

USPOREDBA MOGUĆEG UTJECAJA PROMETA NA KVALITETU ZRAKA U OSIJEKU TIJEKOM LJETA 2017./2018.

Čičak, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:157654>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-04**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Ana Čičak

USPOREDBA MOGUĆEG UTJECAJA PROMETA NA
KVALITETU ZRAKA U OSIJEKU TIJEKOM LJETA 2017./2018.

Diplomski rad

Rijeka, 2019.

UNIVERSITY IN RIJEKA
SCHOOL OF MEDICINE
GRADUATE UNIVERSITY DEGREE
OF SANITARY ENGINEERING

Ana Čičak

COMPARISON OF THE POSSIBLE IMPACT OF TRAFFIC ON
AIR QUALITY IN OSIJEK DURING SUMMER 2017/2018

Graduate thesis

Rijeka, 2019.

Mentor rada: doc.dr.sc. Željko Linšak, dipl.san.ing

Završni rad obranjen je dana _____ u/na
_____.

pred povjerenstvom u sastavu:

- 1.
- 2.
- 3.

Rad ima 38 stranica, 11 slika, 4 tablice, 43 literaturna navoda.

SAŽETAK

Zrak je nevidljiva plinovita smjesa koja okružuje Zemlju i nužan uvijet života. Onečišćenje zraka podrazumijeva prisutnost jedne ili više tvari u zraku, u koncentracijama koje mogu biti rizične po zdravlje ljudi i okoliša. Glavna zagađivala i onečišćivala su čestice teških metala, lebdeće čestice raspršene u zraku, troposferski ozon, oksidi ugljika, sumpora, dušika itd. Kvalitetu zraka određuju koncentracija i vrsta onečišćenja, koje se utvrđuju mjerenjem čestica, SO_x, NO_x, CO... Dušikovi oksidi su niz spojeva kisika i dušika kojima je opća formula NO_x. Nastanak dušikovih oksida uglavnom je prouzročen pri sagorijevanju u prometnom i energetsom sektoru, a neki od većih izvora emisije su cestovni promet i strojevi, grijanje i proizvodnja električne energije, građevinarstvo i prerađivačka industrija. Oni su jedna od glavnih komponenti zagađenja atmosfere. Lebdeće čestice su zbroj svih krutih i tekućih čestica suspendiranih u zraku od kojih su mnoge opasne. Lebdeće čestice se, kao i prizemni ozon, svrstavaju među najštetnije onečišćujuće tvari po zdravlje čovjeka. Izlaganje ovim onečišćivačima tijekom najviše koncentracije, kao i dugotrajnija izloženost, mogu prouzročiti narušavanje dišnog sustava ili čak preuranjenu smrti. Cestovni promet se sastoji od sudionika u prometu koji se kreću javnim putem u svrhu putovanja. Promet, posebice motorna vozila, uzrokuju mnoge vrste štetnih utjecaja na nas i našu okolinu. Glavne opasnosti su klimatske promjene, pogoršanje kakvoće zraka i buka. Cilj ovog istraživanja je usporediti intenzitet prometa s kvalitetom zraka u ljeto 2017.-2018. u Osijeku. Mjerenja su vršena standardnim metodama za mjerenje koncentracije dušikova oksida i lebdećih čestica iz vanjskog zraka.

Na temelju provedenog istraživanja zaključili smo kako ne postoji značajne povezanosti između prometa i onečišćivala NO_x-a i PM₁₀ te predlažemo uspostavu nove lokacije mjerne postaje za kvalitetu zraka u Osijeku. Istraživanje bi se trebalo ponoviti nakon uspostave nove mjerne postaje za kvalitetu zraka. Potrebno je detaljnije ispitati vezu prometa i onečišćivala

PM₁₀ i NO_x na području Osijeka te svakako uzeti u obzir i ostale čimbenike koji mogu utjecati na koncentracije lebdećih čestica i dušikovih oksida.

Ključne riječi: Onečišćenje zraka, dušikovi oksidi, lebdeće čestice, promet, Osijek

SUMMARY

Air is an invisible gas mixture that surrounds the Earth and a necessary condition of life. Air pollution involves the presence of one or more substances in the air, at concentrations that can be hazardous to human and environmental health. The major pollutants are heavy metal particles, suspended air particles, tropospheric ozone, carbon, sulphur, nitrogen oxides, etc. The air quality is determined by the concentration and type of pollution by measurement of SO_x, NO_x, CO... Nitrogen oxides are a series oxygen and nitrogen compounds to which the general formula is NO_x. The formation of nitrogen oxides is mainly caused by combustion in the transport and energy sectors, and the things that have the biggest influence are road transport and machinery, heating and electricity generation, construction and manufacturing. Particulate matter is dangerous because it is made of mixture of particles from liquids and solids, suspended in the air. Exposure to these pollutants during the highest concentration, as well as prolonged exposure, can cause respiratory distress or even premature death. Road traffic is made up of road users traveling publicly for the purpose of traveling. Traffic, especially motor vehicles, causes many kinds of adverse effects on us and our environment. The main hazards are climate change, deterioration of air quality and noise. The goal of this study is to compare traffic intensity with air quality in the summer of 2017-2018. in Osijek. Measurements were made by standard methods for measuring the concentration of nitrogen oxides and particulate matter from ambient air.

Based on the conducted research, we concluded that there isn't any notable connection between traffic and pollutants of NO_x and PM₁₀ and propose the establishment of a new location for the air quality measuring station in Osijek. The study should be repeated after the establishment of a new air quality measuring station. The connection between PM₁₀ and NO_x traffic and pollutants in the Osijek area needs to be more closely examined, and other factors

that may affect the concentrations of particulate matter and nitrogen oxides should be considered.

Keywords: Air pollution, nitrogen oxides, particulate matter, traffic, Osijek

SADRŽAJ

1. Uvod	1
1.1. Zrak	1
1.1.1. Dušikovi oksidi	4
1.1.2. Lebdeće čestice.....	7
1.1.3. Mjerna postaja za kvalitetu zraka.....	11
1.2. Promet.....	12
1.2.1. Brojač prometa	14
2. Cilj.....	17
3. Metode i materijali	18
3.1. Pregled analiziranog područja.....	18
3.2. Mjerenje lebdećih čestica	21
3.3. Mjerenje dušikovih oksida	22
3.4. Brojenje prometa	23
4. Rezultati.....	25
5. Rasprava.....	31
6. Zaključak.....	33
7. Literatura	34

1. Uvod

1.1.Zrak

Svijet u kojem živimo prekriven je zrakom, koji se naziva atmosferom. Iako to ne možemo vidjeti, zrak u našoj atmosferi sastoji se od molekula različitih plinova. Današnji udio kisika, najvažnijega sastojka zraka, nastao je prije otprilike 400 milijuna godina uslijed fotosinteze zelenog bilja u morima. (1) Zrak nema okusa, boje ni mirisa, a ključan je u procesu disanja i izgaranja. Većinom ga čini dušik (78%) zatim kisik (oko 20%) te ugljikov dioksid (oko 1%).

(2) Zrak nije čist a zamućenost uzrokuju razni spojevi i čestice kao npr. prašina. Veće čestice lebde u zraku, ali su nam još uvijek vrlo malene za oko. One mogu biti prašina, čestice zemlje, dim i sl. U zraku se nalazi i voda u svim agregatnim stanjima, vodena para, tekuća voda te led.

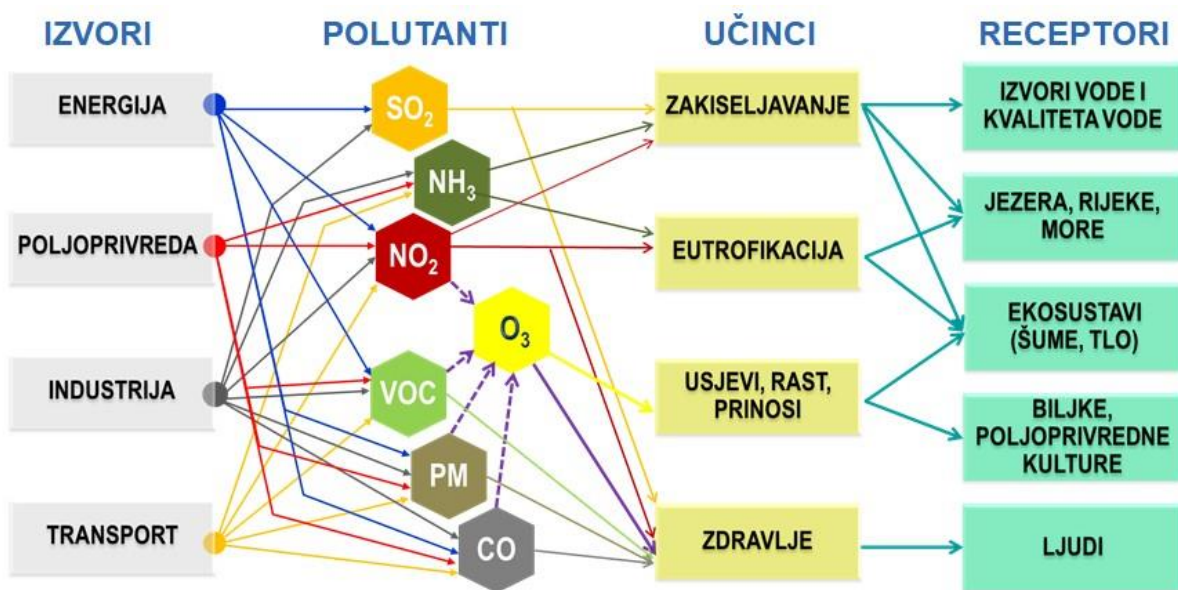
(3)

Onečišćenje zraka podrazumijeva prisutnost jedne ili više tvari u zraku, u koncentracijama koje mogu biti štetne po zdravstveno stanje organizma. Nadalje, nepovoljno djeluje na atmosferu, materijale i generalno umanjuju kvalitetu života. Onečišćeni zrak izaziva zabrinutost za čovjekovo psihofizičko stanje i stanje ekosustava. (5) Glavna zagađivala i onečišćivala su aerosoli, čestice teških metala, ugljikovodici, lebdeće čestice raspršene u zraku, prizemni ozon. (1)

Uzroci zagađenja se, s obzirom na karakteristike zagađenja, razvrstavaju u prirodne i antropogene. Plinovi šumskih požara, prašina, magla, vulkanski pepeo i plinovi, mikroorganizmi (bakterije i virusi), dim i prirodna radioaktivnost su prirodnog porijekla. Antropogeni su uzroci skupina koja podrazumijeva zagađenje porijeklom iz procesa i aktivnosti čovjekovog upravljanja: proizvodnja toplinske i električne energije (toplane i elektrane), transportna sredstva, spaljivanje otpada (nepotpuno sagorijevanje uzrokuje stvaranje dima te sumporni spojevi sadržani u gorivu izgaraju u okside sumpora), rad

industrijskih postrojenja (kemijska industrija, metalurgija) i poljoprivreda (zapašivanje, spaljivanje i dr.) i ostale djelatnosti poput bojanja, zapašivanja insekata, tiskanja, rušenja objekata. (6)

Glavne posljedice zagađenja i onečišćenja zraka su ozonske rupe, kisele kiše, efekt staklenika, i fotokemijski i industrijski smog, što ugrožava zdravlje ljudi, razne proizvode nastale ljudskom djelatnosti te generalno život na Zemlji (Slika 1). (1)



Slika 1. Povezanost emisija onečišćujućih tvari u atmosferi i njihovih izvora na njihov učinak na ljude i okoliš

Unatoč težnjama reduciranju ispuštanja škodljivih supstanci u zrak, trenutno, prema procjenama, međunarodno godišnje stradava otprilike 3 milijuna ljudi posljedično zagađenju zraka odnosno 5 % godišnjeg mortaliteta. (4)

Kvalitetu zraka određuju koncentracija i vrsta onečišćenja, koje se utvrđuju mjerenjem NO_x, čestica, CO, SO_x... u područjima industrije i teškim metalima, organskim tvarima i dr., ovisno o vrsti izvora onečišćenja. (6) Kakvoća zraka osobina je zraka kojom se pokazuje razina onečišćenosti te njihova značajnost. Ona se prati neprekidnim ispitivanjem i ocjenjivanjem onečišćenja zraka ovisno o raznim izvorima i uvjetima, analize i mjerenja

meteoroloških uvjeta, uočavanje promjena izazvanih onečišćenjem zraka poput onih vidljivih u tlu, na građevinama, biljkama i sl., putem modeliranja disperzije i prijenosa onečišćujućih tvari s obzirom na razne atmosferske modele te razne druge metode procjene koje se primjenjuju u Europskoj uniji.

Glavni propisi na kojima se temelji kvaliteta zraka te koji određuju način na koji se provodi poboljšanje i zaštita kvalitete zraka te postavljanje mjera su Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11,47/14, 61/17, 118/18), Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (NN 79/17) i Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12, 84/17). (8)

Upravljanje kvalitetom zraka podrazumijeva kontinuirano praćenje vrijednosti škodljivih supstanci u zraku uzimajući u obzir izvore onečišćenja na tom području te usporediti izmjerene koncentracije s vrijednostima koncentracija koje su propisane i upotrebljavaju se za prosudbu kakvoće zraka. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12, 84/17) određuje ciljne koncentracije i granične vrijednosti škodljivih supstanci u svrhu ocjene razina onečišćujućih tvari u zraku. (8)

Tablica 1. Granične vrijednosti škodljivih supstanci u zraku

Onečišćujuća tvar	Vrijemeusrednjavanja	Granična vrijednost (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
Sumporov dioksid (SO ₂)	1 sat	350 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	125 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 3 puta tijekom kalendarske godine
Dušikov dioksid (NO ₂)	1 sat	200 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 18 puta tijekom kalendarske godine
	kalendarska godina	40 µg/m ³	-
Ugljikov monoksid (CO)(2)	maksimalna dnevna osmosatna srednja vrijednost	10 mg/m ³	-
PM ₁₀ (3)	24 sata	50 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine
	kalendarska godina	40 µg/m ³	-

“Granična vrijednost (GV) je razina onečišćenosti koju treba postići u zadanom razdoblju, ispod koje, na temelju znanstvenih spoznaja, ne postoji ili je najmanji mogući rizik od štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cjelini i jednom kada je postignuta ne smije se prekoračiti.” (7)

Razine zagađenosti, gledajući na ciljne vrijednosti, dopuštene granične koncentracije i strateške planove dijele se na ove skupine kakvoće zraka:

- prvu kategoriju kvalitete zraka što podrazumijeva čist ili jedva primjetno zagađen zrak,
- drugu kategoriju kvalitete zraka u kojoj je zagađen zrak.

Procjene kvalitete zraka u okviru Zakona o zaštiti zraka provode se za ove zagađujuće supstance: dušikove okside, sumporov dioksid, benzen, lebdeće čestice, olovo, prizemni ozon, ugljikov monoksid, živu, dušikov dioksid, arsen, benzo(a)piren, kadmij i nikal. (7)

1.1.1. Dušikovi oksidi

Dušikovi oksidi su niz spojeva kisika i dušika kojima je opća formula NO_x . Oni nastaju oksidiranjem atmosferskoga dušika uz visoke temperature pri izgaranju (procesu u industriji, automobilski motor) ili pri utjecaju elektromagnetskog izboja (munja, kozmičke zrake).

Prvobitno dolazi do nastajanja dušikov (II) oksid (NO), a tijekom izgaranja, uz prisustvo viška kisika nastaje otrovni dušikov dioksid (NO_2). Oni su jedna od glavnih komponenti zagađenja atmosfere. Uključeni su u nastanak takozvanih acidičnih kiša, troposferskog ozona te smoga.

(10) Skupa s hlapljivim organskim spojevima (VOC) te ostalim reaktivnim atmosferskim plinovima i uz prisustvo zračenja Sunca, NO_x ima ulogu u stvaranju prizemnog ozona. (11)

Postoje prirodno nastali izvori dušikovih oksida i izvori koji su nastali čovjekovim utjecajem.

Prirodni izvori velikim dijelom nastaju kao posljedica procesa anaerobne mikrobiološke razgradnje tla, električnih atmosferskih izbijanja, požara u šumi (sagorijevanjem biomase) i dr.

no ipak, povećane koncentracije dušikovih oksida unutar atmosfere su rezultat aktivnosti ljudi,

ljudskog života i djelovanja. Antropogene izvore možemo podijeliti na pokretne (mobilne) kao naprimjer ispušni plinovi aviona, motornih vozila i sl. te na stacionarne (nepokretne) izvore u koja možemo ubrajati različita energetska postrojenja, industrijske procese u proizvodnji umjetnih gnojiva, postupke nitriranja u kemijsko organskoj industriji, poljoprivredne djelatnosti, polimere, procese sagorijevanja unutar domaćinstava i dr. (12)

Dušikov dioksid je jedna od najčešćih formi koja može nastati iz NO_x. Većinom potječe od antropogenog izvora. Iz tog razloga dušikovi oksidi prikazuju se u obliku dušikovog dioksida. Emisija većine dušikovitih oksida (NO_x) može obuhvaćati emisije NO i NO₂. Elementarni dušik se može stvoriti pomoću goriva koja tijekom sagorijevanja zahtijevaju dušik, a dio dušika koji nije podvrgnut pretvorbi će stvoriti dušikov (II) oksid(NO). Potom dolazi do moguće oksidacije dušikovog (II) oksida u dušikov dioksid(NO₂). Ovi kemijski spojevi se mogu združiti pod jednu zajedničku oznaku, NO_x. (14) Neki stručnjaci tvrde da je NO₂ dobra alternativa za NO_x jer se dušikov monoksid vrlo brzo pretvara u dušikov dioksid. Drugi stručnjaci pak misle da zbog uloge koje imaju u formiranju ozona, dušikov monoksid i dušikov dioksid bi se trebali smatrati NO_x. (13) Brzina kojom se formira ozon i ostali oksidansi ovisi o koncentraciji i omjeru dušikovog monoksida i dušikovog dioksida, hlapivih ugljikovodika i o intenzitetu svjetla. U toplim, ljetnim i sunčanim danima, a pod utjecajem sunčevog zračenja, kod hlapivih organskih spojeva, dušikovitih oksida i NO, nastaje fotokemijski smog poznat i kao fotokemijsko zračno onečišćenje, a glavni mu je sastojak ozon. (12) Bitno je znati kako ozon kojeg nam je u cilju smanjiti jest zapravo troposferski ozon, odnosno ozon koji mi udišemo i koji se nalazi u našoj okolini (prizemni ozon). Stratosferski ozon odnosno zaštitni ozon nas štiti od štetnog zračenja sunca. On se nalazi u višim slojevima atmosfere i ne dišemo ga. (13)

Nastanak dušikovitih oksida uglavnom je prouzročen pri sagorijevanju u prometnom i energetskom sektoru, a neki od većih izvora emisije su terenska vozila, cestovni promet i

strojevi, grijanje i proizvodnja električne energije, građevinarstvo i prerađivačka industrija. Emisije se izražavaju kao ekvivalenti NO₂. Emisija NO_x u 2017. je iznosila 54,9 kt, što upućuje na pad za 50% gledajući na 1990. godinu i za 2,4% u odnosu s 2016. godinom. Emisije koje su iz energetskog sektora u 2017. su bile oko 46,8 kt te čine oko 85,4% ukupne emisije NO_x. Prometni sektor je bio jedan od glavnih doprinosa unutar energetskog sektora u 2017. godini, s doprinosom od čak 47,4% u ukupnoj emisiji NO_x i velikom dominacijom cestovnog prometa. S obzirom na 1990. emisija NO_x unutar prometnog sektora smanjila se za 35,7%, pri uvođenju katalitičkih pretvarača u automobil i kasnijih uzastopno strožih standarda emisije. (11)

Dušikov dioksid unutar atmosfere može prijeći u nitrate koji se vežu na lebdeće čestice. Iz tog razloga utjecaj kojeg NO₂ ima na zdravlje se usko povezuje s lebdećim česticama. Uz pomoć znanstvenih studija dokazano je da povišena koncentracija dušikovog dioksida u zraku ima negativan utjecaj kako na okolinu tako i na zdravlje ljudi u njoj. Zbog tih spoznaja doneseni su propisi o graničnim vrijednostima. U Hrvatskoj granične vrijednosti za dušikov dioksid su jednake kao one iz zakonskih propisa Europe te iznose 200 µg/m³ za vrijeme uprosječavanja u jednosatno (prekoračenje ne smije biti više od 18 puta kroz kalendarsku godinu) te 40 µg/m³ za vrijeme uprosječavanja od kalendarske godine. (12)

Tablica 2. Granične vrijednosti koncentracije dušikovog dioksida u zraku i dopušteni broj prekoračenja gledajući na zaštitu zdravlja kod ljudi

Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
1 sat	200 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 18 puta tijekom kalendarske godine
kalendarska godina	40 µg/m ³	-

Najveće koncentracije dušikovog dioksida se bilježe za vrijeme jutra i poslijepodnevnih sati kada je promet najgušći. Tijekom zimskog razdoblja su koncentracije veće nego za vrijeme

ljetnog. Konstantno praćenje koncentracija štetnih plinova i čestica u zraku i promatranje utjecaja koje ima na zdravlje ljudi je iznimno važno zbog zdravstvene prijetnje koja je posljedica visokih koncentracija istoga. (12)

Gotovo svi oksidi dušika koji su unutar atmosfere su vrlo otrovni za ljude i uzrokuju negativne posljedice za dišni sustav. Smatraju se vodećim kancerogenima želuca, mokraćnog mjehura i pluća. Najopasniji je zasigurno dušikov dioksid iz razloga što se skoro svaki dušikov oksid u dodiru sa zrakom pretvara u NO_2 . (16)

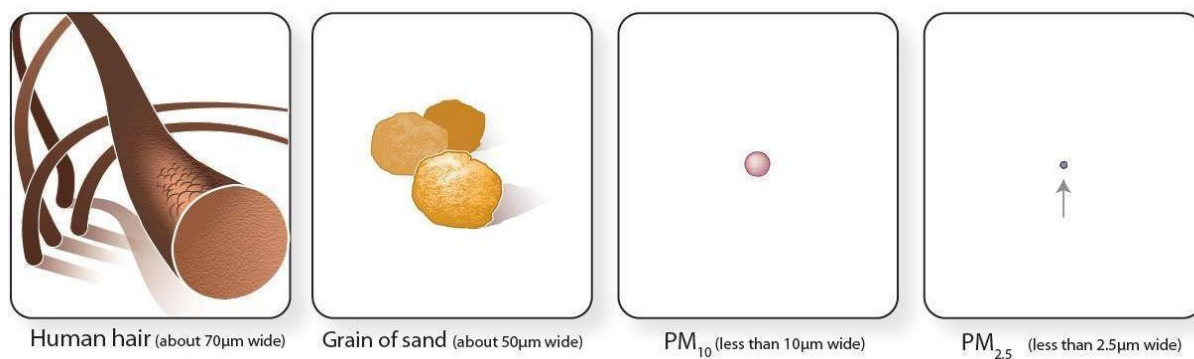
Postoje dva pristupa u kontroli stvaranja dušikovih oksida iz pokretnih i nepokretnih izvora. Prvi pristup zahtjeva promjenu u samom procesu izgaranja, u promjeni uvjeta izgaranja, goriva ili primjenom uređaja koji mogu smanjiti nastanak dušikovitog monoksida. Drugi pristup uključuje fizičko ili kemijsko odstranjivanje dušikovitog monoksida izvan ispušnih plinova. Pri industrijskim procesima koji ne zahtijevaju sagorijevanje zapravo nastaju relativno male doze. (12)

1.1.2. Lebdeće čestice

Lebdeće čestice (PM- Particulate Matter) su zbroj svih krutih i tekućih čestica suspendiranih u zraku od kojih su mnoge opasne. Ova složena smjesa uključuje i organske i anorganske čestice, poput prašine, polena, čađe, dima i kapljica tekućina. Te se čestice razlikuju u veličini, sastavu i podrijetlu. (17)

Na slici 3 možemo vidjeti prikaz na kojem uspoređujemo česticu ljudske vlasi i pijeska s česticama $\text{PM}_{2.5}$ i PM_{10} . PM čestice se mogu podijeliti u tri skupine $\text{PM}_{0.1}$, $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , a ta podjela je nastala po aerodinamičkim promjerima. PM_{10} lebdeće čestice su promjera 2,5 - 10 μm te se još nazivaju grubim česticama. $\text{PM}_{2.5}$ imaju promjer manji od 2,5 μm te se nazivaju i

finim česticama. $PM_{0.1}$ čestice su promjera manjeg od $0.1 \mu m$ i nazivaju se ultra finim, odnosno nano česticama.



Slika 3. Usporedba veličine lebdećih čestica s granulom pijeska i dlakom čovjeka.

Lebdeće čestice emitirane izravno u atmosferu su primarne čestice, dok pod pojmom sekundarne čestice podrazumijevamo čestice koje se formiraju od prekursora. Glavni prekursori plinovitog stanja su hlapivi organski spojevi (VOC, eng. Volatile Organic Compounds), sumporov dioksid (SO_2) i dušikovi oksidi (NO_x). Razni spojevi poput amonijevih soli, fosfata ili nitrata nastaju od prekursora, uglavnom fotokatalitičkim reakcijama u zraku. Takvim reakcijama stvaraju se nove čestice u zraku, sekundarne čestice.

(16) Lebdeće čestice najčešće nisu istog kemijskog sastava te se u okolišu nalaze u različitim oblicima i veličinama kojima su većinom izvor energetska postrojenja i nusprodukt sagorijevanja dizelskih goriva. (18)

Uzroci ispuštanja u okolinu lebdećih čestica su prirodni (dimovi, magla, prašina itd.) i antropogeni (procesi sagorijevanja, industrija i promet). Važnu funkciju u stvaranju lebdećih čestica ima promet, odnosno mobilni izvori onečišćenja. Pojavnost grubih čestica (PM_{10}) zabilježena je u neposrednoj blizini autocesta i velikih gradilišta. (17)

Ukupna emisija PM_{10} u 2017. godini iznosila je 25,4 kt. Emisija je smanjena za 49,6% u odnosu na 1990. godinu i za 5,8% s obzirom na godinu prije. Energetski sektor je najveći

izvor emisije PM₁₀ i doprinosi 62,2% ukupnih emisija u 2017. Sektor Industrijski procesi i upotreba proizvoda je drugi najveći izvor emisije PM₁₀ (20,9% u 2017.). Treći ključni sektor u emisiji PM₁₀ je poljoprivreda koja doprinosi ukupnim emisijama u 2017. godini sa 16,3%. Od 1990. emisije PM₁₀ imaju trend pada, čemu je najviše pridonio sektor energetike sa smanjenjem emisije PM₁₀ za 62% zbog smanjene potrošnje krutih goriva i istodobno povećanja potrošnje plinovitih i tekuća goriva i sektor poljoprivrede s 51% smanjenja zbog smanjenja broja životinja i usjeva. Sektori koji bilježe trend rasta emisije PM₁₀ od 1990. godine je prometni sektor (porast od 15,5%) zbog većeg broja vozila. (11) No unatoč tome u 2011. godini 33% gradskog stanovništva u EU živjelo je u područjima u kojima je premašena dnevna granična vrijednost za kvalitetu zraka za PM₁₀ (19)

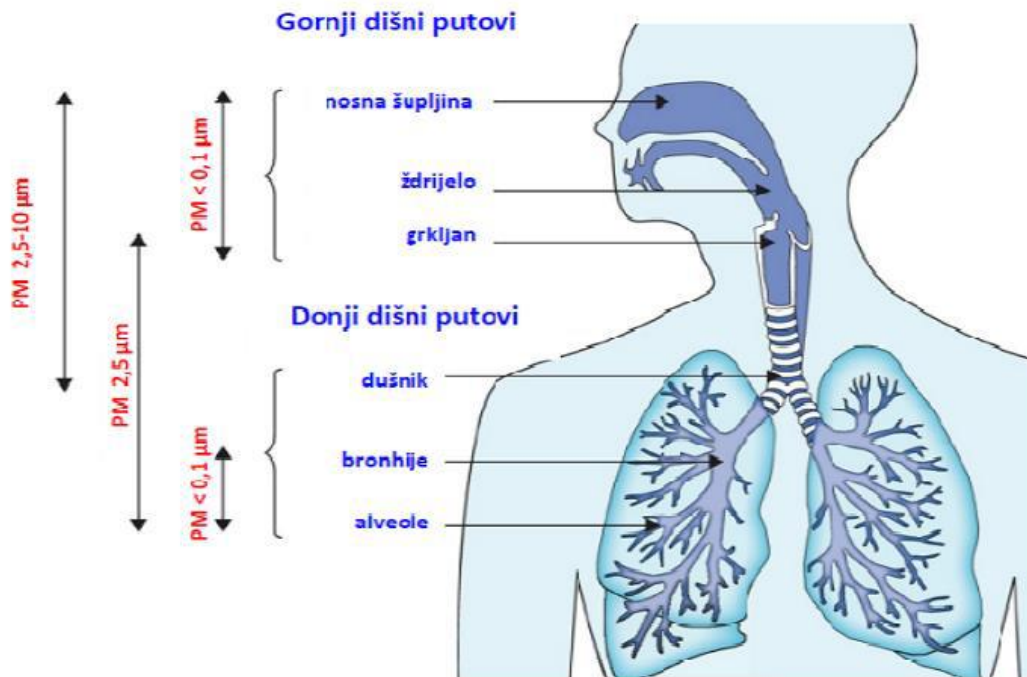
Granične vrijednosti za PM₁₀ ne bi se trebale premašiti više od 35 puta u toku jedne godine.

Tablica 3. Granične vrijednosti za PM10

Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
24 sata	50 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine
kalendarska godina	40 µg/m ³	-

Lebdeće čestice se, kao i prizemni ozon, svrstavaju među najštetnije onečišćujuće tvari po zdravlje čovjeka. Izlaganje ovim onečišćivačima tijekom najviše koncentracije, kao i dugotrajnija izloženost, mogu prouzročiti narušavanje dišnog sustava ili čak preuranjenu smrti. Veličina čestica je, uz kemijski sastav, bitna zbog mogućnosti čestica da naštetiti ljudskom zdravlju. Krupnije čestice aerosola se zaustavljaju pri ulasku u gornji dio respiratornog sustava, na sluznicama i dlačicama. Čestice veličine nekoliko mikrometara prolaze gornjim dijelom dišnog puta, ulaze u donje dišne puteve te se mjestimično nakupljaju na stijenkama bronhija. Sićušne čestice prodiru u pluća do alveola (Slika 4). Prodiranje

plinovitih onečišćivača u respiratorni sustav ovisi o njihovoj topljivosti, lakše prodiru kroz sluznicu ako su topljiviji i brže se resorbiraju u dišnom sustavu.



Slika 4. Raspoređivanje čestica prema krupnoći u dišnim putovima.

Podatci Svjetske zdravstvene organizacije iz 2014. godine ukazuju da je okolišnim koncentracijama lebdećih čestica (PM₁₀) bilo izloženo oko 40 % gradskog stanovništva Europe, što nadilazi restrikcije Europske unije postavljene u cilju zaštite ljudskog zdravlja. (17) Dokazana je poveznica između eksponiranja i škodljivosti onih lebdećih čestica koje prodiru u respiratorni sistem i izazivaju progresiju trenutnih dišnih i krvožilnih stanja, promjenu imunostnog statusa, stvaranje tumora te posljedično i smrt. (18) Nadalje, istraživanja su pokazala da su veće razine izloženosti PM_{2,5}, PM₁₀ i dušičnom dioksidu temeljene na regionalnom programu praćenja kvalitete zraka Agencije za zaštitu okoliša povezane su s povećanim rizikom od autizma. (20) Čestice manje od 10 µm dospijevaju i talože se u respiratornom sustavu, što izaziva inflamatorne promjene i nižu rezistenciju na različite

infekcije i alergije. Uslijed značajne javnozdravstvene vrijednosti, lebdeće čestice PM₁₀ jedan su od primarnih indikatora onečišćenja zraka. (21)

1.1.3. Mjerna postaja za kvalitetu zraka

Državna infrastruktura za kontinuirano nadziranje kakvoće zraka, prati na državnom i lokalnom nivou, putem mreže ispitnih stanica onečišćivača, kvalitetu zraka. Prikupljene mjerne informacije upotrebljavaju se za procjenjivanje i praćenje kakvoće zraka i zatim za provođenje i predlaganje strategija smanjivanja i sprječavanja onečišćenja zraka. Državna infrastruktura za konstantno nadziranje kakvoće zraka u ovom trenutku sadržava 22 formirane mjerne stanice za nadziranje kvalitete zraka, 11 postaja locirano je u industrijskim područjima i naseljima a 11 postaja u zaštićenim i ruralnim područjima. Rezultati mjerenja kvalitete zraka svih mjernih postaja u Hrvatskoj, kontinuirano se prikupljaju u platformu „Kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj“ i publiciraju na mrežnim stranicama Hrvatske agencije za okoliš i prirodu svaki sat. Kvaliteta zraka se određuje, na godišnjoj razini, za svaku onečišćujuću tvar te Ministarstvo zaštite okoliša i energetike sastavlja anualna priopćenja o kakvoći zraka koja uključuju ocjenu kakvoće zraka na lokalitetu Hrvatske. (22)

Mjerna postaja informatičkom infrastrukturom konstantno objavljuje autentične informacije o vrijednostima zagađujućih substanci u zraku u stvarnom vremenu. Radi jednostavnijeg shvaćanja, informacije se opisuju indeksom kvalitete zraka. (23) Indeks kvalitete zraka zasniva se na pet nivoa kvalitete, od minimalne (0) do maksimalne (>100), različitih boja i stvarno je mjerilo zagađenja zraka. Minimalne razine indeksa simboliziraju čišći zrak. Razine indeksa zavise o vrijednostima šest onečišćivala: ugljikovog monoksida (CO), dušikovog dioksida (NO₂), lebdećih čestica (PM₁₀ i PM_{2,5}), ozona (O₃) te sumporovog dioksida (SO₂). (24)


Unutar baze nalaze se podaci o mrežama za praćenje kvalitete zraka, informacije mjerenja, tj. individualne satne neprerađene i validirane ispitne koncentracije prikupljene automatiziranim konstantnim ispitivanjem kakvoće zraka i podaci o postajama. Građani imaju pristup premašivanjima graničnih i ciljnih vrijednosti, statističkim preglednicima te kretnjama koncentracija. Informacije se prezentiraju grafički i tablično, a mogu se i skinuti sa sarvisa. (23)

1.2.Promet

Cestovni promet je sastavnica prometa koja vrši transport robe i ljudi po javnim cestama. Javna cesta podrazumijeva cestu generalnog određenja za društveni transport koja zadovoljava sve kriterije što ih definiraju Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13,148/13, 92/14) i drugi pravilnici. (26) Javne ceste se, zavisno o gospodarskom, prometnom i socijalnom određenju klasificiraju u četiri grupe: autoceste, državne ceste, županijske ceste i lokalne ceste. Autoceste i državne ceste predstavljaju specifičnuu tehničko-tehnološku i transportnu kompoziciju cestovne mreže dužine prometne izgrađenosti od: autoceste 26.690 km, državne ceste 7.019 km, županijske ceste 9.545 km, lokalne ceste 8.817 km. (27)

Zakonski okviri koji obuhvaćaju cestovni promet su Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14) (28), Zakon o prijevozu u cestovnom prometu(NN 41/2018) (29), Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19) (30) i Zakon o javnim cestama (NN 180/04, 138/06, 146/08, 38/09, 124/09, 153/09, 73/10) (31).

Tablica 4. Cestovna infrastruktura (kilometri)

 DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU REPUBLIKE HRVATSKE CROATIAN BUREAU OF STATISTICS		2010.	2011.	2012. ¹⁾	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.
Ukupno	Total	29 333	29 410	26 690	26 814	26 778	26 706	26 754	26 821	26 690
Autoceste	Motorways	1 244	1 254	1 254	1 289	1 290	1 310	1 310	1 310	1 310
Od toga brze ceste	Of which express roads	118	53	53	53	82	82	82	82	82
Državne ceste	State roads	6 811	6 843	6 581	6 711	6 723	6 758	6 937	6 969	7 019
Županijske ceste	County roads	10 936	10 967	9 809	9 720	9 628	9 640	9 504	9 521	9 545
Lokalne ceste	Local roads	10 342	10 346	9 046	9 094	9 137	8 998	9 003	9 022	8 817
Od ukupnoga:	Out of total:									
Suvremeni kolnik	Paved	26 611	26 779	24 212	24 400	24 368	24 384	24 487	24 603	24 654
E-ceste	E-roads	2 238	2 250	2 251	2 200	2 251	2 251	2 251	2 255	2 255

Razina efikasnosti transporta izražava se određenim parametrima, poput nivoa pokretljivosti, razine motorizacije i nivo automobilizacije. S rastom uporabe automobila i stupnja motorizacije povećavaju se i društveni izdatci transporta (žrtve saobraćajnih nesreća, degradacija okoliša i dr.). Reduciranje transporta, posebice automobilskoga, način je ostvarivanja ekološki prihvatljivog razvoja. Iz tog je razloga, u visokorazvijenijim državama investiranje u buduće prometnice neprihvatljiv oblik prevladavanja transportnih teškoća, a sve je bitnije rukovođenje transportom te uporaba budućih metoda koje će umanjiti njegove škodljive učinke. (25)

Promet, posebice motorna vozila, uzrokuju mnoge vrste štetnih utjecaja na nas i našu okolinu. Glavne opasnosti su klimatske promjene, pogoršanje kakvoće zraka, buka te negativno djelovanje na okoliš. (32) Iz tog su razloga u Zakonu o cestama uvrštene i ove dvije stavke: “Trošak zagađenja bukom zbog cestovnog prometa je trošak štete uzrokovane bukom koju emitiraju vozila u cestovnom prometu. Ovaj trošak može se nadoknaditi naplatom pristojbe za vanjske troškove na dionicama autocesta i pojedinom cestovnom objektu (most, tunel, vijadukt i slično) na državnoj cesti koji se nalaze u područjima u kojima je stanovništvo izloženo buci izazvanoj cestovnim prometom.” Članak 9, stavak 7 i “Trošak onečišćenja zraka zbog prometa je trošak štete uzrokovane ispuštanjem čestičnih tvari i prekursora ozona,

kao što su dušikov oksid i isparivi organski spojevi, za vrijeme prometovanja vozila. Ovaj trošak nadoknađuje se naplatom posebne naknade za okoliš za vozila na motorni pogon, sukladno posebnim propisima o zaštiti okoliša i energetske učinkovitosti.” Članak 9, stavak 6. (28) Nadalje, promet izaziva vidljivu deformaciju prirodnog i gradskog sadržaja, obuzima zelene oaze i esencijalne segmente prostora u nažalost već pretrpanim mjestima. Neželjena stara prometala, dotrajale gume i razne mnogobrojne stvari koje se odbacuju imaju negativan utjecaj na kakvoću ekosustava. Razvitkom automobilske industrije svijet su preplavili automobili. Analitičari upozoravaju na to da će se međunarodno broj prometala udvostručiti u iduća dva desetljeća te benzin i dizelsko gorivo će ostati najzastupljeniji resurs. (32)

1.2.1. Brojač prometa

Brojanje prometa je osnova za strukturiranje prometa te se njime daje pregled u sadašnje ponašanje transporta i podatke koji ukazuju na nužne izgradnje budućih prometnica, rekonstrukcije ili druge reforme unapređenja sadašnjeg i novog transporta. (33) Brojenjem prometa je pokrivena mreža državnih i znatan dio županijskih i lokalnih cesta, a dodatno se dostavljaju, prikazuju i obrađuju podatci prometa s autocesta, drugih cesta i objekata s naplatnom uporabom, sveukupno preko 950 brojačkih mjesta. (34) Mjerni aparati prometnog toka (brojila prometa) mjere i zapisuju sve bitne podatke o prometu: brzinu vožnje s obzirom na vrstu vozila, prebrojavanje prometala po smjeru i kolničkoj traci te razmak i učestalost između vozila. Prikupljene informacije se pomoću kontrolnih aparata skupljaju na specifičnim kontrolnim lokacijama na prometnicama. Period skupljanja informacija je uglavnom minutni, što udovoljava i vremenu obrade dobivenih podataka. (35)

Brojanje prometa u 2018. godini bazira se na upotrebi automatskih brojila prometa za povremeno i neprekidno brojenje te prikupljanju informacija s objekata s naplatom prolaza pri čemu se tehnološki i metodološki nastavlja na prijašnja brojenja. Tijekom srpnja i kolovoza

2018. godine prikupljena je značajnija količina prometnih informacija nego i u jednoj godini brojenja i obrađivanja ljetnog prometa do sada. Neprekidnim automatskim brojenjem prometa informacije su prikupljane s više od 99% uspješnosti. (36)

Poznate su tri osnovne grupe sumiranja podataka brojanja prometa:

- Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP), označava prosječnu, dnevnu količinu prometa u relaciji na općenito realizirani transport u tijeku kalendarske godine;
- Prosječni ljetni dnevni promet (PLDP), označava srednju, dnevnu količinu transporta u relaciji na ukupno realizirani transport u tijeku ljetnog razdoblja (od 1.srpnja do 31.kolovoza).
- Prosječni mjesečni dnevni promet (PMDP), označava srednju, dnevnu količinu transporta u relaciji na općenito realizirani transport u tijeku pojedinačnog mjeseca u kalendarskoj godini. (37)

Tri su metode brojenja prometa: povremeno automatsko brojanje (PAB), neprekidno automatsko brojanje (NAB) i naplatno brojanje.

Povremeno automatsko brojenje (PAB) provodi se u određenim vremenskim fazama na način predviđen redom prebrojavanja. Omogućuje dobru bazu za dobivanje percepcije o oscilaciji transporta satno po danu prebrojavanja (za svaki tjedni dan), dnevno po tjednica prebrojavanja te o tjednima obuhvaćenim prebrojavanjem. Ovom metodom se izračunavaju PGDP, PLDP i PMDP.

Neprekidno automatsko brojenje prometa (NAB) provodi se uporabom stacionarnih automatskih brojila transporta ugrađenih na brojačkim lokacijama. Bilježe se količine prometa po prometnim trakovima (smjerovima kretanja vozila) i definiranim vremenskim intervalima (kumulativno po satima, a noviji i kraće), konstantno tijekom cijele godine. Brojila su raspoređena po usuglašenim rasporedom dodanih brojačkih lokacija neprekidnog automatskog brojenja transporta na prometnicama, formirajući teritorijalno relevantan nalaz.

Naplatno brojenje prometa provodi se uporabom autocesta te, s iznimkom nekih ostalih prometnih objekata (mostovi, tuneli,...) pretežito zbog velikih finansijskih ulaganja u njihovo održavanje i izgradnju. Osobitost brojenja prometa na autocestama i drugim objektima manifestira se tako što prijelaz prometala se prikazuje s informacijama o vremenu upotrebe građevine, osobini prometala (skupini naplate) te o lokaciji ulaza i/ili izlaza na naplatnom objektu. (38)

2. Cilj

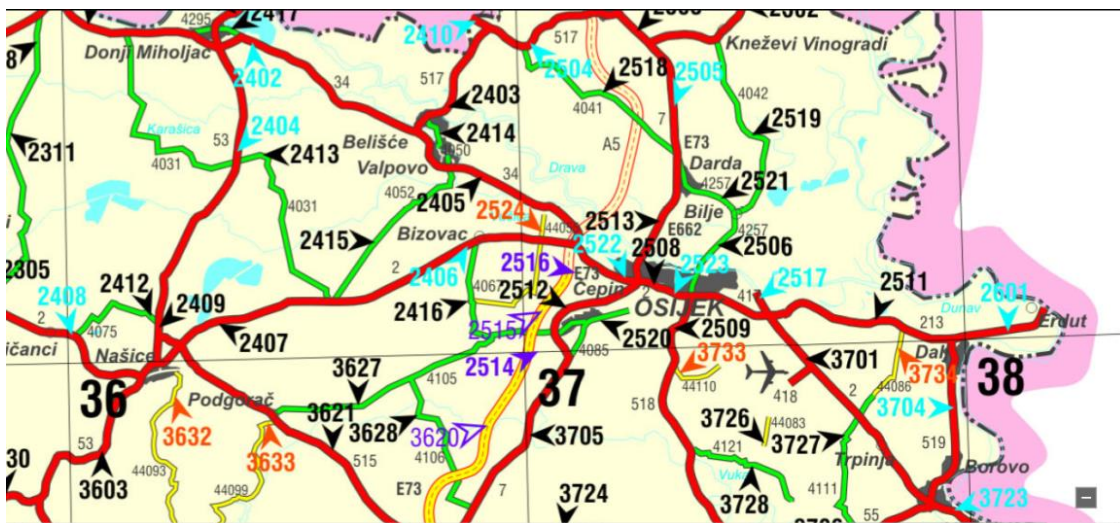
Ciljevi ovog istraživanja su:

- Prikazati i analizirati podatke o koncentracijama NO_x i PM₁₀ na mjernoj postaji Osijek-1 za ljetno razdoblje 2017. i 2018.godine
- Prikazati i analizirati podatke intenziteta prometa izmjerenih na brojačkoj postaji prometa Podravlje, oznake 2506, tijekom ljeta 2017. i 2018. godine
- Usporediti intenzitet prometa s kvalitetom zraka u ljeto 2017. i 2018. godine u Osijeku.

3. Metode i materijali

3.1. Pregled analiziranog područja

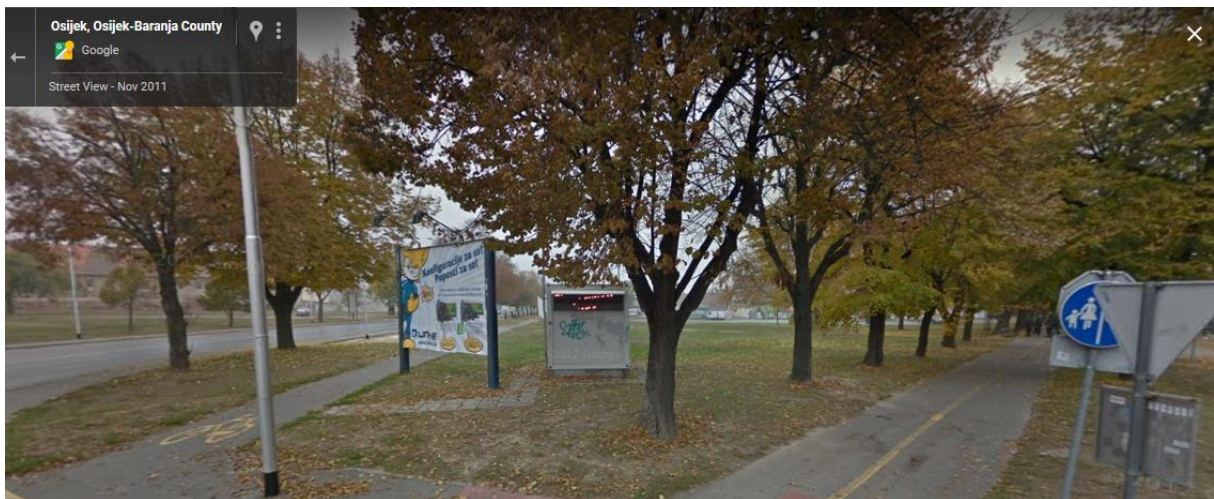
Brojačka postaja Podravlje, oznake 2506, nalazi se na županijskoj cesti ŽC4257 (Slika 5). Županijska cesta 4257 prolazi Osijekom kroz raskrižje Europske avenije i Ulice Kneza Trpimira, preko Dravskog mosta, Biljskom cestom prema Bilju odnosno Baranji. Mjerenje na brojačkoj postaji provodi se metodom neprekidnog automatskog brojanja prometa (NAB) te mjeri prometno opterećenje Grada Osijeka prometom iz Baranje odnosno dnevnu migraciju zbog posla. Brojački odsječak počinje na županijskoj cesti Ž4042 a završava s granicom administrativnog područja (G.A.P.) odnosno granicom grada Osijek te je duljine od 5 kilometara (Slika 6).



Slika 5. Lokacija brojačke postaje Podravlje 2506

Broj stanovnika obuhvaćen mjernom postajom je 108018 građana. Grad Osijek ima kontinentalnu klimu s prosječnom temperaturom od 11°C dok je u prosjeku najhladniji prvi mjesec sa srednjom temperaturom -0,7°C a sedmi mjesec s najvišom srednjom temperaturom 21.6°C. U prosjeku oko 700 mm oborina padne, maksimalno u lipnju.

AMP Osijek-1, s obzirom na izvor emisija je kategorizirana kao prometna, a uzimajući u obzir tip područja na kojem je smještena, klasificira se u gradsku postaju. Nalazi se na sjevernom rubu središnjeg dijela Osijeka (Slika 8) neposredno pored autobusnog stajališta i raskrižja (križanje Ulice kneza Trpimira i Europske avenije). (40)



Slika 8. Mjerna postaja Osijek-1

Mjerna postaja Osijek-1 jedina je mjerna postaja za praćenje kvalitete zraka na lokalitetu Osijeka te iz tog razloga je reprezentativnost mjerenja od iznimnog značaja kako bi ustanovili objektivnu izloženost građana Osijeka onečišćenju zraka. (39) Na postaji se provode mjerenja na ove onečišćivače: ugljikov monoksid, benzen, dušikov dioksid, sumporov dioksid, dušikovi oksidi, ozon, lebdeće čestice (<math><10\mu\text{m}</math>), (40)

3.2. Mjerenje lebdećih čestica

Određivanje masene koncentracije suspendiranih čestica PM_{10} ili $PM_{2,5}$ iz vanjskog zraka vrši se standardnom gravimetrijskom metodom (HRN 12341: 2014).

Instrumenti za nadzor čestica tipa FH 62 (Slika 9) jedini su radiometrijski instrumenti koji istodobno mjere, opažaju i prikazuju nakupljenu masu čestica tijekom sakupljanja prašine. Ovakav način rada omogućuje mjerenje prašine u filteru u stvarnom vremenu i prikaz masene koncentracije suspendiranih čestica u vanjskom zraku.

Instrument za nadgledanje čestica FH 62 I-R koristi radiometrijski princip atenuacije beta metodom kompenzacije s dvije zrake. Zbog ovog postupka postiže se vrlo visoka mjerna stabilnost, jer se za svaku mjernu vrijednost istodobno određuje referentna vrijednost u zasebnom mjernom odjeljku.

Čisti dio trake za filter pomiče se u mjerni položaj. Ambijentni zrak se uvlači kroz sustav uzorka. Čestice prašine sadržane u zraku talože se na filteru. Za uzorkovanje čestica koristi se princip jednog mjesta na filtru. Jedno područje filtra ostaje duže vrijeme u komori za prikupljanje i mjerenje čestica dok se ne postigne puno opterećenje (1500 μg). Nakon što se napuni, pomakne se svježi dio filtra u položaj za mjerenje (automatska promjena filtra). Započinje novi ciklus.

Komora za skupljanje i mjerenje čestica nalazi se između izvora i ionizacijske komore. Napon napajanja ionizacijskih komora ima suprotne polaritete. Kao izlazni signal, komora 1 daje pozitivnu, a 2 negativnu struju. Izlazi obje komore međusobno su povezani i prikazuju kontinuirani i kompenzirani signal. U ovom se procesu kompenzira različita debljina filtra i / ili različiti uvjeti okoline. Nakon svakog mijenjanja filtra vrši se automatsko podešavanje nule. Tijekom uzorkovanja filtera na području sa prašinom taloži se sve veći broj čestica. Taj sloj prašine koji se neprekidno skuplja slabi intenzitet beta - snopa. U svakom trenutku ovaj izlazni signal dostavlja stvarne podatke uzorkovane mase na mjestu filtriranja te je konstantno

poznata vrijednost mase (u μg) na mjestu filtra i može se promatrati brzina uzorkovanja čestica. Za proračun koncentracije prašine, trenutni protok zraka točno se mjeri sondom. Pri korištenju dovoda za odabir veličine (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), brzina protoka mora biti konstantna. Utjecaj nestabilne vlage u vanjskom zraku kao i opasnost od kondenzacije vode u epruveti za uzorkovanje može se spriječiti upotrebom grijane cijevi za uzorkovanje. Ovaj mogući utjecaj važno je uzeti u obzir samo pri visokoj vlažnosti zraka ljeti ili po maglovitim danima. (41)

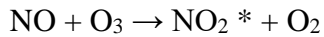


Slika 9. Instrument za monitoring PM_{10} , FH 62 I-R

3.3. Mjerenje dušikovih oksida

Određivanje vrijednosti dušikova dioksida i dušikova monoksida (NO_x) iz vanjskog zraka vrši se standardnom metodom kemiluminiscencije (HRN 14211:2012).

Kemiluminescentna metoda (Slika 10) koristi reakciju NO s O₃:



Dio NO₂ koji nastaje kao rezultat te reakcije postaje NO₂*. Kako se ove pobuđene molekule vrate u osnovno stanje, nastaje kemiluminiscencija u rasponu od 600 nm do 3000 nm. Intenzitet svjetlosti proporcionalan je koncentraciji molekula NO i mjerenjem iste dobivamo koncentraciju NO u uzorku. Deoksidacijski pretvarač mijenja NO₂ u NO, što se mjeri. Drugim riječima, koncentracija NO₂ može se dobiti razlikom između koncentracije NO_x, izmjerene kada se uzorak plina usmjerava kroz pretvarač, i koncentracije NO, izmjerene kada plin ne teče kroz pretvarač. (42)



Slika 10. APNA-370 Ambient NO_x Monitor, uređaj za mjerenje vrijednosti NO_x-a

3.4. Brojenje prometa

Neprekidno automatsko brojenje prometa (NAB) bazira se na upotrebi nepomičnih automatskih brojača transporta (Slika 11) ugrađenih na brojačkim lokacijama. Stacionarno kontinuirano prebrojavanje vrši se uređajima s aktivnim elektromagnetskim indukcijskim petljama koje su integrirane u prometnice. Svaki prometni trak sadrži par indukcijskih petlji priključenih na aparat. Brojači zatim razvrstavaju prometala pomoću elektromagnetske slike vozila. Stacionarna se brojila samostalno napajaju sunčevom energijom. Također je formirana i dvosmjerna komunikacija s brojilom putem odgovarajućih računalnih programa, kojima se omogućava trenutni uvid u strukturu i intenzitet prometa, kontrola ispravnosti rada i stanja dijelova brojačkog uređaja te daljinsko preuzimanje informacija. Nadalje, brojila imaju sposobnost slanja SMS-poruka (primjerice, o neovlaštenom otvaranju ormarića, dojavu o prekidu petlje i sl.). (43)

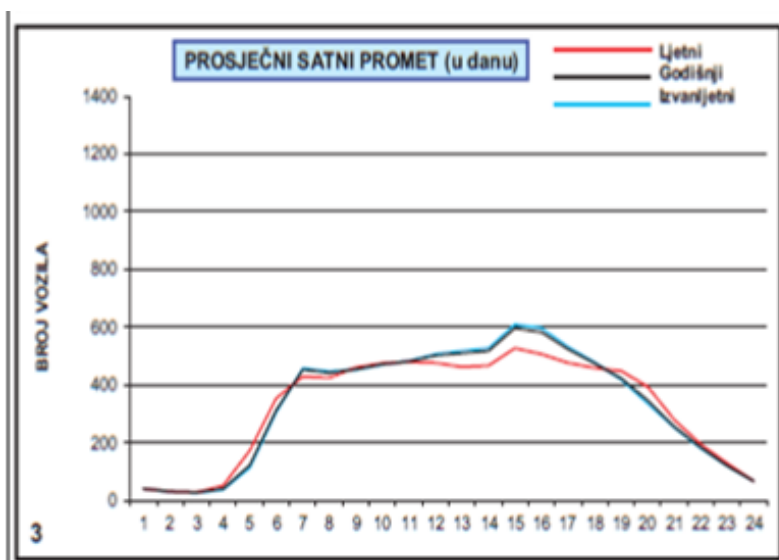


Slika 11. Brojač prometa (NAB)

4. Rezultati

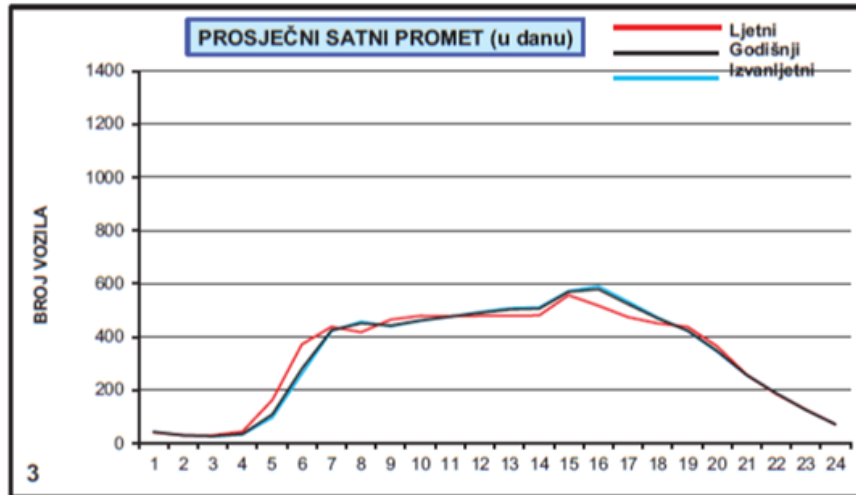
Na temelju svakodnevnog mjerenja Državnog hidrometeorološkog zavoda i Hrvatskih cesta objavljeni rezultati su u obliku godišnjih izvješća ili podataka na serveru i dostupni na njihovim internetskim stranicama. Podatci onečišćivača PM i NO_x su objavljeni u obliku satnih i dnevnih validiranih podataka za promatrano razdoblje (01.07.2017.-31.08.2017. i 01.07.2018.-31.08.2018.) s iznimkom od 21.08.2017.-31.08.2017. za NO_x i 16.08.2018.-31.08.2018. za PM₁₀ zbog kvara na uređajima za mjerenje te podatci u tim mjesecima ne zadovoljavaju traženi obuhvat mjerenja na mjesečnoj bazi. Podatci brojača prometa su dostupni samo u obliku godišnjih izvješća za prosječni ljetni dnevni promet (PLDP), za srpanj i kolovoz određene godine te su podatci obrađeni i prikazani u obliku grafova i tablica. U nastavku će se prikazati podatci mjerenja za promatrano razdoblje, grafički i tablično.

Graf 1. Prosječni ljetni satni prosjek prometa, 2017.



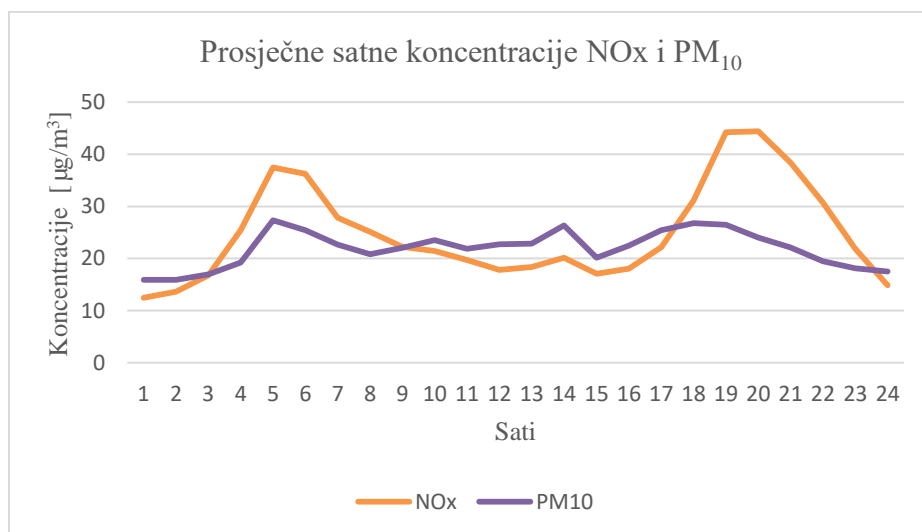
Graf 1 opisuje prosječni ljetni satni promet u 2017. godini iz kojeg možemo iščitati da je najveći promet zabilježen u 7 sati i u 15 sati što odgovara povećanju prometa zbog odlaska i povratka na posao.

Graf 2. Prosječni ljetni satni prosjek prometa, 2018.



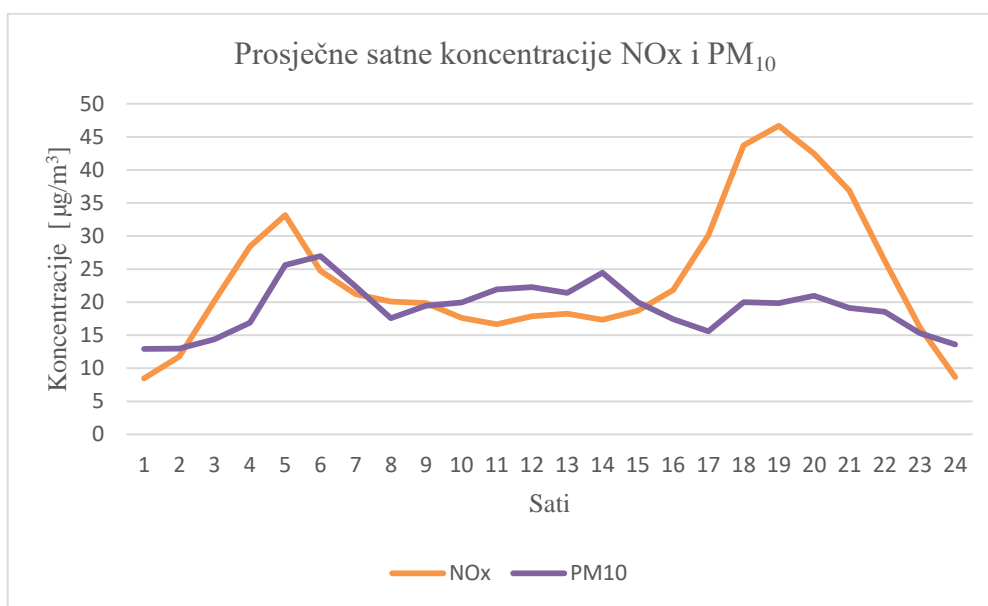
Graf 2 prikazuje prosječni ljetni satni promet u 2018. godini i poput 2017. godine, najveći je promet u 7 sati i 15 sati, u vrijeme gužvi zbog dnevnih migracija radi posla.

Graf 3. Prosječne satne koncentracije NO_x i PM₁₀, 2017.



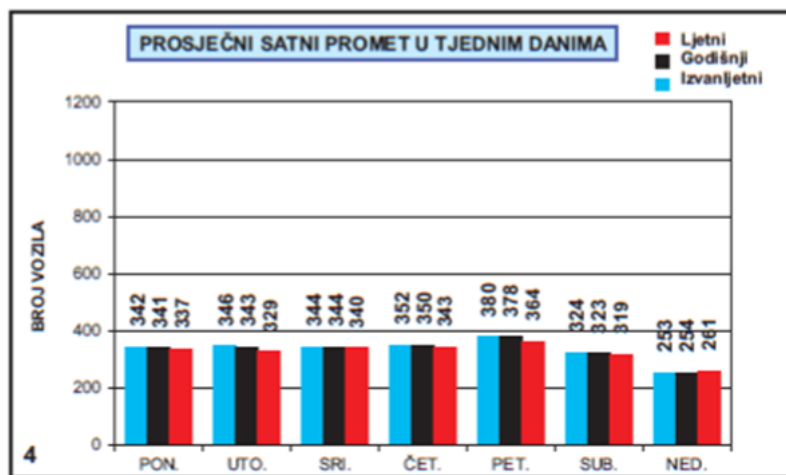
Graf 3 prikazuje kretanje prosječnih satnih koncentracija onečišćivača NO_x i PM₁₀ u 2017. godini. Iz prikazanog grafa uočavamo da su koncentracije NO_x-a najviše u periodima od 5– 6 sati te od 19-20 sati (44.42 μg/m³). Maksimalne su koncentracije PM₁₀ u 5 (27.31 μg/m³), 14 i 18 sati.

Graf 4. Prosječne satne koncentracije NO_x i PM₁₀, 2018.



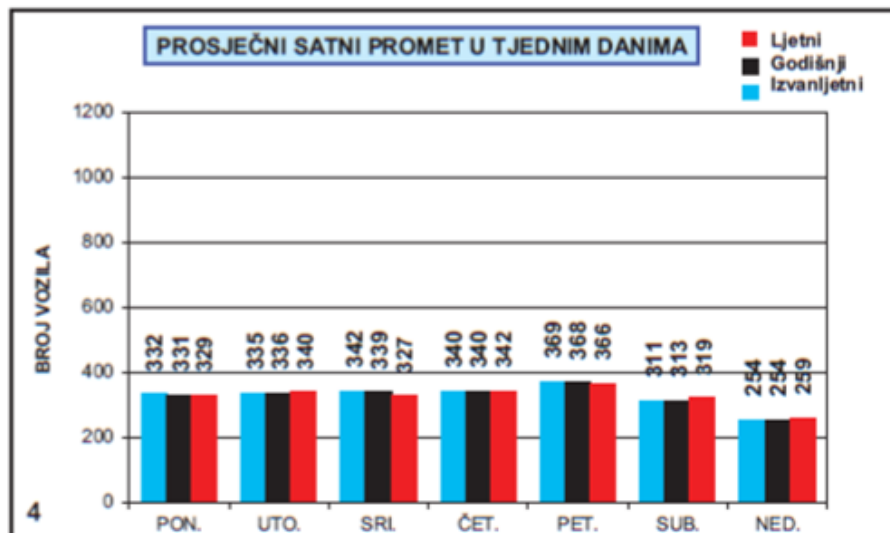
Graf 4 opisuje kretanje prosječnih satnih koncentracija onečišćivača NO_x i PM₁₀ u 2018. godini. Najveće su koncentracije PM₁₀ u 6 sati (26.94 μg/m³) i 14 sati dok su maksimalne koncentracije NO_x-a u 5 sati i u periodu od 18– 20 sati (19 sati 46.68 μg/m³).

Graf 5. Prosječni ljetni satni promet u tjednim danima, 2017.



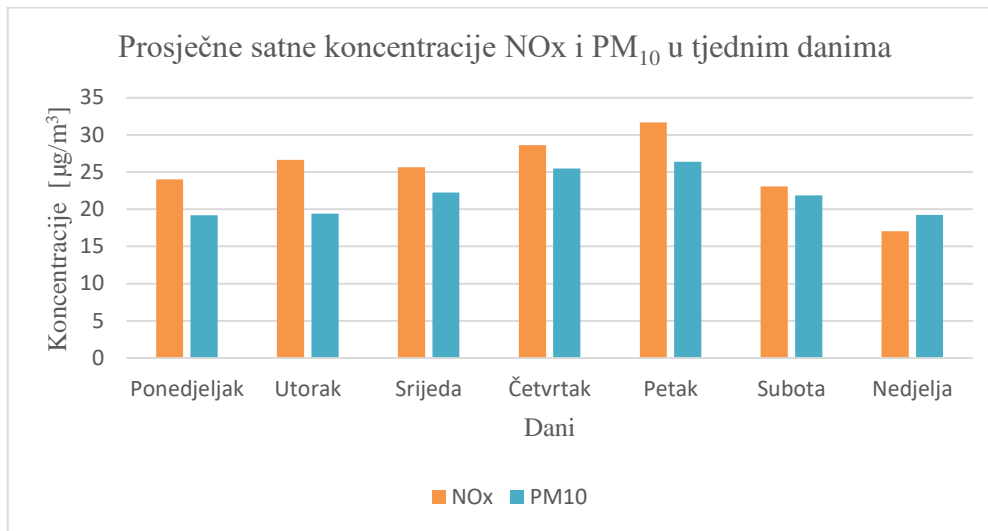
Graf 5 prikazuje prosječni ljetni satni promet kroz dane u tjednu u 2017. godini. Petkom je najveći promet (prosječno 364 vozila) a slijede ga četvrtak i srijeda s prosječno oko 340 vozila. Najmanji je promet nedjeljom (261 vozilo).

Graf 6. Prosječni ljetni satni promet u tjednim danima, 2018.



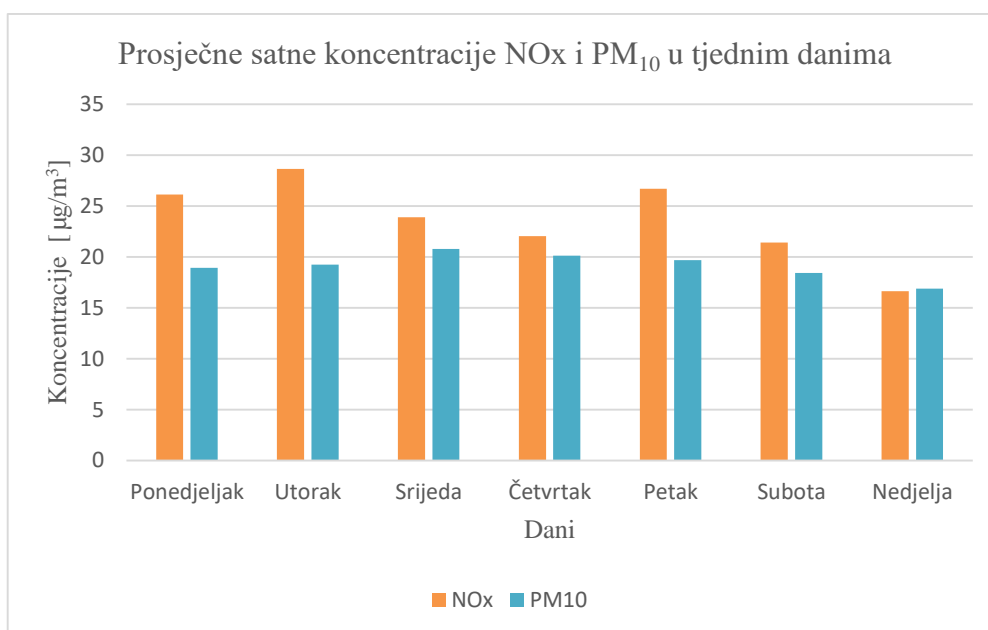
Graf 6 prikazuje prosječni ljetni satni promet kroz dane u tjednu u 2018. godini. Kao i u 2017. godini petak je dan s najviše prometa a nedjelja s najmanje. No u 2018. godini povećao se promet utorkom s prosječno 329 na 340 vozila.

Graf 7. Prosječne satne koncentracije NO_x i PM₁₀ u tjednim danima, 2017.



Graf 7 opisuje kretanje prosječnih satnih koncentracija onečišćivača NO_x i PM₁₀ kroz dane u tjednu u 2017. godini. Najviše koncentracije oba onečišćivača su petkom (NO_x 31.65µg/m³, PM₁₀ 26.37µg/m³) i četvrtkom, zatim slijedi srijeda za PM₁₀ te utorak za NO_x. Najniže koncentracije su nedjeljom (NO_x 17.09µg/m³, PM₁₀ 19.22µg/m³) što se podudara i s mjerenjima prometa.

Graf 8. Prosječne satne koncentracije NO_x i PM₁₀ u tjednim danima, 2018.



Graf 8 opisuje kretanje prosječnih satnih koncentracija onečišćivača NO_x i PM₁₀ kroz dane u tjednu u 2018. godini. Maksimalna koncentracija NO_x-a je utorkom (28.63 µg/m³) nakon kojeg slijede petak pa ponedjeljak. Onečišćivač PM₁₀ maksimalne koncentracije ima srijedom (20.77 µg/m³), četvrtkom te petkom. Minimalne koncentracije oba onečišćivača su nedjeljom (NO_x 16.63 µg/m³, PM₁₀ 19.87 µg/m³).

Tablica 5. Prosječne ljetne dnevne koncentracije i promet te postotak promjene, 2017. i 2018.

	2017	2018	% promjene
<i>NO_x [µg/m³]</i>	24.87853	23.63776	-0.04987
<i>PM₁₀ [µg/m³]</i>	21.89931	20.51135	-0.06338
<i>Promet</i>	7896	7828	-0.86

Tablica prikazuje prosječne ljetne dnevne podatke iz koje je vidljivo da su vrijednosti onečišćivača i prometa u opadanju s obzirom na 2017. godinu.

5. Rasprava

Godišnja izvješća za 2017. i 2018. godinu prikazuju kvalitetu zraka u Osijeku, za parametar NO_x, kao zrak prve kategorije kvalitete. No za parametar PM₁₀, od početka mjerenja u Osijeku, zrak je druge kategorije kvalitete jer svake godine dnevne koncentracije prekorače graničnu vrijednost od 50 µg/m³ preko 35 puta u godini. Međutim u srpnju i kolovozu obiju godina granične vrijednosti nisu prekoračene.

Uspoređujući rezultate mjerenja na području Osijeka vidljivo je da nema značajne razlike između podataka za 2017. i 2018. godinu. Prosječni satni promet obiju godina ukazuje da je najveći promet u 7 sati i 15 sati, što je i očekivano uzimajući u obzir dnevne migracije radi posla. Prosječne satne koncentracije NO_x su maksimalne u 5 sati i od 19–20 sati a PM₁₀ su u razdoblju od 5–6 sati te u 14 sati. NO_x nema očekivani porast vrijednosti od 15–17 sati iz čega možemo zaključiti da maksimalne koncentracije onečišćavala nisu povezane s maksimalnim satnim prometom. Uzimajući u obzir da su dušikovi oksidi prekursori u nastanku lebdećih čestica, dnevni hod koncentracija PM₁₀ ne prati dnevni hod koncentracija NO_x. Prosječni satni promet i prosječne satne koncentracije dušikovih oksida i lebdećih čestica u tjednim danima ukazuju da su petak i utorak dani s maksimalnim vrijednostima NO_x-a, petak i srijeda s maksimalnim vrijednostima lebdećih čestica i petak s maksimalnim količinama prometa te nedjelja dan s minimalnim vrijednostima podataka te ti podatci vrijede za obje godine. Usporedimo li podatke mjerenja lebdećih čestica u Osijeku s podacima mjerne postaje Kopački rit, ruralne pozadinske postaje dvadesetak kilometara udaljene od Osijeka, primijetit ćemo da dani s minimalnim vrijednostima PM₁₀ prosječne satne koncentracije u tjednim danima su utorak i srijeda, ovisno o godini u kojoj se promatra. Mjerna postaja Kopački rit se nalazi u parku prirode te cestovni promet ima ograničen utjecaj na rezultate mjerenja. Nadalje, proučavajući prosječne satne koncentracije vidljivo je da su koncentracije lebdećih čestica u 14 sati minimalne, što je interesantno jer su u Osijeku u

14satimaksimalne koncentracije. S obzirom na te rezultate jedan od mogućih utjecaja na porast vrijednosti u Osijeku je cestovni promet. No uzimajući ostale rezultate u obzir ne možemo sa sigurnošću reći da cestovni promet ima utjecaja na koncentracije dušikovih oksida i lebdećih čestica u promatranom razdoblju na području Osijeka. Nekoliko je mogućih razloga. U Akcijskom planu smanjenja onečišćenja česticama (PM₁₀) za grad Osijek u razdoblju od 2015. do 2020. godine navodi se da koncentracije dušikovih oksida nisu uglavnom pod utjecajem emisija prometa na toj lokaciji te da utjecaj imaju i drugi faktori. Nadalje, maksimalne koncentracije NO_x-a uočavaju se u večernjim satima čega je mogući uzrok rast emisija kućanstva u tom razdoblju dana. Minimalni obuhvat podataka za PM₁₀ u kolovozu 2018. godine te za NO_x također u kolovozu 2017. godine, nije iznosio potrebitih 90% zbog kvara na uređajima za mjerenje te iz tog razloga podatci u tim razdobljima nisu reprezentativni. Nadalje, lokacija mjerne postaje nije zadovoljavajuća. Mjerna je postaja udaljena od ceste odnosno raskrižja 16 metara te podatci nisu reprezentativni za stanje kvalitete zraka na širem području. Drvored i oglasni pano u blizini mjerne postaje onemogućavaju slobodno strujanje zraka. Mjerni su instrumenti smješteni ispod krošnje drveta što može imati značajan utjecaj na smanjenje rezultata mjerenja lebdećih čestica jer se one talože na krošnji odnosno lišću na drvetu. Iskazana je potreba za novom lokacijom mjerne postaje. Mjerna postaja Osijek-2 je u postupku montaže na novoj lokaciji i očekivanja su da će do kraja 2019. godine biti u uporabi. Nadalje, brojač prometa Podravlje zbog svoje lokacije je u mogućnosti prikazati samo djelomični promet Osijeka, onaj koji vodi prema Baranji te sav ostali promet nije zabilježen. Potrebno je uspostaviti brojač prometa u gradu kako bi se dobili reprezentativniji podatci. Iz rezultata smo naime sa sigurnošću uočili da su i promet i koncentracije dušikovih oksida i lebdećih čestica u trendu opadanja.

6. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja i prikupljenih podataka tijekom svakodnevnog mjerenja dušikovih oksida i lebdećih čestica (PM₁₀) u 2017. i 2018. godini te uspoređujući ih s podacima brojanja prometa u svrhu usporedbe mogućeg utjecaja prometa na kvalitetu zraka dolazimo do sljedećih zaključaka:

- nismo utvrdili značajnu povezanosti između prometa i onečišćavala NO_x-a i PM₁₀.
- Nužno je uspostaviti novu lokaciju mjerne postaje za kvalitetu zraka u Osijeku.
- Zbog reprezentativnosti potrebno je postaviti brojač prometa u gradu Osijeku.
- Istraživanje bi se trebalo ponoviti nakon uspostave nove mjerne postaje za kvalitetu zraka.
- Potrebno je detaljnije ispitati vezu prometa i onečišćivala PM₁₀ i NO_x na području Osijeka te svakako uzeti u obzir i ostale čimbenike koji mogu utjecati na koncentracije lebdećih čestica i dušikovih oksida.

7. Literatura

1. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=67451>
2. <http://www.istrazrak.hr/sto-je-zrak>
3. <http://priodahrvatske.com/2018/12/22/zrak-prostor-u-kojem-zivimo-i-kojeg-disemo/>
4. http://www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje_zraka.pdf
5. <http://www.zzjzpgz.hr/nzl/62/zrak.htm>
6. www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje_zraka.pdf
7. <https://www.zakon.hr/z/269/Zakon-o-za%C5%A1titi-zraka>
8. <http://www.haop.hr/hr/baze-i-portali/kvaliteta-zraka-u-republici-hrvatskoj>
9. <http://www.propisi.hr/print.php?id=3895>
10. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=16718>
11. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjchbCAj7nkAhXFjKQKHcZaAcIQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwebdab01.umweltbundesamt.at%2Fdownload%2Fsubmissions2019%2FHHR_IIR2019.zip%3Fcgiproxy_skip%3D1&usg=AOvVaw1iu23J8GHuYEn_Tu_BAoWq
12. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj5me-So6XkAhWxsaQKHYGbCK8QFjAAegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fzpio.unios.hr%2Fwp-content%2Fuploads%2Fradovi%2Fdokt.disert%2Fsanja.pintaric.pdf&usg=AOvVaw18SunTCgVVVsZGgk8pliQoT>
13. <https://books.google.hr/books?id=kSJY-EV11KEC&pg=PA5&dq=NOx+nitrogen+oxides&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwi-m5LPkaPkAhXHAewKHYgQB2gQ6AEIKTAA#v=onepage&q=NOx%20nitrogen%20oxides&f=true>

14. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/ktfst%3A191>
15. <http://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=161&t=-1>
16. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/kemos%3A226>
17. <https://repositorij.kemija.unios.hr/islandora/object/kemos%3A135/datastream/PDF/view>
18. https://bib.irb.hr/datoteka/783913.Tahir_Sofili_ZDRAVLJE_I_OKOLI_recenzirano.pdf
19. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjchbCAj7nkAhXFjKQKHcZaAcIQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwebdab01.umweltbundesamt.at%2Fdownload%2Fsubmissions2019%2FHR_IIR2019.zip%3Fcgiproxy_skip%3D1&usg=AOvVaw1iu23J8GHuYEn_Tu_BAoWq
20. <https://jamanetwork.com/journals/jamapsychiatry/fullarticle/1393589>
21. <http://www.istrazrak.hr/oneciscujuce-tvari>
22. <https://gov.hr/moja-uprava/stanovanje-i-okolis/briga-o-okolisu/kvaliteta-zraka/488>
23. <http://www.haop.hr/hr/baze-i-portali/kvaliteta-zraka-u-republici-hrvatskoj>
24. <http://www.haop.hr/hr/kvaliteta-zraka-u-republici-hrvatskoj/kvaliteta-zraka-u-republici-hrvatskoj>
25. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=11341>
26. <https://www.prometna-zona.com/podjela-cesta/>
27. <http://mppi.hr/default.aspx?id=406>
28. <https://www.zakon.hr/z/244/Zakon-o-cestama>
29. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_05_41_784.html
30. <https://www.zakon.hr/z/78/Zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama>
31. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2004_12_180_3130.html
32. <https://www.ekologija.com.hr/utjecaj-prometa-na-okolis/>

33. <https://www.prometna-zona.com/brojanje-ili-snimanje-prometa/>
34. <https://hrvatske-ceste.hr/hr/stranice/promet-i-sigurnost/dokumenti/14-brojenje-prometa>
35. <https://www.prometna-signalizacija.com/informacijsko-komunikacijski-sustavi-u-prometu/brojila-prometa/>
36. https://hrvatske-ceste.hr/uploads/documents/attachment_file/file/363/PLDP2018.pdf
37. <http://hac.hr/hr/promet-i-sigurnost/promet>
38. <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=86724>
39. https://www.osijek.hr/wp-content/uploads/2017/03/Program-za%20C5%A1tite-zraka_2017_Usvojeno.pdf
40. <http://iszz.azo.hr/iskzl/postajad.html?pid=160>
41. <http://www.horiba.com/us/en/process-environmental/products/ambient/details/apna-370-ambient-nox-monitor-274/>
42. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjD-6iPxLLkAhUF3qQKHAVNVCi0QFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.instrumentcompaniet.no%2Ffiles%2FTHERMO_Datablad%2FFH62IR-english.pdf&usg=AOvVaw2yywa-Oq7gQYGtozIMkHhK
43. <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=86724>

SLIKE

1. <https://www.airq.hr/kvaliteta-zraka/>
2. <http://www.propisi.hr/print.php?id=3895>
3. <https://repozitorij.kemija.unios.hr/islandora/object/kemos%3A135/datastream/PDF/view>
4. <https://repozitorij.kemija.unios.hr/islandora/object/kemos%3A135/datastream/PDF/view>

5. <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=86724>
6. <https://www.google.com/maps/@45.5697651,18.7094755,3a,63.3y,64.89h,91.17t/data=!3m6!1e1!3m4!1sQFlnlyHooHr7C56wUwwK6A!2e0!7i13312!8i6656>
7. <https://www.google.com/maps/@45.5697651,18.7094755,3a,63.3y,64.89h,91.17t/data=!3m6!1e1!3m4!1sQFlnlyHooHr7C56wUwwK6A!2e0!7i13312!8i6656>
8. <https://www.google.com/maps/@45.5697651,18.7094755,3a,63.3y,64.89h,91.17t/data=!3m6!1e1!3m4!1sQFlnlyHooHr7C56wUwwK6A!2e0!7i13312!8i6656>
9. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUK EwjD-6iPxLLkAhUF3qQKHVNVCl0QFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.instrumentcompaniet.no%2Ffiles%2FTHERMO_Datablad%2FFH62IR-english.pdf&usg=AOvVaw2yywa-Oq7gQYGtozIMkHhK
10. <http://www.horiba.com/us/en/process-environmental/products/ambient/details/apna-370-ambient-nox-monitor-274/>
11. <https://images.app.goo.gl/vKPV1ZPotRRxwjLz9>

TABLICE

1. <http://www.propisi.hr/print.php?id=3895>
2. <http://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=161&t=-1>
3. <http://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=161&t=-1>
4. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEWjnp6au9qPkAhVR6KQKHZAJDGoQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.dzs.hr%2FHrv_Eng%2FPokazatelj%2FTransport%2520i%2520komunikacije%2FTransport%2520-%2520Pregled.xlsx&usg=AOvVaw3Pqa2sFECD94dj3AsT6_c0

ŽIVOTOPIS

Zovem se Ana Čičak. Rođena sam 13. siječnja 1995. godine u Osijeku gdje sam završila i svoje srednjoškolsko obrazovanje (Opća gimnazija). Godine 2014. započela sam studij Sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu i stekla titulu bacc. sanit. ing. Nakon toga upisujem diplomski studij sanitarnog inženjerstva na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci.