

**OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI PM_{2,5}
NA UMRLJIVOST V KRAJIH S PREKOMERNO
ONESNAŽENIM ZRAKOM**
OPAZOVALNO OBDOBJE ZA OCENO: 2017 - 2019

Februar 2021

Naslov naloge: OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI PM_{2,5} NA
UMRLJIVOST V KRAJIH S PREKOMERNO ONESNAŽENIM
ZRAKOM
OPAZOVALNO OBDOBJE ZA OCENO: 2017 – 2019

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: 16. 02.2021

VSEBINA	
POVZETEK	4
UVOD	5
NAMEN IN CILJI.....	5
IZHODIŠČA	6
DELCI KOT ONESNAŽEVALCI ZRAKA.....	6
ONESNAŽENOST ZRAKA Z DELCI V SLOVENIJI v LETU 2019	8
VPLIVI DELCEV NA ZDRAVJE.....	10
METODE DELA.....	11
REZULTATI.....	15
DEJANSKA UMRLJIVOST.....	15
OCENA ZMANJŠANJA CELOTNE UMRLJIVOSTI BREZ ZUNANJIH VZROKOV	15
OCENA ZMANJŠANJA UMRLJIVOSTI ZARADI BOLEZNI SRCA IN ŽILJA.....	16
UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK.....	18
UGOTOVITVE.....	18
ZAKLJUČEK	18
LITERATURA.....	19

POVZETEK

Onesnažen zrak velja za pomemben 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 delcem 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 povečuje tveganje za 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 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 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).

Namen in cilj naloge je oceniti, koliko onesnaženost zraka z delci v krajih s prekomerno onesnaženim zrakom vpliva na celotno umrljivost brez zunanjih vzrokov in na umrljivost zaradi kardiovaskularnih boleznih 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_{2,5} na celotno umrljivost brez zunanjih vzrokov 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 brez zunanjih vzrokov in umrljivosti zaradi srčno žilnih boleznih 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 delci prekomerno onesnaženim zrakom pomembno vplivalo na stopnjo celotne umrljivosti brez zunanjih vzrokov 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 umrljivosti brez zunanjih vzrokov se v pogojih scenarija 1 za opazovalno obdobje 2017-2019 giblje med 49 (Hrastnik) in 29 (Velenje), v pogojih scenarija 2 pa med 86 (Zagorje) in 20 (Koper) manj prezgodnjih smrti na 100.000 prebivalcev.

Ocenjeno zmanjšanje umrljivosti za boleznimi srca in ožilja se v pogojih scenarija 1 za opazovalno obdobje 2017-2019 giblje med 39 (Murska Sobota) in 19 (Kranj), v pogojih scenarija 2 pa med 67 (Zagorje) in 15 (Koper) manj prezgodnjih smrti na 100.000 prebivalcev.

UVOD

Onesnažen zrak velja za zelo pomemben 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 tako velik delež mestnega prebivalstva izpostavljen prekomernim vrednostim delcev, dušikovih oksidov, ozona in benzena v zunanjem zraku.

Po ocenah Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) živi okoli 91% svetovnega prebivalstva v krajih, kjer kakovost zraka presega še dopustne mejne vrednosti za onesnaženost zraka z delci, postavljene s strani SZO.

V Evropi (EU-28) je bilo v letu 2017 44% mestnega prebivalstva izpostavljenega koncentracijam, ki so presegale letno mejno povprečno vrednost SZO za delce PM₁₀ (20 µg / m³). V obdobju 2000–2017 se je delež mestnega prebivalstva, izpostavljenega vrednostim nad omenjeno mejno vrednostjo, gibal med 42% in 91 % (maksimum v letu 2003). Podobno velja tudi glede izpostavljenosti delcem PM_{2,5}. Leta 2017 je bil delež mestnih prebivalcev v EU-28, ki so bili izpostavljeni preseženi letni mejni povprečni vrednosti SZO za PM_{2,5} (10 µg/m³), 77%.

Številne epidemiološke raziskave dokazujejo, da lahko onesnažen zrak pomembno vpliva na zdravje ljudi. Po ocenah SZO povzroči onesnaženost zunanjega zraka na letni ravni globalno okoli 4,2 milijona prezgodnjih smrti zaradi možganske kapi, bolezni srca, pljučnega raka in kroničnih bolezni dihal.

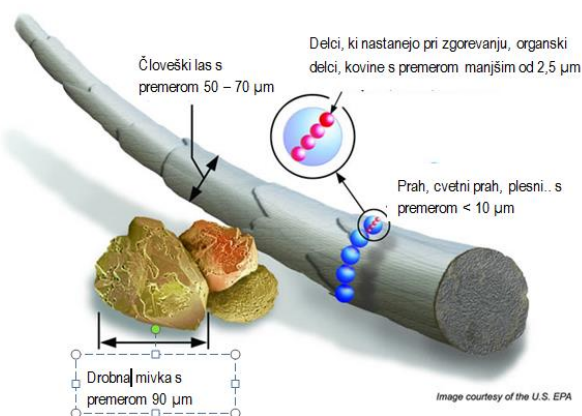
Med najpomembnejšimi oblikami onesnaženosti zraka, ki imajo pomemben vpliv na zdravje ljudi je onesnaženost zraka z delci. Z zmanjšanjem tovrstne onesnaženosti bi lahko pomembno zmanjšali umrljivost povezano z onesnaženostjo zraka.

NAMEN IN CILJI

Namen in cilj naloge je oceniti, koliko onesnaženost zraka z delci v krajih s prekomerno onesnaženim zrakom vpliva na celotno umrljivost brez zunanjih vzrokov 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 jih 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 drobci 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 poti 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 pa 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 (Uradni list RS, št. 9/11, 8/15 in 66/18). 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 za delce PM_{10} 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 2019²

Leta 2019 je vremenska situacija v Sloveniji v zimskih mesecih ugodno vplivala na onesnaženost zraka, saj so bile ravni delcev PM₁₀ nižje kot leto poprej. Odsotnost dolgotrajnih temperaturnih obratov v zimskem obdobju je omogočila boljše razredčevanje izpustov. Število prekoračitev mejne dnevne vrednosti za delce PM₁₀ (50 µg/m³) je v letu 2019 preseglo vrednost 35, ki je dovoljena za celo leto, le na dveh prometnih merilnih mestih. V Celju na Mariborski cesti je bilo 43 prekoračitev in na merilnem mestu Ljubljana Center 37 prekoračitev. V letu 2018 je bilo merilnih mest s prekoračitvami šest, 2017 pa deset, kar je bilo v veliki meri pogojeno z vremenskimi razmerami. Do večine preseganj v letu 2019 je prišlo v prvih dveh mesecih leta, ko so bili pogosti temperaturni obrati. Ti onemogočajo razredčevanje izpustov iz malih kurilnih naprav in prometa, ki sta največja vira delcev PM₁₀. Novembra in decembra so prevladovali ugodne vremenske razmere z veliko padavinami, ki spirajo ozračje, zato so bile ravni delcev večino tega obdobja nizke.

Letna mejna vrednost za delce PM₁₀ v letu 2019 ni bila presežena na nobenem merilnem mestu. Najvišja povprečna letna vrednost 34 µg/m³ je bila tako kot vrsto let zabeležena na prometnem merilnem mestu Ljubljana Center.

V tabeli 2 so prikazani trendi onesnaženosti v obdobju med 2002 in 2019, ki kažejo, da so zadnja leta izmerjene zelo podobne ravni delcev PM₁₀. Medletna nihanja ravni PM₁₀ so predvsem posledica različnih meteoroloških razmer v posameznem letu. Kljub temu je v obdobju od leta 2005 naprej, predvsem na urbanih lokacijah, opazen trend zmanjševanja ravni delcev. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov iz industrije. Na kmetijsko podeželskih merilnih mestih ni opaznega večjega trenda zmanjševanja. V Žerjavu je bilo zabeleženo veliko znižanje ravni delcev in preseganj mejne dnevne vrednosti v letu 2014. Razlog je v prestavitvi vzorčevalnika sredi leta 2013 izven neposrednega vpliva izpusta iz dimnika bližnje hiše.

² Povzeto iz poročila Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2019, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana 2020

Tabela 2: Povprečne letne ravni PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Vrednosti, ki presegajo letno mejno vrednost, so napisane s krepko pisavo.²

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
LJ Bežigrad	42	46	41	37	33	32	30	29	30	32	26	24	23	28	24	25	27	21
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	26	27	30	27	26	22	27	27	25	21	19
LJ Center	/	/	/	/	/	/	44	48	42	44	45	41	38	40	40	33	35	34
LJ Gospodarsko	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	29	24	24
Maribor	50	58	48	43	43	40	34	30	33	34	30	30	27	28	27	28	28	23
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	32	30	26	25	22	26	23	26	22	19
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	31	32	28	27	23	28	26	27	26	21
Celje	46	53	41	43	35	32	30	31	32	35	31	29	28	32	32	30	28	26
CE Mariborska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	33	31	29
Trbovlje	47	52	40	55	40	37	38	33	34	35	32	30	27	29	26	29	27	22
Zagorje	47	51	44	52	46	41	44	36	36	37	32	29	28	32	29	29	32	25
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	27	30	24	23	21	24	22	23	22	20
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22	21	20	22	19	21	19	17
MS Rakičan	40	43	32	37	34	30	30	29	30	33	29	28	25	29	26	29	26	21
MS Cankarjeva	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	30	26
Nova Gorica	39	37	35	34	32	33	31	28	29	27	24	22	21	24	21	23	20	20
NG Grčna	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	24	23
Koper	/	/	/	/	31	29	25	23	25	27	24	20	19	23	19	20	18	17
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	26	34	29	26	21	25	23	21	23	20
Iskrba	/	/	/	16	16	15	16	16	14	17	15	13	11	13	11	12	14	11
Morsko	/	/	/	/	/	23	22	20	19	21	20	16	15	18	16	18	15	15
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	24	26	23	20	23	21	18	17	20	17	19	17	17
MB Vrbanški	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	24	20	19	21	20	20	21	18
Vnajnarje	/	/	/	/	26	22	/	23	20	26	23	24	18	16	17	21	/	/
Pesje	/	31	25	27	28	21	20	22	22	22	20	23	23	24	23	24	19	16
Škale	/	27	23	23	26	24	22	24	23	23	22	17	17	17	16	17	17	15
CE Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	29	35	27	25	29	24
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	13	16	19	20	21	18
Miklavž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	27	29	28	25
Ptuj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	25	22
Ruše	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	22	22
MB Tabor	40	42	38	43	47	40	35	30	31	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Prapretno	/	/	30	28	34	33	29	31	29	34	28	22	19	21	18	/	/	/
Medvode	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	20	15
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	14	12	13*	/	/	/	/
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	11	11	12*	/	/	/	/

VPLIVI DELCEV NA ZDRAVJE

Delci vstopajo v telo preko 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 μm (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 bolezni srca in žilja 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 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 žilja, 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 negativen učinek 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 PM_{10} ter povečano stopnjo umrljivosti predvsem bolnikov z obstoječo boleznijo dihal ali srca in žilja.

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 žilja 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 PM_{10} in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi pljuč ter srca in žilja linearen. Delci v zraku večajo umrljivost za boleznimi dihal, srca in žilja, kar je v skladu z mehanizmom delovanja. Življenje v okolju s PM_{10} poveča tveganje za umrljivost za boleznimi dihal in boleznimi srca in žilja, 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 brez zunanjih vzrokov in na umrljivost zaradi bolezni srca in žilja. 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 brez zunanjih vzrokov in umrljivosti zaradi bolezni srca in žilja 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 $PM_{2,5}$, v koncentraciji, 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 brez zunanjih vzrokov	1,02	1,06	1,11	Pope in sod. , 2002
	Srčno žilna umrljivost	1,08	1,12	1,15	Pope and al, 2004

V modelnih izračunih so bile upoštevanje osebe 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 2017, 2018 in 2019.

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 2019 na dan 31. 12. 2019 (Tabela 4)
- Podatke o dnevni povprečni onesnaženosti zraka z delci PM_{10} za triletno obdobje 2017 - 2019, 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)

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 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 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. 2019 in primerjava na leto 2018

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	3.434	575	3.885	20.492	7.330	1.160	2.663	1.075	1.072	41.686	3.420	1.831	2.497
35-39 let	3.932	622	4.343	22.913	7.935	1.292	2.807	1.137	1.166	46.147	4.057	2.283	2.554
40-44 let	3.990	614	4.360	22.327	7.813	1.448	2.703	1.117	1.167	45.539	4.280	2.518	2.530
45-49 let	3.426	574	4.014	19.852	7.417	1.404	2.550	986	1.117	41.340	3.785	2.334	2.135
50-54 let	3.738	731	3.959	20.026	8.012	1.394	2.731	1.215	1.242	43.048	3.787	2.357	2.463
55-59 let	3.678	812	3.888	18.704	7.982	1.355	2.625	1.383	1.270	41.697	3.645	2.251	2.745
60-64 let	3.551	822	3.584	18.213	7.883	1.483	2.394	1.355	1.248	40.533	3.706	2.233	2.775
65-69 let	3.095	643	3.259	17.303	7.605	1.441	2.027	1.181	1.070	37.624	3.438	2.389	2.223
70-74 let	2.202	457	2.399	12.449	5.657	1.111	1.432	827	674	27.208	2.336	1.420	1.356
75-79 let	2.017	413	2.154	10.626	5.177	882	1.378	763	655	24.065	2.002	1.429	1.061
80-84 let	1.467	282	1.629	8.405	3.559	573	991	440	459	17.805	1.515	1.091	766
85-in več	1.215	268	1.349	7.969	3.385	510	817	461	474	16.448	1.356	1.018	496
Skupaj vse starostne skupine	35.745	6.813	38.823	199.279	79.755	14.053	25.118	11.940	11.614	423.140	37.327	23.154	23.601
% preb. v starosti > 30 let	72	74	69	68	71	75	68	75	71	70	71	73	71
Skupaj vsi prebivalci občine	49.473	9.154	56.267	292.988	112.065	18.730	37.063	16.018	16.434	608.192	52.234	31.799	33.293

Leto 2018:

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
Skupaj vse starostne skupine	35.723	6.839	38.588	198.021	79.300	13.989	24.961	11.900	11.615	420.936	37.069	22.999	23.379
% preb. v starosti > 30 let	72	74	69	68	72	75	68	74	70	70	72	73	71
Skupaj vsi prebivalci občine	49.538	9.191	55.795	289.832	110.513	18.752	36.769	16.041	16.476	602.907	51.828	31.691	32.959

Tabela 5: Letne povprečne vrednosti PM_{2,5} (µg/m³) za slovenske kraje s prekomerno onesnaženim zrakom ter Koper, Novo Gorico in Velenje za leta 2017, 2018 in 2019 (Izračunano iz dnevnih povprečnih vrednosti za PM₁₀, korekcijski faktor 0,7).

Kraj	LETO			Triletno povprečje*	
	2017	2018	2019	2016-2018	2017-2019
Celje	20,85	19,18	18,14	20,93	19,36
Hrastnik	15,84	15,15	13,67	15,51	14,88
Kranj	17,87	15,67	13,53	16,59	15,61
Ljubljana	17,27	18,72	14,86	17,72	16,93
Maribor	19,30	19,52	15,77	19,30	18,19
Murska Sobota	20,15	18,13	14,91	18,88	17,69
Novo mesto	18,86	18,36	14,97	18,52	17,29
Trbovlje	20,43	18,82	15,46	19,07	17,04
Zagorje ob Savi	20,42	22,59	17,62	21,18	19,79
Koper	13,92	12,88	11,73	13,43	12,82
Nova Gorica	15,84	14,12	14,04	14,98	14,64
Velenje	14,38	13,59	Ni podatka	13,87	13,99**

* Vhodni podatek za izračun scenarijev 1 in 2

** Povprečje za obdobje 2017-2018

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 2017 - 2019.

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	4	2	2	21	13	1	2	1	0	46	6	1	1
35-39 let	10	0	5	43	17	2	9	4	3	93	8	3	3
40-44 let	8	2	18	51	20	6	4	4	2	115	12	15	5
45-49 let	18	4	20	72	45	3	8	4	5	179	18	13	8
50-54 let	37	8	34	173	102	17	23	13	10	417	28	18	15
55-59 let	54	12	48	261	139	15	40	29	20	618	44	40	36
60-64 let	96	30	73	423	250	50	62	43	33	1.060	83	51	70
65-69 let	116	24	113	608	342	66	73	43	39	1.424	129	90	80
70-74 let	139	36	127	647	336	70	81	60	46	1.542	106	70	69
75-79 let	172	47	149	817	515	94	147	73	56	2.070	187	113	107
80-84 let	230	63	205	1.100	694	106	201	99	85	2.783	248	154	134
85-in več	466	119	415	2.733	1.406	242	356	197	239	6.173	530	407	183

Skupaj 2017-19	1.350	347	1.209	6.949	3.879	672	1.006	570	538	16.520	1.399	975	711
Skupaj 2016-18	1.326	371	1.246	6.914	3.960	672	982	597	523	16.591	1.370	992	755

Tabela 7: Skupno število umrlih zaradi srčno žilnih bolezni (ICD-9 kode: 390-459, ICD-10 kode: I00-I99) po posameznih starostnih skupinah v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju v obdobju 2017 - 2019.

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
35-39 let	2	0	0	7	3	0	0	0	1	13	1	0	0
40-44 let	1	1	3	7	3	1	0	1	0	17	0	2	2
45-49 let	6	1	3	11	11	0	0	2	0	34	2	1	2
50-54 let	13	2	5	24	18	1	4	4	5	76	4	3	5
55-59 let	15	2	8	33	21	3	5	4	3	94	7	10	7
60-64 let	23	6	12	64	49	11	17	8	6	196	18	14	11
65-69 let	36	2	25	111	82	15	13	11	6	301	22	12	27
70-74 let	34	12	27	144	91	30	22	20	16	396	25	16	18
75-79 let	62	8	40	226	178	39	41	22	25	641	63	38	43
80-84 let	102	27	74	404	306	52	80	37	32	1114	105	63	53
85-in več	244	67	199	1498	801	144	202	96	128	3379	289	241	94
Skupaj 2017-19	538	128	396	2530	1563	296	384	205	222	6262	537	400	262
Skupaj 2016-18	528	138	410	2.481	1.591	286	378	204	211	6.227	527	394	294

REZULTATI

DEJANSKA UMRLJIVOST

Iz tabele (Tabela 8) je razvidno, da je bila v opazovalnem obdobju 2017-2019 celotna umrljivost (brez zunanjih vzrokov) na 100.000 prebivalcev, najvišja v Hrastniku, sledijo Maribor, Trbovlje, Murska Sobota in Zagorje, kjer se je umrljivost gibala med 1698 (Hrastnik) in 1544 (Zagorje). V spodnji polovici razpredelnice so Nova Gorica, Novo mesto, Celje, Koper, Ljubljana, Kranj in Velenje, kjer se je umrljivost gibala med 1404 (Nova Gorica) in 1004 (Velenje). Pomembnejših razlik med opazovanim obdobjem 2016-2018 in 2017-2019 ni bilo.

Vrstni red obravnavanih krajev glede na umrljivost zaradi bolezni srca in žilja se nekoliko razlikuje od prej opisanega, skupine krajev v zgornji in spodnji polovici razpredelnice pa se pomembneje ne spreminjajo. Umrljivost zaradi bolezni srca in žilja na 100.000 prebivalcev je bila v opazovalnem obdobju 2017-2019 najvišja v Murski Soboti, sledijo Zagorje, Maribor, Hrastnik, Nova Gorica in Trbovlje ter Novo mesto, kjer se je umrljivost gibala med 702 (Murska Sobota) in 510 (Novo mesto). V spodnji polovici razpredelnice so Celje, Koper, Ljubljana, Koper, Velenje in Kranj, kjer se je umrljivost zaradi bolezni srca in žilja gibala med 502 (Celje) in 340 (Kranj). Tudi pri umrljivosti zaradi bolezni srca in žilja pomembnejših razlik med opazovanim obdobjem 2016-2018 in 2017-2019 ni bilo (Tabela 8).

Tabela 8: Letno povprečno število umrlih in letna stopnja umrljivosti na 100.000 prebivalcev za celotno umrljivost brez zunanjih vzrokov in umrljivost zaradi bolezni srca in žilja v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, obdobje 2017–2019 s primerjavo na obdobje 2016-2018.

Kraj	Celotna umrljivost brez zunanjih vzrokov				Srčno žilna umrljivost			
	Povprečno letno število umrlih		Umrljivost na 100.000 preb.		Povprečno letno število umrlih		Umrljivost na 100.000 preb.	
Opaz. obdobje	16-18	17-19	16-18	17-19	16-18	17-19	16-18	17-19
Celje	442	450	1237	1259	176	179	493	502
Hrastnik	124	116	1808	1698	46	43	673	626
Kranj	415	403	1076	1038	137	132	354	340
Ljubljana	2305	2316	1164	1162	827	843	418	423
Maribor	1320	1293	1665	1621	530	521	669	635
Murska Sobota	224	224	1601	1594	95	99	681	702
Novo mesto	327	335	1311	1335	126	128	505	510
Trbovlje	199	190	1672	1591	68	68	571	572
Zagorje ob Savi	174	179	1501	1544	70	74	606	637
Koper	457	466	1232	1249	176	179	474	480
Nova Gorica	331	325	1438	1404	131	133	571	576
Velenje	252	237	1076	1004	98	87	419	370

OCENA ZMANJŠANJA CELOTNE UMRLJIVOSTI BREZ ZUNANJIH VZROKOV

V primeru, da bi se uresničil scenarij 1, to je zmanjšane onesnaženosti zraka s PM_{2,5} za 5 µg/m³ zraka, bi bil učinek ukrepa glede na celotno umrljivost (brez zunanjih vzrokov) na 100.000 prebivalcev največji v Hrastniku, Mariboru, Trbovljah, Murski Soboti, Zagorju in Novi Gorici. S pomočjo matematičnega modela ocenjeni pozitivni učinek ukrepa se v prej navedenih krajih giblje med 49 (Hrastnik) in 40 (Nova Gorica) prežgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice so Novo Mesto, Celje, Koper, Ljubljana, Kranj in Velenje, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 36 (Novo

mesto) in 29 (Velenje) prezgodaj umrlimi na 100.000 prebivalcev (Tabela 9). Ocena temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2017-2019 V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2016-2018 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 µg/m³ pa ocena učinka ukrepa ponudi precej drugačno razporeditev krajev kot v zgoraj opisanem primeru. Učinek ukrepa glede na celotno umrljivost brez zunanjih vzrokov na 100.000 prebivalcev bi bil največji v Zagorju, Mariboru, Murski Soboti, Celju, Trbovljah in Novem mestu, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 86 (Zagorje) in 56 (Novo mesto) prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice pa so Hrastnik, Ljubljana, Nova Gorica, Kranj, Velenje in Koper kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 46 (Ljubljana) in 20 (Koper) prezgodnjih 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 2016-2018. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2015-2017 pomembnejših razlik v oceni zmanjšanja umrljivosti ni.

Tabela 9: Ocena zmanjšanja števila prezgodaj umrlih prikazana kot celotna umrljivost brez zunanjih vzrokov 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 µg/m³ oziroma na 10 µg/m³, glede na stanje onesnaženosti zraka v obdobju 2017–2019 s primerjavo na obdobje 2016-2018.

Kraj	Scenarij 1: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s PM _{2,5} za 5 µg/m ³				Scenarij 2: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s PM _{2,5} na 10 µg/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.	
	16-18	17-19	16-18	17-19	16-18	17-19	16-18	17-19
Opaz. obdobje	16-18	17-19	16-18	17-19	16-18	17-19	16-18	17-19
Celje	13	13	36	36	27	25	76	69
Hrastnik	4	3	52	49	4	3	57	48
Kranj	12	12	31	30	16	13	41	33
Ljubljana	66	67	33	33	101	92	51	46
Maribor	38	37	48	47	70	60	88	76
Murska Sobota	6	6	46	46	11	10	81	70
Novo mesto	9	7	38	38	16	14	63	56
Trbovlje	6	6	48	46	10	8	86	64
Zagorje ob Savi	5	5	43	44	11	10	95	86
Koper	13	13	35	36	9	8	24	20
Nova Gorica	10	9	41	40	10	9	41	37
Velenje	7	7	31	29	6	5	23	23

OCENA ZMANJŠANJA UMRLJIVOSTI ZARADI BOLEZNI SRCA IN ŽILJA

V primeru, da bi se uresničil scenarij 1, to je zmanjšane onesnaženosti zraka s PM_{2,5} za 5 µg/m³ zraka, bi bil učinek ukrepa glede na umrljivost zaradi bolezni srca in žilja na 100.000 prebivalcev največji v Murski Soboti, Mariboru, Hrastniku, Zagorju ob Savi, Trbovljah in Novi Gorici. S pomočjo matematičnega modela ocenjeni pozitivni učinek zmanjšanja onesnaženosti zraka na stopnjo

umrljivosti za boleznimi srca in žilja se v prej navedenih krajih giblje med 39 (Murska Sobota) in 32 (Nova Gorica, Trbovlje) manj prezgodaj 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 28 (Novo mesto, Celje) in 19 (Kranj) manj prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. (Tabela 10). Ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2017-2019. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2016-2018 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 boleznih srca in ožilja standardizirano na 100.000 prebivalcev bi bil največji v Zagorju, sledijo pa Murska Sobota, Maribor, Celje, Trbovlje in Novo mesto. V naštetih krajih se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 67 (Zagorje) in 40 (Novo mesto) manj prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice so Hrastnik, Ljubljana, Nova Gorica, Kranj, Velenje in Koper, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 34 (Hrastnik) in 15 (Koper) manj prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. (Tabela 10). Tudi v tem primeru ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2017-2019. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2016-2018 pomembnejših razlik ni.

Tabela 10: Ocena zmanjšanja števila prezgodnjih smrti zaradi boleznih srca in žilja 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 2017–2019 s primerjavo na obdobje 2016-2018.

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.	
	16-18	17-19	16-18	17-19	16-18	17-19	16-18	17-19
Celje	10	10	27	28	21	19	57	52
Hrastnik	3	2	37	36	3	2	41	34
Kranj	8	7	20	19	10	8	26	21
Ljubljana	46	47	23	23	70	64	35	32
Maribor	29	29	37	36	53	46	67	58
Murska Sobota	5	5	38	39	9	8	65	59
Novo mesto	7	7	28	28	12	10	47	40
Trbovlje	4	4	32	32	7	5	56	44
Zagorje ob Savi	4	4	33	35	8	8	72	67
Koper	10	10	26	26	7	6	18	15
Nova Gorica	7	7	32	32	7	7	31	30
Velenje	5	5	23	20	4	4	18	16

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 brez zunanjih vzrokov in na stopnjo umrljivosti zaradi bolezni srca in žilja. Obe stopnji umrljivosti bi se zmanjšali – zmanjšalo bi se število prežgodaj 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.

ZAKLJUČEK

Število prežgodnjih 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 2017, 2018.in 2019. URL: http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost_letna.html
- Povprečne dnevne koncentracije delcev PM₁₀ v letu 2019. URL: <https://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/>
- Otorepec P. Nacionalni inštitut za javno zdravje. Vpliv prašnih delcev na zdravje. URL: <http://www.nijz.si/vpliv-delcev-na-zdravje>
- Kunzli N, Kajser 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>.
- Prebivalstvo po izbranih starostnih skupinah in spolu, občine, Slovenija, polletno. URL: https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/10_Dem_soc/10_Dem_soc_05_prebivalstvo_10_stevilo_preb_20_05C40_prebivalstvo_obcine/?tablelist=true
- NIJZ Podatkovni portal, Zdravstveno stanje prebivalstva. URL: https://podatki.nijz.si/pxweb/sl/NIJZ%20podatkovni%20portal/?px_language=sl&px_db=NIJZ+podatkovni+portal&rxid=21b24233-3f86-47d3-b7ac-72ceb5a68430
- NIJZ. Povišane ravni delcev PM₁₀ v zraku - priporočila za prebivalce. URL: <https://www.nijz.si/sl/povisane-ravni-delcev-pm10-v-zraku-priporocila-za-prebivalce>
- WHO. Ambient Air pollution. Pridobljeno 22.2.2021 na: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/ambient-air-pollution>
- Air quality in Europe - 2019 Report. EEA Report No 10/2019. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>