

**OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI PM<sub>2,5</sub>  
NA UMRLJIVOST V KRAJIH S PREKOMERNO  
ONESNAŽENIM ZRAKOM**  
OPAZOVALNO OBDOBJE ZA OCENO: 2015 - 2017

Naslov naloge: OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI PM<sub>2,5</sub> NA  
UMRLJIVOST V KRAJIH S PREKOMERNO ONESNAŽENIM ZRAKOM  
OPAZOVALNO OBDOBJE ZA OCENO: 2015 – 2017

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

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

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

Datum poročila: 25.2.2019

## 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.....	9
METODE DELA .....	10
REZULTATI .....	14
DEJANSKA UMRLJIVOST .....	14
OCENA ZMANJŠANJA CELOTNE UMRLJIVOSTI.....	14
OCENA SPREMEMB V PRIČAKOVANI ŽIVLJENJSKI DOBI .....	16
OCENA ZMANJŠANJA UMRLJIVOSTI ZARADI BOLEZNI SRCA IN OŽILJA .....	17
UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK.....	18
UGOTOVITVE.....	18
ZAKLJUČEK .....	18
LITERATURA.....	18

## 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 PM<sub>10</sub> 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 povečuje tveganje za pojav pljučnega raka. 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 srčno žilne bolezni je močnejši kot na bolezni dihal. Delci povzročajo motnje srčnega ritma in srčni infarkt. 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 bolezni dihal ter srca in obtočil, na osnovi novejših raziskav povezujejo tudi z nastankom nekaterih bolezni živčevja (Parkinsonova bolezen, Alzheimerjeva bolezen) in presnovnih bolezni (sladkorna bolezen tip 2).

Namen in cilj naloge je oceniti, koliko onesnaženost zraka z delci v krajih s prekomerno onesnaženim zrakom vpliva na celotno umrljivost in umrljivost zaradi kardiovaskularnih bolezni in 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<sub>2,5</sub> na celotno umrljivost in na umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni. 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 srčno žilnih bolezni 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 PM<sub>10</sub>) ter za Koper, Novo Gorico in Velenje (ostali večji slovenski kraji z meritvami onesnaženosti zraka, kjer glede na rezultate meritev zrak z delci PM<sub>10</sub> ni prekomerno onesnažen).

Rezultati pridobljeni z matematičnim modelom nakazujejo, da bi že zmanjšane sedanje stopnje onesnaženosti zraka s PM<sub>2,5</sub> za 5 µg (scenarij 1) v vseh slovenskih krajih z delci prekomerno onesnaženim zrakom pomembno vplivalo na stopnjo celotne umrljivosti in na stopnjo umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja. Če bi se onesnaženost zraka s PM<sub>2,5</sub> 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 2015-2017 giblje med 52 (Trbovlje) in 30 (Kranj), v pogojih scenarija 2 pa med 92 (Trbovlje) in 21 (Velenje) manj prezgodnjih smrti na 100.000 prebivalcev.

Ocenjeno zmanjšanje standardizirane umrljivosti za boleznimi srca in ožilja se v pogojih scenarija 1 za opazovalno obdobje 2015-2017 giblje med 40 (Murska Sobota) in 20 (Kranj), v pogojih scenarija 2 pa med 68 (Trbovlje) in 29 (Velenje) manj prezgodnjih 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.

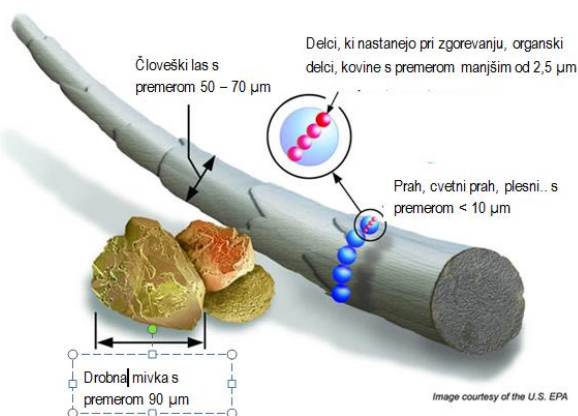
Med najpomembnejšimi oblikami onesnaženosti zraka, ki imajo pomemben vpliv na zdravje ljudi je onesnaženost zraka z delci. Z zmanjšanjem tovrstne onesnaženosti bi lahko pomembno zmanjšali umrljivost povezano z onesnaženostjo zraka.

## 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 PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> v primerjavi s človeškim lasom in drobci mivke<sup>1</sup>

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 PM<sub>10</sub> 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/cm<sup>3</sup>. 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: PM<sub>10</sub> so delci s premerom manjšim od 10 µm, PM<sub>2,5</sub> so delci s premerom manjšim od 2,5 µm, PM<sub>1,0</sub> 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 PM<sub>10</sub> 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 PM<sub>10</sub> približno 70 odstotkov mase delcev, ki so manjši od 2,5 µm. Podobno podatek o onesnaženosti zraka podan s koncentracijo PM<sub>2,5</sub> zajema maso vseh delcev, ki so manjši od 2,5 µm.

<sup>1</sup> 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  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$   $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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
$\text{PM}_{10}$ , mejna vrednost	1 dan	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Dopustno je 35 preseganj v koledarskem letu
$\text{PM}_{10}$ , 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 2017<sup>2</sup>

Onesnaženost zraka z delci PM10 je bila leta 2017 podobna kot leto poprej. Dopustno število preseganj dnevne mejne vrednosti za delce PM10 (35) je bilo v celotnem letu 2017 preseženo na desetih merilnih mestih. Največ, 57 preseganj, je bilo izmerjenih na novem merilnem mestu Celje-Mariborska cesta, sledijo Ljubljana Center (51), Celje (49), Zagorje (46), Murska Sobota-Rakičan (44), Ljubljana- Gospodarsko razstavišče, AMP Gaji Celje, Miklavž na Dravskem Polju in Trbovlje (39) ter prav tako novo merilno mesto Ptuj (38). Vsa preseganja so časovno vezana na zimsko obdobje, ko se ostalim najpomembnejšim virom onesnaževanja zraka (industrija, promet) priključijo še kurišča in ko se pogosto pojavljajo dolgotrajnejše temperaturne inverzije.

Tabela 2 Letno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM10. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je napisano s krepko pisavo. Vir: Agencija <republike Slovenije za okolje. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2017. Ljubljana, november 2018

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
LJ Bežigrad	36	64	71	70	47	46	36	30	43	63	27	22	19	43	36	30
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	/	25	32	51	21	24	12	35	40
LJ Center	/	/	/	/	/	/	/	101	112	74	94	107	74	55	85	66
LJ Gospodarsko	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	39
Maribor	66	129	102	101	108	91	54	35	47	64	34	36	25	34	43	35
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	37	55	27	28	12	17	27	28
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	60	69	45	49	22	40	41	33
Celje	58	100	62	97	59	48	37	42	58	73	55	51	41	70	53	49
CE Mariborska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	57
Trbovlje	52	88	48	157	86	81	72	48	64	68	65	50	33	50	38	39
Zagorje	48	79	82	143	106	99	109	56	68	75	62	48	38	70	51	46
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	51	17	15	10	22	25	19
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	8	15	9	10	19
MS Rakičan	33	58	19	65	54	37	42	30	52	71	44	38	33	47	42	44
Nova Gorica	24	18	33	37	47	40	33	24	25	28	19	12	19	24	15	24
NG Grčna	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21
Koper	/	/	/	/	40	19	11	2	15	21	23	10	16	28	11	18
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	29	79	44	37	3	6	19	9
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1	0	0	0	0	3
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10	3	8	7	6	6
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11	5	11	10	3	7
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	8	7	10	3	21	21
Vnajnarje	/	/	/	/	20	10	/	7	2	12	8	3	0	1	2	8
Pesje	/	17	11	23	24	14	9	12	10	16	2	6	12	9	8	20
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9	0	5	0	1	9
CE Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	35	41	76	45	39
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	3	14
Miklavž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	39
Ptuj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38
Ruše	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	17
MB Tabor	38	42	51	111	132	94	52	24	38	/	/	/	/	/	/	/
Prapretno	/	/	19	15	33	36	25	20	29	49	25	3	2	0	1	/
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/

<sup>2</sup> Povzeto iz poročila Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2017, Agencija Republike Slovenije za okolje.



## 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 povečuje tveganje za pojav pljučnega raka, Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) uvršča delce, ki so posledica gorenja fosilnih goriv, z aerodinamskim premerom do 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) 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 srčno žilne bolezni je močnejši kot na bolezni dihal. Mediatorji vnetnega/oksidativnega stresa, ki se prične v pljuhih, 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 pljuhih se poveča delovanje simpatikusa. Delci povzročajo motnje srčnega ritma in srčni infarkt. 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 bolezni dihal ter srca in obtočil, na osnovi novejših raziskav 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  $\text{PM}_{10}$  na zdravje odvisen od koncentracije delcev in od časa izpostavljenosti.

Epidemiološke študije kažejo na povezavo med kratkotrajno izpostavljenostjo  $\text{PM}_{2,5}$  in  $\text{PM}_{10}$  ter povečano stopnjo umrljivosti predvsem bolnikov z obstoječo pljučno ali srčno – žilno boleznijo.

Dolgotrajna stalna izpostavljenost ima neprimerno večji vpliv na zdravje kot občasna kratkotrajna izpostavljenost večjim koncentracijam  $\text{PM}_{10}$ . V glavnem vse opravljene epidemiološke študije kažejo na povezavo med izpostavljenostjo  $\text{PM}_{10}$  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.

Iz študij je prav tako razvidno, da je odnos med dolgotrajno izpostavljenostjo  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$  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 bolezni 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 APHECOM<sup>3</sup>. Model na osnovi podatkov o dejanski stopnji onesnaženosti zraka, dejanskih podatkov o celotni umrljivosti in umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja ter z epidemiološkimi raziskavami pridobljenih podatkov o stopnji relativnega tveganja za umrljivost zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku (Tabela 3) izračuna specifično stopnjo umrljivosti za obravnavano območje onesnaženosti.

Tabela 3: Stopnja relativnega tveganja (RR) za splošno in srčno-žilno-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	
PM <sub>2.5</sub>	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 2015, 2016 in 2017.

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

- Podatke o številu prebivalcev v starostnih skupinah 30-34, 35-39 ..., 80-84, 85 in več, za vsako občino v obravnavi za leto 2017 na dan 31. 12. 2016 (Tabela 4)
- Podatke o dnevni povprečni onesnaženosti zraka z delci  $PM_{10}$  za triletno obdobje 2014 - 2016, 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  $PM_{10}$  so v vseh obravnavanih mestih. Izračunane letne povprečne vrednosti  $PM_{2,5}$  za kraje v obravnavi prikazuje tabela (Tabela 5)
- 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.

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

Tabela 4: 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. 2017 in primerjava na leto 2016

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	3.451	590	4.045	20.573	7.339	1.155	2.621	1.068	1.121	41.963	3.423	1.851	2.546
35-39 let	4.022	639	4.448	23.101	8.060	1.390	2.765	1.161	1.208	46.794	4.185	2.384	2.532
40-44 let	3.811	589	4.256	21.254	7.490	1.443	2.620	1.084	1.146	43.693	4.151	2.512	2.264
45-49 let	3.393	603	3.947	19.466	7.459	1.426	2.563	1.011	1.116	40.984	3.653	2.284	2.216
50-54 let	3.890	771	4.012	20.220	8.166	1.365	2.757	1.328	1.266	43.775	3.692	2.326	2.653
55-59 let	3.675	836	3.862	18.451	7.929	1.408	2.560	1.373	1.318	41.412	3.636	2.206	2.886
60-64 let	3.686	801	3.653	18.779	8.168	1.513	2.346	1.396	1.218	41.560	3.828	2.430	2.656
65-69 let	2.840	607	3.127	16.788	7.313	1.430	1.904	1.116	963	36.088	3.295	2.231	1.855
70-74 let	2.254	456	2.324	11.674	5.802	1.036	1.434	825	689	26.494	2.070	1.281	1.249
75-79 let	1.889	401	2.095	10.727	4.632	814	1.383	671	613	23.225	2.064	1.458	992
80-84 let	1.399	287	1.563	8.143	3.686	555	975	456	481	17.545	1.473	1.044	678
85-in več	1.179	251	1.274	7.594	3.141	471	745	441	452	15.548	1.270	944	403
Skupaj vse starostne skupine	35.489	6.831	38.606	196.770	79.185	14.006	24.673	11.930	11.591	419.081	36.740	22.951	23.156
% preb. v starosti > 30 let	71,9	74,2	68,9	68,3	71,7	74,3	67,7	73,9	70,0	69,7	71,1	72,2	70,5
Skupaj vsi prebivalci občine	49.376	9.210	56.047	288.250	110.461	18.858	36.435	16.149	16.566	601.352	51.641	31.780	32.848
<b>Leto 2016:</b>													
Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
Skupaj vse starostne skupine	35.236	6.864	38.448	195.569	79.021	14.003	24.594	11.946	11.603	417.284	36.350	22.964	22.930
% preb. v starosti > 30 let	71,6	73,7	68,6	67,9	71,5	74,0	67,4	73,4	69,7	69,4	71,1	72,2	69,9
Skupaj vsi prebivalci občine	49.221	9.314	56.081	288.179	110.543	18.923	36.480	16.282	16.655	601.678	51.140	31.798	32.825

Tabela 5: Letne povprečne vrednosti PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za slovenske kraje s prekomerno onesnaženim zrakom ter Koper, Novo Gorico in Velenje za leta 2015, 2016 in 2017 (Izračunano iz dnevnih povprečnih vrednosti za PM<sub>10</sub>, korekcijski faktor 0,7).

Kraj	LETO			Triletno povprečje*	
	2015	2016	2017	2015-2017	2014-2016
Celje	22,60	22,11	20,85	21,85	21,35
Hrastnik	16,92	15,55	15,84	16,10	15,67
Kranj	17,96	16,27	17,87	17,34	16,47
Ljubljana	19,55	17,11	17,27	18,01	17,57
Maribor	19,66	19,09	19,30	19,35	18,25
Murska Sobota	19,98	18,38	20,15	19,84	18,62
Novo mesto	19,95	18,35	18,86	19,09	18,08
Trbovlje	20,25	18,04	20,43	19,56	18,97
Zagorje ob Savi	22,17	20,52	20,42	21,04	20,86
Koper	16,36	13,51	13,92	14,60	14,41
Nova Gorica	16,58	14,99	15,84	15,81	15,43
Velenje	15,32	13,34	14,38	14,38	14,13

\* Vhodni podatek za izračun scenarijev 1 in 2

Tabela 6: 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 2015 - 2017.

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	9	3	6	27	14	2	3	0	2	66	6	5	8
35-39 let	9	2	5	47	20	6	6	2	4	101	6	4	5
40-44 let	10	1	13	65	24	6	5	4	2	130	15	12	7
45-49 let	12	2	13	76	61	8	8	14	6	200	26	15	18
50-54 let	42	10	31	182	108	16	27	13	14	443	26	23	22
55-59 let	57	15	51	235	172	24	41	45	19	659	59	37	46
60-64 let	89	19	80	481	255	53	66	39	36	1118	79	67	54
65-69 let	98	28	92	564	318	58	76	47	43	1324	103	76	68
70-74 let	131	42	107	601	356	61	85	69	58	1510	103	83	86
75-79 let	155	40	163	839	465	75	141	71	58	2007	176	129	128
80-84 let	223	70	212	1.158	737	125	194	104	85	2908	230	177	157
85-in več	453	138	426	2.465	1.437	240	306	196	196	5857	460	409	201
Skupaj 2015-17	1.288	370	1.199	6.740	3.967	674	958	604	523	16.323	1.289	1.037	800
Skupaj 2014-16	1.263	362	1.181	6.546	3.767	647	954	619	499	15.838	1.264	1.035	800

Tabela 7: 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 2015 - 2017.

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
35-39 let	0	0	0	3	2	1	0	0	0	6	0	0	2
40-44 let	0	0	2	6	2	1	0	2	0	13	2	2	1
45-49 let	2	0	1	9	14	2	3	3	1	35	3	1	4
50-54 let	11	2	6	32	27	2	2	1	3	86	5	9	2
55-59 let	14	5	6	22	29	7	5	1	2	91	15	12	4
60-64 let	19	5	11	84	52	16	16	9	9	221	16	13	11
65-69 let	24	3	17	93	94	11	28	8	9	287	27	16	20
70-74 let	31	13	21	130	96	23	22	19	21	376	27	16	31
75-79 let	52	14	51	259	167	25	41	18	25	652	56	45	47
80-84 let	106	28	75	428	344	67	93	40	30	1211	106	67	66
85-in več	246	77	230	1.385	821	146	173	110	105	3293	271	238	112
Skupaj 2015-17	505	147	420	2.469	1.648	301	383	211	205	6.271	530	419	300
Skupaj 2014-16	463	129	415	2.451	1.592	306	380	219	193	6.166	506	415	310

## REZULTATI

### DEJANSKA UMRLJIVOST

Iz tabele (Tabela 8) je razvidno, da je bila v opazovalnem obdobju 2015-2017 celotna umrljivost, standardizirana na 100.000 prebivalcev, najvišja v Hrastniku, sledijo Trbovlje, Maribor, Murska Sobota, Nova Gorica in Zagorje, kjer se je umrljivost gibala med 1805 (Hrastnik) in 1504 (Zagorje). V spodnji polovici razpredelnice so Novo mesto, Celje, Ljubljana, Koper, Velenje in Kranj, kjer se je umrljivost gibala med 1294 (Novo mesto) in 1035 (Kranj). Pomembnejših razlik med opazovanim obdobjem 2014-2016 in 2015-2017 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 pomembneje ne spreminjajo. Umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja standardizirana na 100.000 prebivalcev je bila v opazovalnem obdobju 2015-2017 najvišja v Hrastniku, sledijo Murska Sobota, Maribor, Nova Gorica, Trbovlje, Zagorje in Novo mesto, kjer se je umrljivost gibala med 717 (Hrastnik) in 517 (Novo mesto). V spodnji polovici razpredelnice so Celje, Kranj, Ljubljana, Koper, in Velenje, kjer se je umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja gibala med 474 (Celje) in 363 (Kranj). Tudi pri umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja pomembnejših razlik med opazovanim obdobjem 2014-2016 in 2015-2017 ni bilo (Tabela 8).

Tabela 8: 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 2015–2017 s primerjavo na obdobje 2014-2016.

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		Umrljivost na 100.000 preb.		Povprečno letno število umrlih		Umrljivost na 100.000 preb.	
Opaz. obdobje	14-16	15-17	14-16	15-17	14-16	15-17	14-16	15-17
Celje	421	429	1195	1210	154	168	438	474
Hrastnik	121	123	1758	1805	43	49	626	717
Kranj	394	400	1024	1035	138	140	360	363
Ljubljana	2182	2247	1116	1142	823	817	421	415
Maribor	1256	1322	1589	1670	531	549	672	694
Murska Sobota	216	225	1540	1604	102	100	782	716
Novo mesto	318	319	1293	1294	127	128	515	517
Trbovlje	206	201	1727	1688	73	70	611	590
Zagorje ob Savi	166	174	1434	1504	64	68	554	590
Koper	421	430	1159	1169	169	177	464	481
Nova Gorica	345	346	1502	1506	415	140	602	609
Velenje	267	267	1163	1136	103	100	451	436

### 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 52 (Hrastnik) in 43 (Zagorje in Nova Gorica) prežgodaj 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) prežgodaj umrlimi na 100.000 prebivalcev (Tabela 9). Ocena temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2015-2017. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2014-2016 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  $PM_{2,5}$  zmanjšala 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 94 (Zagorje) in 63 (Hrastnik) prežgodaj 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 52 (Ljubljana) in 29 (Velenje) prežgodaj smrti na 100.000 prebivalcev na leto (Tabela 9). Ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2015-2017. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2014-2016 pomembnejših razlik v oceni zmanjšanja umrljivosti ni.

Tabela 9: Ocena števila prežgodaj umrlih 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 2015 – 2017 s primerjavo na obdobje 2014-2016.

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 prežgodaj umrlih		Ocena zmanjšanja števila prežgodaj umrlih na 100.000 preb.		Ocena dejanskega zmanjšanja števila prežgodaj umrlih		Ocena zmanjšanja števila prežgodaj umrlih na 100.000 preb.	
	14-16	15-17	14-16	15-17	14-16	15-17	14-16	15-17
Opaz. obdobje	14-16	15-17	14-16	15-17	14-16	15-17	14-16	15-17
Celje	12	12	34	35	27	29	76	81
Hrastnik	3	4	50	52	4	4	57	63
Kranj	11	12	29	30	15	17	38	43
Ljubljana	63	65	32	33	94	103	48	52
Maribor	36	38	46	48	59	70	74	89
Murska Sobota	6	7	44	46	11	12	75	86
Novo mesto	9	9	37	37	15	17	59	67
Trbovlje	6	6	50	49	10	11	89	92
Zagorje ob Savi	5	5	41	43	10	11	88	94
Koper	12	12	33	34	11	11	29	31
Nova Gorica	10	10	43	43	11	12	47	50
Velenje	8	8	33	33	5	7	21	29

## OCENA SPREMEMB V PRIČAKOVANI ŽIVLJENJSKI DOBI

Znižanje onesnaženosti zraka bi se odrazilo tudi v daljši pričakovani življenjski dobi. Ob uresničitvi scenarija 1 se ocenjeno podaljšanje pričakovane življenjske dobe giblje med najmanj 3,5 (Hrastnik) in 4,5 meseci (Ljubljana), ob uresničitvi scenarija 2 pa med 3,1 (Velenje) in 9,9 meseci (Celje). (Tabela 10). Ocena velja za osebe, ki bi bile zmanjšani onesnaženosti izpostavljene od starosti 30 let dalje in temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2015-2017. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2014-2016 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 4, 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 10). Tudi v tem primeru ocena temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2015-2017. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2014-2016 pomembnejših razlik v oceni števila pridobljenih let življenja ni.

Tabela 10: Ocena podaljšanja pričakovane življenjske dobe (meseci) 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 2015-2017 s primerjavo na obdobje 2014-2016.

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 (meseci)		Ocena števila skupnih pridobljenih let življenja		Ocena podaljšanja pričakovane življenjske dobe (meseci)		Ocena števila skupnih pridobljenih let življenja	
	14-16	15-17	14-16	15-17	13-15	14-16	14-16	15-17
Celje	4,2	4,1	250	237	9,7	9,9	573	567
Hrastnik	3,5	3,5	36	35	4,0	4,3	41	42
Kranj	4,4	4,4	307	294	5,7	6,4	400	433
Ljubljana	4,6	4,5	1607	1550	7,0	7,3	2441	2494
Maribor	4,0	3,9	493	478	6,5	7,3	815	898
Murska Sobota	3,8	3,7	78	70	6,6	7,0	134	134
Novo mesto	2,8	3,9	171	171	6,2	7,1	278	312
Trbovlje	4,0	4,0	72	71	7,2	7,7	130	137
Zagorje ob Savi	4,4	3,9	86	74	9,6	8,8	188	164
Koper	4,4	4,2	261	241	3,9	3,9	230	222
Nova Gorica	3,9	3,9	128	122	4,2	4,6	139	141
Velenje	3,6	3,6	154	151	3,0	3,1	127	132



## OCENA ZMANJŠANJA UMRLJIVOSTI ZARADI BOLEZNI SRCA IN OŽILJA

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 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 (Hrastnik, Murska Sobota) in 33 (Zagorje, Trbovlje) prezgodaj 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 29 (Novo mesto) in 20 (Kranj) prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. (Tabela 11). Ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2015-2017. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2014-2016 pomembnejših razlik 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 Maribor, Zagorje, Trbovlje, Celje in Novo mesto. V naštetih krajih se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 73 (Murska Sobota) in 51 (Novo mesto) prezgodaj umrlih 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 48 (Hrastnik) in 21 (Velenje) prezgodnih smrti na 100.000 prebivalcev. (Tabela 11). Tudi v tem primeru ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2015-2017. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2014-2016 pomembnejših razlik ni.

Tabela 11: Ocena števila prezgodnjih smrti 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 2015-2017 s primerjavo na obdobje 2014-2016

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 prezgodaj umrlih		Ocena zmanjšanja števila prezgodaj umrlih na 100.000 preb.		Ocena dejanskega zmanjšanja števila prezgodaj umrlih		Ocena zmanjšanja števila prezgodaj umrlih na 100.000 preb.	
	14-16	15-17	14-16	15-17	14-16	15-17	14-16	15-17
	Celje	8	9	24	26	19	21	53
Hrastnik	2	3	34	40	3	3	39	48
Kranj	8	8	20	20	10	11	25	29
Ljubljana	45	45	23	23	68	71	35	36
Maribor	29	30	37	38	47	55	60	70
Murska Sobota	6	6	40	40	9	10	68	73
Novo mesto	7	7	28	29	11	13	45	51
Trbovlje	4	4	34	33	7	7	59	61
Zagorje ob Savi	3	4	30	33	7	8	64	69
Koper	9	10	26	27	8	9	23	24
Nova Gorica	8	8	33	34	8	9	36	39
Velenje	6	6	28	24	5	5	21	21

## 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 zmanjšali – zmanjšalo bi se število prezgodaj umrlih.
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](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 2015, 2016 in 2017. URL: [http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost\\_letna.html](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](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  $PM_{10}$ , 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>.