcev, v javnem potniškem prometu ali v vozilih, ki jih uporabljajo lokalne javne službe, se lahko spodbujajo z dodatnimi subvencijami države in občine.
- Spodbujanje državljanov k uporabi okoljsko sprejemljivim načinom prevoza.

- **Kratkoročni ukrepi**

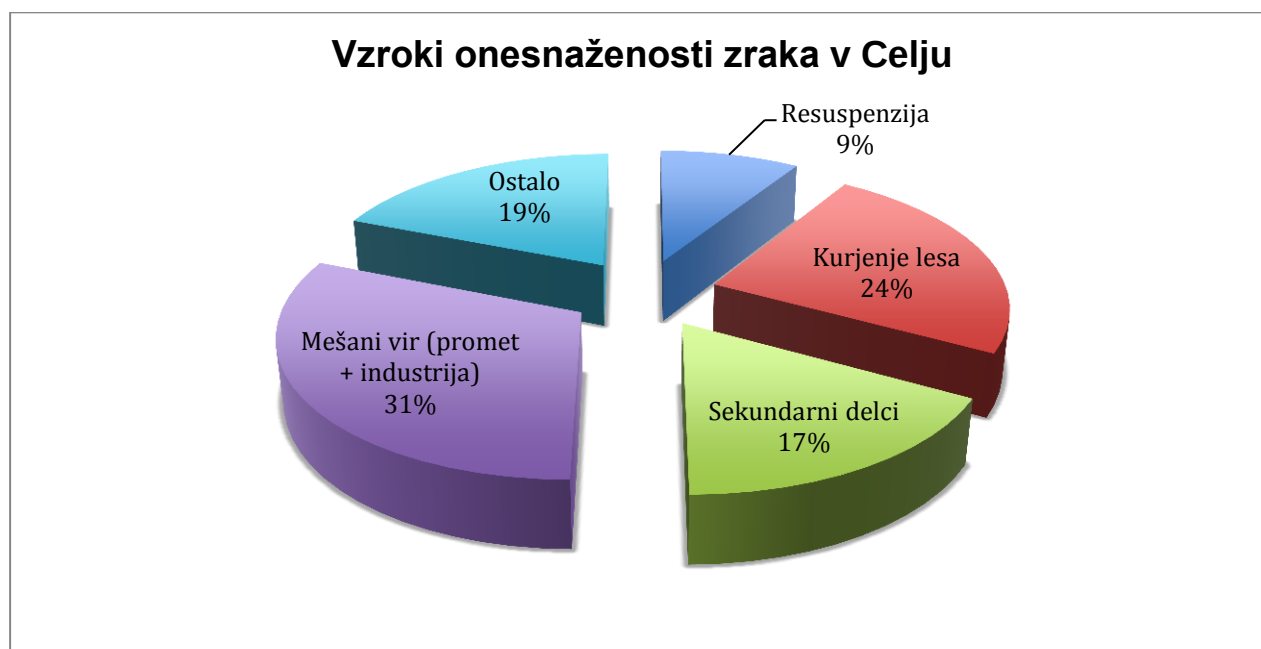
- zmanjšanje ogrevanja stanovanjskih in poslovnih prostorov, kjer se kot energent uporabljajo tekoča ali trda goriva;
- uporaba goriv, ki sproščajo nižje emisije delcev, za ogrevanje prostorov, če imajo to možnost; – uporaba javnega prevoza;
- zmanjšanje uporabe osebnih vozil;
- omejitev dejavnosti na prostem, pri katerih se sproščajo večje količine delcev.

Zrak je z delci močno onesnažen po vseh večjih krajih po Sloveniji, ne samo na območjih, za katere je vlada izdala odloke o načrtih za kakovost zraka.

Tako je za naše zdravje koristno, da se ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka izvaja vsak posameznik po svojih zmožnostih kjerkoli v državi. Podatki o onesnaženosti zraka z delci PM_{10} so na spletni strani ARSO in na teletekstu nacionalne televizije na strani 167, pa tudi na spletnih straneh nekaterih mestnih občin. Podane so samo povprečne dnevne koncentracije, ker ni predpisane urne mejne vrednosti.

Štirideset ukrepov v Celju

Med območji, kjer so pogosto presežene dovoljene mejne vrednosti delcev PM_{10} v zraku, je poleg Zasavja tudi Celje, zato je Mestna občina Celje skupaj z državo za obdobje 2013-2016 pripravila seznam štiridesetih ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka. Ukrepi izhajajo iz ugotovljenih virov delcev v Celju, ki so prikazani na grafu.



Graf 1: Viri delcev v Celju (ARSO, 2011) ^[3]

“Iz grafa je razvidno, da so na merilnem mestu Celje prisotni različni viri emisij delcev PM_{10} . Vsak parameter je lahko indikator za enega ali več virov emisij, zato je določene vire zelo težko opredeliti in se jih lahko navede le kot mešanico virov. Največji delež z 31 % ($\sim 15,8 \mu g/m^3$) emisij delcev PM_{10} je mešanica dveh virov: prometa in industrije. Naslednji vir s 24 % ($\sim 12,2 \mu g/m^3$) predstavlja kurjenje lesa. 17 % ($\sim 8,7 \mu g/m^3$) delcev PM_{10} ima vir sekundarnega izvora. Sekundarni delci so delci, ki jih prinese od drugod in nimajo lokalnega vira. Četrty vir z 9 % ($\sim 4,6 \mu g/m^3$) v celoti pripada resuspenziji (npr. Cestni prah). 19 % ($\sim 9,7 \mu g/m^3$) delcev je po viru je neopredeljenih.

Glede na ocenjene vire delcev PM₁₀ bi bilo smiselno ukrepe za zmanjšanje delcev usmeriti na področje prometa in individualnih kurišč (uporaba drugih virov energije – kurilno olje, zemeljski plin ipd. in sodobni kotli in peči z nizkimi emisijami onesnaževal). S tem bi lahko bistveno prispevali k zmanjšanju koncentracije delcev PM₁₀, kajti do preseganj prihaja izključno v zimskem obdobju (januar–marec, oktober– december). V obdobju od 20. 7. 2010 do 11. 5. 2011 je podjetje Aerosol na merilnem mestu Celje izvedlo še dodatne meritve črnega ogljika. Rezultati meritev potrjujejo zgoraj navedeno dejstvo, da so prispevki kurjenja lesa (67 %) večji od prispevkov prometa (23 %). V Celju poleg prometa dodatno vplivajo na povečano onesnaženost zraka z delci tudi industrija in individualna kurišča, zlasti zaradi neugodne topografije in temperaturne inverzije v zimskem obdobju leta. V zadnjih dveh letih je opazno povečan vpliv individualnih kurišč. Predvsem najnovejša kriza je veliko pripomogla k uporabi cenejših in s tem »nečistih » energentov – drva, premog, biomasa. Poleg tega se uporabljajo stare naprave, ki imajo slab toplotni izkoristek.” [5]

Sprejeti program za Mestno občino Celje, ki zajema štirideset ukrepov, obsega štiri sklope:

1. Ukrepi na področju spodbujanja učinkovite rabe energije in obnovljivih virov energije (14 ukrepov)

a) Daljinsko ogrevanje in oskrba s plinom (5 ukrepov)

- Izboljšava strukture rabe energentov v sistemu daljinskega ogrevanja in optimizacija obratovanja
- Širitev sistema daljinskega ogrevanja
- Povečevanje odjema iz daljinskega ogrevanja
- Ugotavljanje možnosti in spodbujanje mikro sistemov za daljinsko ogrevanje na lesno biomaso (DOLB) v primestnih naseljih in vaseh
- Širitev plinovodnega omrežja

b) Ukrepi na področju naprav za ogrevanje gospodinjstev (4 ukrepi)

- Dodatno spodbujanje ukrepov zamenjav obstoječih kurilnih naprav z ustrežnejšimi kurilnimi napravami in drugimi načini ogrevanja z obnovljivimi viri energije
- Izobraževanje in vzpostavitev posebnega spletnega mesta za umno uporabo lesne biomase kot goriva v malih kurilnih napravah
- Prepoved uporabe premoga v malih kurilnih napravah
- Izvajanje poostrenega nadzora nad kurjenjem odpadkov v malih kurilnih napravah

c) Horizontalni ukrepi (5 ukrepov)

- Lokalni energetske koncepti
- Informiranje in spodbujanje zmanjševanja toplotnih izgub stavb
- Energetska sanacija javnih stavb
- Spodbujanje gradnje nizkoenergetskih objektov
- Natančna evidenca malih kurilnih naprav

2. Ukrepi na področju prometa (14 ukrepov)

- Spodbujanje trajnostnega prevoza na ravni mesta
- Uvedba mestnega potniškega prometa
- Uvajanje vozil na stisnjeni zemeljski plin in električnih vozil.
- Zagotovitev območij za parkiranje koles
- Nadgraditev obstoječih postaj/postajališč JPP za večjo prometno varnost in standarde kakovosti storitev JPP
- Trajnostna parkirna politika
- Urejanje javnega potniškega prometa
- Spodbujanje izdelave mobilnostnih načrtov in trajnostne mobilnosti
- Preusmeritev tovornega prometa na železnico
- Izboljšanje cestne infrastrukture, namenjene kolesarjem in pešcem
- Ukrepi za zmanjšanje emisij zaradi zimskega posipanja cest
- Poostren nadzor nad izvajanjem predpisa, ki ureja nalaganje in pritrjevanje tovora v cestnem prometu
- Komunalna vozila in taksi služba
- Zmanjšanje hitrosti na avtocestah

3. Ukrepi na drugih področjih (11 ukrepov)

a) Izvajalci gospodarskih dejavnosti (5 ukrepov)

- Uveljavitev sistema ravnanja z okoljem
- Zmanjševanje ubežnih emisij
- Spodbujanje tehnologij "BAT"
- Zmanjševanje prašenja pri prevozu sipkega tovora
- Zmanjševanje prašenja deponij, gradbišč in vozni površin podjetij

b) Ozelenitev mesta (1 ukrep)

c) Izobraževanje in ozaveščanje (3 ukrepi)

- Vzpostavitev posebnega spletnega mesta za kakovost zraka
- Izvajanje stalne medsektorske sociološko-ekonomske analize kot podlage za načrtovanje ukrepov
- Izobraževanje in ozaveščanje o kakovosti zunanjega zraka

č) Zmanjševanje ognjemetov na območju občine (1 ukrep)

d) Vključitev zagotavljanja kakovosti zraka v občinske akte (1)

4. Kratkoročni ukrepi (1 ukrep)

- objava stalnih priporočil prebivalcem v sredstvih javnega obveščanja, izdaja zloženke o problematiki onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$

3. OSREDNJI DEL NALOGE:

OBDELAVA PODATKOV, MERITVE IN UGOTOVITVE

3.1. Primerjava onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ med najbolj onesnaženimi mesti v Sloveniji

V Sloveniji se meri koncentracija delcev PM₁₀ na 18 različnih merilnih postajah. S pomočjo podatkov za obdobje enega meseca (30 dni) smo v naši raziskovalni nalogi primerjali šest mest iz različnih predelov Slovenije. V analizo smo zajeli Celje, Ljubljano, Maribor, Trbovlje, Mursko Soboto in Koper. Prvih pet smo izbrali zato, ker so bila v preteklih letih med najbolj onesnaženimi mesti v Sloveniji in tudi po podatkih iz decembra 2016 in januarja 2017 so bila po objavah podatkov med bolj onesnaženimi. Mesto Koper smo v analizo zajeli zaradi geografske specifikke - za primerjavo.

Na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) smo za obdobje od 13. decembra 2016 do 11. januarja 2017 pridobili podatke, ki zajemajo meritve vsako polno uro, torej 24 vrednosti koncentracije delcev PM₁₀ dnevno.

Podatke za obdobje enega meseca smo primerjali po treh kriterijih:

1. Povprečna vrednost koncentracije delcev PM₁₀ v celotnem obdobju.
2. Število prekoračitev mejne vrednosti koncentracije delcev PM₁₀, ki znaša 50 µg/m³ dnevno - kot 24 urno povprečje.
3. Število najvišjih urnih vrednosti koncentracije delcev PM₁₀ v celotnem obdobju.

1. Povprečna vrednost koncentracije delcev PM₁₀ v celotnem obdobju.

Na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) smo poiskali podatke o dnevni koncentraciji delcev PM₁₀, kjer so navedene izmerjene vrednosti za vsako polno uro, torej 24 izmerjenih vrednosti dnevno. Na ta način smo imeli za vsako od šestih mest na voljo kar 720 podatkov.

Za vsak dan smo s pomočjo podatkov, ki so izmerjeni vsako polno uro (ARSO), izračunali povprečno vrednost koncentracije delcev PM₁₀ za vseh šest izbranih slovenskih mest. Podatke (vrednosti so navedene v µg/m³) smo zbrali v tabeli 4.

Datum	CELJE	MARIBOR	LJUBLJANA	KOPER	TRBOVLJE	MURSKA SOBOTA
13.12.2016	39	29	41	32	55	37
14.12.2016	70	61	53	29	54	61
15.12.2016	72	55	60	31	55	40
16.12.2016	21	37	24	16	25	32
17.12.2016	47	55	48	24	58	62
18.12.2016	76	88	80	36	76	53
19.12.2016	78	76	57	29	71	32
20.12.2016	32	44	30	27	40	29
21.12.2016	33	46	32	22	42	40
22.12.2016	34	49	40	23	49	36
23.12.2016	42	63	63	28	69	50
24.12.2016	94	56	99	27	85	58
25.12.2016	71	88	102	35	93	65
26.12.2016	116	70	90	28	93	67
27.12.2016	90	39	73	25	80	32
28.12.2016	18	14	16	17	12	10
29.12.2016	12	15	25	16	42	21
30.12.2016	64	28	49	15	67	36
31.12.2016	73	40	80	19	78	45
1.1.2017	132	86	136	40	118	96
2.1.2017	95	61	50	39	33	92
3.1.2017	74	75	30	18	71	76
4.1.2017	75	60	48	21	43	59
5.1.2017	83	18	31	15	37	35
6.1.2017	11	11	12	12	13	7
7.1.2017	25	27	17	14	37	11
8.1.2017	26	45	33	21	37	34
9.1.2017	85	66	60	25	51	38
10.1.2017	68	63	70	34	73	53
11.1.2017	68	63	70	34	73	53

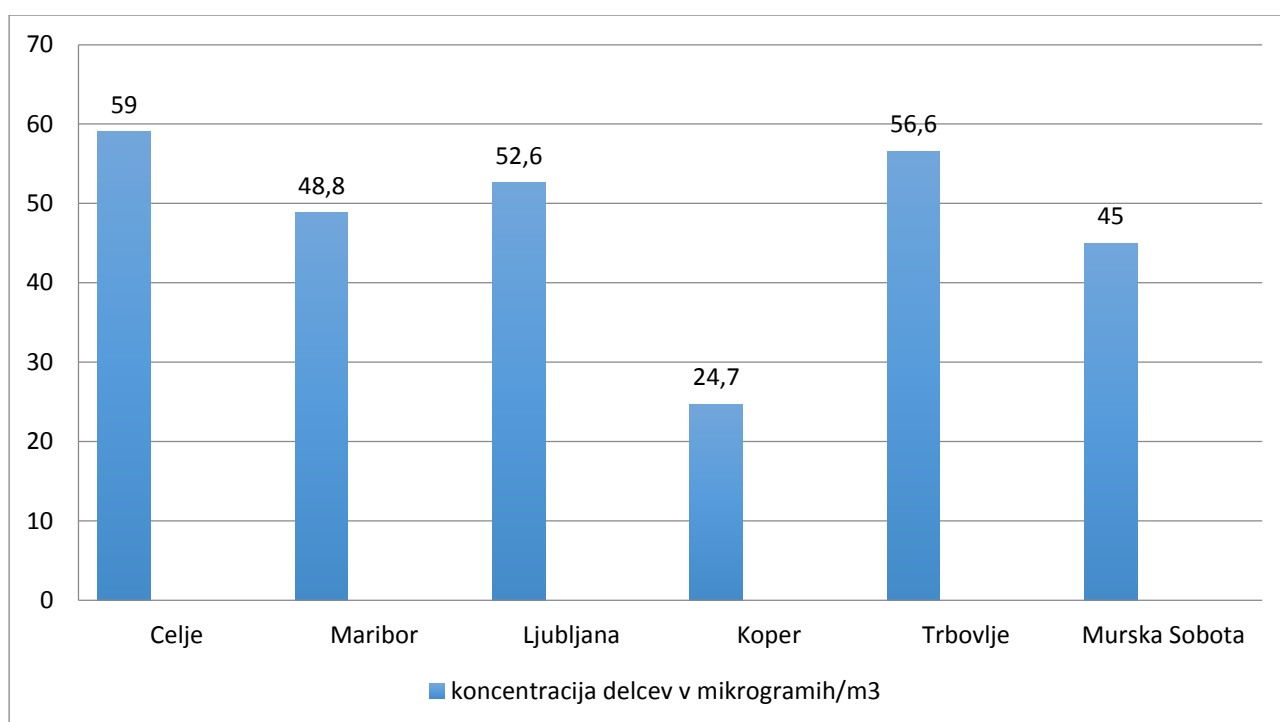
Tabela 4: Povprečne dnevne koncentracije delcev PM₁₀ v zraku (Vir podatkov: ARSO)

Iz podatkov dobljenih povprečnih dnevni vrednosti smo izračunali tudi mesečno povprečje (30 dni) in dobili naslednje vrednosti v $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ki je prikazano v Tabeli 5.

CELJE	MARIBOR	LJUBLJANA	KOPER	TRBOVLJE	MURSKA SOBOTA
59,0	48,8	52,6	24,7	56,6	45,0

Tabela 5: povprečna koncentracija delcev PM_{10} v zraku v obdobju 30 dni

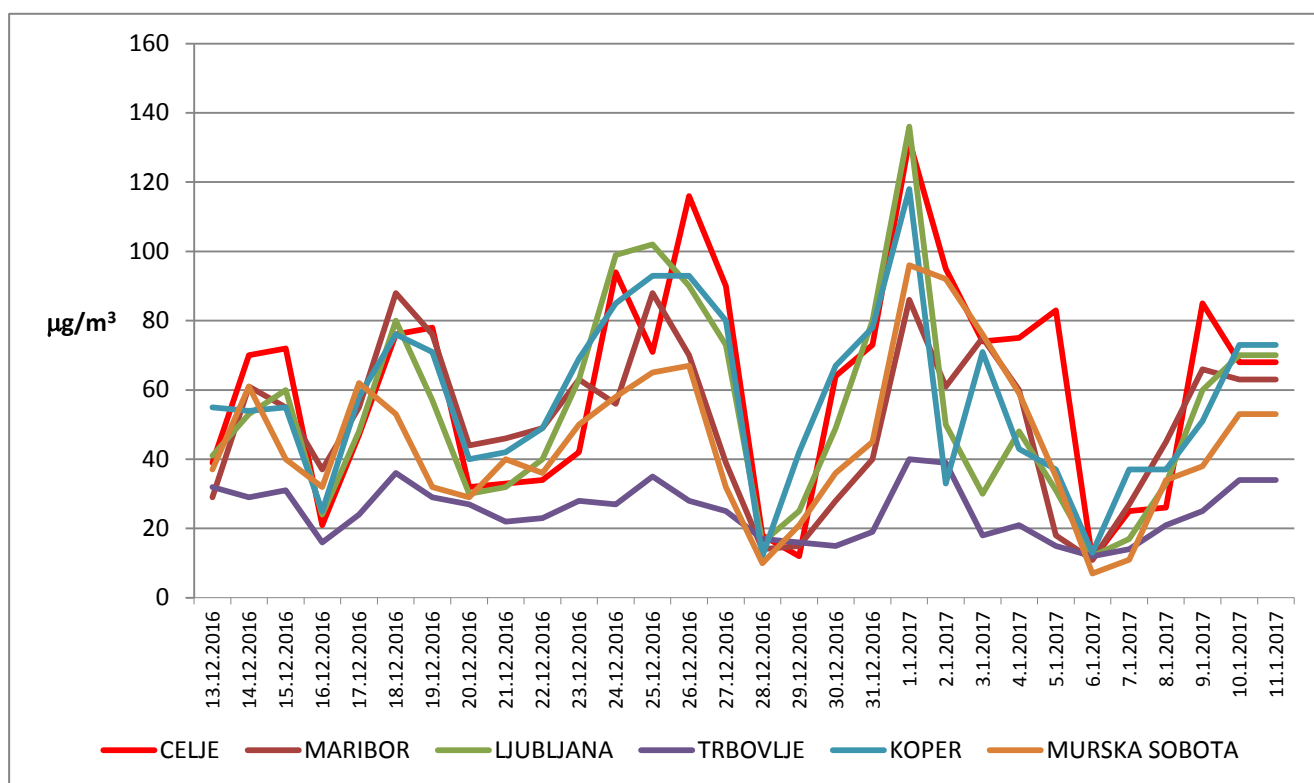
Podatke o povprečni koncentraciji za izbranih šest mest smo prikazali tudi grafično: graf 3.



Graf 3: Primerjava povprečne koncentracije delcev PM_{10} v zraku

Povprečna koncentracija delcev v 30 dnevem obdobju, od 13. 12. 2016 do 12. 1. 2017 je pokazala, da je Celje doseglo povprečno 59,0 mikrogramov na kubični meter in tako pristalo na prvem mestu med najbolj onesnaženimi kraji. Rezultat bi lahko pričakovali že zato, ker je kotlina ter ima veliko aktivnih tovarn. Na drugem mestu je pristalo Trbovlje, ki je imelo 56,6 mikrogramov na kubični meter ter se tako uvrstilo tik za Celjem. Tretje najbolj onesnaženo mesto je Ljubljana, saj ima kar 52,6 mikrogramov na kubični meter.

Uvrstitev tega mesta nas je malo presenetila, saj smo pričakovali, da je Ljubljana mogoče celo najbolj onesnaženo mesto, ker je veliko in ima tovarne, ceste ter je hkrati kotlina, ki preprečuje pravilno prezračevanje mesta. Četrto mesto je dosegel Maribor in sicer z 48,8 mikrogramov na kubični meter ter s tem dokazal, da čeprav je drugo največje mesto ni nujno, da je tako zelo onesnaženo. Na predzadnjem mestu je Murska Sobota, ki ima 45,0 mikrogramov na kubični meter. Zadnje mesto med najbolj onesnaženimi kraji pa je osvojil Koper z 24,7 mikrogramov na kubični meter. Ta rezultat nas ni presenetil saj zanj velja, da je zelo vetrovno obmorsko mesto, ki nima toliko delujočih tovarn.



Graf 2: primerjava povprečne dnevne koncentracije šestih mest za obdobje 30 dni
(od 13.12.2016 do 12.1.2017)

Na grafu 2 smo skupaj prikazali koncentracijo delcev PM_{10} za izbranih šestih mest za obdobje od 13. 12. 2016 do 12. 1. 2017, ki je zajemalo 30 dni. Z rdečo barvo je označen graf za Celje in primerjava na grafu pokaže to, kar smo potrdili tudi s številkami: da je bilo naše mesto v tem obdobju najbolj onesnaženo mesto po kriteriju prisotnosti delcev PM_{10} v zraku.

Ko smo analizirali podatke, smo opazili zanimivost, ki je nismo pričakovali. Gre za novoletno praznovanje oziroma ognjemete, ki so v času takoj po polnoči močno povečali koncentracijo trdnih delcev v ozračju. Podatki o tem so razvidni iz tabele 6.

Datum	Ura	CELJE	MARIBOR	LJUBLJANA	KOPER	TRBOVLJE	MURSKA SOBOTA
31. 12. 2016	20:00	108	54	106	23	100	31
31. 12. 2016	21:00	110	49	105	18	117	61
31. 12. 2016	22:00	123	40	103	57	109	50
31. 12. 2016	23:00	130	44	114	17	123	66
01. 01. 2017	00:00	150	63	146	43	101	58
01. 01. 2017	01:00	144	111	177	109	182	63
01. 01. 2017	02:00	183	122	299	98	103	96
01. 01. 2017	03:00	163	129	159	20	124	106
01. 01. 2017	04:00	128	138	172	20	158	98
01. 01. 2017	05:00	124	147	154	9	165	68
01. 01. 2017	06:00	121	177	133	23	161	80

Tabela 6: Primerjava koncentracije delcev PM₁₀ v ozračju na prehodu v novo leto

2. Število prekoračitev mejne vrednosti koncentracije delcev PM₁₀, ki znaša 50 µg/m³ dnevno - kot 24 urno povprečje.

S pomočjo analize podatkov smo kot drugi kriterij vzeli število prekoračitev mejne vrednosti 24-urnega povprečja. Ugotavljali smo torej, kolikokrat v obdobju 30 dni je bila v posameznem kraju vrednost koncentracije delcev PM₁₀ presežena. Presežene vrednosti smo označili v tabeli

Ko smo analizirali podatke izračunanih povprečnih vrednosti koncentracij delcev PM₁₀ v zraku, smo bili še posebej pozorni na podatke za Celje. Z rdečo barvo smo označili tiste vrednosti, ki so v celotnem obdobju 30 dni presegli mejno vrednost 50 µg/m³. Ugotovili smo, da je bila v opazovanem obdobju, torej od 13. 12. 2016 do 12. 1. 2017, mejna vrednost v Celju presežena kar 18-krat – torej več kot polovico dni v tem obdobju. To je razvidno tudi iz grafa 2.

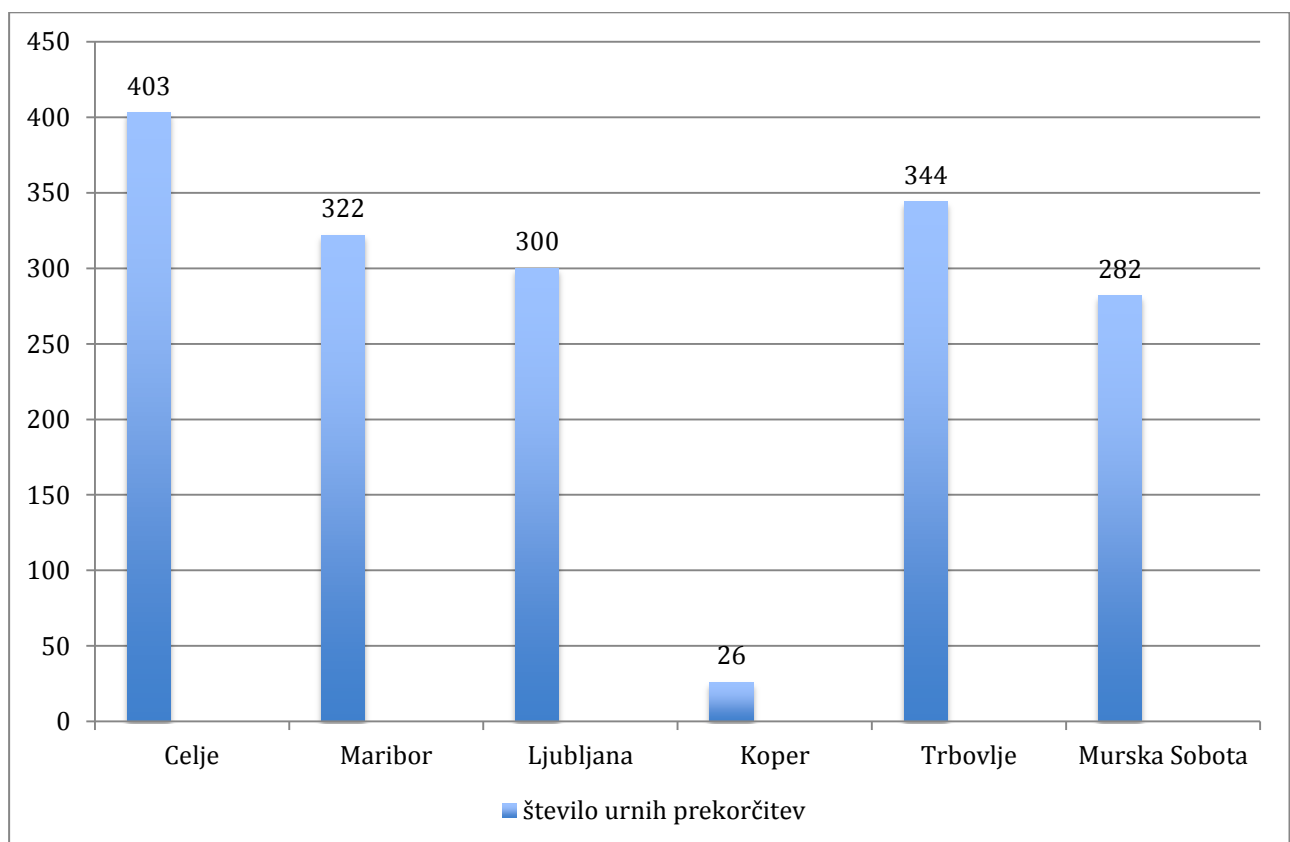
CELJE	MARIBOR	LJUBLJANA	KOPER	TRBOVLJE	MURSKA SOBOTA
18	16	14	0	17	13

Tabela 7: Število dnevnih prekoračitev koncentracije delcev PM₁₀ v zraku (30 dni)

Podatki so pokazali, da je bila v obdobju 30 dni, v času od 13. 12. 2016 do 12. 1. 2017 mejna vrednost koncentracije delcev v zraku največkrat (18) presežena v Celju, nato pa sledijo Trbovlje (17), Maribor (16), Ljubljana (14), Murska Sobota (13) in Koper, kjer ni bila vrednost prekoračena niti v enem dnevu v opazovanem obdobju 30 dni.

3. Število prekoračenih urnih vrednosti koncentracije delcev PM₁₀ v celotnem obdobju 30 dni

Tretji kriterij, ki smo ga upoštevali pri presojanju hipoteze o stopnji onesnaženosti Celja glede na prisotnost delcev PM₁₀ v zraku pa je bil, kolikokrat v opazovanem obdobju 30 dni je bila urna mejna vrednost, ki znaša 50 µg/m³ presežena.



Graf 4: Število urnih prekoračitev v obdobju 30 dni

Pregledali smo podatke za vsak dan in za vsako uro ugotovili, ali je bila vrednost pod ali nad mejno vrednostjo. Za vsak kraj smo imeli 30 x 24 podatkov, torej skupno 720 podatkov.

Analiza je pokazala, da je tudi po tem kriteriju Celje doseglo največ prekoračitev, skupno kar 403. Sledijo Trbovlje (344), Maribor (322), Ljubljana (300), Murska Sobota (282) in Koper (26).

3.2. Dnevni hod delcev PM₁₀ v Celju

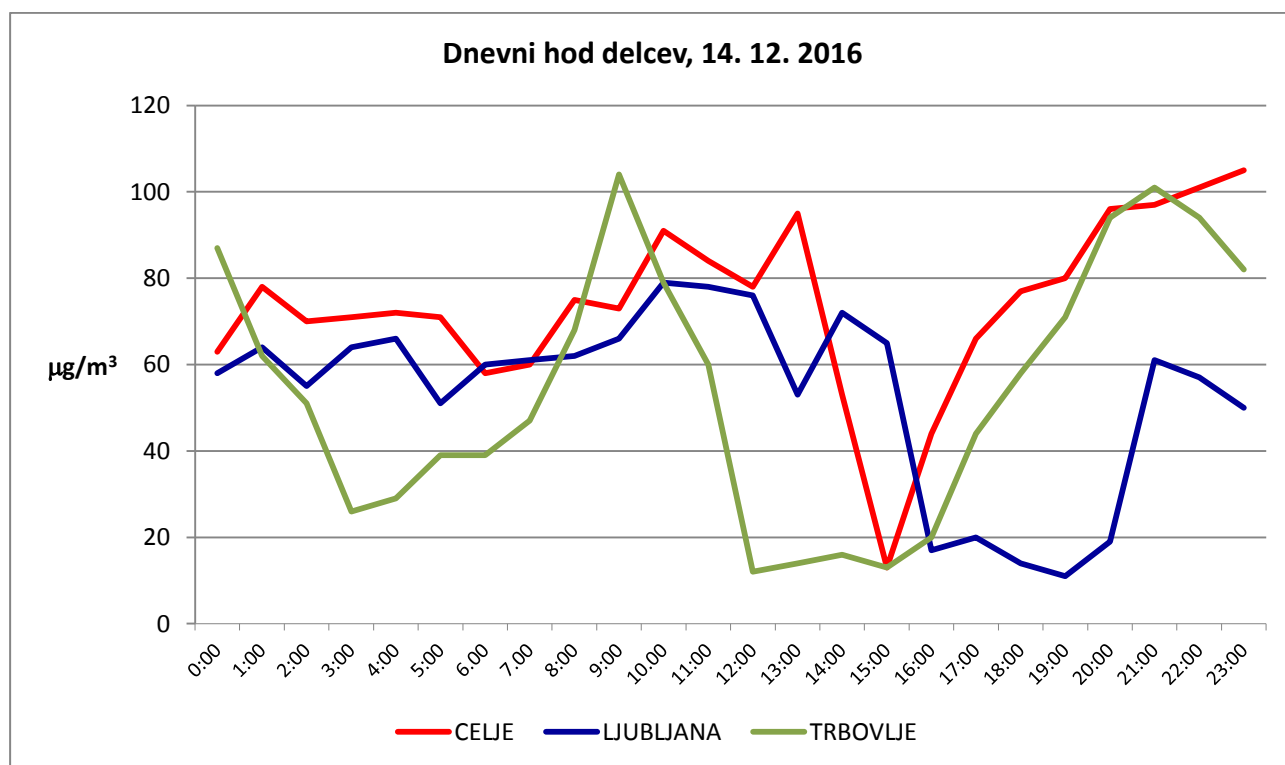
Domnevali smo, da se raven onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ v Celju tekom dneva zelo spreminja, predvsem zaradi prometnih konic in kurjenja v individualnih kuriščih. To hipotezo smo preverili tako, da smo s pomočjo podatkov ARSO analizirali spreminjanje vrednosti koncentracije tekom 24-urnega obdobja.

Izbrali smo tri različne dneve (dva delovna in eno soboto), ko je bila onesnaženost zraka z delci PM₁₀ v večini mest v Sloveniji relativno visoka in to v enakomernem razmiku 10 dni:

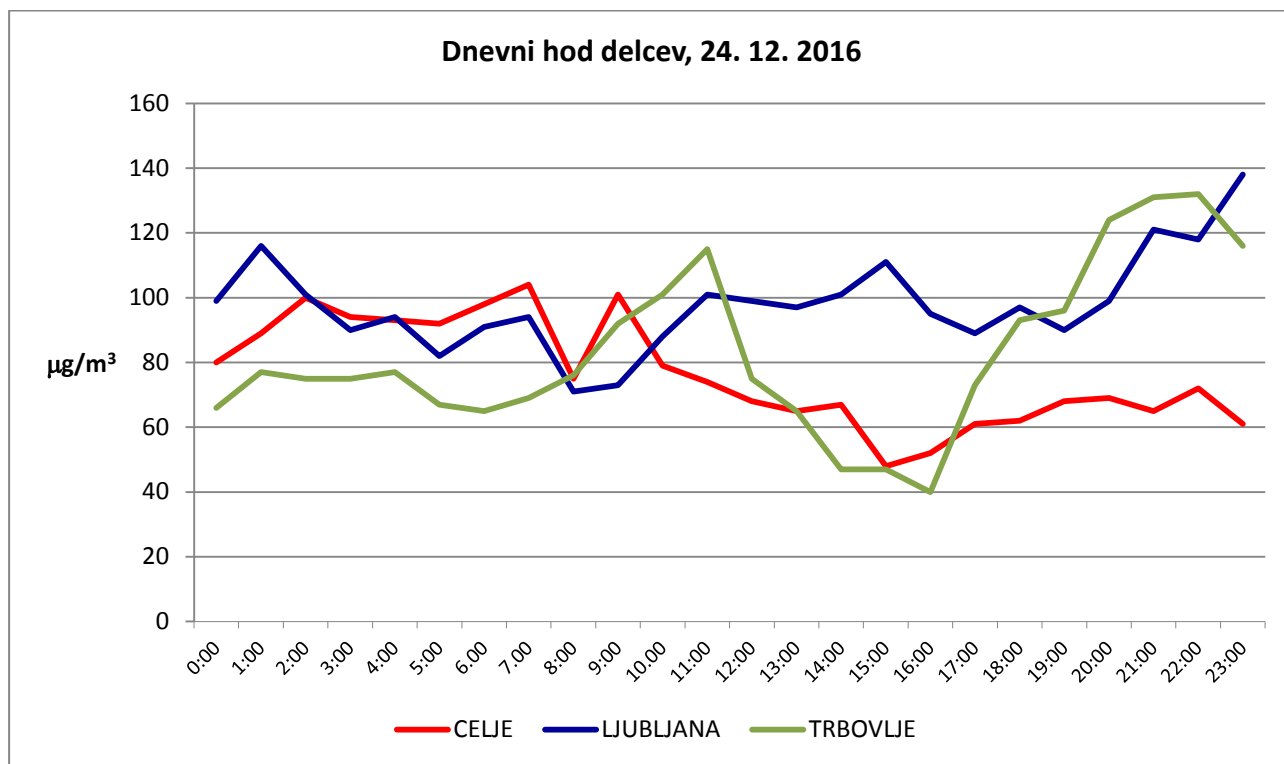
- sreda, 14. 12. 2016,
- sobota, 24. 12. 2016 in
- sreda 4. 1. 2017.

Primerjali smo podatke o urni koncentraciji delcev PM₁₀ za Celje, Ljubljano in Trbovlje ter opazovali dnevno spreminjanje koncentracije delcev PM₁₀ v zraku. To spreminjanje je znano pod nazivom »dnevni hod« delcev.

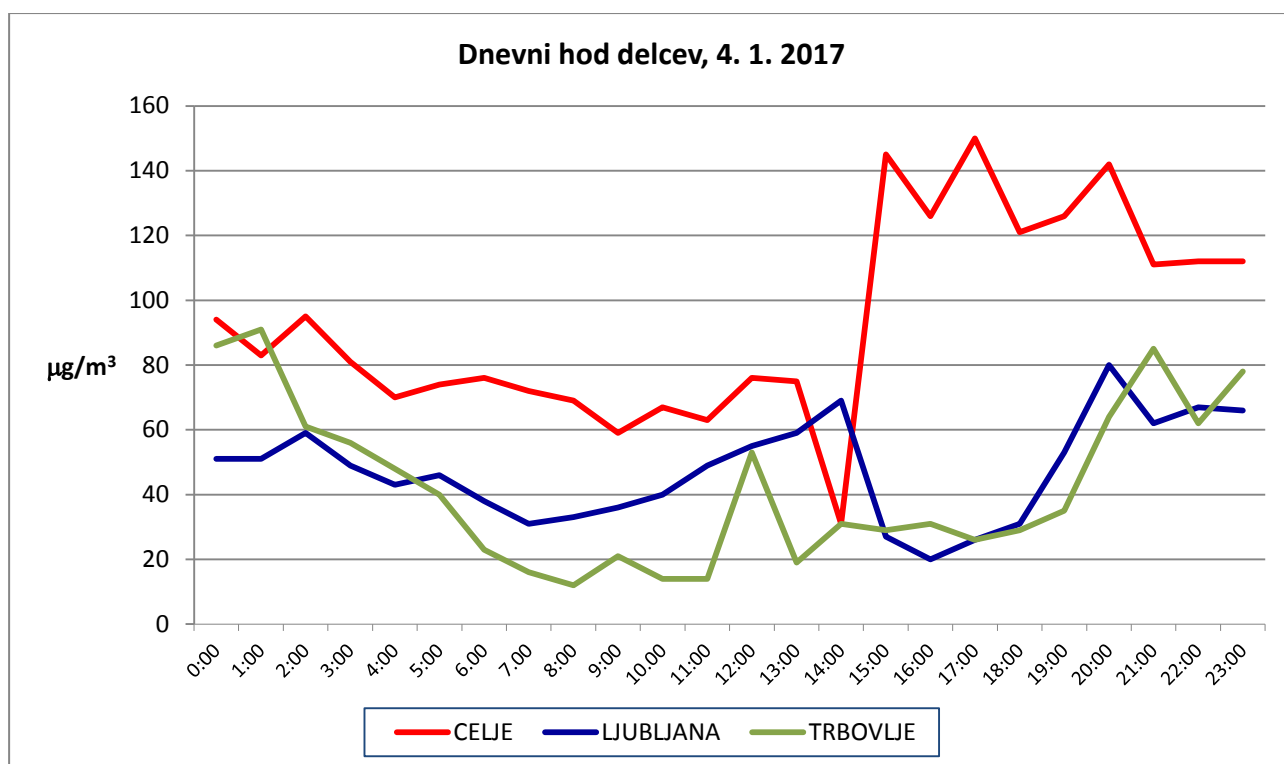
Podatke smo prikazali grafično, vsak izbrani dan s svojim grafom za vsa tri mesta. Na grafih smo iskali čas, ko so vrednosti koncentracije delcev v zraku naraščale oziroma padale, kar naj bi bilo povezano predvsem s prometnimi konicami in kurjenjem.



Graf 5: Spreminjanje urne koncentracije delcev PM₁₀ v zraku, 14. 12. 2016



Graf 6: Spreminjanje urne koncentracije delcev PM₁₀ v zraku, 24. 12. 2016



Graf 7: Spreminjanje urne koncentracije delcev PM₁₀ v zraku, 4. 1. 2017

3.3. Primerjava koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} na različnih lokacijah v Celju

S pomočjo prenosnega merilnika za merjenje koncentracije delcev PM₁₀ smo na različnih lokacijah merili koncentracijo delcev PM₁₀ in PM_{2,5}. Izbrali smo 15 različnih lokacij v Celju in vse meritve smo ponovili 4-krat, ob različnih dnevih in ob različnih urah. Skupno smo torej opravili 60 meritev in izmerjene vrednosti so zapisane v tabeli 8. Meritve smo izvajale vse tri raziskovalke, samostojno in v skladu z navodili za uporabo merilnega instrumenta.

<i>Številka meritve</i>	1		2		3		4	
<i>Datum merjenja</i>	20. 1. 2017		22. 1. 2017		26. 1. 2017		3. 2. 2017	
<i>Čas merjenja</i>	15.00 – 16.00		15.00 – 16.00		9.00 – 10.00		9.00 – 10.00	
<i>Vrsta delcev po velikosti</i>	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
OŠ Hudinja	55	79	85	132	57	91	15	16
Prekorje	62	101	64	100	70	112	10	11
Škofja vas (gasilni dom)	54	95	64	101	101	155	18	19
OŠ Frana Roša	45	66	74	114	57	87	10	10
IV. OŠ Celje	62	102	88	135	49	73	10	11
OŠ Lava	66	101	84	130	44	67	8	8
II. OŠ Celje	65	100	105	165	46	72	10	14
CINKARNA	63	103	84	131	50	75	5	6
Bolnica Celje	66	104	102	160	42	63	6	6
Avtobusna postaja Celje	60	92	88	138	45	70	9	11
Mestni park	52	79	105	164	62	62	7	7
OŠ Frana Kranjca	52	82	107	161	101	149	10	11
Košnica	125	247	108	169	69	108	10	11
BUKOVŽLAK (odpad)	48	72	74	117	53	82	7	10
OŠ Ljubečna	69	108	75	116	57	89	17	18
CELJE (podatek ARSO)	-	95	-	135	-	49	-	10
Povprečje (15)	58,6	102,1	87,1	135,5	60,2	90,3	9,2	11,3

Tabela 8: Izmerjene vrednosti koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v Celju

Za izdelavo primerjave onesnaženosti posameznih predelov Celja bi seveda potrebovali več meritev, kar pa ni bil cilj naše naloge. Z meritvami smo želeli predvsem preveriti hipotezo, da je onesnaženost zraka v različnih delih mesta ob različnih urah zelo različna.



Slika 10: Merjenje koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ – merilno mesto: OŠ Hudinja



Slika 11: Merjenje koncentracije delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ – merilno mesto: OŠ Frana Roša

Iz primerjave smo izvzele zadnjo meritev (4), ko smo na vseh lokacijah izmerile zelo nizke koncentracije prisotnosti delcev v zraku. Ta dan je bil sončen in zelo vetroven.

S pomočjo izmerjenih podatkov smo želeli poiskati tudi morebitno povezavo med koncentracijo delcev PM₁₀ in PM_{2,5}. Analizo smo naredili s pomočjo podatkov iz Tabele 8.

<i>Številka meritve</i>	1		2		3		4	
<i>Datum merjenja</i>	20. 1. 2017		22. 1. 2017		26. 1. 2017		3. 2. 2017	
<i>Čas merjenja</i>	15.00 – 16.00		15.00 – 16.00		9.00 – 10.00		9.00 – 10.00	
<i>Vrsta delcev po velikosti</i>	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10	PM 2,5	PM 10
CELJE (povprečje 15 meritev)	58,6	102,1	87,1	135,5	60,2	90,3	9,2	11,3
Relativna primerjava (%)	43,5		64,3		66,7		81,4	

Analiza je pokazala, da je praktično pri vseh meritvah koncentracija delcev PM_{2,5} nižja od koncentracije delcev PM₁₀. Povprečna vrednost je pokazala, da je bila pri izvedenih meritvah onesnaženost zraka z delci PM_{2,5} v Celju približno za 60 % manjša v primerjavi z onesnaženostjo zraka z delci PM₁₀.

3.4. Preverjanje izvajanja ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ in PM_{2,5} v Mestni občini Celje pri odgovornih organih

Vlada RS je 18. decembra 2013 sprejela odlok, ki je začel veljati začne naslednji dan po objavi v Uradnem listu Republike Slovenije. Podrobnejši program ukrepov zmanjševanja onesnaženosti z delci PM₁₀ je morala lokalna skupnost, torej Mestna občina Celje, za leta 2014, 2015 in 2016 sprejeti v treh mesecih po sprejetju tega odloka. Izvajanje ukrepov iz tega odloka in programa, ki ga je skupaj z državo sprejela Mestna občina Celje, traja najmanj, dokler kakovost zunanjega zraka tri koledarska leta zapored ne doseže mejnih vrednosti za delce PM₁₀, kakor so določene v predpisu, ki ureja kakovost zunanjega zraka. Glede na to, da se je konec leta 2016 izteklo 3-letno obdobje izvajanja odloka oziroma programa, nas je zanimalo, kako se sprejeti ukrepi v Celju izvajajo in to smo preverili pri odgovornih nosilcih posameznih nalog.

Zaradi preglednosti smo vse sprejete ukrepe zbrali v tabeli in pri vsakem navedli odgovornega nosilca. Ugotovili smo, da sta pri večini ukrepov odgovorna nosilca država in Mestna občina Celje. V zadnjem delu kolone smo zapisali realizacijo sprejetega ukrepa na podlagi razgovora z odgovorno osebo na Mestni občini Celje, gospo Nina Mašat iz Oddelka za urejanje okolja in prostora.

Št.	UKREP	Nosilec ukrepa	REALIZACIJA		
			DA	NE	?
1.	Izboljšava strukture rabe energentov v sistemu daljinskega ogrevanja in optimizacija obratovanja	Država MOC Energetika CE	✓		
2.	Širitev sistema daljinskega ogrevanja	Država MOC Energetika CE			✓
3.	Povečevanje odjema iz daljinskega ogrevanja	Država MOC Energetika CE			✓
4.	Ugotavljanje možnosti in spodbujanje mikro sistemov za daljinsko ogrevanje na lesno biomaso (DOLB) v primestnih naseljih in	MOC Država		✓	
5.	Širitev plinovodnega omrežja	MOC Energetika CE			✓
6.	Dodatno spodbujanje ukrepov zamenjav obstoječih kurilnih naprav z ustrežnejšimi kurilnimi napravami in drugimi načini	Država MOC Energetika CE			✓
7.	Izobraževanje in vzpostavitev posebnega spletnega mesta za umno uporabo lesne biomase kot goriva v malih kurilnih napravah	MOC Država	✓		
8.	Prepoved uporabe premoga v malih kurilnih napravah	MOC Država	✓		
9.	Izvajanje poostrenega nadzora nad kurjenjem odpadkov v malih kurilnih napravah	MOC Država	✓		
10.	Lokalni energetske koncepti	MOC Država			✓
11.	Informiranje in spodbujanje zmanjševanja toplotnih izgub stavb	MOC Država	✓		
12.	Energetska sanacija javnih stavb	Država MOC	✓		

13.	Spodbujanje gradnje nizkoenergetskih objektov	Država MOC			✓
14.	Natančna evidenca malih kurilnih naprav	Država Izvajalci dimnikarske sl.			✓
15.	Spodbujanje trajnostnega prevoza na ravni mesta	MOC Država			✓
16.	Uvedba mestnega potniškega prometa	MOC Država			✓
17.	Uvajanje vozil na stisnjeni zemeljski plin in električnih vozil.	MOC Država		✓	
18.	Zagotovitev območij za parkiranje koles	MOC Slovenske železnice			✓
19.	Nadgraditev obstoječih postaj/postajališč JPP za večjo prometno varnost in standarde kakovosti storitev JPP	MOC Država		✓	
20.	Trajnostna parkirna politika	MOC Država		✓	
21.	Urejanje javnega potniškega prometa	MOC Država Prevoznik			✓
22.	Spodbujanje izdelave mobilnostnih načrtov in trajnostne mobilnosti	MOC Država Javni, zasebni s.		✓	
23.	Preusmeritev tovornega prometa na železnico	Država Gospodarstvo Reg. GZ			✓
24.	Izboljšanje cestne infrastrukture, namenjene kolesarjem in pešcem	Država MOC	✓		
25.	Ukrepi za zmanjšanje emisij zaradi zimskega posipanja cest	MOC Država		✓	
26.	Poostren nadzor nad izvajanjem predpisa, ki ureja nalaganje in pritrjevanje tovora v cestnem prometu	Država	✓		
27.	Komunalna vozila in taksi služba	MOC Občinska komunalna sl.		✓	

28.	Zmanjšanje hitrosti na avtocestah	Država		✓	
29.	Uveljavitev sistema ravnanja z okoljem	Gospodarski subjekti v MOC	✓		
30.	Zmanjševanje ubežnih emisij	Gospodarski subjekti v MOC	✓		
31.	Spodbujanje tehnologij BAT (best available technology) najmanj emisij - okoljski vidik pomembnejši od ekonomskega	Gospodarski subjekti v MOC	✓		
32.	Zmanjševanje prašenja pri prevozu sipkega tovora	Gospodarski subjekti v MOC	✓		
33.	Zmanjševanje prašenja deponij, gradbišč in vozni površin podjetij	Gospodarski subjekti v MOC	✓		
34.	Ozelenitev mesta	MOC	✓		
35.	Vzpostavitev posebnega spletnega mesta za kakovost zraka	Država	✓		
36.	Izvajanje stalne medsektorske sociološko-ekonomske analize kot podlage za načrtovanje ukrepov	Država	✓		
37.	Izobraževanje in ozaveščanje o kakovosti zunanjega zraka	Država MOC	✓		
38.	Zmanjševanje ognjemetov na območju občine	MOC	✓		
39.	Vključitev zagotavljanja kakovosti zraka v občinske akte	MOC	✓		
40.	Kratkoročni ukrepi (objava priporočil prebivalcem, zloženka ...)	MOC	✓		

Tabela 9: Pregled realizacije ukrepov v Mestni občini Celje 2013-2016

Gre za zelo široko paleto ukrepov, ki se po zahtevnosti in izvedbi zelo razlikujejo in natančno preverjanje posameznega ukrepa v okviru naše raziskovalne naloge ni bilo mogoče. Naša raziskava je imela namen pregledati sprejete ukrepe in ugotoviti obseg

njihovega izvajanja. Zavedamo se, da pri ukrepu ni pomembno samo, ali se izvaja ali ne, ampak tudi v kolikšni meri oziroma kako učinkovito se izvaja. Kljub temu smo s pregledom ukrepov dobili dovolj zanesljiv podatek o izvajanju ukrepov v Mestni občini Celje.

Pregled ukrepov je pokazal, da je stanje glede izvajanja ukrepov v Celju naslednje:

- število ukrepov, ki so se v celoti izvajali: 20 ukrepov oziroma 50 %,
- število ukrepov, ki se niso izvajali: 7 ukrepov oziroma 17,5 % in
- število ukrepov, ki so se delno izvajali ali so v teku: 13 ukrepov oziroma 33,5 %.

Gospa Nina Mašat nam je posamezne ukrepe tudi podrobneje predstavila in pojasnila njihovo izvajanje, še posebej pri tistih, ki smo jih označili kot delno izvedene ukrepe. Izvedeli smo tudi, da se na državni ravni že pripravlja nov odlok za naslednje obdobje z ukrepi, ki bodo oblikovani glede na ugotovitve o izvajanju ukrepov v obdobju 2013-2016.

3.5. Razprava in ugotovitve

S pomočjo zbranih podatkov smo preverili veljavnost postavljenih hipotez.

1. hipoteza: Mesto Celje je po kriteriju prisotnosti delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ v zraku še vedno eno bolj onesnaženih slovenskih mest.

To hipotezo smo postavili, ker smo v mesecu novembru in decembru 2016 pogosto slišali ali prebrali opozorila v medijih, da je v Celju zrak prekomerno onesnažen z delci PM_{10} . Na oblikovanje naše hipoteze je vplivalo tudi dejstvo, da se naše mesto nahaja v slabo prevetreni kotlini in ker so prisotni večji izpusti industrijskih virov ter individualnih kurišč. Naša raziskava pa je pokazala, da je bilo po vseh treh kriterijih, ki smo jih ocenjevali, v obdobju od 13.12. 2016 do 12.1. 2017, Celje najbolj onesaneženo slovensko mesto po kriteriju prisotnosti delcev PM_{10} v zraku:

- povprečna vrednost za celotno obdobje je bila najvišja in je znašala $59,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
- dnevna vrednost je bila v obdobju 30 dni največkrat prekoračena: 18 –krat,
- urna vrednost je bila v obdobju 30 dni največkrat prekoračena: 320-krat.

Zavedamo se, da je prisotnost trdnih delcev v zraku le eden od kriterijev onesnaženosti zraka in da samo na osnovi tega ne smemo trditi, da je onesnaženost zraka v Celju res največja.

Ker smo za analizo izbrali relativno dolgo obdobje 30 dni, ko so bile vrednosti koncentracije delcev PM_{10} v vseh mestih najvišje, lahko hipotezo, da je Celje po kriteriju prisotnosti delcev PM_{10} v zraku eno bolj onesnženih mest v Sloveniji, z veliko gotovostjo potrdimo. Dokaj zanesljivo bi lahko trdili celo, da je bilo v času decembra 2016 in januarja 2017 Celje po koncentraciji delcev PM_{10} v zraku najbolj onesnaženo slovensko mesto.

2. hipoteza: Koncentracija delcev PM_{10} v zraku se v Celju tekom dneva zelo spreminja.

Raven onesnaženosti zraka z delci je nižja med toplim (poleti) in višja med hladnim delom leta (pozimi). Ta pojav se imenuje »letni hod delcev«.

K onesnaženju zraka z delci veliko prispevajo tudi vremenske razmere (temperaturne inverzije, značilne za kotline, veter, padavine). Raven onesnaženosti zraka z delci se spreminja tudi v dnevu (dnevni hod delcev).

»Običajni dnevni hod koncentracij delcev v zraku kaže dva vrhova, jutranjega in večernega, ki sta predvsem posledica prometnih konic, v zimskem času tudi kurjenja v individualnih kuriščih. Vpliv popoldanskega maksimuma je premaknjen nekoliko v večerni čas, ko se hitrost vetra zmanjšuje.«^[4]

To hipotezo smo preverjali tako, da smo 24-urne vrednosti koncentracije delcev PM_{10} na določen dan prikazali grafično: graf 5, 6 in 7. Izbrali smo tri dneve, ko je bila onesnaženost največja in opazovali spreminjanje koncentracije delcev v treh slovenskih mestih: Celje, Ljubljana in Trbovlje.

Iz grafov je razvidno, da se koncentracija delcev PM_{10} v zraku v Celju tekom dneva zelo spreminja in to pričakovano velja tudi za ostali dve mesti, ki smo ju primerjali: Ljubljana in Trbovlje. Na ta način lahko potrdimo hipotezo št. 3. Podrobna analiza grafov kaže obrise dveh vrhov in tudi popoldanskega maksimuma.

Zanimivo je, da je spreminjanje (nihanje) koncentracije delcev PM_{10} v zraku manj izrazito v soboto, kar lahko zelo verjetno pripišemo dejstvu, da sobota za večino ljudi ni delovni dan in to vpliva tako na promet, kot tudi na ostale dejavnike – npr. kurjenje.

3. hipoteza: V Celju se onesnaženost zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ v različnih predelih mesta zelo razlikuje v primerjavi z izmerjeno vrednostjo ARSO

S pomočjo prenosnega merilnika smo želeli preveriti onesnaženost zraka z delci PM_{10} v različnih predelih Celja in tako pokazati, da so glede koncentracije delcev pomembne tudi mikrolokacije oziroma dejstvo v katerem delu mesta se posameznik ob določeni uri nahaja. Izmerjene vrednosti smo primerjali in analizirali. Ugotovili smo, da se naše izmerjene vrednosti dobro ujemajo z vrednostjo, ki jo je posredoval ARSO za celotno območje Celja. Odstopanje je razumljivo, saj gre za različno natančne metode merjenja in za vpliv posameznih dejavnikov, ki vplivajo na koncentracijo delcev na določenem območju mesta: npr. povečan promet, individualna kurišča in podobno.

Naša hipoteza se je potrdila, saj smo s pomočjo lastnih meritev ugotovili, da se je koncentracija delcev na različnih lokacijah znotraj časovnega razmika ene ure močno razlikovala – tudi do 100 %.

Ko smo primerjali izmerjene podatke (Tabela 8), smo prišli do zanimive ugotovitve, da je bilo v popoldanskem času v obeh dnevih, ko smo izvajali meritve, nadpovprečno onesnaženo območje Košnice.

To nas ni posebej presenetilo, saj smo v času merjenja opazili dim, ki se je valil iz dimnikov posameznih hiš v tem naselju in zelo verjetno je, da so glede na uro merjenja na večjo koncentracijo delcev vplivala individualna kurišča v tem naselju.

V dopoldanskem času sta izstopali merilni mesti Škofja vas in Polule in glede na čas merjenja bi lahko bil razlog tudi promet, saj gre za območja ob zelo prometni regionalni cesti.

Upravičeno lahko domnevamo, da imajo na onesnaženost zraka v Celju z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ največji vpliv predvsem individualna kurišča ter verjetno v manjši meri promet. Delež enega in drugega bi seveda morali ugotoviti s posebno raziskavo, ki bi ugotavljala ne samo koncentracijo delcev ampak tudi vrsto delcev.

S pomočjo meritev, ki smo jih opravili na 15 lokacijah v Celju smo potrdili tudi soodvisnost med onesnaženostjo zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$, saj smo praktično pri vseh meritvah izmerili nižjo vrednost koncentracije delcev $PM_{2,5}$ v primerjavi s koncentracijo delcev PM_{10} .

4. hipoteza: V Celju se sprejeti ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ za obdobje 2013-2016 ne izvajajo v celoti.

Hipotezo smo postavili zato, ker smo po spremljanju opozoril o prekomerni onesnaženosti zraka v Celju v novembru in decembru 2016 sklepali, da je situacija še vedno zelo slaba in domnevali smo, da je eden od možnih vzrokov tudi neizvajanje ali delno izvajanje sprejetih ukrepov v Mestni občini Celje. Glede na to, da je teh ukrepov kar štirideset in da so za različne ukrepe odgovorni različni subjekti, se nam je zdelo, da bi tudi to lahko bili razlogi za neizvajanje sprejetih ukrepov.

Zavedali smo se, da bomo v okviru raziskovalne naloge težko preverjali natančno izvajanje posameznih ukrepov, saj za kaj takšnega nimamo dovolj podatkov oziroma možnosti preverjanja. V ta namen smo opravili intervju z odgovorno osebo na Mestni občini Celje in tako prišli do okvirnega podatka o izvajanju sprejetih ukrepov v obdobju 2013-2016.

Ugotovili smo, da lahko našo hipotezo potrdimo, saj se v celoti izvaja 20 (50%) sprejetih ukrepov, drugih 20 pa se ne izvaja (7) ali pa se jih izvaja »delno« (13). Tudi ta hipotezo smo potrdili.

4. ZAKLJUČEK

Slovenija sodi med države, kjer je zrak zaradi delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ med bolj onesnaženimi v Evropi. Čeprav se onesnaženost zraka z delci v Sloveniji v povprečju zmanjšuje, so prebivalci mest še vedno izpostavljeni preseženim vrednostim, predvsem zaradi prometa in onesnaženosti iz individualnih kurišč. Eno takšnih, bolj onesnaženih mest, je tudi naše mesto, Celje in v okviru naše raziskovalne naloge smo želeli preveriti kakšno je trenutno stanje, kateri ukrepi se izvajajo in kaj lahko prebivalci sami naredimo na tem področju.

V okviru raziskovalne naloge smo preverjali veljavnost štirih hipotez. Vse postavljene hipoteze smo potrdili:

- naše mesto Celje je po kriteriju prisotnosti delcev PM_{10} v zraku še vedno eno bolj onesnaženih slovenskih mest – zelo verjetno trenutno celo najbolj,
- onesnaženost zraka z delci PM_{10} v Celju se tekom dneva zelo spreminja (dnevni hod delcev) – glede na dejavnike, ki vplivajo na koncentracijo delcev v zraku,
- v Celju se onesnaženost zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ v različnih predelih mesta zelo razlikuje v primerjavi z izmerjeno vrednostjo ARSO za Celje, saj smo s pomočjo lastnih meritev v istem časovnem obdobju izmerili tudi do 100 % različne koncentracije delcev,
- v Celju se sprejeti ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ za obdobje 2013-2016 ne izvajajo v celoti, saj se dosledno in temeljito izvaja le približno polovica sprejetih ukrepov.

Ko smo preverjali posamezne hipoteze, smo prišli še do nekaterih zanimivih ugotovitev, ki jih prvotno nismo zajeli v hipotezah. Ena takšnih je spoznanje, da lahko tudi nekateri enkratni dogodki, kot je denimo novoletni ognjemet, močno povečajo onesnaženost zraka z delci.

Dejstvo je, da je v nekaterih krajih Slovenije zrak z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ bolj onesnažen kot v drugih, kar je potrdila tudi naša raziskovalna naloga. Žal je med najbolj izpostavljenimi mesti tudi naše mesto, Celje. Vsekakor pa velja, da je zrak z delci močno onesnažen po vseh večjih krajih v Sloveniji, ne samo na območjih, za katere je vlada izdala odloke o načrtih za kakovost zraka. Tako je za naše zdravje koristno, da ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka izvaja vsak posameznik po svojih zmožnostih kjerkoli v državi.

Raziskave potrjujejo, da je glede na lastnosti goriv in kurilnih naprav največ prahu pri kurjenju s trdnimi gorivi. Učinkovit način zmanjševanja prahu iz kurilnih naprav je poleg izbora primerne kurilne naprave in pravilne vgradnje v prostor tudi pravilno kurjenje in izbor goriva. To še posebej velja za kurjenje drv v malih kurilnih napravah. Kurjenje samo zračno suhih drv v skladu z navodili proizvajalca kurilne naprave je pravilen pristop za bistveno zmanjšanje emisij prahu, ki pa v bistvu ne povečuje stroška ogrevanja. Predvsem gre za večje prizadevanje uporabnikov pri pripravi, nabavi goriva in kurjenju.

Kljub temu, da smo v hipotezi predvidevali nepopolno izvajanje ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti zraka v Celju, nas je stanje glede izvajanja sprejetih ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ vseeno delno presenetilo. Pričakovali smo, da bo izvajanje ukrepov vseeno na višji ravni, saj se je o tem v preteklih letih veliko govorilo. Žal se je potrdila naša domneva, da je relativno veliko ukrepov zgolj napisanih, izvajajo pa se ne ali pa se samo deloma. Prav bi bilo, da bi v zakone in odloke napisali samo ukrepe, ki so izvedljivi in k vsakemu bi morali zapisati tudi rok za izvedbo (datum) ter konkretno osebo, ki bi bila odgovorna za izvajanje posameznega ukrepa.

Menimo, da bi morali veliko več narediti na področju osveščanja mladih in celotne populacije, saj bi na ta način naredili velik korak tako pri preprečevanju onesnaženosti zraka z delci, kot tudi na področju zavedanja o nevarnostih ter ukrepih, ki zmanjšajo tveganje za zdravje. To bi lahko naredili tudi tako, da bi teme o onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$ vključili v učne načrte osnovnih in srednjih šol ter z izdelavo animiranih filmov in propagandnih sporočil, ki imajo velik krog publike – tudi med najmlajšimi. Enako velja za telefonske aplikacije. Gre za relativno enostavne in finančno manj zahtevne ukrepe, ki pa lahko na dolgi rok prinesejo velike učinke. Tudi sami smo bili pred izdelavo raziskovalne naloge zelo slabo poučeni o problematiki onesnaženosti zraka z delci PM_{10} in $PM_{2,5}$. Po izdelani nalogi se tega problema veliko bolj zavedamo.

Spoznali smo, da je področje naše raziskave zelo obširno in zahtevno. Izdelava raziskovalne naloge je zahtevala veliko truda in časa, hkrati pa je bila zelo poučna, saj smo se pri raziskovanju naučili veliko novega. Odločili smo se, da bomo področje našega raziskovanja spremljali tudi v prihodnje in da bomo o ugotovitvah seznanili tudi učence na naši šoli ter preko sredstev javnega obveščanja vse prebivalce našega mesta. Prav je, da se nevarnosti delcev PM_{10} in $PM_{2,5}$ zavedamo vsi in da tudi vsi prispevamo k izboljšanju stanja.

VIRI IN LITERATURA

1. Povišane ravni delcev PM₁₀ v zraku – priporočila za prebivalce, Nacionalni inštitut za javno zdravje, Ljubljana, verzija 9. 12. 2016, pridobljeno s spletne strani 4. 1. 2017:
http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/pm_priporocila_za_prebivalce_koncna_08122016.pdf
2. Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Celje, pridobljeno s spletne strani 4. 1. 2017:
<https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/115612>
3. Opis območja čezmerne onesnaženosti, analiza stanja onesnaženosti, viri onesnaževanja, vpliv virov onesnaženosti, ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti, odgovorni organi za izvajanje ukrepov v Mestni občini Celje, pridobljeno s spletne strani 4. 1. 2017:
https://www.uradni-list.si/files/2013/RS_-2013-108-03947-OB~P001-0000.PDF
4. <http://www.nijz.si/sl/podatki>
5. Ocena vpliva onesnaženosti zraka z delci (PM) na umrljivost v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom, pridobljeno s spletne strani, 20. 1. 2017:
http://www.nijz.si/files/uploaded/enboz_jan2015.pdf
6. http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/gozdarstvo/navodila_za_pravilno_kurjenje/zgorevanje_lesa_v_malih_kurilnih_napravah/problematika_prahu_pm10_in_pm25/, 4. 1. 2017
7. Agencija Republike Slovenije za okolje: <http://www.arso.gov.si/>.
8. Opredelitev virov delcev PM₁₀ v Celju, ARSO, Ljubljana 2011
<http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/ViriCelje.pdf>
9. <http://www.zurnal24.si/onesnazen-zrak-visoka-koncentracija-delcev-pm10-masko-opozorilo-vrtcem-clanek-264386>

VIRI SLIK

- Slika 1: (naslovnica)
http://web.comune.calenzano.fi.it/portale/schede/ufficio_relazioni_con_il_publico/notizie-2016/al-via-il-piano-antismog-contro-il-pm10, 4. 1. 2017
- Slika 2: Obdelava statističnih podatkov
(avtorska fotografija)
- Slika 3: Relativna velikost delcev PM 10 in PM 2,5
<https://www.quora.com/What-does-PM-2-5-mean-in-air-pollution-and-how-is-it-measured>, 4. 1. 2017
- Slika 4: Grafični prikaz onesnaženosti zunanjega zraka
(spletna stran ARSO: <http://www.arso.gov.si/>, 20. 1. 2017)
- Slika 5: Pot trdnih delcev v dihalnem sistemu človeka
<http://edcapps.edcgov.us/AirQualityManagement/BurnRuleTraining/regulatorystandards2.html>, 22. 1. 2017
- Slika 6: Merilna postaja Celje (ARSO)
<http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/ViriCelje.pdf>, 27. 2. 2017
- Slika 7: Lokacija merilne postaje v Celju
<http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/ViriCelje.pdf>, 27. 2. 2017
- Slika 8: Digitalni laserski merilnik prašnih trdnih delcev PM₁₀ in PM_{2,5}
(avtorska fotografija)
- Slika 9: Lestvica mejnih vrednosti, ki je zapisana na prenosnem merilniku
(avtorska fotografija)
- Slika 10: Merjenje koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} – merilno mesto: OŠ Hudinja
(avtorska fotografija)
- Slika 11: Merjenje koncentracije delcev PM₁₀ in PM_{2,5} – merilno mesto: OŠ Frana Roša
(avtorska fotografija)

IZJAVA*

Mentor (-ica) Jože Berk, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi naslovom

Opesnoženost traka z delci PM₁₀ v Celju,
katere avtorji (-ice) so Hana Firer, Eva Jorbec, Iona Zupanc:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo (-ičino) dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje

Celje, 3.3.2017

žig šole

Podpis mentorja(-ice)



Podpis odgovorne osebe

*

POJASNILO

V skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja(-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja(-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor(-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.