

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2018/37

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	V3-1642
Naslov projekta	Onesnaženost zraka z ultra-finimi delci in ocena možnih vplivov na zdravje zaradi ognjemetov
Vodja projekta	30713 Jerneja Farkaš-Lainščak
Naziv težišča v okviru CRP	4.1.3 Izpostavljenost ljudi ultrafinim delcem (nanodelcem) kot posledice ognjemetov
Obseg učinkovitih ur raziskovalnega dela	72
Cenovna kategorija	D
Obdobje trajanja projekta	10.2016 - 09.2017
Nosilna raziskovalna organizacija	3333 NACIONALNI INŠTITUT ZA JAVNO ZDRAVJE
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	3334 NACIONALNI LABORATORIJ ZA ZDRAVJE, OKOLJE IN HRANO
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	3 MEDICINA 3.08 Javno zdravstvo (varstvo pri delu)
Družbeno-ekonomski cilj	07. Zdravje
Raziskovalno področje po šifrantu FORD/FOS	3 Medicinske vede 3.03 Zdravstvene vede

2. Sofinancerji

	Sofinancerji	
1.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

K onesnaženju zunanega zraka z ultra-finimi delci (ali nano delci) pomembno prispevajo tudi ognjemeti. Zaradi ognjemetov se v ozračje sprostito velike količine ultra-finih delcev, na katere so lahko vezani nekateri strupeni elementi in druge strupene kemikalije. Iz najnovjših epidemioloških raziskav, ki proučujejo dokaze o vplivu ultra-finih delcev na zdravje, je razvidno, da je z vidika vplivov na zdravje izpostavljenost v času ognjemetov pomemben dejavnik tveganja.

Namen projekta je bil oceniti potencialno izpostavljenost prebivalcev ultra-finim delcem na izbrani lokaciji v Ljubljani na osnovi meritev ultra-finih delcev v ozračju in izračuna vdihanega odmerka ultra-finih delcev [število delcev na kg telesne mase na dan] v času ognjemetov.

Meritve so vključevale številčne koncentracije ultra-finih delcev v osmih velikostnih razredih od 10 nm do 800 nm. Vdihani odmerki ultra-finih delcev [število delcev na kg telesne mase na dan] so bili izračunani za (a) celotno obdobje izvajanja meritev od oktobra 2016 do avgusta 2017, (b) obdobje, ko ni bilo ognjemetov oziroma uporabe pirotehničnih sredstev večjega obsega (meseči brez ognjemetov) in (c) obdobje, ko so bili izvedeni ognjemeti oziroma uporabljena pirotehnična sredstva večjega obsega (januar in junij 2017).

Število ultra-finih delcev je bilo najvišje v zimskih mesecih. V tem obdobju so bile izmerjene vrednosti ultra-finih delcev več kot dvakrat višje kot v poletnih mesecih (april–avgust 2017). V celotnem obdobju je bilo najbolj konstantno število delcev v velikostnem razredu N3 (20–30 nm), največje nihanje v izmerjenih vrednostih pa je bilo v velikostnem razredu N7 (100–200 nm). Od aprila do junija 2017 je bilo število delcev v skoraj vseh velikostnih razredih dokaj konstantno. V času ognjemetov je bila potencialna izpostavljenost ultra-finim delcem večja od izpostavljenosti ultra-finim delcem v obdobju brez ognjemetov. Izračun vdihanih odmerkov ultra-finih delcev [število delcev/kg telesne mase/dan] za različne starostne skupine je pokazal, da je bil vdihani odmerek v času ognjemetov večinoma večji od vdihanega odmerka ultra-finih delcev v obdobju brez ognjemetov, največji vdihani odmerek ultra-finih delcev pa je bil izračunan v primeru starostne skupine od 1 do 6 let in za velikostni razred N4 (30–50 nm).

Za pridobitev z dokazi podprte ocene povezanosti med onesnaženostjo zraka z ultra-finimi delci v času ognjemetov in potencialno izpostavljenostjo prebivalcev ultra-finim delcem je treba izvesti raziskavo časovnih trendov. Vsekakor pa je potrebno aktivnosti usmeriti tudi v osveščanje prebivalstva o škodljivih posledicah ognjemetov in uporabe pirotehničnih sredstev za zdravje in okolje.

ANG

Fireworks contribute significantly to the pollution of outdoor air with ultra-fine particles or nano particles (UFP). Due to the fireworks, large quantities of ultra-fine particles, which are related to some toxic elements and other toxic chemicals, are released into the atmosphere. Recent epidemiological studies indicate various negative effects of ultra-fine particles on health. It becomes more and more evident that exposure at the time of fireworks may be an important risk factor for health.

The purpose of this project was to evaluate the level of potential exposure to the ultra-fine particles at a selected location in Ljubljana based on the measurements of ultra-fine particles in the atmosphere and calculation of the inhaled dose of ultra-fine particles [number of particles per body weight per day] during the time of fireworks.

Measurements of ultra-fine particles included eight size classes, from 10 nm to 800 nm.

Inhaled dose [number of particles per body weight per day] were calculated for (a) the total period of the measurements from October 2016 to August 2017, (b) the period when there were no fireworks or use of large-scale pyrotechnic products (months without fireworks), and (c) the period during the fireworks or use of large-scale pyrotechnic products (January 2017 and June 2017).

The number of ultra-fine particles was the highest in the winter months. During this period, the measured values of ultra-fine particles were more than twice as high as in the summer months (April-August 2017). During the whole period, the most constant particle number was in the N3 size class (20-30 nm), while the greatest fluctuation in the measured values was in the N7 (100-200 nm) size class. From April to June 2017, the number of particles in almost all size classes was fairly constant. During the time of fireworks, the potential exposure to ultra-fine particles was greater than exposure to ultra-fine particles in a period without fireworks. The calculation of inhaled dose of ultra-fine particles [number of particles / kg body weight / day] for different age groups showed that the inhaled dose during the fireworks was largely greater than the inhaled ultrafine particle dose in the non-fireworks period, the highest inhaled dose of ultra-fine particles was calculated in the case of the age group of 1 to 6 years and for the size class N4 (30-50 nm).

The results obtained indicate a link between a higher concentration of ultra-fine particles in ambient air and fireworks. Consequently, this means greater potential exposure of inhabitants to ultra-fine particles due to fireworks. In order to improve evidence-based assessment, a study of time trends should be carried out, taking into account relevant public health data. It is also important to focus on raising awareness about the harmful effects of fireworks on health and the environment.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela oz. ciljev raziskovalnega projekta²

Cilji predlaganega ciljnega raziskovalnega projekta so bili: ocena potencialne izpostavljenosti ultra-finim delcem, ki nastanejo kot posledica ognjemetov: povezava med onesnaženostjo zraka z ultra-finimi delci v času, ko so ognjemeti najbolj pogosti (npr. pred in po Novem letu) in možnimi posledicami za zdravje; pridobljene informacije uporabiti za ozaveščanje javnosti o povečani izpostavljenosti v času ognjemetov in posledicami za zdravje; s tem podpreti Evropsko kemijsko zakonodajo REACH (registracija, evalvacija, avtorizacija in omejitve kemikalij), ki temelji na raziskavah izpostavljenosti snovem v okolju, ter izvajanje Parnske deklaracije o okolju in zdravju (WHO, 2010) in Akcijskega načrta za izvajanje Strategije RS za zdravje otrok in mladostnikov v povezavi z okoljem 2012–2020 (Vlada RS, julij 2015). Cilj je bil tudi uporabiti rezultate in ugotovitve projekta kot izhodišče za pripravo ukrepov za zmanjšanje "novih tveganj", ki jih povzročajo nanodelci in za sprejemanje učinkovitih ukrepov, glede tveganj, ki jih lahko predstavljajo ognjemeti.

Cilji

V okviru projekta so bili realizirani vsi zastavljeni cilji in sicer: ocenili smo potencialno izpostavljenost ultra-finim delcem, ki nastanejo kot posledica ognjemetov; ugotovili smo povezavo med onesnaženostjo zraka in ultra-finimi delci v času, ko so ognjemeti najbolj pogosti; na podlagi pregleda dostopne svetovne literature smo opisali možne posledice za zdravje, ki so povezane z izpostavljenostjo ultra-finim delcem, ki so posledica ognjemetov; pridobljene informacije smo uporabili za ozaveščanje ljudi o škodljivih posledicah ognjemetov tako, da smo na spletni strani v času pred novoletnimi prazniki objavili poziv »odpovejmo se ognjemetom« in objavili rezultate projekta <http://nijz.si/sl/odpovejmo-se-ognjemetom>. Ugotovitve projekta podpirajo Evropsko kemijsko zakonodajo REACH (registracija, evalvacija, avtorizacija in omejitve kemikalij), ki temelji na raziskavah izpostavljenosti snovem v okolju, ter izvajanje Parnske deklaracije o okolju in zdravju (WHO, 2010) in Akcijskega načrta za izvajanje Strategije RS za zdravje otrok in mladostnikov v povezavi z okoljem 2012–2020 (Vlada RS, julij 2015). Rezultate in ugotovitve projekta lahko uporabimo kot izhodišče za pripravo ukrepov za zmanjšanje "novih tveganj", ki jih povzročajo nanodelci in za sprejemanje učinkovitih ukrepov, glede tveganj, ki jih lahko predstavljajo ognjemeti.

Ključne ugotovitve

Vpliv ognjemetov na število izmerjenih UFP v januarju 2017 zaradi visokih vrednosti ozadja ter uporabe ostalih pirotehničnih sredstev in glede na meteorološke razmere ni bil nedvoumno opazen, medtem ko je bilo zaradi nižjih vrednosti ozadja povišanje števila UFP na dan 27. 06. 2017 med 22:00 ter 23:00 uro (v času ognjemetov) in glede na meteorološke razmere izrazito opazno. V tem obdobju je bilo opaženo tudi dobro ujemanje med vsoto povprečnih koncentracij števila UFP in PM₁₀.

Izračun vdihanih odmerkov UFP [število delcev/kg telesne mase/dan] za različne starostne skupine je pokazal, da je bil vdihani odmerek v času ognjemetov večinoma večji od vdihanega odmerka UFP v obdobju brez ognjemetov, največji vdihani odmerek UFP pa je bil izračunan v primeru starostne skupine od 1 do 6 let in za velikostni razred N4 (30–50 nm).

Za bolj zanesljivo oceno povezanosti med onesnaženostjo zraka z UFP v času ognjemetov in stopnjo potencialne izpostavljenosti prebivalcev UFP je treba izvesti raziskavo časovnih trendov in rezultate smiselno dopolniti z zdravstvenimi podatki (npr. dnevno število obiskov v bolnišnici zaradi bolezni srca in ožilja). Kakor je razvidno iz razpoložljive literature, je tovrstnih raziskav o izpostavljenosti UFP zaradi ognjemetov in vplivih na zdravje zelo malo, predvidoma tudi zaradi velike kompleksnosti, ki jo taka raziskava predstavlja.

Znanstvena spoznanja

Na podlagi izvedene raziskave smo opredelili določene metodološke pomanjkljivosti pri merjenju UFP v ozračju in ocenili potencialne izpostavljenosti, na primer: prekratko obdobje izvajanja meritev in izvajanje meritev le na enem merilnem mestu, zlasti zaradi izpada meritev v januarju 2017, ko je bilo le 42 % veljavnih meritev. Pomembno spoznanje je, da je treba za bolj zanesljivo oceno potencialne izpostavljenosti vključiti podatke na dnevni ravni (dnevni hod), kar v okviru omenjenega projekta sicer ni bilo možno zaradi omejenega financiranja. Uporaba mesečnih povprečnih vrednosti za oceno potencialne izpostavljenosti ognjemetom ter morebitnih sezonskih nihanj predstavlja dovolj dober približek, vendar pa treba v bodoče kot vhodne podatke pri ocenjevanju potencialne izpostavljenosti upoštevati najvišje urne ali dnevne izračunane vrednosti števila UFP v ozračju.

Rezultati projekta

Ugotovili smo, da je bilo število UFP najvišje v zimskih mesecih. V tem obdobju so bile izmerjene vrednosti UFP več kot dvakrat višje kot v poletnih mesecih (april–avgust 2017). V celotnem obdobju je bilo najbolj konstantno število delcev v velikostnem razredu N3 (20–30 nm), največje nihanje v izmerjenih vrednostih pa je bilo v velikostnem razredu N7 (100–200 nm). Od aprila do junija 2017 je bilo število delcev v skoraj vseh velikostnih razredih dokaj konstantno. Za podrobnejši prikaz vrednosti delcev različnih velikosti v ozračju smo urno število UFP primerjali z delci PM₁₀ v času od 31. 12. 2016 ob 01:00 uri do 02. 01. 2017 ob 00:00 uri ter v času od 27. 06. 2017 ob 01:00 uri do 29. 06. 2017 ob 00:00 uri. V navedenem obdobju je bil namreč izveden ognjemet. Povišanje števila UFP v posameznih velikostnih razredih po 18:00 uri na dan 31. 12. 2016 je bilo dobro razvidno. Največje povišanje števila UFP je bilo v velikostnem razredu N7 (100–200 nm), najvišje število UFP v tem velikostnem razredu je bilo izmerjeno ob 22:00 uri. Po 02:00 uri je bilo opaziti upadanje števila merjenih UFP vseh velikostnih razredov. Ugotovili smo, da so imele koncentracije PM₁₀ podoben dnevni hod, po 19:00 uri zvečer so se začele zviševati in dosegle najvišje vrednosti ob polnoči, nato so se znižale. Na dan 31. 12. 2016 so bila na merilnih postajah v Ljubljani izmerjena preseganja mejne dnevne vrednosti za PM₁₀. Visoke vrednosti in preseganja mejnih dnevni vrednosti za PM₁₀ so se praviloma na ta dan pojavljale tudi po ostalih krajih, kjer se izvajajo meritve. Vpliv ognjemeta na izmerjeno število UFP v omenjenem obdobju zaradi visokih vrednosti ozadja ter uporabe ostalih pirotehničnih sredstev ni bil nedvoumno opazen.

Zaradi nižjih vrednosti ozadja je bilo povišanje števila UFP na dan 27. 06. 2017 med 22:00 ter 23:00 uro izrazito opazno, vzrok za to pa bi lahko bil ognjemet na Ljubljanskem gradu v sklopu javnih prireditev »Junij 2017 v Ljubljani in 65. Ljubljana Festival«. Po informacijah Upravne enote Ljubljana je bil ta izveden med 22:30 in 23:30 uro (19). Opaziti je bilo poviševanje števila UFP v posameznih velikostnih razredih okrog 20:00 ure z maksimalno koncentracijo v velikostnem razredu N4 (30–50 nm) ob 23:00 uri. Pri koncentraciji PM₁₀ v omenjenem časovnem obdobju ni opaziti povišanih vrednosti.

Izračun vdihanih odmerkov UFP [število delcev/kg telesne mase/dan] za različne starostne skupine je pokazal, da je bil vdihani odmerek v času ognjemeta večinoma večji od vdihanega odmerka UFP v obdobju brez ognjemetov, največji vdihani odmerek UFP pa je bil izračunan v primeru starostne skupine od 1 do 6 let in za velikostni razred N4 (30–50 nm). Nasprotni rezultati so se pokazali pri velikostnem razredu N2 (10–20 nm) in N3 (20–30 nm), ko so bili vdihani odmerki v času ognjemeta nižji od vdihanega odmerka UFP v obdobju brez ognjemetov pri vseh opazovanih starostnih skupinah. Razlog za tovrstni rezultat lahko pripišemo fizikalnim značilnostim UFP, saj se manjši delci zadržujejo dalj časa v atmosferi in lahko vplivajo na zdravje s časovnim zamikom. Tudi izmerjeni podatki UFP v ozračju kažejo, da je bilo v celotnem opazovanem obdobju najbolj konstantno število delcev v velikostnem razredu N3 (20–30 nm).

Učinki projekta in uporabnost rezultatov

Pripravili smo poročilo za regulatorni organ Urad RS za kemikalije, pripravili smo znanstveni prispevek za revijo Javno zdravje (prispevek je v postopku recenzije), rezultate in promocijsko gradivo smo objavili na spletni strani.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Program je bil realiziran v okviru zastavljenih ciljev v celoti.

V času ognjemetov je bila potencialna izpostavljenost ultra-finim delcem večja od izpostavljenosti ultra-finim delcem v obdobju brez ognjemetov. Izračun vdihanih odmerkov ultra-finih delcev [število delcev/kg telesne mase/dan] za različne starostne skupine je pokazal, da je bil vdihani odmerek v času ognjemeta večinoma večji od vdihanega odmerka ultra-finih delcev v obdobju brez ognjemetov, največji vdihani odmerek ultra-finih delcev pa je bil izračunan v primeru starostne skupine od 1 do 6 let in za velikostni razred N4 (30–50 nm).

6.Spremembe programa dela raziskovalnega projekta oziroma spremembe sestave projektne skupine⁴

Bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega projekta, zapisanega v prijavi raziskovalnega projekta, ni bilo.

7.Najpomembnejši dosežki projektne skupine na raziskovalnem področju⁵

		Dosežek	
1.	COBISS ID	3910885	Vir: vpis v obrazec
	Naslov	SLO	Izpostavljenost nano delcem iz okolja
		ANG	Exposure to nanoparticles from the environment
	Opis	SLO	Nanodelci so nevidni sestavni del našega okolja. V okolju so prisotni kot posledica naravnih procesov, nastajajo pa tudi pri različnih antropogenih dejavnostih. V zadnjem času je tudi vedno več načrtno proizvedenih novih nanomaterialov, ki se uporabljajo na različnih področjih. Posledično je potencialna izpostavljenost ljudi nanodelcem večja. Zaradi svoje majhnosti imajo nanodelci drugačne lastnosti in tudi drugačen vpliv na zdravje kot večji delci enake kemijske sestave. Epidemiološke študije so pokazale vplive ultrafinih delcev (nanodelcev v zraku) na respiratorni, kardiovaskularni, živčni in imunski sistem. Nekatere študije so pokazale možnost škodljivega vpliva nanodelcev na embrionalni razvoj in na razvoj diabetesa. Pomembno je, da z ustreznimi ukrepi in pristopi obvladujemo izpostavljenost nanodelcem oziroma se jim izognemo v največji možni meri in s tem zmanjšamo neželeni vnos nanodelcev v telo.
		ANG	Nanoparticles are an invisible component of our environment. They are present in the environment as a result of natural processes, and they also occur in various anthropogenic activities. In recent times, there are also more and more planned new nanomaterials that are being used in various fields. Consequently, the potential exposure of humans to nanoparticles is greater. Due to their small size, nanoparticles have different properties and also have a different impact on health than larger particles of the same chemical composition. Epidemiological studies have shown the effects of ultrafine particles (nanoparticles in the air) on respiratory, cardiovascular, nervous and immune systems. Some studies have shown the possibility of harmful effects of nanoparticles on embryonic development and on the development of diabetes. It is important that with appropriate measures and approaches we control the exposure to nanoparticles or avoid them as much as possible, thereby reducing the unwanted intake of nanoparticles into the body.
Objavljeno v	Enboz, ISSN 2232-3139, jan.-feb. 2017, letn. 7, št. 1, str. 7-12		
Tipologija	1.03 Kratki znanstveni prispevek		
2.	COBISS ID	3846885	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv ultrafinih delcev na dnevno število umrlih zaradi bolezni dihal v občini Ljubljana
		ANG	The impact of ultrafine particles on daily counts of deaths from respiratory diseases in the municipality of Ljubljana
Opis	SLO	Ultrafini delci so zunanji onesnaževalci zraka, ki jih povezujemo z obolevnostjo in smrtnostjo zaradi dihalnih in kardiovaskularnih bolezni. Namen te študije je bil oceniti časovno spremenljivost koncentracije števila ultrafinih delcev v zunanjem zraku in dnevno število smrti zaradi bolezni dihal. Epidemiološka ekološka časovna študija variabilnosti je trajala 731 dni. Opazovana populacija je vključevala prebivalce Mestne občine Ljubljana, ki so v opazovanem obdobju umrli zaradi bolezni dihal. Največje dnevno število umrlih zaradi bolezni dihal v letu 2012 je bilo v obdobjih februar-april, maj-junij in oktober. Naslednja obdobja z največjim dnevno številom umrlih zaradi	

	Dosežek	
		<p>bolezni dihal so se ponovila v času od decembra 2012 do aprila 2013, maja-julija 2013 in oktobra 2013. Ta obdobja sovpadajo z obdobji povečanih koncentracij števila ultrafinih delcev. Ugotovili smo, da obstaja časovna variabilnost med obdobji z višjim dnevnim številom smrtnih primerov zaradi bolezni dihal in zvišanih ravni koncentracij ultrafinih delcev. Raziskava učinka ultrafinih delcev v zunanjem zraku na javno zdravje je novo znanstveno področje javnega zdravja, ki zaradi svoje kompleksnosti potrebuje interdisciplinaren pristop.</p>
	ANG	<p>Ultrafine particles are outdoor air pollutants, the exposure to which is associated with morbidity and mortality for respiratory and cardiovascular diseases. The purpose of this study is to assess the temporal variability of ultrafine particle number concentrations in outdoor air and daily counts of deaths from respiratory diseases. Epidemiological ecological temporal variability study lasted 731 days. The observed population included residents of the Municipality of Ljubljana, who died of respiratory diseases in the observed period. Descriptive statistics was implemented. The highest daily counts of deaths from respiratory diseases in 2012 were in the periods February-April, May-June, and October. The next periods with the highest daily counts of deaths from respiratory diseases repeated again in the periods December 2012-April 2013, May-July 2013, and October 2013. These periods coincide with the periods of increased levels of ultrafine particle number concentrations. We concluded that there was a temporal variability association between the periods with higher daily counts of deaths from respiratory diseases and heightened levels, of ultrafine particle number concentrations. Research of the ultrafine particles' effect in outdoor air on public health is a new scientific field in public health, which because of its complexity needs an interdisciplinary approach.</p>
	Objavljeno v	Inštitut za sanitarno inženirstvo; Sanitarno inženirstvo; 2016; Vol. 10, no. 1; str. 35-47; Avtorji / Authors: Kranjec Natalija, Galičič An, Eržen Ivan, Kukec Andreja
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	3709925 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>SLO Epidemiološke raziskave vpliva onesnaženosti zunanjega zraka na zdravje v Sloveniji: sistematični pregled</p> <p>ANG EPIDEMIOLOGICAL STUDIES OF OUTDOOR AIR POLLUTION AND HEALTH EFFECT IN SLOVENIA: A SYSTEMATICAL REVIEW</p>
	Opis	<p>SLO Uvod: Epidemiološke raziskave, ki proučujejo vpliv onesnaženosti zunanjega zraka na zdravje ljudi predstavljajo dokaze, na podlagi katerih se oblikujejo javnozdravstveni ukrepi in politike. Namen: Zbrati in predstaviti vse epidemiološke raziskave, ki so ocenjevale povezanost med onesnaženostjo zunanjega zraka in zdravja v Sloveniji. Metode: Pregled literature v bibliografski bazi COBISS in Google Učenjak je bil pripravljen sistematično in kronološko. Rezultati in razprava: Do vključno junija 2016 je bilo v Sloveniji izvedenih devet epidemioloških raziskav ocene vpliva onesnaženega zunanjega zraka na zdravje ljudi. Izvedene so bile raziskave na individualni in populacijski ravni. Najpogosteje sta bila območja opazovanja regija Zasavje in primorska regija. V vseh analiziranih raziskavah so bili opazovani zdravstveni izidi posamezne ali vse diagnoze bolezni dihal. Sklep: Avtorji raziskav so ocenili, da imajo negativen vpliv na zdravje prebivalcev v regiji Zasavje zlasti trdni delci z aerodinamskim premerom do 10 µm (PM10) pozimi, v primorski regiji pa ozon (O3) poleti.</p> <p>Introduction: Epidemiological studies of the outdoor air pollution health effect assessment present evidence on which public health measures and policies are formed. Aim: To arrange and present all epidemiological studies which assessed the association between outdoor air pollution and</p>

	Dosežek	
	ANG	health in Slovenia. Methods: Literature review in bibliographical database COBISS and Google Scholar was prepared and presented systematically and chronologically. Results and discussions: Up until June 2016 in Slovenia nine epidemiological studies of outdoor air pollution health effect assessment have been published. Studies were implemented at the individual and at the population level. The most frequently observed areas of observation were Zasavje region and primorska region. In all studies observed health outcomes were individual or all respiratory diseases. Conclusion: Authors of the studies have associated negative health effect to particles with aerodynamic diameter 10 µm or less (PM10) in winter season in Zasavje region and to ozone (O3) in primorska region in summer.
	Objavljeno v	Nacionalni inštitut za javno zdravje; Kakovost zunanjega zraka; 2016; str. 27-37; Avtorji / Authors: Galičič An, Zaletel-Kragelj Lijana, Kukec Andreja
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Najpomembnejši dosežek projektne skupine na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti⁶

	Dosežek	
1.	COBISS ID	4126949 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Onesnaženost zraka z ultra-finimi delci in ocena možnih vplivov na zdravje zaradi ognjemetov
		ANG Air pollution with ultra-fine particles and assessment of possible effects on health due to fireworks
	Opis	SLO K onesnaženju zunanjega zraka z ultra-finimi delci (ali nano delci) pomembno prispevajo tudi ognjemeti. Zaradi ognjemetov se v ozračje sprostijo velike količine ultra-finih delcev, na katere so lahko vezani nekateri strupeni elementi in druge strupene kemikalije. Iz najnovejših epidemioloških raziskav, ki proučujejo dokaze o vplivu ultra-finih delcev na zdravje, je razvidno, da je z vidika vplivov na zdravje izpostavljenost v času ognjemetov pomemben dejavnik tveganja. Namen projekta je bil oceniti potencialno izpostavljenost prebivalcev ultra-finim delcem na izbrani lokaciji v Ljubljani na osnovi meritev ultra-finih delcev v ozračju in izračuna vdihanega odmerka ultra-finih delcev [število delcev na kg telesne mase na dan] v času ognjemetov. Meritve so vključevale številčne koncentracije ultra-finih delcev v osmih velikostnih razredih od 10 nm do 800 nm. Vdihani odmerki ultra-finih delcev [število delcev na kg telesne mase na dan] so bili izračunani za (a) celotno obdobje izvajanja meritev od oktobra 2016 do avgusta 2017, (b) obdobje, ko ni bilo ognjemetov oziroma uporabe pirotehničnih sredstev večjega obsega (meseči brez ognjemetov) in (c) obdobje, ko so bili izvedeni ognjemeti oziroma uporabljena pirotehnična sredstva večjega obsega (januar in junij 2017). Število ultra-finih delcev je bilo najvišje v zimskih mesecih. V tem obdobju so bile izmerjene vrednosti ultra-finih delcev več kot dvakrat višje kot v poletnih mesecih (april-avgust 2017). V celotnem obdobju je bilo najbolj konstantno število delcev v velikostnem razredu N3 (20-30 nm), največje nihanje v izmerjenih vrednostih pa je bilo v velikostnem razredu N7 (100-200 nm). Od aprila do junija 2017 je bilo število delcev v skoraj vseh velikostnih razredih dokaj konstantno. V času ognjemetov je bila potencialna izpostavljenost ultra-finim delcem večja od izpostavljenosti ultra-finim delcem v obdobju brez ognjemetov. Izračun vdihanih odmerkov ultra-finih delcev [število delcev/kg telesne mase/dan] za različne starostne skupine je pokazal, da je bil vdihani odmerek v času ognjemeta večinoma večji od vdihanega odmerka ultra-finih delcev v obdobju brez ognjemetov, največji vdihani odmerek ultra-finih delcev pa je bil izračunan

	Dosežek	
		<p>v primeru starostne skupine od 1 do 6 let in za velikostni razred N4 (30–50 nm). Za pridobitev z dokazi podprte ocene povezanosti med onesnaženostjo zraka z ultra-finimi delci v času ognjemetov in potencialno izpostavljenostjo prebivalcev ultra-finim delcem je treba izvesti raziskavo časovnih trendov. Vsekakor pa je potrebno aktivnosti usmeriti tudi v osveščanje prebivalstva o škodljivih posledicah ognjemetov in uporabe pirotehničnih sredstev za zdravje in okolje.</p>
	ANG	<p>Fireworks contribute significantly to the pollution of outdoor air with ultra-fine particles or nano particles (UFP). Due to the fireworks, large quantities of ultra-fine particles, which are related to some toxic elements and other toxic chemicals, are released into the atmosphere. Recent epidemiological studies indicate various negative effects of ultra-fine particles on health. It becomes more and more evident that exposure at the time of fireworks may be an important risk factor for health. The purpose of this project was to evaluate the level of potential exposure to the ultra-fine particles at a selected location in Ljubljana based on the measurements of ultra-fine particles in the atmosphere and calculation of the inhaled dose of ultra-fine particles [number of particles per body weight per day] during the time of fireworks. Measurements of ultra-fine particles included eight size classes, from 10 nm to 800 nm. Inhaled dose [number of particles per body weight per day] were calculated for (a) the total period of the measurements from October 2016 to August 2017, (b) the period when there were no fireworks or use of large-scale pyrotechnic products (months without fireworks), and (c) the period during the fireworks or use of large-scale pyrotechnic products (January 2017 and June 2017).</p> <p>The number of ultra-fine particles was the highest in the winter months. During this period, the measured values of ultra-fine particles were more than twice as high as in the summer months (April-August 2017). During the whole period, the most constant particle number was in the N3 size class (20-30 nm), while the greatest fluctuation in the measured values was in the N7 (100-200 nm) size class. From April to June 2017, the number of particles in almost all size classes was fairly constant. During the time of fireworks, the potential exposure to ultra-fine particles was greater than exposure to ultra-fine particles in a period without fireworks. The calculation of inhaled dose of ultra-fine particles [number of particles / kg body weight / day] for different age groups showed that the inhaled dose during the fireworks was largely greater than the inhaled ultrafine particle dose in the non-fireworks period, the highest inhaled dose of ultra-fine particles was calculated in the case of the age group of 1 to 6 years and for the size class N4 (30-50 nm).</p> <p>The results obtained indicate a link between a higher concentration of ultra-fine particles in ambient air and fireworks. Consequently, this means greater potential exposure of inhabitants to ultra-fine particles due to fireworks. In order to improve evidence-based assessment, a study of time trends should be carried out, taking into account relevant public health data. It is also important to focus on raising awareness about the harmful effects of fireworks on health and the environment.</p>
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	Nacionalni inštitut za javno zdravje; 2017; 33 str.; Avtorji / Authors: Farkaš-Lainščak Jerneja, Golja Viviana, Šömen Joksić Agnes, Kucec Andreja, Rejc Tanja, Lešnik Uroš, Gobec Matevž, Lukan Benjamin, Bertalanič Renato, Eržen Ivan
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
2.	COBISS ID	30233127
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Nanovarnost - ali smo dovolj previdni z nano?

Dosežek	
	ANG Nanosafety - are we aware enough of nano?
Opis	SLO <p>»Nano« je nevidni sestavni del našega okolja. Na eni strani gre za delce (velikostni razred 10⁻⁹ m), ki se naravno pojavljajo npr. v zunanjem zraku (prav tako v notranjem) in so v veliki meri tudi posledica antropogenih dejavnosti. Ti delci so lahko zaradi svojih lastnosti škodljivi za zdravje. Na drugi strani pa gre za načrtno proizvedene nanomateriale oziroma nanostrukture (nanotehnologijo), ki obetajo boljše življenje in zdravje zaradi uporabe in možnosti izboljšav na različnih področjih, npr. nanoelektronika, medicina, biotehnologija, prehranska industrija, kozmetika, itd. V okviru diskusije smo odgovorili na nekatera vprašanja, s katerimi smo dodatno pojasnili in dopolnili vsebine predavanj in tudi odgovorili na vsa morebitna vprašanja udeležencev. Pri diskusiji so nas vodila naslednja vprašanja:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kje vse srečamo nanodelce v vsakdanjem življenju (razen v primerih, predstavljenih v predavanjih), kaj moramo pri tem vedeti glede ustreznega ravnanja? 2. Kakšne evidence so na razpolago o njihovih potencialnih škodljivih učinkih na zdravje? Kako pridejo v naše telo, kako delujejo? 3. Mnogi nanotehnologijo označujejo kot novo industrijsko revolucijo: kakšne so lahko koristi, kakšno nevarnost lahko predstavlja in kakšno tveganje (predvsem na področjih, omenjenih v predstavitevah)? 4. Kakšna so priporočila za varovanje zdravja v domačem okolju? Na delovnem mestu? V naravnem okolju? Kaj lahko/moramo storiti sami? Kaj lahko/morajo storiti državne institucije? Kaj lahko prispeva šolstvo?
	ANG <p>"Nano" is an invisible component of our environment. On the one hand, those are particles (size range 10⁻⁹ m), which occur naturally in the environment, for example, in the ambient air (also indoor) and are largely due to anthropogenic activity. These particles can be harmful to health due to their properties. On the other hand, they are deliberately produced as nanomaterials or nanostructures (nanotechnology) that promise a better life and improved health and potential improvements in various fields, for example, nanoelectronics, medicine, biotechnology, food industry, cosmetics, etc. In the context of the discussion, we would be able to answer some questions that would further clarify and supplement the contents of the lectures and also answer all additional questions of the participants. In the discussion we have been guided by the following questions:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Where do we encounter nanoparticles in everyday life (in addition to cases presented in lectures), what else do we need to know about their behavior? 2. What evidence is available about their potential adverse health effects? How do they get into our body, what are mechanisms of their action? 3. Many people designate nanotechnology as new industrial revolution: what are the benefits, what kind of risk can it pose (especially in the areas presented in the lectures)? 4. What are the recommendations to protect health in the home environment? At work? In the natural environment? What can / must we do ourselves? What can / must state institutions do? What can education contribute to?
Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja
Objavljeno v	Nacionalni inštitut za javno zdravje; 2016; Avtorji / Authors: Šömen Joksić Agnes, Bažec Bojana
Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

GOLJA, Viviana, OTOREPEC, Peter, ŠÖMEN JOKSIĆ, Agnes, NOVAK, Saša. Izpostavljenost

nanodelcem iz okolja = Exposure to nanoparticles in the environment. V: KRAIGHER, Alenka (ur.), BERGER, Tatjana (ur.), NIKOLIČ, Saša (ur.). Javno zdravje - povezovanje za zdravje: zbornik izvečkov = Public health - networking for health. Ljubljana: Sekcija za preventivno medicino Slovenskega zdravniškega društva. 2016, str. 38-39. <http://www.spm.si/wp-content/uploads/2016/12/Zbornik-prispevkov-2016.pdf>. [COBISS.SI-ID 3826917]

GOLJA, Viviana, ŠÖMEN JOKSIĆ, Agnes, NOVAK, Saša. Nanoizdelki in nanodelci v našem okolju in zdravje. V: ŠÖMEN JOKSIĆ, Agnes (ur.), BAŽEC, Bojana (ur.). Nanovarnost - ali smo dovolj previdni z nano? : zbornik povzetkov, 8. posvet Kemijska varnost za vse, Izola, 23. november 2016 g[uredili Agnes Šömen Joksić, Bojana Bažec]. [Ljubljana]: Nacionalni inštitut za javno zdravje. 2016, str. http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/zbornik_kv_2016.pdf. [COBISS.SI-ID 30233895]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

10.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Na splošno je zelo malo znanega o potencialnem tveganju zaradi izpostavljenosti ljudi ultra-finim delcem, ki so posledica ognjemetov. Rezultati projekta so doprinesli k pojasnitvi povezave med onesnaženostjo zraka z ultra-finimi delci in potencialno izpostavljenostjo ljudi. V času ognjemetov se kakovost zraka zelo poslabša, posledično pa to predstavlja večje tveganje za zdravje. Povišanje števila ultra-finih delcev v posameznih velikostnih razredih zaradi ognjemeta je bilo dobro razvidno, kadar so to dopuščale meteorološke in druge razmere. Na podlagi izvedene raziskave smo opredelili določene metodološke pomanjkljivosti pri merjenju ultra-finih delcev v ozračju in ocenili potencialne izpostavljenosti, na primer: prekratko obdobje izvajanja meritev in izvajanje meritev le na enem merilnem mestu, zlasti zaradi izpada meritev v januarju 2017, ko je bilo le 42 % veljavnih meritev. Pomembno spoznanje je, da je treba za bolj zanesljivo oceno potencialne izpostavljenosti vključiti podatke na dnevni ravni (dnevni hod), kar v okviru omenjenega projekta sicer ni bilo možno zaradi omejenega financiranja. Uporaba mesečnih povprečnih vrednosti za oceno potencialne izpostavljenosti ognjemetom ter morebitnih sezonskih nihanj predstavlja dovolj dober približek, vendar pa treba v bodoče kot vhodne podatke pri ocenjevanju potencialne izpostavljenosti upoštevati najvišje urne ali dnevne izračunane vrednosti števila ultra-finih delcev v ozračju.

ANG

In general, little is known about the potential risk of human exposure to ultra-fine particles resulting from fireworks. The results of the project have contributed to the clarification and of the relationship between air pollution with ultra-fine particles and the potential exposure of humans. At the time of fireworks, air quality is deteriorating considerably, and consequently this poses a greater health risk. The increase in the number of ultra-fine particles in individual size classes due to fireworks was well documented under certain meteorological and other conditions.. Based on performed research, we identified certain methodological deficiencies in the measurement of ultra-fine particles in the atmosphere and the assessment of potential exposure, for example: the short period of measurements and measurements at only one measuring station, in particular due to the measurement failure in January 2017, when only 42% of valid measurements were achieved. It is important to realize that for a more reliable estimation of potential exposure, data should be included at the daily level. This was not achievable due to limited financing framework of this project. The use of monthly average values for the estimation of potential exposure to fireworks and possible seasonal fluctuations is a good approximation, however in the future, as the input data, the highest hourly or daily calculated values of the number of ultra-fine particles in the atmosphere should be taken into account.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Rezultati projekta lahko pomembno prispevajo k javnozdravstveni politiki Slovenije in s tem k uresničevanju ciljev Akcijskega načrta za izvajanje Strategije za zdravje otrok in mladostnikov v povezavi z okoljem 2012-2020, to je preprečevanje bolezni z izboljšanjem kakovosti zunanje zraka in zraka v zaprtih prostorih. Slovenija lahko na podlagi ugotovitev tega projekta pristopi k ustreznim ukrepom in promocijskim aktivnostim za zmanjšanje onesnaženosti zraka zaradi ognjemetov in s tem potencialne izpostavljenosti ljudi. Akcijski načrt za uresničevanje Strategije namreč opredeljuje konkretne naloge resorjev in deležnikov do leta 2020 za varovanje zdravja otrok in mladostnikov pred škodljivimi dejavniki okolja.

ANG

The results of the project can make a significant contribution to the public health policy of Slovenia and thus to the realization of the objectives of the Action Plan for the implementation of the Strategy for the Health of Children and Adolescents in relation to the Environment 2012-2020, ie prevention of diseases by improving the quality of ambient air and indoor air. On the basis of the findings of this project, Slovenia can take appropriate measures and introduce the promotional activities to reduce air pollution caused by fireworks and hence potential human exposure. The Action Plan for the Implementation of the Strategy defines the specific tasks of the authorities and stakeholders by 2020 to protect the health of children and adolescents against harmful environmental factors.

11. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine

11.1. Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- 1 v domačih znanstvenih krogih
- 2 pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?¹¹

Zavod Republike Slovenije za šolstvo

11.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- 1 v mednarodnih znanstvenih krogih
- 2 pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:¹²

Mediterranean Health Interview Surveys Studies: Long Term Exposure to Air Pollution and Health Surveillance (LIFE12 ENV/IT/000834 MED HISS)
IS Global, Centre for Research in Environmental Epidemiology, Cataluna, Spain
National Institute of Health and Medical Research (INSERM), Paris, France

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:¹³

Vzpostavitev sistema spremljanja vplivov onesnaženega zraka na zdravje in vzpostavitev sistema, ki bo temeljil na spremljanju obstoječe kohorte, ki je bila vzpostavljena za potrebe raziskave o zdravstvenem stanju prebivalcev. Za vsakega člana kohorte bo določena izpostavljenost glavnim onesnaževalom zraka (PM2,5, PM10, NOx, NO2, O3), hkrati pa se bo

preko obstoječih baz umrljivosti in obolevnosti spremljalo zdravstveno stanje, ki je lahko posledica izpostavljenosti onesnaženemu zraku.

12. Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	DA <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
	Rezultat	Dosežen <input type="checkbox"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="checkbox"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	DA <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
	Rezultat	Dosežen <input type="checkbox"/>
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih <input type="checkbox"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	DA <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
	Rezultat	Dosežen <input type="checkbox"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="checkbox"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	DA <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
	Rezultat	<input type="checkbox"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="checkbox"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	DA <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
	Rezultat	<input type="checkbox"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="checkbox"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	DA <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
	Rezultat	<input type="checkbox"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="checkbox"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	DA <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
	Rezultat	<input type="checkbox"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="checkbox"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	DA <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>
	Rezultat	<input type="checkbox"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="checkbox"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	

	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	

	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	DA DA NE NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

13.Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	1	2	3	4	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	1	2	3	4	
G.01.03.	Drugo:	1	2	3	4	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	1	2	3	4	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	1	2	3	4	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	1	2	3	4	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	1	2	3	4	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	1	2	3	4	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	1	2	3	4	
G.02.07.	Večji delež izvoza	1	2	3	4	
G.02.08.	Povečanje dobička	1	2	3	4	
G.02.09.	Nova delovna mesta	1	2	3	4	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	1	2	3	4	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	1	2	3	4	
G.02.12.	Drugo:	1	2	3	4	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	1	2	3	4	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	1	2	3	4	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	1	2	3	4	
G.03.04.	Drugo:	1	2	3	4	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	1	2	3	4	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	1	2	3	4	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	1	2	3	4	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	1	2	3	4	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	1	2	3	4	
G.04.06.	Drugo:	1	2	3	4	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	1	2	3	4	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	1	2	3	4	

G.07.03.	Energetska infrastruktura	1	2	3	4	
G.07.04.	Drugo:	1	2	3	4	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	1	2	3	4	
G.09.	Drugo:	1	2	3	4	

Komentar

14. Naslov spletne strani za projekte, odobrene na podlagi javnih razpisov za sofinanciranje raziskovalnih projektov za leti 2015 in 2016¹⁴

http://nijz.si/sl/odpovejmo-se-ognjemetom

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki (v primeru, da poročilo ne bo oddano z digitalnima podpisoma);
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta;
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat na zgoščenki (CD), ki ga bomo posredovali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

NACIONALNI INŠTITUT ZA JAVNO
ZDRAVJE

Jerneja Farkaš-Lainščak

ŽIG

Datum: 9.3.2018

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2018/37

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku). [Nazaj](#)

² Navedite cilje iz prijave projekta in napišite, ali so bili cilji projekta doseženi. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Navedite morebitna bistvena odstopanja in spremembe od predvidenega programa dela raziskovalnega projekta, zapisanega v prijavi raziskovalnega projekta. Navedite in utemeljite tudi spremembe sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (t. j. v letu 2016). Če sprememb ni bilo, navedite »Ni bilo sprememb«. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite dosežke na raziskovalnem področju (največ deset), ki so nastali v okviru tega projekta.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite dosežke na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti (največ pet), ki so nastali v okviru tega projekta.

Dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka, sistem nato sam izpolni podatke, manjkajoče rubrike o dosežku pa izpolnite.

Dosežek na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek dosežka na področju gospodarstva, družbenih in kulturnih dejavnosti praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. v sistemu COBISS rezultat ni evidentiran). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Največ 1.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁴ Izvajalec mora za projekte, odobrene na podlagi Javnega razpisa za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa »CRP 2016« v letu 2016 in Javnega razpisa za izbiro raziskovalnih projektov Ciljnega raziskovalnega programa »Zagotovimo.si hrano za jutri« v letu 2016, na spletnem mestu svoje RO odpreti posebno spletno stran, ki je namenjena projektu. Obvezne vsebine spletne strani so: vsebinski opis projekta z osnovnimi podatki glede financiranja, sestava projektne skupine s povezavami na SICRIS, faze projekta in njihova realizacija, bibliografske reference, ki izhajajo neposredno iz izvajanja projekta ter logotip ARRS in drugih sofinancerjev. Spletna stran mora ostati aktivna še 5 let po zaključku projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2018 v1.00
0C-0F-7B-29-2B-76-9B-AA-BD-AE-57-BC-D8-2F-E8-94-F1-EE-7A-42

Nacionalni inštitut za javno zdravje
Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano

Elaborat o izvedenem ciljnem raziskovalnem projektu
V3-1642

Onesnaženost zraka z ultra-finimi delci in ocena možnih
vplivov na zdravje zaradi ognjemetov

Vodja projekta: Jerneja Farkaš-Lainščak

Izvedbo projekta V3-1642 sta sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in Ministrstvo za zdravje, Urad Republike Slovenije za kemikalije (URSK) v okviru projektov Ciljnega raziskovalnega programa »CRP 2016« v letu 2016, številka pogodbe C2715-16-352213.

KAZALO

1. UVOD	3
2. METODE DE LA	4
2.1. Eksperimentalni del	4
2.1.1 Merilno mesto	4
2.1.2 Merilna oprema in princip meritev	5
2.1.3 Izvedba meritev in ostali podatki	6
2.2. Izračun vdihanega odmerka UFP	6
3. REZULTATI IN RAZPRAVA	7
3.1. Rezultati meritev	7
3.2. Potencialna izpostavljenosti prebivalcev UFP	10
4. ZAKLJUČEK	12
5. REFERENCE	13

1. UVOD

Ultra-fini delci ali nanodelci (v nadaljevanju UFP; iz angl. *ultra-fine particles*) so majhni delci snovi, velikosti od 1 do 100 milijardink metra (10^{-9} metrov) (HEI, 2013). Uradne definicije velikosti UFP ni, vendar v večini literature navajajo aerodinamični premer 100 nm in manj ($\leq PM_{0,1}$) kot razmejitev med ultra-finimi in večjimi delci (Baldauf *et al.*, 2016; Kumar *e tal.*, 2016). UFP se v zunanjem zraku nahajajo kot posledica naravnih procesov (erupcije vulkanov, erozije) in človekovega delovanja oziroma dejavnosti (industrijske emisije, izpušni plini, izgorevanje biomase, varjenje, brušenje in podobno). Zaradi svoje majhnosti in s tem povezanega velikega povečanja površine v primerjavi s kemijsko enakimi materiali enakega volumna ali mase, imajo UFP drugačne lastnosti (kemijske, električne, reološke, magnetne, optične, mehanske, strukturne in biološke lastnosti), kot delci enake kemijske sestave večjih dimenzij (HEI, 2013). UFP v zunanjem zraku so pomembna sestavina delcev $PM_{2,5}$ in PM_{10} in čeprav predstavljajo majhen delež skupne mase delcev $PM_{2,5}$ in PM_{10} , lahko prispevajo večino k skupnemu številu delcev $PM_{2,5}$ in PM_{10} (Nazaroff, 2004).

Prve epidemiološke raziskave v povezavi z onesnaženostjo zraka so že leta 1995 pokazale, da je za zdravje najbolj škodljiva ultra-fina frakcija delcev v zraku (Seaton *e tal.*, 1995). Vse od takrat se raziskave usmerjajo predvsem na področje toksikologije UFP in raziskovanja patoloških mehanizmov učinkovanja UFP, katerih ugotovitve kažejo na pomembne učinke UFP na respiratorni in kardiovaskularni sistem (Obersdörster *et al.*, 2005; Díaz-Robles *et al.*, 2014). Danes je vse več epidemioloških dokazov o vplivu izpostavljenosti UFP na respiratorni, kardiovaskularni, živčni in imunski sistem (Stölzel *et al.*, 2007; Andersen *et al.*, 2008; Atkinson *et al.*, 2010; Belleudi *et al.*, 2010; Braniš *et al.*, 2010; Breitner *et al.*, 2011; HEI, 2013; UFIREG, 2016a). Raziskave so pokazale, da se UFP lahko učinkovito odložijo v alveolarnem delu pljuč, vstopijo v celice epitelija in v pljučni sistem, kjer lahko motijo delovanje ožilja in povzročijo nastanek tromboze (Nemmar *et al.*, 2002; Stewart *et al.*, 2010). Raziskave so tudi pokazale, da predstavljajo UFP vrsto specifičnih značilnosti in različnih vzorcev reaktivnosti, ki se razlikujejo od značilnosti večjih delcev, vključno s sprožitvijo vnetnih procesov, velikem deležu v pljučih odložene frakcije zaradi visoke koncentracije na enoto površine, oksidativno sposobnost in sposobnost povzročitve poškodb deoksiribonukleinske kisline (DNK) (Vaclavik *et al.*, 2007; Wichmann, 2007). Z vidika izpostavljenosti UFP med ogrožene populacijske skupine uvrščamo otroke, mladostnike, nosečnice, starejše ljudi, bolnike z boleznimi dihal, boleznimi srca in ožilja ter sladkorne bolnike (HEI, 2013; Slezakova *et al.*, 2014; Heizerling *et al.*, 2016).

K onesnaženju zunanjega zraka z UFP pomembno prispevajo tudi ognjemeti. Za doseganje različnih učinkov in barv se pri izdelavi pirotehničnega izdelka oziroma ognjemeta uporabljajo številne kemikalije, ki običajno vsebujejo fosfor, kalij, kalcij, svinec, magnezij, aluminij, silicij, železo, baker, barij, natrij in molibden. V času ognjemetov se kakovost zraka zelo poslabša, posledično pa to predstavlja večje tveganje za zdravje. Raziskave so pokazale, da se pri reakcijah s kisikom oziroma pri reakcijah med posameznimi deli eksploziva poleg primarnih sestavin, kot so zgoraj omenjeni elementi, sprostitjo tudi sekundarne sestavine, na primer $C_5H_6O_4^{2-}$, $C_3H_2O_4^{2-}$, $C_2O_4^{2-}$, $C_4H_4O_4^{2-}$, SO_4^{2-} , NO^3 (Wang *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2010; Lin, 2016; URSK, 2016). Koncentracije teh sestavin so v času ognjemetov lahko do desetkrat višje od običajnih koncentracij po ognjemetu oziroma pred njim (Li *et al.*, 2013; Pervez *et al.*, 2016). V času ognjemetov je značilna tudi večja gostota delcev, kar pomeni, da se ti delci dalj časa zadržujejo v atmosferi, na nastajanje in širjenje UFP v zunanjem zraku pa imajo pomemben vpliv lokalni viri onesnaževanja, relief ter meteorološke razmere (Wang *et al.*, 2007; Lin, 2016).

Na splošno je zelo malo znanega o potencialnem tveganju za zdravje prebivalcev zaradi izpostavljenosti UFP, ki so posledica ognjemetov. Raziskave so pokazale, da se UFP v ozračju nahajajo v različnih velikostnih razredih oziroma frakcijah, od katerih je z vidika škodljivih učinkov na zdravje najbolj zaskrbljujoča alveolarna frakcija barija (Khapharde *et al.*, 2012). Li in sodelavci (Li *et al.*, 2013) so pokazali, da emisije zaradi ognjemetov in drugih pirotehničnih sredstev vplivajo na povišanje koncentracije delcev $PM_{2,5}$, z morfološko analizo in določitvijo kemične sestave pa so ugotovili, da nastali delci ne predstavljajo le regionalnega problema zaradi poslabšanja kakovosti zraka in nastanka

meGLE, temveč gre za toksične delce oziroma nanodelce. Ti lahko penetrirajo v človekov respiratorni trakt, k njihovi toksičnost pa prispevajo predvsem kovinske komponente. Kot so pokazali De Almeida in sodelavci (De Almeida et al., 2015), delci, velikosti 0.01 do 10 μm , prodirajo globlje v dihala, prehajajo v krvni obtok in imajo škodljiv vpliv na pljuča in druge organe. Ugotovili so, da se je v dihalnem sistemu odraslih odložilo 62 % UFP, pri otrocih, ki so bolj občutljivi, pa se je odložilo 8 % več UFP kot pri odraslih. Atkinson in sodelavci (Atkinson et al., 2015) so na podlagi meta analize različnih epidemioloških raziskav ugotavljali povezanost med dnevno umrljivostjo in sprejemi v bolnišnico zaradi vseh vzrokov smrti, bolezni srca in ožilja, bolezni dihal ter izpostavljenostjo različnim komponentam (sulfat, nitrat, elementarni in organski ogljik, indeks kovin) in velikostnim razredom UFP v ozračju. Ugotovili so, da je na področju raziskovanja učinkov UFP na zdravje potrebno poleg različnih velikostnih frakcij upoštevati tudi komponente, ki so vezane na delce različnih velikosti.

Namen ciljnega raziskovalnega projekta je bil oceniti izpostavljenost UFP, ki nastanejo kot posledica ognjemetov. Za ta namen smo izvajali meritve UFP v zraku na izbrani lokaciji v Ljubljani v času od 1.10.2016 do 31.8.2017 in opredelili povezavo med onesnaženostjo zraka z UFP v času ognjemetov. Za oceno povezanosti med onesnaženostjo zunanjega zraka z UFP in učinki na zdravje smo opravili sistematični pregled literature o vplivu UFP v zraku na zdravje. Pridobljene informacije bomo uporabili za ozaveščanje javnosti o povečani izpostavljenosti v času ognjemetov in posledicami za zdravje ter tako podprli Evropsko kemijsko zakonodajo REACH (registracija, evalvacija, avtorizacija in omejitve kemikalij), ki temelji na raziskavah izpostavljenosti snovem v okolju, izvajanje Parnske deklaracije o okolju in zdravju in Akcijskega načrta za izvajanje Strategije RS za zdravje otrok in mladostnikov v povezavi z okoljem 2012–2020 (Vlada RS, 2015).

2. METODE DELA

2.1. Eksperimentalni del

2.1.1 Merilno mesto

Merilno mesto se nahaja v Ljubljani na dvorišču Kmetijskega inštituta Slovenije na naslovu Hacquetova ulica 17, na koordinatah GKY=463172, GKX=102043 (nadmorska višina približno 297 m) (Slika 1). V okolici merilnega mesta so večinoma stanovanjski bloki, teren je raven.

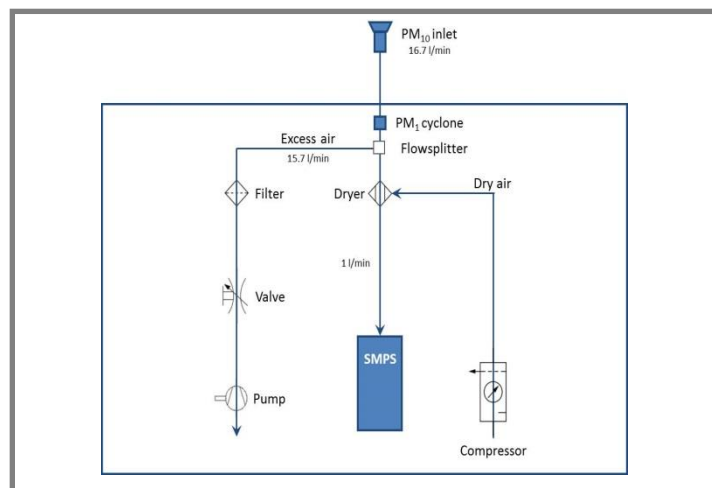


Slika 1: Merilno mesto, dvorišče Kmetijskega inštituta Slovenije na naslovu Hacquetova ulica 17, Ljubljana

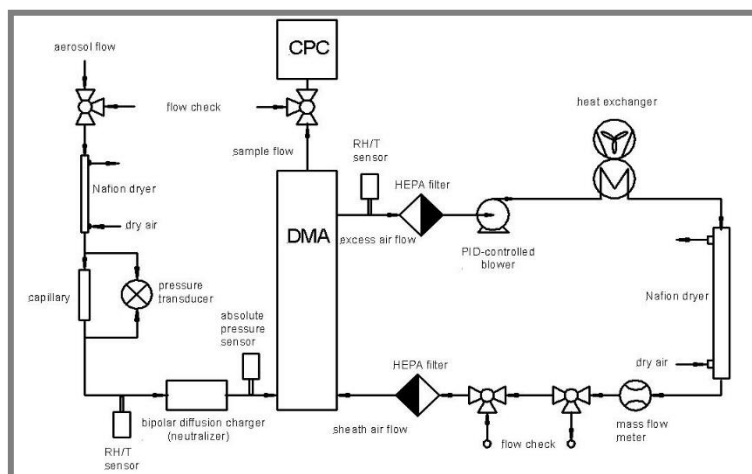
2.1.2 Merilna oprema in princip meritev

Meritve ultra-finih aerosolnih delcev smo izvedli s spektrometrom, ki ločuje delce na osnovi njihovega odklona v električnem polju ter nato njihovem štetju. Podatki, zbrani na inštrumentu, so bili obdelani z uporabo različnih korekcij in s pomočjo algoritma spremenjeni v podatke o številčni porazdelitvi velikosti delcev. Na podlagi tega principa smo določili število delcev po velikostnih razredih v območju številčne koncentracije od 100 – 100.000 delcev/cm³.

Uporabljen instrument je proizvedel IFT (Leibnizov inštitut za raziskovanje troposfere) in je zasnovan za dolgoročne meritve v atmosferi. Instrument vključuje elemente za nadzor vseh pomembnih sistemskih parametrov ključnih za sledljivo kakovost podatkov. Sistem je preprost za uporabo, vendar je mogoče zahtevana nizka odstopanja doseči le z rednim zagotavljanjem kakovosti. Slika 2 prikazuje način vzorčenja za merilne postaje, kot je bilo na primer izbrano merilno mesto v Ljubljani. Vzorec zraka najprej pride v merilni sistem skozi standardni PM₁₀ dovod in nato potuje skozi PM₁-ciklon, da se izločijo vsi delci večji kot 1 µm. Glavni tok aerosolov se nato pred vstopom v spektrometer za določanje številčne porazdelitve delcev glede na velikost suši s pomočjo sušilnikov z nafionsko membrano.



Slika 2: Shema dovoda zraka in načina vzorčenja ultra-finih delcev



Slika 3: Shema merilnega instrumenta za meritve ultra-finih delcev

Meritve se izvajajo pri relativni vlažnosti manj kot 40 %, zato je potrebno zrak za vzorčenje sušiti. Sestava merilnega sistema tako vključuje tudi več nafionskih sušilnikov za zmanjšanje relativne vlažnosti pri vzorcih aerosolov in toku zaščitnega zraka. Zanka toka zaščitnega zraka ima dodaten toplotni izmenjevalnik in zelo učinkovite filtre (HEPA) za delce. Senzorji kontinuirano beležijo pretok aerosolov in zaščitnega zraka, relativno vlažnost in temperaturo v obeh tokovih kot tudi tlak na vstopu v merilni sistem (Slika 3). Zasnova sledi standardizaciji, ki je bila razvita za potrebe evropskega projekta za raziskovanje infrastrukture ACTRIS in sicer za opravljanje meritev aerosolov v več kot 20 merilnih mestih v Evropi. Spektrometer je bil umerjen z referenčnim spektrometrom, za določanje številčne porazdelitve delcev glede na njihovo velikost, ki je v lasti WCCAP (Svetovnega kalibracijskega centra za fiziko aerosolov). IFT spektrometer zagotavlja več kot 90 % primerljivost z referenčnimi instrumenti WCCAP za ne-difuzne delce. Analiza in zagotavljanje kakovosti je potekalo v skladu s protokolom, razvitim v okviru projekta UFIREG (UFIREG, 2016b).

2.1.3 Izvedba meritev in ostali podatki

Meritve UFP smo izvajali v času od 1.10.2016 do 31.8.2017. V sklopu meritev smo določili številčne porazdelitve velikosti UFP v zunanjem zraku. Za opredeljeno časovno obdobje smo od Agencije RS za okolje (ARSO) pridobili tudi urne podatke o koncentracijah števila delcev PM₁₀ ter urne meteorološke podatke (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, količina padavin, hitrost vetra in smer vetra ter globalno sevanje) za lokacijo Bežigrad (samodejna meteorološka postaja ARSO). Za določitev temperaturne inverzije smo od ARSO pridobili tudi urne podatke o temperaturi za lokacijo Krvavec (samodejna meteorološka postaja ARSO).

2.2. Izračun vdihanega odmerka UFP

Podatke o uporabi ognjemetov in drugih pirotehničnih sredstev na območju Mestne občine Ljubljana smo pridobili od Upravne enote Ljubljana (dopis z dne 4. 9. 2017). Iz tega dopisa je razvidno, da je Upravna enota v letu 2016 in 2017 izdala več dovoljenj za prireditve, v sklopu katerih je bil predviden ognjemet oziroma uporaba pirotehničnih sredstev. V opazovanem obdobju sta bila izvedena le dva večja ognjemeta, oba na Ljubljanskem gradu in sicer 1. 1. 2017 (»December 2017 v Ljubljani«) in 27. 6. 2017 (»Junij 2017 v Ljubljani«). Za oba ognjemeta smo glede na lokacijo izvedbe predpostavili, da je zaradi večjega obsega ognjemeta (in potencialno večjega vplivnega območja) možnost izpostavljenosti ljudi večja. V mesecu juniju je bil 23. 6. 2017 izveden še en ognjemet na travniku Ministrstva za obrambo, ki je relativno blizu merilnemu mestu (potencialno večji vpliv na rezultate meritev, kar je razvidno iz urnih koncentracij meritev UFP). Na ostalih dogodkih je bila izvedba ognjemetov in uporaba pirotehničnih sredstev izrazito lokalnega značaja, npr. odrski efekti (pri meritvah namreč nismo zaznali povečanja koncentracije UFP).

Potencialno izpostavljenost ljudi smo (grobo) ocenili z izračunom vdihanega odmerka UFP [število delcev/kg telesne mase na dan] po posameznih velikostnih razredih. Vdihani odmerek [število delcev/kg tm/dan] za različne starostne skupine se izračuna iz podatkov o povprečnem volumnu vdihanega zraka in povprečni telesni masi (Tabela 1) v skladu s spodnjo formulo (Moya et al., 2011)

$$\text{Vdihani odmerek UFP} = \frac{\text{št. delcev} \left[\frac{1}{\text{m}^3} \right] \times \text{volumen vdihanega zraka} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{dan}} \right]}{\text{telesna masa} [\text{kg}]}$$

Podatki o povprečnem volumnu vdihanega zraka po starostnih skupinah in povprečni telesni masi so prikazani v tabeli 1

Tabela 1: Volumen vdihanega zraka v m³ na dan ter telesna masa v kg glede na opazovane starostne skupine (Moya et al., 2011)

Starostne skupine [leta]	Volumen vdihanega zraka [m ³ /dan]	Povprečna telesna masa [kg]
1 - 2	8,0	11,4
2 - 3	8,9	13,8
3 - 6	10,1	18,6
6 - 11	12,0	31,8
11 - 16	15,2	56,8
16 - 21	16,3	71,6
21 - 31	15,7	80
31 - 51	16,0	80
51 - 61	15,7	80
61 - 71	14,2	80
71 - 81	12,9	80
nad 81	12,2	80

Vdihani odmerki UFP smo izračunali za različna obdobja in sicer:

- za obdobje od oktobra 2016 do avgusta 2017 na osnovi mesečnih povprečnih koncentracij števila UFP;
- za obdobje od 28. 12. 2016 – 4. 1. 2017 na osnovi dnevniških koncentracij števila UFP (v tem obdobju je bil izveden novoletni ognjemet oziroma uporabljena pirotehnična sredstva večjega obsega);
- za obdobje od 23. 6.2017 do 1. 7. 2017 na osnovi dnevniških koncentracij števila UFP (v tem obdobju sta bila izvedena dva ognjemeta oziroma uporabljena pirotehnična sredstva večjega obsega).

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

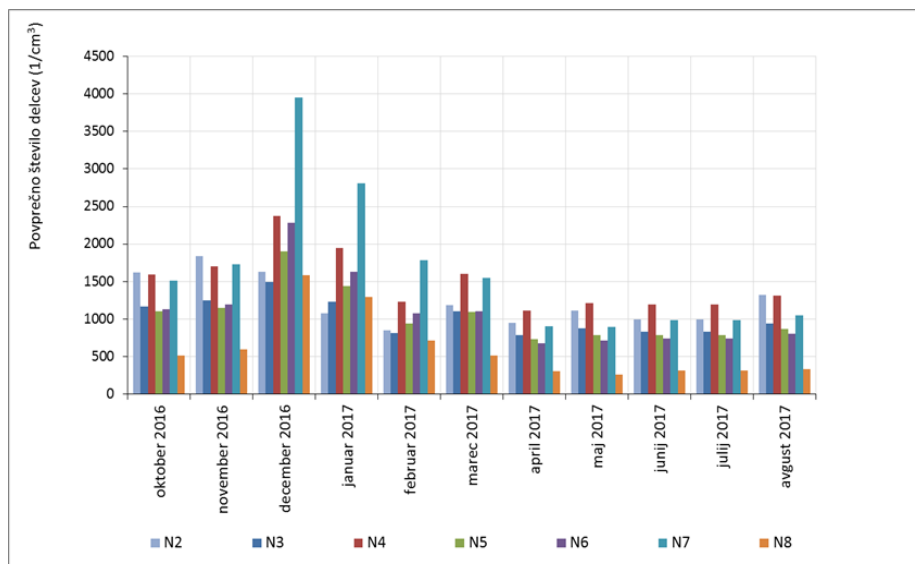
3.1. Rezultati meritev

V obdobju meritev od vključno oktobra 2016 do avgusta 2017 smo dosegli skupen 91 % delež podatkov meritev (83 %–100 %). V januarju 2017 je bil delež podatkov zaradi izpada merilca le 42 %. Ti podatki so zato zgolj informativni. V Tabeli 2 so zbrani podatki o izmerjenem številu UFP po mesecih in velikostnih razredih.

Tabela 2: Število UFP po mesecih in po velikostnih razredih

kanal->	velikostni razred->	N2			N3			N4			N5			N6			N7			N8		
		10-20nm			20-30nm			30-50nm			50-70nm			70-100nm			100-200nm			200-800nm		
Mesec	Delež podatkov	Mesečno povprečje (1/cm ³)	Najvišja dnevna (1/cm ³)	Najvišja urna (1/cm ³)	Mesečno povprečje (1/cm ³)	Najvišja dnevna (1/cm ³)	Najvišja urna (1/cm ³)	Mesečno povprečje (1/cm ³)	Najvišja dnevna (1/cm ³)	Najvišja urna (1/cm ³)	Mesečno povprečje (1/cm ³)	Najvišja dnevna (1/cm ³)	Najvišja urna (1/cm ³)	Mesečno povprečje (1/cm ³)	Najvišja dnevna (1/cm ³)	Najvišja urna (1/cm ³)	Mesečno povprečje (1/cm ³)	Najvišja dnevna (1/cm ³)	Najvišja urna (1/cm ³)	Mesečno povprečje (1/cm ³)	Najvišja dnevna (1/cm ³)	Najvišja urna (1/cm ³)
oktober 2016	84%	1624	2788	11969	1171	1972	8204	1590	2812	5797	1105	2055	3348	1132	2127	3734	1512	2883	5363	511	963	2145
november 2016	83%	1835	3846	13319	1251	2154	5424	1699	3226	9755	1148	2465	4815	1199	2802	4058	1730	4234	6421	599	1294	2232
december 2016	100%	1634	2327	6005	1490	2369	5586	2376	4024	7441	1901	3226	5275	2282	3820	6024	3951	6444	9969	1580	2585	3800
januar 2017	42%	1075	1633	4238	1233	1625	3451	1944	2589	4676	1437	2098	3339	1628	2605	4699	2811	5794	9966	1291	2922	4242
februar 2017	100%	849	1597	3628	811	1916	3956	1231	3184	6867	938	2860	5159	1076	3626	5582	1780	6521	9609	712	2692	4139
marec 2017	100%	1182	2000	5973	1107	1776	4251	1600	2401	5319	1095	1796	3923	1100	2063	3589	1550	3073	5578	515	1144	2350
april 2017	100%	947	1661	4745	784	1376	3577	1112	2030	4597	732	1335	3908	677	1293	4708	905	1944	4725	309	642	1126
maj 2017	92%	1113	1661	5973	878	1369	2889	1210	1900	6681	785	1195	6152	710	1479	4000	896	2143	4846	258	593	1176
junij 2017	100%	994	1447	5109	836	1474	3909	1196	1942	5683	786	1335	3678	739	1298	2494	986	1506	2269	313	737	920
julij 2017	100%	994	1447	5109	836	1474	3909	1196	1942	5683	786	1335	3678	739	1298	2494	986	1506	2269	313	737	920
avgust 2017	96%	1324	1927	9811	938	1305	4080	1308	1855	4619	865	1330	3368	804	1182	2949	1048	1575	2426	331	620	910

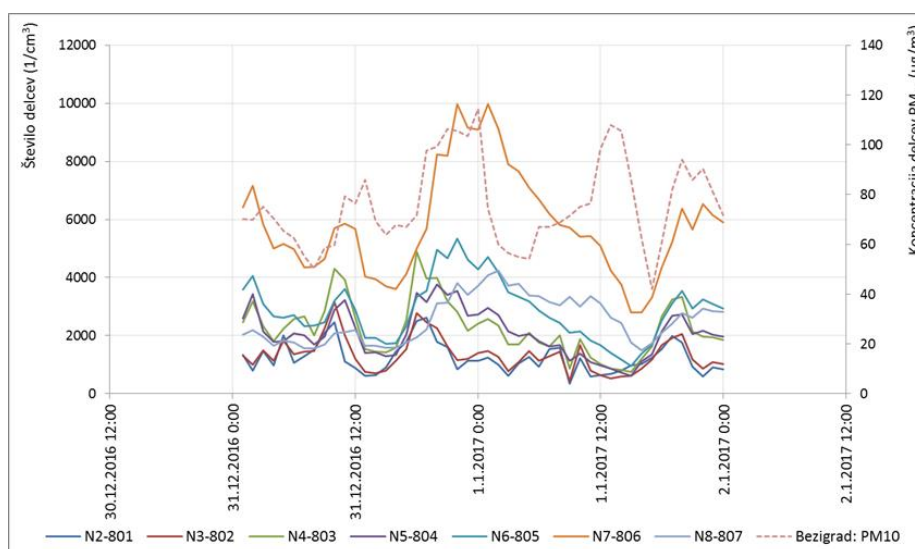
Najvišje število UFP, glede na mesečno povprečje, smo izmerili v velikostnem razredu 100-200 nm in sicer decembra 2016, najvišje urno število UFP pa je bilo izmerjeno v velikostnem razredu 10-20 nm v mesecu novembru 2016. Zaradi velikega izpada meritev v januarju 2017, mesečno povprečje za ta mesec ne kaže realnega stanja. V nadaljevanju je na sliki 4 prikazano izmerjeno mesečno število UFP za celotno merjeno obdobje.



Slika 4: Prikaz izmerjenih velikostnih razredov UFP po mesecih

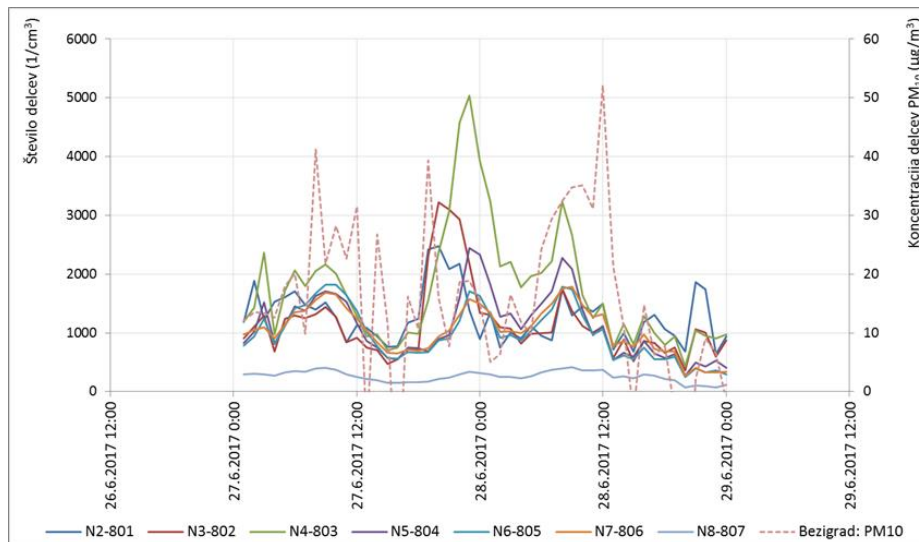
Iz slike 4 je razvidno, da je število UFP najvišje v zimskih mesecih in so bile več kot dvakrat višje kot v poletnih mesecih (april–avgust 2017). V celotnem obdobju je bilo najbolj konstantno število delcev v velikostnem razredu 20–30 nm, največje nihanje pa je bilo v velikostnem razredu 100–200 nm. Od aprila do junija 2017 pa je bilo število delcev v skoraj vseh velikostnih razredih dokaj konstantno.

V nadaljevanju je na sliki 5 prikazano urno število UFP v primerjavi z delci PM₁₀ v času od 31. 12. 2016 ob 01:00 uri do 02. 01. 2017 ob 00:00 uri, na sliki 6 pa urno število UFP v primerjavi z delci PM₁₀ v času od 27. 06. 2017 ob 01:00 uri do 29. 06. 2017 ob 00:00 uri. V navedenem obdobju je bil namreč izveden ognjemet.



Slika 5: Število UFP in koncentracija PM₁₀ od 31.12.2016 01:00 do 02.01.2017 00:00

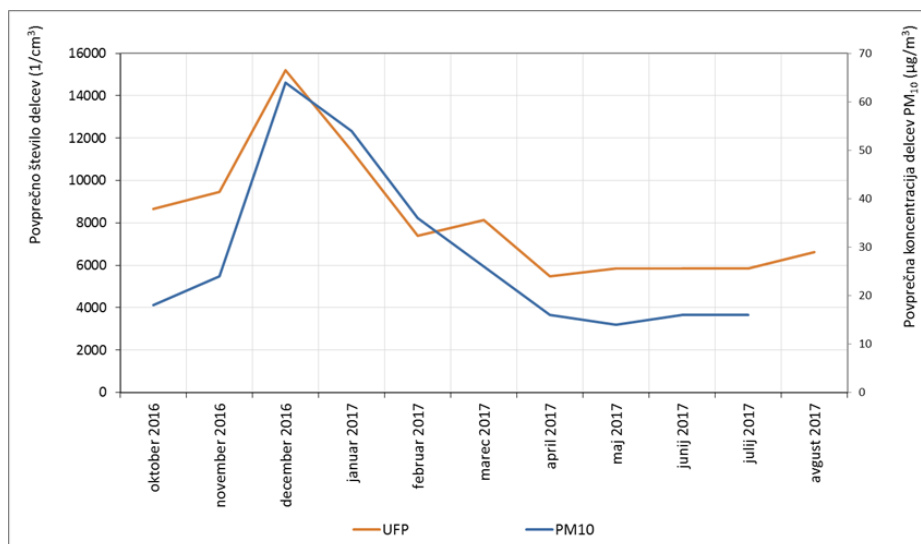
Na sliki 5 je razvidno povišanje števila UFP v posameznih velikostnih razredih po 18:00 uri na dan 31. 12. 2016. Največje povečanje števila UFP je bilo v velikostnem razredu N7 (100–200 nm), najvišje število UFP v tem velikostnem razredu pa je bilo izmerjeno ob 22:00 uri. Po 02:00 uri je opaziti upadanje števila UFP v vseh merjenih v velikostnih razredih. Koncentracije PM_{10} imajo podoben hod, po 19:00 uri zvečer so se začele zviševati in dosegle najvišje vrednosti ob polnoči, nato so se znižale. Na dan 31. 12. 2016 so bila na merilnih postajah v Ljubljani izmerjena preseganja mejne dnevne vrednosti za PM_{10} . Visoke vrednosti in preseganja mejnih dnevni vrednosti za PM_{10} so se praviloma na ta dan pojavljale tudi po ostalih krajih, kjer se izvajajo meritve zraka. Vpliv ognjemeta na izmerjeno število UFP v omenjenem obdobju zaradi visokih vrednosti ozadja ter uporabe ostalih pirotehničnih sredstev ni nedvoumno opazen.



Slika 6: Število UFP in koncentracija PM_{10} od 27.06.2017 01:00 do 29.06.2017 00:00

Iz slike 6 je razvidno poviševanje števila UFP v posameznih velikostnih razredih okrog 20:00 ure z maksimalno koncentracijo v velikostnem razredu N4 (30–50 nm) ob 23:00. Pri koncentraciji PM_{10} v omenjenem časovnem obdobju ni opaziti povišanih vrednosti. Zaradi nižjih vrednosti ozadja je povišanje števila UFP na dan 27.06.2017 med 22:00 ter 23:00 izrazito opazno, vzrok za to pa bi lahko bil ognjemet na Ljubljanskem gradu v sklopu javnih prireditev »Junij 2017 v Ljubljani in 65. Ljubljana Festival«. Po informacijah UE Ljubljana je bil ta izveden med 22:30 in 23:30 uro.

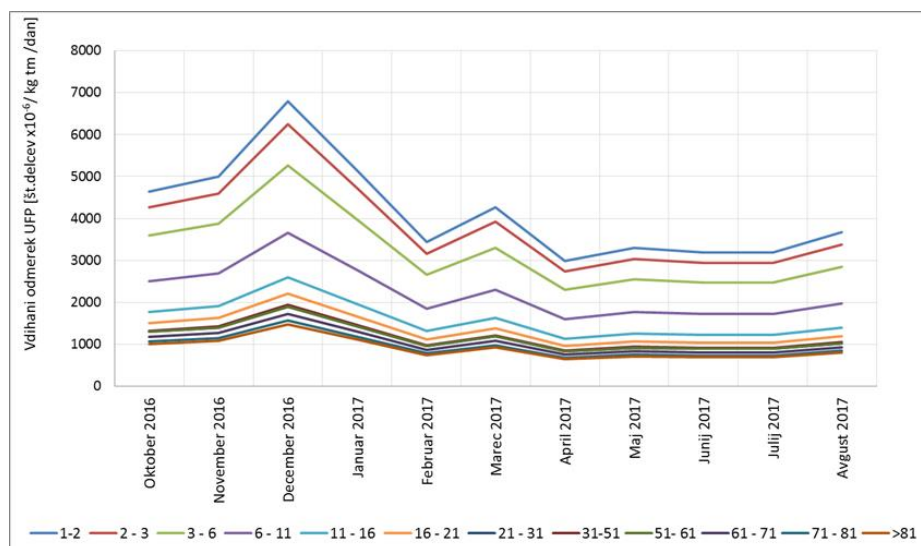
Na sliki 7 je prikazana primerjava mesečnih vrednosti vseh povprečnih števil UFP (10–800 nm) s povprečnimi mesečnimi koncentracijami PM_{10} . Iz slike je razvidno dobro ujemanje med vsoto povprečnega števila UFP in koncentracijo PM_{10} , korelacijski faktor je 0,904 (visoka/močna povezanost).



Slika 7: Primerjava povprečnega mesečnega števila UFP (vsota vseh merjenih razredov od 10 nm do 800 nm) in povprečnih mesečnih koncentracij PM₁₀ v opazovanem v obdobju od oktobra 2016 do avgusta 2017

3.2. Potencialna izpostavljenosti prebivalcev UFP

Rezultati izračuna vdihanega odmerka UFP za različne starostne skupine prebivalcev v opazovanem obdobju na osnovi povprečnih mesečnih koncentracij števila UFP (vsota delcev od 10 nm do 100 nm) v obdobju od oktobra 2016 do avgusta 2017 so prikazani na sliki 8.



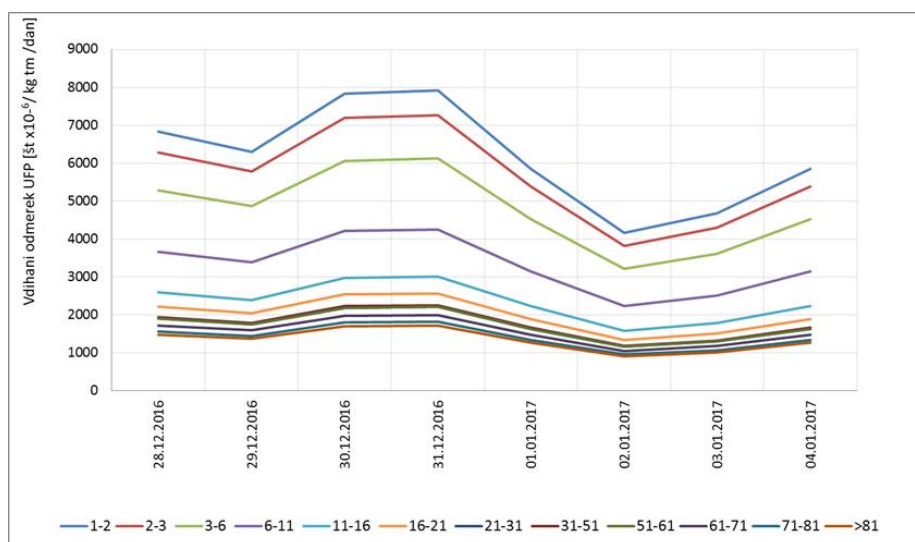
Slika 8: Vdihani odmerki UFP [število delcev × 10⁶/kg telesne mase/dan] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti povprečnim mesečnim koncentracijam števila UFP (vsota števila delcev velikostnih razredov od 10–100 nm) v opazovanem obdobju od oktobra 2016 do avgusta 2017

Iz slike 8 je razvidno, da je bil izračunani vdihani odmerek UFP v vseh starostnih skupinah v zimskem obdobju večji v primerjavi z ostalim obdobjem. Največji vdihani odmerek UFP je bil izračunan za starostno skupino 1–2 leti, opazno večji v primerjavi z ostalimi starostnimi skupinami je bil tudi v starostnih skupinah od 2-3 leta, 3–6 in od 6–11 let.

Vpliv ognjemeta na število izmerjenih UFP v januarju 2017 zaradi visokih vrednosti ozadja, uporabe ostalih pirotehničnih sredstev in glede na meteorološke razmere ni bil nedvoumno opazen. V tem mesecu je bilo tudi premalo veljavnih meritev, zato so rezultati informativne narave. Posledično je lahko izračunani vdihani odmerek podcenjen oziroma precenjen.

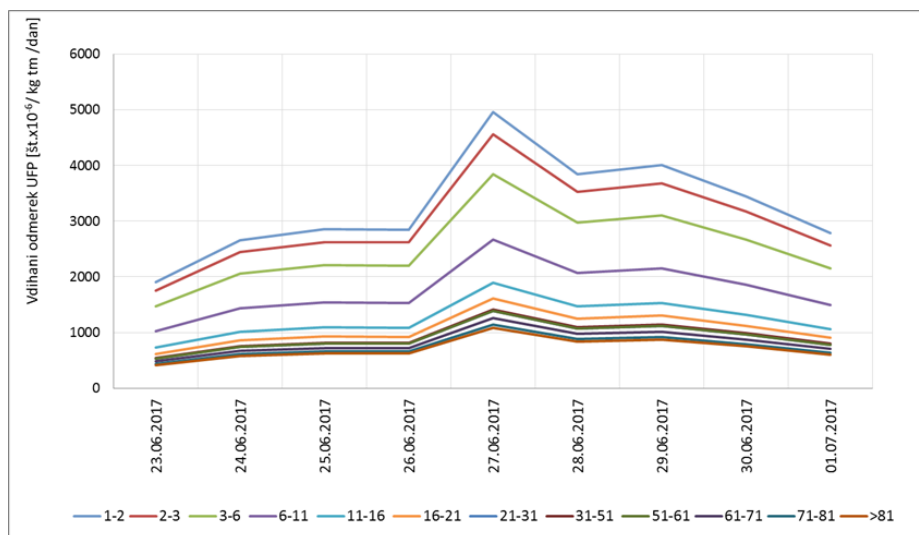
Na osnovi ujemanja vsote povprečnih koncentracij števila UFP in PM_{10} in na podlagi dejstva, da se manjši delci dalj časa zadržujejo v ozračju (Wang et al., 2007; Zhang et al., 2010; Lin, 2016), kar so pokazale tudi naše meritve (v celotnem opazovanem obdobju je bilo najbolj konstantno število delcev v velikostnem razredu do 30 nm), smo predpostavili, da je bil izračunani vdihani odmerek UFP na osnovi januarskega povprečja dovolj dober približek za oceno potencialne izpostavljenosti UFP v tem obdobju (Farkaš-Lainščak et al., 2017).

Za podrobnejši prikaz potencialne izpostavljenosti UFP zaradi ognjemetov so na slikah 9 in 10 prikazani vdihani odmerki UFP za različne starostne skupine, izračunani na podlagi dnevne koncentracije števila UFP (vsota števila delcev v velikostnih razredih UFP od 10 do 100 nm) štiri dni pred ognjemetom, na dan ognjemetov in štiri (oziroma tri) dni po ognjemetih, ki sta bila 1. 1. 2017 (slika 9) in 27. 6. 2017 (slika 10) (Šömen Joksić et al., 2018).



Slika 9. Vdihani odmerki UFP [število delcev $\times 10^6$ /kg telesne mase/dan] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti dnevni koncentracijam števila UFP (vsota števila delcev velikostnih razredov od 10–100 nm) na dan ognjemetov (1. 1. 2017), štiri dni pred ognjemetom (28.–31. 12. 2016) in tri dni po ognjemetu (2. 1.–4. 1. 2017) (Šömen Joksić et al., 2018).

Iz slike 9 je razvidno, da se je vdihani odmerek UFP povečeval od 29. 12. 2016 in dosegel najvišjo vrednost 31. 12. 2016. Predvidevamo, da je bilo večje število UFP v ozračju v tem obdobju posledica različnih drugih virov onesnaževanja, vključno s povečano uporabo ostalih pirotehničnih sredstev. Dne 1. 1. 2017 se je vdihani odmerek UFP rahlo znižal in se 2. 1. 2017 približal vrednosti izpred treh dni pred ognjemetom. Iz slike 9 je tudi razvidno, da se je vdihani odmerek dne 4. 1. 2017 znova začel povečevati, vendar je naslednjega dne prišlo do okvare merilca, tako da nadaljnega poteka vrednosti števila UFP nismo mogli prikazati (Farkaš-Lainščak et al., 2017). Največji vdihani odmerek je bil izračunan 31. 12. 2017 v starostnih skupinah 1–2 let, 2–3 let in 3–6 let. Izračun vdihanega odmerka na osnovi dnevni vrednosti UFP v tem obdobju ne prikaže nedvoumne povezave med ognjemetom in potencialno izpostavljenostjo UFP zaradi ognjemetov.



Slika 10. Vdihani odmerki UFP [število delcev × 10⁶/kg telesne mase/dan] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti dnevni koncentracijam števila UFP (vsota števila delcev velikostnih razredov od 10–100 nm) na dan ognjemeta (27. 6. 2017), štiri dni pred ognjemetom (23. 6. 2017–26. 6. 2017) in štiri dni po ognjemetu (28. 6. –1. 7. 2017) (Šömen Joksić et al., 2018).

Slika 10 prikazuje rezultate izračunov vdihanega odmerka UFP štiri dni pred ognjemetom in štiri dni po ognjemetu, ki je bil dne 27. 6. 2017. Vdihani odmerek se je na dan ognjemeta opazno povečal in se je v naslednjih štirih dneh po ognjemetu zmanjševal. Največji vdihani odmerek je bil izračunan 27. 6. 2017 v starostnih skupinah 1–2 let, 2–3 let in 3–6 let. Izračuni vdihanega odmerka, izračunanega na podlagi dnevne koncentracije števila UFP na dan ognjemeta 27. 6. 2017 so nedvoumno pokazali povezavo med ognjemetom in potencialno izpostavljenostjo. Vdihani odmerek UFP se je na dan ognjemeta v primerjavi s predhodnimi dnevi povečal za približno 40 %, in se zmanjševal naslednji dan za približno 20 % ter se v naslednjih dneh še zmanjševal. Štiri dni po ognjemetu se je vdihani odmerek UFP zmanjšal na raven štirih dni pred ognjemetom.

Na koncentracijo delcev, ki so lahko posledica ognjemeta (in posledično na vdihani odmerek), vpliva veliko različnih dejavnikov, ki v sklopu te raziskave niso bili upoštevani. Na nastajanje in širjenje UFP v zunanjem zraku imajo pomemben vpliv meteorološke razmere (smer in hitrost vetra, temperatura in vlažnost zraka), razgibanost terena in ostali točkovni, linijski ter razpršeni viri, ki prispevajo k onesnaženosti ozračja z UFP (Lin, 2016). Zato je potrebno v bodočih raziskavah pri določitvi vpliva ognjemeta na kakovost zraka in potencialne izpostavljenosti ljudi te dejavnike upoštevati v največji možni meri (Baldauf et al., 2016), kakor tudi razširitev raziskave časovnih trendov in dopolnitev rezultatov z zdravstvenimi podatki (npr. dnevno število obiskov v bolnišnici zaradi bolezni srca in ožilja) (Slezakova et al., 2013; Farkaš-Lainščak et al., 2017; Šömen Joksić et al., 2018).

4. ZAKLJUČEK

V okviru projekta smo v času od oktobra 2016 do avgusta 2017 izvedli meritve UFP v zraku na ožjem območju Ljubljane (merilno mesto Kmetijski inštitut Slovenije). Meritve so vključevale številčne koncentracije UFP po osmih velikostnih razredih od 10 nm do 800 nm. Število UFP je bilo v zimskih mesecih (oktober 2016–marec 2017) več kot dvakrat višje kot v poletnih mesecih (april–avgust 2017). Z opravljeno raziskavo smo grobo ocenili sezonska nihanja vrednosti UFP v ozračju in prikazali potencialni vpliv ognjemetov na kakovost zraka ter posledično potencialno izpostavljenost UFP. V tem obdobju smo opazili tudi dobro ujemanje med vsoto povprečnih koncentracij števila UFP in PM₁₀.

V opazovanem obdobju sta bila izvedena dva večja ognjemeta v sklopu javnih prireditev v Ljubljani in sicer 1. 1. 2017 in 27. 6. 2017. Izračun vdihanega odmerka na osnovi dnevni vrednosti UFP v tem obdobju ne prikaže nedvoumne povezave med ognjemetom in potencialno izpostavljenostjo UFP zaradi ognjemeta. Zaradi nižjih vrednosti ozadja je bilo povišanje števila UFP na dan 27. 6. 2017 med 22:00 ter 23:00 uro (v času ognjemeta) izrazito opazno, posledično je vdihani odmerek, izračunan na podlagi dnevne koncentracije števila UFP na dan ognjemeta 27. 6. 2017 nedvoumno pokazal na povezavo med ognjemetom in potencialno izpostavljenostjo. V obeh primerih je bil največji vdihani odmerek izračunan na dan ognjemeta in v starostnih skupinah 1–2 let, 2–3 let in 3–6 let.

Na podlagi sistematičnega pregleda literature lahko zaključimo, da je poleg velikosti UFP pomembna tudi njihova kemična sestava, kar je potrebno upoštevati pri načrtovanju nadaljnjih raziskav. Predvsem pa je pomembno poznavanje atmosfere in upoštevanje parametrov, ki vplivajo na nastanek, koncentracijo in širjenje UFP v zraku, kot posledica ognjemetov. Zelo pomembna je lokalna meteorologija, ki je v idealnem primeru podprta s satelitskimi meritvami, da lahko z ustrezno primerjavo in nato določeno gotovostjo zaključimo, da je povečana koncentracija aerosola oziroma delcev UFP posledica ognjemetov.

Raziskava vsebuje določene pomanjkljivosti, ki jih je v bodoče pri podobnih raziskavah potrebno nasloviti in odpraviti. Glavne pomanjkljivosti se kažejo v relativno kratkem obdobju izvajanja meritev na enem merilnem mestu, kar je bila posledica časovnih in finančnih omejitev. Na rezultate je pomembno vplival tudi izpad meritev v januarju 2017. Ne glede na to smo z raziskavo pridobili pomembne podatke in izkušnje za izboljššan pristop k podobnim raziskavam v prihodnje. Iz razpoložljive literature je namreč razvidno, da je tovrstnih raziskav o izpostavljenosti UFP zaradi ognjemetov in vplivih na zdravje zelo malo, predvidoma tudi zaradi velike kompleksnosti, ki jo taka raziskava predstavlja. Vsekakor je treba aktivnosti v tej smeri nadaljevati in v bodoče izboljšati tako izvedbo meritev UFP, kakor metodologijo ocene potencialne izpostavljenosti prebivalcev.

V skladu z ugotovitvami in izkazanimi potrebami predlagamo izvedbo predhodno dobro zasnovane in ovrednotene ekološke raziskave časovnih vrst in časovnih trendov oziroma nadgradnjo raziskave tako z zdravstvenimi podatki (npr. dnevno število obiskov v bolnišnici zaradi bolezni srca in ožilja oziroma ostalih relevantnih zdravstvenih izidov) kot z okoljskimi, to je večjim številom podatkov o dnevni koncentracijah UFP v zraku (daljšo časovno vrsto). S tem bi bolj zanesljivo prispevali tudi k oblikovanju ustreznih podlag za ukrepanje regulatornih organov in k bolj utemeljenemu pristopu k širitvi zavedanja ter osveščanja ljudi o tovrstnem tveganju in pomenu zmanjšanja izpostavljenosti.

5. REFERENCE

Andersen ZJ, Wahlin P, Raaschou-Nielsen O, Ketzel M, Scheike T, Loft S. Size distribution and total number concentration of ultrafine and accumulation mode particles and hospital admissions in children and the elderly in Copenhagen, Denmark. *Occup Environ Med* 2008; 65(7): 458–66.

Atkinson RW, Fuller GW, Anderson HR, Harrison RM, Armstrong B. Urban ambient particle metrics and health: a time-series analysis. *Epidemiology* 2010; 21(4): 501–11.

Atkinson RW, Mills IC, Walton HA, Anderson HR. Fine particle components and health—a systematic review and meta-analysis of epidemiological time series studies of daily mortality and hospital admissions. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2015; 25(2): 208–214.

Baldauf RW, Devlin RB, Gehr P, Giannelli R, Hassett-Sipple B et al. Ultrafine Particle Metrics and Research Considerations: Review of the 2015 UFP Workshop. *Int J Environ Res Public Health*. 2016; 13: 1054-1075.

- Belleudi V, Faustini A, Stafoggia M, Cattani G, Marconi A, Perucci CA, Forastiere F. Impact of fine and ultrafine particles on emergency hospital admissions for cardiac and respiratory diseases. *Epidemiology* 2010; 21(3): 414–23.
- Braniš M, Vyškovská J, Malý M, Hovorka J. Association of size-resolved number concentrations of particulate matter with cardiovascular and respiratory hospital admissions and mortality in Prague, Czech Republic. *Inhal Toxicol* 2010; 22(2): 21–8.
- Breitner S, Liu L, Cyrus J, Brüske I, Franck U, Schlink U, Leitte AM, Herbarth O, Wiedensohler A, Wehner B, Hu M, Pan XC, Wichmann HE, Peters A. Sub-micrometer particulate air pollution and cardiovascular mortality in Beijing, China. *Sci Total Environ* 2011; 409(24): 5196–204.
- De Almeida, D.S., Martins, J.A., Vidotto, L.H.B., Martins, L.D. Study of Potential Health Damage Caused by Ultrafine Particles in Megacities Using a Pulmonary Deposition Model. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2015, 3, 67-71.
- Díaz-Robles LA, Fu JS, Vergara-Fernández A, Etcharren P, Schiappacasse LN, Reed GD, Silva M. Health risks caused by short term exposure to ultrafine particles generated by residential wood combustion: A case study of Temuco, Chile. *Environ Int* 2014; 66: 174–181.
- Farkaš-Lainščak J, Golja V, Šömen Jokić A, Kukec A, Rejc T, Lešnik U, Gobec M, Lukan B, Bertalanič R, Eržen I. Onesnaženost zraka z ultra-finimi delci in ocena možnih vplivov na zdravje zaradi ognjemetov. Poročilo o izvedenem ciljnem raziskovalnem projektu (V3-1642). Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2017. Pridobljeno 16. 4. 2018 s spletne strani <http://nijz.si/sl/odpovejmo-se-ognjemetom>
- HEI Review Panel on Ultrafine Particles. Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles. HEI Perspectives 3. Boston, MA: Health Effects Institute, 2013.
- Heinzerling A, Hsu J, Yip F. Respiratory Health Effects of Ultrafine Particles in Children: A Literature Review. *Water Air Soil Pollut* 2016; 227: 32. Pridobljeno 4. 10. 2017 s spletne strani: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4714792/pdf/nihms-748028.pdf>.
- Khaparde VV, Pipalatkhar PP, Pustode T, Rao CV, Gajghate DG. Influence of burning of fireworks on particle size distribution of PM10 and associated barium at Nagpur. *Environ Monit Assess* 2012; 184(2): 903–11.
- Kumar M, Singh RK, Murari V, Singh AK, Singh RS, Banerjee T. Fireworks induced particle pollution: A spatio-temporal analysis. *Atmos Res* 2016; 180: 78-91.
- Li W, Shi Z, Yan C, *et al.* Individual metal-bearing particles in a regional haze caused by firecracker and fireworks emissions. *The Science of the Total Environment*, 2013, 443, 464-469.
- Li W, Shi Z, Yan C, Yang L, Dong C, Wang W. Individual metal-bearing particles in a regional haze caused by firecracker and fireworks emissions. *Sci Total Environ* 2013; 443: 464–469.
- Lin CC. A review of the impact of fireworks on particulate matter in ambient air. *J Air Waste Manag Assoc* 2016; 66(12): 1171–1182.
- Moya J, Phillips L, Schuda L. in sod. Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. US EPA, 2011. Pridobljeno 4. 10. 2017 s spletne strani: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252>).
- Nazaroff WW. Indoor particle dynamics. *Indoor Air* 2004; 14(7): 175–83.

Nemmar A, Hoylaerts MF, Hoet PHM, Dinsdale D, Smith T, Xu HY, et al. Ultrafine particles affect experimental thrombosis in an in vivo hamster model. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 998–1004.

Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ Health Perspect* 2005; 113: 823-839.

Pervez S, Chakrabarty RK, Dewangan S, Watson JG, Chow JC, Matawle JL. Chemical speciation of aerosols and air quality degradation during the festival of lights (Diwali). *Atmos Pollut Res* 2016; 7: 92–99.

Seaton A, MacNee W, Donaldson K, Godden D. Particulate air pollution and acute health. *Lancet* 1995; 345(8943): 176–178.

Slezakova K, Fonseca J, Morais S, do Carmo Pereira M. Ultrafine particles in ambient air of an urban area: dose implications for elderly. *J Toxicol Environ Health A* 2014; 77(14-16): 827-836.

Slezakova K, Morais S, do Carmo Pereira M. Atmospheric *Nanoparticles* and Their Impacts on Public Health. In: *Current Topics in Public Health* (Ed. Alfonso J. Rodriguez-Morales). InTechOpen, 2013. Pridobljeno 20. 9. 2017 s spletne strani <https://mts.intechopen.com/books/current-topics-in-public-health/atmospheric-nanoparticles-and-their-impacts-on-public-health>

Stewart JC, Chalupa DC, Devlin RB, Frasier LM, Huang LS, Little EL, et al. Vascular effects of ultrafine particles in persons with type 2 diabetes. *Environ Health Perspect* 2010; 118: 1692–1698.

Stölzel M, Breitner S, Cyrys J, Pitz M, Wölke G, Kreyling W, Heinrich J, Wichmann HE, Peters A. Daily mortality and particulate matter in different size classes in Erfurt, Germany. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2007; 17(5): 458–67.

Šömen Joksić A, Kukec A, Golja V, Lešnik U, Gobec M, Eržen I, Farkaš-Lainščak J. Onesnaženost zraka z ultra-finimi delci in ocena potencialne izpostavljenosti prebivalcev zaradi ognjemetov. *Javno zdravje* 2018; 2(1): 29-39. Pridobljeno 16. 4. 2018 s spletne strani http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/somen_joksic_et_al._jz_02-04.pdf

UFIREG. Data collection and methods, Environmental health reports Dresden: Technische Universität Dresden, 2014. Pridobljeno 14. 9. 2016 s spletne strani: <http://www.ufireg-central.eu/index.php/downloads>.

UFIREG. Ultrafine particles—Cooperating with environmental and health policy. Results. Pridobljeno 14. 9. 2016 s spletne strani: <http://www.ufireg-central.eu/index.php/results>.

Urad Republike Slovenije za kemikalije, Ognjemeti in druga zabavna pirotehnika zastrupljajo ozračje, [e–zloženska]. Pridobljeno 13. 9. 2016 s spletne strani: http://www.uk.gov.si/fileadmin/uk.gov.si/pageuploads/pdf/Ognjemeti_dokoncna.pdf.

Vaclavik Bräuner E, Forchhammer L, Møller P, Simonsen J, Glasiu M, Wåhlin P, et al. Exposure to Ultrafine Particles from Ambient Air and Oxidative Stress–Induced DNA Damage. *Environ Health Perspect* 2007; 115(8): 1177–1182.

Wang Y, Zhuang G, Xu C, An Z. The air pollution caused by the burning of fireworks during the lantern festival in Beijing. *Atmos Environ* 2007; 41(2): 417–431.

Wichmann HE. Diesel exhaust particles. *Inhal Toxicol* 2007; 19: 241-244.

Zhang M, Wang X, Chen J, Cheng T, Wang T, Yang X, Gong Y, Geng F, Chen C. Physical characterization of aerosol particles during the Chinese New Year's firework events. *Atmos Environ* 2010; 44(39): 5191–5198.

Zahvala: Avtorji se zahvaljujemo sodelavcem Agencije Republike Slovenije za okolje, zlasti gospodu Renatu Bertalaniču, za redno sprotno pripravo in posredovanje okoljskih in meteoroloških podatkov za merilni postaji za spremljanje kakovosti zraka Bežigrad in Krvavec.