

Onečišćenje zraka u Republici Hrvatskoj

Paviša, Petra

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:846342>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-22**



Repository / Repozitorij:

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Ekonomika energije i okoliša

ONEČIŠĆENJE ZRAKA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Diplomski rad

Petra Paviša, bacc.oecc.

Zagreb, rujan 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Ekonomika energije i okoliša

ONEČIŠĆENJE ZRAKA U REPUBLICI HRVATSKOJ
AIR POLLUTION IN CROATIA

Diplomski rad

Petra Paviša, bacc.oecc., 0067532802

Mentor: Prof.dr.sc. Jurica Šimurina

Zagreb, rujan 2020.

ZAHVALA

Zahvaljujem se od srca mentoru prof.dr.sc. Jurici Šimurini na svim danim savjetima, pomoći i strpljenju tijekom izrade ovog rada. Također, zahvaljujem svim djelatnicima i profesorima Ekonomskog fakulteta u Zagrebu na svim prenesenim znanjima i vještinama koje ću koristiti u poslovnom životu.

Iskrenu zahvalu dajem svojoj majci Mileni, ocu Branku i sestri Mateji na njihovoj cijeloživotnoj potpori. Zahvaljujem svim svojim kolegama s fakulteta i prijateljima na svim savjetima, pomoći i podršci tijekom studiranja.

Konačno, najveću zahvalu dajem svojoj baki Ljubici koja mi je bila najveća potpora tijekom studija.

Ime i prezime studenta/ice

Petra Paviša

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Studentica: Petra Paviša

U Zagrebu, 02.09.2020. godine

SAŽETAK

Cilj ovog rada je pružiti sistematičan i sažeti pregled inozemne i domaće stručne i znanstvene literature na temu onečišćenja zraka u Hrvatskoj s obzirom da je onečišćenje vrlo aktualna tema koja ima značajan utjecaj na mnoge aspekte života. Rad se započinje definicijama onečišćenja koje su važne za shvaćanje daljnje terminologije u radu, nakon čega se naglasak stavlja na onečišćenje zraka gdje se analizira struktura i značaj zraka. Kroz rad spominju se izvori onečišćenja zraka, štete zbog toga što tvari koje zagađuju zrak nanose izravnu i neizravnu štetu, utjecaj onečišćenja na mnoge aspekte, analizira se onečišćenje u Hrvatskoj, lokalno i na cijelom području te se naposljetku donosi zaključak da se onečišćenje zraka u Hrvatskoj smatra da je u normalnim granicama te sukladno da graničnim vrijednostima.

Ključne riječi: onečišćenje, okoliš, zrak, kvaliteta, granična vrijednost

SUMMARY

The aim of this thesis is to provide a systematic and concise overview of foreign and domestic professional and scientific literature on air pollution in Croatia, since pollution is a very popular topic that has a significant impact on many aspects of life. The thesis begins with definitions of pollution that are important for understanding further terminology in the thesis, after which emphasis is placed on air pollution where the structure and importance of air are analyzed. The thesis mentions sources of air pollution, damage due to the fact that air pollutants cause direct and indirect damage, the impact of pollution on many aspects, analyzes pollution in Croatia, locally and throughout the area, and finally concludes that air pollution in Croatia is considered to be within normal limits and in accordance with the limit values.

Key words: pollution, environment, air, quality, limit value

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1 Predmet i cilj rada	1
1.2 Metodologija istraživanja i izvori podataka	1
1.3 Struktura i sadržaj rada.....	2
2. ONEČIŠĆENJE I OKOLIŠ.....	3
2.1 Općenito o onečišćenju.....	3
2.2 Utjecaj onečišćenja na okoliš.....	5
2.3 Onečišćenje i klimatske promjene	7
3. ONEČIŠĆENJE ZRAKA.....	10
3.1 Struktura i svojstva zraka	10
3.2 Uzroci i izvori onečišćenja zraka.....	11
3.3 Štete od onečišćenja zraka	16
3.4 Utjecaj onečišćenja zraka na zdravlje i okolinu ljudi	19
3.5 Utjecaj onečišćenja zraka na ekonomiju i gospodarstvo	22
4. ANALIZA ONEČIŠĆENJA ZRAKA U REPUBLICI HRVATSKOJ	24
4.1 Kvaliteta i stanje zraka u Republici Hrvatskoj.....	24
4.2 Analiza onečišćenja u gradovima RH	34
4.3 Mjere za zaštitu zraka i okoliša	39

4.4 Zakoni o zaštiti zraka Republike Hrvatske	42
5. PRIMJER ONEČIŠĆENJA ZRAKA U HRVATSKOM PODUZEĆU- HIDREL D.O.O. ..	46
5.1 Hidrel d.o.o.	46
5.2 Onečišćenje zraka u Hidrel d.o.o.....	47
5.3 Utjecaj na poslovanje.....	51
5.4 Mjere zaštite i program praćenja stanja zraka i okoliša u Hidrel d.o.o.	53
6. ZAKLJUČAK.....	55
LITERATURA	56
POPIS TABLICA	60
POPIS GRAFIKONA	60
POPIS SLIKA.....	61

1. UVOD

Onečišćenje je uzrokovano prisutnošću određene kemijske tvari u okolišu, koja može imati izravni ili neizravni utjecaj na zdravlje ljudi i drugih živih organizama. Onečišćenje proizlazi iz raznih aktivnosti iza kojih stoji čovjek, koje mogu biti iz jednostavnih pa sve do složenih organskih spojeva. Industrijska djelatnost, a posebno proizvodnja kemikalija i lijekova, dovodi u okoliš na desetke tisuća različitih kemijskih spojeva koji imaju utjecaj na okoliš.

1.1. Predmet i cilj rada

Tvari koje zagađuju okoliš nanose izravnu i neizravnu štetu ljudima i drugim živim bićima, a izloženost ljudi raznim onečišćenjima iz okoliša znatno utječe na zdravstveno stanje i kvalitetu života. Time je onečišćenje općenito, ali i onečišćenje zraka konkretno u ovom radu, globalni problem koji treba pratiti. Upravo zbog takve uloge onečišćenja odabrana je tema ovog rada, kojom će se analizirati koliko je onečišćenje zraka u Republici Hrvatskoj te kakav utjecaj ima na razne aspekte života.

Predmetom rada je onečišćenje zraka u Hrvatskoj, a nastoji se prikazati općenita svojstva zraka, onečišćenja, štetni utjecaji na zrak i općenito na živa bića. Osnovni cilj rada je analiza onečišćenja zraka u Republici Hrvatskoj, prikazati kolika su onečišćenja te koje su mjere preventive.

1.2. Metodologija istraživanja i izvori podataka

Za potrebe analize onečišćenja zraka primjenjivane su, prije svega, deskriptivna, induktivna i deduktivna metoda istraživanja. Od velike su važnosti bili sekundarni izvori podataka, odnosno stručna literatura koja obuhvaća knjige, znanstvene radove i članke domaćih i stranih autora. Između ostalog, korišteni su brojni internetski portali s dostupnim podacima relevantnim za temu rada.

1.3. Struktura i sadržaj rada

Rad se sastoji od šest poglavlja, od kojih se prvi odnosi na uvod u kojem se pobliže opisuje tema, predmet i ciljevi rada. Drugo poglavlje bavi se općenito o informacijama onečišćenja, definiranju onečišćenja, kakvi su utjecaji na okoliš i koji su uzroci klimatskih promjena. U drugom poglavlju naglasak se stavlja na onečišćenje zraka, što je i tema ovog rada, analizirati će se struktura zraka te koja su svojstva zraka. Nadalje, prikazat će se uzroci i izvori onečišćenja zraka, koje su štete od onečišćenja, kakav je utjecaj zraka na zdravlje i okolinu ljudi i živih bića te kakav je utjecaj zraka na ekonomiju i gospodarstvo. U četvrtom poglavlju analizira se onečišćenje zraka u Republici Hrvatskoj, gdje će se pobliže objasniti kvaliteta i stanje zraka u Republici Hrvatskoj, emisije onečišćujućih tvari u zraku u Republici Hrvatskoj, koje su mjere i zakoni o zaštiti zraka u Republici Hrvatskoj. Sljedeće poglavlje obuhvaća primjer onečišćenja zraka u hrvatskom poduzeću Hidrel d.o.o., iznose se općenite informacije o poduzeću i poslovanju poduzeća, analizira se onečišćenje zraka u poduzeću te se analizira utjecaj na poslovanje poduzeća. Naposljetku se iznose mjere zaštite i program praćenja stanja zraka i okoliša u Hidrel d.o.o. U konačnici se iznosi zaključak s osnovnim saznanjima stečenim tijekom pisanja rada.

2. ONEČIŠĆENJE I OKOLIŠ

2.1. Općenito o onečišćenju

Onečišćenje je ozbiljan problem današnjice, može imati razne posljedice na živa bića, no i na okoliš i našu okolinu. Radi li se o onečišćenju vode, zraka, tla ili dr. na područjima gdje se onečišćenje povećava i gdje postoje faktori koji onečišćuju okoliš stanovnicima tog područja se značajno ugrožava kvaliteta života i zdravlje.

Industrijalizacija i brzi razvoj modernih tehnologija ostavlja suvremen svijet suočen s problemima onečišćenja okoliša. Veliku opasnost za onečišćenje okoliša predstavljaju industrija, poljoprivredna proizvodnja, pojačan razvoj prometa i urbanizacija. Tako na živi svijet, uvjete života i industrijsku proizvodnju nepovoljno djeluju promjene u atmosferi, hidrosferi i pedosferi, što se zove onečišćenje. U Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 66/01; 87/02; 48/05 I 90/05) definira se onečišćujuća tvar kao ona koje može prouzročiti promjenu fizikalnih, kemijskih i bioloških značajki okoliša uslijed čega se smanjuje njegova proizvodna sposobnost i ograničava korištenje u poljoprivrednoj proizvodnji (Špoljar, 2008).

Sva bi se onečišćenja s ekološkog stajališta mogla podijeliti u tri skupine: jednostavni ili složeni spojevi koji se mogu razgraditi do jednostavnijih netoksičnih spojeva (kanalizacijski otpad i otpad iz životinjskih nastambi), spojevi koji se vrlo sporo razgrađuju ili se ne razgrađuju (različiti metali, staklo, derivati, organske tvari poput plastike i deterdženata), toksične tvari (teški metali, radioaktivne tvari, smjese štetnih plinova i krutih čestica u zraku-smog). Općenito se čimbenici koji sudjeluju u onečišćenju okoliša mogu prikazati sljedećom relacijom (Alloway i Aryes, 1994):

$$UČINAK NA OKOLIŠ = \text{stanovništvo} \times \text{prитјecanje tvari} \times \text{tehnologija}$$

Iz relacije je vidljivo da najveći učinak na okoliš ima stanovništvo, stanovništvo koje razvija tehnologiju i koje je odgovorno za притјecanje tvari u okoliš jer su povezani s proizvodima koje čovjek stvara kako bi mogao održati na životu sebe i ostale, kako bi mogao održavati svoju kvalitetu života. Kao rezultat toga pojavljuje se onečišćenje zraka, tla i vode (Špoljar, 2008).

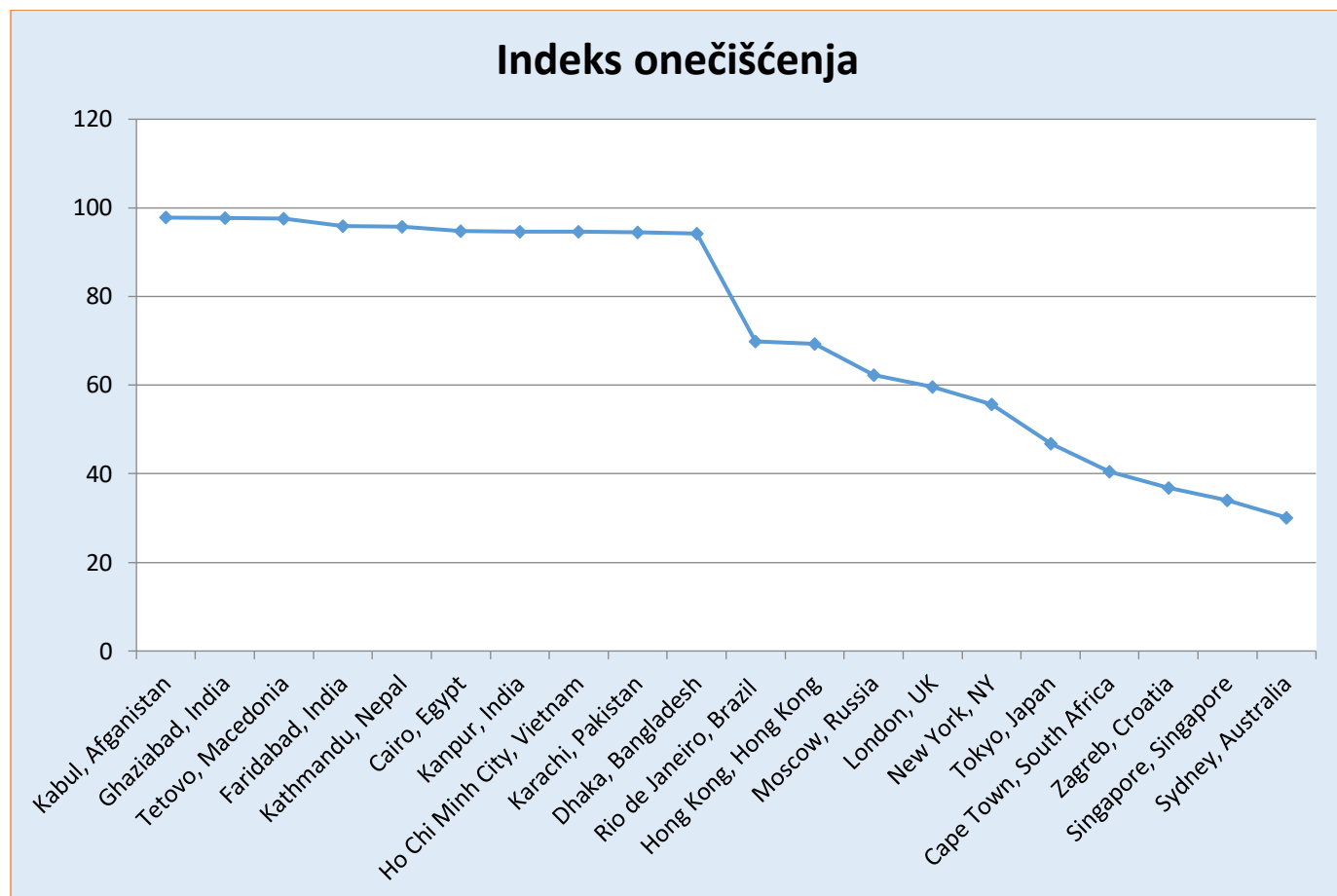
Čovjek svojim djelovanjem ugrožava i zagađuje tlo, zrak i vodu. Zagađenje može uzrokovati bolest pa čak i smrt (kod kroničnih bolesnika). Okoliš onečišćuju razne stvari kao (Krnežić, 2015):

- otpad u prirodi (razno smeće iz naših domova),
- izlivanje nafte iz brodova (što je sve češće na obalama Jadranskog mora),
- odbacivanje starog željeza (perilica rublja, hladnjaci, stari bicikli ...) te
- svjetlosno zagađenje (umjetno osvjetljavanje neba lošom umjetnom rasvjetom).

Onečišćivači mogu biti prirodne tvari ili energija, a smatraju se onečišćivačima kada ih je više od prirodne razine koja je dopuštena. Do onečišćenja okoliša dolazi kada okoliš više ne može sam obraditi i neutralizirati štetne nusprodukte ljudskog djelovanja poput, primjerice, otrovnih ispušnih plinova, a da ne dođe do strukturnog ili funkcionalnog oštećenja sustava. Onečišćenje s jedne strane nastaje jer priroda ne zna kako razgraditi neprirodne elemente (antropogene zagađivače), a s druge strane, zbog nedovoljnog znanja ljudi kako te zagađivače umjetno razgraditi. Proces razgradnje može trajati dugi niz godina tijekom kojih će priroda pokušati razgraditi zagađivače. Jedan od najgorih slučajeva za prirodu je razgradnja radioaktivnih zagađivača koja može potrajati i nekoliko tisuća godina.

U tablici koja slijedi prikazat će se koji su gradovi najzagađeniji te gdje je zagađenje najveće. Prema podacima iz 2018. zagađenje je najveće u Indiji te zauzima većinu prvih mjesta na tablici. Od prvih 30 gradova na tablici najzagađenijih gradova u svijetu 15 njih se nalazi u Indiji. Također će se prikazati i Zagreb, koji ima mali indeks u zagađenju okoliša.

Grafikon 1. Gradovi po indeksu zagađenja



Izvor: izrada autora prema podacima preuzetih s portala Numbeo, Pollution index 2018, dostupno na

<https://www.numbeo.com/pollution/rankings.jsp?title=2018>

Zagreb se po sveukupnom poretку nalazi na 209. mjestu od ukupno 265 te ima vrlo mali indeks zagađenja. U tablici se radila analiza 10 najzagađenijih gradova s 10 najvećih, u koji je uvršten Zagreb radi usporedbe te koji je indeks zagađenja u odnosu na zagađenje gradova u svijetu. Kako je i ranije spomenuto, Indija ima vodstvo među najzagađenijim gradovima u svijetu.

2.2. Utjecaj onečišćenja na okoliš

Glavni razlog onečišćenja su ljudi, zagađenje utječe na naš okoliš jer onečišćuje vodu koju koristimo za osnovne životne potrebe i takva pojava utječe na životne uvjete živih bića, onečišćuje zrak koji udišemo i tlo po kojem hodamo i na kojem stvaramo domove, hranu, svijet. Onečišćenje

tako zahvaća živim bićima najvažnije sfere u okolišu (Folnović, T., web: <https://blog.agrivi.com/hr/post/zaga%C4%91enje-okoli%C5%A1a>):

- zrak: glavni zagađivači su sumporni dioksid, ugljikov monoksid, ozon, hlapivi organski spojevi i čestice, koje su uz radioaktivne zagađivače među destruktivnijima (posebno kada su nastale eksplozijama);
- voda: uključuje insekticide i herbicide, prehrambeni otpad zagađivače iz uzgoja stoke, hlapive organske spojeve, teške metale, kemijski otpad i drugo;
- tlo: ugljikovodici, otapala i teški metali.

Zagađenje okoliša uzrokuje velike smetnje, ne samo ljudima nego i životinjama, dovodeći mnoge životinjske vrste do granice ugroženosti pa čak i izumiranja. Zagađenje postoji već stoljećima, ali je postalo značajno nakon industrijske revolucije u 19. stoljeću. Elementi uključeni nisu proizvedeni prirodom, a proces uništavanja može varirati od nekoliko dana do tisuća godina (što je, primjerice, slučaj s radioaktivnim zagađivačima). Drugim riječima, onečišćenje se događa kada priroda ne zna kako razgraditi element koji je doveden do njega na neprirodan način. Nadalje će se nabrojati neki od uzroka onečišćenja okoliša i njihovi utjecaji na okoliš (Rinkesh, web: <https://www.conserve-energy-future.com/causes-and-effects-of-environmental-pollution.php>):

- industrija: industrije su zagađivale naše okruženje osobito od početka industrijske revolucije, kao što je gore spomenuto, osobito zbog sve veće upotrebe fosilnih goriva. U 19. stoljeću i za značajan dio 20. stoljeća ugljen se koristi za brži rad strojeva, zamjenjujući ljudsku snagu. Iako zagađenje industrije uglavnom uzrokuje onečišćenje zraka, može doći i do onečišćenja tla i vode;
- prijevoz: otkako se prijevoz počeo razvijati te način dolaska od točke A do točke B više nije bilo pješice, zagađenje okoliša postalo je sve veće. Slično industriji, onečišćenje uzrokovano prometom uglavnom se može pripisati fosilnim gorivima. Štoviše, ljudi su išli od konjskih zaprega do automobila, vlakova (koji su prije struje potaknuti ugljenom) i zrakoplova. Kako se promet svakodnevno povećava, zagađenje slijedi tu evoluciju;
- poljoprivredne aktivnosti: poljoprivreda je uglavnom odgovorna za onečišćenje vode i tla. To je uzrokovano povećanom upotrebom pesticida, kao i intenzivnim karakterom njegove proizvodnje. Gotovo svi pesticidi su napravljeni od kemijskih tvari i namijenjeni sprječavanju bolesti usjeva te za odbijanje štetnih insekata od tih usjeva;

- aktivnosti trgovanja: aktivnosti trgovanja uključuju proizvodnju i razmjenu dobara i usluga. Što se tiče robe, onečišćenje može biti uzrokovano pakiranjem (koje često uključuje uporabu plastike, a koja se proizvodi od fosilnih goriva) ili prijevoza.

2.2 Onečišćenje i klimatske promjene

Onečišćenja koje smo ranije naveli i klimatske promjene usko su povezani. Glavni izvori emisije CO₂ su vađenje i spaljivanje fosilnih goriva. Klimatske promjene i zagađenje povezani su sve većom upotrebom fosilnih goriva, uključujući ugljen, naftu i prirodni plin. Onečišćenje zraka je usko povezano s klimatskim promjenama, a posebno s globalnim zagrijavanjem. Klimatske promjene također mogu utjecati na ljudsko zdravlje čineći naš zrak manje zdravim za disanje. Drastične promjene mogu dovesti do povećanja alergena i štetnih onečišćujućih tvari u zraku. Zagađenje zraka utječe na ljude svih dobi i na sve društvene slojeve širom svijeta (<https://climatechange.earthscienceconferences.com/events-list/pollution-and-climate-changes>).

Klimatske promjene predstavljaju promjenu klime koja se izravno ili neizravno može pripisati ljudskim djelatnostima. Klima se mijenja zbog čovjekova djelovanja koje mijenja kemijski sastav u atmosferi nagomilavanjem stakleničkih plinova, ponajprije ugljikova dioksida (CO₂), metana (CH₄) i dušikovih oksida (NO₂). Daleko najveći uzrok globalnih klimatskih promjena je korištenje fosilnih goriva (uglavnom nafta i ugljen). Smanjenje korištenja fosilnih goriva je teško izvedivo zbog stalnog rasta gospodarstva. Drugi veći uzrok je uništavanje šuma. Šume su bitne za normalno održavanje atmosfere i čistog zraka, ali zbog kontinuiranog povećanja broja ljudi na Zemlji potrebno je i više hrane pa stoga dolazi do deforestacija u korist širenja obradivih površina (Herceg, 2013).

Generalno, bez zraka nema života. Čist zrak je neophodan svim živim bićima, ali i ljudskom okolišu i prirodi. O njegovoj kakvoći ovisi zdravlje svih bića koji ga udišu. Industrijskom revolucijom i nekontroliranim ljudskim djelovanjem kakvoća zraka drastično je narušena, što se odražava na klimatske promjene (porast globalne temperature, oštećenje ozonskog omotača i dr.), ali na samo zdravlje čovjeka. (Herceg, 2013.)

Onečišćenje zraka i klimatske promjene predstavljaju dva temeljna ekološka problema na planetu i međusobno su povezani. Najprije, važno ih je jasno razlikovati da bi se razumjele veze koje imaju, na koji se način razlikuju i rješenja koja bi mogla dijeliti. Prvo, klimatske promjene su globalna varijacija klime na Zemlji zbog prirodnih uzroka i ljudskog djelovanja. Imaju mnoge posljedice s globalnim utjecajem, uglavnom zbog promjena u klimatskim obrascima, rastuće razine mora i ekstremnijih meteoroloških pojava. Klimatske promjene nisu samo fenomen okoliša, nego i njegovi negativni utjecaji koji imaju društvene i ekonomske posljedice. S druge strane, onečišćenje zraka je prisutnost tvari ili čestica u zraku koje podrazumijevaju opasnost, oštećenje ili opasnost za ljude, flore ili faune.

Glavni izvori onečišćenja atmosferom su troposferski ozonski plinovi (O_3), sumporni oksidi (SO_2 i SO_3), dušikovi oksidi (NO i NO_2), benzo (a) pireni (BaP) i čestice (PM). Ovi plinovi uglavnom proizlaze iz emisija uzrokovanih sagorijevanjem fosilnih goriva (uključujući emisije uzrokovane transportom), industrijskim procesima, spaljivanjem šuma, upotrebom aerosola i zračenjem. I klimatske promjene i onečišćenje zraka pogoršavaju se izgaranjem goriva, povećanjem emisija CO_2 koje uzrokuju globalno zagrijavanje. U međuvremenu, stvaranje drugih zagađivača, kao što su dušikovi oksidi (NO i NO_2), sumporni oksidi (SO_2 i SO_3) i čestice, glavni je razlog kontaminacije zraka (Active Sustainability, web: <https://www.activesustainability.com/climate-change/link-between-climate-change-air-pollution/>).

Još jedna karakteristika koju oba fenomena dijele jest njihov ozbiljan utjecaj na društvo. Klimatske promjene uzrokuju suše, poplave, krčenje šuma, beskućništvo i izumiranje životinjskih i biljnih vrsti što dovodi do gladi i bolesti. Atmosfersko zagađenje uzrokuje šest milijuna smrtnih slučajeva godišnje širom svijeta i četvrtinu slučajeva raka pluća, srčanih udara i moždanog udara, što predstavlja 0,3% svjetskog BDP-a u zdravstvenim troškovima, kao i smanjenje produktivnosti na radu.

Također neke od posljedica globalnih klimatskih promjena su (Herceg, 2013.):

- potresi, oluje, cikloni koje su sve češće i uzrokuju sve veće štete,
- topljenje ledenjaka koje prijete rezervama pitke vode,
- povećavanje razine mora i oceana
- uništavanje šuma (koje proizvode kisik),

- povećavanje i širenje tropskih bolesti sjevernije i južnije od ekvatora i
- porast nezdrave prehrane.

Zagađenje zraka i klimatske promjene se pogoršavaju. Gore spomenuti utjecaji će se povećavati s vremenom ako ne promijenimo energetske model. Učinci će biti pogubniji i za planet i za zdravlje ljudi. CO₂ se nakuplja i može trajati najmanje 100 godina u atmosferi. Razina onečišćenja zraka mogla bi se povećati pet puta u sljedećih pola stoljeća ako se situacija ne popravi. Konačna usporedba koju možemo napraviti između klimatskih promjena i onečišćenja zraka je najveća nada: oba dijele zajedničko rješenje, uvođenje više održivog energetskeg modela. Energetska učinkovitost, više obnovljivih izvora energije, korištenje električnih vozila, manje potrošnje resursa, primjena mjera iz Pariškog sporazuma i dr. naposljetku će poslužiti za smanjenje emisija onečišćujućih tvari koje povećavaju temperaturu planeta i čine atmosferu zagađenom okolinom (Active Sustainability, The link between climate change and air pollution).

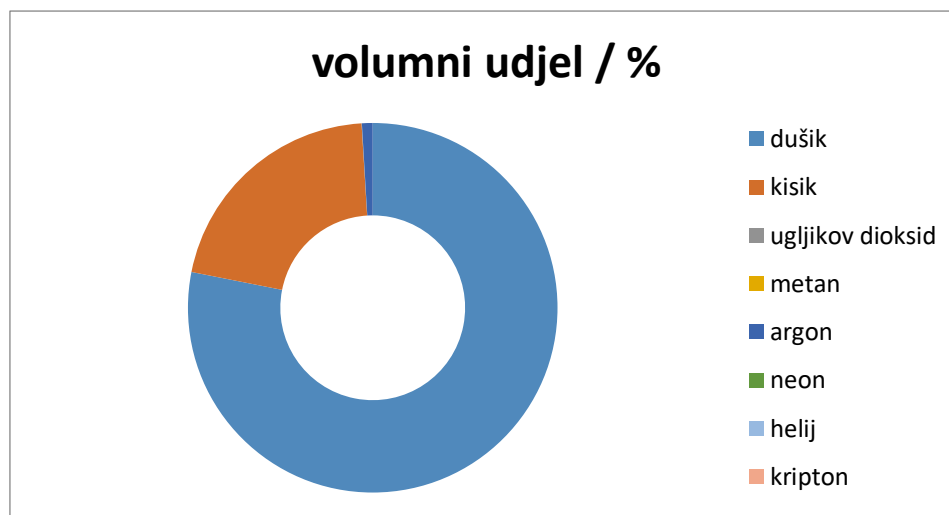
Trend porasta temperature zraka u 20. stoljeću zabilježen je i na postajama u Hrvatskoj. Stoljetni nizovi mjerenja temperature zraka upućuju na porast između 0,02 °C i 0,07 °C na 10 godina. Kao i na globalnoj razini, trend porasta temperature zraka osobito je izražen u posljednjih 50, odnosno 25 godina. Kao posljedica globalnog zagrijavanja dolazi do smanjenja snježnog pokrivača, osobito u proljeće i ljeti, te do topljenja leda. Također je zabilježen porast globalne razine mora koji je uzrokovan topljenjem kopnenog leda i toplinskim širenjem oceana zbog zagrijavanja. (DHMZ, web: https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeli¶m=klima_promjene)

3. ONEČIŠĆENJE ZRAKA

3.1. Struktura i svojstva zraka

Zrak je svim živim bićima neophodan za život, bez zraka čovjek može izdržati svega nekoliko minuta, dok bez hrane može biti nekoliko dana. Suhi zrak sastavljen je od 78% dušika, 21% kisika i 1% argona. U zraku se nalazi i vodena para koja čini između 0,1% i 4% troposfere. Topliji zrak obično sadrži više vodene pare od hladnijeg zraka. Gustoća zraka smanjuje se porastom temperature pa se lakši topliji zrak diže u više slojeve atmosfere. Zrak koji udišemo je smjesa različitih plinova. Koncentracije tih manjih količina plinova u atmosferi obično se mjere u dijelu na milijun (ppm). Na primjer, koncentracije ugljikova dioksida, jednog od najvažnijih i najčešćih plinova u tragovima u atmosferi, u 2011. su godini procijenjene na oko 391 ppm ili 0,0391% (EAO-ov pokazatelj koncentracija u atmosferi). Zrak stalno putuje oko planeta, prelazeći preko oceana, kao i preko velikih predjela kopna. Vjetrovi mogu nositi sićušne organizme, uključujući bakterije, viruse, sjemenke i invazivne vrste na nova odredišta koji mogu biti razlog onečišćenja zraka. (Europska agencija za okoliš, web: <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signals-2013/clanci/svaki-nas-udisaj>)

Grafikon 2. Volumni udjeli plinova u čistom zraku



Izvor: izrada autora prema: Euditorij, Zrak i sastav zraka, URL: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/4874fe79-8302-4ea2-b516-4657ea249026/kemija-7/m02/j01/index.html>

Bez zraka prosječne temperature na Zemlji bi padale ispod nule. Tijekom dana, planet se zagrijava dok upija energiju sunca. Kroz proces koji se naziva efekt staklenika, ugljični dioksid i drugi staklenički plinovi apsorbiraju dio infracrvenog zračenja koje Zemlja oslobađa dok se hladi. Ova toplina u atmosferi također uzrokuje zagrijavanje Zemljine površine. Zrak također smanjuje mogućnost da meteoriti i asteroidi unište gradove. Većina svemirskih stijena isparava u zraku prije nego stignu do tla, gdje mogu uzrokovati uništenje. Zemljina atmosfera također pomaže u umjerenim temperaturama, tako da njena površina nije previše vruća ili hladna da bi podržala život. Ljudi mogu čuti zvuk samo zato što zrak prenosi zvučne valove iz jedne točke u drugu. Ako bi se uklonio zrak, nitko nikada ne bi čuo zvukove koji se kreću između lokacija. Budući da molekule zraka uzrokuju rasipanje ljubičaste i plave valne duljine sunčeve svjetlosti, nebo izgleda plavo. Bez zraka, nebo bi uvijek bilo crno. Također je zrak odgovoran za kišu, snijeg i tornada jer zrak pomaže u stvaranju vremena (Lee, 2018).

3.2. Uzroci i izvori onečišćenja zraka

Onečišćenje zraka je pojava koja obuhvaća prisutnost jedne ili više tvari u zraku, kao što su aerosoli (prašine, dimovi, magle), plinovi i pare. Onečišćenje zraka je problem na lokalnoj i globalnoj razini. Onečišćujuće tvari u zraku ispuštene u jednom dijelu na zemlji mogu atmosferom dospjeti u druga mjesta, gdje mogu uzrokovati ili doprinijeti lošoj kvaliteti zraka. Postoje brojni izvori onečišćenja zraka, umjetnog kao i prirodnog podrijetla (Europska agencija za okoliš, 2017).

Zagađenju zraka koje je čovjekova krivnja, treba pripojiti i prirodno zagađenje. Prirodna zagađenja zraka su ona kojima su uzrok neki prirodni izvori. Među velikim zagađivačima ove vrste su, na primjer, vulkani koji ispuštaju pepeo, dim i razne plinove, tu je i dim od požara, velika koncentracija peludi od biljnog svijeta, metan i ostali plinovi koje ispuštaju životinje i još mnogo toga o čemu će se pisati u nastavku rada. Čovjek je onečišćavao svoju okolinu od početka civilizacije – otkako je podigao prve gradove i počeo iskorištavati zemljine resurse za svoje preživljavanje i razvoj. Isto je i s onečišćenjem zraka. Ono nije započelo pojavom automobila i velikim iskorištavanjem fosilnih goriva, započelo je mnogo ranije (Ekologija, web: <https://www.ekologija.com.hr/zasto-dolazi-do-oneciscenja-zraka/>).

Izvori onečišćenja zraka

Onečišćivač zraka je bilo koji plin ili čestica koji u dovoljno visokoj koncentraciji može biti opasan za život živih bića ili imovine. Onečišćenja se najviše pojavljuju u troposferi i to u višim koncentracijama bliže površini Zemlje. Koncentracija atmosferskog onečišćenja uglavnom ovisi i o ukupnoj masi onečišćenja koja se emitira u atmosferu i o ukupnim atmosferskim uvjetima koji utječu na njihovu asimilaciju ili kretanje. Raspršivanje onečišćenja je uvjetovano gibanjem atmosfere na što utječu vjetar, postojanost i okomito kolebanje temperature unutar graničnog sloja (Črnjar, 2002).

Prema Zakonu o zaštiti zraka, onečišćenim zrakom se smatra zrak čija je kvaliteta narušena prisutnošću onečišćujućih tvari i to u koncentracijama zbog kojih takav zrak može uzrokovati narušavanje zdravlja, smanjenje kvalitete življenja i/ili može štetno utjecati na bilo koju sastavnicu okoliša. Pod onečišćujućim tvarima u zraku podrazumijeva se svaka tvar koja je prisutna u okolnom zraku, a koja može imati štetan učinak na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cijelosti. Kada se govori o onečišćenju zraka kao sastavnice okoliša, potrebno je, prema vrsti onečišćenja zraka, razlikovati prirodne od umjetnih izvora onečišćenja. Prirodni izvori onečišćenja zraka su (Onečišćenje zraka, web: http://www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje_zraka.pdf):

- prašina (pustinjska) nošena vjetrom,
- aeroalergeni,
- čestice morske soli,
- dim,
- leteći pepeo,
- plinovi šumskih požara,
- plinovi iz močvara,
- mikroorganizmi (bakterije i virusi),
- magla,
- vulkanski pepeo i plinovi,
- prirodna radioaktivnost,
- meteorska prašina i
- prirodna isparavanja.

Umjetni izvori onečišćenja zraka su grupa koja obuhvaća onečišćenje uzrokovano aktivnostima i procesima kojima upravlja čovjek:

- onečišćenje uzrokovano proizvodnjom toplinske i/ili električne energije (elektrane i toplane),
- onečišćenje uzrokovano radom industrijskih postrojenja (npr. metalurgija, kemijska industrija) i poljoprivredom (kopanje, zaprašivanje, spaljivanje i dr.),
- onečišćenje uzrokovano transportnim sredstvima,
- onečišćenje uzrokovano spaljivanjem različitih vrsta otpada (posljedica nepotpunog sagorijevanja je nastanak dima, a sumporni spojevi sadržani u najvećem dijelu goriva izgaraju u okside sumpora)
- onečišćenja uzrokovana svim ostalim djelatnostima koje nisu obuhvaćene u gornje četiri skupine, kao npr. procesi kemijskog čišćenja, tiskanja, bojanja, rušenja objekata, zaprašivanja insekata itd.

Također prema drugim literaturama postoje primarni i sekundarni izvori onečišćenja zraka. Primarni onečišćivači zraka ulaze u atmosferu izravno iz različitih izvora. Može se razlikovati 5 tipova onečišćivača zraka (Črnjar, 2002):

1. Ugljikov II-oksidi (ugljični monoksidi) (CO)- vrlo je otrovan plin bez mirisa i boje. Glavni je proizvod nedovršenog izgaranja fosilnih goriva. Gori plavkastim plamenom i tada prelazi u ugljikov IV- oksid (CO_2). Udisanjem se veže za hemoglobin u krvi i izaziva trovanje;
2. Ugljikovodici (HC) ili nepostojani organski ugljici (VOC) su organski spojevi koji sadrže ugljik i vodik. Proizvode se prirodnim raspadanjem organskih tvari, izgaranjem fosilnih goriva i isparavanjem benzina. Najčešći ugljikovodik u atmosferi je plin metan (CH_4) koji može biti kancerogen. Taj je plin glavni sastojak zemnog plina i eksplozivan je zrakom;
3. Dušikov II- oksid (dušični oksid, NO)- bezbojan je plin koji u dodiru sa zrakom prelazi u dušikov IV- oksid (dušični dioksid - NO_2) koji je karakterističnog mirisa, teži je od zraka i otrovan je. Proizvod je izgaranja goriva u automobilima. Dušikovi oksidi također pridonose stvaranju kiselih kiša jer se vežu s vodom i stvaraju dušičnu kiselinu;
4. Sumporov IV- oksid (sumporni dioksid, SO_2)- emitira se izgaranjem fosilnih goriva (67%) u rafinerijama, tvornicama i individualnim ložištima. Djeluje štetno za organe za disanje. Polagano se oksidira u sumporov (VI)- oksid (SO_3) koji s kapljicama vode daje sumpornu kiselinu;

5. Određene tvari- u koje se ubrajaju krute čestice ili kapljice, dovoljno su sitne da bi ostale u zraku. U te tvari se ubrajaju čađa, dim, prašina, azbestna vlakna, pesticidi itd.

Sekundarni onečišćivači formiraju se tijekom kemijskih reakcija između primarnih izvora i drugih atmosferskih stvari, kao što je primjerice vodena para. Reakcije se pojavljuju zbog sunčeve svjetlosti, tj. pojavljuje se smog. On je značajan za urbana središta i ovisno o kemijskim reakcijama može biti opasan za živi i neživi svijet.

Kao što je već spomenuto, izgaranjem fosilnih goriva onečišćuje se zrak. Rafinerije nafte ispuštaju amonijak, različite organske kiseline, sumporni oksid, spojeve ugljikovodika u atmosferu. Mjerenja Državnog zavoda za meteorologiju pokazuju da 60% sumpornog dioksida dolazi iz susjednih zemalja, dakle onečišćenje zraka nije problem određenog područja jer se strujanjem zraka zagađuju sva područja. Čovjek je uvelike utjecao na onečišćenje zraka urbanizacijom, industrijalizacijom, poljoprivredom, itd. Danas, zbog našega utjecaja plaćamo veliku cijenu, iako toga nismo u potpunosti svjesni (Vareško, 2015).

Vrlo važan izvor onečišćenja je prijevoz, čiji se opseg najbrže povećava. Unutar sektora prijevoza, najveći porast bilježi prijevoz osobnim automobilima koji predstavlja najvažniji izvor onečišćujućih tvari u gradovima. Broj automobila u gradovima u stalnom je porastu, zbog rastućeg broja gradskog stanovništva, ali i zbog porasta životnog standarda građana. Osim toga, mijenjaju se životne navike: u posljednjih trideset godina prosječna udaljenost od kuće do radnog mjesta se udvostručila. U nabavku se sve češće odlazi u udaljene shopping centre, a i automobil se sve više koristi i u slobodno vrijeme, za izlete i razonodu (Vareško, 2015).

Što će se događati s onečišćivačima u atmosferi zavisi od više čimbenika. Onečišćivači prenošeni vjetrom i turbulencijom mogu pretrpjeti različite kemijske transformacije prije nego što se spuste na zemlju, stoga je potrebno poznavati zračne turbulencije. Ako se zapazi kako se onečišćivač ispušta u zrak kroz, primjerice, dimnjak neke tvornice ili elektrane, zapazilo bi se da je dim u obliku lijevka ili tuljka. Lijevak se sve više širi kako se dim udaljava od dimnjaka, a koncentracija onečišćenja je sve slabija. Kako su ispušteni onečišćivači topliji nego zrak koji ih okružuje, oni se dižu visoko u atmosferu i turbulencija zraka čini da se koncentracije razrjeđuju. Onečišćivači se kreću s vjetrom i često dolazi do kemijskih reakcija između onečišćivača i drugih atmosferskih tvari. Većina onečišćivača ostaje u atmosferi samo nekoliko dana ili tjedana, stoga, ako se emisija

potpuno smanji, niža atmosfera će brzo izgubiti gotovo sve onečišćivače. No neki onečišćivači poput vulkanskog pepela i aerosola koji sadrže sumpor, ostaju u stratosferi do nekoliko mjeseci prije nego što se vrate na površinu. Ti visoko atmosferski dugotrajni onečišćivači mogu promijeniti zemljinu klimu (Črnjar, 2002)

3.3. Štete od onečišćenja zraka

Štetne čestice koje se emitiraju zbog zagađivanja zraka mogu se prenositi zrakom na velike udaljenosti, prenose se stotinama milja daleko od svog izvornog izvora, te potom zagađuju netaknuta prirodna područja.

Slika 1. Utjecaj onečišćenja zraka na okoliš- navigacija



Izvor: izrada autora prema podacima preuzetim iz Popescu Slavikova, S. (2018). Environmental Impacts of Air Pollution. Greentumble, URL: <https://greentumble.com/environmental-impacts-of-air-pollution/>

Pod normalnim uvjetima, pH kišnice je oko 5,6. Međutim, prilikom izgaranja fosilnih goriva u atmosferu se emitira dušikov oksid i sumporni dioksid. Oba zagađivača zraka reagiraju s molekulama vode u zraku i smanjuju pH kišnice, što dovodi do stvaranja **kiselih kiša**. PH kisele kišnice može pasti na samo 1,8. Takve promjene kiselosti kiše mogu imati mnoge negativne učinke na okoliš, uključujući:

- zakiseljavanje vodenih tijela, što ih čini negostoljubivim za ribe

- kiselost vode dovodi do deformiteta tijela, oštećenje škrge i smanjenje uspješnosti reprodukcije.
- oštećenje lišća i iglica biljke, čime se smanjuje sposobnost biljke da fotosintezu
- promjene u kemiji tla, koje utječu na metabolizam biljaka i ciklički unos hranjivih tvari

Eutrofikacija se događa kada se prekomjerna količina biljnih hranjivih tvari (dušik, fosfor) nakuplja u slatkovodnim tijelima i uzrokuje prekomjerni rast algi u vodi. Prekomjerni rast algi opasan je za druge vodene organizme jer, nakon što alge umru, njihova razgradnja iscrpljuje kisik iz vode. Tada zahvaćeno vodno tijelo ne može podržati drugi život i pretvara se u mrtvu zonu.

Što se tiče **uvođenja toksina u prehrambeni lanac**, izgaranje fosilnih goriva, rudarstvo, spaljivanje otpada, intenzivna poljoprivreda i druge industrijske djelatnosti dnevno emitiraju veliki broj zagađivača u zrak. Kada se svi ti zagađivači talože na vegetaciju, u tlo ili površinske vode, životinje koje se hrane i piju iz tih izvora također unose štetne kemikalije. Svaki put kad se hrane uzimaju sve više i više tih trajnih zagađivača zraka. Toksični elementi se zatim počnu nakupljati u tkivima tijela.

Ozon se prirodno pojavljuje u gornjoj atmosferi, gdje djeluje kao štit koji pomaže zaštititi zemlje od sunčevih UV-A i UV-B zraka. Nažalost, onečišćenja iz kojih stoji čovjek uvelike su **oštetila ozonski omotač** tijekom prošlog stoljeća. Izlaganje živih organizama UV zračenju povećava učestalost raka kože, katarakte, oslabljenog imunološkog sustava, metaboličkih poremećaja i smanjuje stopu preživljavanja potomstva.

Jednako kako je ozon važan u gornjoj atmosferi, on može biti štetan u nižim atmosferama. Prizemni ozon je prepoznat kao jedan od glavnih zagađivača zraka. Dugotrajno izlaganje vegetacije prizemnom ozonu rezultira vidljivim ozljedama listova, kada ozon zapravo izgara (oksidira) biljna tkiva, **smanjuje rast sadnica** stabala i povećava osjetljivost na bolesti, štetočine i druge stresore iz okoliša. Pogođene biljke su slabe i ne rastu dobro. Prema znanstvenim istraživanjima u Nacionalnom parku Great Smoky Mountains, drveće izloženo visokim razinama ozona poraslo je samo do 60 posto svog punog potencijala. Smanjeni rast često je praćen nižim prinosima i visokom razinom smrtnosti među biljkama. Stoga se prizemni ozon smatra jednim od glavnih doprinositelja uništavanju šuma i predstavlja prijetnju za buduću sigurnost hrane.

Vezano za **smanjenju sekvestraciju ugljika** kroz proces fotosinteze, biljke izvlače ugljični dioksid iz zraka i koriste ugljik da razviju svoja tijela dok oslobađaju kisik natrag u atmosferu. Drveće ima veliku sposobnost skladištenja velikih količina ugljika u svojim veličanstvenim tijelima tijekom cijelog životnog vijeka. Zbog toga su šume neke od najvećih ponora ugljika na zemlji. Međutim, izloženost prizemnom ozonu smanjuje sposobnost biljke da metabolizira ugljični dioksid. Sasvim logično, to je također povezano s manjim rastom biljke (spomenuto gore), budući da ne može učinkovito koristiti ugljik za rast tijela. To je svakako alarmantna činjenica, s obzirom na to da naše aktivnosti emitiraju velike količine ugljičnog dioksida u atmosferu gdje djeluje kao jak zagađivač. Zapravo, ugljični dioksid je tako snažan zagađivač zraka da je počeo mijenjati klimu cijelog planeta.

Kada biljke metaboliziraju manje ugljičnog dioksida, prestaje distribucija ugljika u tlu. S nedostatkom ugljika broj korisnih mikroba iz tla opada, što rezultira **gubitkom plodnosti tla**. Drugi problem uzrokovan povišenom razinom ozona je slabljenje sposobnosti biljaka da kontroliraju isparavanje vode iz svojih tijela. Pogođene biljke gube vodu brže od zdravih biljaka. To zauzvrat dovodi do njihovog povećanog unosa vode iz tla, smanjuje se vlažnost tla i mijenja raspoloživost vode za ostale žive organizme

Sumaglica nastaje kada sunčeva svjetlost pogodi koncentrirane čestice zagađivača u zraku, poput sumpornog dioksida i dušikovog oksida, koje se ispuštaju iz elektrana, industrijskih postrojenja ili proizvode dim iz divljih požara. Sumaglica smanjuje vidljivost, a čestice koje stvaraju sumaglicu vjetar može prenijeti na velike udaljenosti od mjesta njena nastanka, ima utjecaj na rast biljaka, ali šteti i insektima.

Zbog pretjeranog izgaranja fosilnih goriva i velikih promjena u pokrovnosti zemlje krčenjem velikih površina kako bi se stvorio prostor za gradove ili poljoprivredna gospodarstva, ogromne količine stakleničkih plinova poput ugljičnog dioksida i metana se ispuštaju u zrak. Staklenički plinovi omogućavaju porast globalnih temperatura hvatajući toplinu u atmosferi, a njihove sve veće koncentracije postupno su počele mijenjati klimu planete. **Klimatske promjene** očituju se kroz mnoge negativne događaje, uključujući:

- jake oluje,
- poplave,

- snažne ljetne vrućine,
- suše,
- razorne divljine,
- povećan rizik od zaraze i zaraze štetočina,
- porast razine mora,
- zakiseljavanje oceana itd.

Nažalost, primjeri uništavanja okoliša počinju postati „nova norma“ u našem vremenskom razdoblju. Zagađenje zraka zajedno s klimatskim promjenama utječu na naše zdravlje, kvalitetu i pristup prirodnim resursima, našu sposobnost uzgoja hrane i korist od dijeljenja planeta s milijunima drugih živih bića koja pomažu u uspostavljanju planeta (Popescu Slavikova, 2018).

Još jedan štetni učinak onečišćenja zraka je i UV zračenje koje može izazvati mnogobrojne kemijske i biološke procese koji su štetni za ljudski organizam. U čovjeka može povišeno UV zračenje uzrokovati rak kože, mrenu očiju, opekotine, ubrzano starenje kože i smanjenje otpornosti imunološkog sustava. Utvrđeno je da zračenje ima utjecaj i na vodene ekosustave uzrokujući štete u ranom razvoju riba, rakova, školjkaša i ostalih životinja. Također utječe na biljke, ali se one mogu donekle i prilagoditi promjenama (Dikić, 2001. – Jelavić).

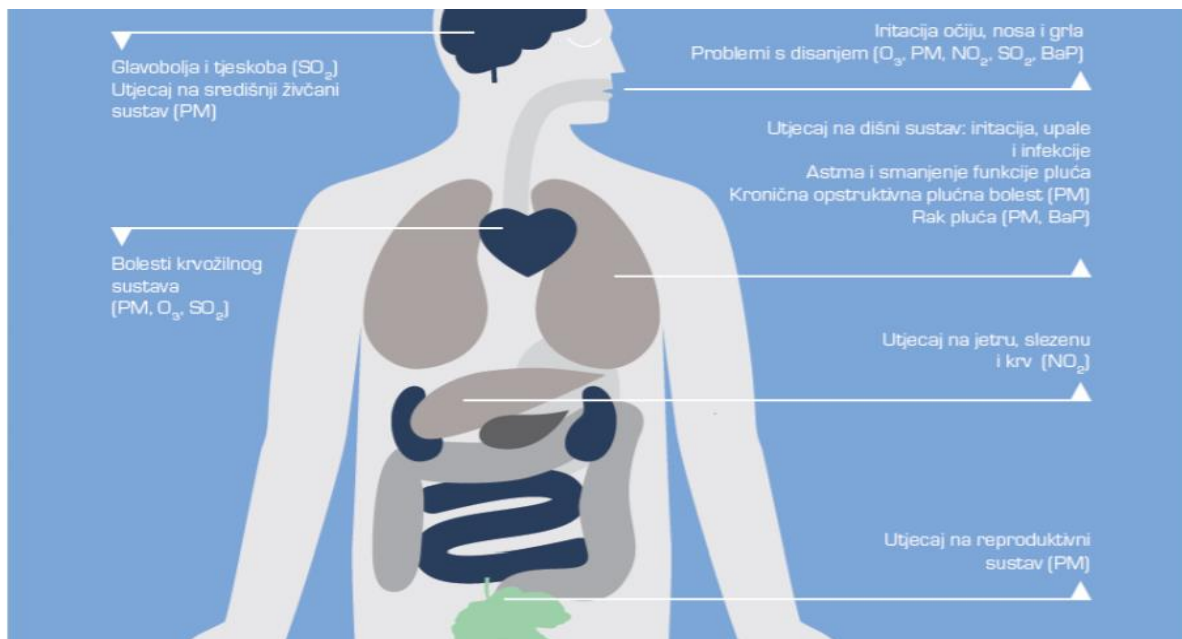
3.4. Utjecaj onečišćenja zraka na zdravlje i okolinu ljudi

Mnogi su zabrinuti zbog onečišćenja zraka, jer ono u velikoj mjeri utječe na zdravlje ljudi. Od efekata koje zagađeni zrak pokazuje na ljudsko zdravlje najočiglednija koleracija postoji sa bolestima respiratornih organa (astma, bronhitis, emfizem, rak pluća) jer polutanti iz atmosfere najlakše ulaze u tijelo disanjem. Kako čovjek u minuti pri mirovanju otprilike učini 15-18 udisaja kako bi udahnuo kisik u tijelo koji mu je potreban za normalno funkcioniranje metabolizma tijela, ako je zrak zagađen, može doći do ozbiljnih zdravstvenih komplikacija (Tuhtar, 1984.).

Općenito, kratkotrajno izlaganje umjerenom onečišćenju zraka mladim i zdravim osobama vjerojatno neće uzrokovati ozbiljne posljedice. Međutim, povišene koncentracije onečišćujućih tvari u zraku i/ili njima dugotrajno izlaganje može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih simptoma i stanja kod ljudi. Ovo se prvenstveno odnosi na dišni sustav koji smo ranije spomenuli i upalne

procesu u organizmu, ali također može uzrokovati mnogo ozbiljnija stanja kao što su srčane bolesti i rak. Srčani i plućni bolesnici su osjetljiviji na negativne utjecaje onečišćenja zraka. Opasnosti su posebno podložna djeca i starije osobe.

Slika 2. Negativan utjecaj onečišćenja zraka na zdravlje čovjeka



Izvor: Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu.

Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

U razvijenim zemljama se već 60-ih godina 20. stoljeća izrađuju mnoge epidemiološke studije da bi se proučio utjecaj onečišćenja zraka na ljudsko zdravlje i procijenile materijalne štete.

Veliko onečišćenje zraka s kojim smo danas suočeni ima značajne posljedice ne samo na ljude, nego na našu planetu. Ako govorimo samo o zdravstvenim tegobama, to su razvoji mnogih bolesti od kojih pati sve veći broj populacije. Za početak to su alergije i bolesti dišnih sustava koje smo spomenuli, koje mogu varirati od astme do tumora. Osim toga, posljedice mogu biti i trenutne, a ispoljavaju se kao vrtoglavica, glavobolja, crvenilo očiju, kašalj, teško disanje i slično. Osim zdravstvenih problema ljudi, onečišćenje zraka čini velike promjene i na planeti.. (Ekologija, web: <https://www.ekologija.com.hr/zasto-dolazi-do-oneciscenja-zraka/>).

Čovjek je izvrgnut onečišćenjima cijeli život, onečišćenje utječe na živčani, krvni i dišni sustav, na endokrine funkcije i, pogotovo, na djelovanje štitne žlijezde. Zbog takvog stanja, u nekim zemljama nisu ni donijeti propisi o dopuštenim granicama onečišćenja, a propisi se drugih zemalja znatno međusobno razlikuju. Osim toga, neki se odnose samo na nova postrojenja. (Udovičić, 2009.)

Oko 85% sumpornog dioksida u vanjskom zraku unosi se u dišni sustav ako čovjek diše na nos. On u velikoj mjeri utječe na normalnu funkciju dišnog sustava, izaziva dispneju, anemiju, hormonske poremećaje, poremećaje rasta kostiju, alergijske reakcije itd., prašina ima značajnu ulogu u pogoršanju simptoma bolesti dišnog sustava uslijed izvrgnutosti ljudi sumpornom dioksidu i sumpronoj kiselini. Dušični oksid je najčešći industrijski zagađivač zraka, uzrokuje pad imunoloških sposobnosti organizma, porast sklonosti obolijevanju od virusnih i bakterijskih infekcija, oštećuje pluća, izaziva promjene u tkivima srca, jetre i bubrega. Ozon štetno utječe također na pluća, no i na središnji živčani sustav, smanjenje vida, sniženje krvnog tlaka, oštećenje i razaranje strukture pluća itd (Čiček, 1993).

Najbolju sliku o utjecaju raznih onečišćivača na zdravlje dobit ćemo ako analiziramo kakav utjecaj ima pojedini onečišćivač na spektar zdravlja. Provedeno je istraživanje za lebdeće čestice te prema rezultatima studija APHEA-1 i APHEA-2 koje su se provodile u velikom broju europskih gradova, povećanje koncentracije lebdećih čestica povezano je s dnevnim povećanjem mortaliteta. Veći rizik je postojao u gradovima sa toplijom klimom i višim koncentracijama NO₂. Povećanje rizika vezano je uz činjenicu da su PM₁₀ porijekla od prometa toksičnije od onih čije porijeklo nije vezano uz sagorijevanje motornih goriva.

U posljednje vrijeme velika se pozornost pridaje utjecaju lebdećih čestica na zdravlje, tako da se broj studija o utjecaju ozona na zdravlje smanjio. Realna poteškoća koja se javljaju kod praćenja utjecaja ozona na zdravlje je sezonska varijacija koncentracija ozona u zraku, budući da su koncentracije bitno više ljeti. Zbog toga je potreban poseban oprez kod interpretacije rezultata. U već spomenutoj studiji APHEA1, dokumentirano je da je povećanje satnog maksimuma ozona za 100µg/m³ povezano s povećanjem ukupne smrtnosti za 6%, smrtnosti od respiratornih bolesti za 12%, te kardiovaskularnih za 4% (9,10). Usprkos dokazima o štetnosti ozona pri kratkotrajnoj izloženosti, učinci na zdravlje pri dugotrajnoj izloženosti prosječnim koncentracijama nisu

potpuno jasni. Ipak, niz austrijskih studija pokazuje da se kod djece koja su dugotrajno bila izložena povišenim koncentracijama ozona u zraku, a boravila su veći dio vremena na otvorenom, smanjila plućna funkcija.

Utjecaj dušikovog dioksida (NO_2) na zdravlje usko je povezan s lebdećim česticama jer se NO_2 u atmosferi konvertira u nitratne čestice pa time postaje dio ukupne mase lebdećih čestica. Pri kratkotrajnoj izloženosti NO_2 koncentracijama od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (satni maksimum), nađen je također signifikantni porast dnevnog mortaliteta od 1,3%. Povećane koncentracije NO_2 i ozona odgovorne su i za povećani bolnički prijem pacijenata koji boluju od astme i bronhitisa, a prvenstveno se to odnosi na djecu.

Rezultati paralelnih studija pokazuju da povećanje koncentracije SO_2 te kratkotrajna i dugotrajna izloženost ambijentalnim razinama polutanata predstavlja ozbiljan javno-zdravstveni problem zbog velikog broja izloženih ljudi, čak i kada je relativni rizik razmjerno mali. Učinci na zdravlje kreću se u rasponu od laganih simptoma respiratornog trakta pa sve do ozbiljnih bolesti respiratornog i kardiovaskularnog sustava s potrebom hospitalizacije te povećanim brojem smrtnih ishoda. Zbog značajnosti problema posljednjih godina mnogo je truda uloženo i sa strane znanstvenika i zakonodavaca u smanjenju razina onečišćenja zraka, a time i nepovoljnih učinaka na zdravlje, pa su donesene sljedeće smjernice (Herceg, 2005.):

- intervenirati na lokalnim i regionalnim razinama,
- utjecati na poboljšanje kakvoće zraka uvođenjem novih tehnologija,
- uvoditi nove standarde kakvoće zraka i implementirati ih u legislativu te
- izradom modela utjecaja smanjenih razina zagađenja na zdravlje predvidjeti pozitivne zdravstvene učinke

3.5. Utjecaj onečišćenja zraka na ekonomiju i gospodarstvo

Zagađenje zraka utječe na gospodarstvo na nekoliko načina: košta ljudske živote, smanjuje radnu sposobnost ljudi, utječe na vitalne proizvode poput hrane, oštećuje kulturne i povijesne spomenike, smanjuje sposobnost ekosustava da obavljaju funkcije koje društva trebaju i to košta novca u sanaciji ili obnovi. Nove tehnologije koje doprinose smanjenju emisija neprestano se razvijaju. Postavljanje graničnih vrijednosti emisija za onečišćujućih tvari u zraku, kao što je učinjeno u

skladu s različitim protokolima Konvencije, pokazalo se kao učinkovito sredstvo u poticanju ulaganja u čiste tehnologije. Prednosti poboljšane tehnologije za smanjenje zagađenja zraka kvantificirane su u mnogim slučajevima. Ekonomski modeli pokazuju da će uvođenjem dodatnih mjera neki sektori izgubiti posao (npr. Sektor fosilnih goriva), ali drugi će sektori dobiti posao (npr. građevinski i oprema). Ekološka politika dugoročno pogoduje gospodarstvu jer potiče učinkovitiju uporabu resursa, a zdravstvene bi koristi povećale BDP do 10%. Veće tržište čistih tehnologija smanjit će troškove proizvodnje potrebne opreme, a samim tim i mjere smanjenja. Zemlje koje se kreću prvo proširuju svoje mogućnosti za rastuću čistu tehnologiju (UNECE, web: <https://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlrtapwelcome/cross-sectoral-linkages/air-pollution-and-economic-development.html>).

Loša kvaliteta zraka može imati vrlo negativan učinak na ekonomiju, što dovodi do većih troškova. Posebno je fokus na zdravstvu i smanjenoj produktivnosti rada. Loša kvaliteta zraka znatno povećava vjerojatnost da će se zaposlenici razboljeti - od kašlja i upale grla do raka pluća i srčanih bolesti - i da će učinkovitost opadati, te produktivnost zajedno s njom. Zato poduzeća mogu ulagati u čišće tehnologije kako bi se izbjeglo navedeno. To mogu učiniti tako da podignu svijest među zaposlenima i kupcima i aktivno smanjenjem emisija iz proizvodnje i transporta. Privatni sektor također može podržati inovacije u čistim tehnologijama, održivim proizvodima i rješenjima za čisti zrak. Forbes navodi kako 88% ispitanih ljudi želi kupovati marke koje su etične i čine dobro za okoliš. Na taj način ekonomija i čist zrak mogu ići ruku pod ruku. (Burston, web: <https://www.weforum.org/agenda/2019/09/clean-air-is-good-for-business/>)

Izvješće *The Economic Consequences of Air Pollution* izračunava troškove i utjecaj onečišćenja vanjskog zraka na gospodarski rast. Utvrđuje se da će skup odabranih tržišnih utjecaja zagađenja zraka dovesti do ekonomskih troškova koji će se postupno povećavati na 1% BDP-a do 2060. godine. Ove ekonomske posljedice proizlaze iz kombinacije izloženosti visokim koncentracijama, starenju stanovništva i relativno visokog onečišćenja. Dok izravni troškovi ovih tržišta utječu na rast više ili manje istim tempom kao i ukupna ekonomska aktivnost, neizravni ekonomski troškovi, kao potaknuti tim utjecajima, vremenom postaju sve značajniji (CIRCLE, web: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/8318.pdf>).

4. ANALIZA ONEČIŠĆENJA ZRAKA U REPUBLICI HRVATSKOJ

4.1. Kvaliteta i stanje zraka u Republici Hrvatskoj

Na stanje i kvalitetu zraka utječu razni čimbenici kao što su gospodarski rast, industrija, promet i dr. Sukladno Zakonu i odgovarajućim podzakonskim propisima, ocjena kvalitete zraka na području država članica Europske unije može se izraditi temeljem (Pejaković, 2018):

- a) kontinuiranih mjerenja propisanih parametara kvalitete zraka u propisanoj regulatornoj mreži mjernih postaja,
- b) indikativnih mjerenja i/ili modeliranja u područjima gdje nije nužno provoditi kontinuirana mjerenja propisanih parametara kvalitete zraka i/ili
- c) ekspertne/objektivne procjene stručnjaka, koji donosi objektivnu procjenu na osnovi svih relevantnih raspoloživih informacija i podataka i analiza

Ekspertna ocjena kvalitete zraka provodi se za sva područja (zone) u kojima se ne provode mjerenja kvalitete zraka, mjerenja se provode nekom od nestandardiziranih metoda ili se provode nekom standardiziranom metodom za koju nisu provedeni testovi ekvivalencije s referentnom metodom. Objektivna ocjena može se izraditi na osnovi:

- d) rezultata modeliranja,
- e) rezultata indikativnih mjerenja (ukoliko su bila provedena),
- f) ekspertne procjene stručnjaka koji na osnovi znanja i iskustva može procijeniti da li je neko područje izloženo razinama onečišćanja koje iziskuju pokretanje odgovarajućih mjera ili aktivnosti i
- g) kombinacijom svih gore navedenih metoda.

Kvaliteta zraka u određenoj zoni ili aglomeraciji se utvrđuje na godišnjoj razini, jedanput godišnje za proteklu kalendarsku godinu i za svaku onečišćujuću tvar posebno. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike izrađuje godišnja Izvješća o kvaliteti zraka koja sadrže ocjenu kvalitete zraka na području Republike Hrvatske. Rezultati mjerenja kvalitete zraka sa svih mjernih postaja uspostavljenih na području Republike Hrvatske kontinuirano se dostavljaju u bazu „Kvaliteta

zraka u Republici Hrvatskoj“ i objavljuju svakog sata na internetskim stranicama Hrvatske agencije za okoliš i prirodu. Ujedno, u okolini izvora onečišćenja zraka, onečišćivači su dužni osigurati praćenje kvalitete zraka prema rješenju o prihvatljivosti zahvata na okoliš ili rješenju o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša odnosno okolišnom dozvolom te su ova mjerenja posebne namjene sastavni dio lokalnih mreža za praćenje kvalitete zraka.

Onečišćivači koji su se pratili su slijedeći:

- sumporovog dioksida (SO₂),
- dušikovog dioksida i dušikovih oksida (NO₂ i NO_x),
- lebdećih čestica (PM₁₀ i PM_{2,5}),
- olova (Pb),
- benzena (C₆H₆),
- ugljikovog monoksida (CO),
- prizemnog ozona (O₃) i prekursora
- prizemnog ozona (hlapivi organski spojevi – HOS-evi),
- arsena (As),
- kadmija (Cd),
- žive (Hg),
- nikla (Ni),
- benzo(a)pirena (BaP) i drugih policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU), pokazatelja prosječne izloženosti za PM_{2,5} (PPI) te kemijskog sastava PM_{2,5}.

Ukoliko u zoni ili aglomeraciji postoji više mjernih mjesta za istu onečišćujuću tvar, ocjena zone ili aglomeracije je dana prema mjernom mjestu s najlošijim stanjem kvalitete zraka, odnosno prema mjernom mjestu na kojem su najviše prekoračeni okolišni ciljevi.

Slika 3. Mjerne postaje i aglomeracije na području Republike Hrvatske



Izvor: Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu.

Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

Na slici su prikazane zone i aglomeracije za potrebe praćenja kvalitete zraka s mjernim postajama za uzajamnu razmjenu informacija i izvješćivanje o kvaliteti zraka između Hrvatske agencije za okoliš i prirodu i Europske komisije. Mjerne postaje tako postoje u Zagrebu, Desiniću, Varaždinu, Velikoj Gorici, Sisku, Karlovcu, Rijeci, Pargu, Višnjaju, Puli, Plitvičkim jezerima, Splitu, Kaštelu, Humu, Kutini, Žarkovici, Slavonskom Brodu, Osijeku i Kopačkom Ritu. Aglomeracije su Zagreb, Rijeka, Split i Osijek.

Za potrebe praćenja kvalitete zraka određeno je pet zona i četiri aglomeracije, također se razina onečišćenosti zraka određuje prema donjim i gornjim pragovima procjene.

Zone i obuhvat zona u kojima se provode mjerenja kvalitete zraka su: HR1 (Kontinentalna Hrvatska- Osječko-baranjska, Međimurska, Varaždinska i dr.), HR2 (Industrijska zona- Brodsko-posavska i Sisačko-moslavačka županija), HR3 (Lika, Gorski kotar i Primorje- Ličko-senjska, Karlovačka i dr.), HR4 (Istra) i HR5 (Dalmacija). Nadalje će se navesti 4 aglomeracije koje su određene za mjerenje kvalitete zraka u RH: HR ZG (Zagreb, Velika Gorica, Samobor I dr.), HR OS(Osijek), HR RI (Rijeka, Bakar, Kraljevica itd.), HR ST (Split, Trogir, Omiš).

U sljedećoj tablici će se prikazati razina onečišćenosti zraka, određena prema donjim i gornjim pragovima procjene za sumporov dioksid (SO₂), dušikov dioksid (NO₂), lebdeće čestice (PM₁₀), benzen, benzo(a)piren, olovo (Pb), arsen (As), kadmij (Cd) i nikal (Ni) u PM₁₀, ugljikov monoksid (CO), graničnim vrijednostima za ukupnu plinovitu živu (Hg), te dugoročnim ciljem za prizemni ozon (O₃) s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi prema zonama i aglomeracijama.

Gdje je:

DPP – donji prag procjene,

GPP – gornji prag procjene,

DC – dugoročni cilj za prizemni ozon,

GV – granična vrijednost

Tablica 1. Razina onečišćenosti zraka po onečišćujućim tvarima s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

Oznaka zone i aglomeracije	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	Benzen, benzo (a) piren	Pb, As, Cd, Ni	CO	O ₃	Hg
HR ZG	< DPP	> GPP	> GPP	> GPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV
HR OS	< DPP	> GPP	> GPP	> GPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV
HR RI	> GPP	> GPP	> GPP	< DPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV

HR ST	> GPP	> GPP	> GPP	< DPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV
HR 1	> GPP	< DPP	> GPP	< DPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV
HR 2	> GPP	< DPP	> GPP	> GPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV
HR 3	< DPP	> GPP	> GPP	< DPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV
HR 4	< DPP	< DPP	> GPP	< DPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV
HR 5	< DPP	< DPP	> GPP	< DPP	< DPP	< DPP	> DC	< GV

Izvor: izrada autora prema podacima preuzetim iz Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu. Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

Prema tablici vidljivo je da zrak u Republici Hrvatskoj najviše onečišćen lebdećim česticama PM₁₀, u svim zonama i aglomeracijama. Sve zone i aglomeracije zahvaća i granična vrijednost za plinovitu živu, kao i dugoročni ciljevi za prizemni ozon. Što se tiče ostalih elemenata, ugljikov monoksid, olovo, arsen, kadmij i nikal čine donji prag procjene u svim zonama i aglomeracijama. Sumporov dioksid ima gornji prag procjene u aglomeracijama Rijeka i Split, te zonama 1 i 2, odnosno Kontinentalnoj Hrvatskoj i Industrijskoj zoni, a za sve ostale su vrijednosti ispod zadanog praga procjene. Dušikov dioksid pogađa dijelove aglomeracija Zagreba, Osijeka, Rijeke i Splita, te 3. Zone koja čini Liku, Gorski Kotar i Primorje. Benzen, benzo i piren gornji prag vrijednosti ostvaruje u aglomeraciji Zagreb i Osijeka, te 2 zoni koja je industrijska zona.

Nadalje će prikazati da li pojedini elementi koji uzrokuju onečišćenje utječu na zdravlje i zaštitu vegetacije, no također će se prikazati na kojim dijelovima Republike Hrvatske je najzastupljeniji pojedini spoj koji onečišćuje zrak te j sve zone i aglomeracije bile sukladne s graničnim vrijednostima.

Sumporov dioksid (SO₂): 2017. godine sve zone i aglomeracije su sukladne s graničnom vrijednošću za 1-satne i graničnom vrijednošću za 24-satne koncentracije SO₂ obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. U 2017. godini sve zone su sukladne s kritičnim razinama za srednju godišnju vrijednost i zimsku srednju vrijednost koncentracija SO₂ obzirom na zaštitu vegetacije.

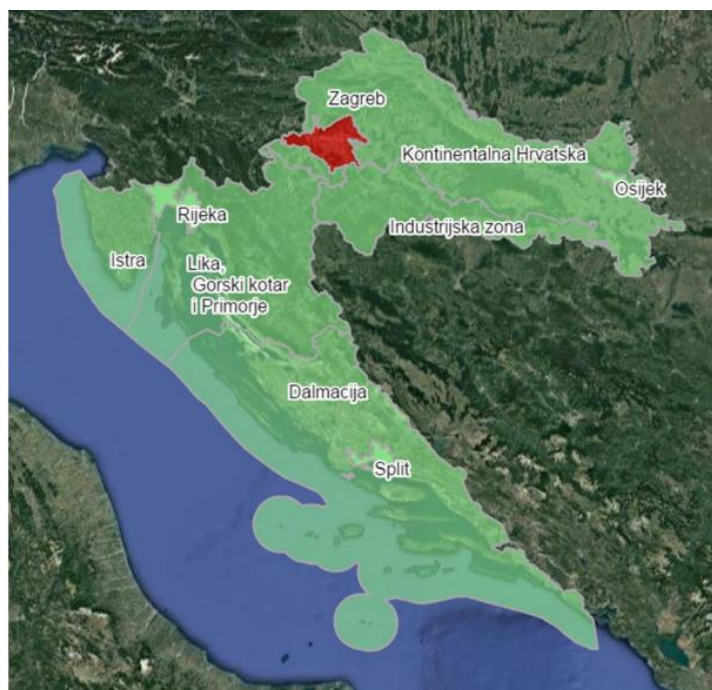
Slika 4. Zahvaćenost sumporovog dioksida u RH



Izvor: Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu. Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

Dušikov dioksid (NO₂): 2017. godine aglomeracija Zagreb je nesukladna s graničnom vrijednošću za srednju godišnju vrijednost obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Sve ostale aglomeracije i zone su sukladne s graničnom vrijednošću za 1-satne koncentracije i graničnom vrijednošću za srednju godišnju vrijednost koncentracija NO₂ obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. U 2017. godini sve zone su sukladne s kritičnom razinom za srednju godišnju vrijednost koncentracija NO_x obzirom na zaštitu vegetacije.

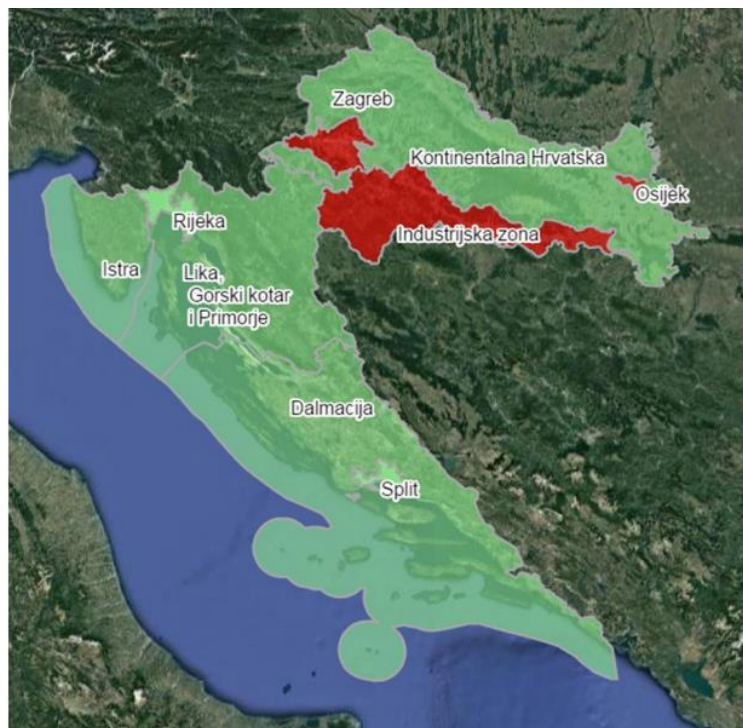
Slika 5. Zahvaćenost dušikova dioksida u RH



Izvor: Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu. Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

Lebdeće čestice (PM_{10}): 2017. godine aglomeracija Zagreb, aglomeracija Osijek i Industrijska zona su nesukladne s graničnom vrijednošću za 24-satne koncentracije PM_{10} obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Industrijska zona je nesukladna s graničnom vrijednošću za srednju godišnju vrijednost koncentracija PM_{10} , ostale aglomeracije i zone su sukladne s graničnom vrijednošću za 24-satne koncentracije i graničnom vrijednošću za srednju godišnju vrijednost koncentracija PM_{10} obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. **Lebdeće čestice ($PM_{2,5}$):** 2017. godine aglomeracija Zagreb i Industrijska zona su nesukladne s graničnom vrijednošću za srednju godišnju vrijednost $PM_{2,5}$, ostale aglomeracije i zone su sukladne s graničnom vrijednošću za srednju godišnju vrijednost $PM_{2,5}$ obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Za aglomeraciju Osijek nije dana ocjena sukladnosti zbog nepostojanja mjerenja i nemogućnosti primjene objektivne procjene.

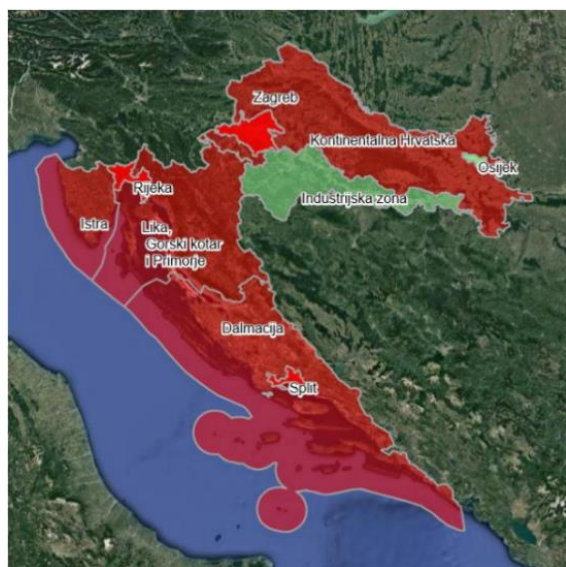
Slika 6. Zahvaćenost lebdećih čestica u RH



Izvor: Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu. Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

Prizemni ozon (O_3): 2017. godine aglomeracija Zagreb, aglomeracija Rijeka, zona Kontinentalna Hrvatska, zona Lika, Gorski kotar i Primorje, zona Istra i zona Dalmacija su nesukladne s ciljnom vrijednošću za 8-satni pomični prosjek koncentracija O_3 (usrednjeno na tri godine) obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Aglomeracija Osijek i Industrijska zona su sukladne s ciljnom vrijednošću za 8-satni pomični prosjek koncentracija O_3 (usrednjeno na tri godine) obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Objektivnom procjenom je ocijenjeno da su sve zone nesukladne s dugoročnim ciljem obzirom na zaštitu vegetacije.

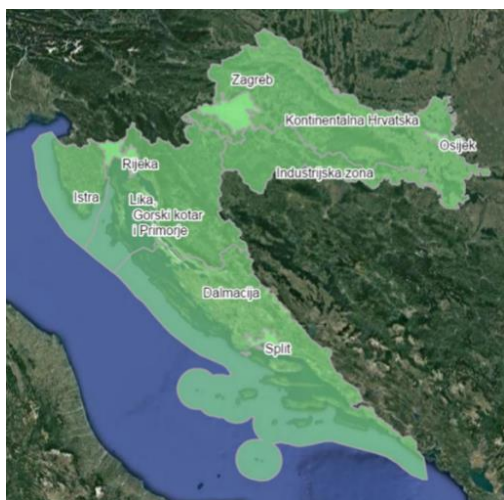
Slika 7. Zahvaćenost ozona u RH



Izvor: Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu. Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

Ugljikov monoksid (CO): 2017. godine sve zone i aglomeracije su sukladne s graničnom vrijednošću za maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti koncentracija CO obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Benzen: 2017. godine sve zone i aglomeracije su sukladne s graničnom vrijednošću za srednju godišnju vrijednost koncentracija benzena obzirom na zaštitu zdravlja ljudi.

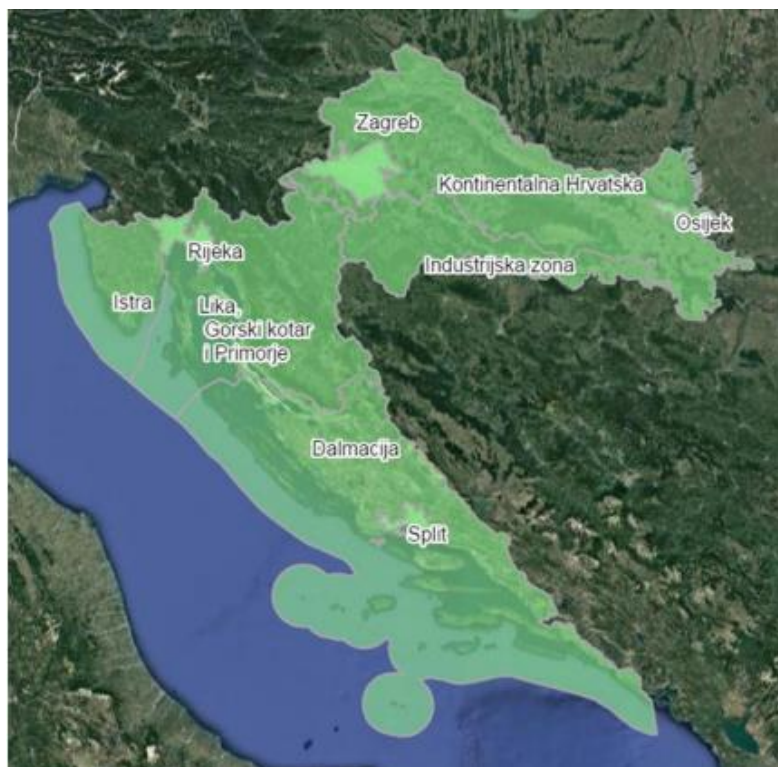
Slika. 8. Zahvaćenost monoksida u RH



Izvor: Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu. Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

Pb u PM₁₀ , Cd u PM₁₀, As u PM₁₀ , Ni u PM₁₀: 2017. godine sve zone i aglomeracije su sukladne s graničnom i ciljnim vrijednostima za srednje godišnje vrijednosti koncentracija Pb u PM₁₀ , Cd u PM₁₀, As u PM₁₀ i Ni u PM₁₀ obzirom na zaštitu zdravlja ljudi.

Slika 9. Zahvaćenost čestica u RH



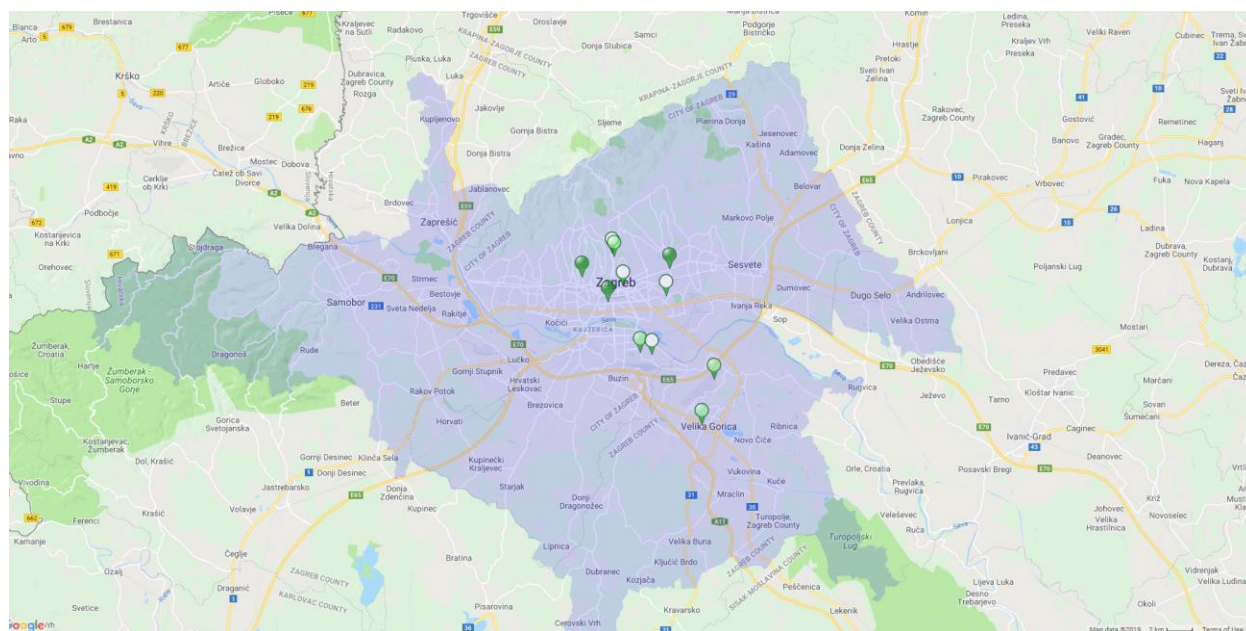
Izvor: Pejaković, D. (2018). Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu. Zagreb: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>

U zonama i aglomeracijama u kojima su zabilježena prekoračenja graničnih i/ili ciljnih vrijednosti onečišćujućih tvari u zraku potrebno je provoditi mjere iz akcijskih planova za poboljšanje kvalitete zraka.

4.2. Analiza onečišćenja u gradovima RH

Premda Hrvatska zahvaljujući okolnostima, a ponajprije stagnaciji gospodarskih aktivnosti i obustavi rada brojnih industrijskih postrojenja, godinama nije na europskoj "crnoj listi" kada je riječ o onečišćenju zraka, pogrešno je zaključiti da Hrvatska uopće nema problem s onečišćenjem zraka. U Hrvatskoj je najrašireniji problem onečišćenja zraka lebdećim čestima, i to ponajprije u pojedinim urbanim područjima u kontinentalnom dijelu zemlje. (Romac, 2018. web: <https://www.dw.com/hr/zaga%C4%91enje-zraka-hrvatska-nije-zna%C4%8Dajno-ugro%C5%BEena/a-46632727>)

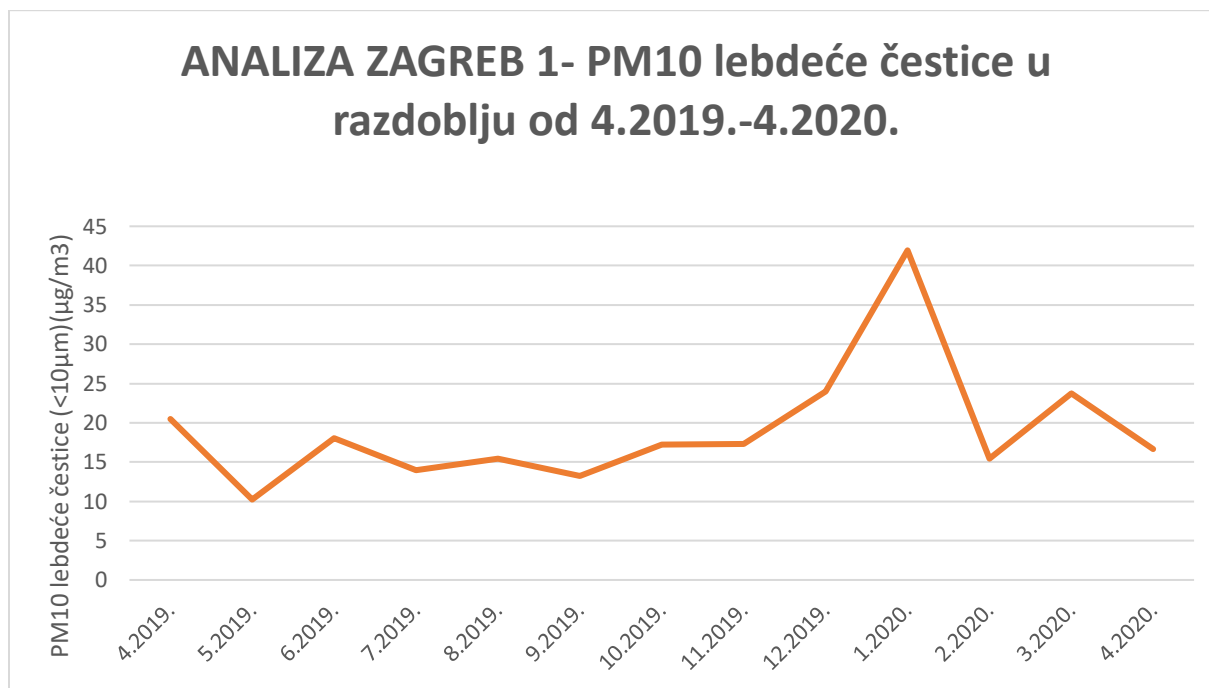
Slika 10. Stanje zraka u Zagrebu i okolici



Izvor: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Kvaliteta zraka u RH, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/index.html>

Stanje zraka na području Zagreba i okolice je prikazana na slici iznad, na području ima 11 mjernih postaja. Najčišći zrak je na području ZAGREB-1, Vrhovcu i ZAGREB-2, gdje je zagađenje vrlo nisko i gotovo ga nema. Velika Gorica, Međunarodna zračna luka Zagreb, Mirogojska cesta i ZAGREB-3 spadaju u kategoriju većeg zagađenja, no i dalje prema legendi I dalje je zagađenje nisko. Najveće zagađenje zraka u Zagrebu na ovom području imaju Ksaverska cesta, Peščenica i Jakuševac koje je reciklažno dvorište na kojem se ove godine dogodio veći požar.

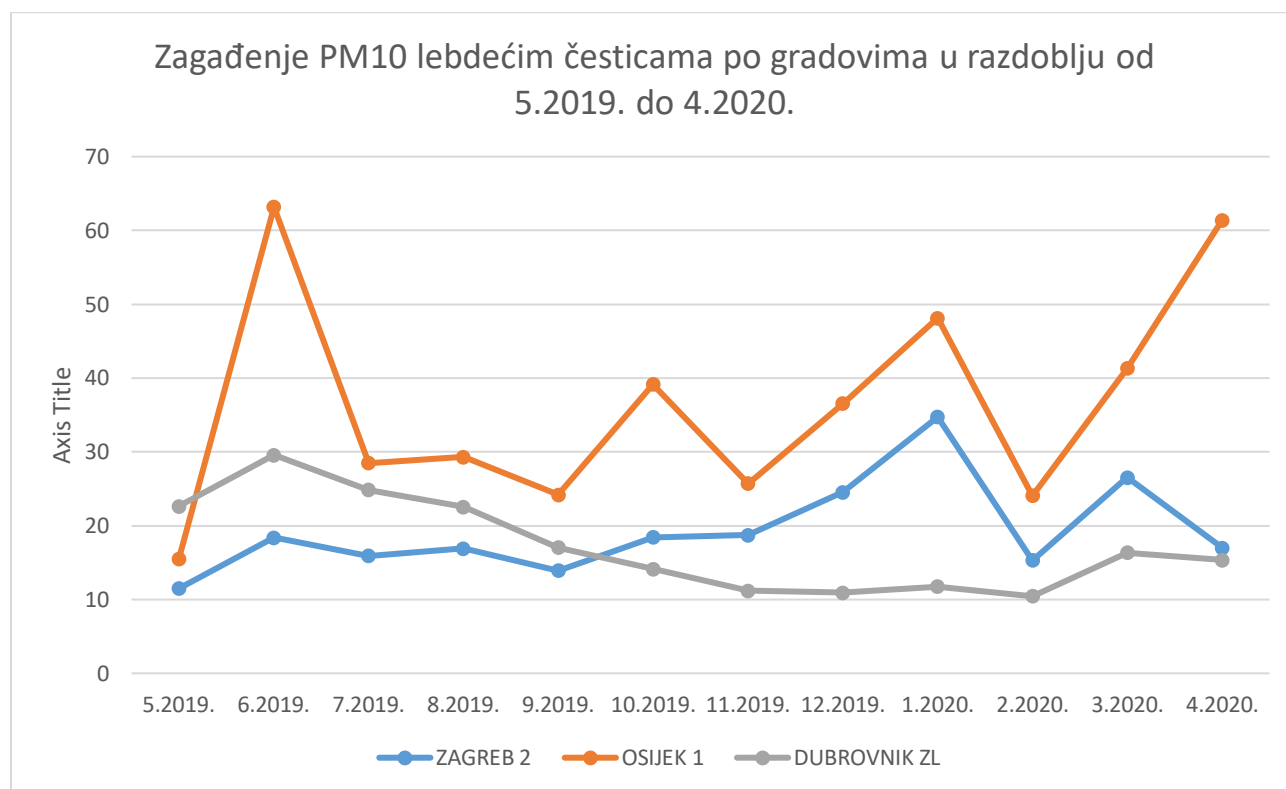
Grafikon 3. Analiza ZAGREB1- PM₁₀ lebdećih čestica u razdoblju od 4.2019.-4.2020.



Izvor: <http://iszz.azo.hr/iskzl/podatak.htm#>

Prema grafikonu 2. gdje je prikazana analiza koncentracije lebdećih čestica u zraku s mjerne postaje Zagreb 1, vidljiv je velik porast PM₁₀ lebdećih čestica u zraku u 1. mjesecu 2020. Godine, granična vrijednost prema Zakonu o zaštiti zraka iznosi 50 µg/m³ na dnevnoj bazi, dok na bazi kalendarske godine iznosi 40 µg/m³. Tokom prvog mjeseca 2020. Zrak u Zagrebu je bio maglovit i zagađen, zbog čega je savjet građanima bio da se ne zadržavaju vani. 27.03.2020. u Zagrebu je zabilježen najzagađeniji zrak na svijetu, kada je koncentracija PM₁₀ u postaji ZAGREB 1 bila 169,208 µg/m³. Na slijedećem grafikonu prikazati će se zagađenje PM₁₀ lebdećim česticama u tri grada Republike Hrvatske; Zagrebu, Osijeku i Dubrovniku.

Grafikon 4. Zagađenje PM₁₀ lebdećim česticama po gradovima u razdoblju od 5.2019. do 4.2020.

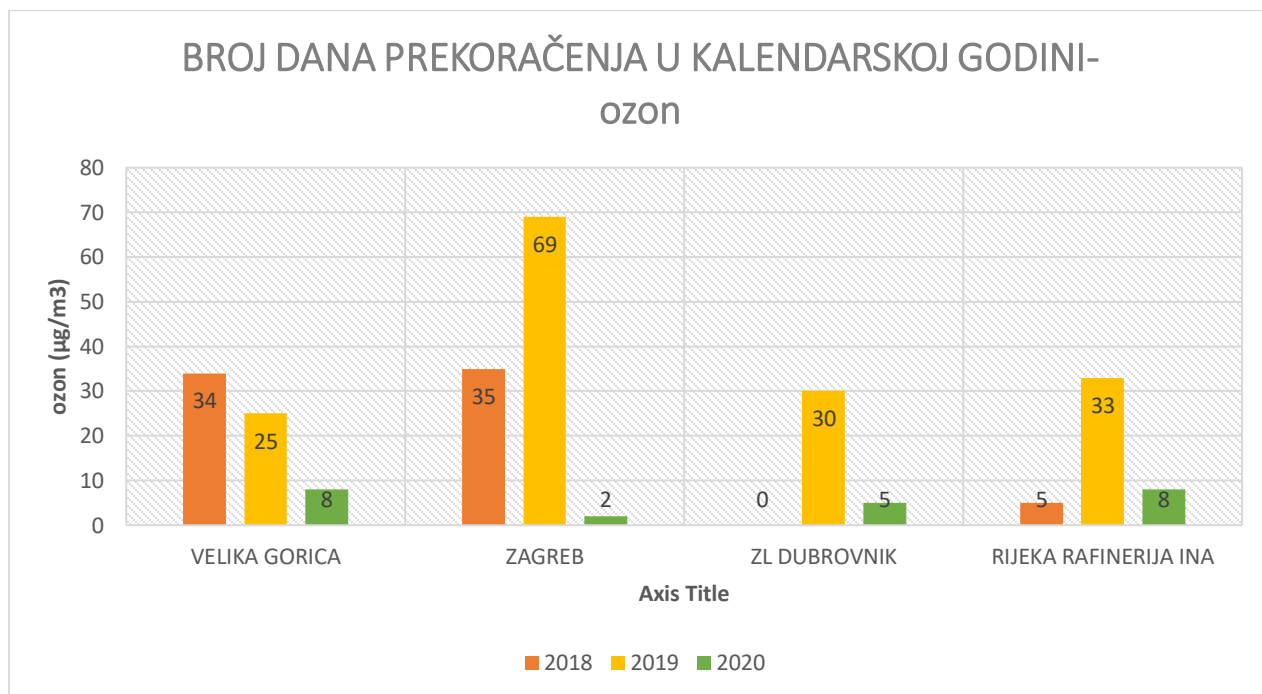


Izvor: <http://iszz.azo.hr/iskzl/podatak.htm>

Osijek ima vodeću koncentraciju zagađenja PM₁₀ lebdećih čestica u zraku koja prelazi graničnu vrijednost od 50 µg/m³, te u 6. mjesecu 2019. i 4. mjesecu 2020. prelazi rekordnih 60 µg/m³ za to razdoblje. Zagreb 2 ima istu putanju zagađenja kao i Zagreb 1 na prethodnom grafikonu, dok je Dubrovnik ispod graničnih vrijednosti za cijelo razdoblje.

U Hrvatskoj je također zabilježena povećana koncentracija ozona u zraku, što će se prikazati na sljedećem grafikonu. Za analizu su uzeta 4 područja u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2018. godine do 2020. godine. Na grafikonu se prikazuje broj dana kada je koncentracija ozona prekoračena u jednoj kalendarskoj godini. Najveći broj prekoračenih dana ima Zagreb u 2018. godini.

Grafikon 5. Broj dana prekoračenja u kalendarskoj godini- ozon



Izvor: <http://iszz.azo.hr/iskzl/preko.html>

Gradovi u kojima su zabilježena prekoračenja graničnih vrijednosti imaju zakonsku obavezu da izrade akcijske planove za poboljšanje kvalitete zraka. Od 2013. do 2016. takvi su planovi izrađeni za šest gradova: Zagreb, Sisak, Kutinu, Osijek, Rijeku i Slavonski Brod. Kada je pak riječ o prometu kao izvoru zagađenja zraka, u slučaju motornih vozila dominantno onečišćenje dušikovim dioksidom kao produktom izgaranja fosilnih goriva. Upravo zbog toga su najviše koncentracije dušikovih dioksida izmjerene na mjernoj postaji koja se nalazi na prometnom raskršću Miramarske i Vukovarske ulice u Zagrebu.

Zanimljivo je da istodobno u Rijeci i Splitu, dakle priobalju, granične vrijednosti lebdećih čestica nisu prekoračene, što možemo zahvaliti klimatološkim razlikama. Priobalje, međutim, pogađa problem prizemnog (troposferskog) ozona, koji se smatra jednim od globalnih problema današnjice, jer njegova relativno duga postojanost u atmosferi omogućava njegov prijenos na velike udaljenosti. Prizemni ozon se ne emitira iz izvora već nastaje složenim fotokemijskim reakcijama u kojima sudjeluju njegovi prethodnici: dušikovi oksidi, nemetanski-hlapivi organski spojevi, metan i ugljikov monoksid. Ciklus nastanka i razgradnje ozona i njegovih prethodnika ovisan je o intenzitetu sunčevog zračenja, tako da se povišene vrijednosti prizemnog ozona najčešće bilježe u vrućim i suhim danima na području Primorja, Istre, Like i Dalmacije.

U krugu rafinerija, odlagališta otpada i tvornice mineralnih gnojiva u Hrvatskoj se redovito prate i koncentracije sumporovodika. Riječ je o plinu koji se osjeća kao neugodan miris. Kvaliteta zraka redovito se mjeri na najvećim odlagalištima otpada Jakuševac (Zagreb), Viškovo (Rijeka) i Karepovac (Split). "Koncentracije koje su izmjerene na mjernim postajama u Hrvatskoj nisu opasne za ljudsko zdravlje, ali zbog neugodnih mirisa utječu na kvalitetu življenja", ističe Nina Zovko.

Prema Izvješću o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2018 godinu, u gradu Zagrebu i okolici prekoračena je granična vrijednost za slijedeće onečišćujuće tvari: PM₁₀ na gotovo svim područjima, NO₂ u Đorđićevoj ulici, prilazu baruna Filipovića, Sigetu, Susedgradu, O₃ na Ksaverskoj cesti, Peščenici, Mirogojskoj cesti, Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb i Velikoj Gorici, H₂S na Jakuševcu.

Hrvatska je u nepovoljnom geografskom položaju tako da veliki dio onečišćenja potječe od emisija susjednih zemalja. Rješavanje ovog problema zato ovisi i o aktivnostima za smanjenje emisija koje provode i susjedne države temeljem međunarodnih obaveza i konvencija. Kada je pak riječ o termoelektranama, sedam termoelektrana (Rijeka, Plomin, Jertovec, Sisak i dvije u Zagrebu) zadnjih nekoliko godina ne bilježe prekoračenja graničnih vrijednosti kvalitete zraka, i to zbog strožih propisa, korištenja kvalitetnijega goriva s nižim sadržajem sumpora, plinifikacije i uvođenja naprednijih tehnologija (Romac, 2018. web: <https://www.dw.com/hr/zaga%C4%91enje-zraka-hrvatska-nije-zna%C4%8Dajno-ugro%C5%BEena/a-46632727>).

4.3. Mjere za zaštitu zraka i okoliša

Da bi se smanjile štete od onečišćenja zraka u Hrvatskoj, poduzimaju se razne mjere i aktivnosti u sklopu politike zaštite okoliša na svjetskom i nacionalnom planu. Mjere za zaštitu zraka od onečišćenja mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine (Črnjar, 2002.):

- Mjere za sprječavanje onečišćenja, i
- Mjere za sanaciju onečišćenja.

Prvoj skupini mjera ponajprije pripadaju one koje se trebaju provoditi u sustavu planiranja:

- 1) Odabiranjem pogodnih lokacija za izgradnju pogona koji onečišćuje zrak, s obzirom na značenje pogona,
- 2) Određivanjem udaljenosti od pogona do ostalih sadržaja, prije svega stambenih naselja, dječijih ustanova i bolnica
- 3) Ispravnim planiranjem prometnica i regulacijom prometa u naseljima i sl.

Toj skupini pripadaju i mjere kojima se pri izgradnji novih pogona osigurava odabir tehnologije koja će minimalno onečišćivati zrak.

Druga su skupina mjere sanacije koje se mogu podijeliti u dvije podskupine:

- (1) Mjere kojima se rješava problem koji uzrokuje neki određeni onečišćivač (ako je taj onečišćivač jedini izvor onečišćenja), i
- (2) Mjere kojima se rješava stanje onečišćenja kao posljedica više različitih izvora

U prvom slučaju mjere se svode uglavnom na ugradnju potrebnih uređaja za zaštitu zraka od onečišćenja ili u slučaju rekonstrukcije objekta, uvođenjem novih tehnologija koje neće onečišćivati zrak više nego što je dopušteno. U drugom je slučaju problem mnogo kompleksniji i teško je nabrojiti sve mjere koje u tom slučaju treba poduzeti. One najprije ovise o vrsti i broju izvora onečišćenja (industrija, promet, individualna ložišta i sl.), a svaki izvor zahtijeva i poduzimanje posebnih mjera.

Prije poduzimanja zaštitnih mjera, potrebno je: izraditi katastar izvora onečišćenja zraka, utvrditi meterološke uvjete za proračun širenja emisije, izraditi planoce sanacije područja s ugroženom kvalitetom zraka, i izraditi tehnoekonoski modul za prognožiranje emisija (Črnjar, 2002.).

Mjere za zaštitu zraka od onečišćenja mogu se podijeliti i na kratkoročne ili dugoročne i na (Črnjar, 2002.):

- **Tehničke mjere** – primjenom različitih tehnološko-tehničkih zahvata u postojećim pogonima ili u projektiranju budućih smanjuju se emisije štetnih tvari u zraku (uvođenje plina, preseljenje pogona, montaže filtera, uvođenje čistih tehnologija, upotreba kvalitetnijih goriva itd.);
- **Kontrolne mjere** – na temelju njih se propisuje i stalno prati vanjska i unutarnja emisija štetnih tvari kao i prekoračenje dopuštenih standard (praćenje emisija u industrijskim pogonima, u urbanism sredinama, provjera tehnoloških postupaka, uvođenje ekoloških službi i inspekcija, uspostva cjelovitog monitoringa, itd.);
- **Upravne mjere** – pomoću kojih javne vlasti propisujui i nadziru provedbu zakona iz područja zaštite okoliša i standard. Te se mjere mogu provoditi izravno preko državnih organa ili državnih organizacija, ali njihova primjena može biti prepuštena i nižim samoupravnim jedinicama (županije, gradovi i općine). Djelotvornost tih mjera bit će veća što je sustav kontrolnih i upravnih mjera bolje povezan međusobno, odnosno što je bolje vodoravno i okomito povezan.;
- **Ekonomsko-financijske** su one mjere i aktivnosti kojima se javne vlasti koriste u ekonomskoj i fiskalnoj politici radi smanjivanja onečišćenja zraka.

Stupanj onečišćenosti zraka prati se (Zakon o zaštiti zraka, NN 130/11, 47/14 i 61/17):

- mjerenjem promjena onečišćenja zraka u nenaseljenim područjima (pozadinsko onečišćenje zraka),
- mjerenjem promjena koje su posljedica regionalnog i prekograničnog daljinskog prijenosa onečišćujućih tvari u zraku i oborina na teritoriju države,
- mjerenjem onečišćenja zraka i oborina u gradovima i industrijskim područjima,
- mjerenjem onečišćenja zraka u okolici industrijskih pogona, tehnoloških pcocesa, uređaja i difuznih izvora koje mogu utjecati na kakvoću zraka,
- mjerenjem fizikalnog stanja atmosfere, odnosno meteocoloških uvjeta na lokacijama gdje se mjeri kakvoća zraka,
- mjerenjem i opažanjem promjena na biljkama, gradevinama i u biološkim nalazima koje ukazuju na učinak onečišćenja zraka (posredni pokazatelji kakvoće zraka),

Prema Zakonu o zaštiti zraka mjere koje se poduzimaju u cilju zaštite i poboljšanja kvalitete i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama ne smiju ugroziti ostale sastavnice okoliša, kvalitetu življenja sadašnjih i budućih naraštaja, te ne smiju biti u suprotnosti s propisima u područjima zaštite na radu i zaštite zdravlja ljudi. Mjere zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama određuju se u cilju (Zakon o zaštiti zraka, NN 130/11, 47/14 i 61/17):

- izbjegavanja, sprječavanja ili smanjenja štetnih posljedica po ljudsko zdravlje, kvalitetu življenja i okoliš u cjelini,
- uspostave, održavanja i unaprijeđenja cjelovitog sustava upravljanja kvalitetom zraka na teritoriju RH,
- očuvanju kvalitete zraka ako je zrak čist ili neznatno onečišćen, te poboljšavanje kvalitete zraka u slučajevima onečišćenosti,
- procjene kvalitete zraka i pribavljanja odgovarajućih podataka o kvaliteti zraka na temelju standardiziranih metoda i mjerila koji se primjenjuju na području EU,
- sprječavanja i smanjivanja onečišćivanja koja utječu na ozonski sloj i klimatske promjene,
- korištenja učinkovitih tehnologija s obzirom na potrošnju energije te poticnja uporabe obnovljivih izvora energije,
- osiguravanja dostupnosti javnosti informacija o kvaliteti zraka, emisijama stakleničkih plinova i potrošnji tvari koje oštećuju sloj te
- izvršenja obveza preuzetih međunarodnim ugovorima i sporazumima kojih je RH stanka, te sudjelovanje u međunarodnoj suradnji u području zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena

Mjere za sprečavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka provode se (Zakon o zaštiti zraka, NN 130/11, 47/14 i 61/17):

- usklađivanjem dokumenata prostornog uređenja s programima zaštite okoliša, posebno zaštite zraka, odnosno cjelovitim planiranjem,
- propisivanjem zaštitnih mjera i graničnih vrijednosti emisija,

- primjenom propisane ili utvrđene procjene utjecaja na okoliš i primjenom mjera zaštite i poboljšanja kakvoće zraka pri gradnji i rekonstrukciji izvora onečišćavanja zraka iz članka 6. alineja 1. i 3. ovoga Zakona,
- poticanjem upotrebe izvorno čistih tehnologija te
- primjenom sanacijskih programa za pojedine izvore ili područja.

Ako se zbog značajnog prekograničnog prijenosa onečišćujućih tvari ili njihovih prekursora prekorači prag upozorenja, granična vrijednost, ciljna vrijednost, granica tolerancije ili dugoročni cilj, Ministarstvo surađuje s nadležnim tijelima susjednih država članica Europske unije i može predložiti nadležnim tijelima susjednih država članica Europske unije pripremu zajedničkih ili usklađenih akcijskih planova za poboljšanje kvalitete zraka u skladu sa Zakonom o zaštiti zraka, kako bi se takva prekoračenja uklonila primjenom odgovarajućih, ali i razmjernih mjera.

Ministarstvo, u suradnji s nadležnim tijelima susjednih država članica Europske unije, prema potrebi u skladu sa Zakonom o zaštiti zraka, priprema i provodi zajedničke kratkoročne akcijske planove koji obuhvaćaju susjedna područja u drugim državama osiguravajući razmjenu svih potrebnih i relevantnih podataka (Abeceda zaštite).

4.4. Zakoni o zaštiti zraka Republike Hrvatske

Ovim se Zakonom određuju nadležnost i odgovornost za zaštitu zraka i ozonskog sloja, ublažavanje klimatskih promjena i prilagodbu klimatskim promjenama, planski dokumenti, praćenje i procjenjivanje kvalitete zraka, mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka, izvještavanje o kvaliteti zraka i razmjeni podataka, djelatnost praćenja kvalitete zraka i emisija u zrak, tvari koje oštećuju ozonski sloj i fluorirani staklenički plinovi, praćenje emisija stakleničkih plinova i mjere za ublažavanje i prilagodbu klimatskim promjenama, informacijski sustav zaštite zraka, financiranje zaštite zraka, ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama, upravni i inspekcijski nadzor.

Zaštita i poboljšanje kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanje klimatskih promjena i prilagodba klimatskim promjenama, u cilju održivog razvitka, temelji se na načelima zaštite

okoliša određenim Zakonom o zaštiti okoliša i zahtjevima međunarodnog prava i pravne stečevine Europske unije. Dok se zaštita zraka od onečišćivanja uzrokovanih radioaktivnim tvarima, tehnološkim nesrećama i elementarnim nepogodama uređuje se posebnim zakonima.

Upravne i stručne poslove zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama te provedbu mjera zaštite i poboljšanja kvalitete zraka i ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama provode i osiguravaju središnja tijela državne uprave, upravna tijela jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave nadležna za obavljanje poslova zaštite okoliša te druge pravne osobe koje imaju javne ovlasti.

Praćenje kvalitete zraka, praćenje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, provjeru ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija iz nepokretnih izvora te praćenje kvalitete proizvoda obavljaju pravne osobe – ispitni laboratoriji.

Plan zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena (u daljnjem tekstu: Plan) određuje ciljeve i prioritete u zaštiti zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena u Republici Hrvatskoj, kao što su (Zakon o zaštiti zraka, NN 130/11, 47/14 i 61/17):

- načela i mjerila za određivanje ciljeva i prioriteta,
- ocjena stanja kvalitete zraka,
- prioritetne mjere i aktivnosti,
- preventivne mjere za očuvanje kvalitete zraka,
- mjere za postizanje graničnih vrijednosti za određene onečišćujuće tvari u zraku u zadanom roku ako su prekoračene,
- mjere za postizanje dugoročnih ciljeva za prizemni ozon u zraku,
- mjere za smanjivanje emisija onečišćujućih tvari i stakleničkih plinova po djelatnostima,
- mjere za poticanje porasta energetske učinkovitosti i uporabu obnovljive energije,
- mjere za smanjivanje ukupnih emisija iz prometa,
- mjere za smanjivanje nepovoljnih učinaka zakiseljivanja, eutrofikacije i fotokemijskog onečišćenja,
- način provedbe mjera,

- redoslijed ostvarivanja mjera,
- rok izvršavanja mjera,
- obveznici provedbe mjera,
- procjena sredstava za provedbu Plana i redoslijed korištenja sredstava prema utvrđenim prioritetnim mjerama i aktivnostima u Planu te
- analizau troškova i time stvorene koristi poboljšanja kvalitete zraka.

Sprječavanje i smanjivanje onečišćivanja zraka provodi se:

- usklađivanjem dokumenata prostornog uređenja s programima zaštite zraka, odnosno cjelovitim planiranjem,
- propisivanjem graničnih vrijednosti emisija iz nepokretnih izvora i graničnih vrijednosti u vezi sa sastavom određenih proizvoda i/ili drugih značajki kvalitete proizvoda,
- primjenom mjera zaštite zraka utvrđenih u rješenju o prihvatljivosti zahvata za okoliš ili rješenju o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša prema Zakonu o zaštiti okoliša,
- primjenom mjera zaštite zraka utvrđenih u dozvoli koju izdaje nadležno tijelo prema posebnom propisu ako za određeni zahvat nije propisana obveza procjene utjecaja na okoliš i ako se ne donosi rješenje o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša za postrojenje,
- primjenom najboljih raspoloživih tehnika,
- propisivanjem emisijskih kvota za pojedine onečišćujuće tvari,
- raspodjelom emisijskih jedinica i kvota za emisije stakleničkih plinova,
- poticanjem primjene čistijih tehnologija i obnovljivih izvora energije,
- poticanjem uvođenja mjera energetske učinkovitosti,
- postupnim smanjivanjem (ukidanjem) potrošnje kontroliranih tvari i fluoriranih stakleničkih plinova te
- provedbom mjera iz akcijskih planova za poboljšanje kvalitete zraka i kratkoročnih akcijskih planova.

Za kontrolu zaštite zraka djeluju upravni nadzor i inspekcijski nadzor koji su imenovani od strane Zakona o zaštiti zraka. Provode ih inspektori zaštite okoliša Ministarstva i gospodarski inspektori Državnog inspektorata na temelju odredbi zakona. U provedbi inspekcijskog nadzora inspektor nadzire: nepokretne izvore onečišćenja, redovitost praćenja emisije, rad uređaja za smanjivanje

emisija, vođenje evidencija, provedbu akcijskih planova, provedbu mjera zaštite kvalitete zraka i dr. Kaznene odredbe variraju od 30.000,00 do 500.000,00 kuna za prekršaje Zakona o zaštiti zraka.

Onečišćivači koji su vlasnici i/ili korisnici izvora onečišćivanja iz članka 9. stavka 2. ovoga Zakona dužni su:

osigurati redovito praćenje emisije i o tome voditi evidenciju

osigurati obavljanje mjerenja emisije onečišćujućih tvari iz nepokretnog izvora

voditi evidenciju o obavljenim mjerenjima s podacima o mjernim mjestima i rezultatima mjerenja te o učestalosti mjerenja emisija

voditi evidenciju o upotrijebljenom gorivu i otpadu koji se koristi kod procesa suspaljivanja

voditi evidenciju o radu uređaja za smanjivanje emisija

Izvor: izrada autora prema Zakonu o zaštiti zraka, NN 130/11, 47/14 i 61/17

5. PRIMJER ONEČIŠĆENJA ZRAKA U HRVATSKOM PODUZEĆU- HIDREL D.O.O.

5.1. Hidrel d.o.o.

Hidrel d.o.o. je tvrtka koja se nalazi u Novom Čiču, nalazi se na najvećem jezeru na tom području, jezero Čiče. Neke od djelatnosti kojima se tvrtka bavi su:

- obavljanje poslova bušenja, miniranja i sličnih radova u okviru rudarske i građevinske djelatnosti,
- ispitivanje i eksploatacija mineralnih sirovina,
- proizvodnja proizvoda od guma i plastike,
- proizvodnja proizvoda od metala, osim strojeva i opreme,
- projektiranje, građenje, uporaba i uklanjanje građevina,
- otpremništvo,
- prekrcaj terete,
- skladištenje,
- održavanje, popravak i čišćenje motornih vozila i
- vađenje ostalih ruda i kamena.

Djelatnosti se obavljaju na eksploatacijskom polju Novo Čiče, gdje se eksploatacija građevinskog pijeska i šljunka na toj lokaciji odvija već više desetaka godina. Na predmetnoj lokaciji nalaze se dvije betonare, pogoni su toranjskog tipa, osnovna sirovina je šljunak koji se doprema kamionima, zatim cement koji se doprema autocisternama.

Što se tiče tvari i materijala koji ulaze u tehnološki proces, koriste se dvije vrsta energija: električna energija- ona se koristi najviše, opskrba električnom energijom osigurana je iz javne električne mreže, i energija iz motora s unutarnjim izgaranjem. Kod utroška energenata i osnovnog materijala, najviše se koristi struja kako smo već spomenuli, zatim gorivo, ulja, maziva itd.

Tijekom eksploatacije nastaje proizvodni otpad koji se sastoji od istrošenih dijelova rudarske opreme. Od opasnog otpada nastajat će manje količine istrošenih ulja i masti od radnih strojeva

(kao i krpe natopljene uljem i mastima). Prilikom rada ne nastaju otpadne tehnološke vode. Od izvora emisije u zrak (čestice prašine) na lokaciji se nalazi pokretno postrojenje za sitnjenje i klasiranje koje onečišćuje zrak, te kojim ćemo se baviti detaljnije kasnije u radu.

Tablica 2. Pokazatelji utjecaja na okoliš

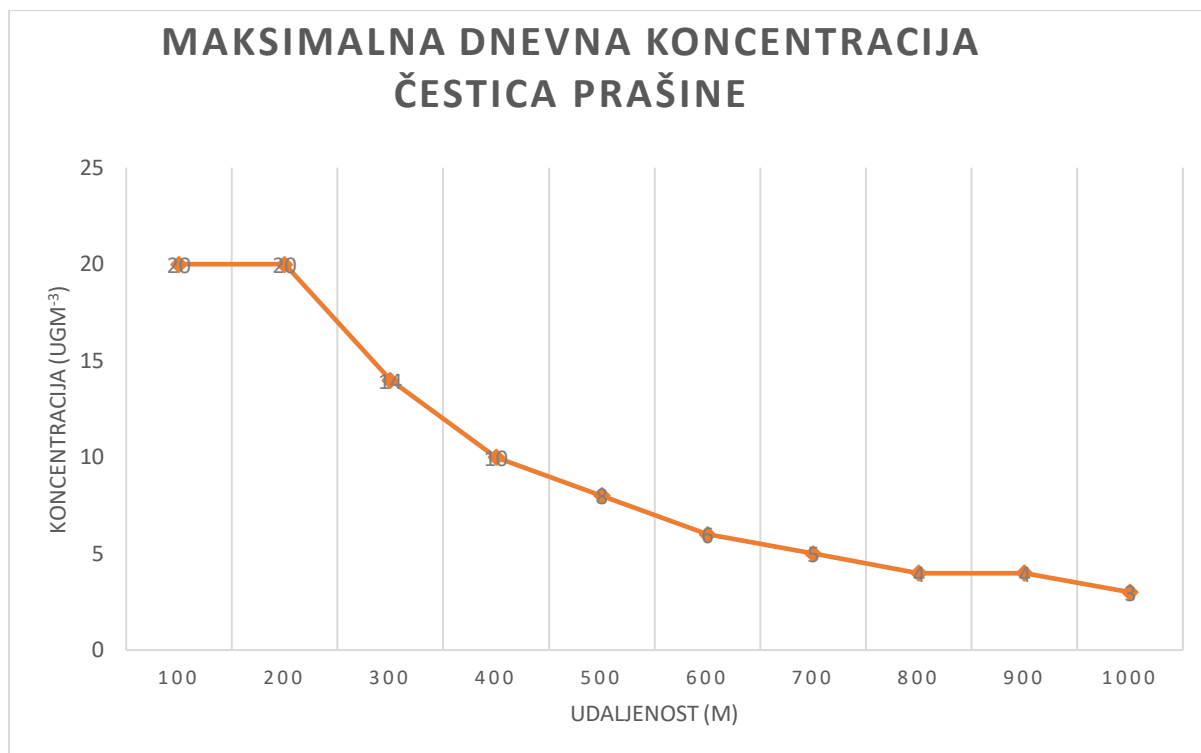
Sastavnice	Pokazatelji		Izvor/Uzrok	
BIORAZNOLIKOST	Uklanjanje tla i staništa		Skidanje biljnog pokrova	
VODE	Onečišćenje podzemnih voda		Mogući akcidenti izlivanja motornih ulja i goriva	
ZRAK	Emisija prašine	Emisija ispušnih plinova	postrojenje, transportni putevi, deponij,	mehanizacija, prijevozna sredstva
TLO	Gubitak dijela vlažnih travnjaka		Skidanje površinskog tla	

Izvor: izrada autora prema uniprojekt: studija slučaja

5.2. Onečišćenje zraka u Hidrel d.o.o.

Kako je već spomenuto u prethodnom potpoglavlju, onečišćenje postoji radi postrojenja, mehanizacije, deponija, prijevoznih sredstava koja se nalaze na području tvrtke za obavljanje djelatnosti. U cilju određivanja mogućeg utjecaja na kakvoću zraka obavljen je proračun količine emitirane prašine i proračun rasprositanja lebdećih čestica. Proračunom su obuhvaćeni najznačajniji izvori emisije prašine, a to su betonara, postrojenje za sitnjenje i klasiranje, transport, utovar/istovar te deponija frakcija. Na slijedećoj slici biti će prikazani rezultati proračuna koji je provodio Uniprojekt MCH.

Grafikon 6. Maksimalne dnevne koncentracije čestica prašine u odnosu na udaljenost od lokacije



Izvor: Uniprojekt

Proračun emisija lebdećih čestica obavljen je za najnepovoljniji slučaj odnosno za slučaj kada su svi izvori emisija u punom radu. Rezultati se mogu smatrati kao "Worst case" odnosno kao najnepovoljniji slučaj. Usporedbom proračunatih vrijednosti sa propisanim, čestice prašine su u skladu s propisima.

Osim emisije čestica prašine na kvalitetu zraka u okolišu zahvata utjecat će i plinovi nastali izgaranjem goriva u motorima radnih strojeva i transportnih sredstava. Zbog upotrebe dizelskog goriva uz ugljični dioksid i vodu kao osnovne produkte izgaranja, dolazi do emisije ugljičnog monoksida, sumporovog dioksida, dušikovih oksida i čestica.

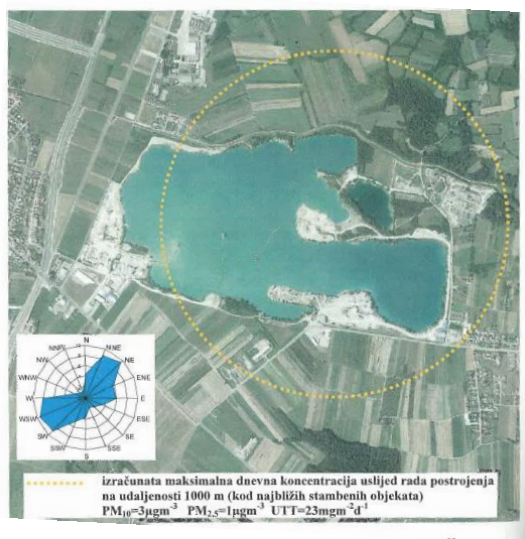
Tablica 3. Rezultati emisije plinovitih onečišćenja nastalih uslijed rada strojeva i postrojenja

Polutant	Srednja godišnja koncentracija (ug/m ³)	Granična vrijednost	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
CO	0,89	10 mgm ⁻³	
NO ₂	3,39	40 ug m ⁻³	GV ne smije biti prekoračena više od 18 puta godišnje
SO ₂	0,34	125ugm ⁻³	GV ne smije biti prekoračena više od 3 puta godišnje

Izvor: izrada autora prema Uniprojekt

Dobivene vrijednosti su daleko ispod propisanih ganičnih vrijednosti. Uzevši u obzir da su propisane vrijednosti na nivou cijele godine, može se zaključiti da je utjecaj zahvata prihvatljiv za okoliš te da neće biti ugrožena kvaliteta zraka u okolišu zahvata i da neće doći do promjene kvalitete zraka.

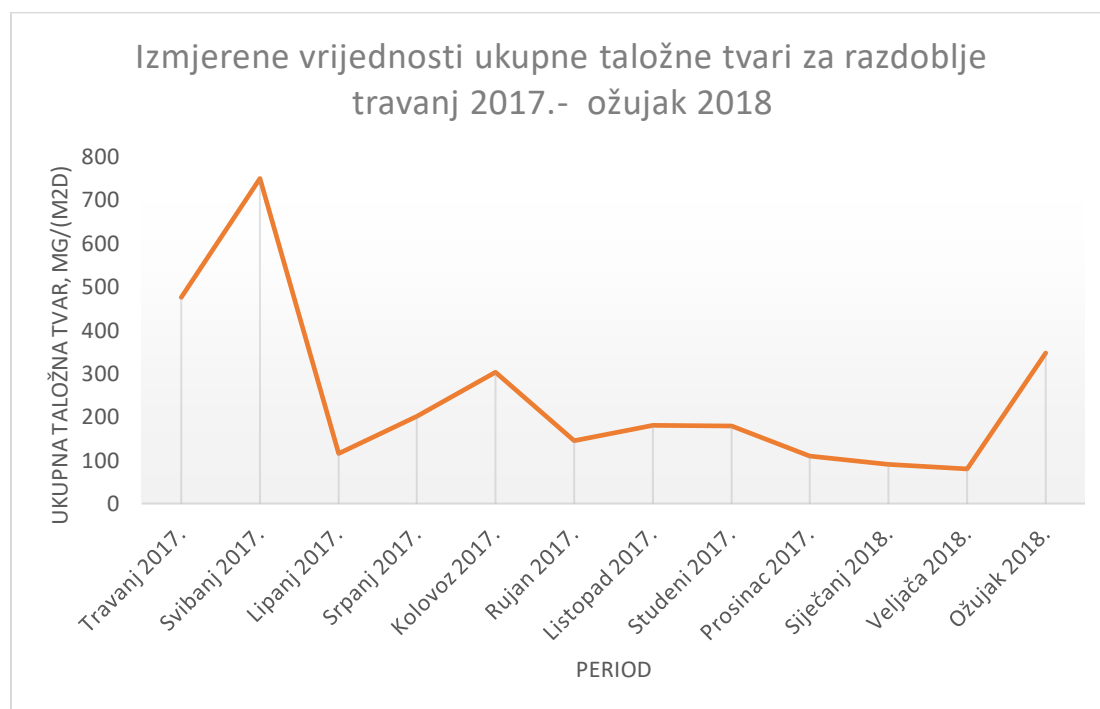
Slika 11. Zona utjecaja uslijed emisija u zrak



Izvor: Uniprojekt

Zadnje mjerenje provedeno je za razdoblje travanj 2017 do ožujka 2018. godine, na području šljunčare Novo Čiče uz pomoć Sedimentatora 1. Taložne tvari su sve tvari u čvrstom i tekućem agregatnom stanju koje potječu iz atmosfere. Na tlo se talože gravitacijom ili ispiranjem s padavinama. One su mjerilo vidljivog onečišćenja okoline- prašina koja se taloži na prozore, automobile, krovove kuća i druge površine te na biljke. Prema tome, taložne čestice narušavaju kakvoću okoline i mogu posredno nepovoljno djelovati na čovjeka.

Grafikon 7. Izmjerene vrijednosti ukupne taložne tvari za razdoblje travanj 2017.- ožujak 2018.



Izvor: izrada autora prema Dvokut Erco

Prosječna vrijednost mjerenja za 12 mjeseci mjerenja je 248 mg/(m²d) što je niže od granične vrijednosti (granična vrijednost iznosi 350 mg/(m²d)). Najviša vrijednost je u svibnju 2017. (750 mg/(m²d)). Od ukupno dvanaest rezultata mjerenja bile su dvije mjesečne vrijednosti koje su bile više od 350 mg/(m²d).

5.3. Utjecaj na poslovanje

Eksplotacija šljunka ima izrazit sezonski karakter: u ljetnim mjesecima obično je viša, a u zimskim niža. Upravo zbog toga u ljetnim i sušnim danima količina prašine koja se nalazi na tom području te koja je uzokovana postrojenjima za sitnjenje je povećana. Da bi se stvaranje prašine na području tvrtke i jezera smanjilo, potrebno je sve unutarnje transportne puteve i manipulativne površine prskati vodom. Zbog tog stvaraju se dodatni troškovi koje tvrtka mora izvojiti kako se kvaliteta zraka ne bi ugrozila.

U sklopu “cost benefit” (CB) analize troškovi i koristi su razmatrani na dva načina, jedan je novčano nemjerljiv i drugi novčano mjerljiv. Neto javna korist uslijed poduzimanja aktivnosti u okviru predmetnog zahvata određena je temeljom podataka o troškovima i koristima, a javna korist iskazana između koristi i troškova. U slijedećoj tablici identificirani su relevantni novčano mjerljivi i nemjerljivi utjecaji na okoliš, prvenstveno zrak, i troškovi koji iz njih proizlaze.

Tablica 4. Povezivanje identificiranih relevantnih utjecaja na okoliš s koristima i troškovima

Utvrđeni relevantni utjecaj	Utjecaj	Vrsta koristi ili troškova
Na zrak	Negativan	Internalizirani trošak (preko naknada, preko mjera zaštite)
Na vodu	Negativan	Internalizirani trošak (preko naknada za korištenje i ispuštanje otpadnih voda, mjera zaštite okoliša)
Buka	Negativan	Eksterni trošak (djelomična internalizacija preko mjera zaštite)
Gospodarski utjecaji (razvoj područja, zapošljavanje, industrija i poduzetništvo)	Pozitivan	Koristi preko naknada

Izvor: izrada autora prema: Uniprojekt

Plaćaju se naknade za emisije plinova koje su nastale radom radnih strojeva utvrđuje se temeljem uredbe o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i pobližim kriterijima i mjerilima za utvrđivanje posebne naknade za okoliš na vozila na motorni pogon.

Ocjene nemjerljivih utjecaja na okoliš:

- 0-2 - vrlo slab
- 3-5 - umjeren
- 6-8 - značajan
- 9-12 - vrlo jak

Tablica 5. Procjena nemjerljivih koristi troškova

Nemjerljive koristi i troškovi	Važnost utjecaja
Prostorno ograničeno smanjenje kvalitete okoliša kroz uvođenje strojno intenzivne gosp. aktivnosti (prašina, buka)	7
Utjecaj na prometnu infrastrukturu	7
Utjecaj na krajobraznu sliku prostora tijekom eksploatacije	11

Izvor: izrada autora prema Uniprojekt

Veliki utjecaj na poslovanje tvrtke ima i okolno stanovništvo. Iako radom tvrtke nema negativnih utjecaja na stanovništvo, te je prva stambena kuća udaljena preko 100 metara od područja, od strane javnosti dolaze pritužbe na rad tvrtke. Pisane su razne peticije za zatvaranje tvrtke i preseljenje na drugo područje, stanovnici su zabrinuti da se radom onečišćuje kvaliteta zraka, da je postrojenje bučno te da sveukupno poslovanje ima negativan utjecaj na okoliš, njihovu okolinu i zajednicu.

5.4. Mjere zaštite i program praćenja stanja zraka i okoliša u Hidrel d.o.o.

Da bi se stvaranje prašine unutar eksplotacijskog polja i tvrtke svelo na minimum i najmanju moguću mjeru potrebno je, kako je već spomenutom unutarnje puteve i manipulativne površine za vrijeme sušnih dana prskati vodom i na taj način smanjiti onečišćenje. Silose cementa treba opremiti filtrima koji mogu osigurati propisane granične vrijednosti emisija, a punjenje cementa u silose izvoditi zatvorenim sustavom. Kako bi emisije uslijed rada strojeva bile prihvatljive za okoliš, upotrebljavati strojeve koji zadovoljavaju EU standarde i ne ispuštaju u zrak onečišćujuće tvari iznad propisanih vrijednosti.

Izvještaje o stanju okoliša na području zahtjeva Hidrel d.o.o. treba na prikladan način prezentirati javnosti po ukazanoj potrebi, a najmanje svakih 5 godina. U cilju potvrđivanja proračuna količina emitirane prašine, treba provoditi mjerenje ukupne taložne tvari u trajanju od jedne godine, te sukladno propisima obavljati mjerenja emisija iz nepokretnih izvora. Nova mjerenja su u tijeku.

6. ZAKLJUČAK

Onečišćenje je ozbiljan problem današnjice, može imati razne posljedice na živa bića, no i na okoliš i našu okolinu. Radi li se o onečišćenju vode, zraka, tla ili dr, na područjima gdje se onečišćenje povećava i gdje postoje faktori koji onečišćuju okoliš, stanovnicima tog područja se značajno ugrožava kvaliteta života i zdravlje. Glavni uzrok onečišćenja su ljudi i ljudske aktivnosti. Zagađenje utječe na naš okoliš, jer onečišćuje zrak koji udišemo, a zrak je svim živim bićima neophodan za život, čovjek bez zraka može izdržati svega nekoliko minuta, dok primjerice bez hrane može biti nekoliko dana.

Onečišćenje zraka je pojava koja obuhvaća prisutnost u zraku jedne ili više tvari kao što su aerosoli (prašine, dimovi, magle), plinovi i pare. Onečišćenje zraka je problem na lokalnoj i globalnoj razini. Onečišćujuće tvari u zraku ispuštene u jednoj zemlji mogu atmosferom dospjeti u druga mjesta, gdje mogu uzrokovati ili doprinijeti lošoj kvaliteti zraka. Pod onečišćujućim tvarima u zraku podrazumijeva se svaka tvar koja je prisutna u okolnom zraku, a koja može imati štetan učinak na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cijelosti. Kada se govori o onečišćenju zraka kao sastavnice okoliša, potrebno je, prema vrsti onečišćenja zraka, razlikovati prirodne od umjetnih izvora onečišćenja, te neke literature navode i primarne i sekundarne izvore onečišćenja.

Na stanje i kvalitetu zraka u Hrvatskoj utječu razni čimbenici, neki od njih mogu biti promet, industrija, ubrzani gospodarski rast, te čovjek. Onečišćenje se prati u zonama i aglomeracijama, te se mjeri u mjernim postajama kojih ima preko dvadesetak. Razina onečišćenja se prati donjim i gornjim pragovima procjene za sumporov dioksid, dušikov dioksid, lebdeće čestice i dr. Zrak u Hrvatskoj najviše je onečišćen lebdećim česticama i ozonom za koji se rade dugoročni ciljevi. Onečišćenje u Hrvatskoj se smatra da je u normalnim granicama te sukladno da graničnim vrijednostima. U Zagrebačkoj županiji se zahvaćenijim dijelovima smatraju Mirogoj gdje se nalazi krematorij, Jakuševac koje je reciklažno dvorište, Peščenica i Ksaverska cesta. Sprječavanje i smanjivanje onečišćenja zraka provodi se zakonima i mjerama za zaštitu zraka i okoliša.

LITERATURA

KNJIGE

1. Alloway, B.J. and Ayres, D.C. (1994.), *Chemical Principles of Environmental Pollution*, Blackie Academic and Professional, Glasgow
2. Dikić D. et al. (2001) *Ekološki leksikon*. Zagreb: Barbat: Ministarstvo zaštite okoliša i prostornog uređenja Republike Hrvatske
3. Goodstein, E. (1999.) *Ekonomika i okoliš*, Zagreb: MATE d.o.o.
4. Herceg, N. (2013.) *Okoliš i održivi razvoj*. Zagreb: SYNOPSIS d.o.o.
5. Smith, K. (2001.) *The Economic Consequences of Air Pollution*. Massachusetts: Ballinger Publishing Company- Cambridge
6. Špoljar, A., Čoga, L., Tušek, T. (2011). *Onečišćenje okoliša*. Udžbenik. Križevci: Visoko gospodarsko učilište
7. Tuhtar D. (1984) *Zagađenje zraka i vode*. Svjetlost, Trebinje: Štamparija
8. Udovčić, B. (2009.) *Čovjek i okoliš*. Zagreb: Kigen d.o.o.

STRUČNI ČLANCI I PUBLIKACIJE

9. Čiček, J. (1993). *Onečišćenje zraka i zdravlje*. **Sigurnost**. –ISSN 0350-6886.-35, 1
10. Dragobratović, A., Holenda, K (2018). *Kemija 7: Digitalni obrazovni sadržaj za sedmi razred osnovne škole: Zrak i sastav zraka*. **Carnet**. Dostupno na: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/4874fe79-8302-4ea2-b516-4657ea249026/kemija-7/m02/j01/index.html>
11. Dvokut Erco d.o.o. (2018.) *Izveštaj o analizi UTT na lokaciji Šljunčare Novo Čiče za razdoblje travanj 2017-ožujak 2018*. Zagreb
12. Hercog, P (2005) *Zagađenje zraka kao javnozdravstveni problem: najčešći polutanti*. **Gospodarstvo i okoliš**. –ISSN 1330-1552.-13, 74

13. Pejaković, D. (2018). *Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu*. Zagreb. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=81453>
14. Peternel, R., Toth, I. i Hercog, P. (2014). *Risk Management in Air Protection in the Republic of Croatia*. **Collegium antropologicum**, 38 (1), 201-206
15. Sijerković, M. (2009). Vrijeme, klima i zrak koji dišemo. **Hrvatska vodoprivreda**, ISSN 1330-321X.-18, 193
16. Špoljar, A. (2008). *Gospodarenje otpadom*. Pisana predavanja. Križevci: Visoko gospodarsko učilište
17. Vadić, V. (2006). *Onečišćenje zraka u području odlagališta otpada Jakuševac i u okolnim naseljima*, Simpozij: *Otpad- ekološki i zdravstveni problemi*, Zagreb, ISSN 0004-1254.-57, 3
18. Zelenika, R. (2002). *Mladen Črnjar: Ekonomika i politika zaštite okoliša Rijeka*, *Ekonomski fakultet i Glosa*, 2002., str. 364. **Ekonomski pregled**, 53 (1-2), 226-229

INTERNET IZVORI

19. Abeceda zaštite. *Mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćenja zraka*, URL: <https://www.zastita.eu/strucni-clanci/mjere-za-sprjecavanje-i-smanjivanje-oneciscivanja-zraka-316>
20. Active Sustainability, *The link between climate change and air pollution*, URL: <https://www.activesustainability.com/climate-change/link-between-climate-change-air-pollution/>
21. Burston, J. *Clean Air is good for business*, URL: <https://www.weforum.org/agenda/2019/09/clean-air-is-good-for-business/>
22. CIRCLE, *The Economic Consequences of Air Pollution*, URL: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/8318.pdf>
23. Conference series, *Pollution and Climate Changes*, URL: <https://climatechange.earthscienceconferences.com/events-list/pollution-and-climate-changes>

24. Ekologija, *Zašto dolazi do onečišćenja zraka*, URL: <https://www.ekologija.com.hr/zasto-dolazi-do-oneciscenja-zraka/>
25. Europska agencija za okoliš (2017). *Onečišćenje zraka*, URL: <https://www.eea.europa.eu/hr/themes/air/intro>
26. Folnović, T., blog: *Zagađenje okoliša*, URL: <http://blog.agrivi.com/hr/post/zaga%C4%91enje-okoli%C5%A1a>
27. Frakt, A. (2018). *How Pollution Can Hurt the Health of the Economy*. **The New York Times**, URL: <https://www.nytimes.com/2018/11/27/upshot/how-pollution-can-hurt-the-health-of-the-economy.html>
28. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, *Kvaliteta zraka u RH*, URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/index.html>
29. Kukreja, R. (2015) *Environmental Pollution*. **Conserve Energy Future**. URL: <https://www.conserve-energy-future.com/causes-and-effects-of-environmental-pollution.php>
30. Lee, K. (2018) *The Importance of Air*. **Sciencing**, URL: <https://sciencing.com/importance-air-6330367.html>
31. Numbeo, *Pollution index 2018*, dostupno na <https://www.numbeo.com/pollution/rankings.jsp?title=2018>
32. Popescu Slavikova, S. (2018). *Environmental Impacts of Air Pollution*. **Greentumble**, URL: <https://greentumble.com/environmental-impacts-of-air-pollution/>
33. Portal Conserve Energy Future, *Environmental pollution*, URL: <https://www.conserve-energy-future.com/causes-and-effects-of-environmental-pollution.php>
34. Romac, D. (2018). *Zagađenje zraka: Hrvatska nije značajno ugrožena*. **DW**, URL: <https://www.dw.com/hr/zaga%C4%91enje-zraka-hrvatska-nije-zna%C4%8Dajno-ugro%C5%BEena/a-46632727>
35. The United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), *Air pollution and economic development*, URL: <https://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlrapwelcome/cross-sectoral-linkages/air-pollution-and-economic-development.html>
36. Zavod za javno zdravstvo Brodsko-posavske županije, *Onečišćenje zraka*, URL: http://www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje_zraka.pdf

OSTALO

37. IPZ Uniprojekt MCF d.o.o. (2013.) *Studija o utjecaju na okoliš eksploatacije građevinskog pijeska i šljunka u funkciji sanacije na eksploatacijskom polju "Novo Čiče" na području grada Velike Gorice*. Zagreb
38. Krnežić, P. (2015) *Onečišćenje okoliša*. Završni rad. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.
39. *Pravilnik o praćenju kvalitete zraka*, NN 79/2017
40. Vareško, I. (2015.). *Antropogeni uzročnici onečišćenja okoliša*. Završni rad. Pula: Sveučilište Jurja Dobrile u Puli.
41. *Zakon o zaštiti zraka*, NN 130/11, 47/14 i 61/17

POPIS TABLICA

Tablica 1. Razina onečišćenosti zraka po onečišćujućim tvarima s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi.....	27
Tablica 2. Pokazatelji utjecaja na okoliš.....	47
Tablica 3. Rezultati emisije plinovitih onečišćenja nastalih uslijed rada strojeva i postrojenja.....	49
Tablica 4. Povezivanje identificiranih relevantnih utjecaja na okoliš s koristima i troškovima...	52
Tablica 5. Procjena nemjerljivih koristi troškova.....	53

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 2. Gradovi po indeksu zagađenja.....	5
Grafikon 2. Volumni udjeli plinova u čistom zraku.....	10
Grafikon 3. Analiza ZAGREB1- PM10 lebdećih čestica u razdoblju od 4.2019.-4.2020.....	35
Grafikon 4. Zagađenje PM ₁₀ lebdećim česticama po gradovima u razdoblju od 5.2019. do 4.2020.....	36
Grafikon 5. Broj dana prekoračenja u kalendarskoj godini- ozon.....	37
Grafikon 6. Maksimalne dnevne koncentracije čestica prašine u odnosu na udaljenost od lokacije.....	48
Grafikon 7. Izmjerene vrijednosti ukupne taložne tvari za razdoblje travanj 2017.- ožujak 2018..	50

POPIS SLIKA

Slika 1. Utjecaj onečišćenja zraka na okoliš- navigacija.....	16
Slika 2. Negativan utjecaj onečišćenja zraka na zdravlje čovjeka.....	20
Slika 3. Mjerne postaje i aglomeracije na području Republike Hrvatske.....	26
Slika 4. Zahvaćenost sumporovog dioksida u RH.....	29
Slika 5. Zahvaćenost dušikova dioksida u RH.....	30
Slika 6. Zahvaćenost lebdećih čestica u RH.....	31
Slika 7. Zahvaćenost ozona u RH.....	32
Slika. 8. Zahvaćenost monoksida u RH.....	32
Slika 9. Zahvaćenost čestica u RH.....	33
Slika 10. Stanje zraka u Zagrebu i okolici.....	34
Slika 11. Zona utjecaja uslijed emisija u zrak.....	49

