

**OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI PM_{2,5}
NA UMRLJIVOST V KRAJIH S PREKOMERNO
ONESNAŽENIM ZRAKOM**
OPAZOVALNO OBDOBJE ZA OCENO: 2013 - 2015

Naslov naloge: OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI $PM_{2,5}$ NA
UMRLJIVOST V KRAJIH S PREKOMERNO ONESNAŽENIM ZRAKOM
OPAZOVALNO OBDOBJE ZA OCENO: 2013 – 2015

Odgovorna oseba za izvedbo
naloge: Andrej Uršič, univ. dipl. biol.

Pri izvedbi naloge so sodelovali: Mag. Simona Uršič, dr. med., specialistka higijene in javnega
zdravja

Peter Otorepec, dr. med., specialist higijene in MDPŠ

Datum poročila: december 2016

VSEBINA

POVZETEK	4
UVOD	5
NAMEN IN CILJI.....	5
IZHODIŠČA	6
DELCI KOT ONESNAŽEVALCI ZRAKA.....	6
ONESNAŽENOST ZRAKA Z DELCI V SLOVENIJI v LETU 2015	8
VPLIVI DELCEV NA ZDRAVJE.....	11
REZULTATI	16
DEJANSKA UMRLJIVOST	16
OCENA ZMANJŠANJA CELOTNE UMRLJIVOSTI.....	16
OCENA SPREMEMB V PRIČAKOVANI ŽIVLJENJSKI DOBI	17
OCENA ZMANJŠANJA UMRLJIVOSTI ZARADI BOLEZNI SRCA IN OŽILJA	18
UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK.....	20
UGOTOVITVE.....	20
ZAKLJUČEK	20
LITERATURA.....	21

POVZETEK

Onesnažen zrak velja za najpomembnejši javno zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. Epidemiološke raziskave dokazujejo, da lahko onesnažen zrak pomembno vpliva na zdravje ljudi. Še posebej to velja za onesnaženost zraka z delci PM.

V glavnem vse opravljene epidemiološke študije kažejo na povezavo med izpostavljenostjo PM₁₀ in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi srca in ožilja ter dihal. Delci povzročajo poslabšanje obstoječih boleznih dihal (npr. KOPB), ob dolgotrajnem delovanju pa kronično vnetno reakcijo, ki povzroči zmanjšanje pljučne funkcije ter druge bolezni pljuč. Izpostavljenost povečanim koncentracijam delcev dokazano povzroča pojav pljučnega raka. Pri otrocih dolgotrajna izpostavljenost veča verjetnost za nastanek astme in ostalih alergijskih boleznih, vnetij ušes in grla, ter povzroča upad pljučnih funkcij.

Učinek delcev na srčno žilne bolezni je močnejši kot na bolezni dihal. Delci povzročajo motnje srčnega ritma in povečajo tveganje za nastanek srčnega infarkta. Dolgotrajna izpostavljenost delcem povzroča in pospešuje tudi razvoj arterioskleroze.

Oksidativni stres in vnetje, povzročena z delci, ki se razširita po celotnem telesu in povzročita poslabšanje obstoječih akutnih in kroničnih boleznih dihal ter srca in obtočil, na osnovi novejših raziskav povezujejo tudi z nastankom nekaterih boleznih živčevja (Parkinsonova bolezen, Alzheimerjeva bolezen) in presnovnih boleznih (sladkorna bolezen tip 2).

Z zmanjšanjem onesnaženosti zraka z delci bi lahko pomembno zmanjšali umrljivost povezano z onesnaženostjo zraka.

Namen in cilj naloge je oceniti, koliko onesnaženost zraka z delci v krajih s prekomerno onesnaženim zrakom vpliva na celotno umrljivost in umrljivost zaradi boleznih srca in ožilja ter opozoriti, koliko bi se v teh krajih podaljšala življenjska doba, če bi se onesnaženost zraka z delci zmanjšala.

Pri oceni posledic prekomerne onesnaženosti zraka z delci za zdravje ljudi smo se osredotočili na vpliv dolgotrajne izpostavljenosti onesnaženosti zraka s PM_{2,5} na celotno umrljivost in na umrljivost zaradi srčno žilnih boleznih. Za izdelavo ocene smo uporabili temu namenjeno orodje - matematični model, ki je bil v ta namen izdelan v okviru evropskega raziskovalnega projekta APHECOM. Model na osnovi podatkov o dejanski stopnji onesnaženosti zraka, dejanskih podatkov o celotni umrljivosti in umrljivosti zaradi boleznih srca in ožilja ter z epidemiološkimi raziskavami pridobljenih podatkov o stopnji relativnega tveganja za umrljivost zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku izračuna specifično stopnjo umrljivosti za obravnavano območje onesnaženosti.

Izračune z omenjenim matematičnim modelom smo izdelali za naslednje slovenske kraje: Celje, Hrastnik, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto, Trbovlje in Zagorje ob Savi (kraji z uradno prepoznano prekomerno onesnaženostjo zraka z delci PM₁₀) ter za Koper, Novo Gorico in Velenje (ostali večji slovenski kraji z meritvami onesnaženosti zraka, kjer glede na rezultate meritev zrak z delci PM₁₀ ni prekomerno onesnažen).

Rezultati pridobljeni z matematičnim modelom nakazujejo, da bi že zmanjšane sedanje stopnje onesnaženosti zraka s PM_{2,5} za 5 µg (scenarij 1) v vseh slovenskih krajih z z delci prekomerno onesnaženim zrakom pomembno vplivalo na stopnjo celotne umrljivosti in na stopnjo umrljivosti zaradi boleznih srca in ožilja. Če bi se onesnaženost zraka s PM_{2,5} v vseh teh krajih zmanjšala na 10 µg (scenarij 2), bi bili pozitivni učinki še mnogo večji.

Ocenjeno zmanjšanje celotne standardizirane umrljivosti se v pogojih scenarija 1 za opazovalno obdobje 2013-2015 giblje med 51 (Trbovlje) in 30 (Kranj), v pogojih scenarija 2 pa med 100 (Trbovlje) in 29 (Velenje) manj smrti na 100.000 prebivalcev.

Ocenjeno zmanjšanje standardizirane umrljivosti za boleznimi srca in ožilja se v pogojih scenarija 1 za opazovalno obdobje 2013-2015 giblje med 40 (Murska Sobota) in 20 (Kranj), v pogojih scenarija 2 pa med 71 (Trbovlje) in 20 (Velenje) manj smrti na 100.000 prebivalcev.

UVOD

Onesnažen zrak velja za najpomembnejši javno zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. Predstavlja tveganje za zdravje, ki se mu vsaj v urbanem okolju praktično ni možno izogniti. V Evropi je okoli 90 odstotkov mestnega prebivalstva izpostavljenega prekomernim vrednostim delcev, dušikovih oksidov, ozona in benzena v zunanjem zraku.

Epidemiološke raziskave dokazujejo, da lahko onesnažen zrak pomembno vpliva na zdravje ljudi. Na osnovi rezultatov teh raziskav so ocenili, da v Evropi vsako leto od 40.000 do 130.000 ljudi umre za posledicami izpostavljenosti onesnaženemu zraku, ki ga povzroča promet. V Franciji, Švici in Avstriji so ugotovili, da lahko šest odstotkov vseh smrti letno pripišejo izpostavljenosti onesnaženemu zraku, kar je dvakrat več kot je žrtev prometnih nesreč. Ocene o številu umrlih in obolelih za posledicami izpostavljenosti onesnaženemu zraku so podcenjene, saj temeljijo na rezultatih študij, v katerih so preučevali le kratkotrajne učinke onesnaženja. Če upoštevamo dolgotrajno izpostavljenost nižjim koncentracijam onesnaževal, so te številke še večje.

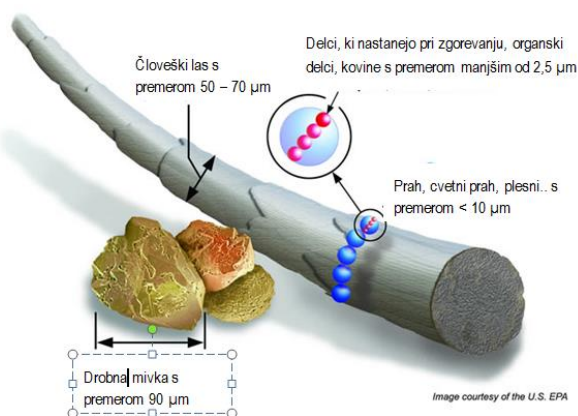
Med najpomembnejšimi oblikami onesnaženosti zraka, ki imajo pomemben vpliv na zdravje ljudi je onesnaženost zraka z delci. Z zmanjšanjem tovrstne onesnaženosti bi lahko pomembno zmanjšali umrljivost povezano z onesnaženostjo zraka.

NAMEN IN CILJI

Namen in cilj naloge je oceniti, koliko onesnaženost zraka z delci v krajih s prekomerno onesnaženim zrakom vpliva na celotno umrljivost in na umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja ter opozoriti, za koliko bi se pri prebivalcih teh krajev življenjska doba podaljšala, če bi se onesnaženost zraka z delci zmanjšala.

DELCI KOT ONESNAŽEVALCI ZRAKA

Onesnaženost zraka z delci, ki jo označujemo z oznako PM (iz angleščine Particulate Matter), opisuje onesnaženost zraka z mešanico trdnih delcev in kapljic, ki je prisotna v zraku. Nekateri delci kot npr. prah, umazanija, saje ali dim so dovolj veliki ali dovolj temni, da jih lahko vidimo s prostim očesom, spet drugi so tako majhni, da jih lahko vidimo le z elektronskim mikroskopom.



Slika 1: Velikost delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v primerjavi s človeškim lasom in drobni mivke¹

Delci so po obliki in sestavi zelo različni. Nastanejo lahko iz stotin različnih kemikalij. Nekateri, t.i. primarni delci, prehajajo v ozračje neposredno iz virov njihovega nastanka kot npr. iz gradbišč, neasfaltiranih pa tudi asfaltiranih cest, polj, dimnikov, itd. Drugi, t.i. sekundarni delci, nastajajo v atmosferi v zapletenih reakcijah različnih kemičnih snovi kot npr. žveplovega dioksida in dušikovih oksidov, ki se izpuščajo v ozračje iz termoelektrarn, različnih kurišč, industrije in iz prometa. V veliki večini delcev je glavna komponenta ogljik, na katerega se lahko vežejo številne primesi.

Analiza virov PM₁₀ kaže, da je v Sloveniji izvor onesnaženja z delci večinoma cestni promet, predvsem v prometno bolj obremenjenih urbanih središčih (Ljubljanska kotlina), v slabo prevetrenih kotlinah so vzrok onesnaženja tudi izpusti iz kurilnih naprav ter industrijskih virov (Zasavska in Celjska kotlina).

Velikost delcev običajno opisujemo z njihovim t.i. »aerodinamičnim premerom«, ki je definiran kot premer okroglega delca z gostoto 1 g/cm³. Delci enake oblike a z različno gostoto imajo različen aerodinamični premer. Za potrebe spremljanja onesnaženosti zraka delce glede na aerodinamični premer največkrat delimo v štiri skupine: PM₁₀ so delci s premerom manjšim od 10 µm, PM_{2,5} so delci s premerom manjšim od 2,5 µm, PM_{1,0} so delci s premerom manjšim od 1,0 µm, UFP (Ultra Fine Particles) pa so delci s premerom manjšim od 0,1 µm.

Velikost delcev je neposredno povezana z vplivi na zdravje, saj pogojuje mesto njihovega delovanja v organizmu.

Delci, večji od 10 µm, se zadržijo v zgornjih dihalnih poteh (nos, obnosne votline). Delci, manjši od 10 µm, dosežejo spodnje dihalne poti, delci, manjši od 2,5 µm, 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 µm) lahko v nosno žrelnem prostoru vstopijo prek vohalnega živca v možgane.

Podatek o onesnaženosti zraka podan npr. s koncentracijo PM₁₀ je informacija o masi delcev v določenem volumnu zraka, ki zajema maso vseh delcev manjših od 10 µm in ne samo delce v velikostnem razredu med 2,5 in 10 µm. Na splošno velja, da je v frakciji PM₁₀ približno 70 odstotkov mase delcev, ki so manjši od 2,5 µm. Podobno podatek o onesnaženosti zraka podan s koncentracijo PM_{2,5} zajema maso vseh delcev, ki so manjši od 2,5 µm.

¹ Vir: EPA. Six Common Pollutants. Particulate Matter - Basic Information. URL: <http://www.epa.gov/airquality/particlepollution/basic.html>, datum ogleda: 22. 7. 2014

Onesnaženost zraka z delci PM opisujemo z masno koncentracijo – maso delcev na določen volumen zraka ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka). UFP delci so premajhni za meritev njihove mase, zato njihovo koncentracijo opisujemo z njihovim številom na določen volumen zraka (t.i. koncentracija števila delcev, Particle Number Concentration, PNC).

Mejne vrednosti delcev so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št.9/2011). Za delce PM_{10} sta predpisani dnevna in letna mejna vrednost. Dnevna mejna vrednost, ki znaša $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kot 24 urno povprečje), ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu. Letna mejna vrednost znaša $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabela 1).

Kot podpora ukrepom za doseganje ustrezne kakovosti zraka (za varovanje zdravja ljudi), veljajo tudi Smernice za kakovost zraka Svetovne zdravstvene organizacije (dalje: SZO), ki temeljijo na obsežni zbirki znanstvenih dokazov v zvezi z onesnaževanjem zraka in njegovimi posledicami za zdravje. Na podlagi znanih učinkov na zdravje smernice SZO priporočajo nižjo mejno letno povprečno vrednost in sicer za PM_{10} $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ter za $\text{PM}_{2,5}$ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 1: Mejne in ciljne vrednosti za delce PM v zraku

Onesnaževalo	Čas merjenja	Vrednost	Opomba
PM_{10} , mejna vrednost	1 dan	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Dopustno je 35 preseganj v koledarskem letu
PM_{10} , mejna vrednost	Koledarsko leto	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
$\text{PM}_{2,5}$, mejna vrednost	Koledarsko leto	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Datum do katerega je potrebno doseči mejno vrednost je 1.1.2015
$\text{PM}_{2,5}$, mejna vrednost*	Koledarsko leto	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Datum do katerega je potrebno doseči mejno vrednost je 1.1.2020
$\text{PM}_{2,5}$, obveznost glede stopnje izpostavljenosti*	Triletno povprečje	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	2015
$\text{PM}_{2,5}$, ciljno zmanjšanje izpostavljenosti	0-20 % zmanjšanje izpostavljenosti glede na kazalnik povprečne izpostavljenosti		za leto 2010

*Stopnja 2-okvirna mejna vrednost, ki jo mora Komisija leta 2013 preveriti ob upoštevanju drugih informacij o učinkih ciljne vrednosti na zdravje in okolje, informacij o njeni tehnični izvedljivosti in informacij o izkušnjah z njo v državah članicah.

ONESNAŽENOST ZRAKA Z DELCI V SLOVENIJI V LETU 2015²

Onesnaženost zraka z delci PM₁₀ je bila leta 2015 večja kot leto poprej. Dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce PM₁₀ (35) je bilo preseženo na osmih merilnih mestih v urbanem okolju, leta 2014 pa le na štirih merilnih mestih. Največ, 85 preseganj, je bilo leta 2015 izmerjenih na prometno zelo obremenjenem merilnem mestu Ljubljana Center. Sledijo Celje AMP Gaji (76), Celje(70), Zagorje (70), Trbovlje (50), Murska Sobota Rakičan (47), Ljubljana Bežigrad (43) in Novo mesto (40) (Tabela 2,

Tabela 3). Na merilnih mestih Ljubljana Biotehniška fakulteta in Maribor Center je bilo število preseganj tik pod dopustnim pragom. Na lokaciji Iskrba, kjer izmerjene vrednosti predstavljajo naravno ozadje, v letu 2015 nismo zabeležili niti enega preseganja dnevne mejne vrednosti. Letna mejna vrednost 40 µg/m³ ni bila presežena na nobenem merilnem mestu, le v Ljubljani Center je bilo letno povprečje zelo blizu preseganja. Najvišja dnevna vrednost 142 µg/m³ je bila v letu 2015 izmerjena v Celju dne 1.1.2015, kar je verjetno posledica še dodatnega onesnaževanja z ognjemeti. Na vseh lokacijah so bile najvišje koncentracije izmerjene v zimskem obdobju, prav tako je tudi do preseganj dnevne mejne koncentracije prihajalo skoraj izključno v hladnejšem obdobju leta med oktobrom in aprilom. Zimski maksimum je precej manj izražen na Obali in na Primorskem, saj tam ne prihaja pogosto do temperaturnih inverzij in je prevetrenost boljša tudi v zimskem času. Hkrati je zaradi višjih temperatur na Obali in Primorskem tudi manjša potreba po ogrevanju.

Kljub temu, da so bile v letu 2015 izmerjene višje koncentracije delcev kot leta 2014, je v obdobju od leta 2002 naprej predvsem na urbanih lokacijah opazen trend zmanjševanja koncentracij. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov industrije. V nekaj zadnjih zimah pred letom 2015 so k zmanjšanju koncentracij pripomogle tudi ugodne vremenske razmere. V ruralnem okolju trend zmanjševanja onesnaženja z delci ni tako izrazit. V tem okolju se v zadnjem obdobju za ogrevanje vedno bolj uporablja lesna biomasa, kar prispeva k večjim izpustom. Vpliv ugodnejših vremenskih pogojev v zadnjih zimah je zaradi tega vzroka manj izrazit. Podoben trend je opazen tudi pri vrednotenju števila dni s preseženo mejno koncentracijo, kar prikazuje slika 3.8. V prikazu za ruralno okolje izstopa lokacija Žerjav, ki pa zaradi bližnje industrije ni tipična ruralna lokacija.

Povprečni dnevni hodi koncentracij PM₁₀ v zimskem obdobju za merilna mesta Ljubljana Bežigrad, Zagorje, Maribor in Koper so prikazani na sliki (Slika 3). Na vseh lokacijah sta opazna jutranji in večerni maksimum. Bolj izrazit je večerni maksimum, ko se prometni konici pridružijo še emisije zaradi ogrevanja, hkrati pa se v večernem času začne pojavljati talna inverzija, ki močno omejuje prenos onesnaženega zraka v višje plasti ozračja.

V zadnjem obdobju se izkazuje, da imajo na povišane koncentracije delcev znaten vpliv izpusti zaradi izgorevanja biomase v individualnih kuriščih. Kurjenje drv v zastarelih pečeh in kotlih tako predstavlja velik delež pri izpustih delcev. Dodatno pa so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji, ko se zaradi pogostih in izrazitih temperaturnih inverzij onesnažen zrak dalj časa zadržuje v kotlinah in dolinah.

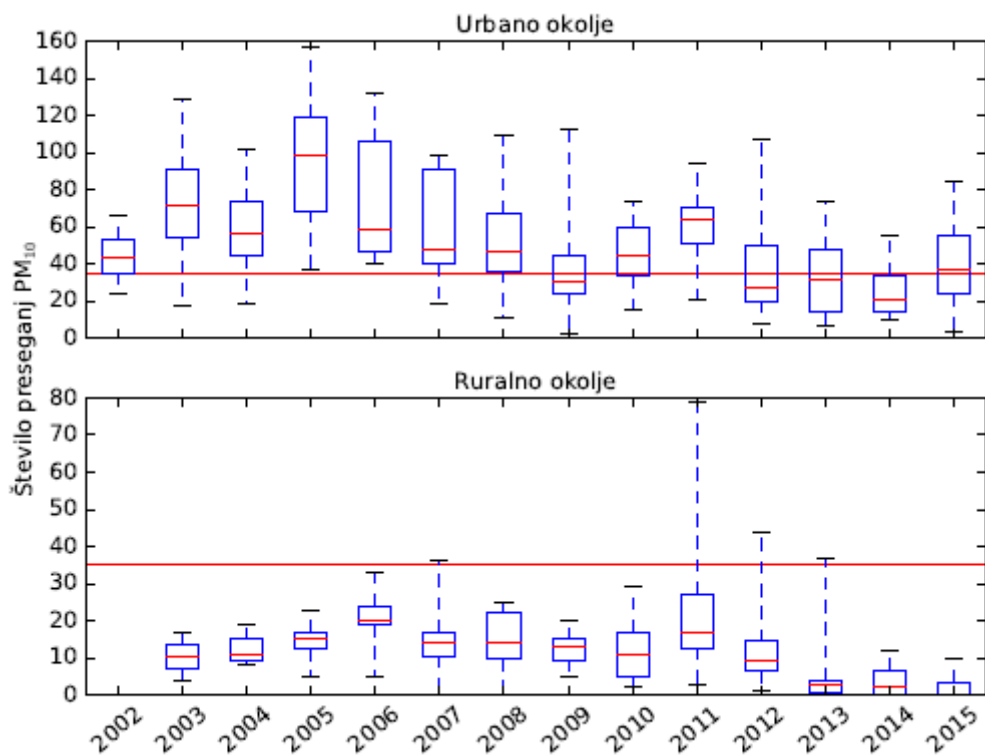
² Izvleček iz poročila Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2015. AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE Ljubljana, 2016

Tabela 2: Povprečne letne koncentracije PM₁₀ (µg/m³). Vrednosti, ki presegajo letno mejno vrednost so napisane s krepko pisavo.

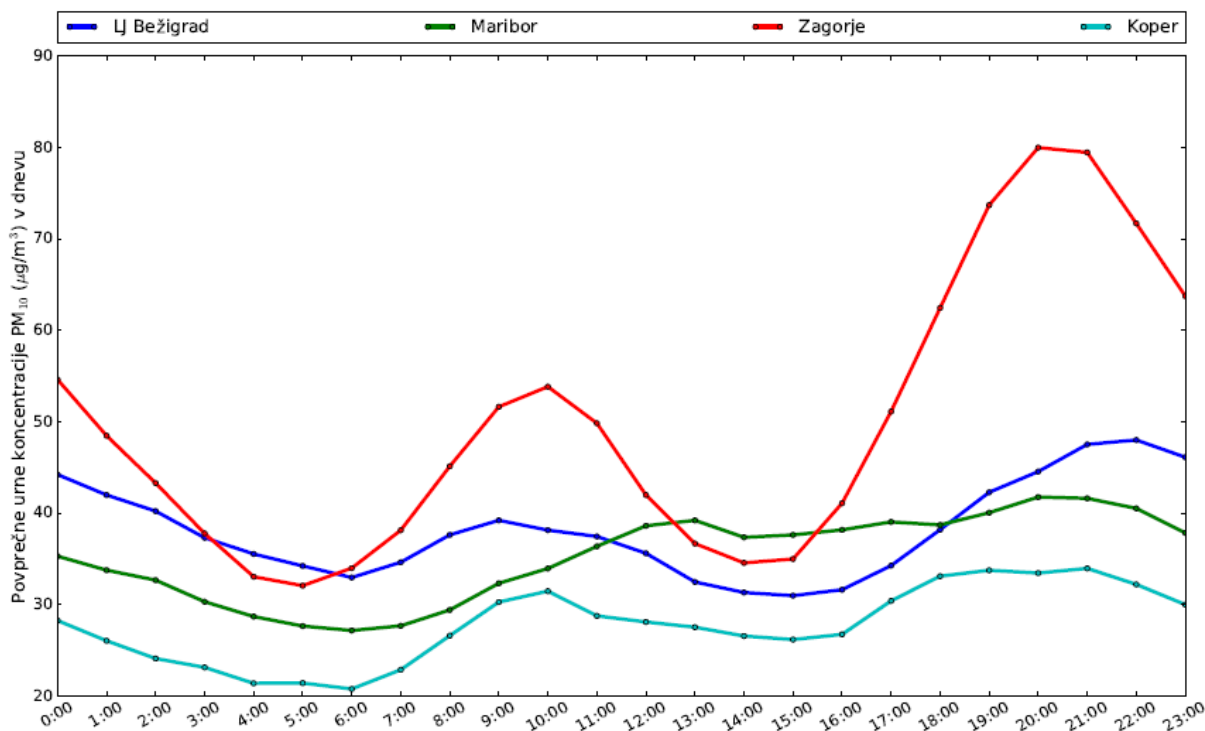
Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Bežigrad	42	46	41	37	33	32	30	29	30	32	26	24	23	28
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	26	27	30	27	26	22	27
LJ Center	/	/	/	/	/	/	44	48	42	44	45	41	38	40
Maribor	50	58	48	43	43	40	34	30	33	34	30	30	27	28
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	32	30	26	25	22	26
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	31	32	28	27	23	29
Celje	46	53	41	43	35	32	30	31	32	35	31	29	28	32
Trbovlje	47	52	40	55	40	37	38	33	34	35	32	30	27	29
Zagorje	47	51	44	52	46	41	44	36	36	37	32	29	28	32
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	27	30	24	23	21	24
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22	21	20	22
MS Rakičan	40	43	32	37	34	30	30	29	30	33	29	28	25	29
Nova Gorica	39	37	35	34	32	33	31	28	29	27	24	22	21	24
Koper	/	/	/	/	31	29	25	23	25	27	24	20	19	23
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	26	34	29	26	21	26
Iskrba	/	/	/	16	16	15	16	16	14	17	15	13	11	13
Morsko	/	/	/	/	/	23	22	20	19	21	20	16	15	18
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	24	26	23	20	23	21	18	17	20
MB Tabor	40	42	38	43	47	40	35	30	31	/	/	/	/	/
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	24	20	19	21
Vnajnarje	/	/	/	/	26	22	/	23	20	26	23	24	18	16
Pesje	/	31	25	27	28	21	20	22	22	22	20	23	23	24
Škale	/	27	23	23	26	24	22	24	23	23	22	17	17	17
Prapretno	/	/	30	28	34	33	29	31	29	34	28	22	19	21
AMP Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	29	35
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	14	12	13*
Dobove	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	11	11	12*
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	16

Tabela 3: Letno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀. Število preseganj, ki je večje od dopustnih 35, je napisano s krepko pisavo.

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LJ Bežigrad	36	64	71	70	47	46	36	30	43	63	27	22	19	43
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	25	32	51	21	24	12	35
LJ Center	/	/	/	/	/	/	101	112	74	94	107	74	55	85
Maribor	66	129	102	101	108	91	54	35	47	64	34	36	25	34
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	37	55	27	28	12	17
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	60	69	45	49	22	40
Celje	58	100	62	97	59	48	37	42	58	73	55	51	41	70
Trbovlje	52	88	48	157	86	81	72	48	64	68	65	50	33	50
Zagorje	48	79	82	143	106	99	109	56	68	75	62	48	38	70
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	51	17	15	10	22
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	8	15	9
MS Rakičan	33	58	19	65	54	37	42	30	52	71	44	38	33	47
Nova Gorica	24	18	33	37	47	40	33	24	25	28	19	12	19	24
Koper	/	/	/	/	40	19	11	2	15	21	23	10	16	28
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	29	79	44	37	3	7	
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1	0	0	0
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10	3	87	
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11	5	11	10
MB Tabor	38	42	51	111	132	94	52	24	38	/	/	/	/	/
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	8	7	10	3
Vnajnarje	/	/	/	/	20	10	/	7	2	12	8	3	0	1
Pesje	/	17	11	23	24	14	9	12	10	16	2	6	12	9
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9	0	5	0
Prapretno	/	/	19	15	33	36	25	20	29	49	25	3	2	0
AMP Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	35	41	76
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0
Dobove	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0



Slika 2: Porazdelitev števila preseganj PM₁₀ po letih. Prikazano je najnižje in najvišje število preseganj na skupini merilnih mest, oba kvartila in mediana. Rdeča črta prikazuje dovoljeno letno število preseganj dnevne mejne vrednosti. (vir: ARSO)



Slika 3: Povprečni dnevni potek koncentracij PM₁₀ na izbranih merilnih mestih v hladni polovici leta 2015 (januar do marec in oktober do december). (vir: ARSO)

VPLIVI DELCEV NA ZDRAVJE

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 (npr. kronične obstruktivne pljučne bolezni (KOPB) ali astme). Pri dolgotrajni izpostavljenosti kronična vnetna reakcija povzroči trajne okvare pljučnega parenhima oziroma zmanjšanje pljučne funkcije. Izpostavljenost povečanim koncentracijam delcev dokazano povzroča pojav pljučnega raka, Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) uvršča delce z aerodinamskim premerom do 10 µm (PM₁₀) v 1. skupino, to je med dokazano rakotvorne snovi za ljudi. Pri otrocih dolgotrajna izpostavljenost veča verjetnost za nastanek astme in ostalih alergijskih bolezni, vnetij ušes in grla, ter povzroča upad pljučnih funkcij.

Učinek delcev na bolezni srca in ožilja je močnejši kot na bolezni dihal. Mediatorji vnetnega/oksidativnega stresa, ki se prične v pljučih, se razširijo v sistemski krvni obtok. 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 povečajo tveganje za nastanek srčnega infarkta. Dolgotrajna izpostavljenost delcem povzroča in pospešuje tudi razvoj arterioskleroze.

Oksidativni stres in vnetje, povzročena z delci PM, se razširita po celotnem telesu in povzročita poslabšanje obstoječih akutnih in kroničnih bolezni dihal ter srca in obtočil. Na osnovi novejših raziskav izpostavljenost delcem PM povezujejo tudi z nastankom nekaterih bolezni živčevja (Parkinsonova bolezen, Alzheimerjeva bolezen) in presnovnih bolezni (sladkorna bolezen tip 2).

Iz epidemioloških študij je razvidno, da je negativni učinek PM₁₀ na zdravje odvisen od koncentracije delcev in od časa izpostavljenosti.

Epidemiološke študije kažejo na povezavo med kratkotrajno izpostavljenostjo $PM_{2,5}$ in PM_{10} ter povečano stopnjo umrljivosti predvsem pri bolnikih z obstoječo pljučno ali boleznijo srca in ožilja.

Dolgotrajna stalna izpostavljenost ima neprimerno večji vpliv na zdravje kot občasna kratkotrajna izpostavljenost večjim koncentracijam PM_{10} . V glavnem vse opravljene epidemiološke študije kažejo na povezavo med izpostavljenostjo PM_{10} in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi srca in ožilja in dihal. Povezava je v vseh pomembnih študijah statistično značilna, pri tem so upoštevane begave spremenljivke. Učinek delcev PM_{10} na boleznimi srca in ožilja je močnejši kot na boleznimi dihal.

Iz študij je prav tako razvidno, da je odnos med dolgotrajno izpostavljenostjo PM_{10} in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi pljuč ter srca in ožilja linearen. Delci v zraku večajo umrljivost za boleznimi dihal, srca in ožilja, kar je v skladu z mehanizmom delovanja. Življenje v okolju s PM_{10} poveča tveganje za umrljivost za boleznimi dihal in boleznimi srca in ožilja, tveganje se poveča za 1,01 za vsakih 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, zato kakršnokoli zmanjšanje delcev v ozračju predstavlja pomembno izboljšanje za zdravje prebivalcev.

METODE DELA

Pri oceni posledic prekomerne onesnaženosti zraka z delci za zdravje ljudi smo se osredotočili na vpliv dolgotrajne izpostavljenosti onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ na celotno umrljivost in na umrljivost zaradi boleznimi srca in ožilja. Za izdelavo ocene smo uporabili temu namenjeno orodje - matematični model, ki je bil v ta namen izdelan v okviru evropskega raziskovalnega projekta APHECOM³. Model na osnovi podatkov o dejanski stopnji onesnaženosti zraka, dejanskih podatkov o celotni umrljivosti in umrljivosti zaradi boleznimi srca in ožilja ter z epidemiološkimi raziskavami pridobljenih podatkov o stopnji relativnega tveganja za umrljivost zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku (Tabela 4) izračuna specifično stopnjo umrljivosti za obravnavano območje onesnaženosti.

Tabela 4: Stopnja relativnega tveganja (RR) za splošno umrljivost in umrljivost zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku s $PM_{2,5}$, ki jo model upošteva v izračunu.

Onesnaževalo	Indikator	RR za 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Referenca
		Spodnji	srednji	zgornji	
PM2.5	Celotna umrljivost	1,02	1,06	1,11	Pope in sod. , 2002
	Srčno žilna umrljivost	1,08	1,12	1,15	Pope and al, 2004

Vsi rezultati modelnih izračunov vsebujejo predpostavko, da so zmanjšani stopnji onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ osebe izpostavljene vsaj od svojega 30 leta starosti dalje.

V modelnem izračunu smo upoštevali dva scenarija in sicer:

- Scenarij 1: Obstoječa letna povprečna onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ se zmanjša **za** 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Scenarij 2: Obstoječa letna povprečna onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ se zmanjša **na** 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

V skladu z metodologijo modela smo modeliranje izvedli s podatki za triletno obdobje in sicer za leta 2013, 2014 in 2015.

V izračunih za oceno posledic prekomerne onesnaženosti zraka z delci $PM_{2,5}$ za zdravje ljudi smo uporabili naslednje podatke:

³ Aphekom. Closing gaps in understanding the impact of air pollution on health. URL: <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/home;jsessionid=07092644707B0793566935C9135AF070>

- Podatke o številu prebivalcev v starostnih skupinah 30-34, 35-39 ..., 80-84, 85 in več, za vsako občino v obravnavi za leto 2015 na dan 31. 12. 2015 (Tabela 5)
- Podatke o dnevni povprečni onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ za triletno obdobje 2013 - 2015, ki smo jih s pomočjo standardnega korekcijskega faktorja 0,7 za vsak dan posebej pretvorili v stopnjo onesnaženosti z delci PM_{2,5} za vsako občino v obravnavi (dosegljivo pri avtorjih prispevka). Uporabili smo podatke iz merilnih postaj v okviru Državne mreže za kakovost zraka (dalje: DMKZ). Merilne postaje DMKZ za meritve onesnaženosti zraka s PM₁₀ so v vseh obravnavanih mestih. Izračunane letne povprečne vrednosti PM_{2,5} za kraje v obravnavi prikazuje tabela (
 - Tabela 6)
- Podatke o umrljivosti in umrljivosti za srčno žilne bolezni v starostnih skupinah 30-34, , 35-39 ..., 80-84, 85 in več, prav tako za vsako obravnavano občino posebej, za leta v obravnavi.

Tabela 5: Število prebivalcev po posameznih starostnih skupinah v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju na dan 31. 12. 2015 in primerjava na leto 2014

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	3.608	615	4.392	21.539	7.816	1.260	2.703	1.148	1.197	44.278	3.698	2.139	2.610
35-39 let	3.990	648	4.472	22.690	8.008	1.400	2.758	1.189	1.228	46.383	4.194	2.492	2.500
40-44 let	3.482	552	4.060	20.334	7.378	1.485	2.585	1.001	1.093	41.970	3.934	2.337	2.175
45-49 let	3.548	676	4.073	19.872	7.948	1.424	2.706	1.192	1.217	42.656	3.588	2.336	2.319
50-54 let	3.763	816	4.117	19.648	8.337	1.374	2.745	1.330	1.277	43.407	3.699	2.259	2.732
55-59 let	3.696	879	3.766	18.752	8.110	1.513	2.497	1.460	1.311	41.984	3.763	2.317	2.882
60-64 let	3.469	720	3.644	19.133	8.392	1.492	2.229	1.334	1.176	41.589	3.703	2.545	2.582
65-69 let	2.606	545	2.843	15.145	6.558	1.306	1.749	967	846	32.565	2.935	1.881	1.677
70-74 let	2.317	470	2.319	11.499	5.981	1.036	1.474	880	740	26.716	2.063	1.388	1.273
75-79 let	1.834	378	2.091	10.554	4.435	711	1.319	623	574	22.519	1.973	1.350	975
80-84 let	1.394	298	1.456	8.021	3.678	536	951	472	492	17.298	1.444	991	647
85-in več	1.065	237	1.135	6.848	2.987	436	647	410	433	14.198	1.160	886	373
Skupaj vse starostne skupine	34.772	6.834	38.368	194.035	79.628	13.973	24.363	12.006	11.584	415.563	36.154	22.921	22.745
% preb. v starosti > 30 let	71,1	73,1	68,4	67,5	71,3	73,8	67,0	72,9	69,3	69,0	70,8	72,1	69,5
Skupaj vsi prebivalci občine	48.901	9.350	56.108	287.347	111.735	18.935	36.344	16.461	16.705	601.886	51.053	31.771	32.736
Leto 2014:													
Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
Skupaj vse starostne skupine	34.623	6.913	37.933	192.443	79.158	13.914	24.212	12.022	11.571	412.789	38.135	22.838	22.684
% preb. v starosti > 30 let	70,8	72,8	68,0	67,2	70,8	73,5	66,9	72,6	69,0	68,7	70,2	71,9	69,0
Skupaj vsi	48.883	9.499	55.764	286.307	111.842	18.935	36.205	16.562	16.763	600.760	54.287	31.752	32.868

Tabela 6: Letne povprečne vrednosti PM_{2,5} (µg/m³) za slovenske kraje s prekomerno onesnaženim zrakom ter Koper, Novo Gorico in Velenje za leta 2013, 2014 in 2015 (Izračunano iz dnevnik povprečnih vrednosti za PM₁₀, korekcijski faktor 0,7).

Kraj	LETO			Triletno povprečje*	
	2013	2014	2015	2013-2015	2012-2014
Celje	20,64	19,37	22,60	20,85	20,54
Hrastnik	16,35	14,53	16,92	15,92	15,88
Kranj	17,23	15,36	17,96	16,78	16,88
Ljubljana	16,63	15,89	19,55	17,40	16,91
Maribor	18,55	16,00	19,66	18,05	18,29
Murska Sobota	19,70	17,54	19,98	19,03	19,09
Novo mesto	19,15	15,77	19,95	18,33	18,35
Trbovlje	21,28	18,60	20,25	20,03	20,76
Zagorje ob Savi	20,49	19,88	22,17	20,83	20,96
Koper	13,94	13,36	16,36	14,56	14,64
Nova Gorica	15,21	14,71	16,58	15,50	15,67
Velenje	14,69	13,66	15,32	14,55	14,63

* Vhodni podatek za izračun scenarijev 1 in 2

Tabela 7: Skupno število umrlih zaradi vseh vzrokov smrti (ICD-9 kode: 000–999, ICD-10 kode: A00–Y98) po posameznih starostnih skupinah v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju obdobju 2013 - 2015.

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	9	5	7	31	13	0	3	0	2	70	4	8	7
35-39 let	8	2	17	47	20	3	6	4	2	109	11	8	7
40-44 let	15	2	17	50	22	5	7	7	3	128	10	5	5
45-49 let	18	0	20	102	59	5	12	16	5	237	24	12	19
50-54 let	23	12	32	193	97	16	29	22	18	442	25	31	23
55-59 let	61	14	49	271	191	39	43	31	21	720	76	36	41
60-64 let	80	26	78	491	252	53	61	44	41	1126	115	81	70
65-69 let	98	31	76	496	281	47	80	50	27	1186	84	57	77
70-74 let	136	36	142	609	332	80	95	76	59	1565	127	92	95
75-79 let	158	41	161	921	480	71	146	71	59	2108	172	127	108
80-84 let	238	75	224	1.153	678	125	181	112	89	2875	228	194	136
85-in več	376	120	364	2.254	1.260	207	272	200	172	5225	403	393	177
Skupaj 2013-15	1220	364	1187	6618	3685	651	935	633	498	15791	1279	1044	765
Skupaj 2012-14	1242	341	1211	6641	3590	645	924	618	518	15730	1252	1027	736

Tabela 8: Skupno število umrlih zaradi srčno žilnih bolezni (ICD-9 kode: 390-459, ICD-10 kode: I00-199) po posameznih starostnih skupinah v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju v obdobju 2013 - 2015.

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	2	0	0	1	0	0	1	0	0	4	0	0	1
35-39 let	1	0	0	4	4	0	2	0	0	11	0	0	1
40-44 let	0	0	3	11	2	0	2	2	0	20	1	1	2
45-49 let	5	0	3	17	9	2	1	4	2	43	5	1	2
50-54 let	2	2	9	24	20	7	2	0	3	69	7	9	1
55-59 let	14	2	9	41	38	13	9	3	5	134	17	6	6
60-64 let	9	4	11	91	54	14	13	4	8	208	22	13	17
65-69 let	27	8	14	99	81	17	21	12	5	284	21	11	19
70-74 let	34	7	32	158	105	29	25	24	21	435	32	28	33
75-79 let	51	14	43	304	169	29	35	30	15	690	52	39	35
80-84 let	104	31	83	489	309	69	84	35	38	1242	106	85	55
85-in več	193	52	214	1291	736	126	157	110	87	2966	239	245	101
Skupaj 2013-15	442	120	421	2530	1527	306	352	224	184	6106	502	438	273
Skupaj 2012-14	471	97	424	2527	1470	284	338	215	196	6022	472	427	268

REZULTATI

DEJANSKA UMRLJIVOST

Iz tabele (Tabela 9) je razvidno, da je bila v opazovalnem obdobju 2013-2015 celotna umrljivost, standardizirana na 100.000 prebivalcev, najvišja v Hrastniku, sledijo Trbovlje, Murska Sobota, Maribor, Nova Gorica in Zagorje, kjer se je umrljivost gibala med 1775 (Hrastnik) in 1433 (Zagorje). V spodnji polovici razpredelnice so Novo mesto, Celje, Ljubljana, Koper, Velenje in Kranj, kjer se je umrljivost gibala med 1279 (Novo mesto) in 1031 (Kranj). Pomembnejših razlik med opazovanim obdobjem 2012-2014 in 2013-2015 ni bilo.

Vrstni red obravnavanih krajev glede na umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja se nekoliko razlikuje od prej opisanega, skupine krajev v zgornji in spodnji polovici razpredelnice pa se ne spreminjajo. Umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja standardizirana na 100.000 prebivalcev je bila v opazovalnem obdobju 2013-2015 najvišja v Murski soboti, sledijo Maribor, Nova Gorica, Trbovlje, Hrastnik in Zagorje, kjer se je umrljivost gibala med 730 (Murska Sobota) in 529 (Zagorje). V spodnji polovici razpredelnice so po vrsti Novo mesto, Koper, Ljubljana, Celje, Velenje in Kranj, kjer se je umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja gibala med 482 (Novo mesto) in 366 (Kranj). Tudi pri umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja pomembnejših razlik med opazovanim obdobjem 2012-2014 in 2013-2015 ni bilo (Tabela 9).

Tabela 9: Letno povprečno število umrlih in letna stopnja umrljivosti na 100.000 prebivalcev za celotno umrljivost in umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, obdobje 2013–2015 s primerjavo na obdobje 2012-2014.

Kraj	Celotna umrljivost				Srčno žilna umrljivost			
	ICD-9: 000–999, ICD-10: A00-Y98				ICD-9: 390-459, ICD-10: I00-I99			
	Povprečno letno število umrlih		Umrlijivost na 100.000 preb.		Povprečno letno število umrlih		Umrlijivost na 100.000 preb.	
Opaz. obdobje	12-14	13-15	12-14	13-15	12-14	13-15	12-14	13-15
Celje	414	407	1196	1170	157	147	453	424
Hrastnik	114	121	1644	1775	32	40	468	585
Kranj	404	396	1064	1031	141	140	373	366
Ljubljana	2214	2206	1150	1137	842	843	438	435
Maribor	1197	1228	1512	1543	490	509	619	639
Murska Sobota	215	217	1545	1553	95	102	680	730
Novo mesto	308	312	1272	1279	113	177	465	482
Trbovlje	206	211	1714	1757	72	75	596	622
Zagorje ob Savi	173	166	1492	1433	65	61	565	529
Koper	417	426	1094	1179	157	167	413	463
Nova Gorica	342	348	1499	1518	142	146	623	637
Velenje	245	255	1082	1121	89	91	394	400

OCENA ZMANJŠANJA CELOTNE UMRLJIVOSTI

V primeru, da bi se uresničil scenarij 1, to je zmanjšane onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka, bi bil učinek ukrepa glede na celotno umrljivost standardizirano na 100.000 prebivalcev največji v Hrastniku, Trbovljah, Murski Soboti, Mariboru, Novi Gorici in Zagorju. S pomočjo matematičnega modela ocenjeni pozitivni učinek ukrepa se v prej navedenih krajih giblje med 51 (Hrastnik) in 41 (Zagorje) manj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice so Novo Mesto, Celje,

Koper, Ljubljana, Velenje in Kranj, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 37 (Novo mesto) in 30 (Kranj) manj umrlimi na 100.000 prebivalcev (Tabela 10). Ocena temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2013-2015. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2012-2014 pomembnejših razlik v oceni zmanjšanja umrljivosti ni.

V primeru, da bi se uresničil scenarij 2, to je, da bi se obstoječa letna povprečna onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjša na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pa ocena učinka ukrepa ponudi precej drugačno razporeditev krajev kot v zgoraj opisanem primeru. Učinek ukrepa glede na celotno umrljivost standardizirano na 100.000 prebivalcev bi bil največji v Trbovljah, Zagorju, Murski Soboti, Celju, Mariboru, Novem mestu in Hrastniku, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 100 (Trbovlje) in 60 (Hrastnik) manj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice pa so Nova Gorica, Ljubljana, Kranj, Koper in Velenje kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 48 (Nova Gorica) in 29 (Velenje) manj smrti na 100.000 prebivalcev na leto (Tabela 10). Ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2013-2015. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2012-2014 pomembnejših razlik v oceni zmanjšanja umrljivosti ni.

Tabela 10: Ocena zmanjšanja celotne umrljivosti brez zunanjih vzrokov smrti v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, če bi se onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjšala za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, glede na stanje onesnaženosti zraka v obdobju 2013 – 2015 s primerjavo na obdobje 2012-2014.

Kraj	Scenarij 1: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$				Scenarij 2: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Ocena dejanskega zmanjšanja števila umrlih		Ocena zmanjšanja števila umrlih na 100.000 preb.		Ocena dejanskega zmanjšanja števila umrlih		Ocena zmanjšanja števila umrlih na 100.000 preb.	
	12-14	13-15	12-14	13-15	12-14	13-15	12-14	13-15
Opaz. obdobje								
Celje	12	12	34	34	25	25	71	72
Hrastnik	3	3	47	51	4	4	55	60
Kranj	12	11	31	30	16	15	42	40
Ljubljana	64	63	33	33	87	93	45	48
Maribor	34	35	43	44	56	56	71	71
Murska Sobota	6	6	44	45	11	11	80	80
Novo mesto	9	9	36	37	15	15	60	61
Trbovlje	6	6	49	50	12	12	104	100
Zagorje ob Savi	5	5	43	41	11	10	92	88
Koper	12	12	31	34	11	11	29	31
Nova Gorica	10	10	43	44	11	11	49	48
Velenje	7	7	31	32	6	7	29	29

OCENA SPREMEMB V PRIČAKOVANI ŽIVLJENJSKI DOBI

Znižanje onesnaženosti zraka se odrazilo tudi v daljši pričakovani življenjski dobi. Ob uresničitvi scenarija 1 se ocenjeno podaljšanje pričakovane življenjske dobe giblje med najmanj 3,7 (Murska Sobota, Velenje) in 4,6 meseci (Kranj), ob uresničitvi scenarija 2 pa med 3,4 (Velenje) in 9,5 meseci (Celje). (Tabela 11). Ocena velja za osebe, ki bi bile zmanjšani onesnaženosti izpostavljeni od starosti 30 let dalje in temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v

opazovalnem obdobju 2013-2015. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2012-2014 pomembnejših razlik v oceni pričakovanega podaljšanja življenjske dobe ni.

Ocena števila pridobljenih let življenja (angleško: person years) se med posameznimi mesti močno razlikuje, saj je med drugim močno odvisna tudi od števila prebivalcev v posameznem kraju, ki so bili zajeti v izračun (glej Tabela 5, vrstica: Skupaj vse starostne skupine). Glede na to je ocenjeno število pridobljenih let življenja tako pri uresničitvi scenarija 1 kot pri uresničitvi scenarija 2 na splošno največje v največjih krajih v Sloveniji (Ljubljani, Mariboru, Celju, Kranju, Novem mestu, Kopru) in manjše pri manjših (Murska Sobota, Trbovlje, Zagorje, Hrastnik) in kljub večjemu številu prebivalcev z delci manj onesnaženih krajih (npr. Velenje). (Tabela 11). Tudi v tem primeru ocena temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2013-2015. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2012-2014 pomembnejših razlik v oceni števila pridobljenih let življenja ni.

Tabela 11: Ocena podaljšanja pričakovane življenjske dobe (mesece) in ocena števila pridobljenih let življenja v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, če bi se onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjšala za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanje onesnaženosti v obdobju 2013-2015 s primerjavo na obdobje 2012-2014.

Kraj	Scenarij 1: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$				Scenarij 2: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Ocena podaljšanja pričakovane življenjske dobe (mesece)		Ocena števila skupnih pridobljenih let življenja		Ocena podaljšanja pričakovane življenjske dobe (mesece)		Ocena števila skupnih pridobljenih let življenja	
	12-14	13-15	12-14	13-15	12-14	13-15	12-14	13-15
Celje	4,3	4,3	270	260	9,2	9,5	573	568
Hrastnik	4,3	3,8	45	39	5,1	4,5	53	46
Kranj	4,5	4,6	335	334	6,3	6,2	462	454
Ljubljana	4,4	4,5	1604	1619	6,1	6,7	2222	2406
Maribor	4,1	4,1	539	528	6,9	6,5	897	852
Murska Sobota	3,7	3,7	81	78	6,8	6,8	146	142
Novo mesto	3,9	3,9	182	177	6,6	6,6	305	296
Trbovlje	3,9	3,9	75	75	8,3	7,9	162	151
Zagorje ob Savi	4,2	4,1	86	82	9,2	9,0	189	179
Koper	4,4	4,4	239	272	4,1	4,0	272	248
Nova Gorica	4	3,9	146	139	4,6	4,3	165	153
Velenje	3,7	3,7	163	162	3,4	3,4	150	147

OCENA ZMANJŠANJA UMRLJIVOSTI ZARADI BOLEZNI SRCA IN OŽILJA

V primeru, da bi se uresničil scenarij 1, to je zmanjšanje onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka, bi bil učinek ukrepa glede na umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja (standardizirano na 100.000 prebivalcev) največji v Murski Soboti, Novi Gorici, Mariboru, Trbovljah, Hrastniku in Zagorju ob Savi. S pomočjo matematičnega modela ocenjeni pozitivni učinek zmanjšanja onesnaženosti zraka na standardizirano stopnjo umrljivosti za boleznimi srca in ožilja se v prej navedenih krajih giblje med 40 (Murska Sobota) in 29 (Zagorje) manj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice so Novo Mesto, Celje, Ljubljana, Koper, Velenje in Kranj, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa

giblje med 26 (Novo mesto) in 20 (Kranj) manj umrlih na 100.000 prebivalcev. (Tabela 12). Ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2013-2015. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2012-2014 pomembnejših razlik v oceni zmanjšanja umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja ni.

V primeru, da bi se uresničil scenarij 2, to je, da se obstoječa letna povprečna onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjša na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocena učinka ukrepa ponudi nekoliko drugačno razporeditev krajev kot v zgoraj opisanem primeru. Učinek ukrepa glede na umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja standardizirano na 100.000 prebivalcev bi bil še vedno največji v Murski Soboti, sledijo pa Trbovlje, Zagorje, Maribor, Celje in Novo mesto. V naštetih krajih se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 71 (Murska Sobota) in 43 (Novo mesto) manj umrlimi na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice so Nova Gorica, Hrastnik, Ljubljana, Kranj, Koper in Velenje, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 38 (Hrastnik, Koper) in 20 (Velenje) manj smrti na 100.000 prebivalcev. (Tabela 12). Tudi v tem primeru ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2013-2015. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2012-2014 pomembnejših razlik v oceni zmanjšanja umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja ni.

Tabela 12: Ocena zmanjšanja umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, če bi se onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjšala za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanje onesnaženosti v obdobju 2013-2015 s primerjavo na obdobje 2012-2014

Kraj	Scenarij 1: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$				Scenarij 2: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Ocena dejanskega zmanjšanja števila umrlih		Ocena zmanjšanja števila umrlih na 100.000 preb.		Ocena dejanskega zmanjšanja števila umrlih		Ocena zmanjšanja števila umrlih na 100.000 preb.	
	12-14	13-15	12-14	13-15	12-14	13-15	12-14	13-15
Celje	9	8	25	23	18	17	51	49
Hrastnik	2	2	26	32	2	3	30	38
Kranj	8	8	20	20	11	10	28	27
Ljubljana	46	46	24	24	63	68	33	35
Maribor	27	28	34	35	44	44	55	56
Murska Sobota	5	6	37	40	9	10	67	71
Novo mesto	6	6	26	26	10	11	42	43
Trbovlje	4	4	33	34	8	8	65	67
Zagorje ob Savi	4	3	31	29	8	7	66	61
Koper	9	9	23	25	8	8	21	23
Nova Gorica	8	8	34	35	9	9	39	38
Velenje	5	5	22	22	5	5	20	20

Zanimivo je, da največji pozitivni učinki zmanjšanja onesnaženosti niso vedno vezani na kraje z najbolj onesnaženim zrakom, saj se predvsem Celje, deloma pa tudi Zagorje uvrščata približno na sredino lestvice kljub temu, da rezultati meritev onesnaženosti zraka kažejo, da je zrak v teh dveh mestih ob Trbovljah v povprečju najbolj onesnažen.

Nekoliko je presenetljiv tudi visok pozitivni učinek za Novo Gorico pri scenariju 1 za bolezni srca in ožilja, deloma pa tudi po scenariju 1 za skupno umrljivost (Tabela 13).

Tabela 13: Razvrstitev slovenskih krajev s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter Kopra, Nove Gorice in Velenja glede na pozitivni učinek zmanjšanja onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ na zmanjšanje umrljivosti . Opazovalno obdobje 2013-2015.

Razvrstitev glede na stopnjo onesnaženosti	Razvrstitev glede na ocenjen pozitivni učinek na celotno umrljivost brez zunanjih vzrokov smrti		Razvrstitev glede na ocenjen pozitivni učinek na umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja	
	Scenarij 1	Scenarij 2	Scenarij 1	Scenarij 2
Zagorje ob Savi	Hrastnik	Trbovlje	Murska Sobota	Murska Sobota
Trbovlje	Trbovlje	Zagorje ob Savi	Maribor	Trbovlje
Celje	Murska Sobota	Murska Sobota	Nova Gorica	Zagorje ob Savi
Murska Sobota	Maribor	Celje	Trbovlje	Maribor
Novo mesto	Nova Gorica	Maribor	Hrastnik	Celje
Maribor	Zagorje ob Savi	Novo mesto	Zagorje ob Savi	Novo mesto
Ljubljana	Novo mesto	Hrastnik	Novo mesto	Hrastnik
Kranj	Celje	Ljubljana	Koper	Nova Gorica
Hrastnik	Koper	Nova Gorica	Ljubljana	Ljubljana
Nova Gorica	Ljubljana	Kranj	Celje	Kranj
Koper	Velenje	Koper	Velenje	Koper
Velenje	Kranj	Velenje	Kranj	Velenje

UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK

UGOTOVITVE

1. Na osnovi rezultatov pridobljenih z matematičnim modelom namenjenim ocenjevanju vplivov onesnaženega zraka z delci na zdravje ljudi ocenjujemo, da bi že zmanjšane sedanje stopnje onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v vseh slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom (Celje, Hrastnik, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto, Trbovlje, Zagorje) ter v Novi Gorici, Kopru in Velenju vplivalo na stopnjo celotne umrljivosti in na stopnjo umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja. Obe stopnji umrljivosti bi se pomembno zmanjšali.
2. Če bi se onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ v vseh teh krajih zmanjšala na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bi bili pozitivni učinki na zmanjšanje umrljivosti še mnogo večji.
3. Ob zmanjšanju onesnaženosti zraka z delci za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bi se podaljšala tudi pričakovana življenjska doba.

ZAKLJUČEK

Z zmanjšanjem onesnaženosti zraka z delci PM na povprečno letno vrednost, ki jo na podlagi znanih učinkov na zdravje priporočajo smernice SZO (za $PM_{2,5}$ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), bi bilo pridobljenih veliko let življenja.

Število prezgodnjih smrti, ki so posledica prekomerno onesnaženega zraka, bi se pomembno zmanjšalo.

LITERATURA

WHO. Review of evidence on health aspects of air pollution –REVIHAAP Project Technical Report. 2013. URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1

ARSO: Poročila o kakovosti zraka v Sloveniji za leta 2013, 2014 in 2015. URL: http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost_letna.html

Otorepec P. Nacionalni inštitut za javno zdravje. Vpliv prašnih delcev na zdravje. URL: <http://www.nijz.si/vpliv-delcev-na-zdravje>

Public health impact of Outdoor Kunzli N, Kaiser R, Medina S et al. (2000). Public-health Impact of Outdoor and Traffic-related Air Pollution: a European Assessment. Lancet, 356, pp 795-801

EPA. Six Common Pollutants. Particulate Matter - Basic Information. URL: <http://www.epa.gov/airquality/particlepollution/basic.html>, datum ogleda: 22. 7. 2014

ARSO. Kakovost zraka. Zakaj nam je tematika pomembna? URL: http://www.arso.gov.si/soer/kakovost_zraka.html

Uredba o kakovosti zunanjega zraka, UL RS št.09/11

Ocena onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom, dušikovimi oksidi, delci PM10, ogljikovim monoksidom, benzenom, težkimi kovinami (Pb, As, Cd, Ni) in policiklicnimi aromatskimi ogljikovodiki (PAH) v Sloveniji, za obdobje 2005-2009, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Ljubljana, oktober 2010

Aphekom. Closing gaps in understanding the impact of air pollution on health. URL: <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/home;jsessionid=07092644707B0793566935C9135AF070>.

Statistični urad RS. Prebivalstvo po velikih in petletnih starostnih skupinah in spolu, naselja, Slovenija, letno. URL: http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Dem_soc/Dem_soc.asp

Agencija Republike Slovenije za okolje, Sektor za kakovost zraka. Podatki pridobljeni po elektronski pošti dne 14. 9. 2016. Pošiljatelj: Podatki so dosegljivi pri avtorjih prispevka.

Podatkovna baza Nacionalnega inštituta za javno zdravje. Podatki pridobljeni po elektronski pošti dne 20. 9. 2016. Pošiljatelj: Podatki so dosegljivi pri avtorjih prispevka.