

Vrednotenje vpliva onesnaženosti zunanjega zraka na zdravje otrok – primer Zagorja ob Savi

Evaluation of Outdoor Air Pollution Impact on Children's Health - Zagorje ob Savi Case

Andreja Kukec¹, Jerneja Farkaš-Lainščak¹, Lijana Zaletel-Kragelj^{1,*}

¹Center za javno zdravje, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani / Zaloška cesta 4, 1000 Ljubljana

E-Mail: lijana.kragelj@mf.uni-lj.si

*Avtor za korespondenco; Tel.: +386 1 543 75 40; Fax: +386 1 543 75 41

Izvleček: Onesnaženost zunanjega zraka predstavlja danes velik javnozdravstveni problem. Ena izmed najbolj ogroženih populacijskih skupin v povezavi z onesnaženostjo zunanjega zraka so otroci. Namen naše raziskave je bil oceniti časovno povezanost med številom obiskov otrok zaradi bolezni dihal in onesnaženostjo zunanjega zraka v občini Zagorje ob Savi. Ekološka študija časovnega trenda je bila izvedena za obdobje od 1. januarja 2006 do 31. decembra 2011. Opazovana populacijska skupina so bili otroci stari od 1 do 11 let s stalnim prebivališčem v občini Zagorje ob Savi, ki so zaradi bolezni dihal obiskali zdravstveni dom. Imisijske podatke smo pridobili iz stalne merilne postaje v občini Zagorje ob Savi. Za oceno povezanosti med opazovanim zdravstvenim izidom, pojasnjevalnimi spremenljivkami in pojasnjevalnimi dejavniki smo uporabili Poissonov regresijski model. Rezultati modela z več onesnaževali kažejo, da je v občini Zagorje ob Savi pozitivna časovna povezanost med številom obiskov in koncentracijo prašnih delcev premera 10 mikrometrov ($p < 0,001$) ter koncentracijo ozona ($p = 0,003$).

Ključne besede: onesnaženost zunanjega zraka, bolezni dihal, otroci, prašni delci, ozon.

Abstract: Outdoor air pollution is one of major public health concerns of today. Regarding outdoor air pollution, children are one of the most vulnerable groups. The aim of our study was to assess temporal association between number of consultations due to respiratory diseases in children and outdoor air pollution in municipality of Zagorje ob Savi. A time-trend ecological study was carried out for the period between January 1, 2006 and December 31, 2011. The study population consisted of children, aged 1-11 years, residing in the municipality of Zagorje ob Savi, who visited the Community Health Centre due to respiratory diseases. Immission data were obtained from the fixed measuring station in the municipality of Zagorje ob Savi. The association between the observed outcome, explanatory factors and covariates was analysed using Poisson regression model. The results of multi-pollutant model showed that in municipality of Zagorje ob Savi is a positive temporal association between the number of consultations and concentration of particulate matter 10 micrometers in diameter ($p < 0.001$) and concentration of ozone ($p = 0.003$).

Key words: outdoor air pollution, respiratory diseases, children, particulate matter, ozone.

1. Uvod

Slaba kakovost zunanjega zraka v Sloveniji predstavlja velik javnozdravstveni problem (1). Temu okoljskemu dejavniku tveganja je bolj ali manj izpostavljeno celotno prebivalstvo (2, 3). V zunanjem zraku je prisotna mešanica različnih onesnaževal, najpomembnejša med njimi so prašni delci premera 10 mikrometrov (PM_{10}), žveplov dioksid (SO_2), dušikov dioksid (NO_2) in ozon (O_3). Med boleznimi, ki jih povezujemo s slabo kakovostjo zunanjega zraka, so boleznih dihal in boleznih srca in žilja (2-11).

Kljub temu, da povezanost med onesnaženostjo zunanjega zraka in omenjenimi bolezenskimi skupinami potrjujejo rezultati številnih raziskav (2-11), je za obvladovanje tega javnozdravstvenega problema v lokalnem prebivalstvu smiselno izvesti študije, na podlagi katerih lahko izvedemo z dokazi podprte javnozdravstvene ukrepe (9, 12). V ta namen je dovolj izvajati le raziskave na populacijski ravni z uporabo zdravstvenih in okoljskih podatkov, ki se rutinsko zbirajo (13, 14). Ideja o povezovanju zdravstvenih in okoljskih podatkov za podporo pri oblikovanju in izvajanju medsektorskih politik s področja okolja in zdravja v svetu ni nova (15, 16). Ne glede na to, da je Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) priporočila metodologijo sklapljanja okoljskih in zdravstvenih podatkov z dokazi podprtega odločanja že pred skoraj dvajsetimi leti (15, 16), se v Sloveniji do nedavnega še nismo lotili tovrstnih raziskav, saj sta sektorja, ki morata biti nujno vpletena v ta proces (zdravstveni in okoljski sektor), do sedaj delovala preveč izolirano eden od drugega. Na obeh straneh sicer obstajajo številne študije, ki pa so večinoma enostranske (proučujejo samo zdravje ljudi ali samo stopnjo onesnaženosti okolja).

Za ocenjevanje povezanosti med onesnaženostjo zraka in učinki na zdravje na določenem območju niso primerne vse populacijske skupine. Najbolj primerni so otroci, ki se na opazovanem območju v primerjavi z odraslimi zadržujejo čim bolj konstantno in so izpostavljeni manjšemu številu potencialnih motečih dejavnikov. Na drugi strani pa je potrebno pri oceni izpostavljenosti onesnaženosti zunanjega zraka upoštevati razlike med otroci in odraslimi. Razlike se kažejo v fizioloških lastnostih (otroci imajo ožje dihalne poti, hitreje dihaljo, njihova dihalna in imunski odziv se še razvijajo) in vedenjskih navadah (otroci več časa preživijo na prostem in se več gibljejo). Prav tako je volumen zraka, ki ga otroci vdihajo na kilogram telesne teže v časovni enoti, dvakrat večji kot pri odraslih (3-5, 9, 10).

Z vidika onesnaženosti zunanjega zraka so še posebej kritična območja ozkih dolin. Takšnih dolin je v Sloveniji veliko, pogosto pa se v njihovem dnu nahajajo viri emisij, vključno s prometnimi žilami, naselji in industrijo (9). Eno takšnih območij je Zasavje, ki je sestavljeno iz treh bolj ali manj ozkih dolin. Že vrsto let predstavlja Zasavje eno izmed najbolj onesnaženih

območij v Sloveniji. Trbovlje, Hrastnik in Zagorje ob Savi so kraji, močno zaznamovani zaradi rudarjenja, proizvodnje električne energije in v preteklosti tudi industrije. Z vidika onesnaženosti okolja so najbolj kritične razmere pozimi, ko se zaradi temperaturnih inverzij onesnažen zrak več dni zadržuje na tem območju. V takšnih razmerah lahko že sorazmerno majhne emisije povzročajo občutno onesnaženost zraka (17, 18). Problem slabega zdravja prebivalcev Zasavja v povezavi z onesnaženostjo okolja na tem območju Slovenije je že dolgo v ospredju problemov tako zdravstvenega kot tudi okoljskega sektorja (17-23).

Z namenom, da bi zagotovili podporo pri oblikovanju in izvajanju medsektorskih politik s področja okolja in zdravja na območju Zasavja, smo si zadali za cilj oceniti časovno povezanost med obiski otrok zaradi boleznih dihal v primarnem zdravstvenem varstvu in onesnaženostjo zunanjega zraka v občini Zagorje ob Savi.

2. Metode

2.1. Vrsta raziskave in območje opazovanja

Raziskava je bila del večjega projekta, ki je bil izveden na Katedri za javno zdravje Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani v obdobju od 2010 do 2012. Za oceno povezanosti med zdravstvenimi in okoljskimi podatki je bila uporabljena ekološka raziskava časovnega trenda in prostorske variabilnosti (9). Projekt je bil odobren s strani Komisije Republike Slovenije za medicinsko etiko.

Območje opazovanja je bila občina Zagorje ob Savi, ki je ena izmed treh občin v Zasavju (Slika 1).

2.2. Obdobje opazovanja in opazovana populacija

Opazovana populacija so bili otroci, stari od 1 do 11 let, ki so imeli v obdobju od 1.1.2006 do 31.12.2011 stalno prebivališče v občini Zagorje ob Savi in so bili obravnavani v Zdravstvenem domu Zagorje ob Savi (ZDZ) zaradi boleznih dihal.



Slika 1. Zasavje z mejami občin, hidrografijo in cestnimi povezavami.

2.3. Pridobivanje zdravstvenih in okoljskih podatkov

Zdravstveni podatki so bili pridobljeni iz zdravstveno-informacijskega sistema ZDZ. Opazovani so bili prvi obiski zaradi naslednjih izbranih diagnoz bolezni dihal po Mednarodni klasifikaciji bolezni, poškodb in vzrokov smrti verzija 10 (MKB-10):

- J00-J06 (akutne infekcije zgornjih dihal),
- J10-J18 (gripa in pljučnica),
- J20-J22 (druge akutne infekcije spodnjih dihal),
- J30-J32 (druge bolezni zgornjih dihal) in
- J40-J46 (kronične bolezni spodnjih dihal).

Imisijski podatki o onesnaženosti zunanjega zraka so bili pridobljeni iz Državne mreže kakovosti zunanjega zraka (DMKZ), ki jo upravlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO).

Iz merilne postaje v Zagorju ob Savi so bili pridobljeni imisijski podatki za naslednja onesnaževala v zunanjem zraku:

- koncentracija PM_{10} (v $\mu g/m^3$),
- koncentracija SO_2 (v $\mu g/m^3$),
- koncentracija O_3 (v $\mu g/m^3$)

ter za naslednje meteorološke parametre:

- temperatura zraka (v $^{\circ}C$) in
- relativna vlažnost zraka (v %).

V analizo so bili vključeni naslednji podatki o sezonskih dejavnikih: sezona v letu (poletje, jesen, zima, pomlad), delovni dan (da/ne), počitnice (da/ne) in podatki o epidemiji gripe (da/ne).

2.4. Analiza časovne povezanosti

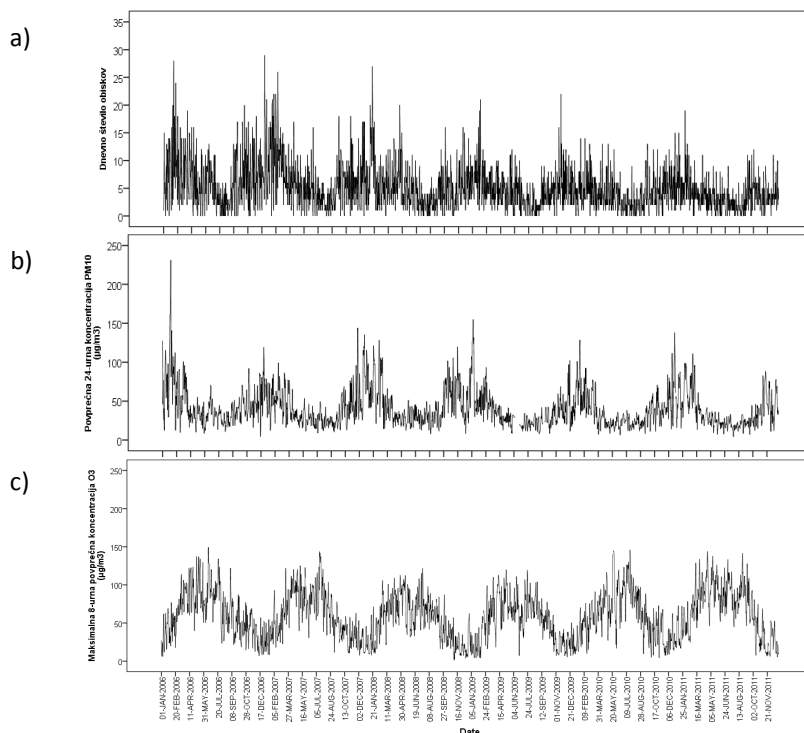
Za analizo časovne povezanosti med opazovanim zdravstvenim izidom in pojasnjevalnimi dejavniki ter dejavniki ozadja je bila uporabljena Poisson-ova regresija (14, 24).

Za vsa onesnaževala so bili uporabljeni zamiki od nič do pet dni od izpostavljenosti do obiska v ZDZ kot v drugih podobnih raziskavah (25-27).

Postopek modeliranja je potekal v treh korakih. V prvem koraku (univariatni modeli) so bili v modele vključeni opazovani zdravstveni izid in pojasnjevalne spremenljivke. V drugem koraku (multivariatni modeli z enim onesnaževalom) so bili v modele dodani dejavniki ozadja, ki vključujejo meteorološke in sezonske dejavnike (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, sezona zbiranja podatkov, vikend ali delovni dan, počitnice ali šoloobvezni dnevi, epidemija gripe da ali ne). S temi modeli so bili določeni najboljši zamiki za pojasnjevalne dejavnike, ki so bili vključeni v modele z več onesnaževali. V tretjem koraku (multivariatni modeli z več onesnaževali) so bili v model dodani podatki o vseh opazovanih onesnaževalih sočasno. Modele smo vrednotili glede na njihovo statistično značilnost ($p \leq 0,05$) in biološko smiselnost (smer povezanosti je biološko sprejemljiva).

3. Rezultati

Rezultati časovnega spremljanja dnevnega števila obiskov v ZDZ zaradi katerekoli od izbranih bolezni dihal in časovnega spremljanja opazovanih onesnaževal so prikazani na Sliki 2.



Slika 2. Časovno spremljanje dnevnega števila obiskov v zdravstvenem domu Zagorje ob Savi zaradi katerekoli od izbranih bolezni dihal od 1.1.2006 do 31.12.2011 (a) in časovno spremljanje povprečnih 24-urnih koncentracij PM_{10} (b), maksimalna 8-urna povprečna koncentracija O_3 (c) na dan na merilni postaji Zagorje ob Savi od 1.1.2006 do 31.12.2011.

Rezultati multivariatnih modelov z več onesnaževali so pokazali, da je bila pozitivna in statistično značilna povezanost med številom obiskov otrok zaradi bolezni dihal v ZDZ in onesnaženostjo zunanjega zraka s PM_{10} , SO_2 in O_3 ocenjena pri PM_{10} in O_3 (Tabela 1).

pogosto presegale mejne vrednosti SO_2 na opazovanem območju. Po zagonu odžvepljevalne naprave v Termoelektrarni Trbovlje jeseni 2005 so se koncentracije SO_2 na celotnem vplivnem območju termoelektrarne močno znižale. Tako se je leta 2006

Tabela 1. Rezultati Poissonove regresijske analize povezanosti med obiski zaradi bolezni dihal in onesnaženostjo zunanjega zraka standardizirano na izbrane pojasnjevalne dejavnike in dejavnike ozadja med 1.1.2006 in 31.12.2011 v občini Zagorje ob Savi, ($N_{\text{dni Zagorje}}=1,996$).

Pojasnjevalni dejavnik / Dejavniki ozadja	RIS	95 % interval zaupanja za RIS		p	
PM_{10} 24-urna povprečna koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1,003	1,002	1,004	<0,001	
SO_2 24-urna povprečna koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,983	0,976	0,989	<0,001	
O_3 maksimalna 8-urna povprečna koncentracija ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), zamik 1	1,002	1,001	1,004	0,003	
24-urna povprečna temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0,998	0,991	1,005	0,633	
24-urna povprečna relativna vlažnost (%)	1,003	1,001	1,005	0,014	
Letni čas	Poletje	1,000			
	Jesen	1,092	1,057	1,128	<0,001
	Zima	1,732	1,478	2,030	<0,001
	Pomlad	1,111	1,039	1,188	0,002
Delovni dan	Ne	1,000			
	Da	2,297	2,125	2,486	<0,001
Počitnice	Ne	1,000			
	Da	0,739	0,674	0,809	<0,001
Sezona gripe	Ne	1,000			
	Da	1,260	1,160	1,369	<0,001

Legenda: N – število opazovanih dni; RIS - razmerje incidenčnih stopenj

4. Razprava

Rezultati naše raziskave so pokazali, da v Zagorju ob Savi na populacijski ravni obstaja povezanost med številom obiskov otrok zaradi bolezni dihal na ravni primarnega zdravstvenega varstva in onesnaženostjo zunanjega zraka.

Pozitivna in statistično značilna časovna povezanost med številom obiskov v ZDZ zaradi bolezni dihal se je pokazala pri PM_{10} in O_3 (zamik 1 dan). Rezultati naše raziskave so skladni z rezultati mnogih podobnih raziskav, ki so potrdile pozitivno povezanost med boleznimi dihal in onesnaženostjo zunanjega zraka s PM_{10} (28, 29) ali O_3 (30, 31). V primeru onesnaženosti zunanjega zraka z SO_2 je povezanost statistično značilna, vendar pa smer povezanosti glede na literaturo in biološko smiselnost ni smiselna. Glede na izmerjene koncentracije SO_2 na merilni postaji Zagorje ob Savi (1) povezanosti med zdravstvenimi in okoljskimi podatki nismo pričakovali. Podatki ARSO kažejo, da so pred letom 2005 najvišje dnevne in urne koncentracije

prvič zgodilo, da na merilnih mestih v Zasavju ni bilo več zaznati prekoračitev letno dovoljenih mejnih vrednosti. V letu 2007 (konec aprila) je pričela obratovati še odžvepljevalna naprava v podjetju Lafarge Cement kar je še dodatno prispevalo k trendu upadanja koncentracij SO_2 (1).

Da bi ocenili čas med izpostavljenostjo opazovanim onesnaževalom in obiski otrok v ZDZ smo pri analizi povezanosti, kot v podobnih drugih raziskavah (27-31), upoštevali časovni zamik od 0 do 5 dni.

Največja pomanjkljivost naše raziskave je, da so na voljo le imisijski podatki in še ti se merijo le na eni sami merilni postaji v občini Zagorje ob Savi. Pri oceni povezanosti med onesnaženostjo zraka in učinki na zdravje se zato tako, kot pri številnih tujih raziskavah, tudi v naši raziskavi porajajo dvomi o natančnosti ocene onesnaženosti zunanjega zraka na podlagi stacionarno postavljene merilne postaje (30, 31) Posledično lahko pride do napačne ocene dejanske izpostavljenosti onesnaženemu zunanjemu zraku pri opazovani populaciji. Pomembna pomanjkljivost se kaže tudi v

neizvajanju meritev prašnih delcev z aerodinamičnim premerom manjšim od 10 mikrometrov ($PM_{2.5}$, $PM_{1.0}$, zelo fini delci) na opazovani merilni postaji ter ocena njihove kemične sestave. Številne raziskave (11, 32, 33) so dokazale, da so prašni delci manjši od 10 mikrometrov boljši kazalnik izpostavljenosti onesnaženosti zunanjega zraka, ker imajo zaradi svoje velikosti ter fizikalno-kemičnih lastnosti večje negativne učinke na zdravje.

Poleg pomanjkljivosti pa ima naša raziskava tudi določene prednosti. Predstavlja eno prvih raziskav, kjer so se v Sloveniji povezovali rutinsko zbrani zdravstveni in okoljski podatki z namenom, da se oceni vpliv onesnaženosti zunanjega zraka na zdravje otrok. V predhodnih raziskavah so vpliv kakovosti zunanjega zraka na pogostost boleznih dihal pri otrocih v občini Zagorje ob Savi proučevali Eržen in sodelavci (19, 20). Raziskava je potrdila domnevo, da je večja stopnja onesnaženosti zunanjega zraka na določenem delu Zagorja ob Savi lahko vzrok za povečano število kroničnih boleznih dihal pri otrocih. Pri tem pa so avtorji poudarili, da so podatki, ki so se uporabili v analizi, v mnogih pogledih negotovi (19, 20). V nadaljnji raziskavi (21) so sodelavci Katedre za javno zdravje Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani le-to razširili na celotno območje Zasavja ter metode dela nadgradili z multivariatnimi statističnimi analizami. Raziskava je potrdila pomembno višjo prevalenco kroničnih in pogostih akutnih boleznih dihal pri otrocih, ki živijo na srednje oziroma močno in zelo močno onesnaženih območjih Zasavja v primerjavi z območji Zasavja, ki so nič ali malo onesnažena (21). V obeh raziskavah so tako pogostost boleznih dihal kot tudi izpostavljenost onesnaženosti zunanjemu zraku ocenjevali s pomočjo vprašalnika.

Naša raziskava je pokazala, da lahko uporabljena metodologija časovnega povezovanja zdravstvenih in okoljskih podatkov na populacijski ravni predstavlja pomemben korak pri načrtovanju in izvajanju z dokazi podprtih ukrepov. Pokazalo se je, da imamo znanje za izvajanje okoljskih študij, ki so zelo pomembne na področju javnega zdravja. Raziskave, ki bi celotno sklopjale zdravstvene in okoljske podatke v Sloveniji niso številčne. Po naših podatkih sta bili prvi raziskavi na področju kakovosti zunanjega zraka izvedeni v Novi Gorici (34, 35) in Kopru (36). V obeh raziskavah so opazovali časovno povezanost med onesnaženostjo zunanjega zraka z O_3 in številom obiskov otrok v opazovanem zdravstvenem domu.

Ne glede na opisane pomanjkljivosti, so rezultati raziskave uporabni v javnozdravstveni praksi, saj nedvoumno kažejo na povezanost med opazovanimi pojavi. Pri tem pa je potrebno zelo dobro razmisliti, na kakšen način, saj se moramo zavedati, da lahko z ukrepi za zmanjševanje enega tveganja za zdravje, povečamo drugo tveganje.

Poleg načrtovanja ukrepov pa je potrebno nadaljevati tudi z raziskovalnim delom. Za bolj natančno oceno izpostavljenosti onesnaženosti zunanjega zraka bi bilo v prihodnje potrebno raziskave usmeriti v prostorske analize. V raziskavah časovnih trendov lahko namreč ocenimo stopnjo onesnaženosti le na mestu, kjer je locirana merilna postaja, za bolj natančno prostorsko oceno stopnje onesnaženosti zunanjega zraka pa so danes na voljo različne tehnike modeliranja. Na primeru Zasavja so strokovnjaki zdravstvene in okoljske stroke razvili metodologijo prostorskega povezovanja zdravstvenih in okoljskih podatkov na ravni majhnih prostorskih enot na zelo razgibanem reliefu z zelo razgibano meteorologijo (37). Pripravljene male prostorske enote so se tudi že uporabile v praksi (38). Model, ki je bil razvit na primeru Zasavja, pa lahko uporabimo tudi v drugih okoljih (kot je npr. Prekmurje) in za analizo drugih okoljskih tveganj, ne samo onesnaženosti zunanjega zraka.

5. Zaključki

Glede na namen naše raziskave lahko zaključimo, da v Zagorju ob Savi na populacijski ravni obstaja časovna povezanost med številom obiskov otrok zaradi boleznih dihal v primarnem zdravstvenem varstvu in onesnaženostjo zunanjega zraka. Ti rezultati predstavljajo pomembno spoznanje za načrtovanje javnozdravstvenih aktivnosti za zmanjšanje onesnaženosti zunanjega zraka v občini Zagorje ob Savi.

Zahvala

Avtorji se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Ministrstvu za zdravje Republike Slovenije za finančno podporo projekta V3-1049. Prav tako se zahvaljujemo sodelujočim članom projektne skupine. Zahvala gre tudi odgovornim osebam v zdravstvenem domu Zagorje ob Savi za posredovanje zdravstvenih podatkov ter odgovornim osebam na Agenciji Republike Slovenije za okolje za posredovanje okoljskih podatkov.

Literatura

1. Agencija Republike Slovenije za okolje. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2012. Letno poročilo. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje; 2013.
2. European Respiratory Society. European Respiratory Roadmap. Recommendations for the future of respiratory medicine. Healthcare professionals version. Lausanne: European Respiratory Society; 2011.
3. Farkaš-Lainščak J, Koprivnikar H, Kucec A,

- Košnik, M. Najpomembnejši dejavniki tveganja za boleznih dihal. *Med razgl* 2012; 51: 409-24.
4. Tamburlini G, Ehrenstein OS, Bertolini R. Children's Health and Environment: A Review of Evidence. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities; 2002.
 5. Schwartz J. Air pollution and children's health. *Pediatrics* 2004; 113: 1037-43.
 6. Curtis L, Rea W, Smith-Willis P, Fenyves E, Pan Y. Adverse health effects of outdoor air pollutants. *Environ Int* 2006; 32: 815-30.
 7. Eržen I, Kučec A, Zaletel-Kragelj L. Air pollution as a potential risk factor for chronic respiratory diseases in children: A prevalence study in Koper Municipality. *Healthmed* 2010; 4: 945-54.
 8. Farkaš-Lainščak J, Kučec A, Bizjak M, Košnik M. Onesnaženost zunanjega zraka in učinki na zdravje. V: *Zdravje in okolje. Izbrana poglavja*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje, 2011: 63-77.
 9. Kučec A, Zaletel-Kragelj L, Bizjak M in sod. Študija celostnega sklapljanja zdravstvenih in okoljskih podatkov v Zasavju kot model študije za podporo pri oblikovanju in izvajanju medsektorskih politik s področja okolja in zdravja. Zaključno poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta; 2012.
 10. Kučec A, Farkas J, Erzen I, Zaletel-Kragelj L. A prevalence study on outdoor air pollution and respiratory diseases in children in Zasavje, Slovenia, as a lever to trigger evidence-based environmental health activities. *Arh Hig Rada Toksikol* 2013; 64: 9-21.
 11. Kučec A, Erzen I, Farkas J, Zaletel-Kragelj L. Impact of air pollution with PM₁₀ on primary health care consultations for respiratory diseases in children in the Zasavje region, Slovenia: a time-trend study. *Zdrav Vars* 2014; 53: 55-68.
 12. Künzli N, Perez L. Evidence based public health - the example of air pollution. *Swiss Med Wkly* 2009; 139 (17-18): 242-50.
 13. Morgenstern H, Thomas D. Principles of study design in environmental epidemiology. *Environ Health Perspect* 1993; 101(Suppl 4): 23-38.
 14. Morgenstern H. Ecologic studies. In: Rothman KJ, Greenland S (eds). *Modern Epidemiology*. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998.
 15. Briggs D, Corvalan C, Nurminen M. Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines. Geneva: World Health Organization, Office of Global and Integrated Environmental Health; 1996.
 16. Corvalan C, Nurminen M, Pastides H. Linkage methods for environment and health analysis. Technical guidelines. Geneva: World Health Organization, Office of Global and Integrated Environmental Health; 1997.
 17. ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave. Onesnaženost okolja in naravni viri kot dejavniki razvoja v zasavski regiji modelni pristop. Zaključno poročilo. Velenje: Inštitut za ekološke raziskave Velenje; 2001.
 18. ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave. Poročilo o stanju okolja v občini Zagorje ob Savi. Zaključno poročilo. Velenje: Inštitut za ekološke raziskave Velenje; 2010.
 19. Eržen I, Vertačnik G, Podkrajšek D in sod. Proučevanje vpliva okolja na pojav določenih bolezni in povečano stopnjo umrljivosti prebivalcev na območju občine Zagorje ob Savi. Zaključno poročilo. Celje: Zavod za zdravstveno varstvo Celje; 2006.
 20. Farkaš-Lainščak J, Zaletel-Kragelj L, Eržen I. Kronična obolenja dihal med otroki v Zagorju. V: Zaletel-Kragelj L (ur.). *Zbornik prispevkov*. Ljubljana: Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje; 2007: 42-47.
 21. Kučec A, Zaletel-Kragelj L, Eržen I, Farkaš-Lainščak J. Boleznih dihal pri šolskih otrocih v Zasavju v povezavi s stopnjo onesnaženosti okolja. Zaključno poročilo. Ljubljana: Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje; 2008.
 22. Inštitut za energetiko. Delež velikih nepremičnih virov emisij pri obremenjevanju zraka v Zasavju ter njihov vpliv na kakovost zraka v Zasavju. Končno poročilo. Ljubljana: Inštitut za energetiko; 2007.
 23. Grašič B. Improvement of the performance of an air pollution dispersion model for use over complex terrain. Doktorska disertacija. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici, podiplomski študij Znanosti o okolju; 2008.
 24. Parodi S, Bottarelli E. Poisson regression model in epidemiology - an introduction. *Ann Fac Medic Vet di Parma* 2006; 26: 25-44.
 25. Pope CA, Dockery DW, Spengler JD, Raizenne ME. Respiratory health and PM₁₀ pollution-a daily time-series analysis. *Am Rev Respir Dis* 1991; 144: 668-74.
 26. Katsouyanni K, Schwartz J, Spix C in sod. Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *J Epidemiol Community Health*

- 1996; 50: 1-18.
27. Middleton N, Yiallourous P, Kleanthous S in sod. A 10-year time-series analysis of respiratory and cardiovascular morbidity in Nicosia, Cyprus: the effect of short-term changes in air pollution and dust storms. *Environ Health* 2008; 7: 1-39.
28. Galan I, Tobias A, Banegas JR. Short-term effects of air pollution on daily asthma emergency room admissions. *Eur Respir J* 2003; 22: 802-8.
29. Mansourian M, Javanmard SH, Poursafa P, Kelishadi R. Air pollution and hospitalization for respiratory diseases among children in Isfahan, Iran. *Ghana Med J* 2010; 44: 138-43.
30. Anderson HR, Atkinson RW, Peacock JL, Marston L, Konstantinou K. Meta-Analysis of time-series studies and panel studies of particulate matter (PM) and ozone (O₃). Report of a WHO Task Group. Copenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe; 2004.
31. Fraga J, Botelho A, Sa A, Costa M, Quaresma M. The lag structure and the general effect of ozone exposure on pediatric respiratory morbidity. *Int J Environ Res Public Health* 2011; 8: 4013-24.
32. Zhang F, Li L, Krafft T, Lv J, Wang W, Pei D. Study on the association between ambient air pollution and daily cardiovascular and respiratory mortality in an urban district of Beijing. *Int J Environ Res Public Health* 2011; 8(6): 2109-23.
33. Willocks LJ, Bhaskar A, Ramsay CN, Lee D, Brewster DH, Fischbacher CM, Chalmers J, Morris G, Scott EM. Cardiovascular disease and air pollution in Scotland: no association or insufficient data and study design? *BMC Public Health* 2012;12: 227.
34. Šimac N. Onesnaženost zraka z ozonom na Goriškem - ocena vplivov na zdravje ljudi. Specialistična naloga s področja javnega zdravja. Nova Gorica: Zavod za zdravstveno varstvo Nova Gorica; 2008.
35. Šimac N, Hladnik M, Zaletel-Kragelj L. Vpliv temperature na troposferski ozon na Goriškem. *Zdrav Varst* 2011;50:121-30.
36. Rems- Novak MM. Effects of air pollution with ozone on primary health care consultations for respiratory tract disease in children in Koper Municipality. Magistersko delo. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici, podiplomski študij Znanosti o okolju; 2013.
37. Kukec A, Božnar MZ, Mlakar P, Grašič B, Herakovič A, Zadnik V, Zaletel-Kragelj L, Farkaš-Lainščak J, Eržen I. Methodological approach in determination of small spatial units in a highly complex terrain in atmospheric pollution research: the case of Zasavje region in Slovenia. *Geospatial Health* 2014 (sprejeto v objavo).
38. Kukec A, Zaletel-Kragelj L, Farkaš-Lainščak J, Eržen I, Herakovič A, Božnar MZ, Mlakar P, Grašič B, Zadnik V. Health geography in case of Zasavje: Linking of atmospheric air pollution and respiratory diseases data. *Acta Geogr Slov* 2014 (sprejeto v objavo).