Analiza kakvoće zraka na području Splitsko-dalmatinske županije

Klanac, Iva

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:167:195778

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

ANALIZA KAKVOĆE ZRAKA NA PODRUČJU SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE

ZAVRŠNI RAD

IVA KLANAC
Matični broj: 20

Split, rujan 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ
ZAŠTITA I OPORABA MATERIJALA

ANALIZA KAKVOĆE ZRAKA NA PODRUČJU SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE

ZAVRŠNI RAD

IVA KLANAC
Matični broj: 20

Split, rujan 2019.

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
UNDERGRADUATE PROFESSIONAL STUDY
PROTECTION AND RECOVERY OF MATERIALS

AIR QUALITY ANALYSIS IN SPLIT-DALMATIA COUNTY

BACHEROL THESIS

IVA KLANAC
Parent number: 20

Split, September 2019.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu
Kemijsko-tehnološki fakultet
Preddiplomski stručni studij, Zaštita i oporaba materijala

Znanstveno područje: tehničke znanosti
Znanstveno polje: kemijsko inženjerstvo
Tema rada je prihvaćena na 19. sjednici Fakultetskog vijeća održanoj 23.11.2018 .godine.

Mentor: prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović

ANALIZA KAKVOĆE ZRAKA NA PODRUČJU SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE

Iva Klanac, 20

Sažetak: Zrak je smjesa plinova bez boje i mirisa, neophodna za život ljudi, biljaka i životinja. Zbog ljudskog zdravlja, ali i očuvanja okoliša iznimno je važno kontrolirati kakvoću zraka. U ovom radu analizirani su podatci koji ukazuju na stanje onečišćenosti zraka na području Splitsko-dalmatinske županije (SDŽ), u petogodišnjem razdoblju (2013-2017.), temeljem izvješća javno dostupnih preko Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode. Najveća je prijavljena količina ispuštanja ugljikova dioksida (CO_2) > 99% u odnosu na ukupnu količinu ostalih ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak. Ostale onečišćujuće tvari čije su emisije zabilježene su CO, NO_2, SO_2, PM_{10} čestice, nemetalni hlapljivi organski spojevi (NMHOS) te u manjim količinama fluorovodici i klorovodici, policiklički aromatski ugljikovodici te teški metali (živa i cink). Također, analiza podataka za najzastupljenije onečišćujuće tvari za razdoblje 2013.-2017. ukazuje na smanjenje u prijavljenim količinama CO_2, SO_2 i PM_{10}, dok količina NO_2 oscilira, a količina CO ima trend rasta. Zrak je na području Splitsko-dalmatinske županije ocijenjen kao zrak I kategorije, izuzev postaje Split-Poljud koji bilježi lošije rezultate u 2013. godini te je ocijenjen kao zrak II kategorije. Informacijski sustav zaštite okoliša je jednostavan i praktičan alat koji omogućava kontinuirano praćenje stanja pojedinih sastavnica okoliša, posebice kakvoće zraka te može poslužiti kao vrijedna pomoć pri donošenju odluka o pitanjima zaštite okoliša.

Ključne riječi: kakvoća zraka, onečišćujuće tvari, CO_2, kategorija zraka, Informacijski sustav zaštite okoliša i prirode

Rad sadrži: 43 stranice, 13 slika, 16 tablica, 34 literaturne reference

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav povjerenstva za obranu:
1. Doc. dr. sc. Ivona Nuić - predsjednik
2. Doc. dr. sc. Damir Barbir - član
3. Prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović - član - mentor

Datum obrane: 30.09.2019. godine

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35.

BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHEROL THESIS

University of Split
Faculty of Chemistry and Technology Split
Undergraduate professional study, Protection and recovery of materials

Scientific area: Technical Sciences
Scientific field: Chemical Engineering
Thesis subject was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology session no. 19 held on 23.11.2018.
Mentor: Ph.D. Nediljka Vukojević Medvidović, full prof.

AIR QUALITY ANALYSIS IN SPLIT-DALMATIA COUNTY

Iva Klanac, 20

Abstract: Air is a mixture of gases without color and odor, essential for the life of human, plants and animals. Thus for protection of human health and preservation of the environment, it is extremely important to control the quality of the air. This paper analyzes data indicating the state of air pollution in the Split-Dalmatia County (SDC) over a five-year period (2013-2017), based on the report publicly available on the website of the Croatian Environmental Information System. Among pollutants emission into the air, the highest reported amount is carbon dioxide (CO_2), reaching > 99% of the total amount of pollutant emissions. Other pollutants which emissions were recorded are CO, NO_2, SO_2, PM_{10} particles, non-metallic volatile organic compounds (NMVOC) and in smaller quantities hydrofluorocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals (mercury and zinc). Data analysis of pollutants for the period 2013-2017 indicate a decrease in reported amounts of CO_2, SO_2 and PM_{10} in the air, while the amount of NO_2 fluctuates, and of CO have an upward trend. Quality of air in the region of Split-Dalmatia County was rated as Category I, except for the Split-Poljud station, which recorded worse results in 2013 and was rated as Category II. The Croatian Environmental Information System is a simple and practical tool that enables the continuous monitoring of the particular environmental components, such as air quality, and can serve as a valuable asistance in environmental decision making.

Keywords: air quality, pollutants, CO_2, air category, Croatian Environmental and Nature Information System

Thesis contains: 43 pages, 13 figures, 16 tables, 34 references

Original in: Croatian

Defence committee:
1. Ph.D. Ivona Nuić, assisant prof. -chair person
2. Ph.D. Damir Barbir, assisant prof. - member
3. Ph.D. Nediljka Vukojević Medvidović, full prof. -supervisor

Defence date: 30.09.2019.

Printed and electronic (pdf format) version od thesis is deposed in Library of Faculty of Chemistry and Technology Split, Ruđera Boškovića 35.

Završni rad je izrađen u Zavodu za inženjerstvo okoliša, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom prof. dr. sc. Nediljke Vukojević Medvidović, u razdoblju od siječnja do rujna 2019. godine.

Veliko hvala mentorici prof. dr. sc. Nediljki Vukojević Medvidović na predloženoj temi, savjetima i pomoći tijekom izrade ovog rada.

Također, veliko hvala mojoj obitelji i prijateljima koji su mi bili podrška tijekom cijelog studiranja.

Iva Klanac

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

1. Sistematizirati podatke o količinama ispuštenih onečišćujućih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji (SDŽ) u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.), korištenjem Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode.
2. Sistematizirati podatke o kakvoći zraka na području Urbane aglomeracije Split u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.), korištenjem Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode.
3. Temeljem prikupljenih podataka izvesti zaključke o stanju onečišćenosti zraka na području SDŽ.
4. Ispitati u kolikoj mjeri podatci dostupni preko Informacijskog sustava zaštite okoliša mogu poslužiti u procjeni stanja onečišćenosti zraka na području SDŽ u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.).

SAŽETAK

Zrak je smjesa plinova bez boje i mirisa, neophodna za život ljudi, biljaka i životinja. Zbog ljudskog zdravlja, ali i očuvanja okoliša iznimno je važno kontrolirati kakvoću zraka. U ovom radu analizirani su podatci koji ukazuju na stanje onečišćenosti zraka na području Splitsko-dalmatinske županije (SDŽ), u petogodišnjem razdoblju (2013-2017.), temeljem izvješća javno dostupnih preko Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode. Najveća je prijavljena količina ispuštanja ugljikova dioksida (CO_2) > 99% u odnosu na ukupnu količinu ostalih ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak. Ostale onečišćujuće tvari čije su emisije zabilježene su CO, NO_2, SO_2, PM_{10} čestice, nemetalni hlapljivi organski spojevi (NMHOS) te u manjim količinama fluorovodici i klorovodici, policiklički aromatski ugljikovodici te teški metali (živa i cink). Također, analiza podataka za najzastupljenije onečišćujuće tvari za razdoblje 2013.-2017. ukazuje na smanjenje u prijavljenim količinama CO_2, SO_2 i PM_{10}, dok količina NO_2 oscilira, a količina CO ima trend rasta. Zrak je na području Splitsko-dalmatinske županije ocijenjen kao zrak I kategorije, izuzev postaje Split-Poljud koji bilježi lošije rezultate u 2013. godini te je ocijenjen kao zrak II kategorije. Informacijski sustav zaštite okoliša je jednostavan i praktičan alat koji omogućava kontinuirano praćenje stanja pojedinih sastavnica okoliša, posebice kakvoće zraka te može poslužiti kao vrijedna pomoć pri donošenju odluka o pitanjima zaštite okoliša.

Ključne riječi: kakvoća zraka, onečišćujuće tvari, CO_2, kategorija zraka, Informacijski sustav zaštite okoliša i prirode

SUMMARY

Air is a mixture of gases without color and odor, essential for the life of human, plants and animals. Thus for protection of human health and preservation of the environment, it is extremely important to control the quality of the air. This paper analyzes data indicating the state of air pollution in the Split-Dalmatia County (SDC) over a five-year period (2013-2017), based on the report publicly available on the website of the Croatian Environmental Information System. Among pollutants emission into the air, the highest reported amount is carbon dioxide (CO_2), reaching > 99% of the total amount of pollutant emissions. Other pollutants which emissions were recorded are CO, NO_2, SO_2, PM_{10} particles, non-metallic volatile organic compounds (NMVOC) and in smaller quantities hydrofluorocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals (mercury and zinc). Data analysis of pollutants for the period 2013-2017 indicate a decrease in reported amounts of CO_2, SO_2 and PM_{10} in the air, while the amount of NO_2 fluctuates, and of CO have an upward trend. Quality of air in the region of Split-Dalmatia County was rated as Category I, except for the Split-Poljud station, which recorded worse results in 2013 and was rated as Category II. The Croatian Environmental Information System is a simple and practical tool that enables the continuous monitoring of the particular environmental components, such as air quality, and can serve as a valuable asistance in environmental decision making.

Keywords: air quality, pollutants, CO_2, air category, Croatian Environmental and Nature Information System

Sadržaj

		Str.
UVOD		1
1.	OPĆI DIO	2
	1.1. Zrak *vs.* atmosfera	3
	1.2. Sastav atmosfere	4
	1.3. Sastav i svojstva zraka	5
	1.4. Kakvoća zraka i njen utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliša	6
	1.5. Procjenjivanje i praćenje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj	11
	1.6. Indeks kakvoće zraka	15
2.	EKSPERIMENTALNI DIO	18
	2.1. Podatci o količinama ispuštenih onečišćujućih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji	19
	2.2. Podatci o kakvoći zraka na području aglomeracije Split	25
3.	OBRADA REZULTATA I RASPRAVA	31
	3.1. Analiza podataka o količinama ispuštenih onečišćujućih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji	32
	3.2. Analiza podataka o kakvoći zraka na području aglomeracije Split	36
4.	ZAKLJUČCI	39
5.	LITERATURA	41

UVOD

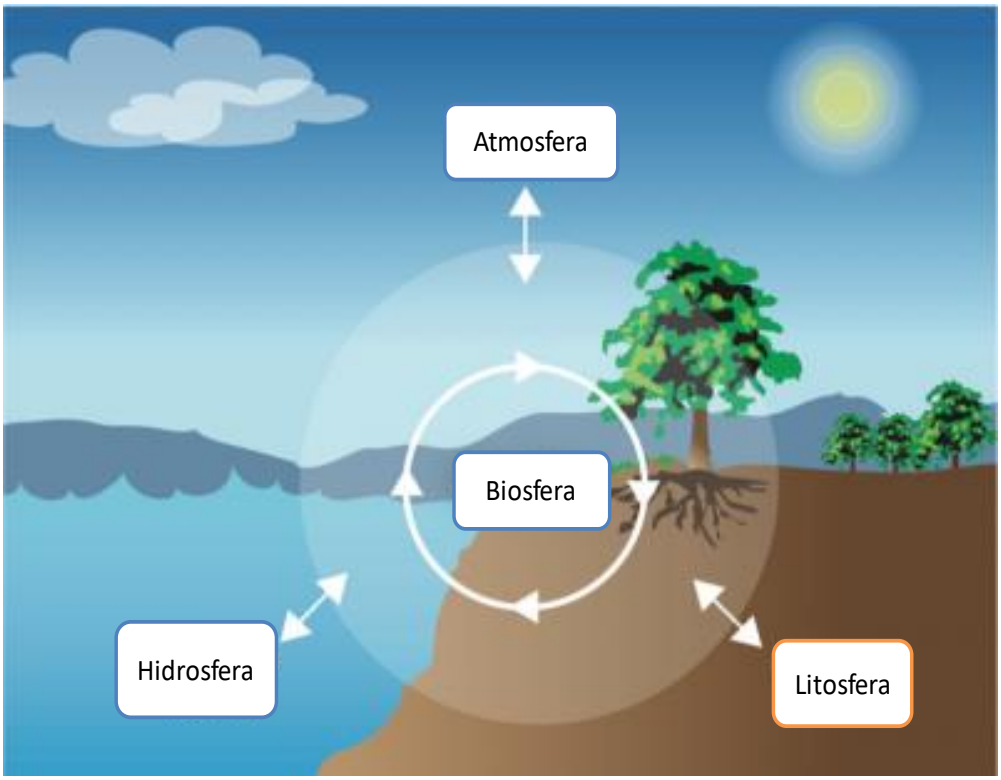
Zrak, po definiciji iz Zakona o zaštiti zraka[1] podrazumijeva zrak troposfere na otvorenom prostoru, izuzevši zrak na mjestu rada. Zrak je naziv za mješavinu plinova koji tvore atmosferu. Da nema zraka ne bi bilo ni života na Zemlji. Zrak nema ni boju ni miris, a neophodan je za disanje i proces gorenja. Sastoji se od dušika (78,10%), kisika (20,93%) i plemenitih plinova u vrlo malim količinama. Tlak, gustoća i masa su najvažnija fizikalna svojstva zraka. Njegovu onečišćenju doprinosi prisutnost štetnih tvari, a što uvelike utječe na zdravlje ljudi i okoliša. Izvori štetnih tvari u okolišu mogu biti prirodni (erupcije vulkana, poplave, požari, itd.) i antropogeni koji su posljedica ljudske djelatnosti (tvari nastale u procesima proizvodnje električne i toplinske energije, u procesima kemijske industrije, metalurgije, industrije cementa, poljoprivrede, itd). Antropogeni izvori mogu biti pokretni i nepokretni. Nepokretni se dijele na točkaste (termoelektrane i rafinerije) i difuzne, a u pokretne se ubrajaju prijevozna sredstva.[2,3] Onečišćujuće tvari koje se mogu pojaviti u zraku su plinovi, lebdeće čestice, radioaktivne tvari, organske tvari i druge onečišćujuće tvari koje imaju negativan utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliša. Zbog toga je iznimno važno kontrolirati kakvoću zraka koja se udiše. Za upravljanje kakvoćom zraka potrebno je redovito pratiti koncentracije onečišćujućih tvari u zraku. U Republici Hrvatskoj razina onečišćenosti zraka procjenjuje se analizom postojećeg stanja na osnovi rezultata mjerenja provedenih u razdoblju od najmanje pet godina. Praćenje kakvoće zraka provodi se u zonama i aglomeracijama, prema Uredbi o određivanju zona i aglomeracija.[4] Kakvoća zraka se prati pomoću državne i lokalne mreže, a podatci iz državne mreže se objavljuju na stranicama Hrvatske agencije za okoliš i prirodu te su sastavni dio Informacijskog sustava zaštite okoliša. U ovom radu analizirani su podatci koji ukazuju na stanje onečišćenosti zraka na području Splitsko-dalmatinske županije.

1. OPĆI DIO

1.1. Zrak *vs.* atmosfera

Zrak je plinoviti omotač koji okružuje Zemlju. Da nema zraka ne bi bilo ni života na Zemlji jer osnovu ljudskog preživljavanja uz vodu i hranu čini zrak. Činjenica je da bez hrane čovjek može živjeti nekoliko tjedana, bez vode nekoliko dana, a bez zraka samo nekoliko minuta.[3]

Zrak je također naziv za mješavinu plinova koji tvore Zemljinu atmosferu - sloj plinova koji okružuju planet Zemlju i koji zadržava Zemljina gravitacija. Zemljina atmosfera, zajedno s litosferom i hidrosferom je komponenta okoliša koja čini biosferu, odnosna sferu života koja omogućava razvoj i opstanak živih organizama. Između komponenti okoliša postoje kontinuirane interakcije koje uključuju transport različitih elemenata, spojeva i oblika energije, kao što je prikazano na slici 1.1.



Slika 1.1. Interakcije između komponenti okoliša atmosfere, hidrosfere i litosfere koje čine biosferu.[5]

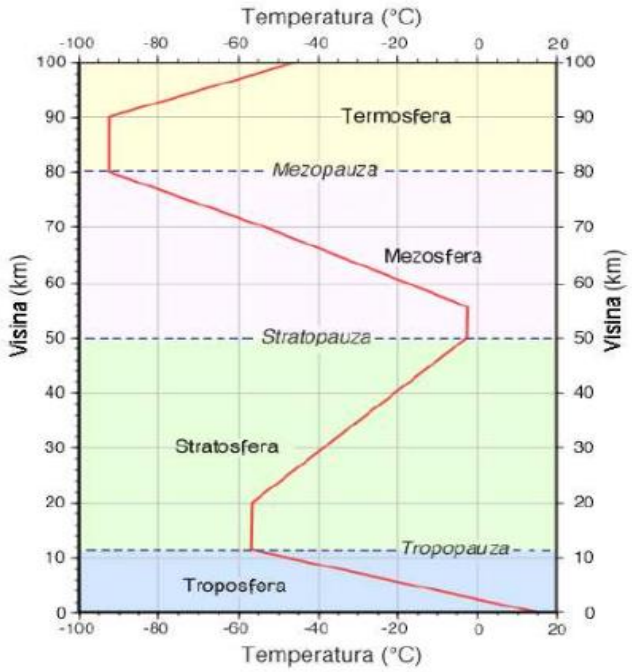
Dakle, atmosfera čini plinovitu fazu odnosno zrak koji je jedan od osnovnih životnih uvjeta, potreban prije svega za disanje i fotosintezu. Sadrži oko četiri petine dušika i jednu petinu kisika, dok su količine ostalih plinova neznatne ili u tragovima.

Kisik se unosi u tijelo procesom disanja, pri čemu iz tijela izlazi ugljikov dioksid. Biljke uzimaju ugljikov dioksid za pripremu hrane tijekom fotosinteze i daju kisik okolišu. Uz to, atmosfera štiti život na Zemlji apsorbirajući ultraljubičasto Sunčevo zračenje i smanjujući temperaturne ekstreme između dana i noći.[6]

1.2. Sastav atmosfere

Današnja atmosfera nastala je iz Zemlje kemijskim i biokemijskim reakcijama. Smatra se da je 99% današnje atmosfere „*novo*“ u usporedbi sa sastavom praatmosfere. Nije sigurno od čega je ona bila sastavljena, međutim znanstvenici su različitim istraživanjima zaključili da su praatmosferu najvećim dijelom činili plinovi nastali tijekom vulkanskih erupcija. Vodena para, dušik, ugljikov dioksid i sumporov dioksid jedni su od plinova koji i danas nastaju taljenjem Zemljine kore i odlaze u atmosferu. U Zemljinoj prošlosti praoceani su nastali procesom kondenzacije vodene pare. Tijekom vremena dolazilo je do raznih promjena u praatmosferi kao što je otapanje plinova u vodi ili kemijske reakcije između njih. Otapanjem ugljikova dioksida u vodi nastao je vapnenac od kojeg su građeni planinski lanci. Najveća evolucija dogodila se pojavom prvih, primitivnih biljaka. Biljke su procesom fotosinteze proizvodile kisik, a trošile ugljikov dioksid. Kisik se u gornjim dijelovima atmosfere, uslijed ultraljubičastog zračenja, pretvara u ozon, koji najvećim dijelom sprječava dolazak zračenja sa Sunca do Zemljine površine i time omogućuje daljnji razvoj života na površini. Na daljnju evoluciju Zemljine atmosfere veliki utjecaj imao je i čovjek. Industrijski smog, kisele kiše, uništavanje ozonskog sloja, krčenje šuma i staklenički učinak su pojave koje je izazvao čovjek, a koje uvelike mijenjaju atmosferu.[7]

Atmosfera se s obzirom na temperaturu može podijeliti na troposferu, stratosferu, mezosferu, termosferu i egzosferu, kao što je prikazano na slici 1.2. Između njih su tropopauza, stratopauza, mezopauza i termopauza.



Slika 1.2. Podjela atmosfere prema temperaturi.[8]

Troposfera je najniži i najgušći dio atmosfere, u kojoj se nalazi oko 80% mase atmosfere, skoro sva atmosferska voda, strujanja zraka i vremenske promjene. Stratosfera se prostire od 50 do 55 km iznad Zemljine površine. U početku joj se temperatura ne mijenja, a kasnije raste s visinom zbog prisustva ozona. Mezosfera se nalazi od 50 do 80 km iznad Zemljine površine i smatra se najhladnijim slojem atmosfere. Termosfera se prostire između 80 i 800 km iznad Zemljine površine, odlikuje se naglim porastom temperature. Egzosfera je najviši sloj Zemljine atomsfere te se u njoj nalazi malo plinova, vodika i helija. Ona predstavlja granicu između Zemlje i svemira.[6,7]

1.3. Sastav i svojstva zraka

Zrak, po definiciji iz Zakona o zaštiti zraka podrazumijeva zrak troposfere na otvorenom prostoru, izuzevši zrak na mjestu rada. Zrak je plin bez boje, okusa i mirisa. Kroz njega se može gledati i ima sposobnost gibanja. Sastoji se od dušika (osnovnog biogenog elementa potrebnog za izgradnju tijela), kisika (najvažnijeg elementa za gorenje i disanje) te plemenitih plinova u vrlo malim količinama. U tablici 1.1. prikazani su volumni udjeli plinova u čistom zraku.

Tablica 1.1. Volumni udjeli plinova u čistom zraku.[9]

Plin	Volumni udio, %
Dušik (N_2)	78,10
Kisik (O_2)	20,93
Ugljikov dioksid (CO_2)	0,03
Metan (CH_4)	0,00018
Argon (Ar)	0,9325
Neon (Ne)	0,0018
Helij (He)	0,0005
Kripton (Kr)	0,0001
Ksenon (Xe)	0,000009

Najvažnija fizikalna svojstva zraka su tlak, gustoća i masa. Atmosferski tlak je tlak kojeg čini težina zraka na bilo kojem dijelu Zemljine površine. Tlak zraka razlikuje se s mjestom i vremenom. Atmosferski tlak je najveći na razini mora i iznosi 101325 Pa. Zrak ima vrlo malu gustoću, nešto veću od 1 g/dm^3, što je tisuću puta manje od gustoće vode. Gustoća zraka smanjuje se s porastom temperature, tako da se topliji zrak diže u više slojeve atmosfere, a hladniji zrak spušta u niže slojeve atmosfere. Iako je gustoća zraka mala, njegova masa nije zanemariva. Jedan prostorni metar zraka ima masu oko 1 kg.[3]

1.4. Kakvoća zraka i njen utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliš

Prisutnost štetnih tvari u zraku uzrokuju njegovo onečišćenje, a što je jedan od najčešćih čimbenika koji utječu na okoliš i ljudsko zdravlje. Izvori štetnih tvari u zraku mogu se podijeliti u dvije kategorije - prirodne i umjetne. Prirodni izvori su leteći pepeo, dim, aeroalergeni, prašina nošena vjetrom, čestice morske soli, plinovi šumskih požara, plinovi močvara, mikroorganizmi, magla, vulkanski pepeo i plinovi, meteorska prašina, prirodna isparavanja te prirodna radioaktivnost. Umjetni izvori su transport,

industrijska postrojenja, proizvodnja toplinske i električne energije, spaljivanje otpada, ali i ostale djelatnosti kao npr. procesi kemijskog čišćenja, tiskanja, bojanja, rušenja objekata itd.

Izvori onečišćivanja zraka se također dijele na:

- *nepokretne emisijske izvore*:
  - *točkasti izvori* - štetne tvari ispuštaju u zrak kroz za to oblikovane ispuste (postrojenja, tehnološki procesi, ložišta, plinske turbine, spalionice otpada, uređaji, građevine)
  - *difuzni izvori* - štetne tvari se ispuštaju u zrak bez ispusta/dimnjaka (uređaji, određene aktivnosti, površine i druga mjesta)
- *pokretne emisijske izvore* (motorna vozila, šumarski, poljoprivredni traktori i necestovni pokretni strojevi, lokomotive, plovni objekti i zrakoplovi).[2]

Propisima iz područja zaštite zraka propisana je obveza praćenja sljedećih štetnih tvari u zraku: lebdećih čestica (PM), sumporova dioksida (SO_2), dušikova dioksida (NO_2), ugljikova dioksida (CO_2), ugljikova monoksida (CO), nemetanskih hlapljivih organskih spojeva (NMHOS), metana (CH_4), benzena, ozona (O_3) te prisutnost arsena (As), olova (Pb), kadmija (Cd), nikla (Ni), talija (Tl) i žive (Hg) u ukupnoj taložnoj tvari (UTT). U nastavku će se dati kratki osvrt na svojstva i izvore pojedinih štetnih tvari.

Lebdeće čestice (PM) su mješavina kemijskih spojeva (morska sol, prašina, crni ugljen, zgusnute čestice određenih kemikalija) i čestica vode. Veličina lebdećih čestica može varirati od 1 do 10 μm. Lebdeće čestice lebde zrakom te pri udisanju prodiru duboko u pluća. Mogu uzrokovati niz oboljenja, uključujući rak (najčešće pluća), moždani udar ili smrt. Stoga se monitoringom prate lebdeće čestice promjera manjeg od 1 μm (PM_1) koje imaju utjecaj na alveole u plućima, lebdeće čestice promjera manjeg od 2,5 μm ($PM_{2.5}$) koje utječu na dušnik te lebdeće čestice promjera manjeg od 10 μm (PM_{10}) koje imaju učinak na područje nosa. Prirodni izvori lebdećih čestica su prašina, šumski požari, vulkani, a umjetni sagorijevanje krutih i fosilnih goriva (drvo, ugljen i td.), građevinski radovi, automobili, industrija.

Dušikovi oksidi su niz spojeva dušika i kisika opće formule NO_X, a uglavnom se odnose na dušikov monoksid i dušikov dioksid. Dušikov monoksid (NO) je bezbojan plin sa slabim mirisom koji je zapaljiv i djelomično otrovan, dok je dušikov dioksid (NO_2) plin crvenkaste boje sa snažnim mirisom te je nezapaljiv. U većim količinama NO_2 je vrlo

toksičan te ozbiljno oštećuje pluća. NO nastaje izgaranjem svih vrsta fosilnih goriva (iz motornih vozila, elektrana itd.), a u atmosferi se brzo oksidira u NO_2 pod djelovanjem fotokemijskih utjecaja i sunčevih zraka uz prisutnost organskih spojeva u zraku te doprinosi nastanku kiselih kiša i smoga. Oba plina imaju negativan utjecaj na jetru, krv i slezenu. Izloženost visokim koncentracijama izaziva kašalj, vrtoglavicu, grlobolju te bolove u trbušnoj šupljini i prsima.

Ozon (O_3) je vrlo oksidirajući plin sastavljen od tri atoma kisika. Nastaje kao prirodan i umjetan proizvod. U Zemljinoj gornjoj atmosferi (stratosferi) javlja se kao prirodan kemijski spoj koji štiti Zemljin omotač od štetnog zračenja. U donjim slojevima atmosfere (troposfere) pojavljuje se kao umjetno stvoreni kemijski spoj te se najčešće naziva *prizemni ozon*. *Prizemni ozon* nastaje prvenstveno od fotokemijskih reakcija između dvije glavne skupine onečišćujućih tvari u zraku, hlapljivih organskih spojeva (*engl*. Volatile Organic Compounds, VOC) i dušikovih oksida (NOx). Najveće koncentracije prizemnog ozona su u ljetnim mjesecima, a izaziva probleme s disanjem, iritaciju očiju, nosa, grla i bolesti krvožilnog sustava.

Skupina organskih spojeva s dva ili više benzenskih prstenova nazivaju se *policiklički aromatski ugljikovodici* (*engl.* Polycyclic Aromatic Hydocarbons, PAH). Mnogi od njih imaju mutagena, a neki i kancerogena svojstva. Nastaju pri nepotpunom sagorijevanju fosilnih i drugih organskih materijala (drva, otpada, pri proizvodnji čelika i koksa) te tako dospijevaju u zrak, vodu, tlo, sediment i hranu. Identificirani su pri pokušaju da se pronađu uzročnici češće pojave raka kože kod dimnjačara i radnika zaposlenih u preradi parafina i katrana kamenog ugljena. U zraku se nalaze u plinovitoj fazi ili vezani na lebdeće čestice manjeg promjera. Pronađeno je nekoliko stotina PAU spojeva, a PAU koji se najčešće mjeri i čija su kancerogena svojstva najviše istraživana je *benzo(a)piren (BaP).* Uzrokuje probleme s disanjem, astmu te smanjuje funkciju pluća.

Sumporov dioksid (SO_2) je bezbojni plin, oštrog mirisa, topljiv u vodi. Posljedica je izgaranja goriva zbog grijanja, električne struje i prijevoza. Ostali izvori SO_2 su industrijska postrojenja koja dobivaju proizvode od ugljena i nafte. Uklanjanjem sumpora iz goriva mogao bi se u potpunosti riješiti problem emisija SO_2. Kada se udahne u većim količinama može biti vrlo korozivan na tkivo pluća. Ima negativan utjecaj na krvožilni i dišni sustav. Upala dišnih putova izaziva kašalj, astmu, kronični bronhitis. SO_2 je toksičan pri visokim koncentracijama, a u atmosferi utječe na pojavu kiselih kiša.

Ugljikov monoksid je bezbojan i bezmirisan plin koji je slabo topljiv u vodi. Toksičan je, jer se veže za hemoglobin te time smanjuje količinu kisika u krvi. U zraku se veže s kisikom te tako nastaje CO_2. Gužve u prometu i/ili u podzemnim garažama mogu proizvesti veće količine ugljikova monoksida. Njegovi izvori su spaljivanje organskog materijala (ugljen, plin, drvo, otpad itd.), no najveći izvor su automobili (80%). Dim cigarete je također jedan od njegovih izvora.

Nemetanski hlapljivi organski spojevi (NMHOS) značajni su s gledišta stvaranja „*prizemnog ozona*" te se nalaze u skupini „prekursori prizemnog ozona". Najpoznatiji NMHOS su benzen, toluen i ksilen, karcinogeni organski spojevi koji se često nalaze u okolini naftnih postrojenja, skladištima benzina (npr. benzinske postaje, rezervoari benzinskih vozila) i u ispušnim plinovima. Uporaba organskih otapala, cestovni promet, rafinerije i izgaranje drva u kućanstvima, općenito su dominantni u emisiji NMHOS.

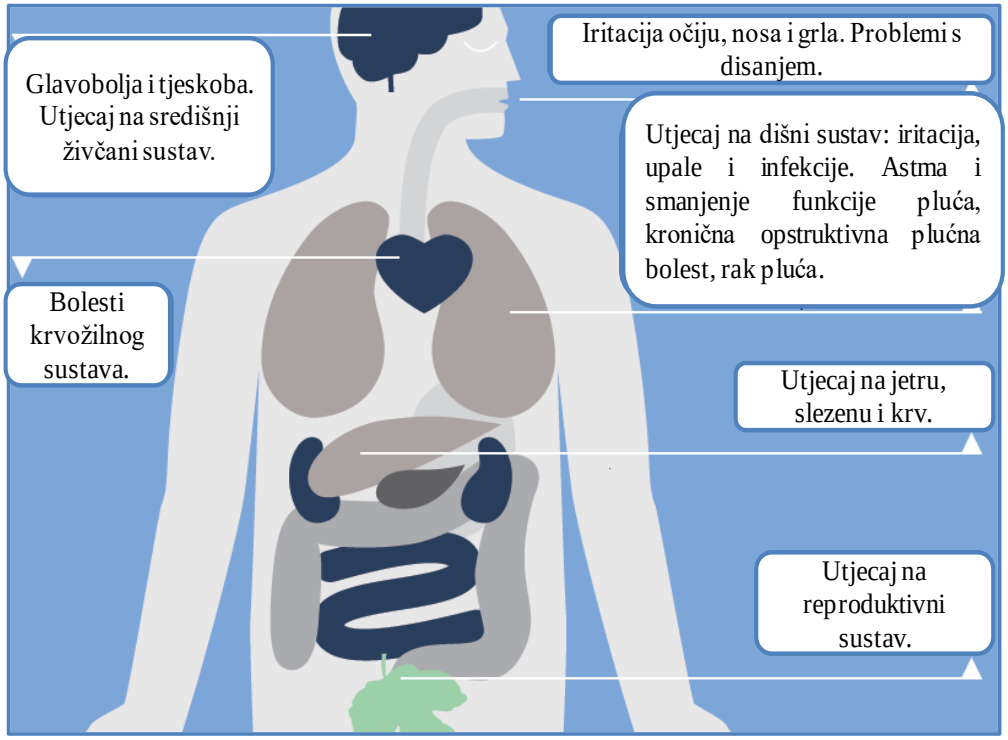
Ugljikov dioksid (CO_2) nastaje prirodnim, ali i ljudskim aktivnostima kao što su izgaranje fosilnih goriva i biomase te sječa šuma što remeti prirodnu ravnotežu pa dolazi do dodatnog globalnog zagrijavanja (efekt staklenika). Najveći udio u emisiji stakleničkih plinova iz antropogenih izvora (64 %) ima upravo CO_2.

Teški metali obuhvaćaju prioritetne teške metale kao što su olovo (Pb), kadmij (Cd) i živa (Hg) te ostale teške metale kao što su arsen (As), krom (Cr), bakar (Cu), nikal (Ni), selen (Se) i cink (Zn). Teški metali se prenose atmosferom na velike udaljenosti i vrlo su postojani, tako da cjelokupan iznos emisije prije ili kasnije dospijeva u tlo ili vode. Zbog svoje postojanosti, visoke otrovnosti i sklonosti akumuliranju u ekosustavu, opasni su i za žive organizme. Emisije prioritetnih metala uglavnom su posljedica izgaranja goriva. Veličina emisije ovisi o vrsti i količini goriva koje izgara pa će tako emisija Cd biti veća ukoliko je promatrane godine korišteno više loživog ulja, dok će emisija Hg rasti s većom potrošnjom prirodnog plina. Izvori emisija ostalih teških metala su različiti pa tako do emisije As, Cr i Ni dolazi zbog njihove prisutnosti u krutom gorivu i loživim uljima. Cu i Zn se najviše emitiraju pri izgaranju biomase u sektoru kućanstva te uslijed trošenja kočnica i guma vozila, a Se pri izgaranju tekućih goriva.

Nakon što štetne tvari dospiju u okoliš, dalje se mogu prenositi zrakom, vodom, tlom, hranom, živim organizmima ili različitim proizvodima. Kada štetna tvar uđe disanjem, adsorpcijom kroz kožu ili probavom u ljudski organizam može uzrokovati niz zdravstvenih problema. Uzroci onečišćenja zraka na zdravlje čovjeka mogu se svrstati u dvije skupine:

- *Akutni učinci* koji se naglo razvijaju zbog povećanja koncentracije onečišćenja kao posljedica industrijskih incidenata ili nepovoljnih meteoroloških uvjeta
- *Kronični učinci* javljaju se zbog svakodnevne izloženosti maloj koncentraciji onečišćujućih tvari.

Učinci na ljudsko zdravlje mogu varirati od nelagode, blago bolesnog stanja pa sve do smrti. Prisutne su razlike u osjetljivosti među ljudima, jer nisu svi ljudi na isti način pogođeni štetnim utjecajima iz okoliša. One mogu ovisiti o brojnim čimbenicima kao što su dob, stanje uhranjenosti, opće stanje zdravlja, tako da će na zdravlje male djece, starijih osoba, trudnica, osoba s određenim kroničnim bolestima brže utjecati štetne tvari iz okoliša. Kratka izloženost umjereno onečišćenom zraku ne uzrokuje velike posljedice na zdravlje, dok dugotrajno izlaganje može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema. Najčešće se javljaju bolesti dišnog sustava (astma, alergija, plućne bolesti), srčane bolesti, bolesti kože, bolesti osjetila i rak. Na slici 1.3. dat je slikovit prikaz utjecaja štetnih tvari u zraku poput lebdećih čestice (PM), dušikova(II) oksida, sumporova(II) oksida, benzo(a) pirena te prizemnog ozona na zdravlje ljudi.[9-12]



Slika 1.3. Utjecaj onečišćujućih tvari prisutnih u zraku na zdravlje ljudi.[13]

Budući je prisutnost štetnih tvari u zraku povezana s velikim brojem zdravstvenih problema - od blagih do fatalnih, od akutnih do kroničnih, propisane su

granične vrijednosti (GV) koncentracija štetnih tvari u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi prema Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku,[14] a kratki pregled za odabrane štetne tvari dat je u tablici 1.2.

Tablica 1.2. Propisane granične vrijednosti koncentracija za odabrane štetne tvari u zraku.[15]

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)
Sumporov(IV) oksid	1 sat 24 sata	350 $\mu g/m^3$ 125 $\mu g/m^3$
Dušikov(IV) oksid	1 sat Kalendarska godina	200 $\mu g/m^3$ 40 $\mu g/m^3$
Ugljikov(II) oksid	Maksimalna dnevna 8-satna srednja vrijednost	10 mg/m^3
PM_{10}	24 sata Kalendarska godina	50 $\mu g/m^3$ 40 $\mu g/m^3$
Benzen	Kalendarska godina	5 $\mu g/m^3$
Olovo u PM_{10}	Kalendarska godina	0,5 $\mu g/m^3$
Ukupna plinovita živa	Kalendarska godina	1 $\mu g/m^3$

Napomena: Vrijeme usrednjavanja podrazumjeva vremensko razdoblje za koje se postupkom mjerenja dobiva jedna vrijednost.

Iako se emisije štetnih tvari nastoje smanjiti, danas u svijetu umire oko 3 milijuna ljudi zbog posljedica zagađenja zraka, što predstavlja 5% od ukupne godišnje smrtnosti. Stoga je nužno provoditi monitoring kakvoće zraka.

1.5. Procjenjivanje i praćenje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj

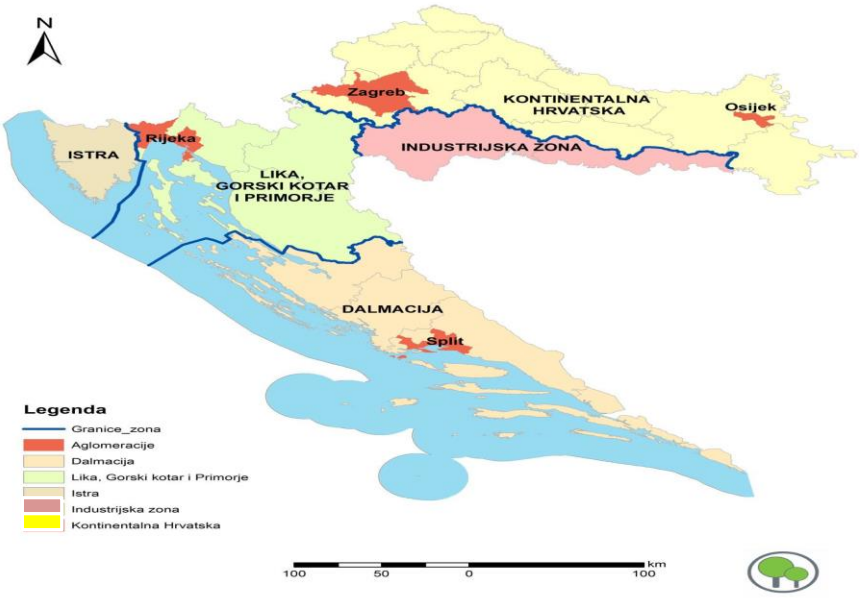
Procjenjivanje kakvoće zraka je postupak koji se koristi za mjerenje, izračunavanje ili predviđanje (procjenjivanje) razine onečišćenosti. U Republici Hrvatskoj se razina onečišćenosti zraka procjenjuje analizom postojećeg stanja na osnovi rezultata mjerenja provedenih u razdoblju od najmanje pet godina, na osnovi indikativnih mjerenja, primjenom standardiziranih matematičkih modela i drugih metoda procjene koje se primjenjuju na području Europske unije.

Praćenje kakvoće zraka, kao sustavnog mjerenja i/ili procjenjivanja razine onečišćenosti prema prostornom i vremenskom rasporedu, prati se na osnovi:

- mjerenja na stalnim mjernim mjestima i/ili ocjene razina onečišćenosti zraka u zonama i aglomeracijama
- mjerenja na stalnim mjernim mjestima i/ili ocjene razina onečišćenosti zraka uslijed daljinskog i prekograničnog prijenosa štetnih tvari u zraku i oborini na području Republike Hrvatske
- mjerenja i analize meteoroloških uvjeta i kakvoće zraka
- mjerenja i opažanja promjena koje ukazuju na učinak onečišćenosti zraka na tlu, biljkama, građevinama, u biološkim nalazima, i sl.
- modeliranja prijenosa i disperzije štetnih tvari odgovarajućim atmosferskim modelima
- drugih metoda procjene i mjerila koje se primjenjuju na području Europske unije.

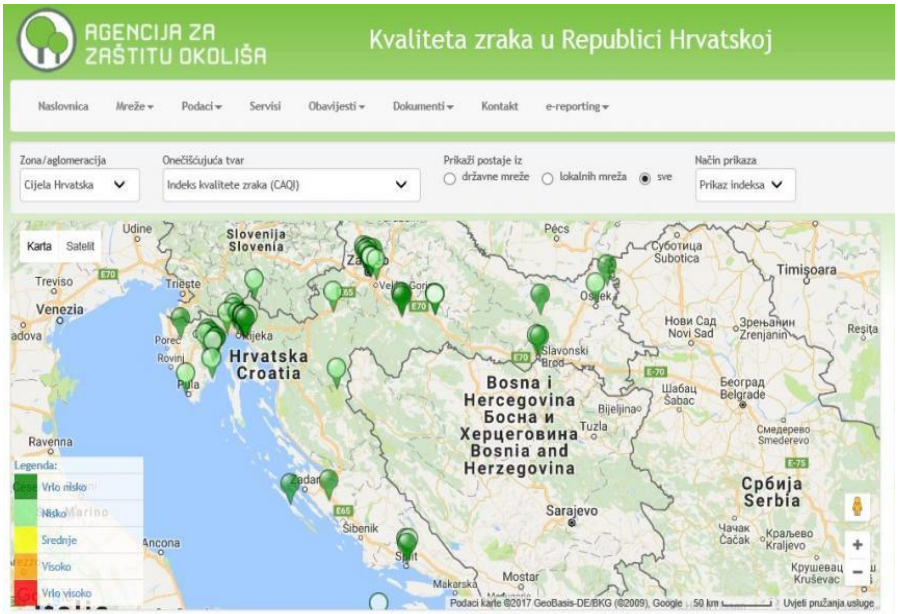
Procjenu kakvoće zraka osigurava Ministarstvo dok praćenje kakvoće zraka, praćenje emisija štetnih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, provjeru ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija iz nepokretnih izvora te praćenje kvalitete proizvoda obavljaju pravne osobe i/ili ispitni laboratoriji.[16]

Praćenje i procjenjivanje kakvoće zraka provodi se u zonama i aglomeracijama na području Republike Hrvatske, prema Uredbi o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske, a pregled zona i aglomeracija je prikazan na slici 1.4.



Slika 1.4. Zone i aglomeracije u Republici Hrvatskoj.[17]

Procjenjivanje kakvoće zraka provodi se za prizemni ozon, ugljikov monoksid, olovo, benzen, sumporov dioksid, dušikove okside, živu, nikal, olovo, kadmij i benzo(a) piren. U zonama i aglomeracijama kakvoća zraka se prati pomoću državne i lokalne mreže. Državna mreža je sastavni dio praćenja stanja okoliša, financira se iz državnog proračuna i njezinim radom upravlja Državni hidrometeorološki zavod. Podatci iz državne mreže objavljuju se na stranicama Hrvatske Agencije za okoliš i prirodu, a sastavni su dio Informacijskog sustava zaštite zraka (slika 1.5.).



Slika 1.5. Praćenje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj preko web stranice Hrvatske Agencije za okoliš i prirodu.[18]

Prema Pravilniku o praćenju kvalitete zraka[19] za stalno mjerno mjesto iz lokalne mreže pravna osoba i/ili ispitni laboratorij mora za svaku kalendarsku godinu izraditi izvješće o praćenju kakvoće zraka. Isto tako za sva mjerna mjesta iz državne mreže referentni laboratorij mora za svaku kalendarsku godinu izraditi izvješće o praćenju kakvoće zraka. Zakonska obveza Državnog hidrometeorološkog zavoda za državnu mrežu i nadležnog upravnog tijela za lokalnu mrežu je dostaviti izvješća u Agenciju do 30. travnja tekuće godine za prethodnu kalendarsku godinu.

Procjenjivanje razine onečišćenosti zraka provodi se na cijelom teritoriju Republike Hrvatske. Na mjestima gdje razina onečišćenosti ne prelazi gornju ili donju granicu procjenjivanja ocjenjuje se primjenom metoda matematičkog modeliranja ili drugih metoda prihvaćenima u svijetu. U naseljenim mjestima, zatim u mjestima gdje se pojavljuju kritične razine i mjestima gdje razina onečišćenosti prelazi tolerantnu vrijednost, ocjenjivanje se provodi mjerenjem.

Prema razinama onečišćenosti, s obzirom na propisane granične vrijednosti (GV), tolerantne vrijednosti (TV), ciljne i dugoročne ciljeve za ozon utvrđuju se sljedeće kategorije kakvoće zraka:

- *Kategorija prve kakvoće zraka* - nema prekoračenja graničnih vrijednosti kao ni dugoročnih ciljeva - zrak je čist ili neznatno onečišćen.
- *Kategorija druge kakvoće zraka* - nema prekoračenja tolerantnih i ciljnih vrijednosti, prekoračene su granične vrijednosti i dugoročni ciljevi za ozon - zrak je umjereno onečišćen.

Podatci o onečišćenju okoliša prikupljaju se u Registru onečišćavanja okoliša (ROO). ROO je izrađen sukladno Pravilniku o Registru onečišćavanja okoliša[20] i definiran je kao jedinstveni registar o ispuštanju i/ili prijenosu onečišćujućih tvari u sastavnice okoliša: zrak, vodu, more, tlo te proizvodnji, skupljanju i obradi otpada. Pravilnikom su definirani obvezni sadržaj i način vođenja ROO, metodologije i rokovi prikupljanja i dostavljanja podataka o ispuštanju, prijenos onečišćujućih tvari u okoliš, podatci o otpadu, tvrtki, postrojenju, onečišćivaču, organizacijskoj jedinici u sustavu onečišćivača, obveznicima dostave podataka, način provjere, osiguranje kvalitete podataka, rok i način obavještavanja javnosti i obavljanje stručnih poslova vođenja ROO. Ovi podatci prikupljaju se iz širokog spektra industrijskih i neindustrijskih djelatnosti, stoga je brojnost i raznovrsnost podataka vrlo velika. Zbog toga se ROO smatra vrlo značajnim izvorom podataka. Neophodan je županijskim i državnim

tijelima, javnim ustanovama i drugim nositeljima odluka. Daje uvid u stanje i trendove u okolišu te pomaže u donošenju odluka o pitanju zaštite okoliša.[17, 21-24]

Pristup podatcima baze ROO omogućen je na više načina:

- izravnim pristupom putem internet preglednika ROO
- neizravnim pristupom putem godišnjih Izvješća o podatcima ROO.

Objava podataka, putem raznih publikacija, priopćenja, izvješća i internet preglednika pridonosi transparentnosti i informiranosti javnosti.

1.6. Indeks kakvoće zraka

Indeks kakvoće zraka (AQI) je relativna mjera onečišćenja zraka, koja može imati vrijednosti u rasponu od 0 (vrlo niska) do > 100 (vrlo visoka). Sastoji od pet razina različitog obojenja:

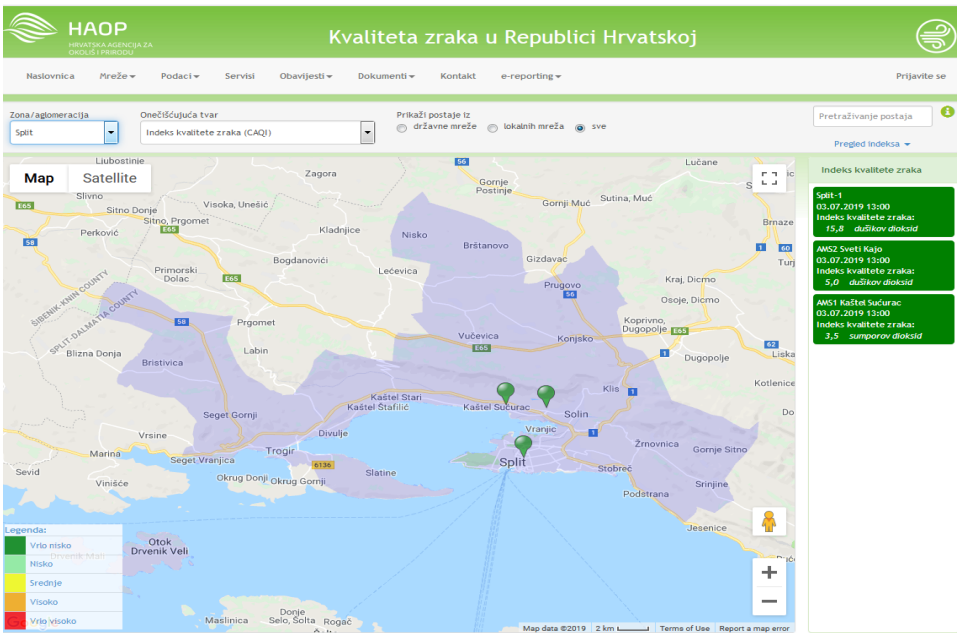
- crvena boja (vrlo visoko onečišćenje)
- narančasta (visoko onečišćenje)
- žuta (srednje onečišćenje)
- svijetlo zelena (nisko onečišćenje)
- tamno zelena (vrlo nisko onečišćenje).

Općenito, niže vrijednosti (razine) indeksa označavaju čišći zrak. Vrijednost indeksa ovisi o koncentracijama šest onečišćujućih tvari: dušikova dioksida (NO_2), sumporova dioksida (SO_2), ozona (O_3), lebdećih čestica PM_{10} i $PM_{2.5}$ te ugljikova monoksida (CO) sukladno Europskom Common Air QualityIndex-u (CAQI). Za svaku onečišćujuću tvar indeks se računa na temelju izmjerene koncentracije. U satu ukupni indeks je najveći indeks neke onečišćujuće tvari u određenom trenutku, na pojedinoj postaji za mjerenje kakvoće zraka. U tablici 1.3. navedene su koncentracije onečišćujućih tvari za određivanje indeksa kakvoće zraka po CAQI metodi.

Tablica 1.3. Tablica za određivanje indeksa kakvoće zraka po CAQI metodi.[25]

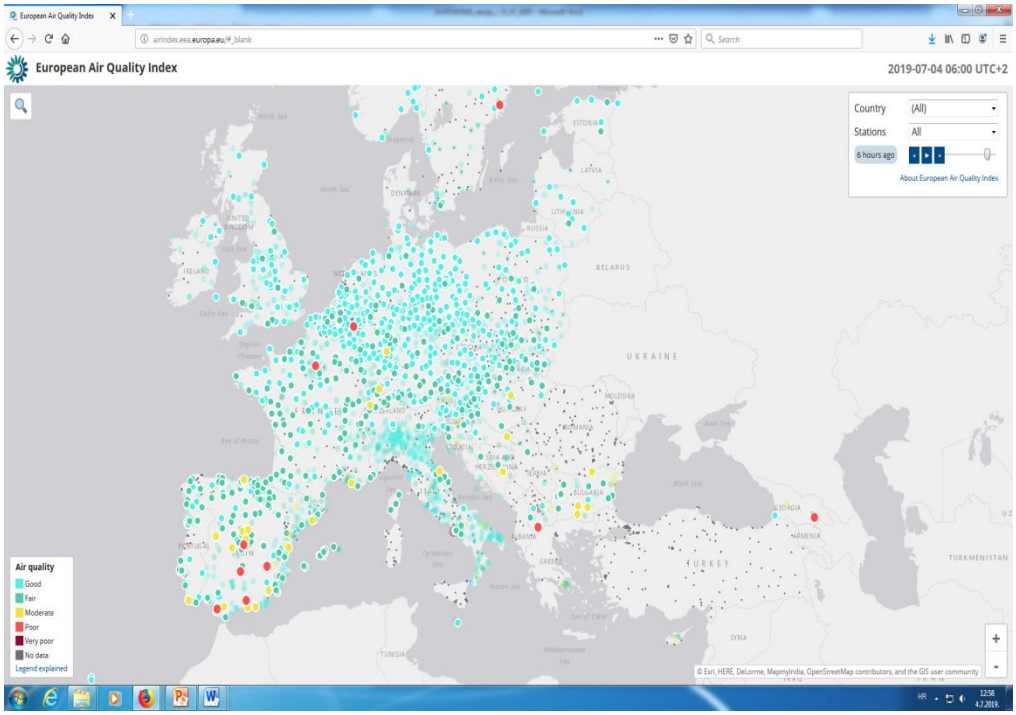
Onečišćenje	Raspon vrijed. indeksa	Koncentracije onečišćujućih tvari ($\mu g/m^3$)							
		NO_2	PM_{10}		O_3	$PM_{2.5}$		CO	SO_2
		1 h	1 h	24 h	1 h	1 h	24 h	8 h	1 h
Vrlo visoko	> 100	> 400	> 180	> 100	> 240	> 110	> 60	> 20000	> 500
Visoko	75-100	201-400	91-180	51-100	181-240	56-110	31-60	10001-20000	351-500
Srednje	50-75	101-200	51-90	31-50	121-180	31-55	21-30	7501-10000	101-350
Nisko	25-50	51-100	26-50	16-30	61-120	16-30	11-20	5001-7500	51-100
Vrlo nisko	0-25	0-50	0-25	0-15	0-60	0-15	0-10	0-5000	0-50

Na slici 1.6. dan je indeks kakvoće zraka na tri mjerne postaje na području Splita na dan 03.07. 2019. u 13 h, preuzet s web-stanice HAOP-a. S desne strane su prikazane vrijednosti indeksa poredane po veličini. Na vrhu su mjerne postaje s najvišim vrijednostima indeksa, a na dnu s najnižim vrijednostima. Boje se prikazuju prema vrijednosti indeksa. U izborniku "*Onečišćujuća tvar*" mogu se izabrati pojedine onečišćujuće tvari te su tada na karti prikazane samo one mjerne postaje koje mjere izabranu onečišćujuću tvar. Tada su na desnoj strani ekrana prikazane izmjerene vrijednosti koje su obojane sukladno vrijednosti indeksa za odabranu onečišćujuću tvar. U lijevom donjem uglu prikazana je legenda razine onečišćenja prema bojama indeksa.



Slika 1.6. Indeks kakvoće zraka na tri mjerne postaje na području Splita na dan 03.07.2019. u 13 h.[13]

Europska agencija za okoliš (EEA) i Europska komisija su 2017. objavile novi indeks kakvoće zraka u Europi koji omogućuje korisnicima provjeru trenutne kakvoće zraka u gradovima i regijama diljem Europe, na više od 2 000 postaja. Indeks se sastoji od interaktivne karte (Slika 1.7.) koja prikazuje lokalnu kakvoću zraka na razini postaje baziranu na temelju mjerenja pet ključnih onečišćujućih tvari koje štete zdravlju ljudi i okolišu: lebdeće čestice ($PM_{2.5}$ i PM_{10}), prizemni ozon (O_3), dušikov dioksid (NO_2) i sumporov dioksid (SO_2).



Slika 1.7. Indeks kakvoće zraka u Europi.[26]

2. EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom radu analizirat će se podatci koji ukazuju na stanje onečišćenja zraka na području Splitsko-dalmatinske županije, prikupljeni iz različitih izvora, javno dostupni preko Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode, uz obaveznu naznaku citiranja. Analizirat će se kakvoća zraka u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.), a kao izvor podataka koristiti će se:

- izvješća o podatcima iz Registra onečišćavanja okoliša javno dostupni na web stranici Hrvatske agencije za okoliš i prirodu, HAOP.[27, 17, 21-24]
- godišnja izvješća o praćenju kakvoće zraka na području Republike Hrvatske koje izrađuje Hrvatska agencija za okoliš i prirodu.[28, 13, 29-32]

2.1. PODATCI O KOLIČINAMA ISPUŠTENIH ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK U SPLITSKO- DALMATINSKOJ ŽUPANIJI

Prema izvješćima o podatcima iz Registra onečišćavanja okoliša koju provodi Hrvatska Agencija za okoliš i prirodu (HAOP) analizirane su količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji za razdoblje 2013.-2017. i dane su u tablici 2.1.

Tablica 2.1. Količine ispuštanja onečišćujućih organskih i anorganskih tvari u zrak (kg/god) u Splitsko-dalmatinskoj županiji.[17, 21-24]

Šifra	Onečišćujuća tvar	Količina ispuštanja (kg/god)				
		2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
201	Oksidi sumpora izraženi kao sumporov dioksid (SO_2)	168.195,84	123.841,57	77.774,50	58.901,24	94.125,60
202	Oksidi dušika izraženi kao dušikov dioksid (NO_2)	1.612.182,46	1.851.849,20	1.667.941,01	941.048,79	1.240.508,43
203	Ugljikov monoksid (CO)	1.916.640,76	2.663.593,63	2.525.628,72	2.818.817,40	3.736.038,30
204	Ugljikov dioksid (CO_2)	1.109.126.172,32	902.757.193,15	936.241.390,20	850.694.911,22	1.099.488.543,84
205	Spojevi klora izraženi kao klorovodik (HCl)	436,72	680,88	566,78	309,67	510,00
206	Spojevi fluora izraženi kao fluorovodik (HF)	398,99	74,75	156,89	53,86	-
304	Nemetanski hlapljivi organski spojevi (NMHOS)	33.956,63	144.269,23	-	-	-
356	Policiklički aromatski ugljikovodici - PAU (PAHs)	39,58	38,80	17,22	29,77	36,68
407	Živa i spojevi (kao Hg)	3,48	24,29	26,38	24,36	30,00
410	Cink i spojevi (kao Zn)	2.638,68	2.586,81	2.179,46	1.984,76	2.445,36
501	Čestice (PM_{10})	72.727,38	49.314,61	43.277,14	29.141,93	46.109,11

Prema izvješćima o podatcima iz Registra onečišćavanja okoliša analizirane su količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji u razdoblju od 2013. do 2016., a podatci su sistematizirani u tablicama 2.2.-2.5. Popis šifri i djelatnosti prema obrascima na kojima se prikupljaju podatci dan je u tablici 2.6. Za 2017. godinu, količina ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak po djelatnosti analizirana je korištenjem Nacionalne klasifikacije djelatnosti (NKD),[33] te su podatci sistematizirani u tablici 2.7.

Tablica 2.2. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2013. godinu.[17]

Djelatnost	SO_2	NO_2	CO	CO_2	PM_{10}
06 01 03	9,44	6,61	2,75	1.366.550,00	1.258,00
03 03 11	29.506,42	1.554.177,47	1.905.989,02	1.065.861.316,18	47.355,53
06 01 06	-	-	-	-	-
03 01 03	30.211,08	6.886,03	646,14	4.526.588,85	905,51
02 01 03	67.268,80	24.903,67	1.188,72	20.727.523,06	31,64
06 01 09	-	-	-	-	-
04 08 07	1.202,60	496,97	117,45	747.888,79	-
04 08 05	-	60,58	-	38.036,03	-
04 02 07	-	1.742,96	7.135,88	1.103.501,27	22.824,00
04 02 08	-	2.258,62	47,45	2.792.314,00	-
03 03 13	1.478,94	4.048,60	537,79	3.313.293,37	352,70
04 03 09	-	372,20	30,76	659.507,96	-
04 08 03	504,00	537,58	162,29	389.091,50	-
02 03 01	113,52	27,58	9,55	150.400,10	-
01 01 03	1.129,00	152,07	7,52	176.403,80	-
11 01 01	3.934,00	1.329,21	244,05	820.436,50	-
01 03 03	608,03	65,37	301,78	414.145,91	-
01 02 03	32.010,40	14.013,88	119,76	5.129.712,66	-
06 02 03	-	98,39	55,73	101.566,62	-
04 08 02	219,61	290,41	-	489.763,72	-
04 08 01	-	33,34	44,13	0,00	-
05 04 02	-	680,47	-	318.132,00	-

Tablica 2.3. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2014. godinu.[21]

Djelatnost	SO_2	NO_2	CO	CO_2	PM_{10}
01 01 03	800,00	73,37	1.61	113.076,35	-
01 02 03	29.201,87	14.338,95	80,60	4.241.619,46	-
01 03 03	747,62	80,38	371,06	509.225,87	-
02 01 03	54.301,71	24.488,47	1.557,67	19.777.398,30	1,80
02 03 01	113,52	133,20	115,17	163.844,54	-
03 01 03	18.587,85	5.582,66	699,51	4.424.415,29	705,53
03 03 11	15.139,67	1.795.312,46	2.318.768,21	867.969.134,31	46.131,47
03 03 13	743,40	75,30	513,00	1.164.596,55	-
03 03 99	114,25	107,07	41.14	219.582,00	-
04 02 07	-	6.766,00	338.270,00	1.691.350,00	330,65
04 02 08	-	1.477,00	1.847,00	-	-
04 03 09	-	82,21	-	618.130,97	-
04 03 99	-	-	-	-	2.145,16
04 08 01	-	420,12	555,98	205.470,72	-
04 08 05	-	61,38	-	38.539,45	-
04 08 07	899,68	838,93	96,06	615.435,76	-
06 01 03	-	1.160,04	483,35	275.646,71	-
06 02 03	-	112,93	63,97	116.580,82	-
11 01 01	3.192,00	738,73	129,31	613.146,05	-

Tablica 2.4. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2015. godinu.[22]

Djelatnost	SO_2	NO_2	CO	CO_2	PM_{10}
01 02 03	5.850,13	16.904,65	276,37	3.984.703,50	-
01 03 03	-	-	299,76	395.802,74	-
01 04 03	-	-	435,35	-	-
02 01 03	36.000,00	21.156,78	1.033,40	9.071.307,12	-
02 03 01	-	-	-	93.045,00	-
03 01 03	11.519,40	3.647,01	327,16	4.471.370,01	-
03 03 11	14.964,97	1.622.115,85	2.521.271,50	914.299.923,31	42.804,69
03 03 13	-	-	-	1.430.429,21	472,45
04 03 09	-	-	-	626.488,00	-
04 08 02	-	-	860,16	-	-
04 08 07	9.440,00	741,22	157,21	568.493,31	-
06 01 03	-	2.322,70	967,80	527.494,20	-
11 01 01	-	1.052,80	-	772.333,80	-

Tablica 2.5. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2016. godinu.[23]

Djelatnost	SO_2	NO_2	CO	CO_2	PM_{10}
01 02 03	5.175,11	10.766,47	-	3.524.925,20	-
02 01 03	39.391,66	18.624,70	69.772,73	9.134.540,07	-
02 03 01	-	125,51	-	124.255,45	-
03 01 03	170,55	691,87	335,73	3.170.162,56	-
03 03 11	14.163,92	902.099,92	2.746.774,45	831.459.546,46	29.141,93
03 03 13	-	1.404,64	543,13	1.373.905,59	-
04 03 09	-	-	-	643.845,00	-
04 08 02	-	-	717,60	-	-
04 08 07	-	1.025,00	-	751.958,00	-
11 01 01	-	6.310,68	673,76	511.772,89	-

Tablica 2.6. Popis i šifre djelatnosti prema obrascima na kojima su prikupljeni podatci za SDŽ.[13]

PI-Z-1 Ispuštanja u zrak iz proizvodnih procesa bez izgaranja goriva, iz procesa koji uključuju izgaranje goriva kod kojih se produkti izgaranja koriste izravno u proizvodnom procesu i iz procesa obrade otpada 02 01 03 - Izgaranje u neindustrijskim postrojenjima ≥ 0,1 MWt i < 50 MWt (mali i srednji uređaji za loženje) 03 01 03 - Rafinerije - postrojenja ≥ 0,1 MW_t i < 50 MW_t (mali i srednji uređaji za loženje) 03 03 11 - Izgaranje goriva u proizvodnim procesima s kontaktom - Proizvodnja cementa 03 03 13 - Izgaranje goriva u proizvodnim procesima s kontaktom - Proizvodnja asfalta 04 02 07 - Procesi u industriji željeza i čelika – čeličana s elektroličnim pećima 04 02 08 - Valjaonica 04 03 09 - Procesi u industriji metala - vruće cinčanje 04 08 05 - Proizvodnja prehrambenih proizvoda biljnog podrijetla (prerada voća, povrća i žitarica uključujući čaj, duhan, kavu i šećer) 04 08 07 - Proizvodnja pekarskih i slastičarskih proizvoda 06 01 03 - Uporaba boja i lakova u građevinarstvu 06 01 06 - Uporaba boja i lakova u brodogradnji 06 01 09 - Ostala primjena boja i lakova u industriji 06 04 03 - Uporaba otapala i pripadajuće aktivnosti u tiskarskoj industriji 11 02 01 - Servis vozila i plovila
PI-Z-2 Ispuštanja u zrak iz proizvodnih procesa koji uključuju izgaranje goriva bez izravnog kontakta produkata izgaranja sa sirovinom 02 01 03 - Izgaranje u neindustrijskim postrojenjima trgovina na veliko i malo, hotela, bolnica i ostalih društvenih, socijalnih i osobnih uslužnih djelatnosti, ≥ 0,1 MWt i < 50 MWt (mali srednji uređaji za loženje) 02 01 05 – Izgaranja - stacionarni motori s unutarnjim izgaranjem 02 03 01 - Izgaranja u neindustrijskim postrojenjima poljoprivrede i šumarstva, postrojenja ≥ 50 MWt i < 300 MWt (veliki uređaji za loženje) 03 13 - Izgaranje goriva u proizvodnim procesima s kontaktom - Proizvodnja asfalta 03 03 13 - Izgaranje goriva u procesima s kontaktom - Proizvodnja asfalta 04 03 09 Procesi u industriji metala - vruće cinčanje 04 08 03 - Obrada i prerada mlijeka 04 08 07 - Proizvodnja pekarskih i slastičarskih proizvoda 06 01 02 - Uporaba boja i lakova pri popravku vozila (neserijsko lakiranje i sušenje)
PI-Z-3 Ispuštanja u zrak iz procesa izgaranja goriva za dobivanje toplinske i/ili električne energije 01 01 03 - Izgaranje u termoenergetskim objektima i industrijskim postrojenjima za pretvorbu energije, postrojenja ≥ 0,1 MWt i < 50 MWt (mali i srednji uređaji za loženje) 01 02 00 - Izgaranje u javnim toplanama 01 02 03 - Izgaranje u javnim toplanama - postrojenja ≥ 0,1 MWt i < 50 MWt (mali i srednji uređaji za loženje) 01 03 03 - Izgaranja u rafinerijama - postrojenja ≥ 0,1 MW_t i < 50 MW_t (mali i srednji uređaji za loženje) 01 04 03 - Izgaranja u postrojenjima za transformaciju krutog goriva ≥ 0,1 MWt i < 50 MWt (mali i srednji uređaji za loženje) 02 01 00 - Izgaranje u neindustrijskim postrojenjima trgovina na veliko i malo, hoteli, bolnice i ostale društvene, socijalne i osobne uslužne djelatnosti 02 01 03 - Izgaranje u neindustrijskim postrojenjima trgovina na veliko i malo, hoteli, bolnice i ostale društvene, socijalne i osobne uslužne djelatnosti - postrojenja ≥ 0,1 MWt i < 50 MWt (mali i srednji uređaji za loženje) 02 01 06 - Izgaranja u trgovinama na veliko i malo, hoteli, bolnice i ostale društvene, socijalne i osobne uslužne djelatnosti - ostala stacionarna oprema 02 0202 - Izgaranja u kućanstvima - postrojenja ≥ 0,1 MW_t i < 50 MW_t (mali i srednji uređaji za loženje) 02 03 01 - Izgaranja u neindustrijskim postrojenjima poljoprivrede i šumarstva ≥ 50 MWt i < 300 MWt (veliki uređaji za loženje) 02 03 02 - Izgaranja u neindustrijskim postrojenjima poljoprivrede i šumarstva ≥ 0,1 MWt i < 50 MWt (mali i srednji uređaji za loženje) 03 01 03 - Izgaranja goriva u industrijskim toplanama i kotlovnicama, postrojenja ≥ 0,1 MWt i <

Nastavak tablice 2.6.

50 MWt (mali i srednji uređaji za loženje) 03 03 11 - Izgaranje goriva u proizvodnim procesima s kontaktom - Proizvodnja cementa 04 03 99 - Procesi u industriji metala - nespecificirano 04 08 01 - Klaonice 04 08 02 - Proizvodnja prehrambenih proizvoda životinjskog podrijetla (osim mlijeka) 05 04 02 - Distribucija tekućih goriva (osim benzina) - Ostalo rukovanje i skladištenje (uključujući naftovod) 06 02 03 - Odmašćivanje, suho čišćenje i proizvodnja elektroničkih uređaja - Proizvodnja elektroničkih komponenata 11 01 01 - Održavanje građevina i postrojenja

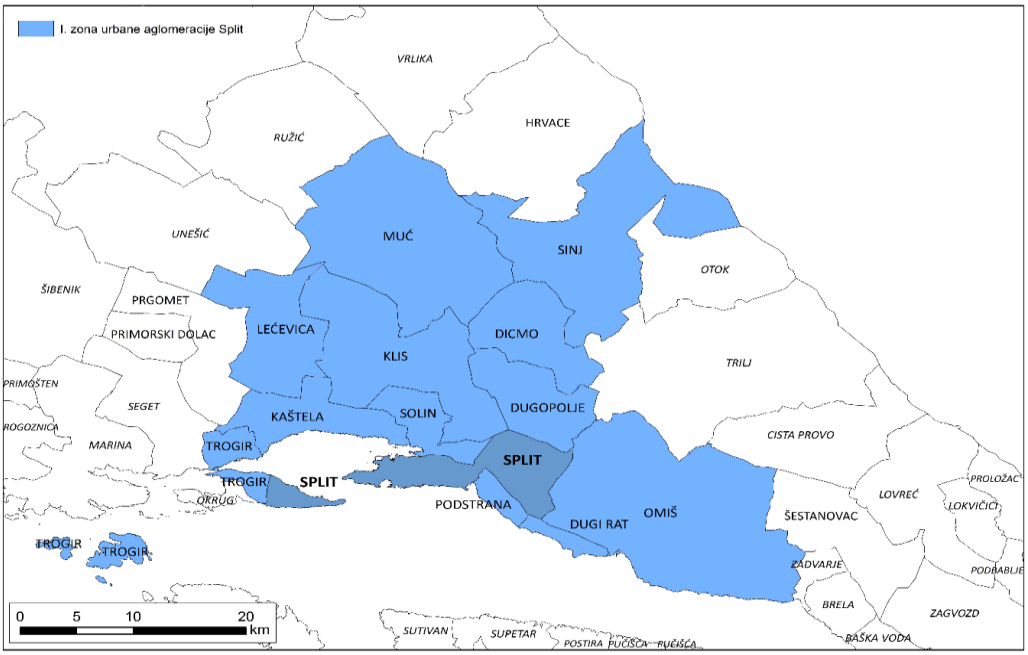
Tablica 2.7. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (NKD), u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2017. godinu.[24]

NKD	SO_2	NO_2	CO	CO_2	PM_{10}
08.11	-	-	732,95	1.258.301,00	-
10.20	-	1.426,19	6.664,64	1.701.532,14	-
10.41	-	-	597,56	-	-
10.71	-	1.238,12	1.222,13	1.881.114,29	-
14.14	-	-	-	853.822,70	-
23.51	22.869,92	1.217.643,95	3.721.353,04	1.075.637.077,29	45.879,32
25.61	-	1.730,08	452,38	4.748.610,96	-
55.10	-	1.148,94	459,57	880.381,53	229,79
84.22	7.369,36	16.541,54	339,48	4.947.132,93	-
86.10	63.886,32	779,61	4.216,55	6.792.034,36	-
96.01	-	-	-	788.536,64	-

2.2. PODATCI O KAKVOĆI ZRAKA NA PODRUČJU AGLOMERACIJE SPLIT

Godišnja izvješća o praćenju kakvoće zraka na području Republike Hrvatske koje izrađuje Hrvatska Agencija za okoliš i prirodu, dostupna su na web stranici (http://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=0&t=2). Izvješće se izrađuje u tekućoj godini za prethodnu kalendarsku godinu i sadrži ocjene kakvoće zraka po zonama i aglomeracijama s mjernih mjesta te podatke o koncentracijama onečišćujućih tvari. Na temelju Zakona o zaštiti zraka i Pravilnika o praćenju kakvoće zraka mjerenje onečišćujućih tvari se obavlja u državnoj mreži te lokalnim mrežama.

Aglomeracija Split obuhvaća područje grada Splita, Kaštela, Solina, Trogira, Sinja, Omiša te Općine Klis, Podstrana, Seget, Lećevica, Muć, Dicmo, Dugopolje, Dugi Rat, što je prikazano na slici 2.1. Mjerenja su provedena u lokalnoj mreži na mjernoj postaji Poljud (2013.), Gripe (2014., 2015.) te Karepovac od Čistoće d.d. (2017.) i na automatskim mjernim postajama AMS 1- Kaštel Sućurac, AMS 2 - Sv. Kajo i AMS 3 - Split centar koje pripadaju mjernoj mreži Cemex-a. Podatci o kakvoći zraka u Splitsko-dalmatinskoj županiji za razdoblje 2013.-2017. Dani su u tablicama 2.8.-2.12.[34]



Slika 2.1. Konačni obuhvat urbane aglomeracije Split.[34]

Tablica 2.8. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2013. godinu.[13]

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1-Kaštel Sućurac	SO_2	I kategorija
		PM_{10}	I kategorija
		$PM_{2.5}$	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	*$PM_{2.5}$	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	*PM_{10}	I kategorija
Lokalna mreža Grada Splita	Poljud	SO_2	I kategorija
		NO_2	II kategorija

Napomena: * - označava uvjetnu kategorizaciju na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio veći od 75%, a manji od 90% te je kategorizacija navedena kao uvjetna.

Tablica 2.9. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2014. godinu.[29]

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1- Kaštel Sučurac	*PM_{10} (grav.)	I kategorija
		PM_{10} (auto.)	I kategorija
		*$PM_{2.5}$ (auto.)	I kategorija
		*Pb u PM_{10}	I kategorija
		*Cd u PM_{10}	I kategorija
		*As u PM_{10}	I kategorija
		*Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		PM_{10} (auto.)	I kategorija
		*$PM_{2.5}$ (auto.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		PM_{10} (auto.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
Lokalna mreža Grada Splita	Gripe	SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija

Napomena: * - označava uvjetnu kategorizaciju na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio veći od 75%, a manji od 90% te je kategorizacija navedena kao uvjetna; PM_{10} (grav.) - mjereno gravimetrijski; PM_{10} (auto.) - mjereno automatskim analizatorima.

Tablica 2.10. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2015. godinu.[30]

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1- Kaštel Sučurac	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		*SO_2	I kategorija
		*NO_2	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		*SO_2	I kategorija
		*NO_2	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (auto.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
Lokalna mreža Grada Splita	Gripe	SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija

Napomena: * - označava uvjetnu kategorizaciju na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio veći od 75%, a manji od 90% te je kategorizacija navedena kao uvjetna; PM_{10} (grav.) - mjereno gravimetrijski; PM_{10} (auto.) - mjereno automatskim analizatorima.

Tablica 2.11. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2016. godinu.[31]

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1- Kaštel Sučurac	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (auto.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija

Napomena: * - označava uvjetnu kategorizaciju na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio veći od 75%, a manji od 90% te je kategorizacija navedena kao uvjetna; PM_{10} (grav.) - mjereno gravimetrijski; PM_{10} (auto.) - mjereno automatskim analizatorima.

Tablica 2.12. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2017. godinu.[32]

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1- Kaštel Sučurac	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		$PM_{2.5}$ (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		SO_2	I kategorija
		NO_2	I kategorija
Čistoća d.d.	Karepovac	PM_{10} (grav.)	I kategorija
		Pb u PM_{10}	I kategorija
		Cd u PM_{10}	I kategorija
		As u PM_{10}	I kategorija
		Ni u PM_{10}	I kategorija
		H_2S	I kategorija

Napomena: PM_{10} (grav.) - mjereno gravimetrijski.

3. OBRADA REZULTATA I RASPRAVA

3.1. ANALIZA PODATAKA O KOLIČINAMA ISPUŠTENIH ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK U SPLITSKO-DALMATINSKOJ ŽUPANIJI

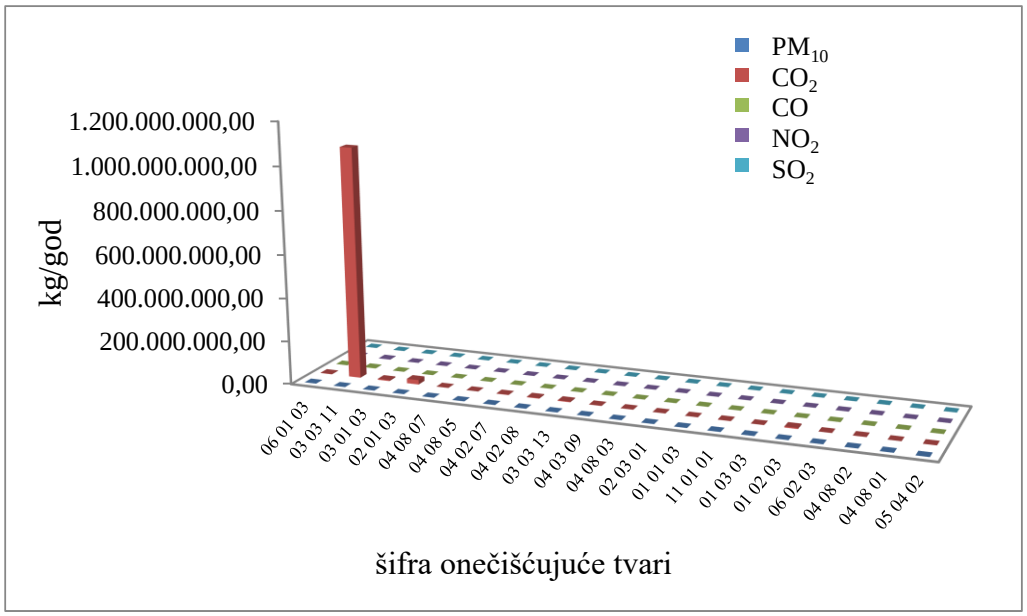
Temeljem podataka o količinama ispuštanja onečišćujućih organskih i anorganskih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji za razdoblje 2013.-2017. danih u tablici 2.1. izračunata je zastupljenost ispuštanja štetnih tvari u zrak (u postotcima), a rezultati su prikazani u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Zastupljenost ispuštanja štetnih tvari u zraku u Splitsko-dalmatinskoj županiji za razdoblje 2013.-2017.

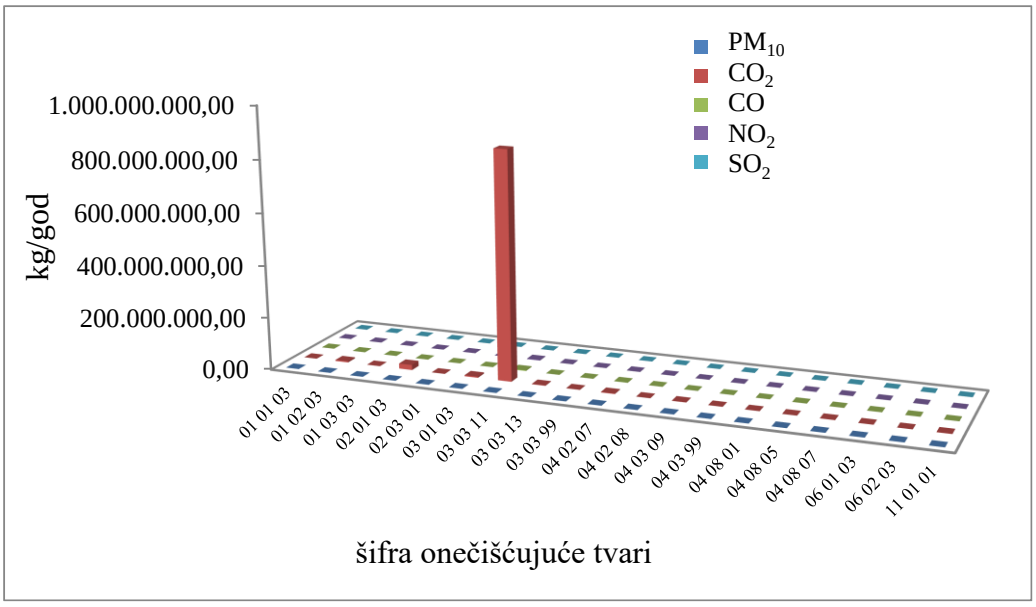
Šifra	Onečišćujuća tvar	Zastupljenost ispuštanja (%)				
		2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
201	Oksidi sumpora izraženi kao sumporov dioksid (SO_2)	0,015	0,014	0,008	0,007	0,009
202	Oksidi dušika izraženi kao dušikov dioksid (NO_2)	0,144	0,204	0,177	0,110	0,112
203	Ugljikov monoksid (CO)	0,172	0,293	0,269	0,330	0,338
204	Ugljikov dioksid (CO_2)	99,658	99,467	99,541	99,550	99,537
205	Spojevi klora izraženi kao klorovodik (HCl)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
206	Spojevi fluora izraženi kao fluorovodik (HF)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
304	Nemetanski hlapljivi organski spojevi (NMHOS)	0,003	0,016	-	-	-
356	Policiklički aromatski ugljikovodici - PAU (PAHs)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
407	Živa i spojevi (kao Hg)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
410	Cink i spojevi (kao Zn)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
501	Čestice (PM_{10})	0,006	0,005	0,005	0,003	0,004

Na području aglomeracije Split najveća je prijavljena količina ispuštanja ugljikova dioksida (CO_2) i to > 99 % u odnosu na ukupnu količinu ostalih ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak. Ostale onečišćujuće tvari čije su emisije zabilježene su CO, NO_2, SO_2, PM_{10}, nemetalni hlapljivi organski spojevi (NMHOS) te u manjim količinama fluorovodici i klorovodici, policiklički aromatski ugljikovodici te teški metali (živa i cink). Također, analiza podataka za najzastupljenije onečišćujuće tvari za razdoblje 2013.-2017. ukazuje na smanjenje u prijavljenim količinama CO_2, SO_2 i PM_{10} u zrak, količina NO_2 oscilira, dok količine CO imaju trend rasta.

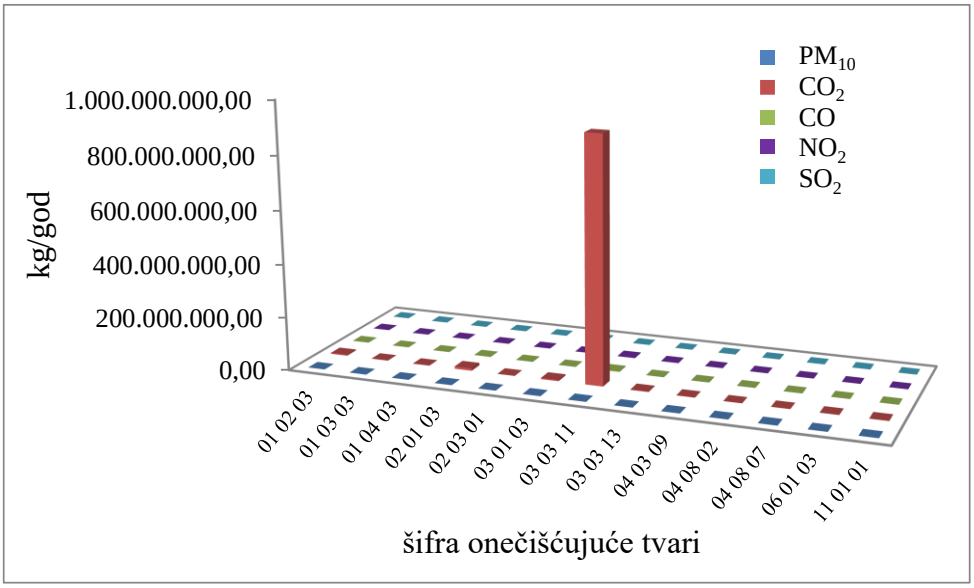
Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak (SO_2, NO_2, CO, CO_2 i PM_{10}) po djelatnosti na području Splitsko-dalmatinske županije u razdoblju od 2013. do 2016. godine prikazane su na slikama 3.1.-3.4., a za 2017. godinu na slici 3.5.



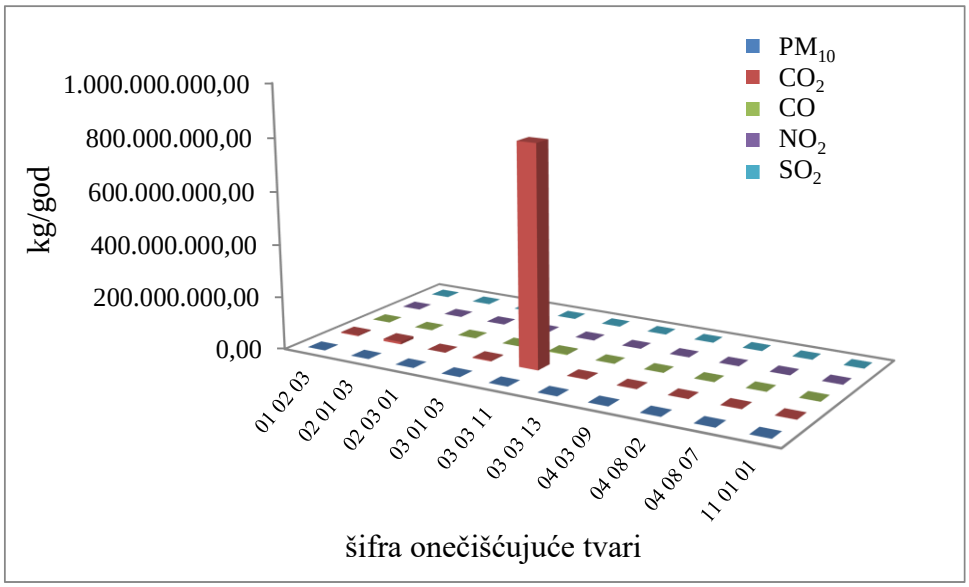
Slika 3.1. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2013. godinu.



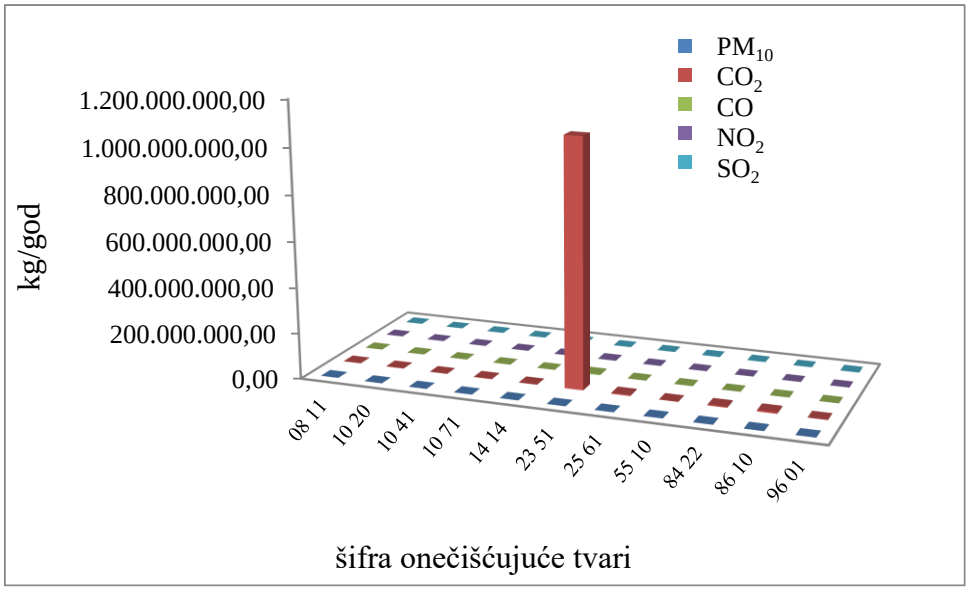
Slika 3.2. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2014. godinu.



Slika 3.3. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2015. godinu.



Slika 3.4. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2016. godinu.



Slika 3.5. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2017. godinu.

Vidljivo je da je na području Splitsko-dalmatinske županije u razmatranom razdoblju najznačajniji izvor gotovo svih mjerenih emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora djelatnost proizvodnje cementa, pri čemu je dominantna emisija CO_2 zabilježena su iz djelatnosti:

- proizvodnje asfalta,
- građevinarstva,
- izgaranja u neindustrijskim postrojenjima, trgovina na veliko i malo, hotela, bolnica i ostalih društvenih, socijalnih i osobnih uslužnih djelatnosti,
- izgaranja u javnim toplanama,
- izgaranja u industrijskim toplanama i kotlovnicama,
- u djelatnosti valjaonice,
- procesa u industriji metala - vrućeg cinčanja,
- obrade i prerade mlijeka,
- proizvodnje pekarskih i slastičarskih proizvoda.

Djelatnost proizvodnje cementa je uz emisiju CO_2 i najveći izvor ispuštenih SO_2, NO_2, CO, PM_{10} kao i teških metala. Izvori NHMOS-a su uporaba organskih otapala u građevinarstvu, brodogradnji i izgaranju drva u kućanstvima. Uz onečišćenja zraka iz stacionarnih izvora, na onečišćenje zraka u Splitsko-dalmatinskoj županiji utječe cestovni promet, ostali pokretni izvori i strojevi, obrada i odlaganje otpada te poljoprivreda. Cestovni promet dominantan je izvor emisija NO_X, no i te se emisije smanjuju najviše zbog uvođenja katalizatora u osobna vozila, a dijelom i zbog manje potrošnje goriva u sektorima energetike. Upravo su SO_2 i NO_X uz NH_3 prijetnja ekosustavima zbog zakiseljavanja i eutrofikacije.

3.2. ANALIZA PODATAKA O KAKVOĆI ZRAKA NA PODRUČJU AGLOMERACIJE SPLIT

Na području aglomeracije Split dugi niz godina prati se kakvoća zraka na različitim lokacijama na prostoru cijele županije.

U 2013. godini, prema podatcima iz tablice 2.8., prema mjernoj mreži Cemex-a, na automatskoj mjernoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac, zrak je bio I kategorije s obzirom

na SO_2, PM_{10}, i $PM_{2,5}$. Na mjernoj postaji AMS 2 - Sv. Kajo zrak je bio I kategorije s obzirom na $PM_{2,5}$. Na mjernoj postaji AMS 3 - Split centar zrak je također bio I kategorije za PM_{10}. U lokalnoj mreži Grada Splita, na mjernoj postaji Poljud, zrak je bio I kategorije s obzirom na SO_2, a II kategorije s obzirom na NO_2.

U 2014. godini, prema podatcima iz tablice 2.9., u mjernoj mreži Cemex-a, na automatskoj mjernoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac, zrak je bio I kategorije s obzirom na SO_2, NO_2 i PM_{10}. Na automatskoj mjernoj postaji AMS 2 - Sv Kajo, zrak je s obzirom na PM_{10} (grav.), PM_{10} (auto.), Pb u PM_{10} , Cd u PM_{10} , As u PM_{10} , Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2 bio I kategorije. Zrak je bio I kategorije s obzirom na PM_{10} (grav.), PM_{10} (auto.), $PM_{2,5}$ (grav.), Pb u PM_{10} , Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2 na automatskoj mjernoj postaji AMS 3 - Split - centar. U lokalnoj mreži Grada Splita, na mjernoj postaji Gripe, zrak je bio I kategorije s obzirom na SO_2 i NO_2.

U 2015. godini, prema podatcima iz tablice 2.10., u mjernoj mreži Cemex-a, na automatskoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac zrak je bio I kategorije s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, i Ni u PM_{10}. Na automatskoj mjernoj postaji AMS 2 - Sv. Kajo zrak je s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, i Ni u PM_{10} bio I kategorije. Na automatskoj mjernoj postaji AMS 3 - Split centar zrak je bio I kategorije s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2. U lokalnoj mreži Grada Splita, na mjernoj postaji Gripe zrak je bio s obzirom na SO_2 i NO_2 I kategorije.

U 2016. godini, prema podatcima iz tablice 2.11., u mjernoj mreži Cemex-a na automatskoj mjernoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac zrak je bio I kategorije s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Pb u PM_{10}, Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2. Na AMS 2 - Sv. Kajo s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Pb u PM_{10}, Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2 zrak je bio također I kategorije, a na mjernoj postaji AMS 3 - Split - centar zrak je bio I kategorije s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Pb u PM_{10}, Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2.

U 2017. godini, prema podatcima iz tablice 2.12., u mjernoj mreži Cemex-a na automatskoj mjernoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac zrak je bio I kategorije s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Pb u PM_{10}, Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2. Na AMS 2 - Sv. Kajo s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Pb u PM_{10}, Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2 zrak je bio također I kategorije. Na mjernoj

postaji AMS 3 – Split - centar zrak je bio I kategorije s obzirom na PM_{10} (grav.), $PM_{2,5}$ (grav.), Pb u PM_{10}, Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10}, SO_2 i NO_2. U mjernoj mreži Čistoća d.d, na mjernoj postaji Karepovac zrak je bio I kategorije s obzirom na PM_{10} (grav.), Pb u PM_{10}, Cd u PM_{10}, As u PM_{10}, Ni u PM_{10} i H_2S.

Općenito se može zaključiti da je prema podatcima o kakvoći zraka iz lokalne mreže, zrak na području Splitsko-dalmatinske županije u razdoblju od 2013. do 2017. godine ocijenjen kao zrak I kategorije, izuzev jedne postaje Split-Poljud koji bilježi lošije rezultate u 2013. godini te je ocijenjen kao zrak II kategorije. Uzrok povišenih koncentracija na ovoj postaji su lokalni izvori onečišćenja poput zahvata u građevinarstvu, cestovnom prometu, energetsko postrojenje smješteno u luci Lora i blizina brodograđevne industrije.

4. ZAKLJUČCI

Temeljem analize podataka o stanju onečišćenja zraka na području Splitsko-dalmatinske županije u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.), mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Najveća je prijavljena količina ispuštanja ugljikovog dioksida (CO_2) > 99% u odnosu na ukupnu količinu ostalih ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak.

- Ostale onečišćujuće tvari čije su emisije zabilježene su CO, NO_2, SO_2, PM_{10}, nemetalni hlapljivi organski spojevi (NMHOS) te u manjim količinama fluorovodici i klorovodici, policiklički aromatski ugljikovodici te teški metali (živa i cink).

- Analiza podataka za najzastupljenije onečišćujuće tvari za razdoblje 2013.-2017. ukazuje na smanjenje u prijavljenim količinama CO_2, SO_2 i PM_{10} u zrak, količina NO_2 oscilira, dok količine CO imaju trend rasta.

- Prema podatcima o kakvoći zraka iz lokalne mreže, zrak na području Splitsko-dalmatinske županije u razdoblju od 2013. do 2017. godine ocijenjen je kao zrak I kategorije, izuzev postaje Split-Poljud koji bilježi lošije rezultate u 2013. godini te je ocijenjen kao zrak II kategorije. Uzrok povišenih koncentracija na ovoj postaji su lokalni izvori onečišćenja poput zahvata u građevinarstvu, cestovnom prometu, energetsko postrojenje smješteno u luci Lora i blizina brodograđevne industrije.

- Dobiveni rezultati ukazuju da podatci prikupljeni putem Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode u segmentu praćenja stanja onečišćenja zraka, pridonosi većoj transparentnosti i informiranosti javnosti.

5. LITERATURA

1. Zakon o zaštiti zraka, Zagreb: NN 130/11., 47/14. i 61/17.
2. *T. Sofilić*, Ekotoksikologija, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2014.
3. URL: https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/4874fe79-8302-4ea2-b516-4657ea249026/index.html (10.4.2019.)
4. Uredba o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske, Zagreb: NN 01/14.
5. URL:https://www.google.com/search?q=atmosfera+hidrosfera+i+litosfera&client=firefox-b-d&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiyt7SBlNrkAhXwlIsKHTJyD0MQ_AUIESgB&biw=1366&bih=635#imgrc=e7PoydRGsrH0jM: (12.4.2019)
6. URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Zemljina_atmosfera (10.4.2019.)
7. URL: https://www.skolskiportal.hr/clanak/170-postanak-zemljine-atmosfere/ (15.4.2019)
8. URL: https zir.nsk.hr/islandora/object/kemos%3A98/datastream/PDF/view (7.5.2019.)
9. *V. Tomašić*, Tehnološki procesi u zaštiti zraka, Skripta za internu uporabu, Fakultet Kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2018.
10. *A. Šišović*, Policiklički aromatski ugljikovodici u zraku u nas, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1999.
11. *M. Poljanac*, Program zaštite zraka, ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama za područje Šibensko-kninske županije, Institut za energetiku i zaštitu okoliša, Zagreb, 2016.
12. URL: http://www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje_zraka.pdf (16.5.2019.)
13. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2013. godinu, Zagreb 2014.
14. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku, Zagreb: NN 117/12. i NN 84/17.
15. *T. Sofilić*, Zdravlje i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2015.
16. URL: https://www.zastita.eu/strucni-clanci/pracenje-i-procjena-kvalitete-zraka-208 (16.5.2019.)
17. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2013. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2014.

18. URL: http://iszz.azo.hr/iskzl/ (2.6.2019.)
19. Pravilnik o praćenju kvalitete zraka, Zagreb: NN 79/17.
20. Pravilnik o Registru onečišćavanja okoliša, Zagreb: NN 87/15.
21. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2014. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2015.
22. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2015. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2016.
23. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2016. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2017.
24. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2017. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2018.
25. URL: http://www.istrazrak.hr/indeks-kvalitete-zraka (2.6.2019.)
26. URL: http://airindex.eea.europa.eu/#_blank (2.6.2019.)
27. URL: http://www.haop.hr/hr/godisnja-izvjesca-o-pracenju-kvalitete-zraka-na-podrucju-republike-hrvatske/godisnja-izvjesca-o (4.6.2019.)
28. URL: http://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=0&t=2 (4.6.2019.)
29. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2014. godinu, Zagreb 2015.
30. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2015. godinu, Zagreb 2016.
31. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2016. godinu, Zagreb 2017.
32. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu, Zagreb 2018.
33. Nacionalna klasifikacija djelatnosti, Zagreb: NN 58/07.
34. Strategija razvoja urbane aglomeracije Split za razdoblje do kraja 2020, Sveučilište u Splitu, Split, 2017.