



Nacionalni inštitut
za javno zdravje

URAD DIREKTORJA

Trubarjeva 2
SI-1000 Ljubljana
t +386 1 2441 400
f +386 1 2441 447
www.nijz.si
info@nijz.si
ID DDV:
SI 44724535
TRR:
011006000043188

Poročilo o izvedenem ciljnem raziskovalnem projektu

**Onesnaženost zraka z ultra-finimi delci in ocena možnih
vplivov na zdravje zaradi ognjemetov
V3-1642**

Ljubljana, september 2017

Naslov projekta	Onesnaženost zraka z ultra-finimi delci in ocena možnih vplivov na zdravje zaradi ognjemetov
Vodja projekta	Jerneja Farkaš-Lainščak
Sodelavci	Viviana Golja, Agnes Šömen Joksić, Andreja Kukec, Tanja Rejc, Ivan Eržen
Sodelujoča institucija	NLZOH Uroš Lešnik, Matevž Gobec, Benjamin Lukan
Meteorološki podatki	Agencija RS za okolje Renato Bertalanič
Številka:	631-35/16-6/128
Kraj in datum:	Ljubljana, 27. 9. 2017

Doseženi rezultati so nastali v okviru raziskovalnega projekta V3–1642, ki sta ga 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.

Doc.dr. Jerneja Farkaš-Lainščak
dr. med., spec.
Vodja projekta



Prim. prof. dr. Ivan Eržen
dr. med., spec.
Direktor



KAZALO

1. UVOD	4
2. METODE DE LA	5
2.1. Eksperimentalni del	5
2.1.1 Merilno mesto	5
2.1.2 Merilna oprema in princip meritev	5
2.1.3 Izvedba meritev in ostali podatki	7
2.2. Ocena izpostavljenosti.....	7
2.2.1 Ognjemeti v opazovanem obdobju	7
2.2.2 Izračun vdihanega odmerka glede na obdobja	7
2.3. Sistematični pregled literature	8
3. REZULTATI IN RAZPRAVA.....	18
3.1. Rezultati meritev	18
3.2. Vdihani odmerki UFP glede na obdobja	24
3.3. Sistematični pregled literature	27
4. ZAKLJUČEK	29
4.1. Vsebinski del.....	29
4.2. Finančni del.....	30
5. REFERENCE	31
6. PRILOGE	33

1. UVOD

Ultra-fini delci ali nanodelci (v nadaljevanju UFP; iz angl. *ultra-fine particles*) so majhni delci snovi - veliki od 1 do 100 milijardink metra (10^{-9} metrov). V zunanjem zraku se 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 imajo drugačne lastnosti, kot delci enake kemijske sestave večjih dimenzij. Te drugačne lastnosti (kemijske, električne, reološke, magnetne, optične, mehanske, strukturne in biološke lastnosti) izvirajo iz zelo velikega povečanja površine v primerjavi s kemijsko enakimi materiali enakega volumna ali mase. Zaradi tega imajo taki delci tudi spremenjen vpliv na zdravje, kar je razvidno iz različnih dokumentov in literature (in je povzeto v prijavnih vlogi).

K splošnemu onesnaženju zraka z UFP v določeni meri prispevajo tudi ognjemeti. Za doseganje različnih efektov in barv se pri izdelavi pirotehničnega izdelka oziroma ognjemeta uporabljajo različne kemikalije, ki običajno vsebujejo fosfor, kalij, kalcij, svinec, magnezij, aluminij, silicij, železo, baker, barij, natrij, molibden. Pri eksploziji se iz pirotehničnega izdelka silovito sprostijo v zrak v obliki plinastih reakcijskih produktov in UFP, ki nastanejo pri reakciji s kisikom oziroma pri reakciji med posameznimi deli eksploziva. Na splošno je zelo malo znanega o potencialnem tveganju zaradi izpostavljenosti ljudi UFP, ki so posledica ognjemetov.

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).

Omenjeni projekt sta izvajali dve projektni skupini in sicer projektna skupina Nacionalnega inštituta za javno zdravje (NIJZ) in projektna skupina Nacionalnega laboratorija za zdravje, okolje in hrano (NLZOH). Sodelovanje med obema institucijama je bilo zagotovljeno s podpisom medsebojnega dogovora o relevantnih finančnih in pravnih vsebinah. Sodelovanje je temeljilo na organizaciji skupnih sestankov, rednem medsebojnem obveščanju o poteku meritev, izmenjavi podatkov in ostalih potrebnih informacij ter pri pripravi zaključnega poročila, dokumentacije, načrtovane predstavitve in diseminacije rezultatov.

2. METODE DE LA

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.

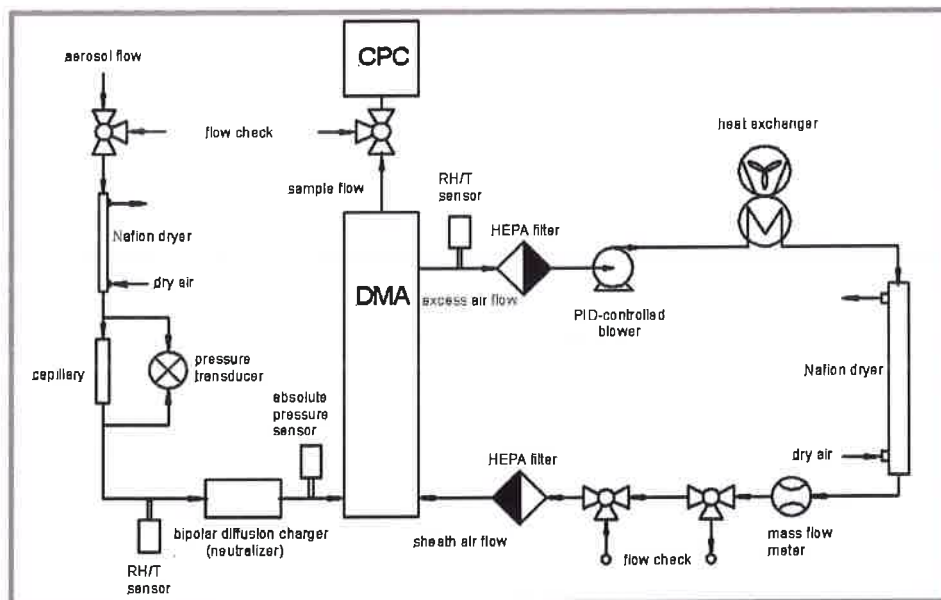


Slika 1: Merilno mesto, dvorišče Kmetijskega inštituta Slovenije na naslovu Hacquetova ulica 17, Ljubljana

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.

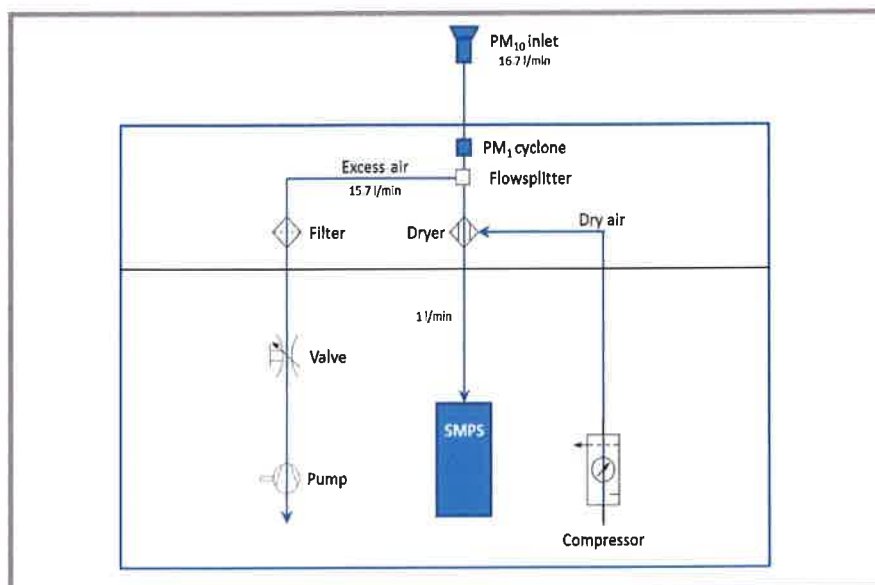
Uporabljen instrument je proizvedel IFT (Leibnizov inštitut za raziskovanje troposfere) in je zasnovan za dolgoročne meritve v atmosferi. Instrument vključuje elemente za nadzor vseh pomembnih sistemskih parametrov ključnih za sledljivo kakovost podatkov. Sistem je preprost za uporabo, vendar je mogoče zahtevana nizka odstopanja doseči le z rednim zagotavljanjem kakovosti. Shema merilnega instrumenta je prikazana na sliki 2.



Slika 2: Shema merilnega instrumenta

Sestava merilnega sistema vključuje tudi sušilnik, za zmanjšanje relativne vlažnosti pri vzorcih aerosolov in povratnem zraku. Zanka s povratnim zrakom ima dodaten toplotni izmenjevalnik in zelo učinkovite filtre (HEPA) za delce. Senzorji kontinuirano beležijo pretok aerosolov in povratnega zraka, relativno vlažnost in temperaturo v obeh tokovih kot tudi pritisk na vstopu v merilni sistem. Meritve se opravljajo pri relativni vlažnosti manj kot 40 %, zato je potrebno zrak za vzorčenje sušiti.

Slika 3 prikazuje shematsko skico dovoda zraka ter načina vzorčenja za merilne postaje, kot je npr. v Ljubljani. Vzorec aerosola najprej pride v sistem skozi standardni PM₁₀ dovod in nato 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, posuši s pomočjo sušilnika plinov (Nafion dryer).



Slika 3: Shema dovoda zraka in načina vzorčenja

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, 2014).

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, 2016, 2017) 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. Ocena izpostavljenosti

2.2.1 Ognjemeti v opazovanem obdobju

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, Priloga 1). 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, Priloga 2). 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).

2.2.2 Izračun vdihanega odmerka glede na obdobja

Potencialno izpostavljenost ljudi smo (grobo) ocenili z izračunom vdihanega odmerka UFP [število delcev/kg telesne mase na dan] po posameznih velikostnih razredih za različna obdobja in sicer:

- za celotno obdobje od oktobra 2016 do avgusta 2017: v izračunu so uporabljene povprečne koncentracije števila UFP v tem obdobju;
- za obdobje, ko ni bilo ognjemetov oziroma uporabe pirotehničnih sredstev večjega obsega (vsi meseci, razen januar in junij 2017): v izračunu so uporabljene povprečne koncentracije števila UFP v tem obdobju, brez dveh omenjenih mesecev in

- za obdobje, ko so bili izvedeni ognjemeti oziroma uporabljena pirotehnična sredstva večjega obsega (januar in junij 2017): v izračunu so uporabljene povprečne koncentracije števila UFP v obeh mesecih.

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 idr., 2011):

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

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

2.3. Sistematični pregled literature

Pregledali smo bibliografsko bazo PubMed, spletne strani Svetovne zdravstvene organizacije (WHO), OECD in druge. Pri pregledu in izbiri literature smo se osredotočili na namen raziskave, to je spremljanje UFP v zraku, njihovo sestavo (indikator onesnaženosti, merilna tehnika) in učinke na zdravje. Ključne besede, ki smo jih pri tem uporabili, so bile: *fireworks, ultrafine particles, nano, particle size impact, air pollution, toxicology, health effects*.

V nadaljevanju so v Tabeli 2 zbrani povzetki in analiza pregledane literature.

Tabela 2. Pregled literature (PubMed) in spletnih strani

VIR	BISTVO ČLANKA
Chen idr. 2016	Pregledni članek opisuje vplive UFP na zdravje. Opisani so sestava UFP, tipične značilnosti onesnaženja ozračja z UFP v urbanem okolju, oksidativni učinki, potencialne poti izpostavljenosti in tveganja za zdravje. Glede značilnosti onesnaženja z UFP v urbanem okolju so ugotovili, da so UFP zelo povezani z antropogenimi emisijami (zgorevanje fosilnih goriv, predvsem premoga). Pri tem so zelo pomembni konfiguracija urbanega okolja, mikro-meteorološki pogoji ter posledično nastali zračni vrtnec zaradi visokih stavb in temperaturni gradient znotraj mesta. Zaradi interakcij med lokalnimi in oddaljenimi viri ter omenjenimi

	<p>meteorološkimi pogoji je interpretacija spreminjanja porazdelitve UFP v času in prostoru je zelo kompleksna, vendar bistvena za oceno izpostavljenosti delcem. Stopnja redčenja onesnaževal v ozračju je odvisna od geometrije urbanega prostora. Dalje so preučevali dejavnike, ki vplivajo na toksičnost UFP (ADME) in na posledice toksičnega delovanja. Manjša kot je velikost delcev, večja je lahko toksičnost. Npr. za bakrove delce velikosti 23,5 nm, 17 μm in bakrove ione je bila LD₅₀ za oralni vnos 413, >5000 in 110 mg/kg telesne mase. Poleg tega so pri miših za Cu delce velikosti 23,5 nm opazili tudi številne patološke spremembe in hude poškodbe ledvic ter jeter, ki jih ob izpostavitvi Cu 17 μm niso opazili.</p> <p>Glede na elementno sestavo UFP velja naslednja sekvenca toksičnosti UFP: CdCl₂≈CdO>CuO>PbO>ZnO>PbSO₄>Sb₂O₃. Kadmijeve spojine sicer predstavljajo veliko nevarnost za človekovo zdravje in verjetno je, da je toksičnost kadmija bolj odvisna od kemijske kot od fizikalne oblike. Avtorji predlagajo dodatne raziskave kombiniranih toksičnih učinkov različnih zmesi delcev.</p> <p>Izmed možnih poti izpostavljenosti je najpomembnejši dihalni sistem. Toksičnost UFP je zlasti posledica vdihovanja ob hipotezi, da imajo ti delci pomembne učinke na zdravje. Pomembna je tudi izpostavljenost preko kože, vendar do sedaj ni neposrednih <i>in vivo</i> dokazov, ki bi podprli tezo o penetraciji UFP skozi nepoškodovano kožo, čeprav te možnosti ne moremo izključiti. Obstajajo pa nekatere <i>in vitro</i> raziskave, ki to potrjujejo. Z vidika toksičnosti nano-delcev je zelo pomembna sestava; tako so npr. preučevali s ⁶⁸Zn obogatene nanodelce ZnO (sončne kreme) in ugotovili prisotnost ⁶⁸Zn v krvi prostovoljcev, pri čemer so imele ženske v krvi višje koncentracije. Omenjen je tudi pomen izpostavljenosti preko očesne sluznice pri ljudeh, ki živijo v onesnaženem okolju.</p> <p>Glede mehanizmov toksičnosti UFP so opisane interakcije s tkivnimi celicami. UFP, ki se odložijo na celično membrano, ali vstopijo v celico, sprožijo oksidativni stres in posledične škodljive učinke. Z izpostavljenostjo UFP so povezane nekatere bolezni in stanja, npr. srčno žilne bolezni, srčni infarkt, astma.</p> <p>V zaključku avtorji povzemajo bistvo, da imajo ekstremno majhni delci frakcije UFP glavno vlogo pri škodljivih učinkih na zdravje zaradi hitrega odlaganja in penetracije v človekovo telo. Izpostavljenost je skrb, da se tako javnost kot oblast tega tveganja ne zavedata v zadostni meri. Napredek na področju nanotehnologije prispeva tudi k razumevanju mehanizmov nano-bio interakcij. Skupaj z interdisciplinarnim pristopom (okoljske znanosti, nanotehnologija, medicinske vede, toksikologija, epidemiološke raziskave) bo mogoče bolje in bolj zanesljivo interpretirati učinke UFP na zdravje in mehanizme delovanja. Zaradi tega pozivajo k promociji različnih raziskav na tem področju. Izpostavljeno je tudi, da imajo UFP veliko več negativnih vplivov na zdravje ljudi kot delci PM_{2,5} in da so potrebne nadaljnje študije na področju toksikoloških raziskav onesnaženosti zraka.</p>
Pervez idr. 2016	Avtorji opisujejo raziskavo, v kateri so 8 tednov v zimskem času (november 2012) v 2 mestih v Indiji v času festivala Diwali zbirali delce PM _{2,5} in jih kemijsko okarakterizirali. S speciacijsko analizo so potrdili prisotnost 38 različnih kemijskih oblik, vključno z 8 frakcijami ogljika (elementnega in organskega), 21 različnih kovinskih elementov in 9 vodotopnih ionskih specijev. Rezultate so primerjali pred in v času festivala. Koncentracije PM _{2,5} so se povečale za osem krat, dosegle so 1500 μg/m ³ , koncentracija topnih ionskih spojin pa se je povečala za deset krat.
Li idr. 2016	Članek opisuje vpliv ognjemeta na kakovost zraka. Opisana je kemijska sestava delcev. V toplih in vlažnih pogojih prispevajo k onesnaženosti zraka zaradi ognjemetov primarni in sekundarni aerosoli.
Lin idr. 2016	Avtorji so sistematično pregledali literaturo o koncentracijah, velikosti in sestavi

	<p>delcev v zunanjem zraku ter njihovem vplivu na zdravje v obdobju ognjemetov in uporabe pirotehničnih sredstev. Rezultati so pokazali, da v času ognjemetov in uporabe pirotehničnih sredstev v zunanjem zraku nastajajo fini in ultra-fini delci. Na nastajanje in širjenje delcev v zunanjem zraku imajo pomemben vpliv lokalni viri onesnaževanja, relief ter meteorološke razmere. V povezavi z učinki na zdravje so bolj škodljivi delci manjše velikosti v primerjavi z večjimi delci, ki nastanejo v času gorenja. V prihodnosti je potrebno glede na vire onesnaževanja, meteorološke razmere in dogodke, kot so ognjemeti oceniti tudi prostorsko širjenje delcev v zunanjem zraku ter njihovo sestavo.</p>
Kumar idr. 2016	<p>Članek opisuje zahtevne meritve in primerjavo različnih parametrov, na osnovi katerih so raziskovalci določili vpliv ognjemetov na kakovost zraka v času hindujskega praznika Diwali med 16. in 30. 10. 2014. Članek kaže, kako pomembno je poznavanje atmosfere in katere parametre, vključno z lokalno meteorologijo in satelitskimi meritvami, je treba vključiti v meritve, opazovanje oziroma primerjavo, da lahko z določeno gotovostjo zaključimo, da je povečana koncentracija aerosola oziroma delcev posledica ognjemetov. Meritve in ocena so zajeli sedem dnevno predhodno obdobje, na dan praznovanja (23. 10.) in sedem dnevno obdobje po praznovanju. Vključili so tudi podatke v času »normalnega« obdobja pred in po tem 15-dnevnem obdobju. Izvedli so <i>in-situ</i> meritve aerosola (PM₁₀, PM_{2.5} ter celotne delce, TSPM) in črnega ogljika. Določili so fizikalno kemijske lastnosti delcev vključno z meritvami optične globine aerosola (Aerosol Optical Depth, AOD) s pomočjo merilne opreme s površja zemlje in s satelita. Dalje so izvedli elementno analizo delcev PM₁₀ in PM_{2.5} ter opravili tudi druge meritve, kot je OMI-aerosol indeks. S tem so ločili med delci prahu in dima ter ostalih aerosolov. Aerosole so analizirali tudi po vertikalnem profilu s pomočjo lidarja, nameščene na satelitu (CALIPSO). Pri rezultatih meritev so upoštevali mikro-meteorološke pogoje.</p> <p>Ugotovili so, da je vpliv ognjemetov najbolj občuten na območju ravnine med Indom in Gangesom (Indo-Gangetic Plain, IGP), kjer ležijo vsa večja mesta, vključno z mestom Varanasi, kjer so izvajali meritve. Na tem območju so v dneh praznovanja določili izrazito povečanje vseh merjenih parametrov v primerjavi vrednostmi ozadja. V času praznika so na večini merilnih postaj izmerili povišane vrednosti delcev PM_{2,5}, medtem ko se je vrednost delcev PM₁₀ povečala v dneh po prazniku. Elementna analiza je pokazala prisotnost K, Ba, Sr, Cd S in P, kot slednih elementov ognjemetov.</p>
Atkinson idr. 2015	<p>Avtorji so na podlagi sistematičnega pregleda in meta-analize epidemioloških raziskav časovnih trendov ocenjevali 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 frakcijam UFP v zunanjem zraku. Rezultati so pokazali pozitivno povezanost med opazovanimi zdravstvenimi izidi ter različnimi komponentami UFP. Močna povezanost med opazovanimi pojavi se je pokazala v primeru ogljika (1.30 % (95 % IZ: 0.17 %, 2.43 %)) in vseh vzrokov smrti. Raziskava je pomembna z vidika ocenjevanja kratkoročnih učinkov izpostavljenosti UFP na zdravje ter z vidika proučevanja učinkov različnih komponent ter frakcij UFP. Na področju raziskovanja učinkov UFP na zdravje je potrebno poleg različnih frakcij upoštevati tudi komponente delcev. Glavno priporočilo avtorjev za nadaljnje epidemiološke raziskave temelji na izboljšanju ocene izpostavljenosti na individualni in populacijski ravni.</p>
De Almeida idr. 2015	<p>Članek prikazuje problem onesnaženosti zunanjega zraka z delci različnih velikosti v velikih urbanih središčih. Za simulacijo vpliva različnih velikosti delcev v</p>

	<p>zunanjem zraku na globino prodiranja vzdolž dihalne poti so avtorji uporabili modelni pristop. Namen te raziskave je bil s pomočjo modeliranja proučiti globino prodiranja različnih velikosti delcev (0.01 do 10 μm) vzdolž dihalne poti. Raziskava je bila izvedena v štirih svetovnih megapolisih (Los Angeles, Mexico City, Lucknow in São Paulo). Ugotovili so, da manjši delci prodirajo globlje v dihalna pota. Zaradi svoje velikosti lahko potujejo v krvni obtok in imajo škodljiv vpliv na pljuča in druge organe. Prav tako lahko poškodujejo respiratorni epitelij, kar povzroči nastajanje kisikovih prostih radikalov, vključno z oksidativnim stresom. Rezultati modeliranja so pokazali, da se je v dihalnem sistemu pri odraslih odložilo 62 % UFP. Otroci so bolj občutljivi in pri njih se je odložilo 8 % več UFP kot pri odraslih.</p>
Sajid idr. 2015	<p>Avtorji opisujejo vpliv nanodelcev na človeka in okolje. Pregledali so dejavnike toksičnosti, izpostavljenosti, opisali so lastnosti nanodelcev, ki določajo njihovo toksičnost. Opisujejo tudi strategije za kontrolo izpostavljenosti.</p>
Azhagurajan in Selvakumar 2014	<p>Iz tega preglednega članka je razvidno, da je nanotehnologija v proizvodnji ognjemetov zelo pomembna, tako z vidika izboljšanih lastnosti ognjemetov, kot z vidika manjšega onesnaževanja okolja. Problem predstavlja velika občutljivost nano-prašnih mešanic zaradi vnetljivosti in eksplozije med proizvodnjo in pri uporabi. Avtorja ugotavljata, da je bistven element ognjemeta tudi zvočni učinek (hrup), ki je v glavnem odvisen od kemične sestave mešanice in velikosti delcev. Večji kot so delci, večja količina prašne mešanice je potrebna za izdelavo ognjemeta in večji je učinek, hkrati pa je večja tudi emisija kemikalij v okolje. Zato je izdelava visoko kakovostnega izdelka, ki lahko proizvede zadosten zvočni učinek z manjšo količino kemikalij (in ima tako manjši vpliv na okolje), ključni izziv za pirotehnično industrijo. Pri tem sta možna dva pristopa: sprememba kemične sestave ali sprememba velikosti delcev iz mikro območja v nano območje. Z uporabo nano delcev se volumen mešanice znatno zmanjša, ne da bi to pomembno vplivalo na jakost proizvedenega zvoka. Glavna prednost uporabe nano delcev je, da je taka mešanica v bistvu za okolje bolj prijazna zaradi manjšega onesnaženja. Slabost oziroma tveganje pa predstavlja dejstvo, da je nano praškasta mešanica bolj vnetljiva.</p> <p>Avtorja sta pregledala različno literaturo z vidika za in proti uporabi nano praškastih mešanic v proizvodnji ognjemetov. Opisala sta eksperimente določanja minimalne energije vžiga različnih mešanic (različna sestava in velikost delcev), oksidacijskih značilnosti nano-kemikalij, udarne in frikcijske občutljivosti nano-kemikalij ter elektrostatične razelektritve. Pregledala sta tudi članke, ki opisujejo eksperimente za oceno vplivov na okolje, med drugim sta ugotovila, da zmanjšanje velikosti delcev vpliva na manjše emisije delcev, ki vsebujejo kovine in SO₂. Nano mešanica pri eksploziji z veliko hitrostjo porabi več kisika, posledica pa je redukcija emitiranega SO₂ in s tem manjši vpliv na nastanek kislega dežja.</p>
Kumar idr., 2014	<p>UFP so prisotni povsod v urbanem zraku in so znan dejavnik tveganja za zdravje. Glavni vir UFP v zunanjem urbanem zraku je promet. Avtorji poročajo o meritvah v 42 mestih v različnih državah (podatki za leto 2010) in ugotavljajo, da je v Aziji izpostavljenost 4-krat večja, kot v Evropi.</p>
Smita idr. 2012	<p>Avtorji so pregledali literaturo na področju toksikoloških in okoljskih vplivov naravno prisotnih nanodelcev in proizvedenih nanodelcev (od 2000 do 2010). Opisani so viri, obnašanje, izpostavljenost in vplivi na zdravje. Razvit je bil kazalni diagram, kot metoda za obvladovanje kompleksnosti problemov na področju varnosti, izpostavljenosti, vplivov na okolje in zdravje.</p>
Li idr., 2013	<p>V članku je opisan vpliv na onesnaženost zraka zaradi intenzivnega prižiganja petard in ognjemetov v okviru praznovanja kitajskega novega leta (Chinese New Year, CNY) v letu 2011 v okolju regionalnega ozadja v delti Rumene reke (Yellow</p>

	<p>River Delta, YRD). Avtorji so spremljali koncentracije delcev PM_{2,5} in črnega ogljika (Black Carbon - BC) v času pred začetkom praznovanja, med praznovanjem in po koncu praznovanja CNY. Avtorji navajajo, da emisije zaradi petard in ognjemetov vplivajo na povišanje koncentracije delcev PM_{2,5}.</p> <p>Povprečne dnevne koncentracije delcev PM_{2,5} so med praznovanjem dosegle 183 µg/m³ (117-217) µg/m³, kar je šestkrat več, kot pred in po praznovanju. Povišane so bile tudi koncentracije BC in sicer od 2 µg/m³ pred CNY do 6 µg/m³ med CNY. V tem času je bila na vseh mestih v bližini YRD povečana povprečna masna koncentracija PM₁₀, vidljivost pa je zaradi megle znašala manj kot 10 km. Predpostavili so, da je nastanek megle pogojen z emisijami zaradi petard in ognjemetov, zato so naredili morfološko analizo in določili kemijsko sestavo posameznih delcev, ki so jih zbrali pred, med in po praznovanju CNY. Ugotovili so, da so v ozračju pred in po CNY prevladovali predvsem sulfatni in organski delci (organic-rich particles). Nasprotno so med CNY bili bolj pogosti K-sulfatni delci in drugi kovinski delci (Ba, Al, Mg, Fe). Ti podatki so pokazali, da aerosol, ki je posledica prižiganja petard in ognjemetov med CNY, povzroči nastanek megle. Med posameznimi organskimi in K-delci so pogosto zasledili tudi več kot dve vrsti nano-kovinskih delcev, ki so vsebovali veliko S, ne pa Cl, kakor se je pokazalo v laboratoriju, ko so v laboratoriju generirani kovinski delci iz petard in ognjemetov vsebovali več Cl kakor S. Tako so pokazali, da emisije zaradi petard in ognjemetov v času CNY bistveno spremenijo potek atmosferskega preoblikovanja SO₂ v sulfat.</p>
Slezakova idr., 2013	<p>Poglavje v knjigi opisuje javnozdravstveni pomen nanodelcev v zunanjem zraku. Opredeljuje vire delcev, ravni v zunanjem zraku, kemijsko sestavo, zakonske zahteve na področju zagotavljanja kakovosti zunanjega zraka ter vpliv na zdravje in okolje. Nanodelci (manjši od 100 nm) predstavljajo podskupino delcev v zunanjem zraku. Pomemben vir nastajanja nanodelcev predstavlja nano tehnologija in antropogeni viri onesnaževanja. V primerjavi z večjimi delci v zunanjem zraku pri nanodelcih potekajo drugačni kemijski procesi v atmosferi. Na tem področju je število epidemioloških raziskav malo, proučevale so kratkotrajne učinke izpostavljenosti nanodelcem in dnevne vplive na umrljivost in sprejeme v bolnišnico. O dolgotrajnih vplivih še ni bilo izvedene raziskave. Avtorji so poudarili pomen interdisciplinarnega sodelovanja strokovnjakov s področja javnega zdravja, medicine, inženirskih in drugih ved pri proučevanju virov, poti širjenja in vplivov nanodelcev na zdravje in okolje. Na podlagi ocene vpliva na zdravje je potrebno oblikovati in pričeti z izvajanjem javnozdravstvenih aktivnosti</p>
Khaparde idr., 2012	<p>Avtorji so proučevali vpliv ognjemetov na porazdelitev delcev PM₁₀ in s tem povezanega barija (Ba) na gosto naseljenem in obremenjenem komercialnem območju mesta Nagpur, Indija. Vzorčenje so opravili 2 dni pred praznikom Diwali (festival luči), med praznikom Diwali, med praznovanjem zakonskih (poročnih) dejavnosti in na silvestrovo. V Indiji je običaj, da na omenjene praznike oziroma praznovanja prižigajo ognjemetete, ki pa niso omejeni le na prižiganje na javno določenem mestu, temveč je splošno dovoljeno prižiganje ognjemetov tudi vsem prebivalcem, ki lahko ognjemetete prižigajo na svojih domovih (vrtovih, dvoriščih, terasah) ali na ulici. Običajno v ta namen uporabljajo tako ognjemetete, ki zgorevajo na tleh, kot ognjemetete, ki zgorevajo v zraku.</p> <p>Vzorčenje so izvedli s kaskadnim impaktorjem s 50 % presečnim aerodinamičnim premerom velikosti: <10, 9, 5,8, 4,7, 3,3, 2,1, 1,1, 0,7 in <0,4 µm. Opazovali in določili so vpliv ognjemetov na masno koncentracijo in porazdelitev velikosti delcev PM₁₀ in Ba. Opazovali so tudi modalno porazdelitev PM₁₀ in Ba ob različnih dneh in intenzivnosti ognjemetov ter ocenili verjetnost depozicije opazovanih delcev v respiratornem traktu.</p>

	<p>V celotnem obdobju meritev je koncentracija PM₁₀ presegala mejno vrednost (100 µg/m³) in je dosegla dvakratno vrednost na dan z najvišjo intenziteto ognjemetov. Koncentracija Ba je v celotnem obdobju meritev variirala med 32 in 4,519 ng/m³. Največji porast koncentracije Ba je bila opažena ravno v štirih dneh praznika Diwali. Statistično značilnost rezultatov so določili s t-testom pri stopnji zaupanja 0,05. Določili so tudi odstotni delež mase delcev v različnih frakcijah, ki ustrezajo področju respiratornega sistema, to je velikosti <1,1 µm (alveolarna frakcija), 1,1-4,7 µm (traheobronhialna frakcija) in 4,7-10 µm (nazofaringealna frakcija). Masni delež delcev PM₁₀ je bil najvišji v območju alveolarne frakcije in sicer 47-53 %, odvisno od intenzivnosti ognjemetov in je bil za 4-9 % večji kot pred praznikom. Prispevek masnega deleža delcev v območju traheobronhialne in nazofaringealne frakcije ni bil toliko odvisen od aktivnosti v zvezi z ognjemeti. Masni delež Ba v različnih frakcijah je variiral med 24 in 44 % in se je povečal na 66 % v alveolarni frakciji na dan, ko so se aktivnosti ognjemetov že zmanjšale. Na splošno je bilo ugotovljeno, da je bil Ba bolj koncentriran v grobi frakciji pri višji intenzivnosti ognjemetov, medtem ko je bila pri manjši intenzivnosti ognjemetov in na večji oddaljenosti od mesta prizorišča koncentracija Ba večja v fini frakciji. Pri oceni možnosti odlaganja delcev v respiratornem traktu so upoštevali pogoje, objavljene v strokovni literaturi (Berico idr., 2007). Verjetnost depozicije Ba v alveolarnem območju je variirala med 14 in 27 ng/h, pri čemer so višjo depozicijo opazili pri nižji aktivnosti ognjemetov zadnji dan praznika v bližini mesta vzorčenja. V prvih dveh dneh praznika Diwali so opazili trimodalno porazdelitev Ba in sicer v µm območju 0,4-2,1, 2,1-4,7 in 4,7-<PM₁₀. Tretji dan je bila porazdelitev bimodalna s 70 % prispevkom grobe frakcije, četrti dan pa je bila porazdelitev unimodalna s 66 % prispevkom v alveolarnem območju (<0,4-1,1 µm). Porazdelitev Ba je variirala glede na velikost delcev v skladu z intenzivnostjo ognjemetov ob različnih dneh in oddaljenostjo mesta vzorčenja. Avtorji ugotavljajo, da se koncentracija delcev PM₁₀ in barija, ki je značilna komponenta ognjemetov, se zaradi večje intenzitete ognjemetov (več dnevni praznik kot je npr. Diwali, v okviru katerega so številni ognjemeti) zelo poveča. V času praznika se je vrednost delcev PM₁₀ povečala za 8-20-krat, vrednost Ba v alveolarni frakciji pa za 4-9-krat v primerjavi s časom pred praznikom. Vpliv je bil manjši ob manjši aktivnosti ognjemetov, (ki trajajo krajši čas, npr. ob praznovanju zakonskih dejavnosti in na silvestrovo) in na lokacijah, oddaljenih od dogodka. Za zmanjšanje izpostavljenosti ljudi in posledično vplivov na zdravje je poleg zakonskega omejevanja pomembno tudi ozaveščanje ljudi o škodljivosti ognjemetov.</p>
<p>Dominguez-Rodriguez idr., 2011</p>	<p>Članek opisuje zanimivo epidemiološko raziskavo primerov in kontrol, ki proučuje vpliv različnih velikosti delcev v zunanjem zraku na sprejeme v bolnišnico pri bolnikih s srčnim popuščanjem in akutnim koronarnim sindromom. Dosedanje epidemiološke raziskave so pokazale, da imajo delci različnih velikosti pomemben vpliv na obolevnost in umrljivost zaradi bolezni srca in žilja. Namen te raziskave je bil oceniti vpliv različnih velikosti delcev v zunanjem zraku na sprejeme v bolnišnico pri bolnikih s srčnim popuščanjem in akutnim koronarnim sindromom. Po epidemiološki zasnovi je bila izvedena raziskava primerov s kontrolami (primeri: bolniki s srčnim popuščanjem, kontrola: bolniki z akutnim koronarnim sindromom). Protokol raziskave je pri izbiri primerov in kontrol opredelil vključitvene in izključitvene kriterije, za namene multivariatne statistične analize so bili pridobljeni tudi podatki o potencialnih dejavnostih tveganja (npr. starost, spol, kajenje, uživanje zdravil, družinska anamneza...). Za oceno izpostavljenosti delcem različnih velikosti PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁ in UFP so uporabili kombinacijo merilnih tehnik. Rezultati so pokazali, da v primeru večjih delcev ni bilo ocenjenih</p>

	<p>statistično značilnih razlik med opazovanima populacijama. Nasprotno je bilo v primeru izpostavljenosti UFP, kjer so bili višjim vrednostim izpostavljeni bolniki iz skupine primerov v primerjavi s kontrolno skupino. Rezultati multivariatne analize povezanosti so pokazali, da so UFP pomemben dejavnik tveganja za sprejeme v bolnišnico pri bolnikih s srčnim popuščanjem (RO = 1.4; IZ 95%, od 1.15 do 1.66; p = 0.02).</p>
Elsaesser in Howard 2012	<p>Pregledni članek opisuje toksikološka dejstva glede nanodelcev, mehanizme na celičnem nivoju, načine vnosa v telo in možne vplive na javno zdravje. Pri tem so pomembni: ustrezna karakterizacija nanodelcev, razumevanje procesov na površini delcev, ki so v stiku z živimi organizmi, poznavanje škodljivih odmerkov, usoda nanodelcev v telesu, kakor tudi nadaljevanje raziskav toksikološkega potenciala nekaterih nanomaterialov. V članku je opisana povečana reaktivnost nanodelcev, obnašanje v okolju, vnos v telo, v celicah, interakcije s proteini, DNK in mehanizmi toksičnosti.</p>
Knibbs idr., 2011	<p>Pregledni članek je namenjen razumevanju meritev, karakterizaciji in determinantam izpostavljenosti UFP v prometu ter razpravi o vrzelih v znanju in predlogom za nadaljnje raziskovanje. Avtorji se pri pregledu literature, raje kot na povprečno oziroma integrirano izpostavljenost v določenem obdobju, osredotočajo le na koncentracijsko izpostavljenost UFP, ocena odmerka (dose assessment) pa ni glavni poudarek tega pregleda. Najprej opišejo načine in značilnosti transporta v moderni družbi. Odvisno od lokacije in regije ljudje prebijejo v prometu-transportu od 5 do 10 % dnevnega časa. Pri tem je bolj kot so časovni vzorci (čas preživet v transportu) pomembno transportno mikrookolje, ki je v različnih regijah zelo različno. V splošnem so ugotovili, da se časovni vzorci v ruralnih območjih razlikujejo od časovnih vzorcev v urbanem okolju, variirajo pa tudi glede na starost, spol in poklic ter način transporta. Pri izbiri oziroma možnosti transporta so pomembni tudi nekateri drugi faktorji, kot so izobrazba, ozaveščenost, socio-ekonomski pogoji, itd. UFP iz vozil lahko emitirajo kot primarni delci ali nastanejo kot sekundarni aerosol. Razmerje med enimi in drugimi je odvisno od vrste goriva in delovanja motorja ter pogojev v okolju, pri čemer pri dizelskem gorivu večinoma nastane sekundarni aerosol. Srednje koncentracije UFP v različnih okoljih (neonesnaženo ozadje, ruralno okolje, urbano ozadje, urbano okolje, ulični kanjoni, ceste, tuneli) so znašale od 2,6 do $167,7 \times 10^3$ delcev na cm^3. Večja kot je bližina vozila, večja je koncentracija UFP – vozila so pomemben vir UFP. V uvodu so opisani tudi vplivi UFP na zdravje. Rezultate pregleda so prikazali kot potovalno-uravnotežene srednje koncentracije UFP, pri čemer so upoštevali sedem različnih načinov potovanja: kolo, avtobus, avto, vlak, hoja, trajekt in avto v tunelu. Območje srednjih koncentracij se razlikuje za red velikosti in sicer od najnižje: $3,4 \times 10^4 \pm 1,8 \times 10^4$ (kolo) do najvišje: $3,0 \times 10^5 \pm 2,6 \times 10^5$ (avto-tunel). Potovalno-uravnotežene srednje koncentracije UFP so primerjali kot razmerja med posameznimi vrednostmi glede na posamezen način potovanja. Dalje so pregledali spremenljivke, od katerih so odvisne koncentracije UFP zaradi transporta, npr. meteorološki pogoji, obseg prometa in sestava, izbira poti, prezračevanje v kabini, filtracija, penetracija UFP in usedanje delcev ter vrsta goriva (in prisotnost sistema za nadzor emisij) po posameznih tipih vozil (avto, avtobus, vlak). Naredili so tudi korelacijo z drugimi onesnaževali v zraku, kot so $\text{PM}_{2,5}$, črni ogljik (BC) in elementarni ogljik (EC), CO in NO_x. Rezultate so primerjali z meritvami na stalnih merilnih postajah, da bi ocenili primernost rezultatov meritev UFP na stalnih merilnih postajah za oceno izpostavljenosti. Vplive na zdravje zaradi UFP v transportu so pregledali po naslednjih skupinah: zdravi posamezniki, zdravstveno kompromitirani posamezniki (astmatiki,</p>

	<p>diabetiki) in starostniki. Opazovali so vplive UFP med različnimi načini in različno dolgem trajanju transporta/potovanja pri znani koncentraciji UFP. Ne glede na to, da je samo po sebi težko ločiti med opazovanimi vplivi na zdravje zaradi UFP in ostalih onesnaževal v zraku, je najmočnejša povezava ugotovljena ravno v primeru UFP (npr. vpliv na miokardni sistem in astmo). Vsekakor pa so na tem področju potrebne dodatne raziskave za razjasnitev teh povezav.</p> <p>Dalje so pregledali tudi literaturo, ki opisuje rezultate modeliranja izpostavljenosti UFP v transportu. Večina opisanih modelov vključuje metodo multivariatne regresije z upoštevanjem meteoroloških pogojev in onesnaževal zaradi prometa oziroma ostalih onesnaževal kot neodvisnih spremenljivk. Modeli so bili razviti z namenom ocene učinkov različnih parametrov na koncentracijo UFP, merjeni na specifični lokaciji. Vpliv odvisnih spremenljivk (npr. stopnja prezračevanja oziroma položaj oken) je v veliki meri neupoštevan. Zunanje validacije teh modelov niso zasledili. Kasnejše študije so bile usmerjene v odpravo teh pomanjkljivosti z razvojem bolj mehanističnega, masno-uravnoteženega modeliranja za avtomobile (merjenje učinka ventiliranja, filtriranja zraka, penetracije oz. depozicije delcev na koncentracijo UFP v kabini). Te študije so na splošno pokazale zelo dobre rezultate pri validaciji z eksperimentalnimi podatki, imajo pa nekatere druge omejitve, npr. potreben je podatek o začetni koncentraciji UFP na cesti oziroma v kabini. Zato je smiselno združiti modele tako, da bo možna napoved koncentracije UFP, kolikšnemu deležu te koncentracije je izpostavljen uporabnik vozila, kako dinamika delcev vpliva na koncentracijo v nekem času z napovedjo izpostavljenosti v aktivnem načinu transporta.</p> <p>Za izboljšanje razumevanja prostorske in časovne izpostavljenosti UFP med transportom sta veliko pripomogla sistema GPS in GIS, pa tudi mobilna telefonija. Med predlogi o potrebah nadaljnjih raziskav so avtorji izpostavili razlikovanje med koncentracijo UFP in izpostavljenostjo.</p>
OECD, 2011	<p>Publikacija je namenjena predstavitvi baze podatkov, testnih metod in projektov OECD, ki se nanašajo na zagotavljanje varnosti inženirskih nanodelcev. Predstavljena je tudi dejavnost OECD na področju reguliranja, koordiniranja, sodelovanja v letih 2006-2010. Nanomateriali imajo široko komercialno uporabo na različnih področjih. To poraja vprašanja glede nenamernih nevarnosti za človeka in okolje. V teku je razprava ali bi morali biti nanomateriali regulirani z vidika tega tveganja. Obstaja potreba po odgovornem in koordiniranem pristopu za zagotovitev ter upoštevanje varnostnih izzivov sočasno s tehnološkim razvojem nanomaterialov. OECD pomaga državam pri implementaciji nacionalnih politik tudi na področju nanotehnologije v okviru posebej za ta namen leta 2006 ustanovljene delovne skupine (WPMN, Working Party on Manufactured Nanomaterials). Prioritetna področja WPMN so priprava primernih metod in strategij za zagotovitev upoštevanja varnostnih vidikov. To med drugim vključuje vzpostavitev baze podatkov, zagotovitev ustreznih testnih metod za testiranje specifičnih nanomaterialov (nanotoksikologija), spodbujanje mednarodnega sodelovanja, razvoj navodil za spremljanje in preprečevanje izpostavljenosti in promocijo okolju prijazne in trajnostne rabe nanotehnologije (»zelena rast«).</p> <p>Leta 2009 je bila objavljena baza podatkov inženirskih nanomaterialov: www.oecd.org/env/nanosafety/database</p> <p>Leta 2007 je bil objavljen sponzorski program za testiranje inženirskih nanomaterialov, vključno s Priročnikom toksikoloških metod in alternativnih metod (<i>in vitro</i> in druge), OECD Guidelines for the Testing of Chemicals: http://www.oecd.org/env/testguidelines</p> <p>Razvita je bila tudi platforma skupnosti prakse (CoP, Communities of Practice). WPMN izvaja tudi veliko drugih projektov, ki se nanašajo na vprašanja od</p>

	identifikacije nevarnosti, do ocen tveganja, zakonodaje in preprečevanja, odpravljanja ter spremljanja izpostavljenosti.
Zhang idr., 2010	Praznovanje festivalov z ognjemeti predstavlja pomemben vir antropogenega onesnaževanja zunanjega zraka po vsem svetu. Pri tem se kažejo resni že poznani kratkotrajni učinki na zdravje, medtem ko so dolgotrajni še neraziskani. Cilj te raziskave je bil oceniti kratkotrajne spremembe koncentracij števila delcev ter ostale fizikalne značilnosti delcev (10 nm do 10 μm) v času ognjemeta (praznovanje Novega leta) v Šanghaju na Kitajskem. Rezultati so pokazali, da so bile najvišje izmerjene vrednosti delcev v povprečju 3-krat višje kot prejšnji dan. V času ognjemetov je bila značilna tudi večja gostota delcev. Kar posledično pomeni, da se ti delci dalj časa zadržujejo v atmosferi in s tem prispevajo k večjemu tveganju za negativne zdravstvene učinke.
Konferenca air pollution in zdravje 2010	Še vedno je veliko negotovosti glede vplivov na zdravje (povezave, mehanizma delovanja in prizadete populacije). Prispevki obravnavajo vire onesnaženja v povezavi z zdravstvenimi učinki, zanesljivost metod in pristopov povezave med onesnaževali in zdravstvenimi učinki, karakterizacijo polutantov in izpostavljenost prebivalstva, razmerje med izpostavljenostjo in odmerkom, mehanizme delovanja in biomarkerje izpostavljenosti, občutljive populacije, zavajajoče dejavnike, odgovornost, znanstvene ugotovitve glede vpogledov pomembnih za politike.
Wang idr., 2007	Članek opisuje raziskavo o vplivu ognjemeta na kakovost zraka v Pekingu, Kitajska, na podlagi spremljanja koncentracij SO ₂ , NO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ ter določitvijo sestave delcev (20 ionov, elementarni ter organski ogljik) v zunanjem zraku. Rezultati meritev so pokazali, da so bile koncentracije primarnih komponent delcev Ba, K, Sr, Cl ⁻ , Pb, Mg in sekundarnih komponent C ₅ H ₆ O ₄ ²⁻ , C ₃ H ₂ O ₄ ²⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , C ₄ H ₄ O ₄ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ , NO ³⁻ petkrat višje v času ognjemeta v primerjavi z dnevi brez ognjemeta. V času ognjemeta je bila izmerjena naslednja sestava PM _{2.5} : 90 % aerosolov, 98 % Pb, 43 % celokupnega ogljika, 28 % Zn, 8 % NO ³⁻ . Na podlagi rezultatov so avtorji želeli oblikovati priporočila za pristojne vladne inštitucije, ki bi na podlagi zakonskih zahtev lahko pripomogli k zmanjšanju onesnaženosti zunanjega zraka v času ognjemetov.
Delfino idr., 2005	Sistematični pregledni članek opisuje dokaze o vplivu UFP in toksičnih snovi v zunanjem zraku na bolezni srca in ožilja. Znano je, da ni dovolj epidemioloških raziskav, ki so proučevale povezanost med opazovanima pojavoma, posledično so v analizo vključili še ostala onesnaževala v zunanjem zraku kot so različne velikosti delcev (PM ₁₀ , PM _{2.5}), črni ogljik in plinasta onesnaževala. Dosedanje epidemiološke raziskave so pokazale, da izpostavljenost visokim koncentracijam UFP lahko vodi do sistemskega vnetja preko oksidativno stresnega odziva in tako spodbudi progresijo ateroskleroze, ki lahko vpliva na povišan krvni tlak in posledično vpliva na miokardni infarkt. Avtorji zaključujejo, da je v okviru epidemiološkega raziskovanja povezanosti med opazovanima pojavoma potrebno temeljiti na oceni različnih velikosti ter sestavi UFP ter opredelitvi njihovih virov nastanka.
Oberdorster idr., 2001	Članek prikazuje pristope na začetku raziskovanja UFP in njihovih učinkov na zdravje. Opisuje raziskavo, izvedeno na glodavcih. Izpostavili so pomen velikosti ter sestave delcev v zunanjem zraku. Dosedanje epidemiološke raziskave so potrdile povezanost med izpostavljenostjo delcem (PM ₁₀ , PM _{2.5} ter UFP) v urbanih območjih ter negativnimi vplivi na bolezni dihal ter bolezni srca in žilja. Namen raziskave je bil na glodavcih proučiti učinek izpostavljenosti različnim velikostim in sestavi delcev v zunanjem zraku na pljučno funkcijo. Rezultati so pokazali, da se v primeru UFP v pljučih sproži večji vnetni odziv in oksidativni stres z edemom v primerjavi z večjimi delci.

Wehner idr., 2000	<p>Članek opisuje vpliv meteoroloških parametrov na širjenje in koncentracijo delcev v zunanjem zraku v času ognjemetov. Ocenjena je kakovosti zraka v času praznovanja novega leta v Nemčiji leta 2000. V času dogodka je pooblaščen inštitut izvajal meritve delcev velikosti od 3 do 800 nm ter NO_x v zunanjem zraku (časovna ločljivost 15 minut). Spremljali so tudi meteorološke parametre kot so smer in hitrost vetra, temperatura in relativna vlažnost zraka. Rezultati so pokazali, da je pri hitrosti vetra 2 ms časovni zamik izmerjene koncentracije delcev od vira nastanka v središču mesta do inštituta okoli 30 minut. Zaradi šibkih vetrov se je onesnažena zračna gmota dalj časa zadrževala nad urbanim središčem.</p>
----------------------	--

3. REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1. Rezultati meritev

Poleg podatkov o številu UFP v posamezni velikostni kategoriji v času trajanja projekta smo pridobili tudi urne podatke o koncentraciji PM₁₀ ter urne meteorološke podatke (temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, količina padavin, hitrost vetra in smer vetra ter globalno sevanje) za lokacijo Bežigrad. Za določitev temperaturne inverzije smo pridobili tudi urne podatke o temperaturi za lokacijo Kravec (obe samodejni meteorološki ARSO). Vsi podatki o meritvah po posameznem mesecu so zbrani v Prilogi 2.

V mesecih od vključno oktobra 2016 do avgusta 2017 smo dosegli skupen 91 % delež podatkov meritev (Tabela 3). V januarju 2017 je bil delež podatkov zaradi izpada merilca le 42 %. Te podatke zato obravnavamo z določeno rezervo.

Tabela 3: Doseženi delež podatkov po posameznih mesecih

Mesec	Delež podatkov (%)
oktober 2016	84
november 2016	83
december 2016	100
januar 2017	42
februar 2017	100
marec 2017	100
april 2017	100
maj 2017	92
junij 2017	100
julij 2017	100
avgust 2017	96

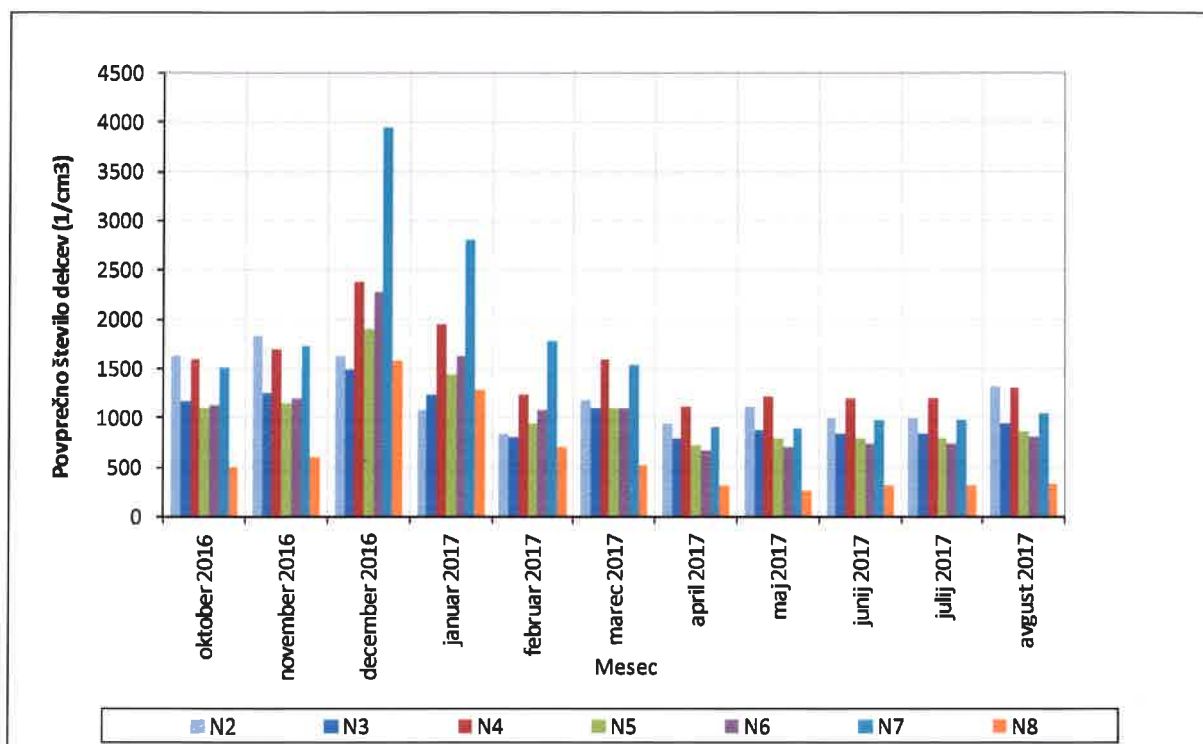
V Tabeli 4 so zbrani podatki o izmerjenem številu UFP po mesecih in velikostnih razredih.

Tabela 4: Število UFP po mesecih in po velikostnih razredih

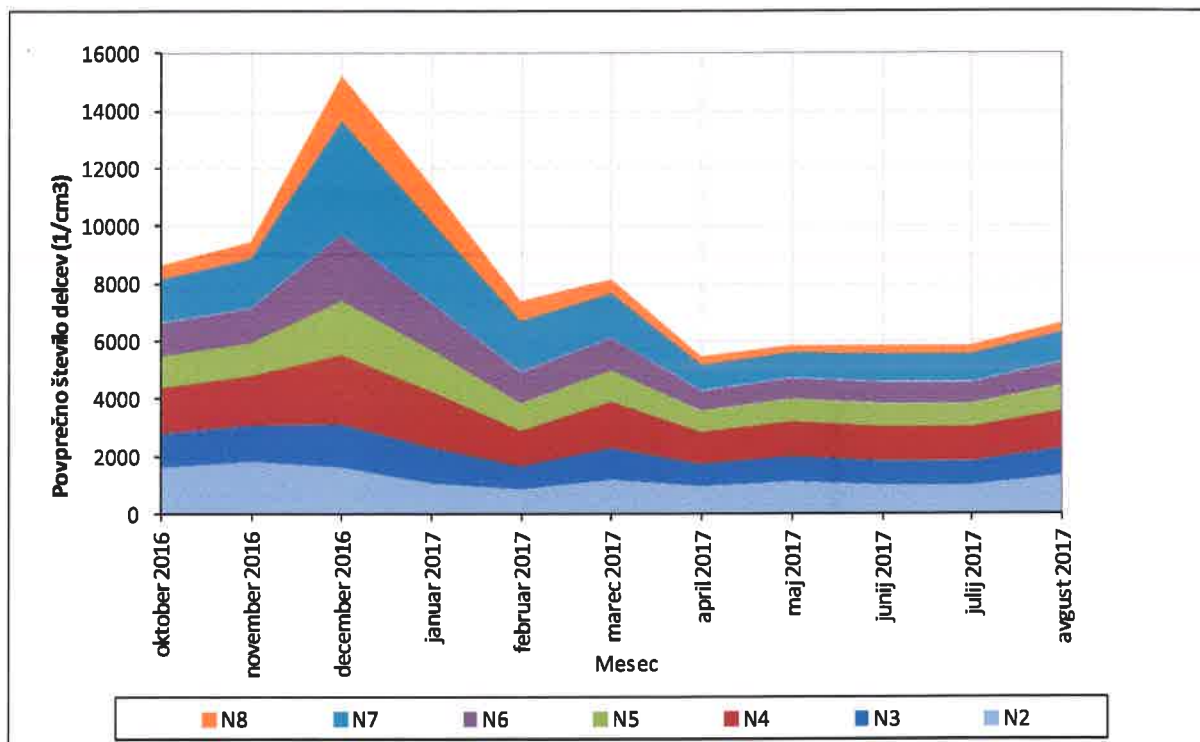
Mesec	Delež podatkov	N2			N3			N4			N5			N6			N7			N8		
		Mesečno povprečje (t/cm3)	Najvišja dnevna (t/cm3)	Najvišja urna (t/cm3)	Mesečno povprečje (t/cm3)	Najvišja dnevna (t/cm3)	Najvišja urna (t/cm3)	Mesečno povprečje (t/cm3)	Najvišja dnevna (t/cm3)	Najvišja urna (t/cm3)	Mesečno povprečje (t/cm3)	Najvišja dnevna (t/cm3)	Najvišja urna (t/cm3)	Mesečno povprečje (t/cm3)	Najvišja dnevna (t/cm3)	Najvišja urna (t/cm3)	Mesečno povprečje (t/cm3)	Najvišja dnevna (t/cm3)	Najvišja urna (t/cm3)			
oktober 2016	84%	1624	2768	11969	1171	1972	8204	1590	2812	5797	1105	2055	3348	1132	2127	3734	1512	2853	5353	511	953	2145
november 2016	83%	1835	3840	13310	1251	2154	5424	1899	3228	9755	1148	2485	4815	1189	2802	4058	1730	4234	8421	599	1294	2232
december 2016	100%	1834	2327	8005	1490	2389	5585	2378	4024	7441	1901	3228	5275	2282	3820	8024	3951	6444	9089	1580	2585	3800
januar 2017	42%	1075	1833	4238	1233	1825	3451	1944	2589	4876	1437	2088	3338	1628	2605	4889	2811	5794	8988	1291	2922	4242
februar 2017	100%	849	1597	3628	811	1916	3956	1231	3184	6887	938	2860	5159	1078	3826	5582	1780	8521	9809	712	2692	4139
marec 2017	100%	1182	2000	5973	1107	1778	4251	1800	2401	5319	1095	1798	3923	1100	2063	3589	1550	3073	5878	515	1144	2350
april 2017	100%	947	1881	4745	784	1378	3577	1112	2030	4597	732	1335	3908	877	1293	4708	905	1944	4725	309	842	1128
maj 2017	92%	1113	1661	5973	878	1389	2889	1210	1900	6681	785	1195	6152	710	1479	4000	896	2143	4846	258	593	1178
junij 2017	100%	994	1447	5109	838	1474	3909	1195	1942	5883	788	1335	3678	739	1298	2494	988	1508	2289	313	737	920
julij 2017	100%	994	1447	5109	838	1474	3909	1198	1942	5883	788	1335	3678	739	1298	2494	988	1508	2289	313	737	920
avgust 2017	98%	1324	1927	9811	938	1305	4080	1308	1855	4819	885	1330	3388	804	1182	2949	1048	1575	2428	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 slikah 4 in 5 prikazano izmerjeno mesečno število UFP za celotno merjeno obdobje.



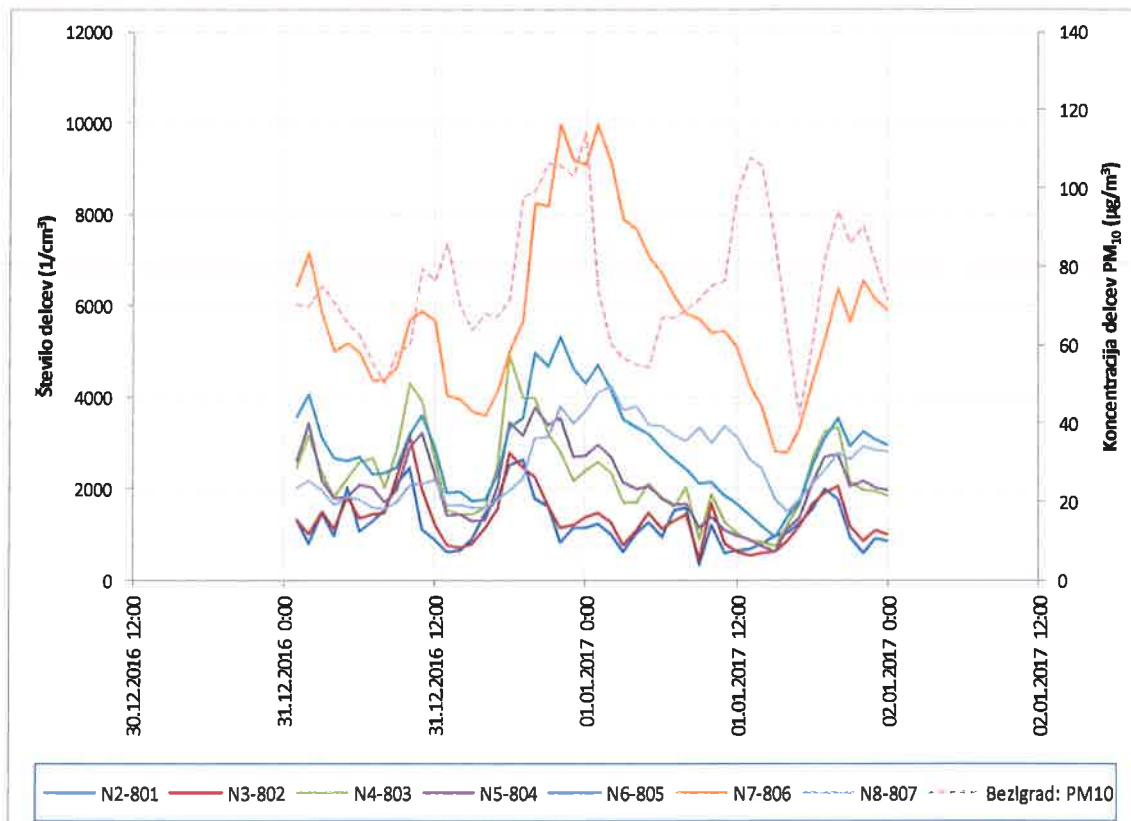
Slika 4: Prikaz izmerjenih velikostnih razredov UFP po mesecih



Slika 5: Prikaz izmerjenih velikostnih razredov UFP po mesecih (naloženi grafikon)

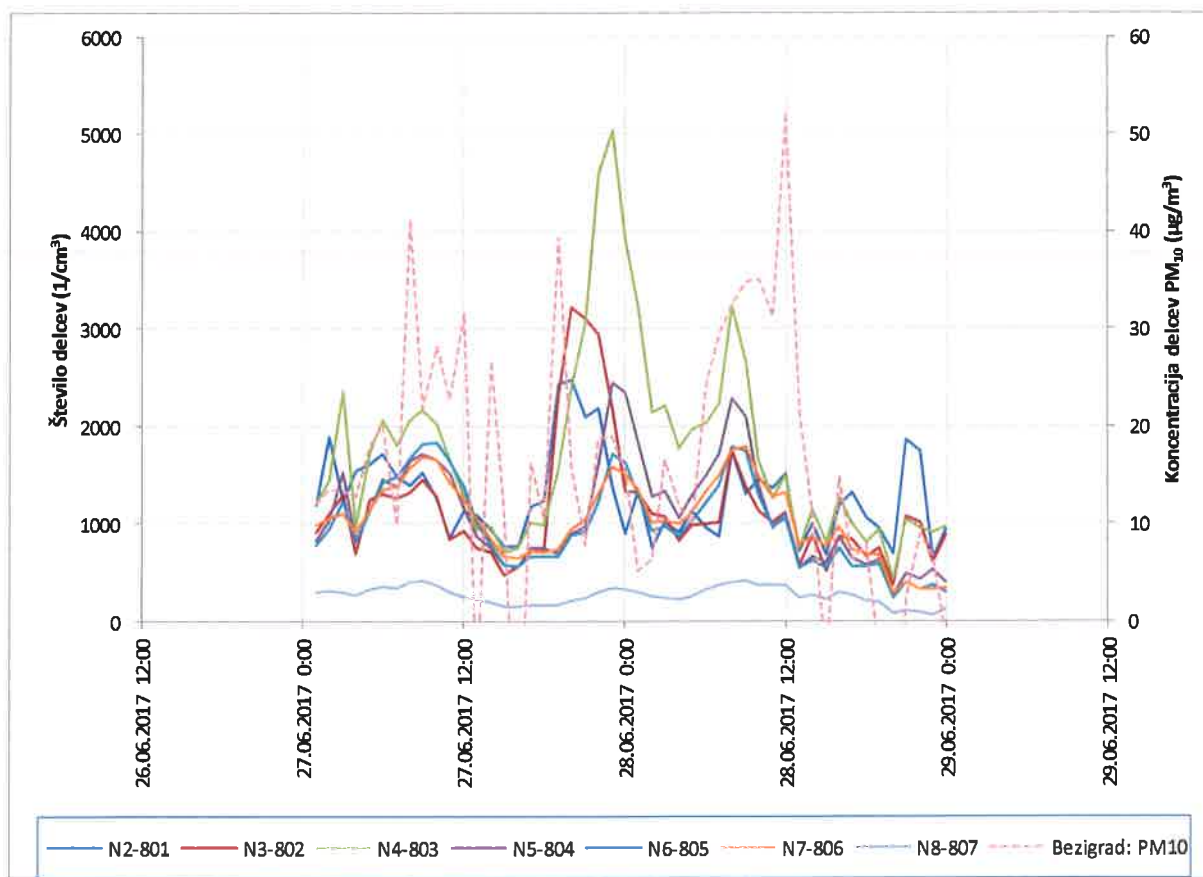
Iz slik 4 in 5 je razvidno, da je število UFP najvišje v zimskih mesecih in so bile več kot dvakrat višje kot v poletnih mesecih (april – avgust 2017). V celotnem obdobju je bilo najbolj konstantno število delcev v velikostnem razredu 20-30 nm, največje nihanje pa je bilo v velikostnem razredu 100-200 nm. Od aprila do junija 2017 pa je bilo število delcev v skoraj vseh velikostnih razredih dokaj konstantno.

V nadaljevanju je na sliki 6 prikazano urno število UFP v primerjavi z delci PM_{10} v času od 31. 12. 2016 ob 01:00 uri do 02. 01. 2017 ob 00:00 uri, na sliki 7 pa urno število UFP v primerjavi z delci PM_{10} 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 6: Število UFP in koncentracija PM₁₀ od 31.12.2016 01:00 do 02.01.2017 00:00

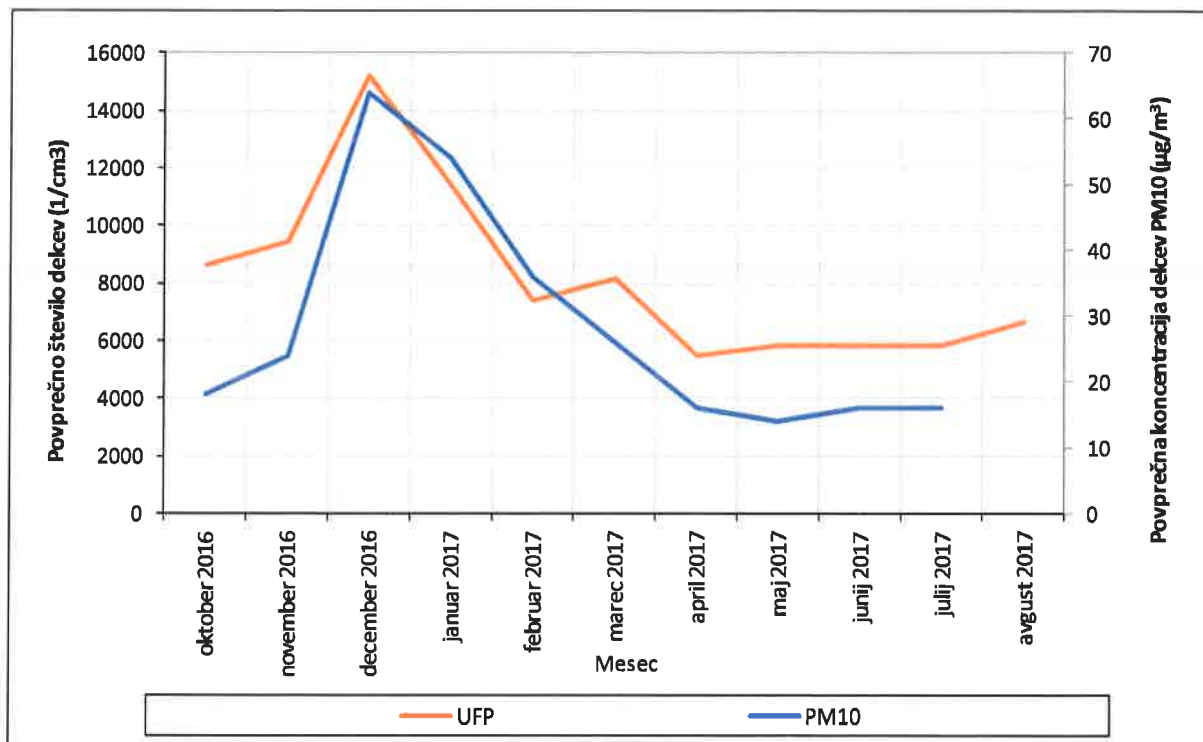
Na sliki 6 je razvidno povišanje števila UFP v posameznih velikostnih razredih po 18:00 uri na dan 31. 12. 2016. Največje povečanje števila UFP je bilo v velikostnem razredu N7 (100-200 nm), najvišje število UFP v tem velikostnem razredu pa je bilo izmerjeno ob 22:00 uri. Po 02:00 uri je opaziti upadanje števila UFP v vseh merjenih v velikostnih razredih. Koncentracije PM₁₀ 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 PM₁₀. Visoke vrednosti in preseganja mejnih dnevni vrednosti za PM₁₀ se praviloma na ta dan pojavljajo 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 nedvoumno opazen.



Slika 7: Število UFP in koncentracija PM₁₀ od 27.06.2017 01:00 do 29.06.2017 00:00

Iz slike 7 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 PM₁₀ 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.

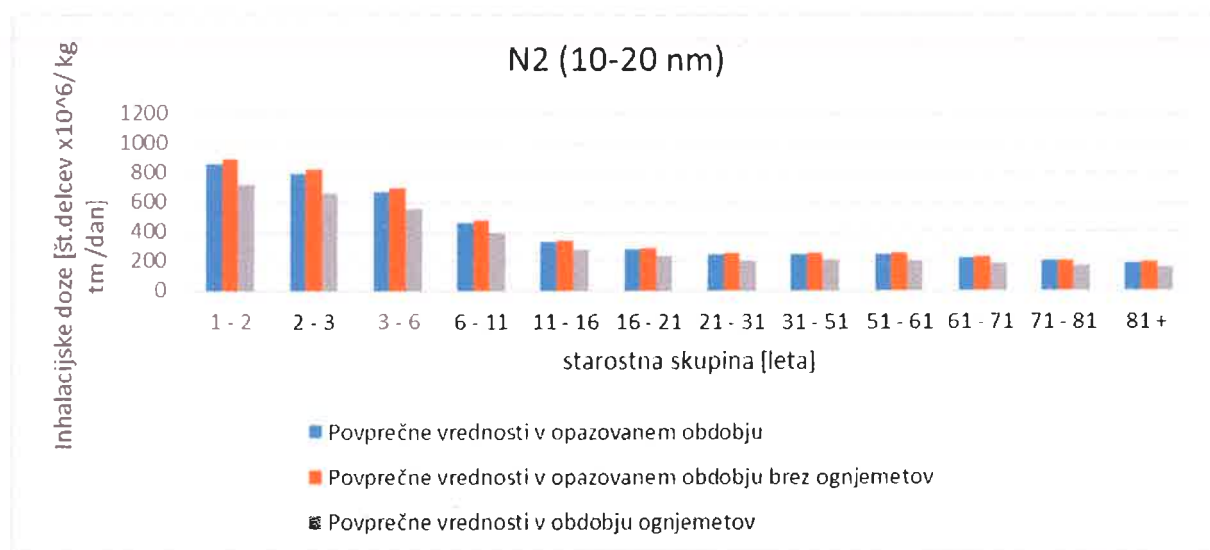
Na sliki 8 je prikazana primerjava mesečnih vrednosti vseh povprečnih števil UFP (10-800 nm) s povprečnimi mesečnimi koncentracijami PM₁₀. Iz slike je razvidno dobro ujemanje med vsoto povprečnega števila UFP in koncentracijo PM₁₀, korelacijski faktor je 0.904 (visoka/močna povezanost).



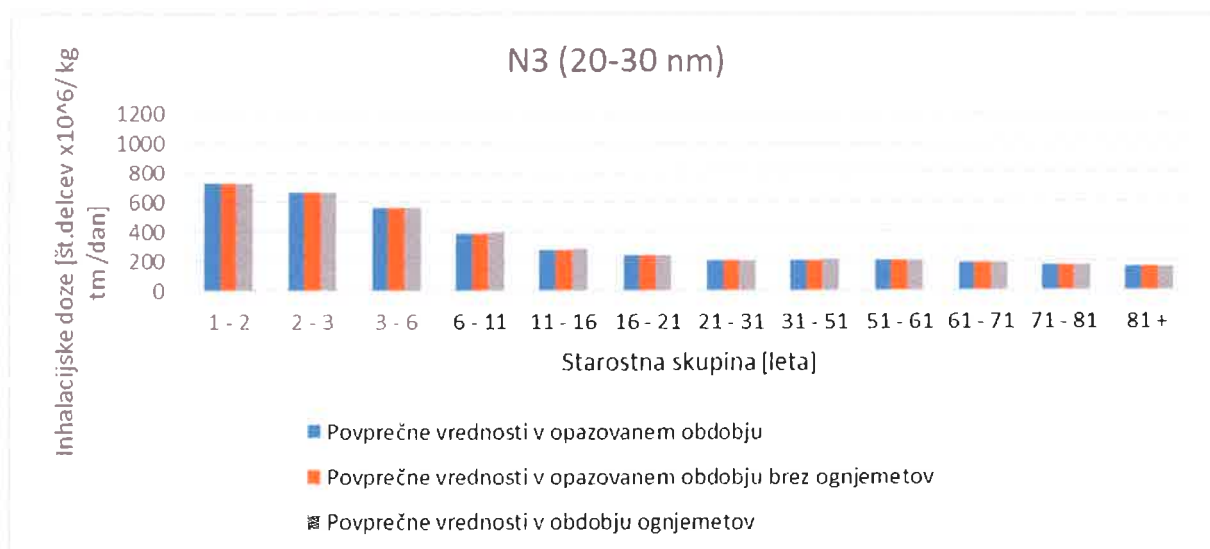
Slika 8: Primerjava povprečnega mesečnega števila UFP (vsota vseh velikosti) in povprečnih mesečnih koncentracij PM₁₀

3.2. Vdihani odmerki UFP glede na obdobja

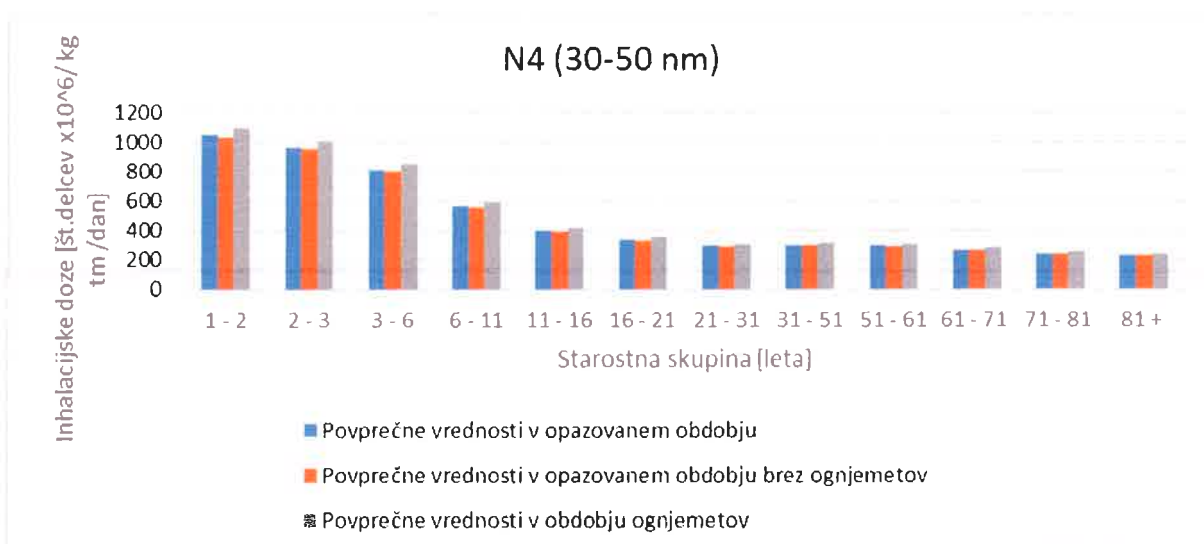
Na slikah od 9 do 15 so prikazani izračuni vdihanega odmerka [število delcev $\times 10^6/\text{kg tm/dan}$] posameznih velikostnih razredov UFP glede na obdobja (celotno, brez in z ognjemeti) za različne starostne skupine.



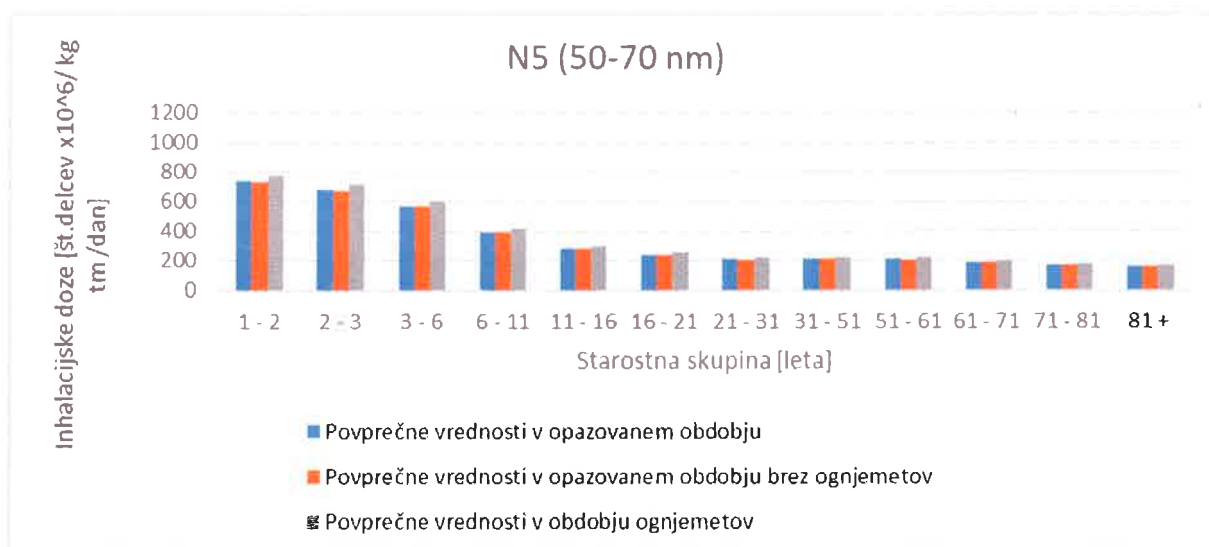
Slika 9: Vdihani odmerki [število delcev $\times 10^6/\text{kg tm/dan}$] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti povprečni vrednosti UFP (velikostni razred: 10-20 nm) v celotnem opazovanem obdobju (oktober 2016 - avgust 2017), v obdobju brez ognjemetov (vsi meseci, razen januar in junij 2017) in v obdobju ognjemetov (januar in junij 2017)



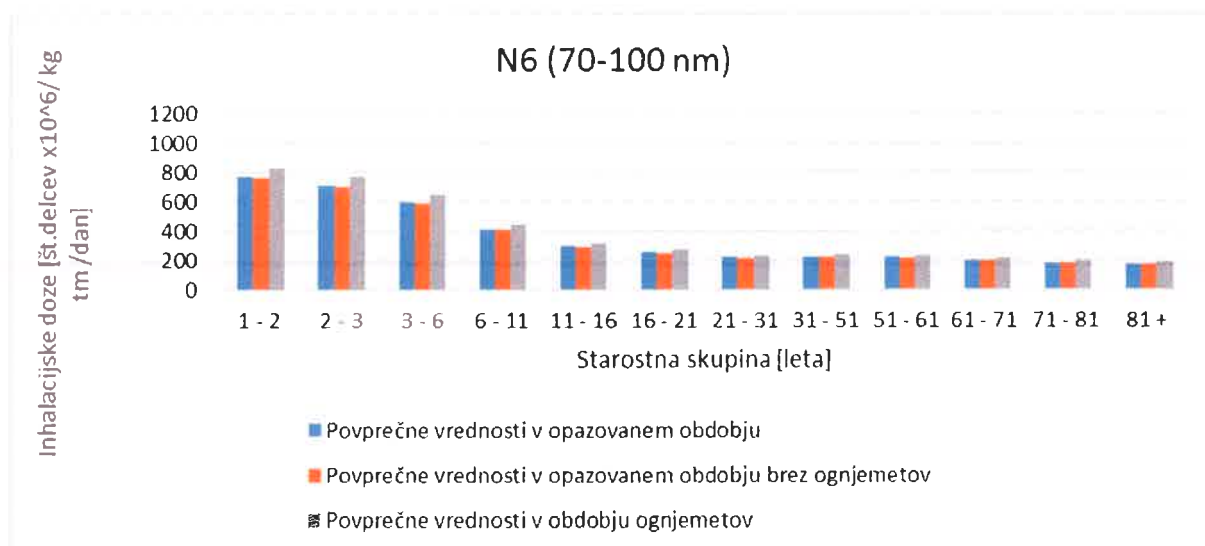
Slika 10: Vdihani odmerki [število delcev $\times 10^6/\text{kg tm/dan}$] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti povprečni vrednosti UFP (velikostni razred: 20-30 nm) v celotnem opazovanem obdobju (oktober 2016 - avgust 2017), v obdobju brez ognjemetov (vsi meseci, razen januar in junij 2017) in v obdobju ognjemetov (januar in junij 2017)



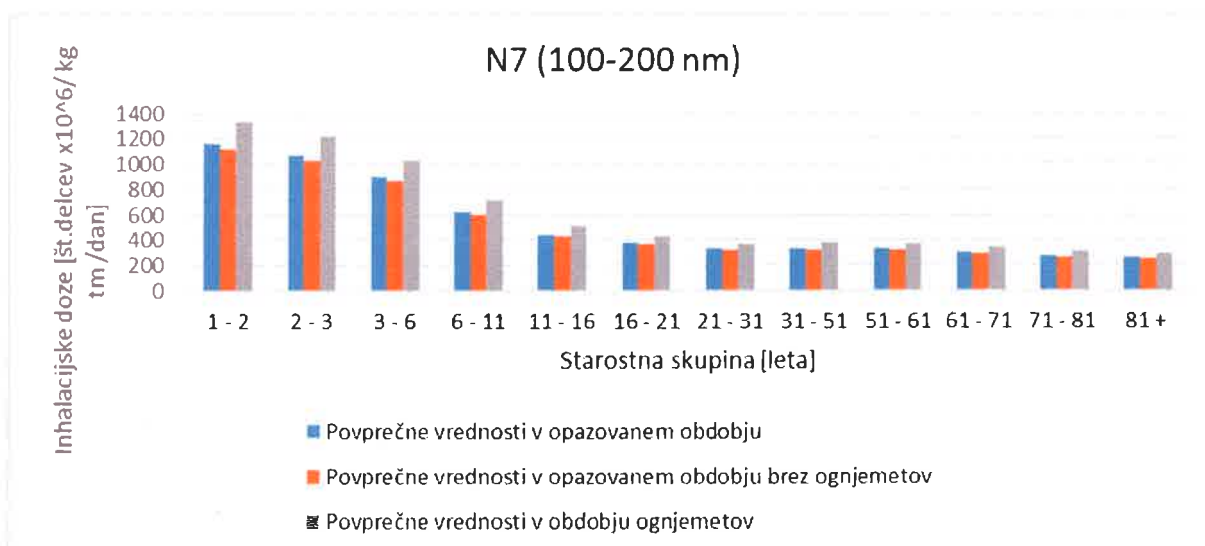
Slika 11: Vdihani odmerki [število delcev $\times 10^6$ /kg tm/dan] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti povprečni vrednosti UFP (velikostni razred: 30-50 nm) v celotnem opazovanem obdobju (oktober 2016 - avgust 2017), v obdobju brez ognjemetov (vsi meseci, razen januar in junij 2017) in v obdobju ognjemetov (januar in junij 2017)



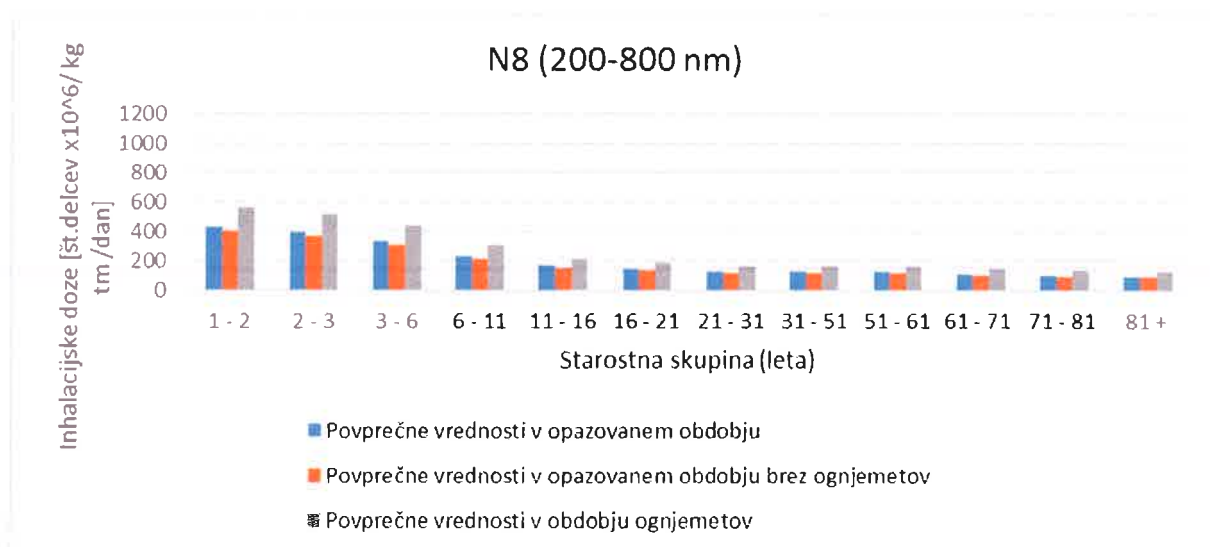
Slika 12: Vdihani odmerki [število delcev $\times 10^6$ /kg tm/dan] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti povprečni vrednosti UFP (velikostni razred: 50-70 nm) v celotnem opazovanem obdobju (oktober 2016 - avgust 2017), v obdobju brez ognjemetov (vsi meseci, razen januar in junij 2017) in v obdobju ognjemetov (januar in junij 2017)



Slika 13: Vdihani odmerki [število delcev $\times 10^6$ /kg tm/dan] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti povprečni vrednosti UFP (velikostni razred: 70-100 nm) v celotnem opazovanem obdobju (oktober 2016 - avgust 2017), v obdobju brez ognjemetov (vsi meseci, razen januar in junij 2017) in v obdobju ognjemetov (januar in junij 2017)



Slika 14: Vdihani odmerki [število delcev $\times 10^6$ /kg tm/dan] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti povprečni vrednosti UFP (velikostni razred: 100-200 nm) v celotnem opazovanem obdobju (oktober 2016 - avgust 2017), v obdobju brez ognjemetov (vsi meseci, razen januar in junij 2017) in v obdobju ognjemetov (januar in junij 2017)



Slika 15: Vdihani odmerki [število delcev × 10⁶/kg tm/dan] za različne starostne skupine zaradi izpostavljenosti povprečni vrednosti UFP (velikostni razred: 200-800 nm) v celotnem opazovanem obdobju (oktober 2016 - avgust 2017), v obdobju brez ognjemetov (vsi meseci, razen januar in junij 2017) in v obdobju ognjemetov (januar in junij 2017)

Iz primerjave rezultatov izračunov vdihanih odmerkov je razvidno, da so bili prebivalci na opazovanem območju v času ognjemetov potencialno izpostavljeni večjemu številu ultra-finih delcev v različnih velikostnih razredih (10–800 nm). Od tega je bila potencialna izpostavljenost največja v primeru UFP v velikostnih razredih 100–200 nm in 30–50 nm. Potentialna izpostavljenost UFP zaradi ognjemetov je po pričakovanjih največja v starostnem obdobju od 1 do 6 let.

Izračuni vdihanega odmerka so podani glede na splošne (povprečne) vrednosti (volumen vdihanega zraka, telesna masa) za posamezno starostno skupino in glede na znano koncentracijo števila UFP v opazovanem obdobju. Zato predstavlja tak izračun le grobo oceno potencialne izpostavljenosti. Na koncentracijo delcev, ki so lahko posledica ognjemetov (in posledično na vdihanih odmerkih), vpliva veliko različnih dejavnikov, ki v sklopu te raziskave niso bili upoštevani. Za bolj zanesljivo oceno izpostavljenosti bi bila potrebna izvedba meritev v daljšem časovnem obdobju in na več merilnih mestih ter dopolnitev rezultatov z zdravstvenimi podatki (npr. dnevno število obiskov v bolnišnici zaradi bolezni srca in žilja). 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 študija predstavlja.

3.3. Sistematični pregled literature

Na podlagi opravljenega pregleda predhodno omenjene bibliografske baze in spletnih strani o izpostavljenosti UFP v zraku in vplivu na zdravje, predvsem kot posledice ognjemetov, smo ugotovili naslednje (povzetek ugotovitev):

- ognjemeti predstavljajo pomemben vir antropogenega onesnaževanja zunanjega zraka po vsem svetu. Izmerjene vrednosti delcev so višje v času po ognjemetu kot dan pred ognjemetom. V času ognjemetov je značilna tudi večja gostota delcev, kar pomeni, da se ti delci dalj časa zadržujejo v atmosferi in s tem prispevajo k večjemu tveganju za negativne zdravstvene učinke (Wang idr., 2007);

- primarne komponente UFP zaradi ognjemetov so Ba, K, Sr, Cl⁻, Pb, Mg, sekundarne komponente pa so C₅H₆O₄²⁻, C₃H₂O₄²⁻, C₂O₄²⁻, C₄H₄O₄²⁻, SO₄²⁻, NO³⁻. Koncentracije teh sestavin so petkrat višje v času ognjemeta v primerjavi z dnevi brez ognjemeta (Zhang idr., 2010);
- obstaja pozitivna povezava med dnevno umrljivostjo in sprejemi v bolnišnico zaradi vseh vzrokov smrti, bolezn srca in ožilja, bolezn dihal ter izpostavljenostjo različnim komponentam (sulfat, nitrat, elementarni in organski ogljik, indeks kovin) in velikostnim razredom UFP v zraku (Atkinson idr., 2015);
- v času ognjemetov in uporabe pirotehničnih sredstev nastajajo predvsem UFP v zunanjem zraku, kemijska analiza pa je pokazala prisotnost različnih elementov (Lin idr., 2016);
- emisije zaradi petard in ognjemetov vplivajo na povišanje koncentracije delcev PM_{2,5}. Z morfološko analizo in določitvijo kemične sestave je bilo ugotovljeno, da nastali delci ne predstavljajo le regionalnega problema zaradi poslabšanja kakovosti zraka in nastanka megle, temveč gre za toksične delce oziroma nanodelce, ki lahko penetrirajo v človekov respiratorni trakt, k toksičnosti pa prispevajo predvsem kovinske komponente teh delcev (Lin idr., 2013);
- praksa večdnevnega praznovanja in prižiganja ognjemetov je zelo zaskrbljujoča, saj se kakovost zraka zaradi tega zelo poslabša, s tem pa obstaja tudi večje tveganje za zdravje. Večdnevne stalne emisije v zrak zaradi ognjemetov vplivajo na porazdelitev različnih frakcij delcev, od katerih je najbolj zaskrbljujoča alveolarna frakcija barija (Ba) (Khaparde idr., 2012);
- delci, velikosti 0.01 do 10 μm prodirajo globlje v dihala, prehajajo v krvni obtok in imajo škodljiv vpliv na pljuča in druge organe. Prav tako lahko poškodujejo respiratorni epitelij, kar povzroči nastajanje kisikovih prostih radikalov in posledično sproži oksidativni stres. V dihalnem sistemu odraslih se je odložilo 62 % UFP, pri otrocih, ki so bolj občutljivi, pa se je odložilo 8 % več UFP kot pri odraslih (De Almeida idr., 2015);
- glavni vir UFP v zunanjem urbanem zraku je promet: UFP iz vozil lahko emitirajo kot primarni delci ali nastanejo kot sekundarni aerosol. Razmerje med enimi in drugimi je odvisno od vrste goriva in delovanja motorja ter pogojev v okolju, pri čemer pri dizelskem gorivu večinoma nastane sekundarni aerosol (Kumar idr., 2014);
- srednje koncentracije UFP v različnih okoljih (neonesnaženo ozadje, ruralno okolje, urbano ozadje, urbano okolje, ulični kanjoni, ceste, tuneli) so znašale od 2,6 do 167,7x10³ delcev na cm³. Večja kot je bližina vozila, večja je koncentracija UFP – vozila so pomemben vir UFP (Knibbs idr., 2011);
- pri proučevanju virov, poti širjenja in vplivov nanodelcev na zdravje in okolje je potrebno interdisciplinarno sodelovanje strokovnjakov s področja različnih ved, npr. javnega zdravja, medicine, inženirskih ved, atmosfere kemije, fizike in drugih. Tako pridobljena ocena vplivov na zdravje je lahko dobra podlaga za oblikovanje in izvajanje javnozdravstvenih aktivnosti za zmanjšanje tveganja (Slezakova idr., 2013).

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.

4. ZAKLJUČEK

4.1. Vsebinski del

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). Najvišje mesečno povprečje UFP smo izmerili v velikostnem razredu 100–200 nm in sicer decembra 2016, najvišje urno število delcev pa je bilo izmerjeno v velikostnem razredu 10–20 nm v mesecu novembru 2016.

V opazovanem obdobju sta bila izvedena dva večja ognjemeta v sklopu javnih prireditev v Ljubljani in sicer 1. 1. 2017 in 27. 6. 2017. Vpliv ognjemeta na število izmerjenih UFP v januarju 2017 zaradi visokih vrednosti ozadja ter uporabe ostalih pirotehničnih sredstev ni bil nedvoumno opazen, medtem ko je bilo zaradi nižjih vrednosti ozadja povišanje števila UFP na dan 27. 6. 2017 med 22:00 ter 23:00 uro (v času ognjemeta) izrazito opazno. V tem obdobju smo opazili tudi dobro ujemanje med vsoto povprečnih koncentracij števila UFP in PM_{10} .

Na podlagi koncentracij števila UFP smo izračunali vdihane odmerke UFP [število delcev $\times 10^6$ /kg tm/dan] za vse velikostne razrede in po posameznih starostnih skupinah. Na ta način smo (grobo) ocenili potencialno izpostavljenost prebivalcev. Vdihane odmerke smo primerjali glede na (a) celotno obdobje od oktobra 2016 do avgusta 2017, (b) obdobje, ko ni bilo ognjemetov oziroma uporabe pirotehničnih sredstev večjega obsega (meseci brez ognjemetov) in (c) obdobje, ko so bili izvedeni ognjemeta oziroma uporabljena pirotehnična sredstva večjega obsega (januar in junij 2017). Potencialna izpostavljenost prebivalcev UFP je bila v času ognjemetov večja od potencialne izpostavljenosti UFP v obdobju brez ognjemetov. Največji vdihani odmerek UFP zaradi ognjemetov je bil izračunan za velikostni razred N4 (30–50 nm) in v primeru starostne skupine od 1 do 6 let.

Raziskava vsebuje določene pomanjkljivosti, ki so predvsem posledica časovno in finančno omejenega okvira projekta. Ne glede na to so pridobljeni rezultati nakazali povezavo med večjo številčno koncentracijo UFP v zraku in ognjemeti. Posledično to pomeni tudi večjo možnost izpostavljenosti prebivalcev UFP zaradi ognjemetov. Podobno je razvidno tudi iz strokovne in znanstvene literature. Rezultati raziskave predstavljajo tudi dovolj dobro osnovo za načrtovanje in razvoj nadaljnjih študij oziroma raziskav. Te so potrebne za pridobitev več ustreznih podatkov za izboljšano in bolj zanesljivo oceno izpostavljenosti UFP v času ognjemetov. Zaradi pomanjkanja tovrstnih raziskav, vključno z epidemiološkimi študijami o povezavi med večjo onesnaženostjo zraka z UFP v času ognjemetov in posledicami za zdravje, je to področje toliko bolj pomembno in zanimivo. Rezultati te raziskave so, ne glede na omenjene omejitve, že v tej fazi primerna osnova za načrtovanje promocijskih dejavnosti, vključno z ozaveščanjem ljudi o nesmiselnosti ognjemetov, predvsem glede njihovega škodljivega vpliva na kakovost zraka in zdravje ljudi.

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. To bi pomenilo tudi ustrezno izvajanje 51. a člena Zakona o kemikalijah na področju določanja nacionalnih priorit.

4.2. Finančni del

Za izvedbo projekta so bila porabljen sredstva skladno s pogodbo št. C2715-16-352213. V Prilogi 1 k pogodbi smo načrtovali tudi 330 EUR sredstev za blago in storitve, ki smo jih porabili za stroške dela. Do zaključka projekta (30. 9. 2017) smo za izvajanje, komuniciranje, obdelavo podatkov, pripravo vsebinskega dela opisa rezultatov projekta in izdelavo končnega poročila porabili več delovnih ur, kot smo planirali. V mesecu oktobru 2017 bomo pripravili in oblikovali obvestila za objavo na spletu, organizirali zaključni sestanek projektne skupine ter zaključni dogodek, na katerem bomo predstavili rezultate projekta za strokovno javnost. Vse te aktivnosti bodo pokrite iz lastnih sredstev.

5. REFERENCE

- Agencija RS za okolje, ARSO. Meteorološki podatki (veter) za postajo Ljubljana Bežigrad (osebna komunikacija, Renato Bertalanič, oktober 2016 do avgust 2017).
- 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.
- Azhagurajan A, Selvakumar N. Impact of nano particles on safety and environment for fireworks chemicals. *Process Safety & Environmental Protection*, 2014, 92, 732-738.
- Chen R, Hu B, Liu Y, *et al.* Beyond PM_{2.5}: The role of *ultrafine particles* on adverse effects of air pollution. *Biochim Biophys Acta*. 2016, 1860(12), 2844-2855.
- 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.
- Delfino RJ, Sioutas C, Singh M. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113(8), 934-946.
- Domínguez-Rodríguez A, Abreu-Afonso J, Rodríguez S. Comparative Study of Ambient Air Particles in Patients Hospitalized for Heart Failure and Acute Coronary Syndrome. *Revista Española de Cardiología*, 2011, 64, 661-666.
- Elsaesser A, Howard CV. Toxicology of nanoparticles. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 2012, 64(2), 129-137.
- Khaparde VV, Pipalatkar PP, Pustode T, *et al.* Influence of burning of fireworks on particle size distribution of PM₁₀ and associated barium at Nagpur. *Environmental monitoring and assessment*, 2012, 184, 903-911.
- Knibbs LD, Hunter TC, Morawska L. A review of commuter to ultrafine particles and its health effects. *Atmospheric Environment*, 2011, 45, 2611-2622.
- Kumar M, Singh RK, Murari V, *et al.* Fireworks induced particle pollution: A spatio-temporal analysis. *Atmospheric Research*, 2016, 180, 78-91.
- Kumar P, Morawska L, Birmili W, *et al.* Ultrafine particles in cities. *Environ Int*. 2014, 66, 1-10.
- Li J, Xu T, Lu X *et al.* Online single particle measurement of fireworks pollution during Chinese New Year in Nanning. *J Environ Sci (China)*, 2017, 53, 184-195.
- 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.
- Lin CC. A review of the impact of fireworks on particulate matter in ambient air. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2016, 66(12), 1171-1182.
- Moya J, Phillips L, Schuda L. in sod. Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. US EPA, 2011. Dostopno na: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252>).
- Oberdörster G. Pulmonary effects of inhaled ultrafine particles. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 2001, 74(1), 1-8.

OECD, 2011. Nanosafety at the OECD: The first five years 2006-2010. Dostopno na:

<https://www.oecd.org/science/nanosafety/47104296.pdf>

Pervez S, Chakrabarty RK, Dewangan S, *et al.* Chemical speciation of aerosols and air quality degradation during the festival of lights (Diwali). *Atmospheric Pollution Research*, 2016, 7, 92-99.

Sajid M, Ilyas M, Basheer C, *et al.* Impact of nanoparticles on human and environment: review of toxicity factors. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2015, 22(6), 4122-4143.

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.

Smita S, Gupta SK, Bartonova A, *et al.* Nanoparticles in the environment: assessment using the causal diagram approach. *Environmental Health*, 2012, 11(Suppl 1), S13.

UFIREG (2014). Data collection and methods, Environmental health reports Dresden: Technische Universität Dresden, Poročila (dostopno na: <http://www.ufireg-central.eu/index.php/downloads>).

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

Wehner B, Wiedensohler A, Heintzenberg J. Submicrometer aerosol size distributions and mass concentration of the millennium fireworks 2000 in Leipzig, Germany. *Journal of Aerosol Science*, 2000, 31(12), 1489-1493.

Zhang M, Wang X, Chen J, *et al.* Physical characterization of aerosol particles during the Chinese New Year's firework events. *Atmospheric Environment*, 2010, 44(39), 5191-5198.

6. PRILOGE

Priloga 1. Podatki Upravne enote Ljubljana o izdanih dovoljenjih za izvedbo javnih prireditev, ki so imele v sklopu programa predviden ognjemet

Priloga 2. Rezultati dnevnih meritev UFP in PM₁₀, meteorološki in drugi podatki (roža vetrov)



REPUBLIKA SLOVENIJA
UPRAVNA ENOTA LJUBLJANA

Tobačna ulica 5, 1000 Ljubljana

T: 01 306 30 50
F: 01 306 32 02
E: ue.ljubljana@gov.si
www.upravneenote.gov.si/ljubljana/

Nacionalni inštitut za javno zdravje
Trubarjeva cesta 2
1000 Ljubljana

Številka: 090-226/2017-2
Datum: 4. 9. 2017
u.p.: MJU-DN0009-P2

Zadeva: Ognjemet v času od oktobra 2016 do zdaj v dovoljenju za javno zbiranje – informacijo javnega značaja

Zveza: vaše zaprosilo z dne 22. 8. 2017

Skladno s 25. členom Zakona o dostopu do informacij javnega značaja (Uradni list RS, št. 51/06 – uradno prečiščeno besedilo, 117/06 – ZDavP-2, 23/14, 50/14, 19/15 – odl. US in 102/15) vam kot informacijo javnega značaja, posredujemo naslednje podatke:

Upravna enota Ljubljana je izdala dovoljenja za izvedbo javnih prireditev, katere so imele v sklopu programa predviden ognjemet v obdobju od oktobra 2016 do danes, v naslednjih primerih:

- dovoljenje št. 215-1276/2016-24 z dne 19. 12. 2016 – odrski efekti (ognjemet) na koncertu Siddharte na Kongresnem trgu v sklopu javnih prireditev »December 2016 v Ljubljani« dne 26. 12. 2016,
- dovoljenje št. 215-1276/2016-32 z dne 27. 12. 2016 – ognjemet na ljubljanskem gradu v sklopu javnih prireditev »December 2016 v Ljubljani« dne 1. 1. 2017,
- dovoljenje št. 215-492/2017-8 z dne 8. 5. 2017 – odrski efekti (ognjemet) na zelenici Ministrstva za obrambo na naslovu Vojkova cesta 55, Ljubljana, na javni prireditvi »Škisova tržnica 2017« dne 11. 5. 2017,
- dovoljenje št. 215-722/2017-7 z dne 1. 6. 2017 – ognjemet na travniku na javni prireditvi »Dan Lavrice 2017« dne 3. 6. 2017,
- dovoljenje št. 215-726/2017-11 z dne 5. 6. 2017 – odrski efekti v dvorani Stožice na javni prireditvi »Koncert Green Day in Rancid« dne 6. 6. 2017,
- dovoljenje št. 215-715/2017-15 z dne 21. 6. 2017 - ognjemet na travniku Ministrstva za obrambo na Kardeljevi ploščadi v Ljubljani na javni prireditvi »Tušev tek barv« dne 23. 6. 2017.
- dovoljenje št. 215-700/2017-13 z dne 7. 6. 2017 – ognjemet na ljubljanskem gradu v sklopu javnih prireditev »Junij 2017 v Ljubljani in 65. Ljubljana Festival« dne 27. 6. 2017,

S spoštovanjem,

Pripravil:
Alen Jevtovič
vodja referata

Saška Tivadar
vodja sektorja

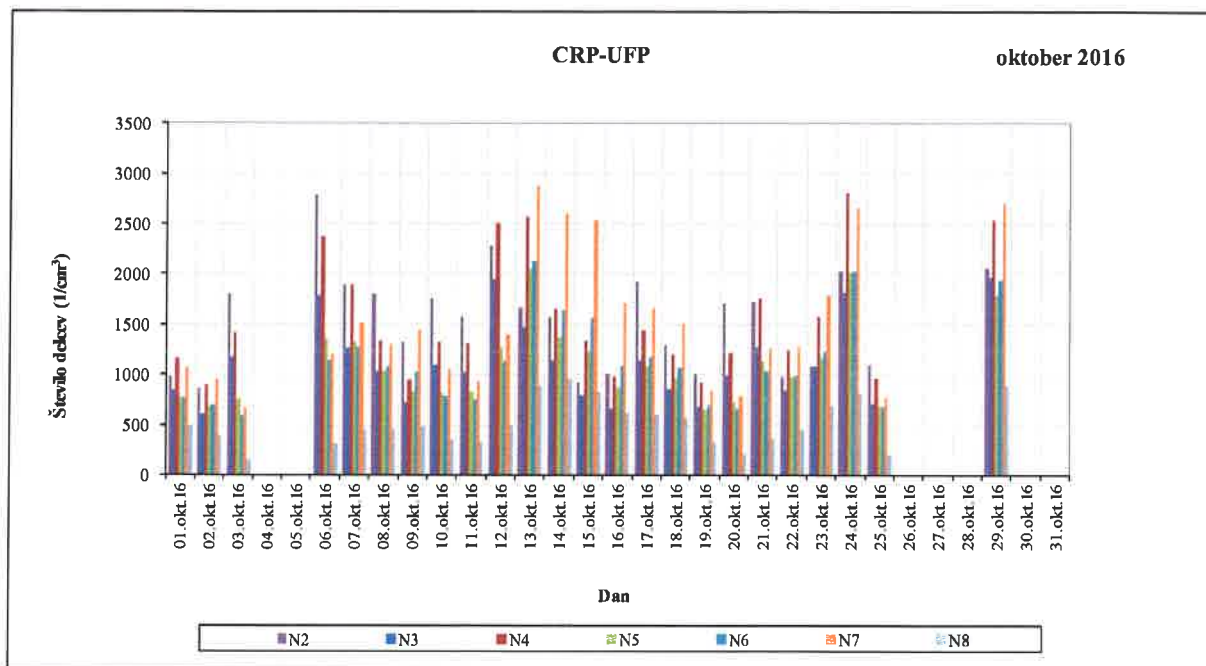
Vročiti:

- Nacionalni inštitut za javno zdravje, viviana.golja@nijz.si – po elektronski pošti

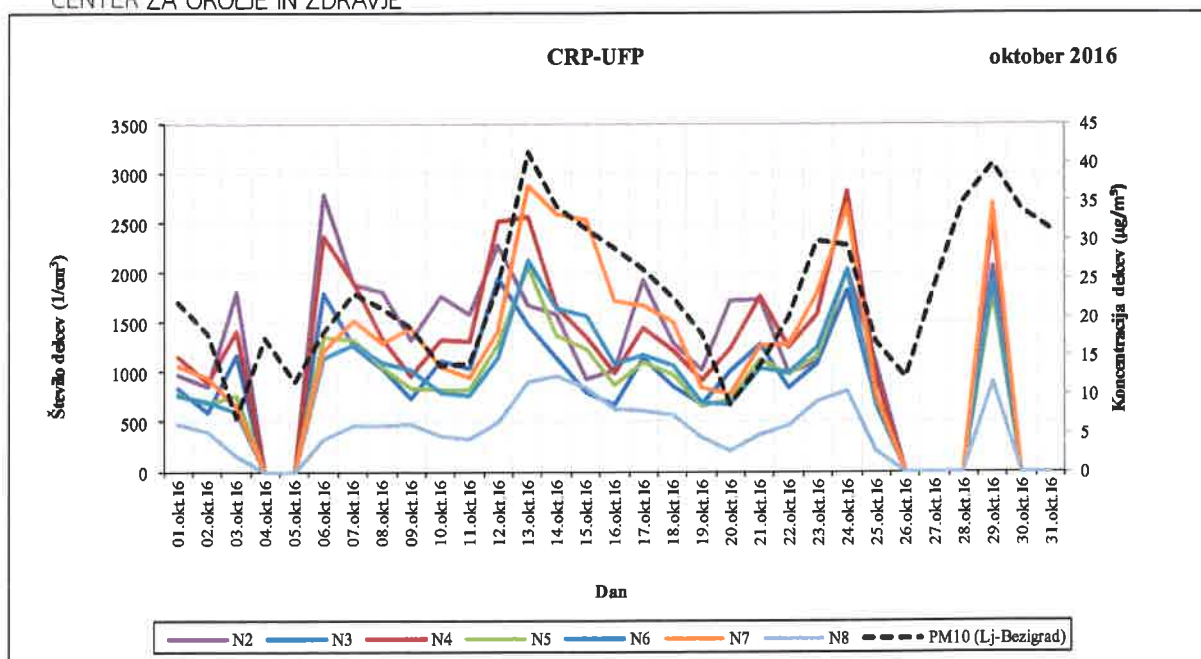


Rezultati meritev

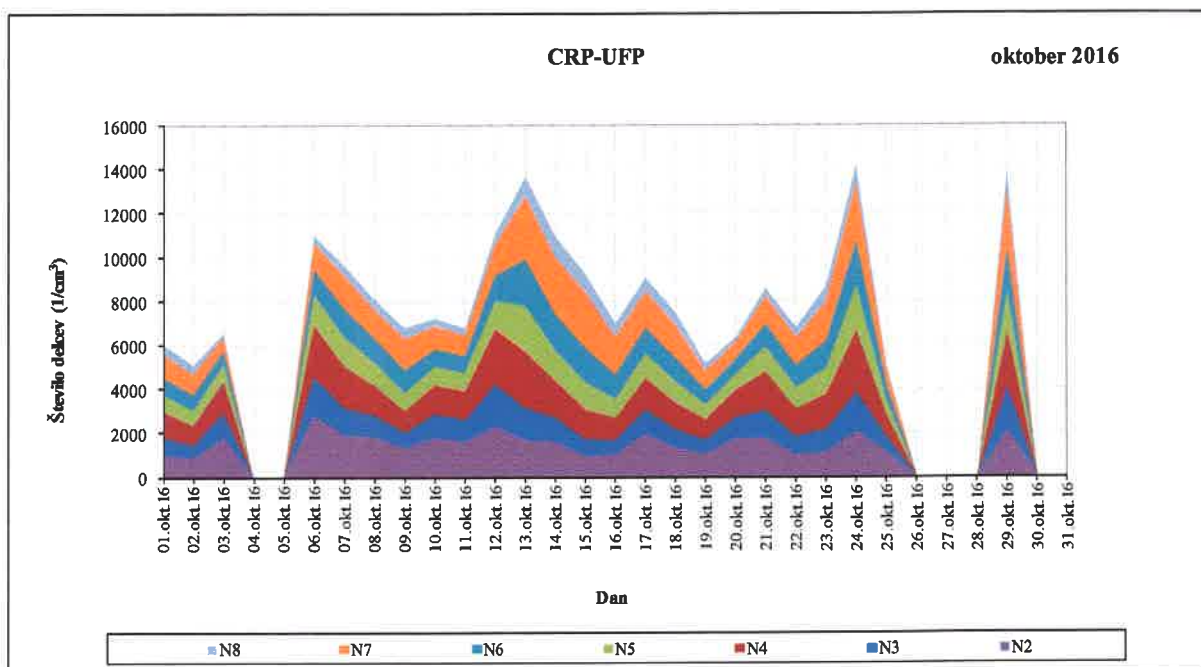
kanal->	N2		N3		N4		N5		N6		N7		N8		PM10 (Lj-Bezigrad)	
velikostni razred->	10-20nm		20-30nm		30-50nm		50-70nm		70-100nm		100-200nm		200-800nm		(µg/m3)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm3)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm3)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm3)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm3)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm3)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm3)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm3)	Število urnih	Dnevno povprečje (µg/m3)
01.okt.16	24	979	24	842	24	1154	24	773	24	765	24	1071	24	481	24	22
02.okt.16	24	856	24	605	24	897	24	687	24	702	24	949	24	401	24	18
03.okt.16	24	1798	24	1170	24	1414	24	763	24	597	24	660	24	163	24	7
04.okt.16	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	24	17
05.okt.16	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	24	11
06.okt.16	24	2788	24	1784	24	2368	24	1357	24	1145	24	1212	24	319	24	18
07.okt.16	24	1888	24	1267	24	1890	24	1329	24	1278	24	1515	24	463	24	23
08.okt.16	24	1801	24	1036	24	1341	24	1045	24	1090	24	1298	24	457	24	21
09.okt.16	24	1318	24	726	24	956	24	834	24	1019	24	1450	24	481	24	18
10.okt.16	24	1763	24	1108	24	1326	24	818	24	792	24	1055	24	356	24	14
11.okt.16	24	1581	24	1029	24	1306	24	829	24	758	24	938	24	329	24	14
12.okt.16	24	2281	24	1948	24	2514	24	1274	24	1135	24	1406	24	494	24	24
13.okt.16	24	1665	24	1473	24	2567	24	2055	24	2127	24	2883	24	892	24	41
14.okt.16	24	1574	24	1141	24	1658	24	1371	24	1639	24	2594	24	963	24	34
15.okt.16	24	925	24	797	24	1347	24	1232	24	1567	24	2537	24	834	24	31
16.okt.16	24	1018	24	672	24	987	24	875	24	1086	24	1719	24	628	24	29
17.okt.16	24	1927	24	1138	24	1440	24	1088	24	1175	24	1669	24	610	24	26
18.okt.16	24	1291	24	859	24	1213	24	969	24	1068	24	1505	24	573	23	22
19.okt.16	24	1016	24	674	24	918	24	654	24	693	24	846	24	337	24	18
20.okt.16	24	1710	24	999	24	1226	24	725	24	669	24	786	24	210	24	9
21.okt.16	24	1734	24	1282	24	1758	24	1125	24	1041	24	1263	24	374	24	14
22.okt.16	24	988	24	845	24	1243	24	974	24	996	24	1284	24	456	24	20
23.okt.16	24	1089	24	1086	24	1581	24	1155	24	1243	24	1789	24	698	24	30
24.okt.16	24	2027	24	1820	24	2812	24	2014	24	2025	24	2664	24	809	22	29
25.okt.16	24	1102	24	706	24	961	24	674	24	679	24	771	24	209	24	17
26.okt.16	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	24	12
27.okt.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24
28.okt.16	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	24	35
29.okt.16	24	2062	24	1972	24	2541	24	1791	24	1933	24	2700	24	897	24	40
30.okt.16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	24	34
31.okt.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	31
Število urnih podatkov	624		624		624		624		624		624		624		741	
Delež urnih podatkov	84%		84%		84%		84%		84%		84%		84%		100%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm3)	1624		1171		1590		1105		1132		1512		511			
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm3)	2788		1972		2812		2055		2127		2883		963			
Najvišja urna koncentracija (1/cm3)	11969		8204		5797		3348		3734		5363		2145			



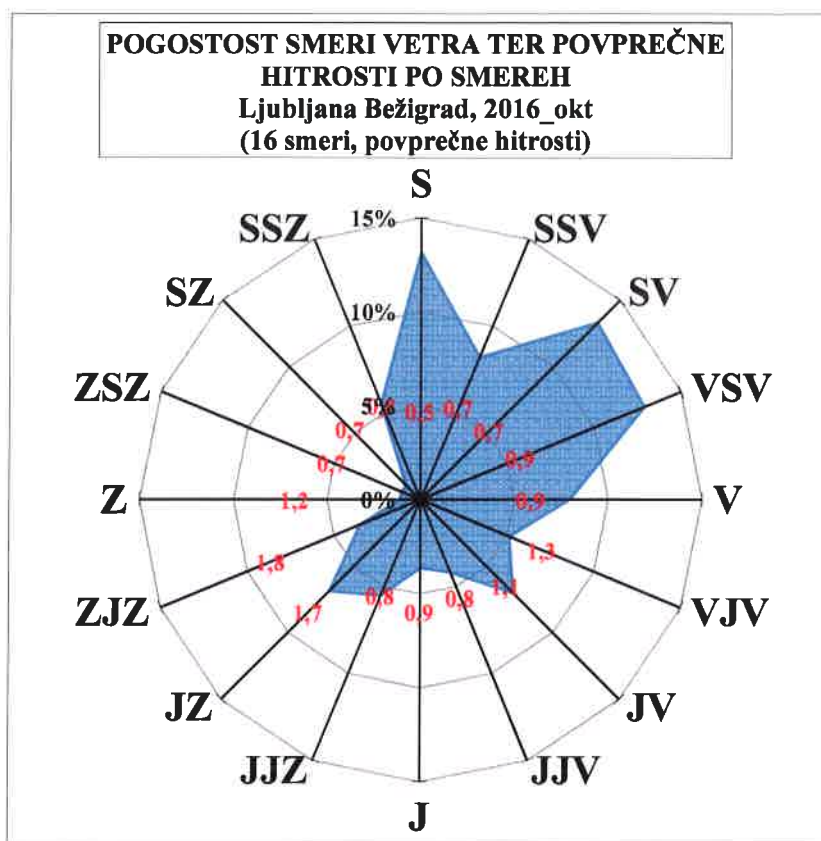
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



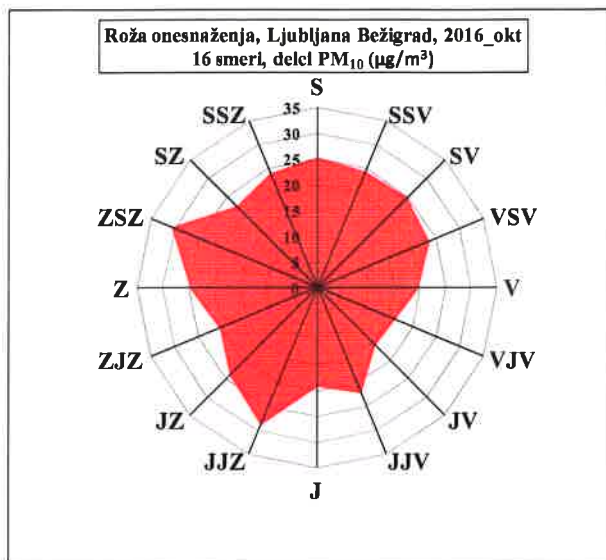
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



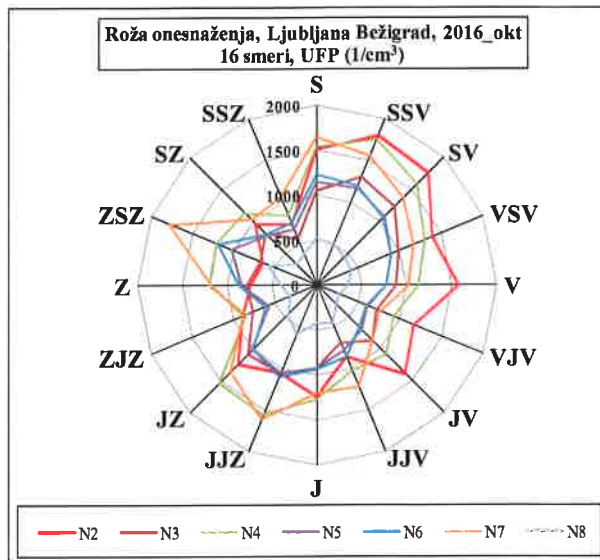
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, oktober 2016

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	13%	0,5
SSV	8%	0,7
SV	13%	0,7
VSV	13%	0,9
V	8%	0,9
VJV	5%	1,3
JV	7%	1,1
JJV	4%	0,8
J	4%	0,9
JJZ	6%	0,8
JZ	7%	1,7
ZJZ	3%	1,8
Z	1%	1,2
ZSZ	1%	0,7
SZ	1%	0,7
SSZ	6%	0,8

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

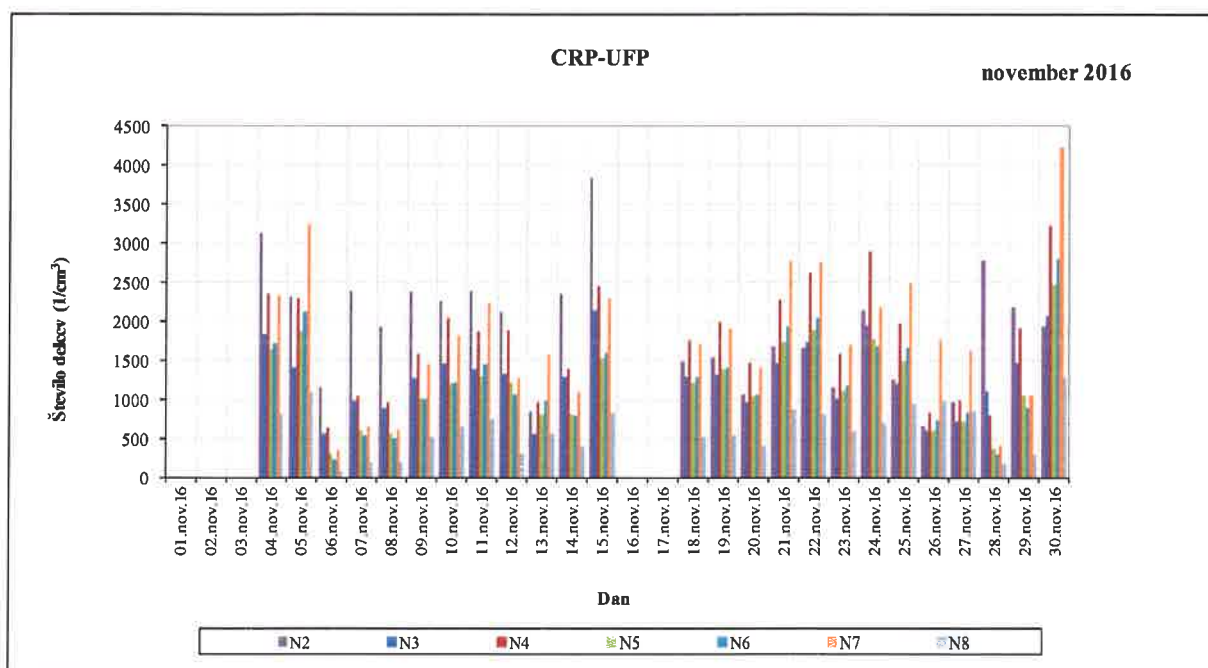
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	25	1515	1056	1531	1155	1234	1650	524
SSV	24	1798	1311	1754	1176	1195	1562	500
SV	24	1759	1235	1590	1069	1064	1370	451
VSV	23	1389	982	1305	895	898	1175	410
V	19	1573	892	1140	776	775	1018	342
VJV	16	1175	716	922	610	595	766	264
JV	16	1397	875	1094	702	667	871	304
JJV	22	852	696	1032	787	855	1217	449
J	19	1240	926	1261	915	935	1196	416
JJZ	28	1049	1050	1551	1054	1105	1612	585
JZ	24	1235	1081	1539	1015	1010	1363	457
ZJZ	20	883	767	849	572	617	883	325
Z	24	739	775	1191	831	860	1167	392
ZSZ	30	653	680	1210	1028	1197	1779	586
SZ	22	962	813	1143	784	801	1032	325
SSZ	24	736	552	844	673	744	1058	377

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

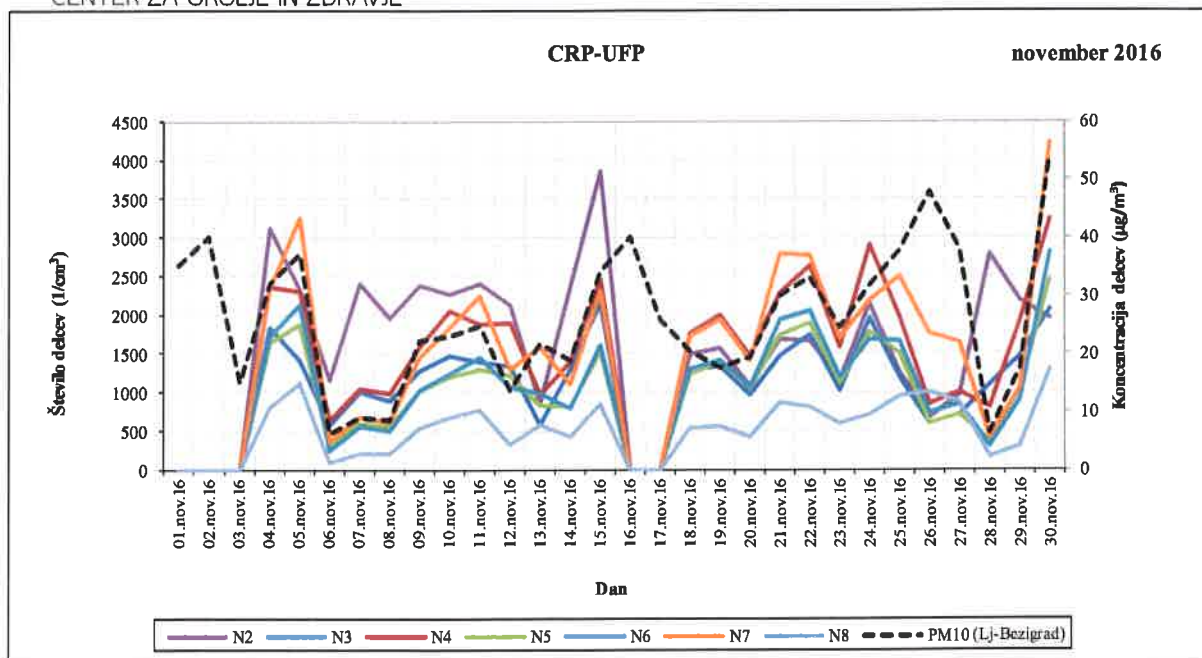


Rezultati meritev

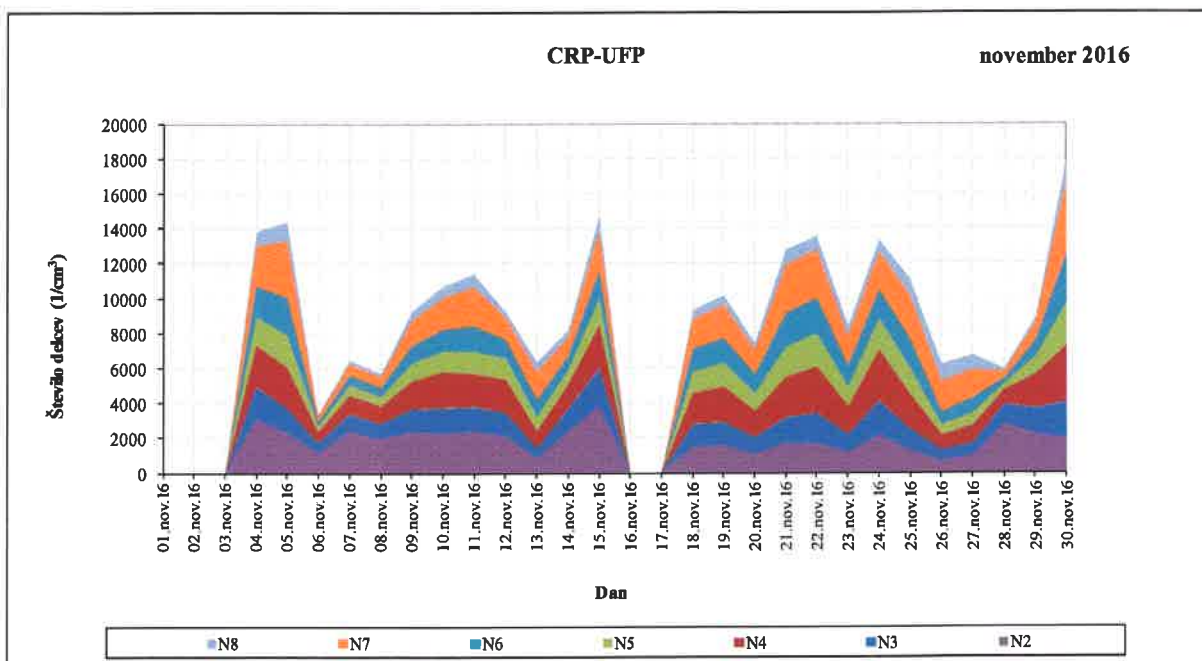
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Bezgrad)	
	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (µg/m ³)
01.nov.16	0		0		0		0		0		0		0		24	35
02.nov.16	0		0		0		0		0		0		0		24	40
03.nov.16	10		10		10		10		10		10		10		24	15
04.nov.16	24	3122	24	1835	24	2353	24	1640	24	1728	24	2342	24	815	24	32
05.nov.16	24	2322	24	1410	24	2310	24	1872	24	2136	24	3245	24	1116	24	37
06.nov.16	24	1165	24	570	24	638	24	310	24	247	24	351	24	89	24	6
07.nov.16	24	2399	24	999	24	1041	24	596	24	551	24	673	24	208	24	9
08.nov.16	24	1943	24	888	24	979	24	561	24	501	24	621	24	207	24	8
09.nov.16	24	2382	24	1276	24	1587	24	1022	24	1019	24	1447	24	531	24	22
10.nov.16	24	2257	24	1463	24	2042	24	1202	24	1231	24	1826	24	671	24	23
11.nov.16	24	2405	24	1387	24	1873	24	1299	24	1446	24	2237	24	762	24	25
12.nov.16	24	2120	24	1335	24	1892	24	1213	24	1065	24	1288	24	320	24	14
13.nov.16	24	848	24	571	24	967	24	824	24	990	24	1591	24	570	24	22
14.nov.16	23	2368	23	1300	23	1390	23	816	23	792	23	1100	23	416	24	19
15.nov.16	24	3846	24	2154	24	2448	24	1527	24	1601	24	2293	24	846	24	34
16.nov.16	1		1		1		1		1		1		1		24	40
17.nov.16	10		10		10		10		10		10		10		24	26
18.nov.16	24	1487	24	1295	24	1760	24	1228	24	1292	24	1726	24	537	24	20
19.nov.16	24	1556	24	1326	24	1996	24	1389	24	1412	24	1925	24	551	24	17
20.nov.16	24	1069	24	965	24	1464	24	1042	24	1065	24	1416	24	417	24	19
21.nov.16	24	1677	24	1474	24	2285	24	1737	24	1938	24	2786	24	867	24	30
22.nov.16	24	1662	24	1740	24	2638	24	1898	24	2046	24	2759	24	810	24	33
23.nov.16	24	1161	24	1015	24	1592	24	1125	24	1193	24	1701	24	599	23	24
24.nov.16	24	2138	24	1958	24	2906	24	1774	24	1675	24	2180	24	710	24	32
25.nov.16	24	1258	24	1202	24	1971	24	1501	24	1663	24	2503	24	949	24	38
26.nov.16	24	666	24	600	24	838	24	601	24	738	24	1767	24	1000	24	48
27.nov.16	24	967	24	714	24	1001	24	718	24	844	24	1633	24	860	24	38
28.nov.16	24	2792	24	1102	24	802	24	366	24	295	24	412	24	175	24	6
29.nov.16	24	2193	24	1475	24	1909	24	1048	24	900	24	1055	24	303	24	17
30.nov.16	24	1943	24	2072	24	3226	24	2465	24	2802	24	4234	24	1294	24	54
Število urnih podatkov	620		620		620		620		620		620		620		719	
Delež urnih podatkov	83%		83%		83%		83%		83%		83%		83%		100%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)		1835		1251		1699		1148		1199		1730		599		
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)		3846		2154		3226		2465		2802		4234		1294		
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)		13319		5424		9755		4815		4058		6421		2232		



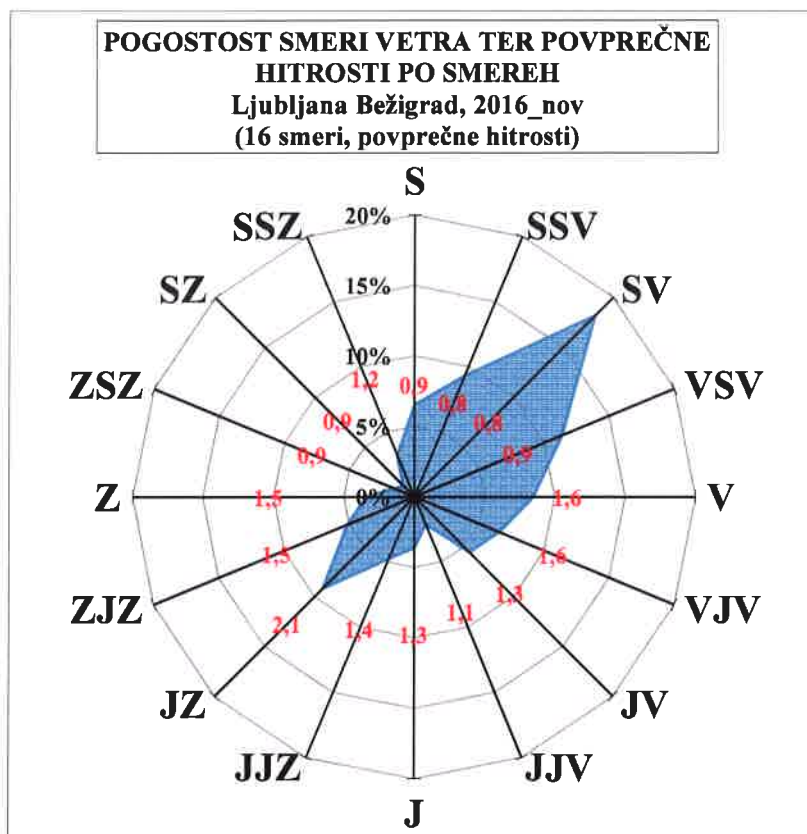
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



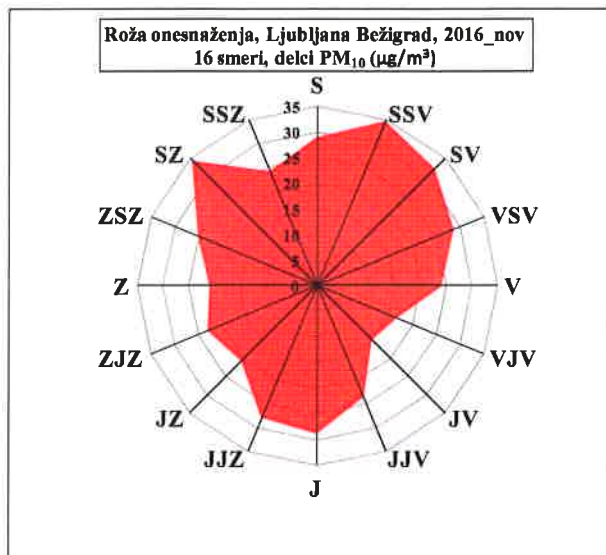
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



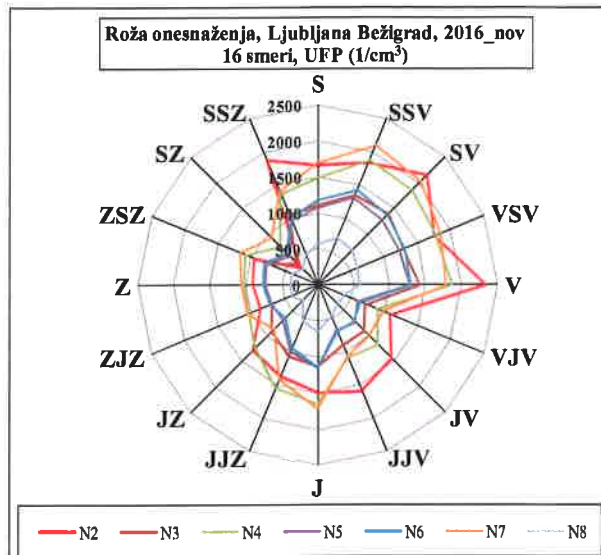
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, november 2016

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	7%	0,9
SSV	9%	0,8
SV	18%	0,8
VSV	11%	0,9
V	8%	1,6
VJV	7%	1,6
JV	6%	1,3
JJV	2%	1,1
J	4%	1,3
JJZ	5%	1,4
JZ	9%	2,1
ZJZ	5%	1,5
Z	3%	1,5
ZSZ	2%	0,9
SZ	1%	0,9
SSZ	3%	1,2

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

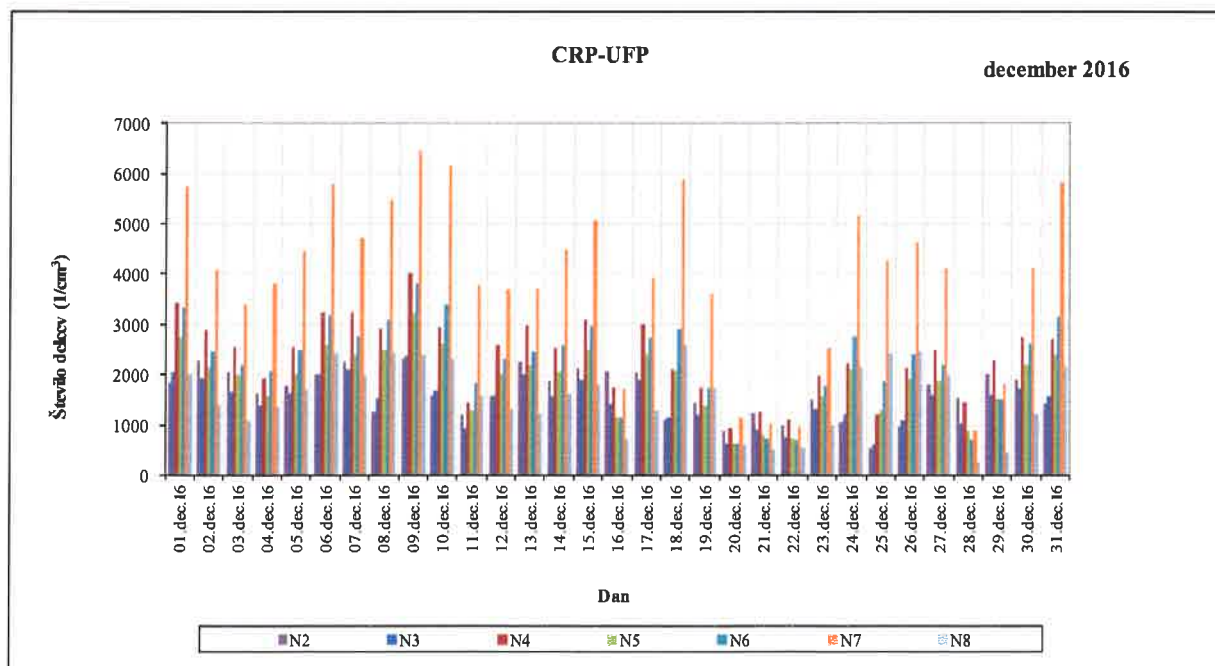
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	29	1666	1106	1484	1066	1174	1702	567
SSV	34	1828	1352	1873	1305	1423	2101	707
SV	32	2147	1388	1868	1278	1373	2020	676
VSV	28	1765	1295	1788	1233	1313	1848	597
V	24	2341	1424	1864	1275	1304	1786	592
VJV	16	1081	718	894	592	631	964	391
JV	15	1452	910	1175	730	714	1011	382
JJV	23	1591	911	1085	682	695	1081	474
J	29	1501	1127	1656	1151	1150	1727	645
JJZ	28	1370	1072	1552	992	952	1412	556
JZ	20	1281	913	1230	697	641	875	311
ZJZ	23	866	705	1030	698	715	1048	406
Z	21	906	724	1028	731	764	1059	380
ZSZ	25	962	768	1097	772	812	1161	399
SZ	34	341	410	752	571	616	921	310
SSZ	24	1876	1046	1368	971	1013	1402	455

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

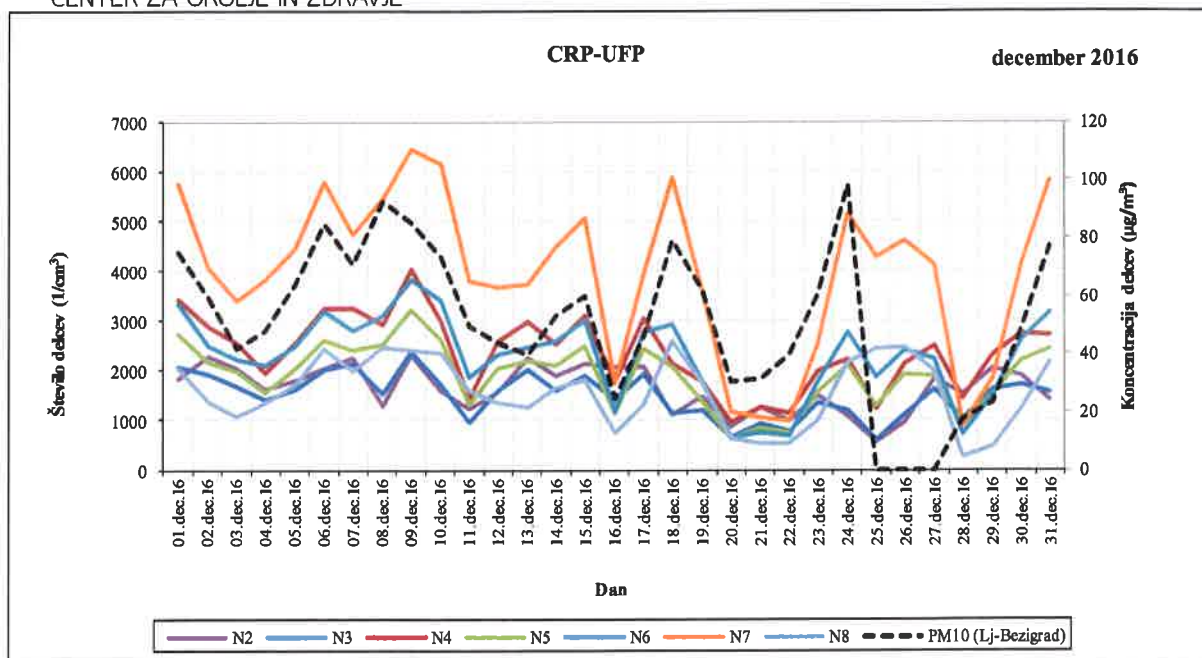


Rezultati meritev

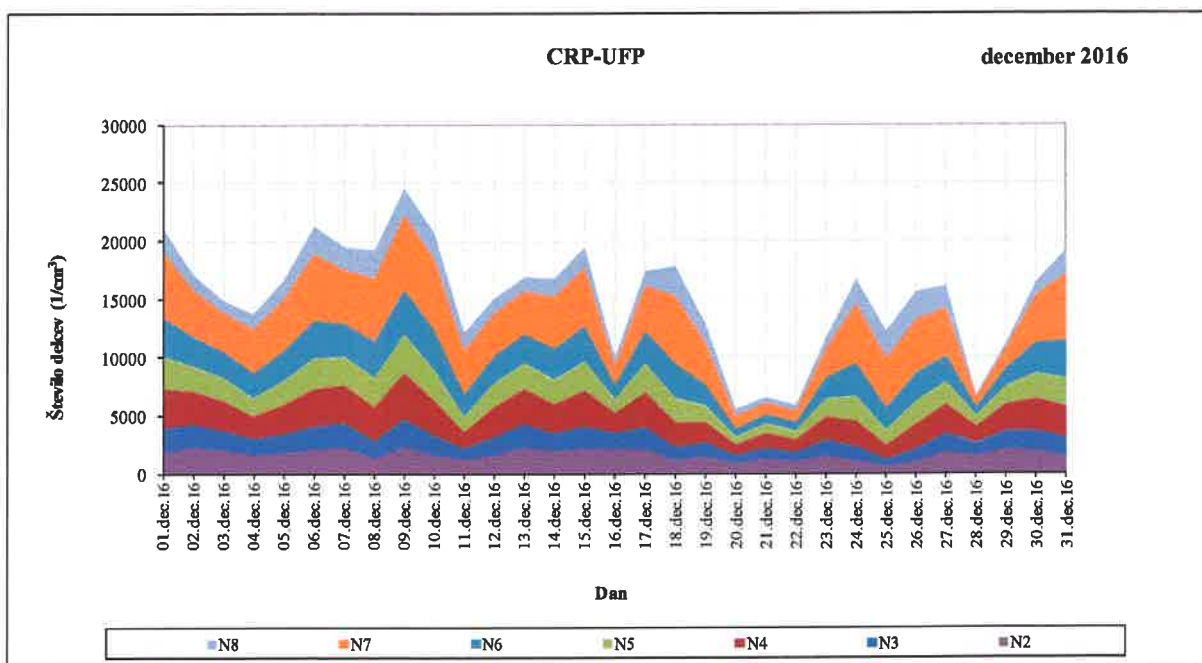
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Bezgrad)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (μg/m ³)
01.dec.16	24	1835	24	2065	24	3420	24	2728	24	3331	24	5752	24	2028	24	75
02.dec.16	23	2283	23	1929	23	2894	23	2150	23	2484	23	4076	23	1378	22	59
03.dec.16	24	2040	24	1673	24	2560	24	1976	24	2211	24	3398	24	1086	24	41
04.dec.16	24	1630	24	1401	24	1937	24	1562	24	2094	24	3827	24	1353	24	48
05.dec.16	24	1784	24	1621	24	2556	24	2028	24	2505	24	4463	24	1715	24	64
06.dec.16	24	2036	24	2019	24	3254	24	2603	24	3202	24	5783	24	2433	23	85
07.dec.16	23	2266	23	2124	23	3241	23	2410	23	2781	23	4717	23	1983	24	71
08.dec.16	24	1273	24	1538	24	2921	24	2511	24	3088	24	5456	24	2454	24	92
09.dec.16	24	2327	24	2369	24	4024	24	3226	24	3820	24	6444	24	2403	23	85
10.dec.16	24	1600	24	1700	24	2965	24	2623	24	3394	24	6143	24	2333	24	73
11.dec.16	24	1214	24	943	24	1447	24	1313	24	1850	24	3780	24	1600	24	50
12.dec.16	24	1565	24	1590	24	2594	24	2030	24	2309	24	3685	24	1335	24	44
13.dec.16	24	2252	24	2020	24	2990	24	2204	24	2461	24	3736	24	1240	24	40
14.dec.16	24	1885	24	1574	24	2521	24	2095	24	2583	24	4493	24	1635	24	53
15.dec.16	24	2141	24	1896	24	3096	24	2492	24	2994	24	5068	24	1798	24	60
16.dec.16	24	2068	24	1413	24	1757	24	1140	24	1162	24	1736	24	732	24	24
17.dec.16	24	2058	24	1914	24	3023	24	2422	24	2753	24	3951	24	1311	24	46
18.dec.16	24	1109	24	1139	24	2125	24	2074	24	2913	24	5890	24	2585	24	79
19.dec.16	24	1453	24	1197	24	1761	24	1390	24	1758	24	3601	24	1745	21	62
20.dec.16	24	870	24	655	24	949	24	630	24	646	24	1164	24	617	23	30
21.dec.16	24	1248	24	916	24	1269	24	817	24	734	24	1031	24	526	24	31
22.dec.16	24	988	24	777	24	1128	24	744	24	690	24	977	24	544	24	40
23.dec.16	24	1509	24	1333	24	1993	24	1565	24	1769	24	2519	24	995	24	60
24.dec.16	24	1062	24	1203	24	2225	24	2101	24	2779	24	5164	24	2173	24	98
25.dec.16	24	561	24	602	24	1217	24	1290	24	1871	24	4267	24	2433	4	
26.dec.16	24	964	24	1106	24	2139	24	1932	24	2406	24	4616	24	2457	0	
27.dec.16	24	1814	24	1615	24	2497	24	1877	24	2209	24	4131	24	1994	14	
28.dec.16	24	1528	24	1028	24	1450	24	885	24	704	24	880	24	243	24	17
29.dec.16	24	2031	24	1602	24	2305	24	1530	24	1498	24	1825	24	458	24	23
30.dec.16	24	1895	24	1715	24	2737	24	2189	24	2614	24	4112	24	1213	24	49
31.dec.16	24	1419	24	1561	24	2704	24	2423	24	3162	24	5827	24	2175	24	77
Število urnih podatkov	742		742		742		742		742		742		742		682	
Delež urnih podatkov	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		95%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)	1634		1490		2376		1901		2282		3951		1580			
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)	2327		2369		4024		3226		3820		6444		2585			
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)	6005		5586		7441		5275		6024		9969		3800			



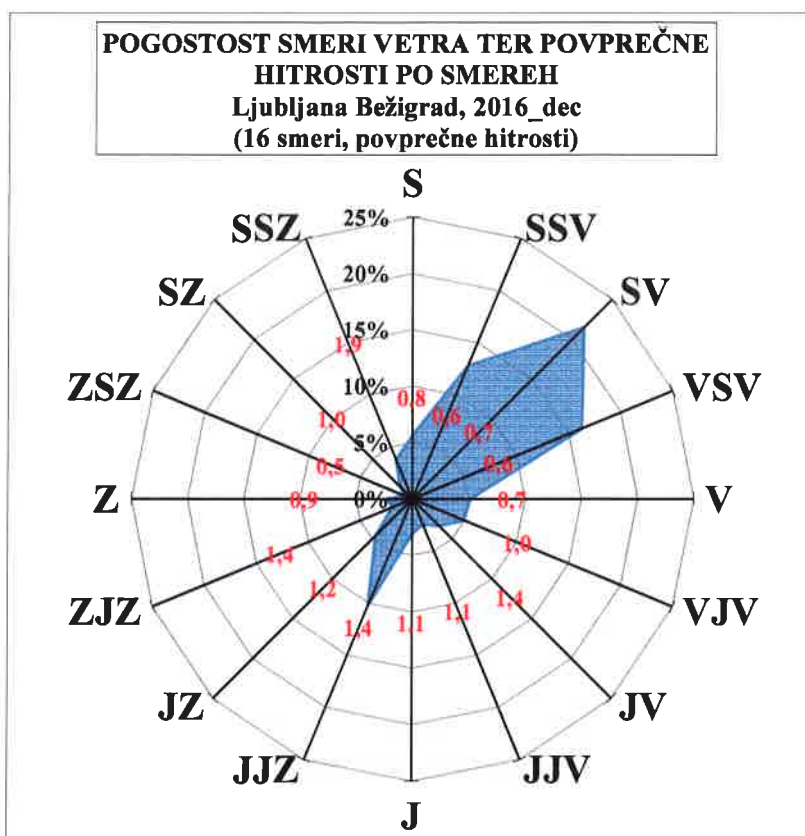
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



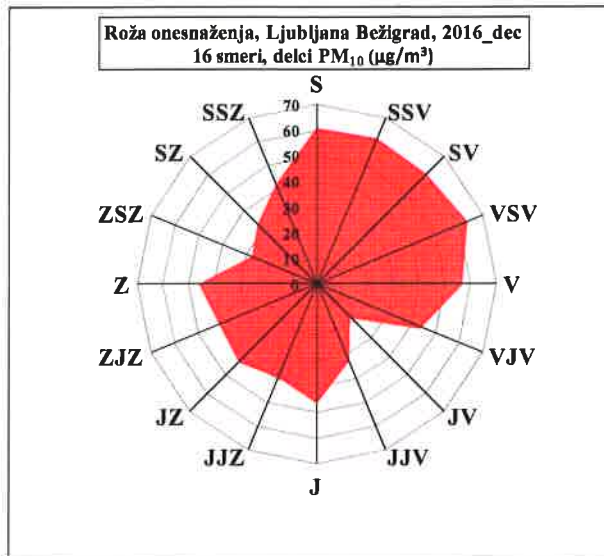
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



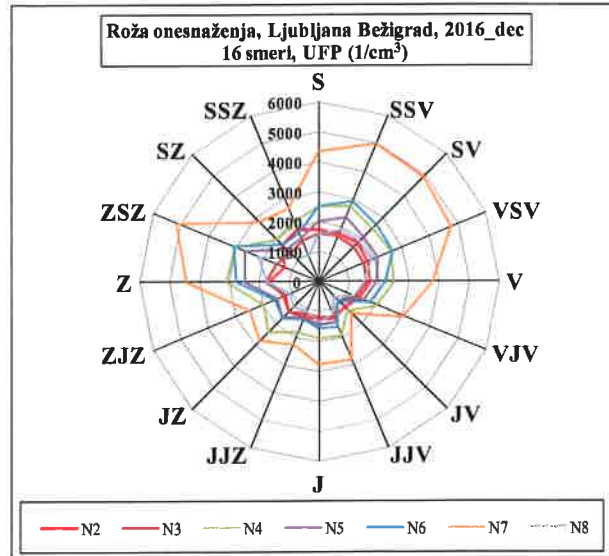
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, december 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	6%	0,8
SSV	13%	0,6
SV	22%	0,7
VSV	16%	0,6
V	5%	0,7
VJV	5%	1,0
JV	3%	1,4
JJV	2%	1,1
J	3%	1,1
JJZ	10%	1,4
JZ	5%	1,2
ZJZ	2%	1,4
Z	2%	0,9
ZSZ	1%	0,5
SZ	1%	1,0
SSZ	4%	1,9

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

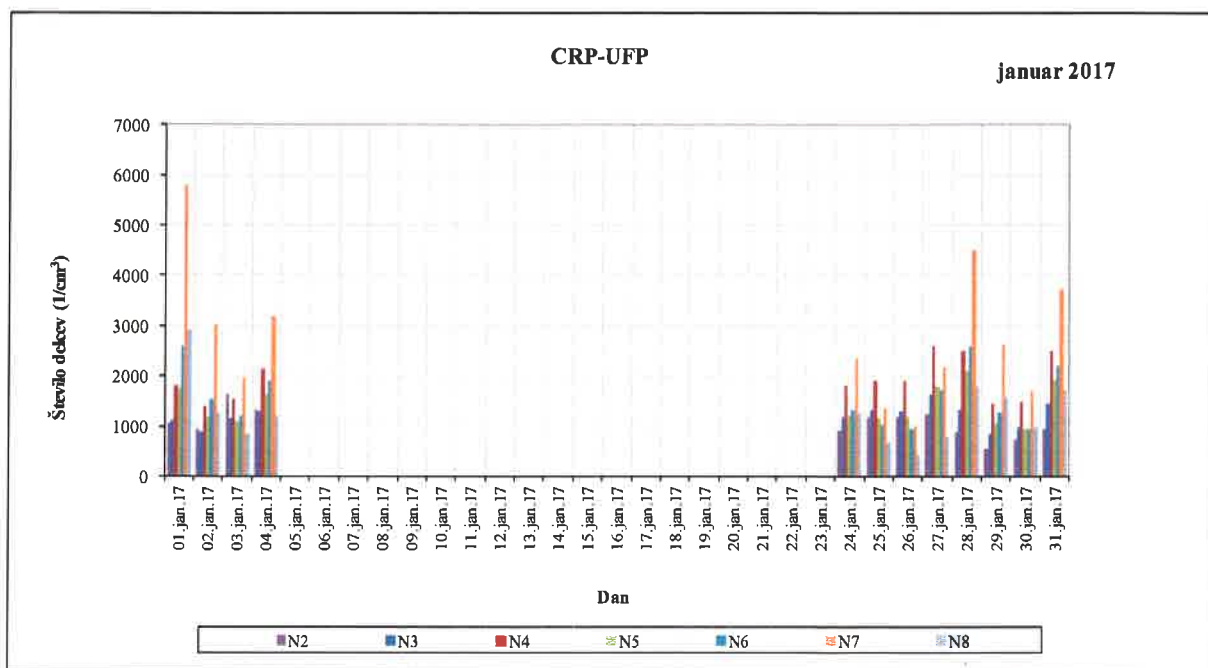
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2- (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	60	1750	1607	2517	2048	2551	4358	1623
SSV	61	1745	1662	2725	2334	2919	4994	1900
SV	60	1820	1619	2539	2120	2714	4912	1901
VSV	63	1730	1613	2587	2117	2649	4761	1906
V	56	1713	1562	2488	1926	2212	3794	1510
VJV	44	1455	1310	2066	1594	1818	3017	1264
JV	18	1205	924	1346	872	882	1493	711
JJV	32	1311	1264	1937	1453	1648	2816	1182
J	46	1268	1163	1889	1430	1570	2738	1326
JJZ	39	1285	1152	1826	1319	1365	2248	1062
JZ	42	1435	1417	2341	1690	1730	2760	1192
ZJZ	40	1273	1180	1973	1477	1570	2479	1057
Z	45	1686	1753	3080	2475	2772	4414	1735
ZSZ	27	1245	1519	3009	2672	3081	5128	2177
SZ	32	1725	1360	2004	1516	1741	2826	1135
SSZ	41	1883	1466	2159	1570	1744	2647	926

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

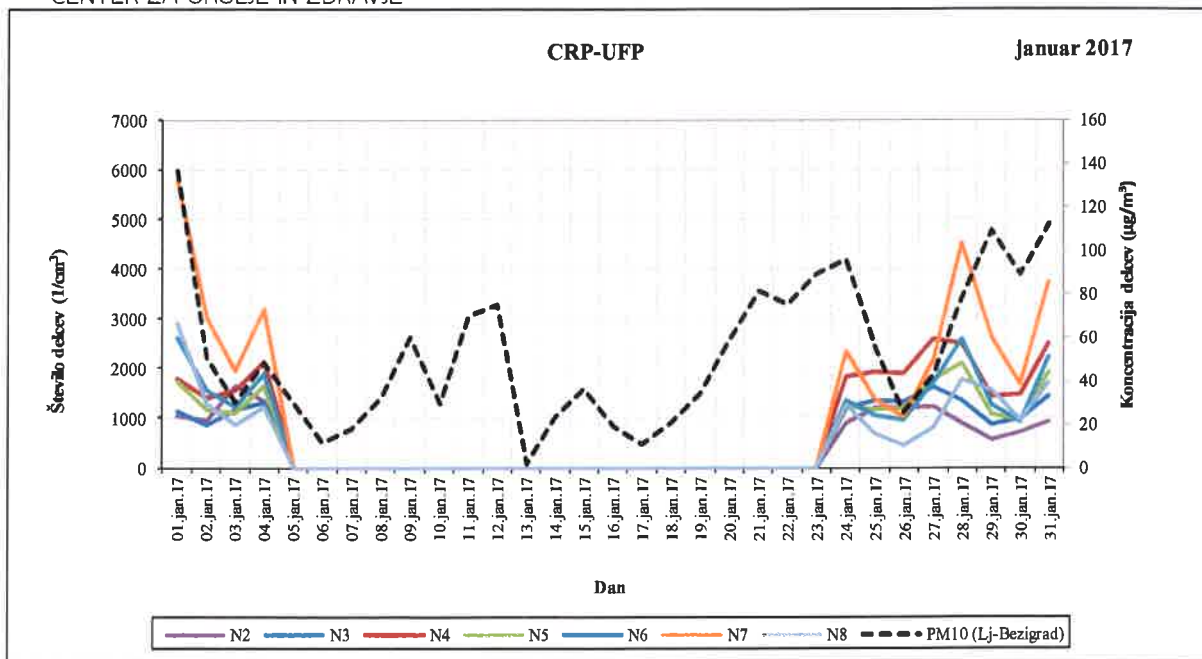


Rezultati meritev

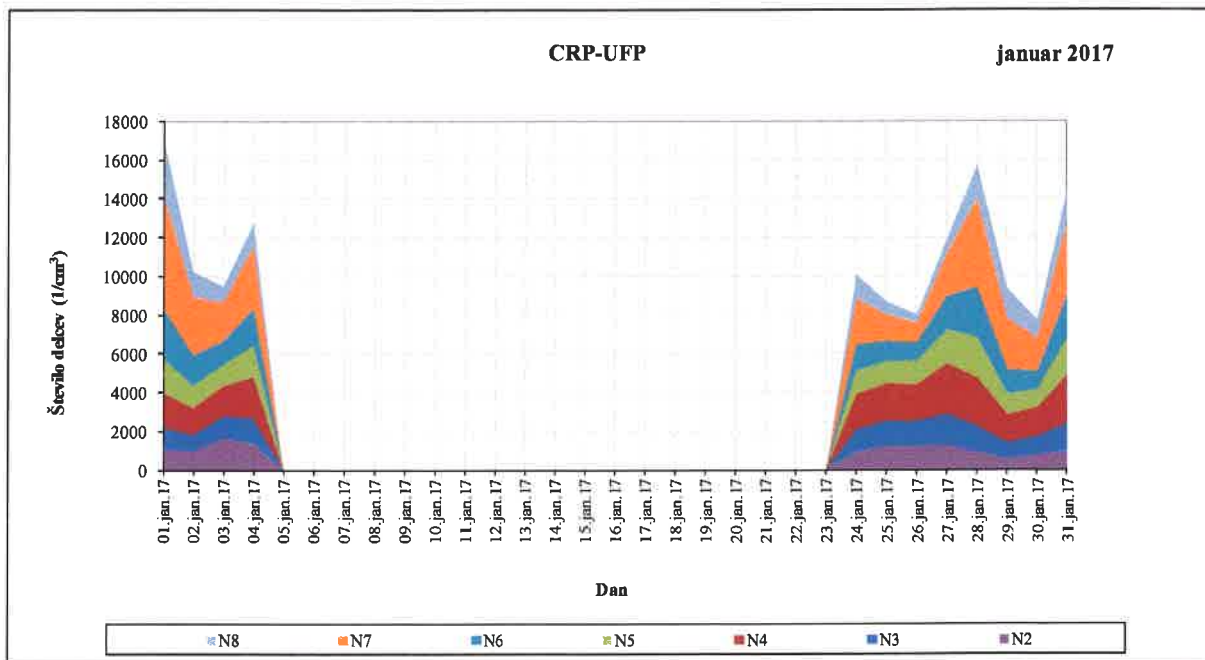
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Bezigrad)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (μg/m ³)
01.jan.17	24	1056	24	1126	24	1802	24	1753	24	2605	24	5794	24	2922	24	136
02.jan.17	24	941	24	870	24	1391	24	1175	24	1548	24	3003	24	1284	24	50
03.jan.17	24	1633	24	1161	24	1555	24	1096	24	1212	24	1952	24	860	24	30
04.jan.17	24	1347	24	1316	24	2142	24	1638	24	1900	24	3180	24	1219	24	48
05.jan.17	12		12		12		12		12		12		12		24	29
06.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	12
07.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	17
08.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	32
09.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	60
10.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	30
11.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	70
12.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	75
13.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	2
14.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	23
15.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	36
16.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		23	19
17.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	11
18.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	20
19.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	34
20.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		23	58
21.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	81
22.jan.17	0		0		0		0		0		0		0		24	75
23.jan.17	11		11		11		11		11		11		11		24	88
24.jan.17	24	898	24	1181	24	1820	24	1214	24	1331	24	2355	24	1261	24	96
25.jan.17	24	1182	24	1337	24	1912	24	1156	24	1029	24	1368	24	668	24	55
26.jan.17	24	1191	24	1308	24	1903	24	1196	24	948	24	1007	24	428	24	25
27.jan.17	24	1239	24	1625	24	2589	24	1774	24	1712	24	2166	24	804	24	43
28.jan.17	24	891	24	1344	24	2491	24	2098	24	2592	24	4513	24	1776	24	78
29.jan.17	24	547	24	852	24	1441	24	1063	24	1257	24	2614	24	1562	24	109
30.jan.17	24	723	24	982	24	1479	24	940	24	933	24	1689	24	960	24	89
31.jan.17	24	930	24	1440	24	2496	24	1926	24	2210	24	3736	24	1710	24	112
Število urnih podatkov	311		311		311		311		311		311		311		742	
Delež urnih podatkov	42%		42%		42%		42%		42%		42%		42%		100%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)	1075		1233		1944		1437		1628		2811		1291			
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)	1633		1625		2589		2098		2605		5794		2922			
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)	4238		3451		4676		3339		4699		9966		4242			



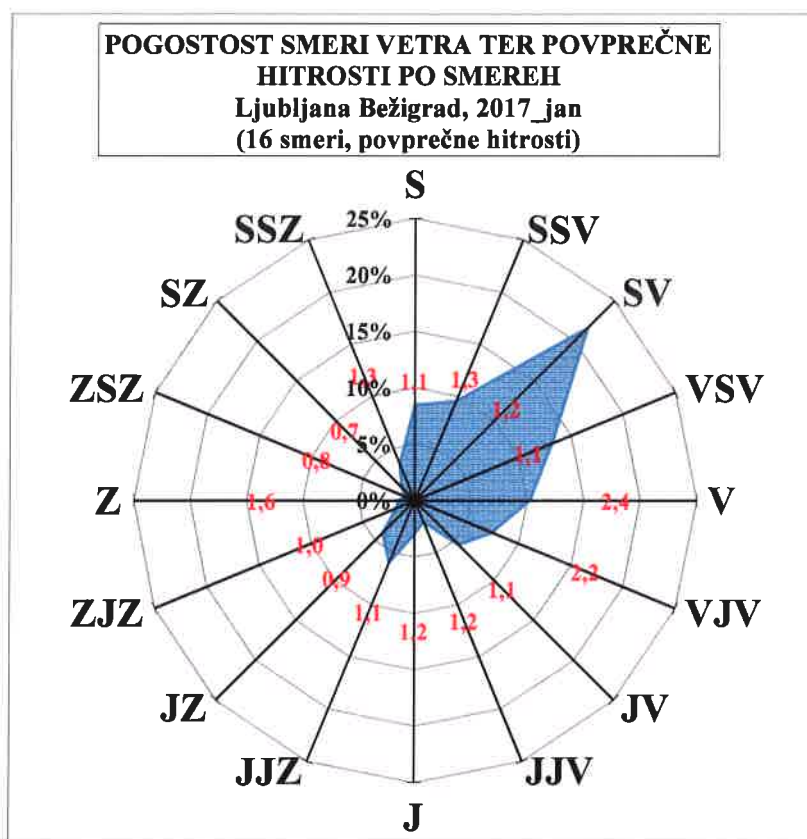
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



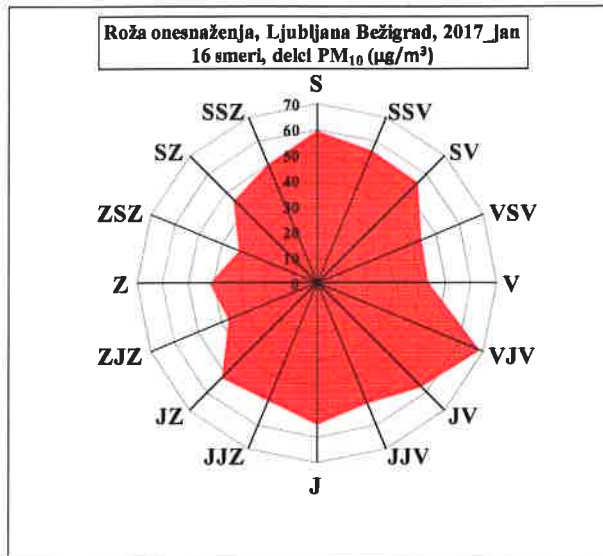
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



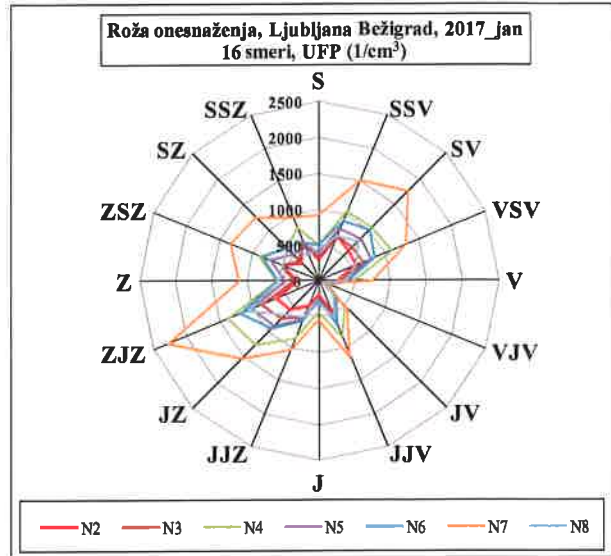
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, januar 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	8%	1,1
SSV	10%	1,3
SV	22%	1,2
VSV	13%	1,1
V	10%	2,4
VJV	7%	2,2
JV	6%	1,1
JJV	2%	1,2
J	3%	1,2
JJZ	6%	1,1
JZ	4%	0,9
ZJZ	2%	1,0
Z	1%	1,6
ZSZ	1%	0,8
SZ	2%	0,7
SSZ	3%	1,3

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

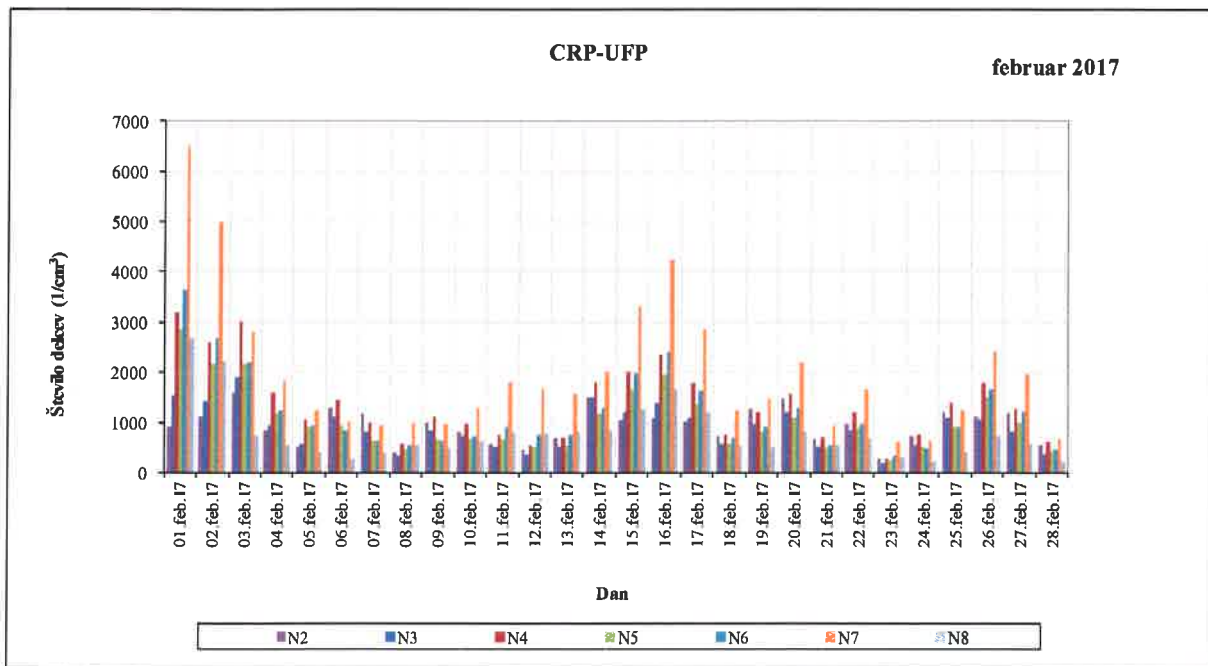
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	59	298	320	497	395	493	923	450
SSV	55	680	681	1046	783	902	1524	663
SV	55	578	663	1058	825	997	1769	792
VSV	44	557	681	1099	791	835	1308	565
V	43	250	297	481	354	397	749	372
VJV	68	94	94	137	91	80	96	46
JV	57	367	358	516	335	335	555	279
JJV	50	489	572	841	587	658	1143	563
J	54	200	285	431	269	273	549	314
JJZ	49	388	541	863	592	608	1029	553
JZ	52	560	730	1246	892	944	1537	667
ZJZ	37	648	875	1380	1012	1189	2270	1082
Z	41	302	357	594	480	570	1105	563
ZSZ	32	562	541	900	740	854	1333	549
SZ	45	347	391	632	522	655	1256	620
SSZ	50	596	589	796	528	581	946	396

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

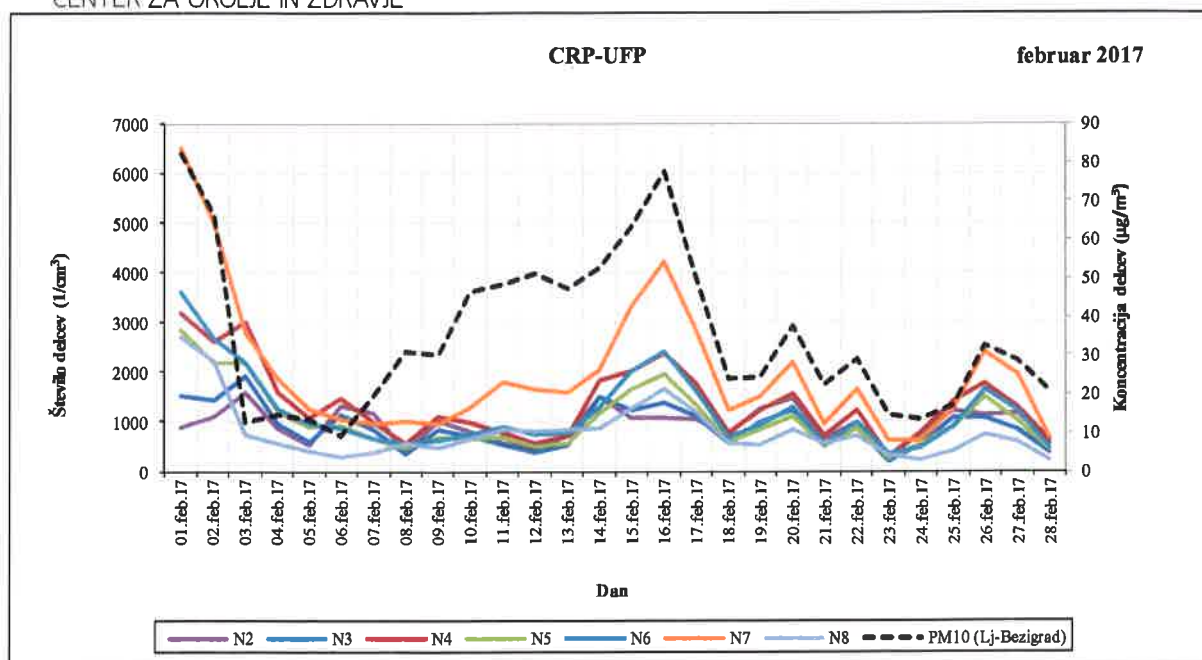


Rezultati meritev

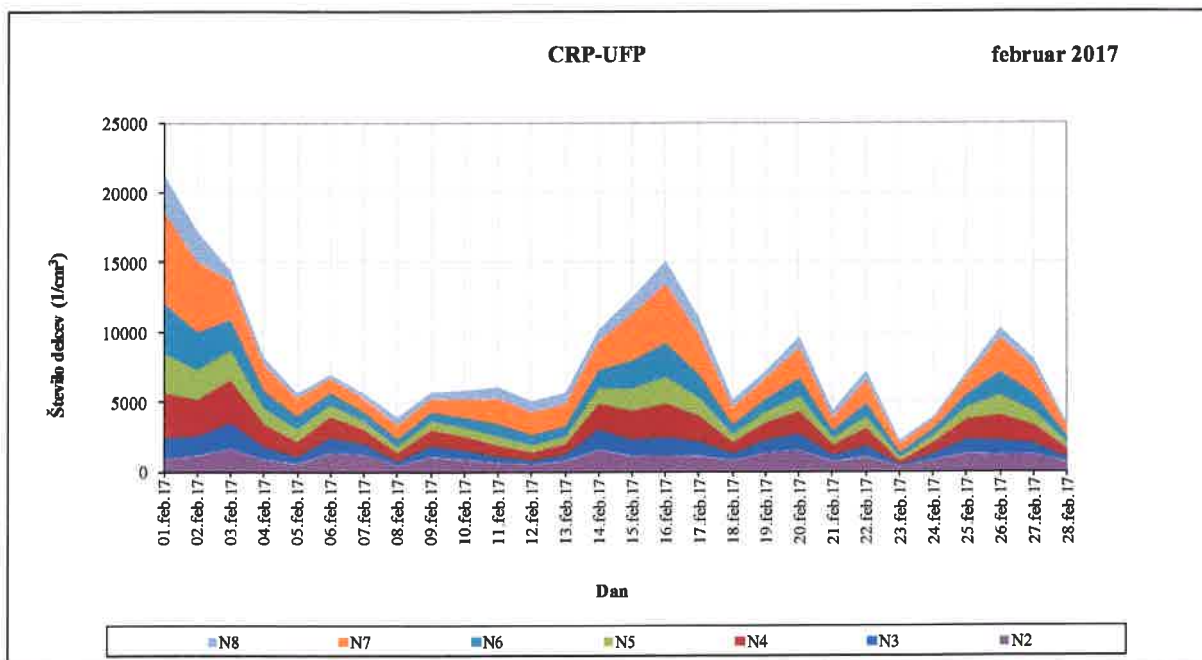
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Beograd)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (µg/m ³)
01.feb.17	24	902	24	1532	24	3184	24	2860	24	3626	24	6521	24	2692	24	82
02.feb.17	24	1118	24	1434	24	2602	24	2185	24	2678	24	4989	24	2228	24	66
03.feb.17	24	1597	24	1916	24	3018	24	2176	24	2199	24	2796	24	739	24	13
04.feb.17	24	848	24	952	24	1591	24	1181	24	1250	24	1848	24	565	24	15
05.feb.17	24	519	24	581	24	1069	24	900	24	943	24	1251	24	400	24	13
06.feb.17	24	1303	24	1119	24	1462	24	930	24	851	24	1037	24	284	24	9
07.feb.17	24	1176	24	828	24	992	24	648	24	653	24	944	24	392	24	19
08.feb.17	24	417	24	350	24	574	24	472	24	556	24	1007	24	565	24	31
09.feb.17	24	1003	24	844	24	1111	24	679	24	634	24	959	24	482	24	30
10.feb.17	24	812	24	718	24	972	24	665	24	735	24	1300	24	642	24	46
11.feb.17	24	574	24	520	24	772	24	667	24	905	24	1811	24	829	24	48
12.feb.17	24	463	24	369	24	559	24	512	24	752	24	1647	24	789	24	51
13.feb.17	24	697	24	534	24	703	24	565	24	761	24	1577	24	822	24	47
14.feb.17	24	1502	24	1508	24	1822	24	1170	24	1296	24	2033	24	864	24	53
15.feb.17	24	1066	24	1215	24	2019	24	1652	24	2004	24	3306	24	1260	24	63
16.feb.17	24	1085	24	1378	24	2365	24	1956	24	2412	24	4229	24	1650	24	78
17.feb.17	24	1042	24	1102	24	1770	24	1357	24	1619	24	2870	24	1197	16	50
18.feb.17	24	733	24	570	24	770	24	593	24	696	24	1229	24	557	24	24
19.feb.17	24	1264	24	969	24	1222	24	831	24	920	24	1483	24	532	24	24
20.feb.17	24	1471	24	1226	24	1568	24	1106	24	1291	24	2195	24	817	24	38
21.feb.17	24	663	24	509	24	704	24	490	24	544	24	940	24	561	24	22
22.feb.17	24	973	24	860	24	1212	24	868	24	969	24	1650	24	706	24	29
23.feb.17	24	278	24	186	24	280	24	257	24	344	24	620	24	307	24	15
24.feb.17	24	736	24	545	24	762	24	525	24	482	24	635	24	230	24	13
25.feb.17	24	1227	24	1077	24	1405	24	907	24	899	24	1254	24	404	24	17
26.feb.17	24	1126	24	1075	24	1779	24	1499	24	1660	24	2416	24	744	24	32
27.feb.17	24	1170	24	829	24	1272	24	1003	24	1224	24	1955	24	591	24	29
28.feb.17	24	560	24	387	24	613	24	442	24	457	24	673	24	232	24	21
Število urnih podatkov	672		672		672		672		672		672		672		664	
Delež urnih podatkov	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		99%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)	849		811		1231		938		1076		1780		712			
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)	1597		1916		3184		2860		3626		6521		2692			
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)	3628		3956		6867		5159		5582		9609		4139			



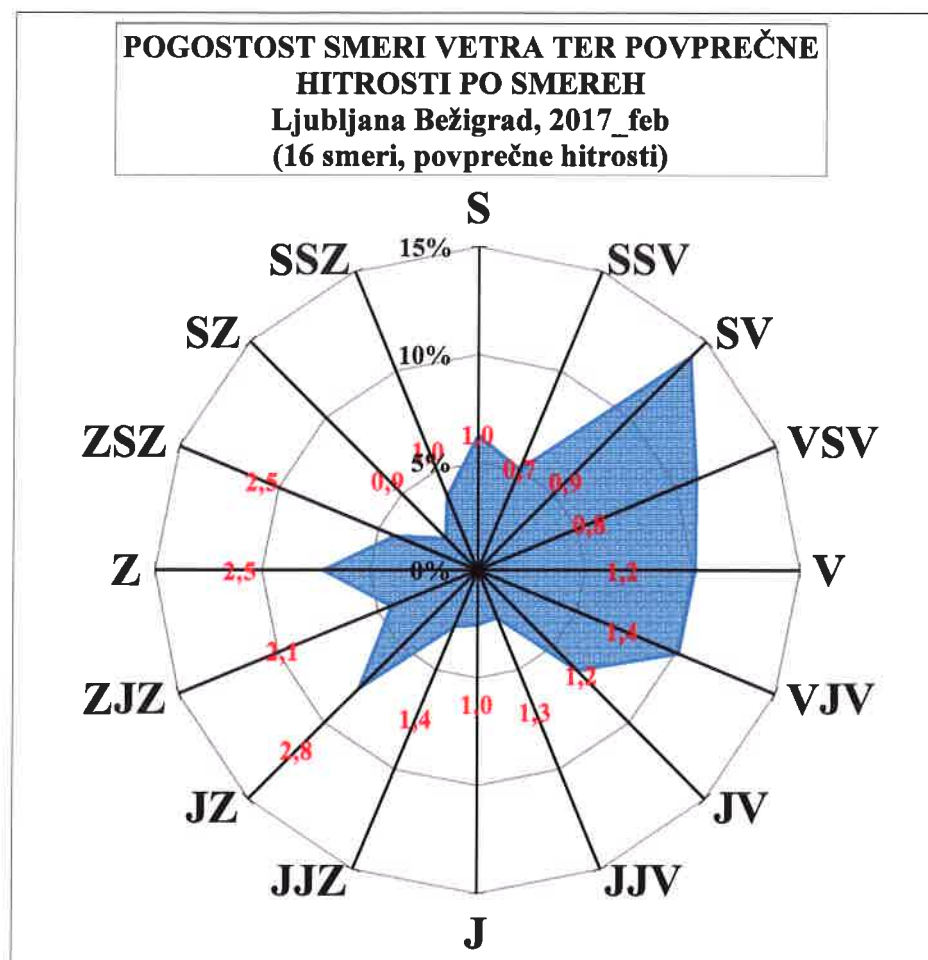
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



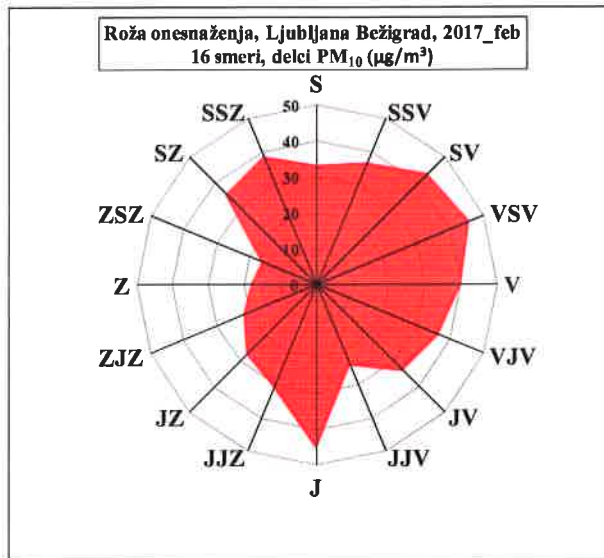
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



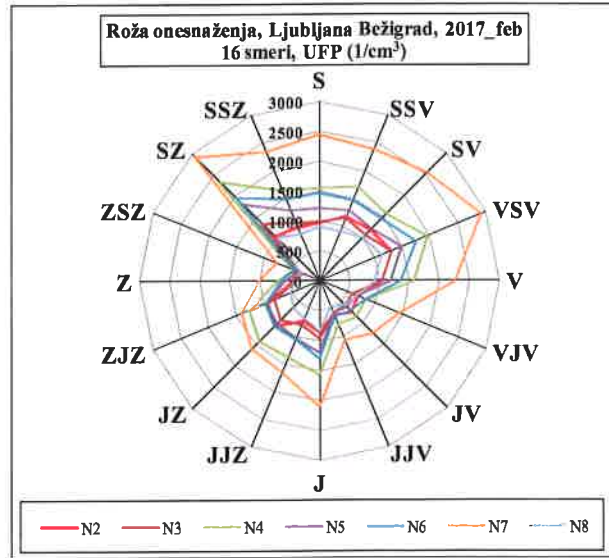
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, februar 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	6%	1,0
SSV	5%	0,7
SV	14%	0,9
VSV	11%	0,8
V	10%	1,2
VJV	10%	1,4
JV	7%	1,2
JJV	2%	1,3
J	3%	1,0
JJZ	3%	1,4
JZ	8%	2,8
ZJZ	4%	2,1
Z	7%	2,5
ZSZ	4%	2,5
SZ	2%	0,9
SSZ	4%	1,0

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

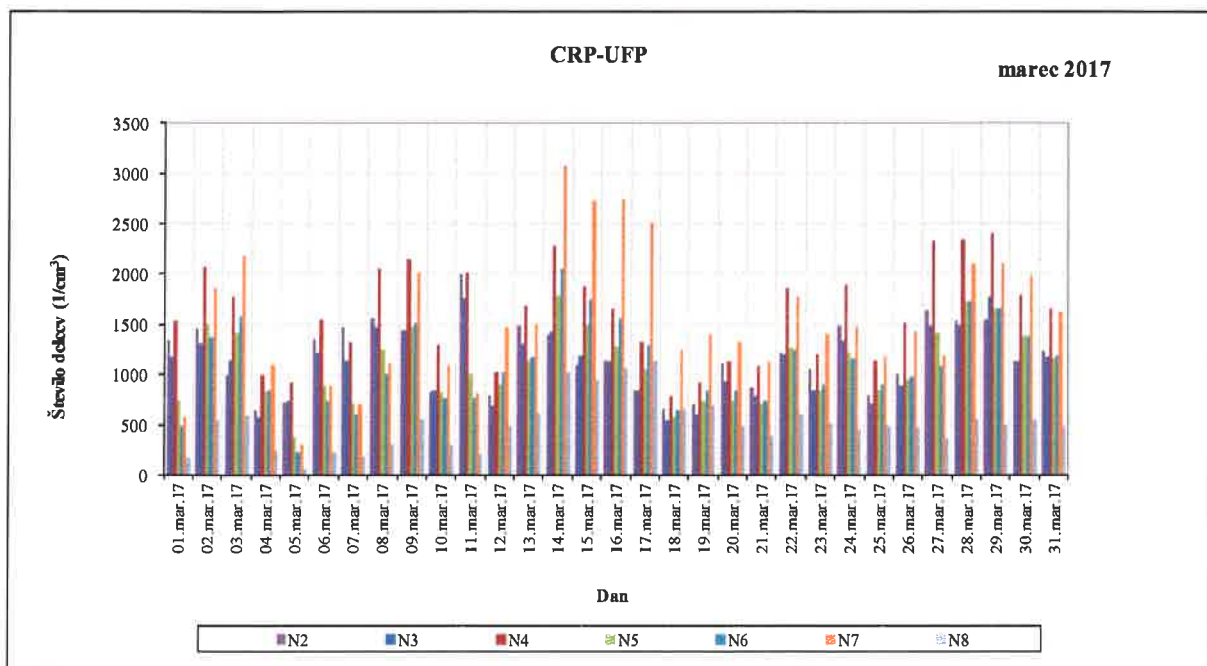
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	33	979	1001	1558	1231	1484	2454	914
SSV	36	1158	1153	1700	1275	1470	2394	899
SV	43	1196	1097	1590	1218	1459	2544	1033
VSV	46	1295	1301	1953	1492	1743	2915	1122
V	40	1045	1034	1576	1183	1349	2256	910
VJV	36	688	573	820	651	802	1448	671
JV	33	735	593	849	627	704	1240	576
JJV	24	604	562	781	565	643	1058	457
J	45	856	960	1574	1194	1296	2109	840
JJZ	30	719	794	1385	1050	1059	1660	679
JZ	27	1059	925	1430	1017	1057	1597	626
ZJZ	22	937	824	1278	950	980	1397	525
Z	18	442	417	717	580	656	1021	423
ZSZ	16	447	329	478	391	465	778	352
SZ	35	1065	1363	2351	1823	1957	2932	1018
SSZ	38	964	1062	1636	1278	1484	2347	850

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

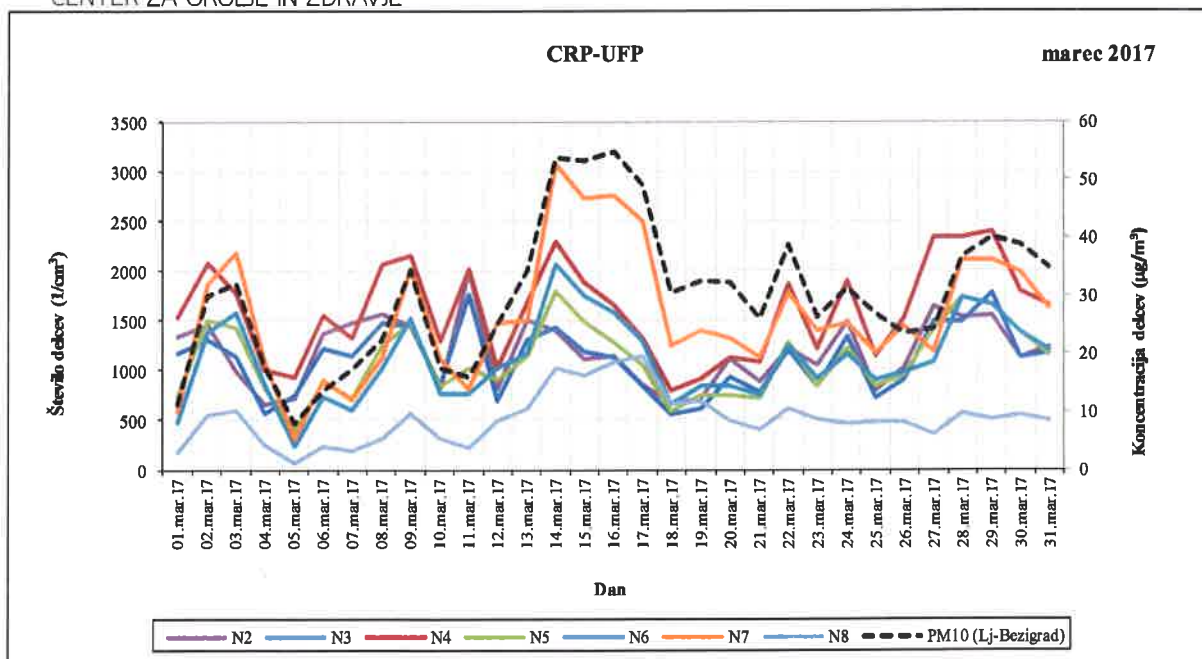


Rezultati meritev

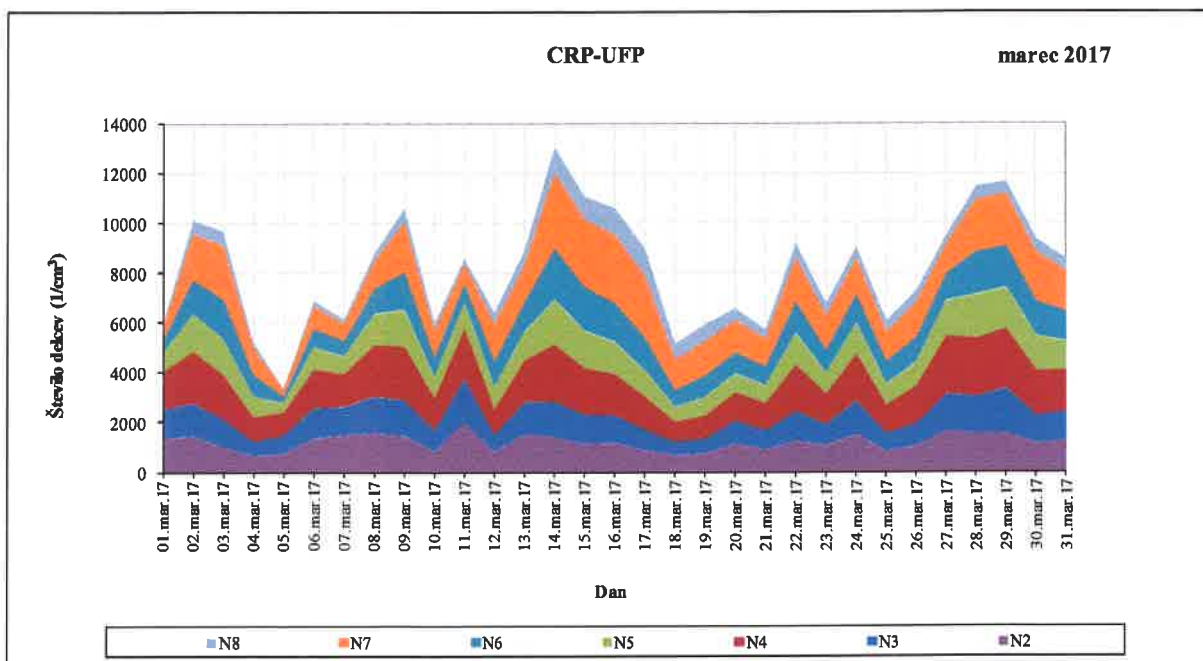
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Beograd)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (µg/m ³)
01.mar.17	24	1344	24	1175	24	1531	24	748	24	481	24	576	24	174	24	11
02.mar.17	23	1459	23	1310	23	2081	23	1501	23	1376	23	1862	23	546	24	30
03.mar.17	24	997	24	1143	24	1782	24	1423	24	1585	24	2178	24	594	24	32
04.mar.17	24	653	24	572	24	999	24	829	24	853	24	1095	24	243	24	18
05.mar.17	24	721	24	748	24	924	24	378	24	235	24	308	24	67	24	8
06.mar.17	24	1360	24	1219	24	1552	24	890	24	735	24	898	24	232	24	14
07.mar.17	24	1471	24	1141	24	1323	24	710	24	600	24	706	24	192	24	17
08.mar.17	24	1564	24	1477	24	2060	24	1244	24	1015	24	1119	24	314	24	22
09.mar.17	24	1443	24	1450	24	2151	24	1478	24	1513	24	2015	24	568	24	34
10.mar.17	24	829	24	847	24	1294	24	838	24	769	24	1105	24	303	24	18
11.mar.17	24	2000	24	1766	24	2018	24	1014	24	767	24	813	24	212	24	16
12.mar.17	24	802	24	691	24	1024	24	899	24	1023	24	1479	24	493	24	25
13.mar.17	24	1496	24	1313	24	1680	24	1143	24	1176	24	1509	24	619	24	34
14.mar.17	24	1401	24	1427	24	2288	24	1796	24	2063	24	3073	24	1020	24	54
15.mar.17	23	1108	23	1186	23	1875	23	1489	23	1746	23	2732	23	946	24	53
16.mar.17	24	1146	24	1125	24	1652	24	1283	24	1572	24	2755	24	1074	20	54
17.mar.17	24	850	24	844	24	1324	24	1051	24	1296	24	2506	24	1144	24	51
18.mar.17	24	659	24	547	24	791	24	583	24	658	24	1251	24	659	24	30
19.mar.17	24	716	24	607	24	915	24	742	24	844	24	1398	24	694	24	33
20.mar.17	24	1111	24	929	24	1133	24	744	24	842	24	1323	24	488	24	32
21.mar.17	24	877	24	779	24	1085	24	715	24	741	24	1127	24	394	24	26
22.mar.17	24	1218	24	1200	24	1866	24	1272	24	1251	24	1782	24	611	24	38
23.mar.17	24	1049	24	844	24	1210	24	843	24	909	24	1400	24	509	24	27
24.mar.17	24	1489	24	1344	24	1897	24	1216	24	1162	24	1479	24	456	24	31
25.mar.17	24	799	24	717	24	1139	24	844	24	905	24	1177	24	479	24	26
26.mar.17	24	1015	24	897	24	1522	24	946	24	982	24	1437	24	476	24	24
27.mar.17	24	1638	24	1484	24	2330	24	1412	24	1083	24	1191	24	360	24	23
28.mar.17	24	1533	24	1488	24	2341	24	1727	24	1731	24	2108	24	562	24	36
29.mar.17	24	1556	24	1776	24	2401	24	1660	24	1655	24	2107	24	507	24	40
30.mar.17	24	1125	24	1127	24	1795	24	1388	24	1383	24	1989	24	552	24	39
31.mar.17	24	1232	24	1170	24	1658	24	1163	24	1197	24	1627	24	492	24	35
Število urnih podatkov	742		742		742		742		742		742		742		740	
Delež urnih podatkov	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		99%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)	1182		1107		1600		1095		1100		1550		515			
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)	2000		1776		2401		1796		2063		3073		1144			
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)	5973		4251		5319		3923		3589		5578		2350			



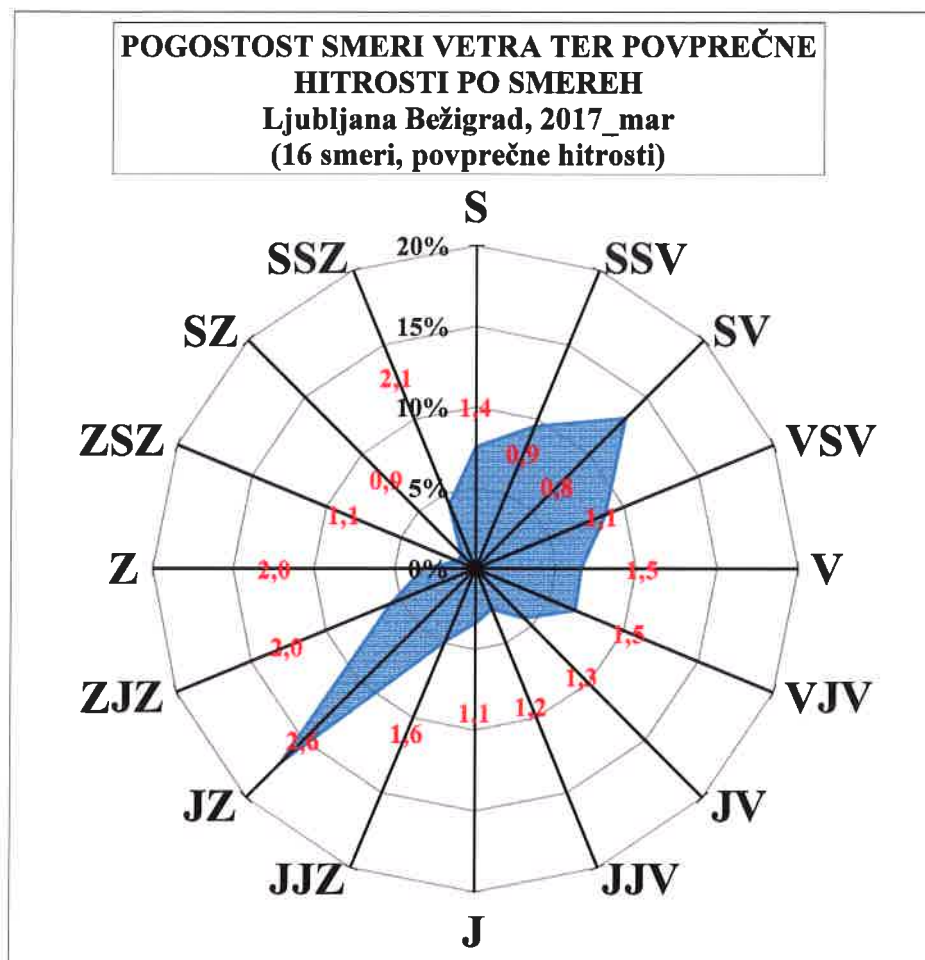
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



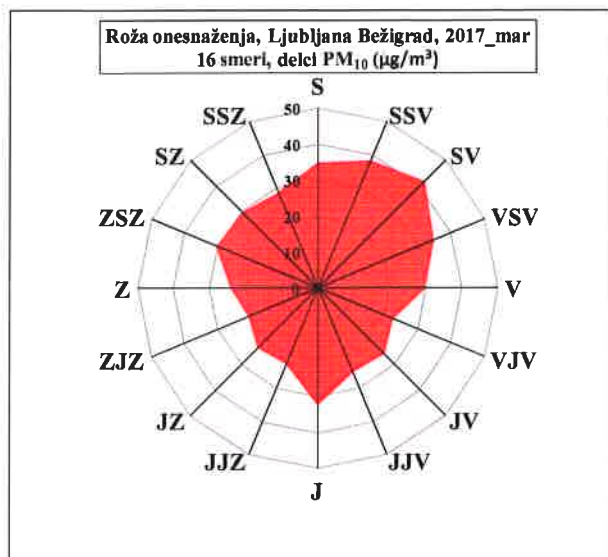
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



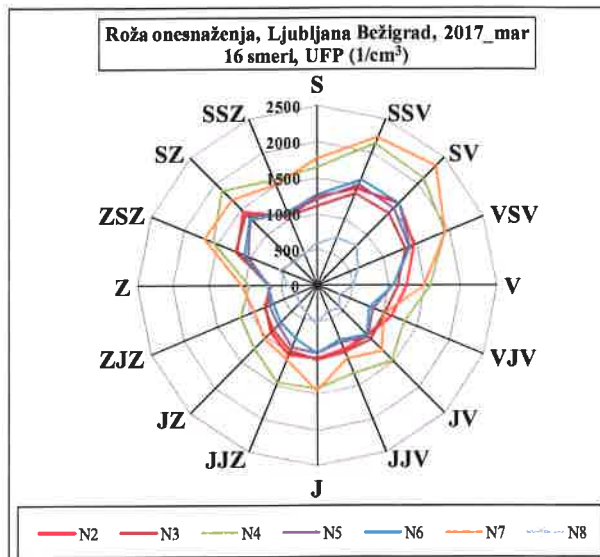
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, marec 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	8%	1,4
SSV	10%	0,9
SV	13%	0,8
VSV	9%	1,1
V	7%	1,5
VJV	7%	1,5
JV	4%	1,3
JJV	3%	1,2
J	3%	1,1
JJZ	5%	1,6
JZ	17%	2,6
ZJZ	6%	2,0
Z	3%	2,0
ZSZ	1%	1,1
SZ	1%	0,9
SSZ	4%	2,1

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

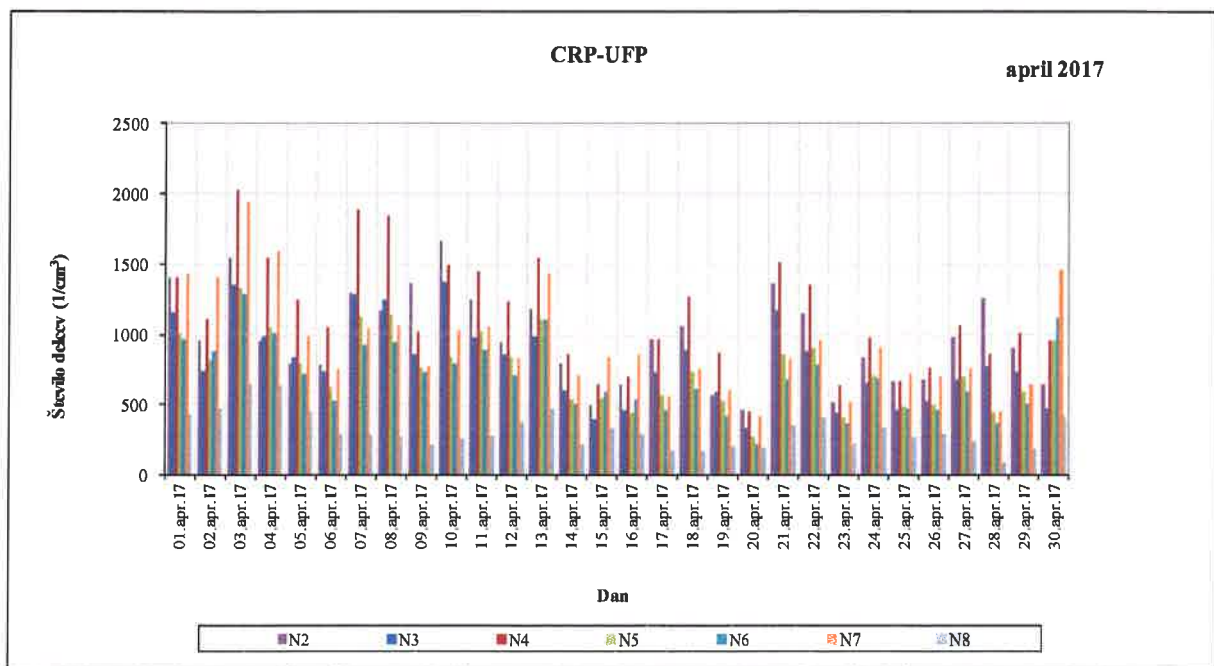
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	34	1227	1110	1645	1195	1261	1768	585
SSV	38	1452	1393	2132	1521	1601	2229	721
SV	41	1602	1425	2099	1518	1613	2344	777
VSV	34	1469	1335	1939	1381	1409	1938	617
V	29	1248	1116	1582	1051	1050	1481	494
VJV	22	1116	1010	1317	845	778	1020	339
JV	26	980	1049	1478	1003	974	1281	442
JJV	25	970	1001	1324	857	818	1099	386
J	32	1013	1029	1432	943	935	1453	531
JJZ	22	1044	977	1453	920	794	1106	400
JZ	23	921	859	1227	773	724	1045	352
ZJZ	20	779	801	1143	718	666	934	311
Z	24	664	653	946	662	674	1036	387
ZSZ	30	1196	1225	1564	1036	1087	1698	573
SZ	29	1453	1404	1869	1297	1319	1677	455
SSZ	28	1054	1044	1584	1085	1111	1520	480

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

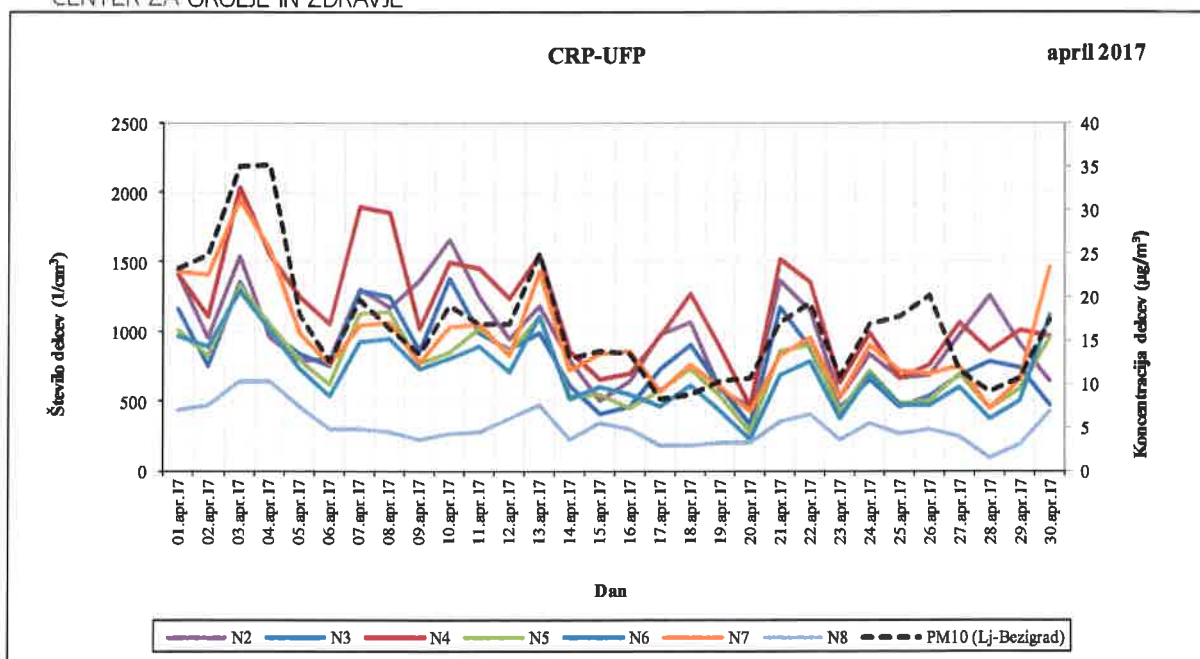


Rezultati meritev

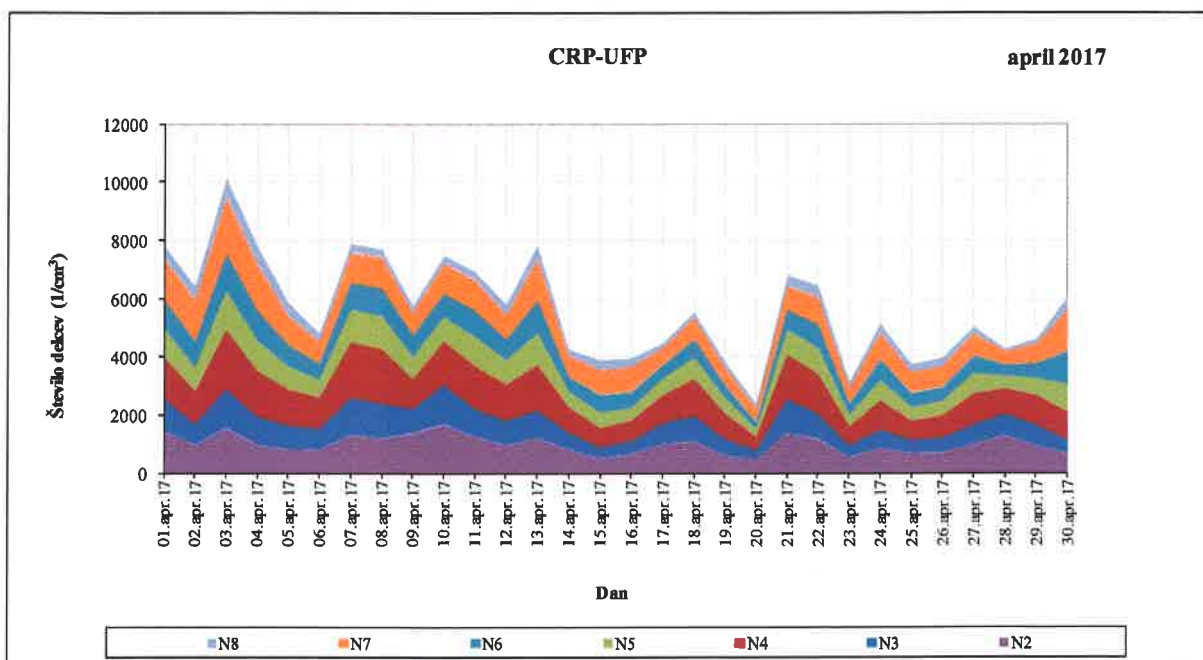
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Bezigrad)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (ug/m ³)
01.apr.17	24	1411	24	1162	24	1403	24	1008	24	967	24	1431	24	433	24	23
02.apr.17	24	958	24	746	24	1111	24	821	24	886	24	1412	24	472	24	25
03.apr.17	24	1541	24	1350	24	2030	24	1335	24	1293	24	1944	24	642	24	35
04.apr.17	24	957	24	993	24	1550	24	1054	24	1009	24	1593	24	639	24	35
05.apr.17	24	794	24	836	24	1249	24	796	24	724	24	990	24	457	24	18
06.apr.17	24	788	24	747	24	1054	24	624	24	534	24	756	24	292	24	13
07.apr.17	24	1296	24	1292	24	1892	24	1125	24	926	24	1042	24	292	24	20
08.apr.17	24	1168	24	1242	24	1846	24	1135	24	948	24	1051	24	276	24	16
09.apr.17	24	1363	24	860	24	1017	24	768	24	732	24	770	24	222	24	13
10.apr.17	24	1661	24	1376	24	1490	24	844	24	800	24	1029	24	262	24	19
11.apr.17	24	1244	24	983	24	1453	24	1018	24	892	24	1051	24	278	24	17
12.apr.17	24	942	24	863	24	1239	24	844	24	711	24	826	24	374	24	17
13.apr.17	24	1180	24	988	24	1547	24	1102	24	1107	24	1430	24	470	24	25
14.apr.17	24	797	24	609	24	860	24	535	24	508	24	714	24	221	24	13
15.apr.17	24	497	24	400	24	648	24	548	24	597	24	838	24	337	24	14
16.apr.17	24	642	24	461	24	696	24	444	24	542	24	857	24	295	24	13
17.apr.17	24	973	24	734	24	963	24	572	24	463	24	566	24	174	24	8
18.apr.17	24	1068	24	898	24	1263	24	733	24	610	24	757	24	180	24	9
19.apr.17	24	573	24	595	24	876	24	534	24	425	24	604	24	205	24	10
20.apr.17	23	460	23	333	23	457	23	272	23	220	23	427	23	199	24	11
21.apr.17	24	1360	24	1176	24	1515	24	859	24	682	24	828	24	356	24	17
22.apr.17	24	1154	24	884	24	1356	24	903	24	782	24	953	24	410	24	19
23.apr.17	24	523	24	444	24	633	24	413	24	372	24	522	24	223	24	11
24.apr.17	24	841	24	655	24	982	24	713	24	690	24	903	24	339	24	17
25.apr.17	24	663	24	461	24	667	24	482	24	471	24	717	24	267	24	18
26.apr.17	24	682	24	531	24	761	24	500	24	468	24	700	24	292	24	20
27.apr.17	22	980	22	683	22	1063	22	697	22	594	22	752	22	244	24	11
28.apr.17	24	1257	24	778	24	856	24	446	24	374	24	451	24	95	24	9
29.apr.17	24	908	24	737	24	1014	24	593	24	505	24	651	24	188	24	11
30.apr.17	24	642	24	474	24	962	24	959	24	1118	24	1459	24	427	24	17
Število urnih podatkov	717		717		717		717		717		717		717		744	
Delež urnih podatkov	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		103%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)		947		784		1112		732		677		905		309		
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)		1661		1376		2030		1335		1293		1944		642		
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)		4745		3577		4597		3908		4708		4725		1126		



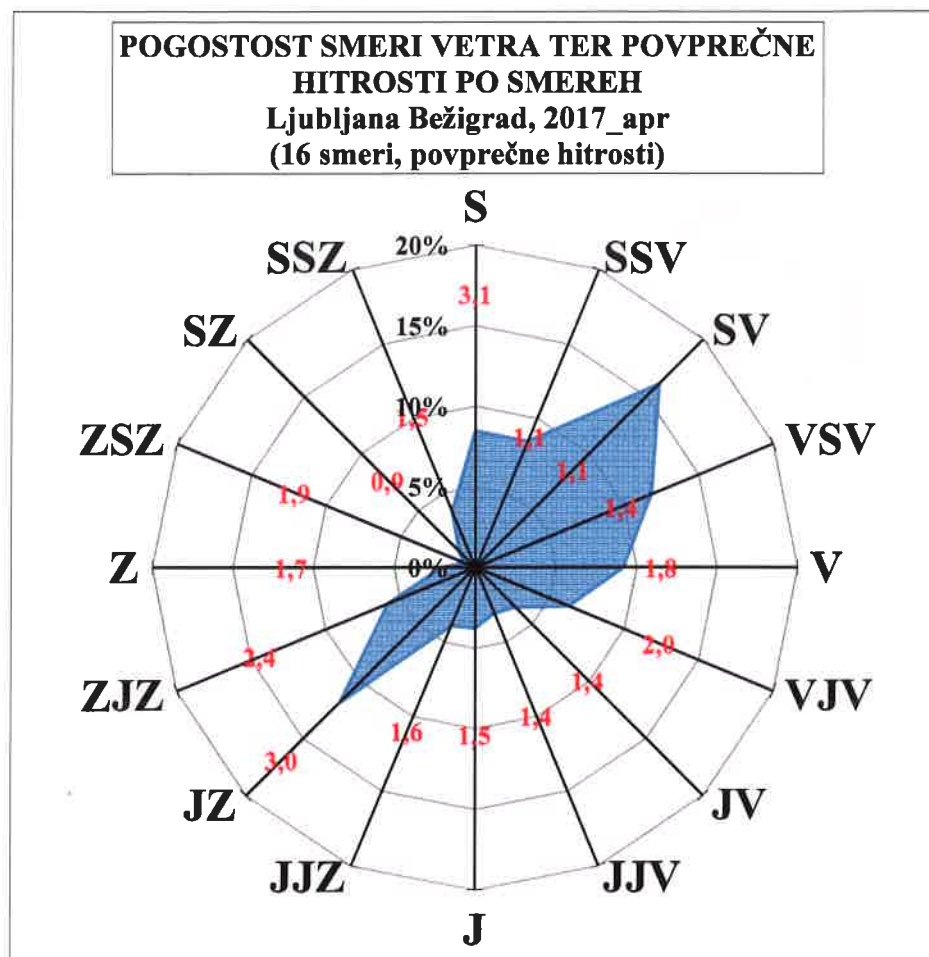
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



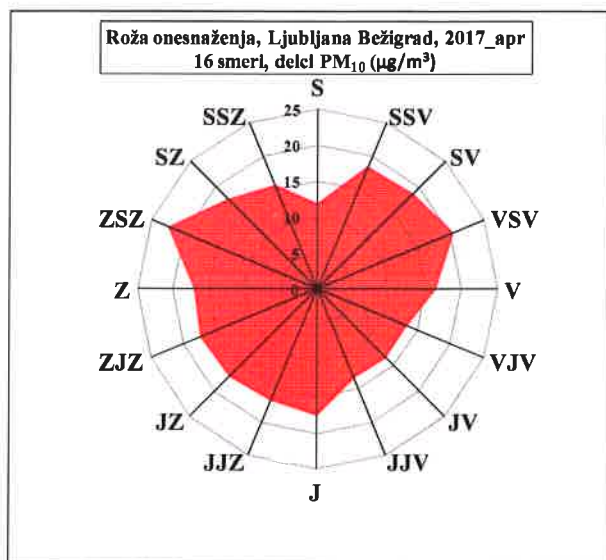
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



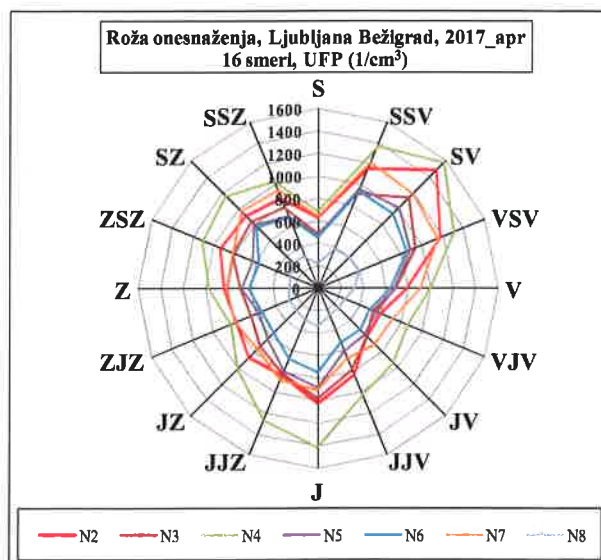
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, april 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	8%	3,1
SSV	8%	1,1
SV	16%	1,1
VSV	12%	1,4
V	9%	1,8
VJV	6%	2,0
JV	3%	1,4
JJV	3%	1,4
J	4%	1,5
JJZ	4%	1,6
JZ	12%	3,0
ZJZ	6%	2,4
Z	2%	1,7
ZSZ	1%	1,9
SZ	1%	0,9
SSZ	4%	1,5

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

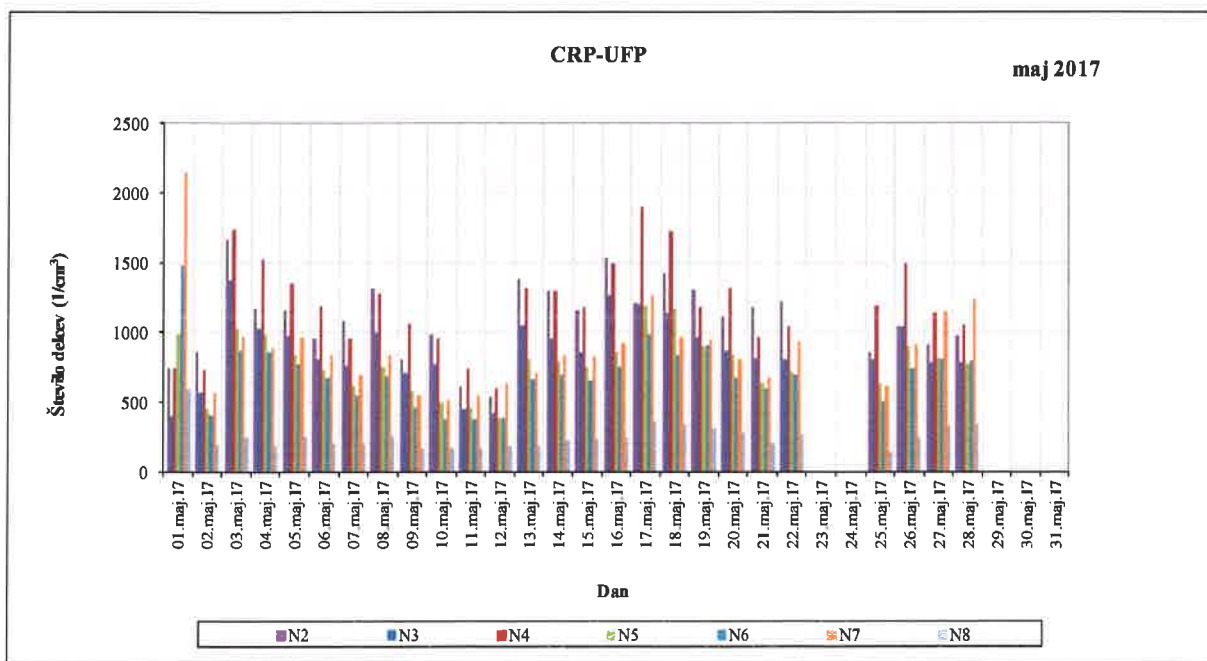
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	12	625	482	688	475	453	641	223
SSV	18	1155	908	1373	964	937	1211	379
SV	19	1493	1148	1586	1018	935	1191	388
VSV	20	1180	935	1306	892	852	1147	392
V	16	785	681	994	675	641	908	316
VJV	13	595	532	860	560	496	714	255
JV	13	615	609	946	585	527	710	253
JJV	13	829	781	1025	602	522	673	259
J	17	1029	981	1407	882	747	898	331
JJZ	17	835	824	1260	800	679	877	305
JZ	17	866	731	1004	626	545	757	275
ZJZ	17	780	643	835	564	538	792	277
Z	17	831	687	964	682	617	812	257
ZSZ	22	935	816	1107	632	562	817	265
SZ	17	911	841	1163	804	765	965	317
SSZ	15	863	778	1032	693	687	942	312

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

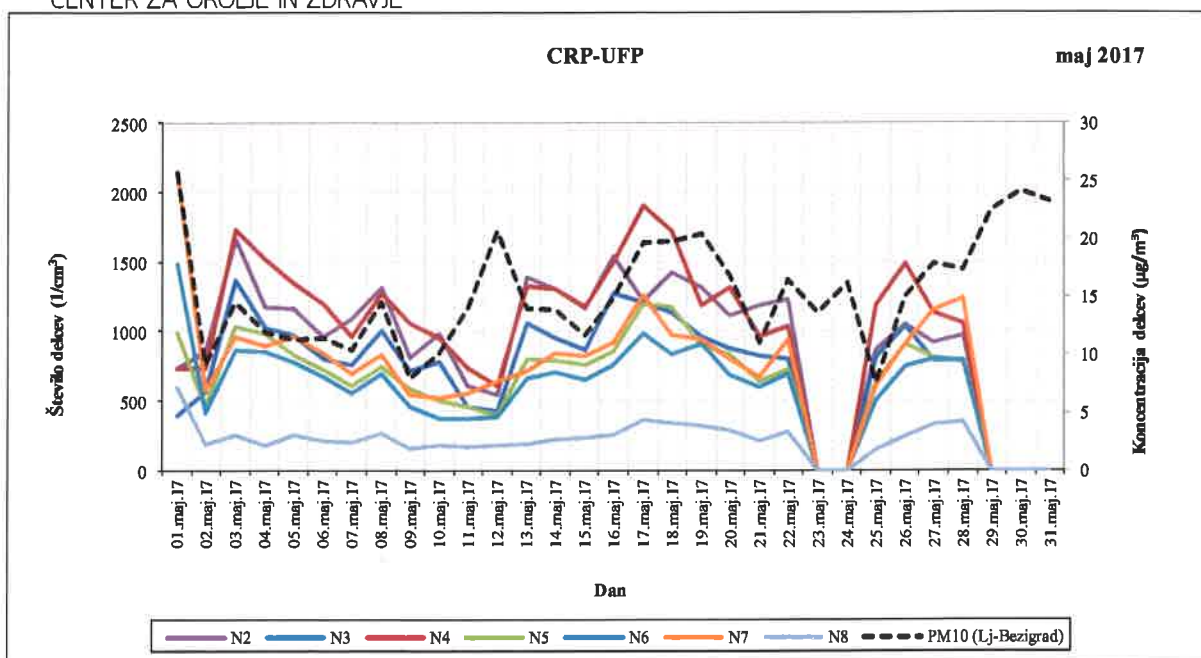


Rezultati meritev

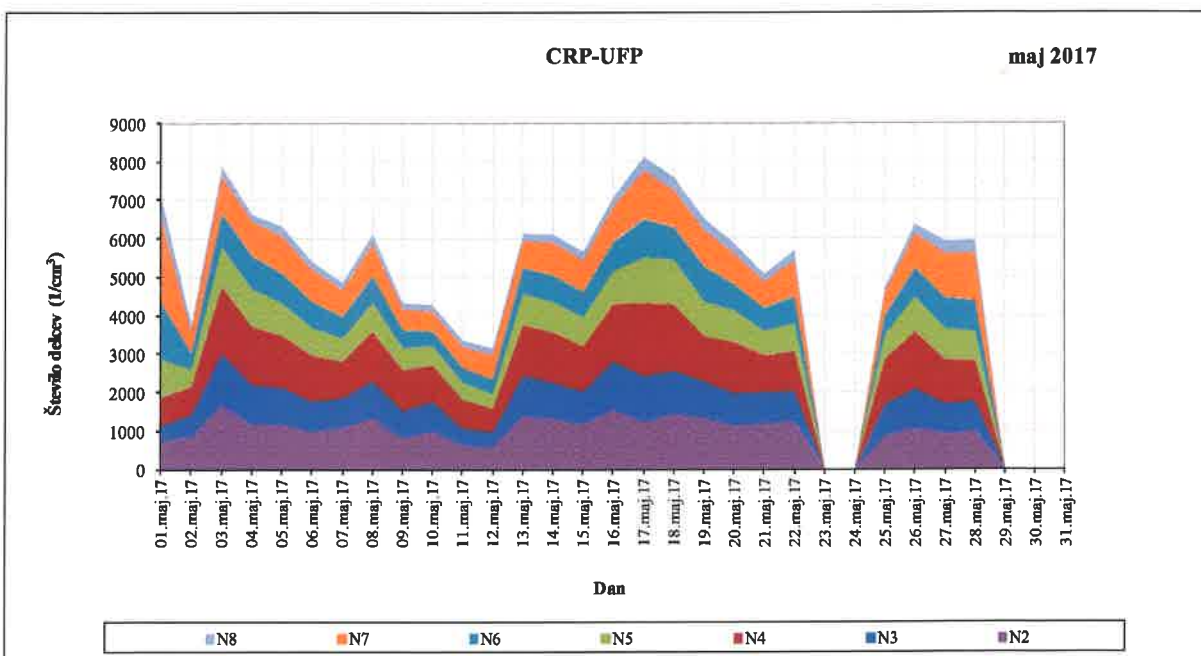
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Bezigrad)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (µg/m ³)
01.maj.17	24	738	24	394	24	739	24	989	24	1479	24	2143	24	593	24	26
02.maj.17	24	853	24	564	24	733	24	455	24	412	24	574	24	192	24	9
03.maj.17	24	1661	24	1369	24	1732	24	1034	24	865	24	963	24	253	24	14
04.maj.17	24	1172	24	1025	24	1520	24	983	24	853	24	895	24	182	24	12
05.maj.17	24	1160	24	972	24	1350	24	836	24	774	24	964	24	255	24	11
06.maj.17	24	959	24	800	24	1193	24	726	24	674	24	837	24	210	24	11
07.maj.17	24	1088	24	758	24	955	24	609	24	552	24	696	24	205	24	10
08.maj.17	24	1313	24	997	24	1275	24	748	24	688	24	833	24	264	24	14
09.maj.17	24	807	24	713	24	1057	24	580	24	460	24	543	24	161	24	8
10.maj.17	24	986	24	776	24	953	24	498	24	372	24	516	24	178	24	10
11.maj.17	24	610	24	455	24	735	24	460	24	376	24	548	24	169	24	14
12.maj.17	22	540	22	421	22	605	22	387	22	382	22	637	22	180	24	21
13.maj.17	24	1388	24	1053	24	1322	24	804	24	664	24	712	24	185	24	14
14.maj.17	18	1301	18	954	18	1301	18	789	18	699	18	839	18	225	24	14
15.maj.17	19	1159	19	858	19	1179	19	753	19	653	19	825	19	232	24	12
16.maj.17	24	1536	24	1267	24	1495	24	854	24	755	24	922	24	250	24	15
17.maj.17	24	1214	24	1205	24	1900	24	1195	24	985	24	1265	24	365	24	20
18.maj.17	24	1424	24	1132	24	1721	24	1172	24	833	24	970	24	341	24	20
19.maj.17	24	1313	24	964	24	1181	24	896	24	909	24	941	24	313	24	20
20.maj.17	24	1112	24	869	24	1314	24	832	24	679	24	803	24	280	24	17
21.maj.17	24	1180	24	818	24	960	24	636	24	597	24	675	24	206	24	11
22.maj.17	24	1225	24	803	24	1038	24	720	24	694	24	938	24	273	24	16
23.maj.17	15		15		15		15		15		15		15		24	14
24.maj.17	9		9		9		9		9		9		9		24	16
25.maj.17	24	859	24	808	24	1185	24	629	24	500	24	607	24	145	24	8
26.maj.17	24	1045	24	1036	24	1489	24	901	24	743	24	910	24	248	24	15
27.maj.17	24	913	24	785	24	1132	24	812	24	803	24	1150	24	333	24	18
28.maj.17	24	975	24	785	24	1051	24	775	24	789	24	1235	24	348	24	17
29.maj.17	13		13		13		13		13		13		13		24	22
30.maj.17	2		2		2		2		2		2		2		24	24
31.maj.17	10		10		10		10		10		10		10		24	23
Število urnih podatkov	660		660		660		660		660		660		660		744	
Delež urnih podatkov	92%		92%		92%		92%		92%		92%		92%		103%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)	1113		878		1210		785		710		896		258			
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)	1661		1369		1900		1195		1479		2143		593			
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)	5973		2889		6681		6152		4000		4846		1176			



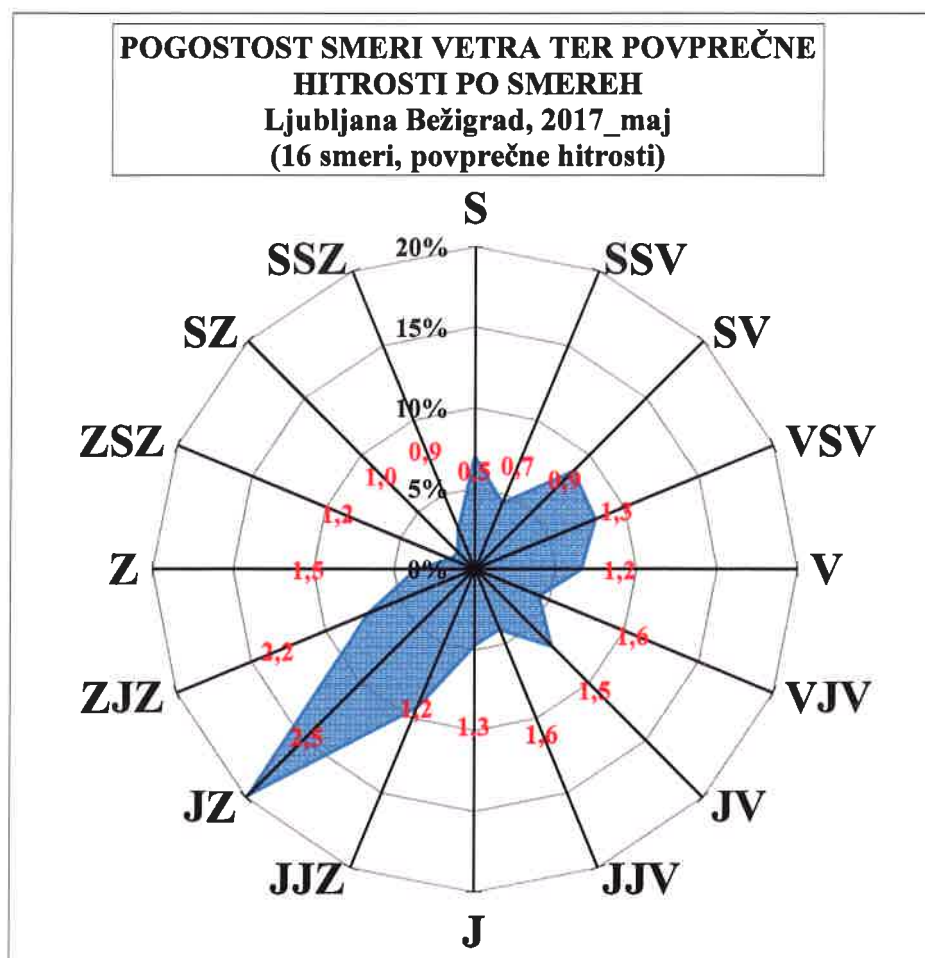
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



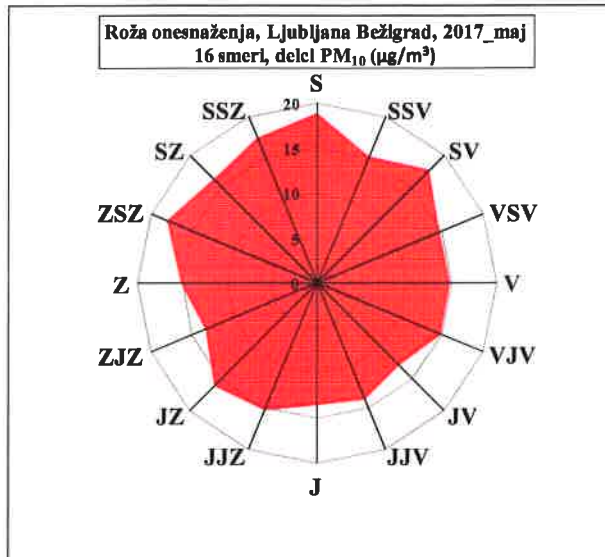
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



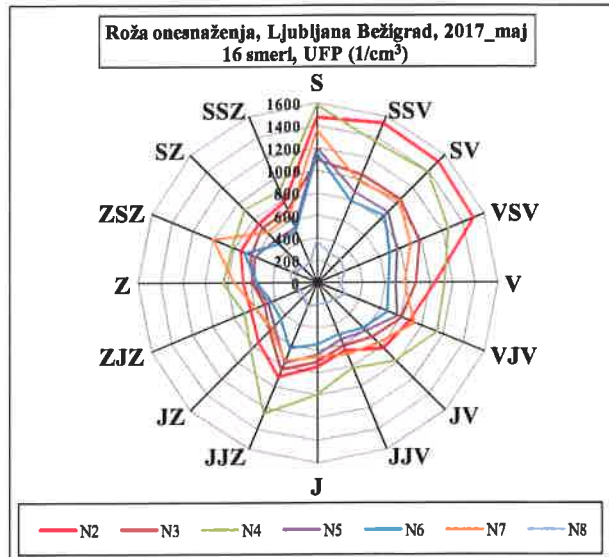
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, maj 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	7%	0,5
SSV	4%	0,7
SV	9%	0,9
VSV	8%	1,3
V	7%	1,2
VJV	4%	1,6
JV	7%	1,5
JJV	4%	1,6
J	5%	1,3
JJZ	9%	1,2
JZ	20%	2,5
ZJZ	7%	2,2
Z	4%	1,5
ZSZ	2%	1,2
SZ	1%	1,0
SSZ	3%	0,9

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

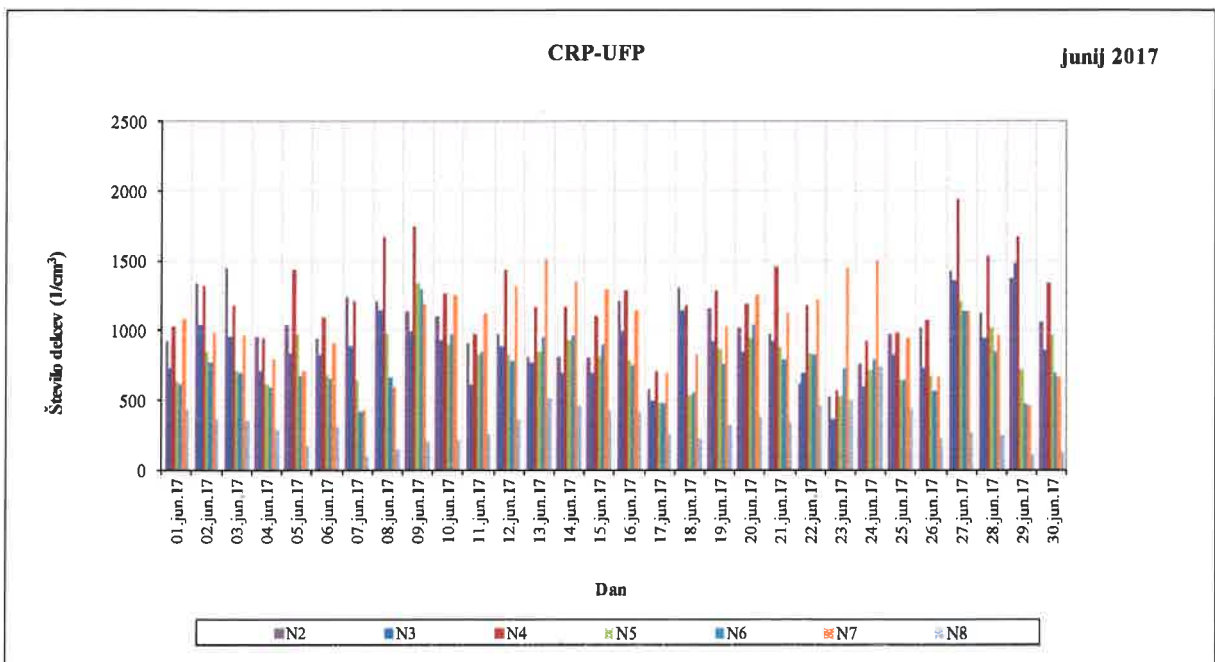
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	19	1473	1097	1589	1204	1157	1366	375
SSV	15	1533	1044	1352	872	785	975	286
SV	18	1521	1046	1401	897	851	1026	303
VSV	15	1501	986	1258	765	701	903	265
V	15	1038	875	1128	697	633	771	212
VJV	15	882	809	1146	772	676	931	265
JV	13	826	685	969	607	561	758	206
JJV	14	647	605	815	545	494	687	192
J	13	743	705	993	636	544	661	193
JJZ	15	903	838	1248	770	630	746	228
JZ	16	734	592	837	537	457	574	167
ZJZ	13	640	502	696	466	431	590	171
Z	15	661	585	840	557	535	733	216
ZSZ	18	739	637	823	608	697	1001	265
SZ	16	739	687	921	538	487	636	190
SSZ	17	774	695	883	530	501	652	187

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

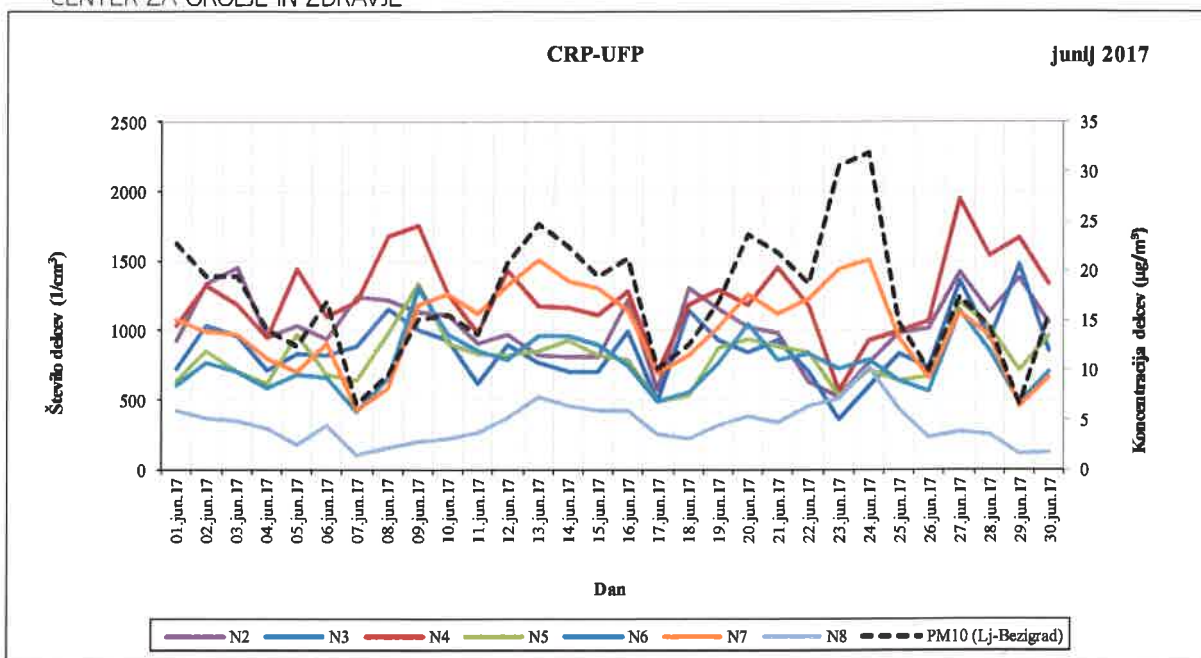


Rezultati meritev

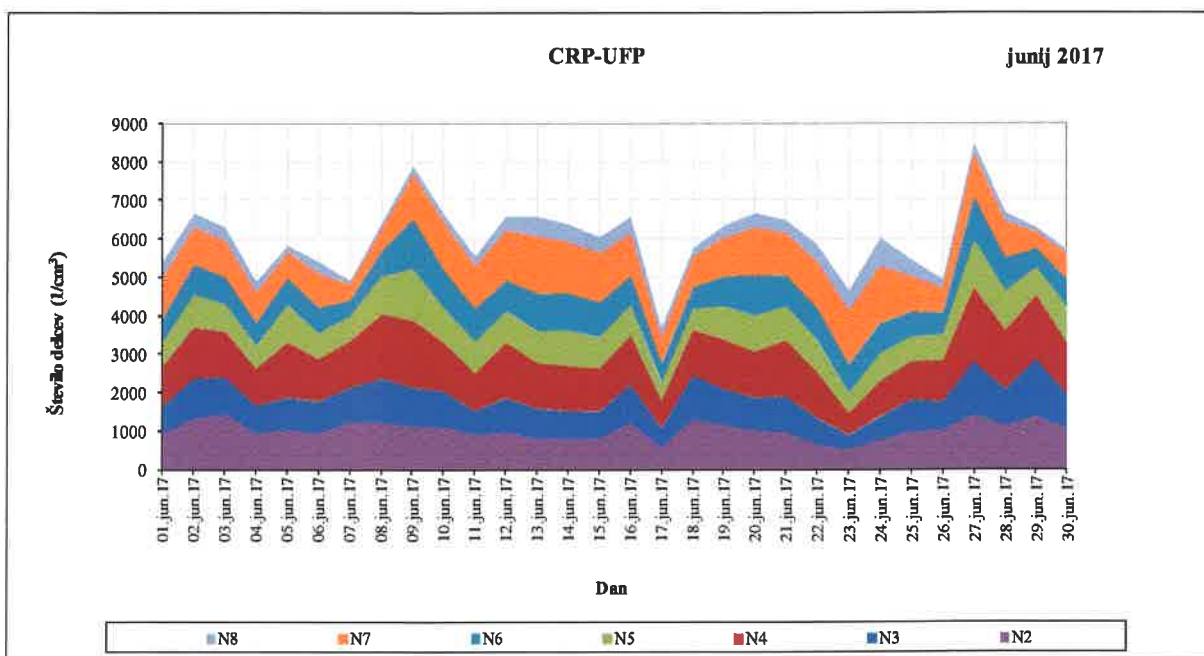
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Bezigrad)	
	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)
01.jun.17	24	924	24	725	24	1032	24	635	24	609	24	1078	24	427	24	23
02.jun.17	24	1336	24	1037	24	1323	24	852	24	770	24	991	24	366	24	19
03.jun.17	24	1447	24	957	24	1182	24	707	24	703	24	966	24	352	24	19
04.jun.17	24	953	24	712	24	947	24	613	24	586	24	797	24	293	24	14
05.jun.17	24	1038	24	834	24	1436	24	974	24	677	24	706	24	173	24	12
06.jun.17	24	943	24	825	24	1098	24	682	24	656	24	909	24	313	24	17
07.jun.17	24	1241	24	886	24	1210	24	639	24	415	24	427	24	100	24	7
08.jun.17	24	1215	24	1150	24	1676	24	981	24	663	24	589	24	152	24	10
09.jun.17	24	1132	24	998	24	1750	24	1335	24	1298	24	1185	24	203	24	15
10.jun.17	24	1106	24	928	24	1261	24	904	24	972	24	1255	24	220	24	16
11.jun.17	24	911	24	613	24	980	24	828	24	850	24	1121	24	259	24	14
12.jun.17	24	972	24	892	24	1433	24	823	24	786	24	1319	24	367	24	21
13.jun.17	24	818	24	769	24	1172	24	848	24	958	24	1506	24	516	23	25
14.jun.17	24	814	24	702	24	1164	24	929	24	961	24	1354	24	460	24	22
15.jun.17	24	807	24	702	24	1106	24	817	24	896	24	1299	24	429	24	19
16.jun.17	24	1212	24	995	24	1282	24	784	24	746	24	1142	24	421	24	21
17.jun.17	24	577	24	492	24	706	24	488	24	483	24	695	24	255	24	10
18.jun.17	24	1306	24	1143	24	1184	24	536	24	553	24	825	24	221	24	13
19.jun.17	24	1155	24	927	24	1290	24	869	24	766	24	1027	24	319	24	17
20.jun.17	24	1019	24	846	24	1187	24	942	24	1044	24	1259	24	384	24	24
21.jun.17	24	978	24	922	24	1455	24	884	24	792	24	1123	24	339	24	22
22.jun.17	23	628	23	702	23	1177	23	837	23	830	23	1227	23	460	24	19
23.jun.17	24	525	24	364	24	567	24	527	24	728	24	1443	24	506	24	31
24.jun.17	24	765	24	599	24	923	24	716	24	788	24	1505	24	737	24	32
25.jun.17	24	979	24	828	24	987	24	640	24	640	24	944	24	436	24	15
26.jun.17	24	1015	24	734	24	1069	24	675	24	564	24	665	24	228	24	10
27.jun.17	24	1425	24	1357	24	1942	24	1209	24	1140	24	1131	24	273	24	17
28.jun.17	24	1127	24	943	24	1535	24	1019	24	848	24	961	24	252	24	14
29.jun.17	24	1374	24	1474	24	1671	24	715	24	477	24	460	24	114	24	7
30.jun.17	24	1056	24	856	24	1339	24	964	24	701	24	665	24	125	24	15
Število urnih podatkov	719		719		719		719		719		719		719		719	
Delež urnih podatkov	100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%		100%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)	994		836		1196		786		739		986		313			
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)	1447		1474		1942		1335		1298		1506		737			
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)	5109		3909		5683		3678		2494		2269		920			



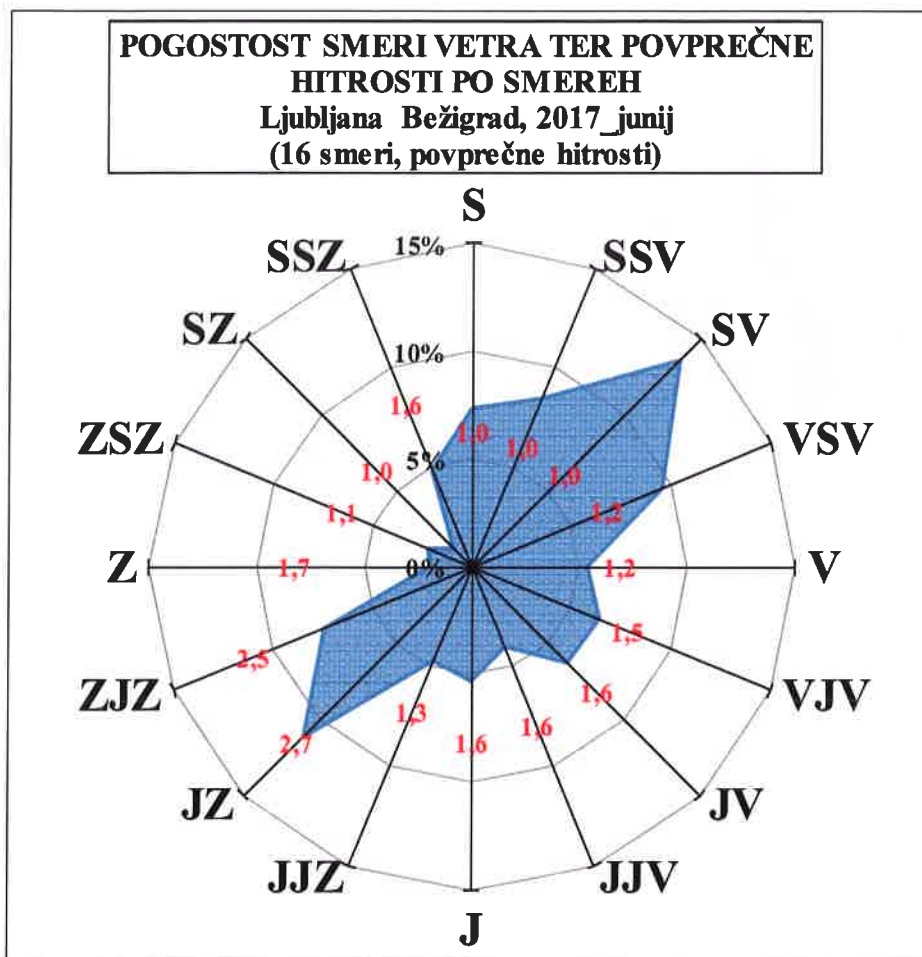
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



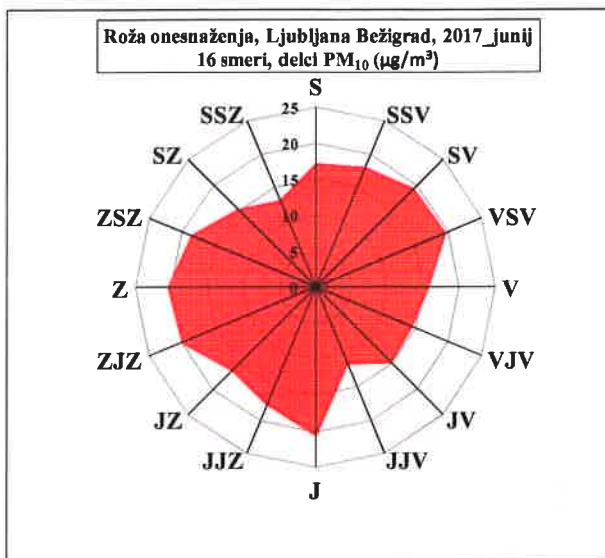
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



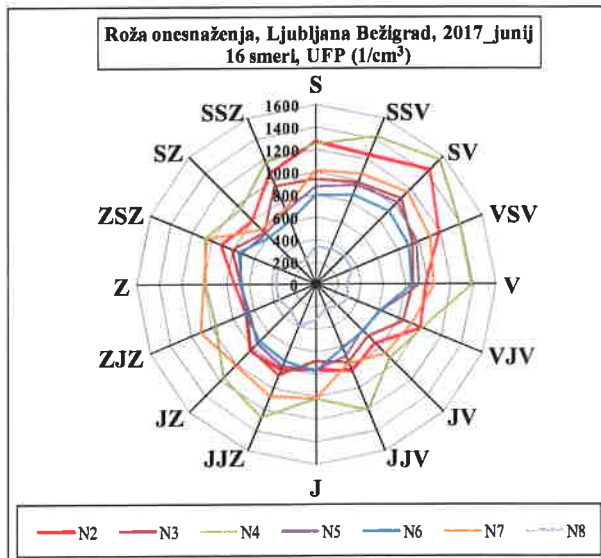
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, junij 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	7%	1,0
SSV	8%	1,0
SV	14%	1,0
VSV	10%	1,2
V	5%	1,2
VJV	6%	1,5
JV	6%	1,6
JJV	4%	1,6
J	5%	1,6
JJZ	5%	1,3
JZ	11%	2,7
ZJZ	8%	2,5
Z	2%	1,7
ZSZ	2%	1,1
SZ	1%	1,0
SSZ	5%	1,6

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

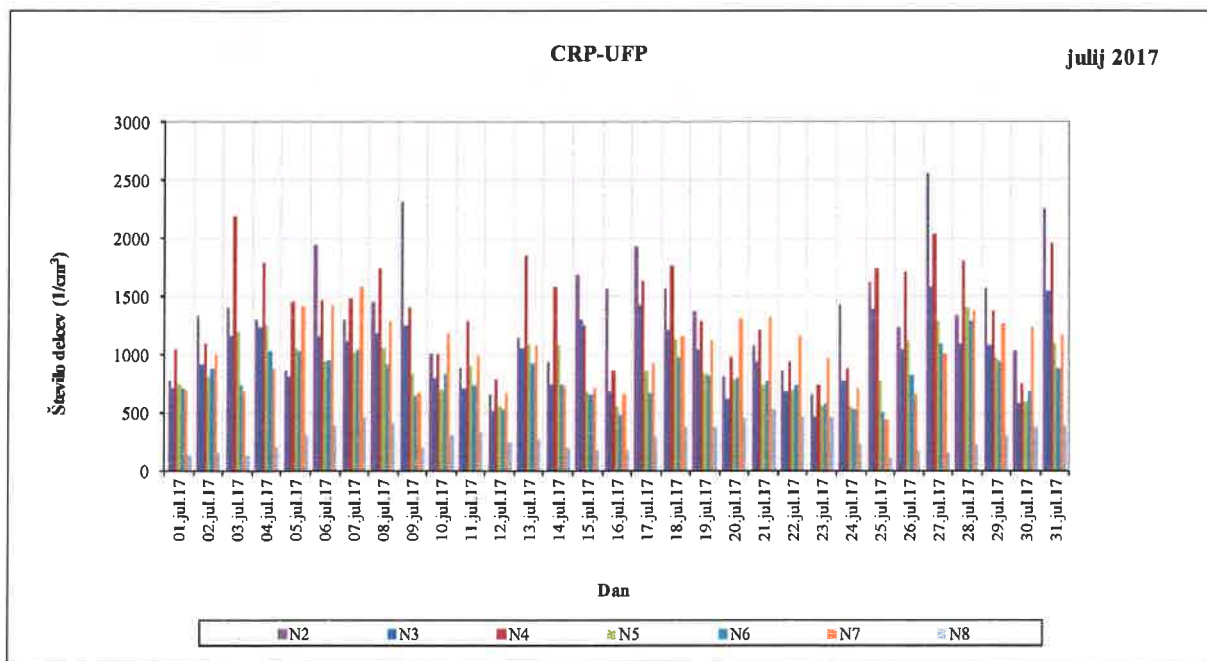
Smer	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	N2 ($1/\text{cm}^3$)	N3 ($1/\text{cm}^3$)	N4 ($1/\text{cm}^3$)	N5 ($1/\text{cm}^3$)	N6 ($1/\text{cm}^3$)	N7 ($1/\text{cm}^3$)	N8 ($1/\text{cm}^3$)
S	17	1279	940	1252	870	792	1025	339
SSV	18	1243	979	1427	953	859	1071	343
SV	19	1448	1086	1568	1036	926	1164	359
VSV	19	1192	936	1390	971	898	1105	341
V	16	977	866	1387	918	854	1052	281
VJV	14	1010	834	1016	620	612	919	314
JV	15	737	651	925	581	588	869	266
JJV	11	835	742	1201	691	610	760	228
J	20	761	678	1018	758	767	1009	318
JJZ	18	816	872	1272	786	742	1075	396
JZ	16	830	813	1172	741	715	1012	311
ZJZ	20	675	664	968	636	680	1110	349
Z	20	725	665	978	671	659	1006	362
ZSZ	19	917	804	1069	719	747	1054	361
SZ	15	798	654	950	637	587	692	255
SSZ	13	1066	952	1180	711	610	721	235

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

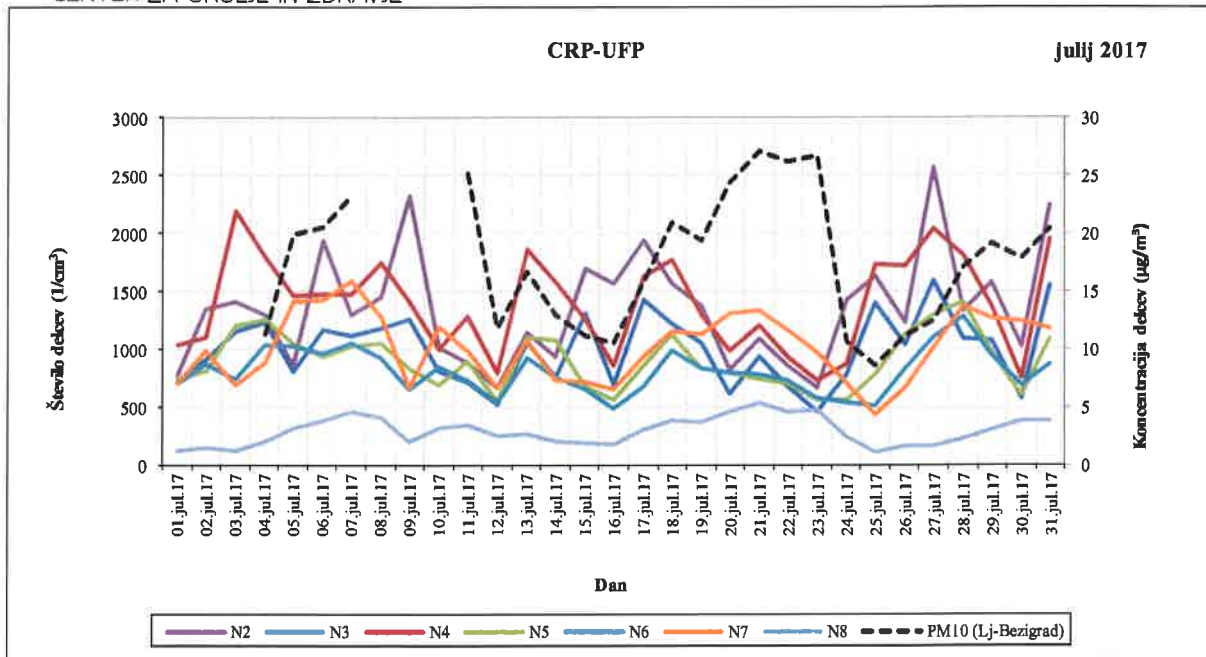


Rezultati meritev

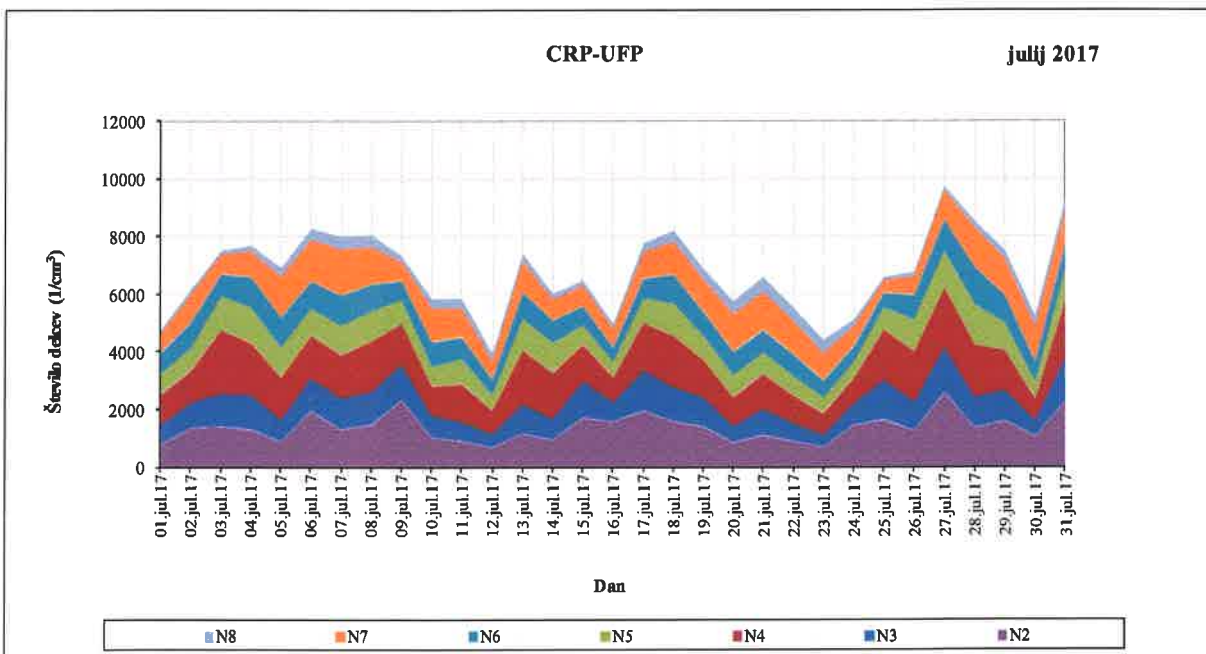
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Bezigrad)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (µg/m ³)
01.jul.17	24	773	24	711	24	1037	24	747	24	705	24	700	24	128	24	8
02.jul.17	24	1344	24	913	24	1099	24	805	24	873	24	989	24	152	24	17
03.jul.17	24	1406	24	1158	24	2188	24	1203	24	739	24	688	24	129	24	17
04.jul.17	24	1296	24	1229	24	1789	24	1251	24	1032	24	879	24	207	24	11
05.jul.17	24	859	24	810	24	1455	24	1053	24	1026	24	1413	24	316	24	20
06.jul.17	24	1936	24	1161	24	1467	24	936	24	953	24	1427	24	385	24	21
07.jul.17	23	1295	23	1119	23	1479	23	1019	23	1048	23	1582	23	459	24	23
08.jul.17	24	1453	24	1178	24	1738	24	1052	24	920	24	1284	24	407	24	14
09.jul.17	24	2318	24	1254	24	1406	24	835	24	645	24	667	24	204	24	0
10.jul.17	24	1007	24	802	24	1000	24	695	24	838	24	1190	24	312	24	17
11.jul.17	24	883	24	711	24	1282	24	898	24	732	24	990	24	342	24	25
12.jul.17	24	658	24	518	24	786	24	548	24	532	24	666	24	249	24	12
13.jul.17	22	1144	22	1057	22	1852	22	1094	22	921	22	1075	22	268	24	17
14.jul.17	23	935	23	753	23	1576	23	1075	23	748	23	733	23	196	24	13
15.jul.17	22	1689	22	1305	22	1253	22	681	22	655	22	709	22	185	24	11
16.jul.17	24	1564	24	689	24	857	24	558	24	482	24	651	24	177	24	10
17.jul.17	20	1935	20	1426	20	1631	20	856	20	675	20	929	20	299	24	16
18.jul.17	21	1563	21	1215	21	1765	21	1129	21	984	21	1156	21	375	24	21
19.jul.17	24	1376	24	1048	24	1293	24	833	24	826	24	1124	24	374	24	19
20.jul.17	23	816	23	613	23	979	23	788	23	798	23	1311	23	452	24	24
21.jul.17	23	1084	23	934	23	1206	23	740	23	778	23	1328	23	529	24	27
22.jul.17	22	862	22	678	22	937	22	696	22	732	22	1161	22	463	24	26
23.jul.17	22	659	22	463	22	734	22	558	22	579	22	966	22	465	24	27
24.jul.17	18	1427	18	774	18	871	18	557	18	533	18	708	18	235	22	11
25.jul.17	22	1621	22	1395	22	1730	22	777	22	507	22	437	22	107	24	9
26.jul.17	24	1231	24	1036	24	1716	24	1125	24	826	24	663	24	166	24	11
27.jul.17	24	2564	24	1584	24	2035	24	1287	24	1099	24	1007	24	159	24	12
28.jul.17	24	1334	24	1091	24	1805	24	1406	24	1280	24	1370	24	223	24	17
29.jul.17	23	1575	23	1078	23	1375	23	967	23	941	23	1265	23	300	24	19
30.jul.17	23	1024	23	575	23	748	23	597	23	685	23	1235	23	375	24	18
31.jul.17	21	2250	21	1544	21	1953	21	1089	21	872	21	1175	21	383	24	20
Število urnih podatkov	712		712		712		712		712		712		712		687	
Delež urnih podatkov	99%		99%		99%		99%		99%		99%		99%		95%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)		1347		992		1390		902		809		1017		290		
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)		2564		1584		2188		1406		1280		1582		529		
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)		15020		7243		5710		2688		2074		2385		893		



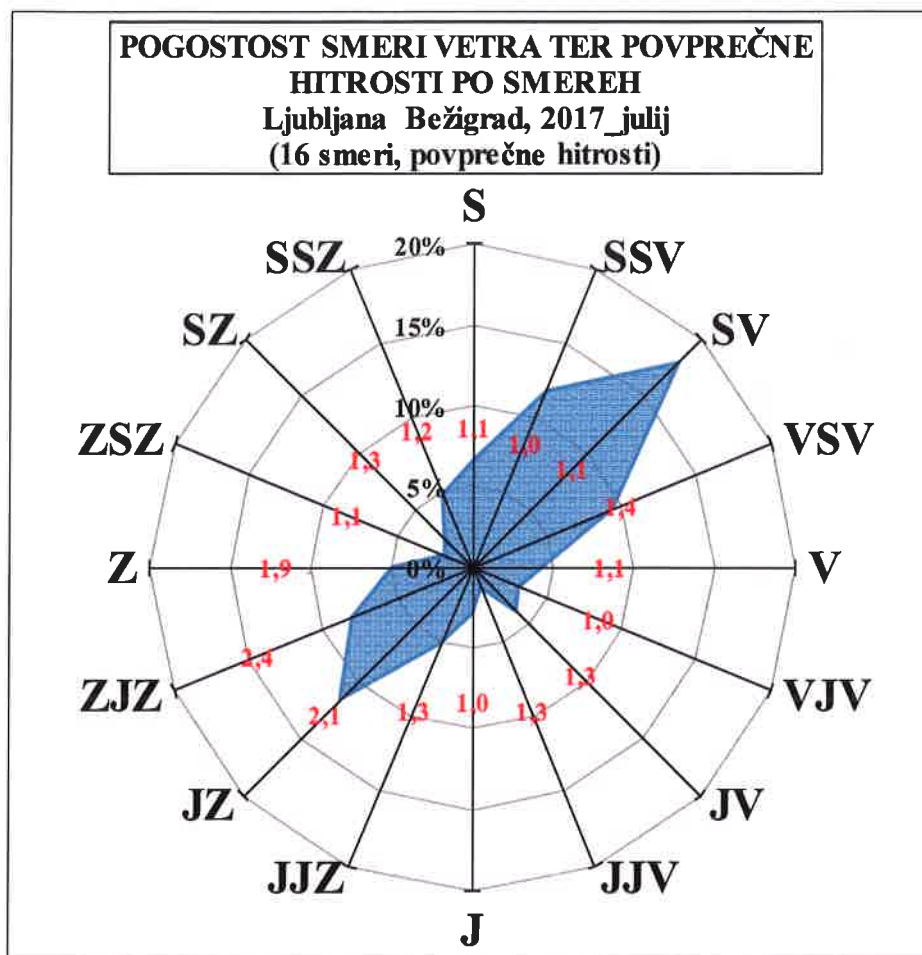
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



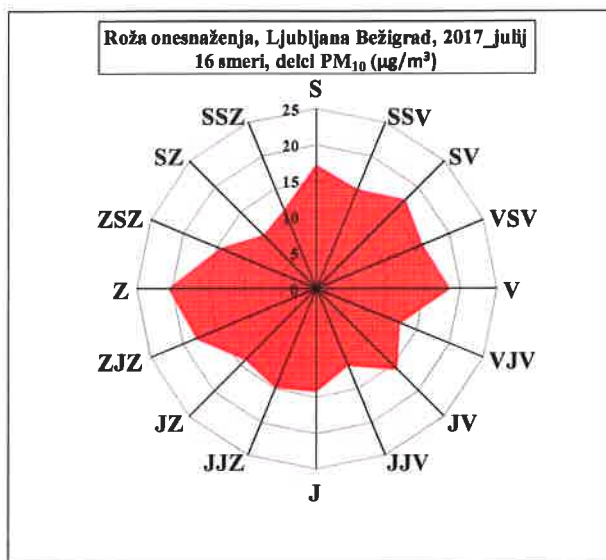
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



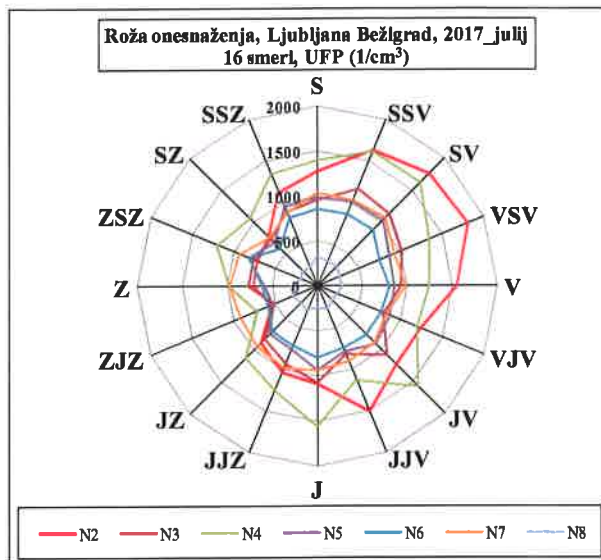
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, julij 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	7%	1,1
SSV	12%	1,0
SV	18%	1,1
VSV	9%	1,4
V	4%	1,1
VJV	3%	1,0
JV	4%	1,3
JJV	1%	1,3
J	3%	1,0
JJZ	5%	1,3
JZ	12%	2,1
ZJZ	8%	2,4
Z	5%	1,9
ZSZ	2%	1,1
SZ	2%	1,3
SSZ	5%	1,2

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

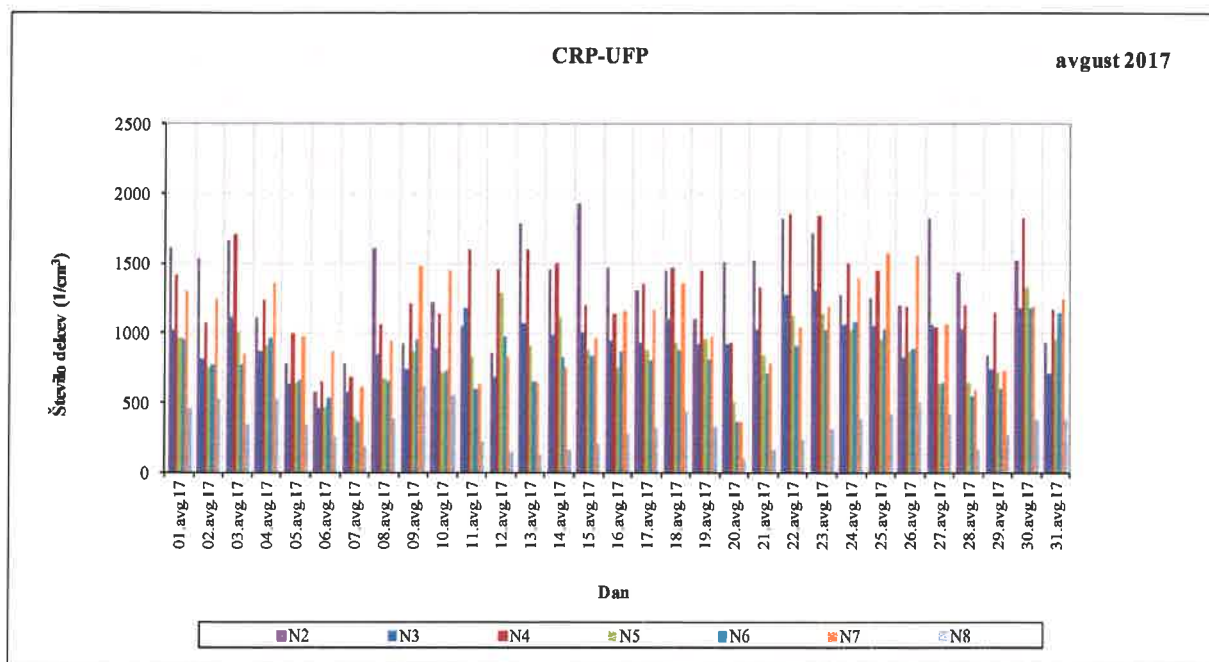
Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	17	1273	960	1406	982	854	1045	328
SSV	15	1640	1176	1615	1017	867	1038	296
SV	17	1755	1141	1632	1031	884	1074	312
VSV	16	1821	1025	1355	866	750	934	269
V	18	1553	927	1243	855	806	976	273
VJV	12	1239	791	1203	871	765	827	235
JV	16	1240	1093	1584	914	763	890	222
JJV	11	1511	815	1131	779	745	907	279
J	14	1085	1070	1563	930	799	936	237
JJZ	15	1038	928	1258	762	714	974	284
JZ	14	880	828	1129	749	708	951	251
ZJZ	18	547	521	727	536	592	923	290
Z	20	709	760	974	583	612	979	289
ZSZ	14	730	764	1200	826	821	935	201
SZ	10	765	733	1064	677	589	756	234
SSZ	12	1120	894	1353	963	820	877	223

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh

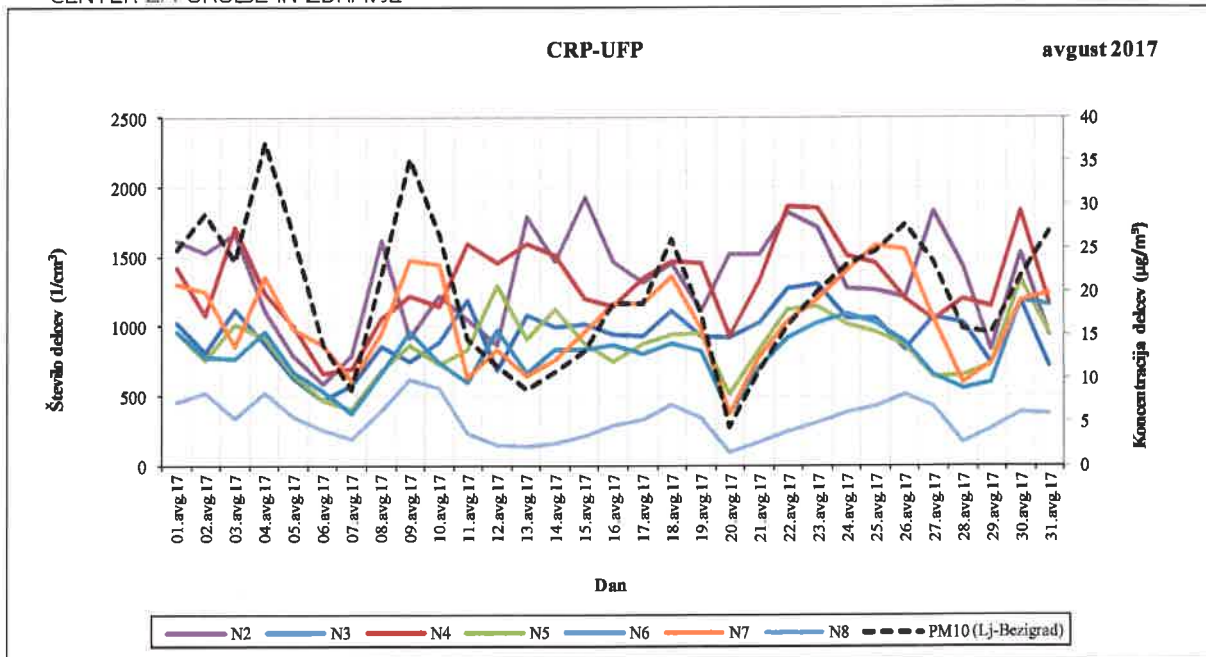


Rezultati meritev

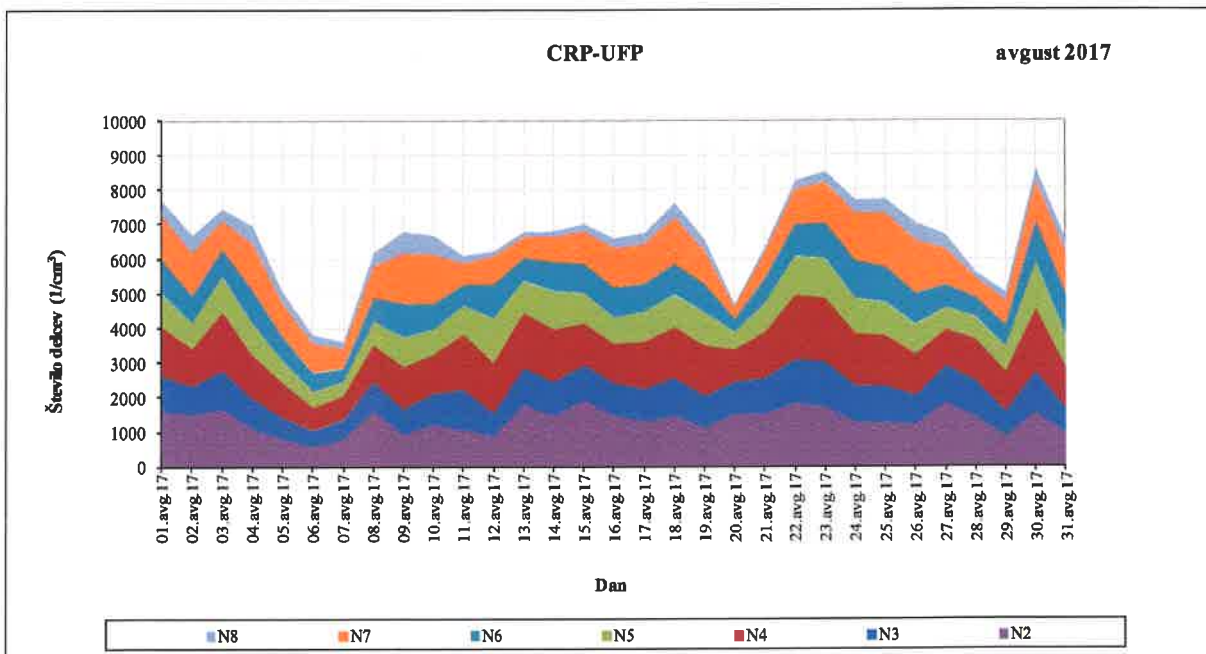
kanal-> velikostni razred->	N2 10-20nm		N3 20-30nm		N4 30-50nm		N5 50-70nm		N6 70-100nm		N7 100-200nm		N8 200-800nm		PM10 (Lj-Bezgrad)	
Datum	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (1/cm ³)	Število urnih	Dnevno povprečje (µg/m ³)
01.avg.17	23	1612	23	1021	23	1416	23	960	23	956	23	1299	23	462	22	25
02.avg.17	21	1527	21	810	21	1075	21	753	21	774	21	1249	21	524	24	29
03.avg.17	22	1665	22	1120	22	1706	22	1012	22	772	22	850	22	343	24	23
04.avg.17	23	1112	23	873	23	1237	23	916	23	962	23	1359	23	522	24	37
05.avg.17	22	787	22	633	22	1001	22	648	22	666	22	980	22	348	24	27
06.avg.17	22	583	22	463	22	656	22	472	22	533	22	864	22	255	24	14
07.avg.17	21	787	21	576	21	690	21	401	21	370	21	611	21	187	24	9
08.avg.17	19	1612	19	852	19	1059	19	678	19	659	19	947	19	391	24	22
09.avg.17	24	921	24	744	24	1213	24	868	24	958	24	1476	24	620	24	35
10.avg.17	24	1221	24	886	24	1137	24	722	24	731	24	1442	24	555	24	26
11.avg.17	24	1047	24	1181	24	1593	24	829	24	599	24	633	24	228	24	14
12.avg.17	23	862	23	684	23	1456	23	1288	23	971	23	828	23	149	24	11
13.avg.17	21	1784	21	1075	21	1592	21	910	21	658	21	641	21	132	24	9
14.avg.17	22	1461	22	989	22	1503	22	1119	22	826	22	753	22	159	24	11
15.avg.17	24	1927	24	1012	24	1198	24	874	24	835	24	961	24	210	24	13
16.avg.17	24	1466	24	943	24	1141	24	748	24	864	24	1160	24	284	24	19
17.avg.17	23	1308	23	932	23	1349	23	874	23	802	23	1164	23	323	24	19
18.avg.17	23	1448	23	1107	23	1463	23	936	23	878	23	1357	23	440	24	26
19.avg.17	24	1107	24	924	24	1451	24	954	24	817	24	980	24	334	24	17
20.avg.17	21	1515	21	922	21	930	21	507	21	366	21	369	21	94	24	4
21.avg.17	24	1519	24	1026	24	1326	24	836	24	708	24	780	24	166	24	11
22.avg.17	23	1820	23	1270	23	1855	23	1122	23	916	23	1037	23	240	24	16
23.avg.17	23	1713	23	1305	23	1843	23	1139	23	1022	23	1194	23	312	24	20
24.avg.17	24	1272	24	1057	24	1502	24	1017	24	1083	24	1396	24	384	24	23
25.avg.17	24	1258	24	1056	24	1449	24	957	24	1024	24	1575	24	421	24	25
26.avg.17	24	1203	24	831	24	1191	24	865	24	885	24	1548	24	507	24	28
27.avg.17	24	1825	24	1065	24	1044	24	636	24	649	24	1060	24	420	24	23
28.avg.17	24	1436	24	1024	24	1197	24	646	24	550	24	595	24	163	24	16
29.avg.17	24	835	24	736	24	1143	24	721	24	601	24	731	24	268	24	15
30.avg.17	24	1524	24	1182	24	1824	24	1330	24	1182	24	1186	24	380	24	22
31.avg.17	24	938	24	709	24	1168	24	953	24	1152	24	1240	24	375	24	27
Število urnih podatkov	712		712		712		712		712		712		712		742	
Dolež urnih podatkov	96%		96%		96%		96%		96%		96%		96%		100%	
Mesečno povprečje iz urnih (1/cm ³)	1324		938		1308		865		804		1048		331			
Najvišja dnevna koncentracija (1/cm ³)	1927		1305		1855		1330		1182		1575		620			
Najvišja urna koncentracija (1/cm ³)	9811		4080		4619		3368		2949		2426		910			



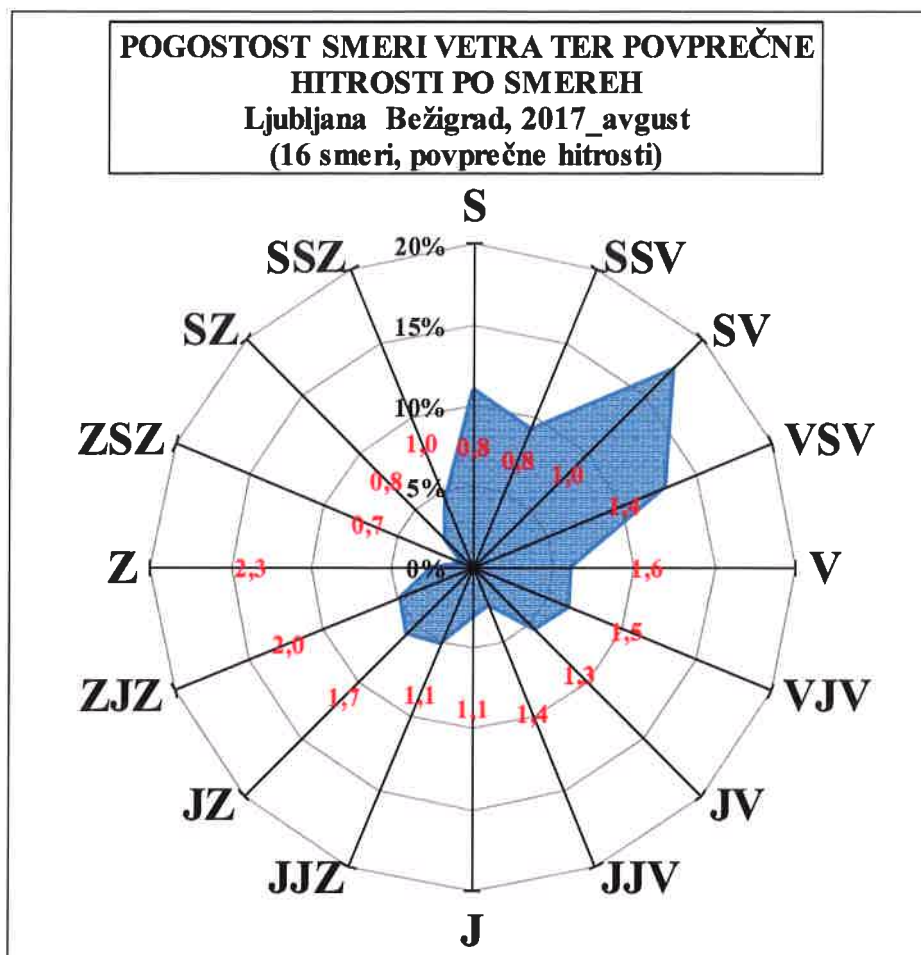
Slika 1: Dnevno število ultra finih delcev po velikostnih razredih



Slika 2: Dnevno število ultra finih delcev (leva navpična os) v primerjavi s koncentracijami delcev PM10 (Merilno mesto Ljubljana Bežigrad, desna navpična os)



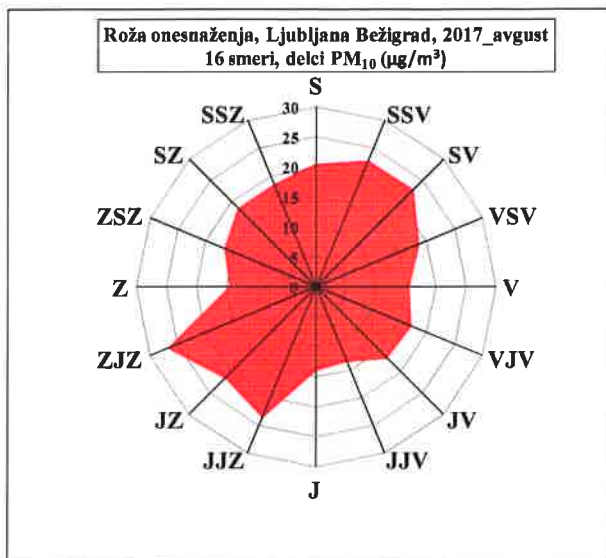
Slika 3: Dnevno število ultra finih delcev (naložen grafikon)



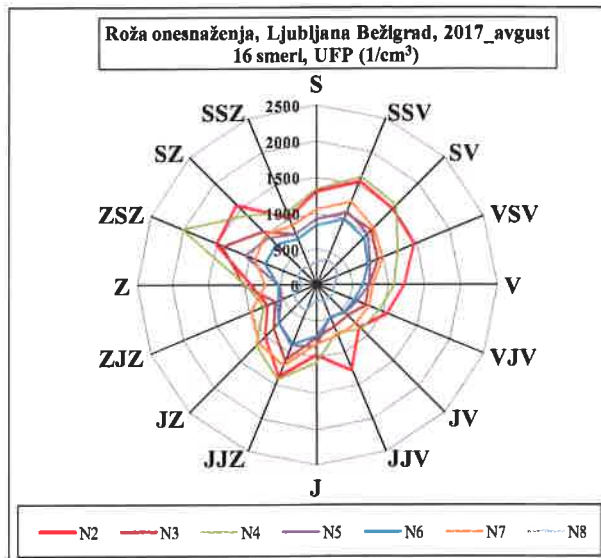
Slika 4: Pogostost smeri vetra ter povprečne hitrosti po smereh, avgust 2017

Smer	Pogostost (%)	Povprečna hitrost (m/s)
S	11%	0,8
SSV	9%	0,8
SV	17%	1,0
VSV	13%	1,4
V	6%	1,6
VJV	6%	1,5
JV	5%	1,3
JJV	3%	1,4
J	3%	1,1
JJZ	5%	1,1
JZ	6%	1,7
ZJZ	5%	2,0
Z	3%	2,3
ZSZ	1%	0,7
SZ	2%	0,8
SSZ	4%	1,0

Slika 5: Podrobnejši podatki o smereh in hitrostih vetra



Slika 6: Roža onesnaženja, delci PM₁₀



Slika 7: Roža onesnaženja, UFP

Smer	PM10 (µg/m ³)	N2 (1/cm ³)	N3 (1/cm ³)	N4 (1/cm ³)	N5 (1/cm ³)	N6 (1/cm ³)	N7 (1/cm ³)	N8 (1/cm ³)
S	20	1301	919	1339	924	829	1051	328
SSV	23	1559	1085	1623	1102	992	1254	389
SV	23	1488	1068	1566	1008	937	1130	354
VSV	18	1470	909	1214	807	757	995	322
V	15	1219	720	1076	727	641	779	241
VJV	17	1041	730	929	596	566	789	266
JV	17	829	599	866	552	539	758	243
JJV	13	1280	632	717	483	497	751	244
J	14	982	724	1083	848	713	821	212
JJZ	23	1378	1124	1416	913	878	1201	381
JZ	21	1017	850	1189	752	752	1123	364
ZJZ	26	730	620	798	529	588	972	333
Z	14	903	1004	983	521	533	716	190
ZSZ	16	1509	1414	2009	1079	782	924	284
SZ	18	1569	1048	1374	936	794	990	308
SSZ	18	1017	765	1094	762	696	890	278

Slika 8: Podrobnejši podatki o povprečnih koncentracijah po smereh