Utjecaj odlagališta otpada na koncentracije sumporovodika u zraku tijekom 2018. godine

Čuljak, Martina

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:627498

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository

zir.nsk.hr

UNIRI DIGITALNA KNJIŽNICA

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Martina Čuljak

UTJECAJ ODLAGALIŠTA OTPADA NA KONCENTRACIJE SUMPOROVODIKA U ZRAKU TIJEKOM 2018. GODINE

Diplomski rad

Rijeka, 2019.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

MEDICINSKI FAKULTET

Martina Čuljak

UTJECAJ ODLAGALIŠTA OTPADA NA KONCENTRACIJE SUMPOROVODIKA U ZRAKU TIJEKOM 2018. GODINE

Rijeka, 2019.

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

Diplomski rad obranjen je dana 12.07.2019. godine na Katedri za zdravstvenu ekologiju Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1.izv.prof.dr.sc. Aleksandar Bulog, dipl.sanit.ing. - predsjednik

2.izv.prof.dr.sc. Sandra Pavičić Žeželj, dipl.sanit.ing. - članica

3.doc.dr.sc. Željko Linšak, dipl.sanit.ing. – član

Rad ima 46 stranice, 19 slika, 9 tablica, 24 literaturna navoda.

Sažetak

Gospodarenje otpada je napredovalo zadnjih godina, komunalni kruti otpad rješava se recikliranjem, spaljivanjem i kompostiranjem, ali odlaganje otpada na odlagališta je i dalje najčešća opcija. Odlagališta otpada imaju velik utjecaj na kvalitetu zraka, okoliš i ljudsko zdravlje. Jedan od glavnih izvora neugodnih mirisa u okolišu su odlagališta otpada. Emisija mirisnih plinova proizlazi uglavnom iz stvaranja plinovitih spojeva tijekom biorazgradnje odlagališnog otpada. Više od 100 mirisnih spojeva doprinosi odlagališnim mirisima, a sumporovodik je identificiran kao glavni doprinositelj neugodnih mirisa sa odlagališta otpada. To je toksičan, bezbojan plin karakterističan po neugodnom mirisu po pokvarenim jajima. Kakvoća zraka ovisi o koncentraciji sumporovodika i njegovoj duljini izloženosti u atmosferi.

U radu će se promatrati utjecaj odlagališta otpada na koncentracije sumporovodika u zraku tijekom 2018. godine, prema podacima s mjernih postaja koje se nalaze u blizini odlagališta. Na tim područjima kvaliteta zraka je II kategorije i granične vrijednosti su prekoračene više od dozvoljenog.

Ključne riječi: odlagalište otpada, sumporovodik, kvaliteta zraka

Abstract

Waste management has been advancing over the past few years, municipal solid waste solves waste reduction, recycling and composting, or waste disposal at landfills is still the most common option. Waste landfills have a great impact on the quality of air, the environment and human health. One of the main sources of unpleasant smells in the area is the waste disposal site. The emission of smells is mainly due to the formation of gaseous compounds during the decomposition of landfill. More than 100 fragrant compounds have contributed to the landfill scent, which has been identified as the main contributor to the odor of the waste landfill. It's poisonous, flammable gas, no color, characteristic of having a scent of broken eggs. Air quality depends on the concentration of hydrogen sulphide and the length of exposure to the atmosphere.

The paper will look at the impact of landfill on hydrogen sulphide concentrations in 2018, according to data from metering stations near the landfill. In this way, the air quality is of category II and the limit values exceeded the number of permits.

Key words: waste landfill, hydrogen sulfide, air quality

SADRŽAJ

1. UVOD 1

1.1. Odlagalište otpada 1

1.1.1. Odlagališta otpada u Republici Hrvatskoj 4

1.1.2. Odlagalište otpada Jakuševec 6

1.1.3. Marišćina – Županijski centar za gospodarenje otpadom u Primorsko-goranskoj županiji 8

1.2. ZRAK 10

1.2.1. Onečišćenje zraka 11

1.2.2. Utjecaj odlagališta otpada na okoliš 13

1.2.3. Odlagališni plin 15

1.2.4. Sumporovodik 17

1.2.5. Toksičnost sumporovodika 18

1.2.6. Nastanak sumporovodika na odlagalištima 19

1.2.7. Praćenje kakvoće zraka 20

2. CILJ ISTRAŽIVANJA 22

3. MATERIJALI I METODE 23

3.1. Mjerna postaja Jakuševec 23

3.2. Mjerna postaja Viškovo - Marišćina 25

3.3. Metode mjerenja 27

3.3.1. Princip metode 29

4. REZULTATI 31

4.1. Mjerna postaja Jakuševec 31

4.2. Mjerna postaja Viškovo – Marišćina 35

5. RASPRAVA 40

6. ZAKLJUČAK 43

7. LITERATURA 44

8. ŽIVOTOPIS: 46

1. UVOD

Ljudi proizvode otpad i to je sastavni dio života, a sav taj otpad negdje treba završiti i ljudska odgovornost je da poduzme nešto u vezi s tim, ali nitko ne želi da to bude u njegovoj blizini. Zbog toga je potrebno naći rješenje kako bi se otpad iskoristio u druge svrhe. Postoji nekoliko opcija za gospodarenje otpadom od kojih su neki ekološki prihvatljiviji od drugih. Glavne tehnologije upravljanja otpadom su odlagališta, recikliranje, kompostiranje i spaljivanje. Najčešći oblik gospodarenja otpadom su odlagališta, iako su ona uobičajena, predstavljaju mnogobrojne probleme od kojih mnogi imaju značajan s utjecaje na ekosustav i ljudsko zdravlje. Ispuštaju plinove i otpuštaju tekućine, a veliki problem je procjedna voda koja može zagaditi podzemna izvorišta vode. Osim toga, odlagališta zahtijevaju velike količine kopnenog prostora, milijune hektara u svijetu. Odlagališta imaju svoj kapacitet i kad ga dostignu postoje dvije mogućnosti, povećati ih, ili izgraditi više njih. Odlagališta otpada ne nestaju nego ostaju puni ljudskog otpada te nisu održivi oblik gospodarenja otpadom, a buduće generacije morat će rješavati problem odlagališta koji se stvara danas. Primjerice recikliranje je bolja opcija od odlagališta kada je u pitanju gospodarenje otpadom, pogotovo jer se svaki oblik otpada može reciklirati. (1)

1.1. Odlagalište otpada

Odlagalište otpada je izgrađeno odlagalište koje se upotrebljava za odlaganje otpada određeno na površinu ili se stavlja pod zemlju, tzv. podzemno odlagalište. (2) Odlagališta otpada se svrstavaju u odlagališta za:

- opasni otpad – otpad koji predstavlja veliku opasnost za okoliš. Svojstva koja ga čine opasnim su zapaljivost, eksplozivnost, reaktivnost, toksičnost, nadražljivost,

infektivnost, karcinogenost, mutagenost, teratogenost, mogu te mogu otpuštati toksične plinove pri kemijskoj ili biološkoj razgradnji

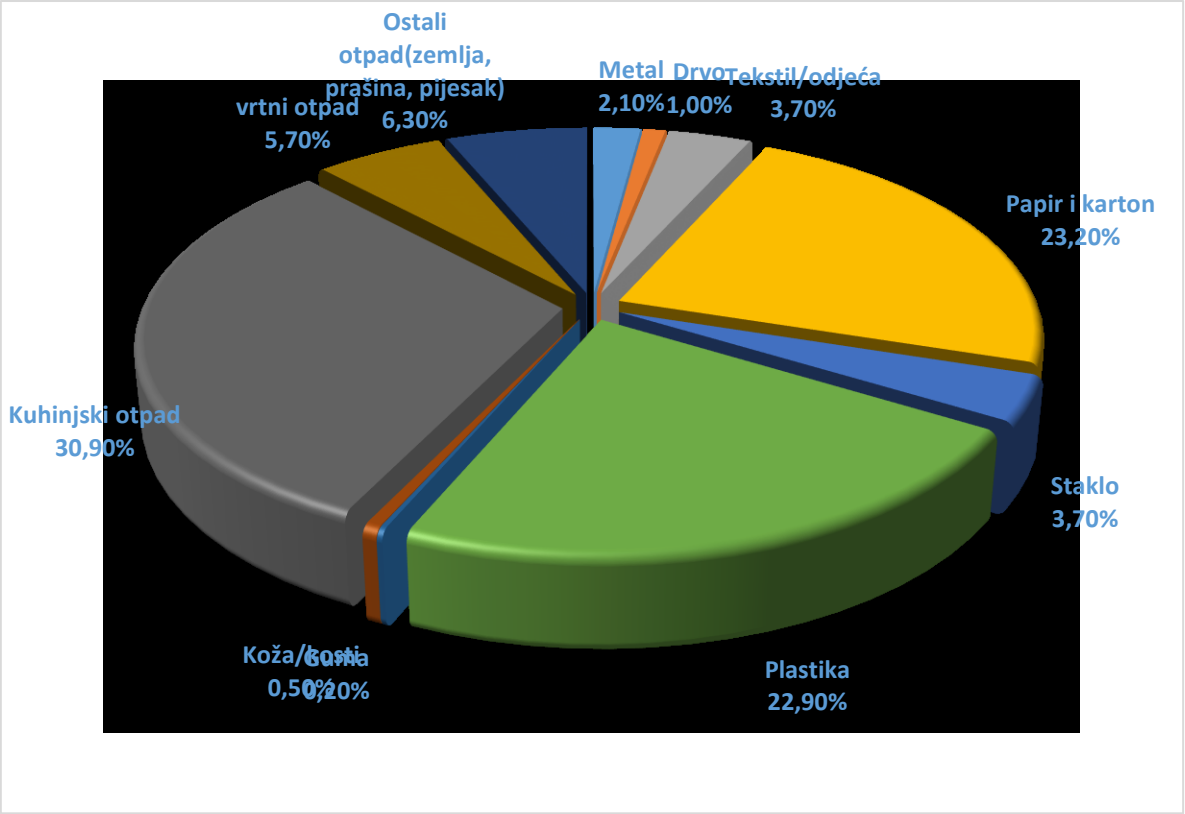
- neopasni otpad
- inertan otpad – ne podliježe kemijskim, fizikalnim ni biološkim promjenama. (22)



Slika 1. Odlagalište otpada

Izvor: https://www.rdmag.com/article/2017/10/bio-methane-converts-waste-energy

U otpad spadaju tvari i predmeti koje čovjek odbacuje jer mu nisu više korisne, ali njih je moguće još iskoristiti ili reciklirati. Zbog toga je važno pravilno gospodariti otpadom kako bi isti ponovo bio stavljen u promet. Za smeće se smatra da je to otpad s kojim se pogrešno ili neprimjereno rukuje. Kada se miješaju različite vrste otpada nastane smeće koje je teško i ne moguće u potpunosti reciklirati te iziskuje visoke troškove.



Slika 2. Grafički prikaz procijenjenog sastava miješanog komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj 2015. godine

Izvor: Odluka o donošenju Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017. – 2022. godine (Narodne novine broj 3/2017)

Jedino čovjek od svih živih bića proizvodi otpad, a na grafičkom prikazu na Slici 2. je vidljivo da se najviše odbacuje kuhinjski otpad, papir i karton te plastika.

Jedan od većih problema stvara opasni otpad koji zahtijeva poseban tretman i odlaganje kako bi se izbjegli rizični i štetni učinci na čovjeka i okoliš. U opasni otpad se ubrajaju medicinski otpad, otpad ulja, baterije, boje, pesticidi, boce pod tlakom i drugo. Opasni otpad je mali dio komunalnog otpada, ali u kontaktu s ostalim otpadom može doći do kontaminacije te tako nastaje veća količina opasnog otpada.

Neke zemlje poput Švedske uvoze otpad iz drugih zemalja jer su dostigle razinu nultog otpada, recikliranjem, spaljivanjem i kompostiranjem otpada, dok su druge zemlje u velikim

problemima, poput Malezije i Kine, koje žele zabraniti uvoženje otpada u svoje zemlje i vratiti otpad u zemlje koje su taj otpad uvezle jer im prevelike količine otpada zagađuju okoliš i može imati štetne učinke po ljudsko zdravlje. (3,4)

1.1.1. Odlagališta otpada u Republici Hrvatskoj

Odlagališta otpada mogu se podijeliti u različite kategorije sukladno njihovom pravnom statusu, veličini i vrsti otpada koji se odlaže, načinu na koji odlagalište utječe na okoliš, stanju aktivnosti i razinu opremljenosti odlagališta. Postoji pet kategorija odlagališta otpada. Prva kategorija su legalna odlagališta otpada su izgrađeni prostori na kojima se trajno odlaže otpad, sagrađena u skladu s važećim propisima, predviđena prostorno-planskim dokumentima i mogu raditi samo ako imaju odobrenje nadležnog tijela uz provedenu procjenu o utjecaju na okoliš te su potrebne ishođene dozvole za takva odlagališta.

Postoje različiti tipovi legalnih odlagališta otpada:

- uređena odlagališta posjeduju sve tri dozvole i potpuno su legalizirana
- odlagališta koja imaju barem jednu dozvolu i u procesu su ishođenja preostalih dozvola
- odlagališta bez dozvole, ali započet je postupak ishođenja lokacijske dozvole.

Druga kategorija su službena odlagališta otpada, a na njima komunalna poduzeća ili koncesionari organizirano i redovito dopremaju i odlažu komunalni otpad uz odobrenje nadležnog tijela lokalne uprave i samouprave. Ona nemaju niti jednu potrebnu dozvolu i ne postoji uređena građevina za odlaganje otpada. Postoji djelomičan nadzor nad takvim odlagalištima i mjere zakona zaštite okoliša se djelomično provode. Ova kategorija predviđena je dokumentima prostornog uređenja. Treća kategorija su odobrena odlagališta otpada i ona nisu predviđena dokumentima prostornog uređenja i ne postoji građevina za odlaganje otpada. Za takvu kategoriju potrebno je odobrenje nadležnog tijela lokalne samouprave i na ova odlagališta otpada odlažu manji koncesionari ili sami proizvođači otpada. Četvrta su dogovorna

odlagališta otpada koja nemaju niti jednu dozvolu, ali djeluju uz znanje s nadležnim tijelima ili u dogovoru s njima. To su većinom manji neuređeni prostori gdje se otpad povremeno poravnava i prekriva. A peta kategorija su „divlja“ odlagališta, ilegalna odlagališta koja nisu predviđena za odlaganje, ali građani ih formiraju bez znanja nadležnih tijela te na ovakvim odlagalištima ne postoje mjere zaštite i nadzora zakonima. Sve vrste otpada se nekontrolirano odlažu i miješaju. (5)



Slika 3. „Divlje“ odlagalište

Izvor: http://balkans.aljazeera.net/vijesti/zagreb-guse-divlja-odlagalista-otpada0

Prema kvaliteti izgradnje odlagališta, dijele se na sanitarna i nesanitarna odlagališta otpada. Sanitarna odlagališta otpada ne ugrožavaju okoliš, imaju potrebnu dokumentaciju i izvedena su prema važećim propisima i zakonima. U sanitarna odlagališta spadaju i ispravno sanirana nesanitarna odlagališta otpada. Nesanitarna odlagališta otpada ili „smetlišta“ ugrožavaju okoliš, nemaju potrebnu dokumentaciju i nisu izvedena prema važećim propisima i zakonima. U nesanitarna odlagališta otpada ulaze sva neuređena odlagališta kao što su „divlja“ odlagališta i odlagališta koja su započeta kao sanitarna, ali u određenom trenutku je došlo do

problema i sada zahtijevaju sanaciju. Sanacijom odlagališta mogu se smanjiti negativni utjecaji otpada na prirodne resurse i okoliš. Cilj je smanjiti toksične utjecaje na okoliš i spriječiti onečišćenja površinskih i podzemnih voda, tla i zraka negativni utjecaji otpada na okoliš i prirodne resurse. Odnosno osnovni cilj je dovesti odlagališta u stanje koje je prihvatljivo za okoliš. (6)

1.1.2. Odlagalište otpada Jakuševec

Jakuševec je odlagalište stalnog otpada grada Zagreba i okolice. Nalazi se na desnoj obali rijeke Save u jugoistočnom dijelu Zagreba, udaljen 400 metara od naselja Jakuševec. Odlagalište otpada Jakuševec služi za odlaganje komunalnog, industrijskog i neopasnog otpada. Zauzima prostor od 54 hektara, dužina mu je 1365 metara, a maksimalna širina 390 metara.

Početkom 20. stoljeća započelo je nekontrolirano odlaganje otpada na području današnjeg odlagališta otpada Jakuševec, a do sredine devedesetih godine odlagalište je zauzelo 80 hektara. Procjenjuje se da je do 2000. godine volumen odloženog otpada iznosio 8 milijuna m^3 i zbog zanemarivanja postalo je najveće neuređeno odlagalište. Početkom devedesetih godina započet je projekt sanacije deponije otpada u uređeno odlagalište Jakuševec. Projekt je provela tvrtka ZGOS, a sanacija je završena 2003. godine. (7)

Na odlagalište otpada Jakuševec zabranjeno je odlagati:

- tekući otpad
- otpad koji može biti eksplozivan, zapaljiv, nagrizajući
- bolnički i drugi klinički otpad
- otpadne gume
- animalni i klaonički otpad, životinjska trupla i životinjske prerađevine

- otpadne industrijske i automobilske baterije i akumulatore
- otpadna motorna vozila i njihove neobrađene sastavne dijelove
- otpadne električne i elektroničke uređaje
- i vrste otpada koje ne ispunjavaju kriterije prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada.

Oni koji koriste odlagalište dužni su predati dokumentaciju o otpadu kada dovode otpad, a što uključuje: Prateći list za otpad, koja je osnovna karakterizacija otpada te važeću analizu eluata ovisno o vrsti otpada koju dovoze. Na ulazu se provodi vizualan nadzor sastava dovezenog otpada, a na mjestu istovara provodi se detaljan nadzor te se ovjerava Nadzorni list istovara. Ukoliko korisnik odlagališta koji je dovezao otpad nema ovjereni Nadzorni list istovara, ne smije napustiti odlagalište. (8)



Slika 4. Odlagalište otpada Jakuševec

Izvor: https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/zagrebacki-holding-odlagaliste-jakusevec-prudinec-u-kategoriji-najuredenijih-odlagalista-u-hrvatskoj-20190204/print

1.1.3. Marišćina – Županijski centar za gospodarenje otpadom u Primorsko-goranskoj županiji

Marišćina je Županijski centar za gospodarenje otpadom i dio je integralnog sustava gospodarenja otpadom u Primorsko-goranskoj županiji. ŽCGO Marišćina prostire se na površini od 42,5 hektara i u njemu se nalazi radna zona, odlagališni prostor, interna i vanjska prometnica, vatrozaštitni pojas i zaštitna zona širine 50 metara. Obuhvaća tri radne zone koje su smještene na tri platoa predviđena za prihvat i obradu otpada s pripadajućim objektima, bioreaktorski deponij namijenjen za trajno odlaganje neiskoristivog dijela otpada, sustava koji prati utjecaje ambijetalnog zraka, buke, podzemlja i podzemne vode. (9)



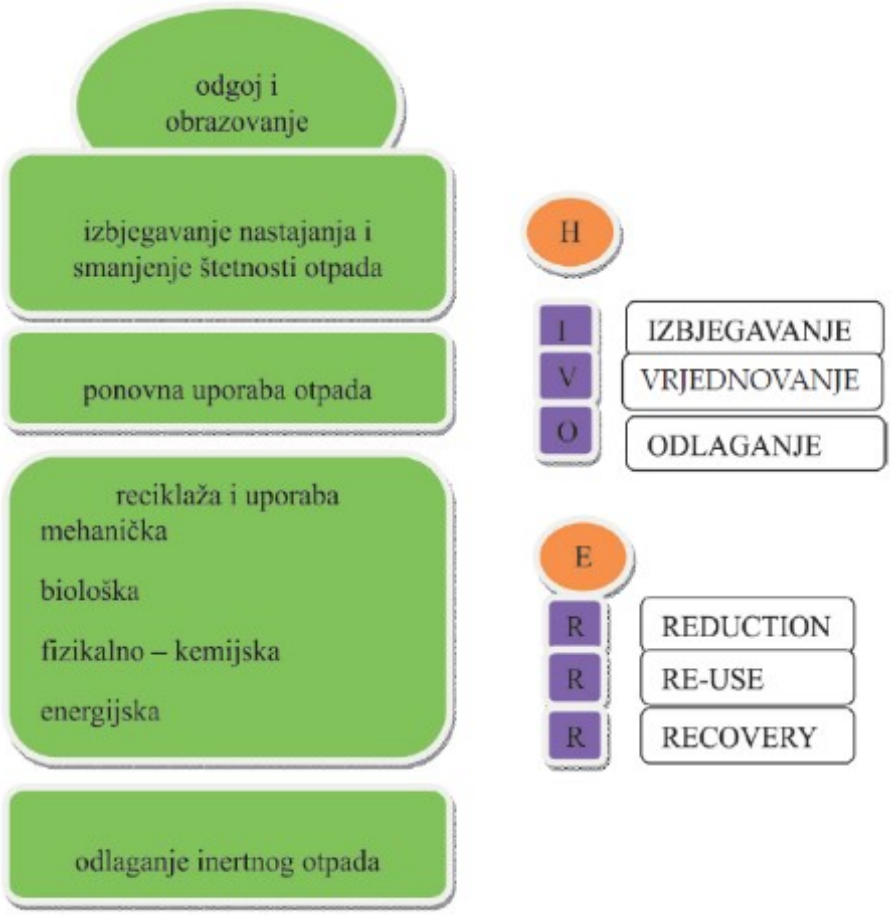
Slika 5. ŽCGO Marišćina

Izvor: https://www.ekoplus.hr/mariscina.php

To je prvi izgrađeni centar za gospodarenje otpadom u Republici Hrvatskoj. Prihvaća i obrađuje komunalni otpad maksimalne količine od 400 tona na dan. Preuzima ga od Komunalnog poduzeća Čistoća d.o.o. Rijeka i drugih komunalnih društava s područja županije. CZGO Marišćina pokriva potrebe oko 300.000 stanovnika iz Primorsko-goranske županije. Otvaranjem ovog centra za gospodarenje otpadom stvoreni su preduvjeti za sanaciju i zatvaranje svih odlagališta na području županije.

Integralni sustav gospodarenja otpadom na kojem se temelji ŽCGO Marišćina želi smanjiti količinu otpada proizvedenog na mjestu nastanka, iskoristiti vrijedne sastojke u energetske ili materijalne svrhe uz primjenu važećih propisa u Republici hrvatskoj i EU.

Integralni sustav zasnovan je na, tzv. IVO konceptu, Izbjegavanje - Vrednovanje – Odlaganje, kojem je temelj da se vrijedni sastojci otpada kao što su plastika, papir, staklo, limenke, iskorištavaju na primjeren način, npr. recikliranjem, oporabom, a mehaničko-biološkom obradom (MBO) obrađuje se ostali nesortirani komunalni otpad. Ostatni otpad trajno se odlaže u odlagalište koje mora imati donji brtveni sloj da se zaštite podzemne vode. (9)



Slika 6. Koncept gospodarenja otpada

Izvor: Kalambura, S. Jovičić, N. Pehar, A. Sustav gospodarenja otpadom s osvrtom na Bjelovarsko-bilogorsku županiju. UDK: 628.4(497.55-35Bjelovar) 2012.

1.2. ZRAK

Zrak je naziv za smjesu plinova koji tvore Zemljinu atmosferu i jedan je od osnovnih životnih uvjeta. Bezbojan je i bez mirisa, a neophodan za disanje i procese gorenja. Sastoji se od oko 78% dušika, 21% kisika, 0,03% ugljičnog dioksida i 0,94% ostalih plemenitih plinova.

Jedan od elemenata okoliša koji ima najveći utjecaj na zdravlje čovjeka, a zagađenje zraka u većini slučajeva osjeti se odmah i nije ga moguće ignorirati. (10)

1.2.1. Onečišćenje zraka

Onečišćenje zraka je odstupanje od njegovog normalnog sastava zbog prisutnosti stranih tvari koje mijenjaju sastav prirodne atmosfere koje mogu utjecati na ljudsko zdravlje, aktivnosti ili opstanak živih bića. Također, negativno djeluje i na klimu i tlo te općenito smanjuje kvalitetu života.

Emisije onečišćujućih tvari u zrak proizlaze iz gotovo svih gospodarskih i društvenih aktivnosti, ali i prirodnih katastrofa, a tvari koje onečišćuju zrak su:

- aerosoli
- lebdeće čestice - $PM_{2,5}$ i PM_{10}
- ugljikovi oksidi
- sumporni oksidi,
- ugljikovodici - metan, butan, benzen
- fotokemijski produkti
- anorganski spojevi - sumporna i dušična kiselina, sumporovodik, amonijak
- metali – olovo, živa, kadmij
- organski spojevi - organske kiseline, alkoholi
- radioaktivne tvari. (10,11)



Slika 7. Onečišćenje zraka industrijskim procesima

Izvor: http://www.ox.ac.uk/news/2014-06-04-unconventional-energy-could-renew-east-west-power-struggle

Većinom su te tvari prirodnog podrijetla, npr. proizvodi vulkana te metabolizma i raspadanja organizama. Ključni izvori onečišćujućih tvari u zraku su različiti industrijski procesi, promet, postrojenja za dobivanje energije, spaljivanje šuma i raznovrsnog otpada, a posljedice toga su efekt staklenika, ozonske rupe, industrijski smog i kisele kiše. Zagađenje zraka nije samo lokalni fenomen nego i prekogranično pitanje jer tvari koje se emitiraju u jednoj zemlji mogu se transportirati u atmosferi i štetiti ljudskom zdravlju i okolišu negdje drugdje. To se može smanjiti ili spriječiti uporabom katalitičkih konvertora i bezolovnog benzina u automobilima, hvatanjem onečišćivaća u industrijskim postrojenjima, filterima, ispiralicama, precipitatorima, koristiti alternativne izvore energije i smanjiti njezinu potrošnju uporabom čistijih goriva, recikliranjem otpada i drugo. (10)

Onečišćenje je jedan od najvećih globalnih problema i prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO) onečišćenje zraka se povećalo za 8% od 2008. do 2013., a rastom

gospodarskih aktivnosti globalna emisija onečišćujućih tvari se povećava. U 2016. godini je zabilježeno više od 6 milijuna smrtnih slučajeva u svijetu od onečišćenja zraka. (11)

Onečišćenje zraka povezano je s nizom zdravstvenih posljedica koje mogu biti blage, ali i fatalne, te akutne i kronične. Mogu se pojaviti bolesti respiratornog sustav, npr. astma, alergije ili kronična opstruktivna bolest pluća (KOPB). (12)

Onečišćenje ne oštećuje sva tkiva jednako, odnosno sve stanice ljudskog organizma. Kakve će posljedice biti po ljudsko zdravlje ovisi o koncentraciji i trajanju djelovanja onečišćenja, o njegovim fizikalno-kemijskim svojstvima, mjestu djelovanja i o zdravstvenom stanju organizma čovjeka. Onečišćujuće tvari ulaze u organizam kroz dišni sustav, kožu te probavni sustav. Organske tekućine, plinovite i neke čvrste tvari imaju mogućnost ulaska kroz neoštećenu kožu. Prašina i dimovi mogu se apsorbirati kroz pluća, ali mogu se i prenijeti s ruku na hranu te ući u probavni sustav. Ljudski organizam različito reagira na štetne tvari. Neke tvari mogu izazvati akutni učinak kod ljudi već pri prvoj izloženosti dok će druge imati toksični učinak nakon par dana, tjedana ili nakon dugoročnog i učestalog izlaganja. (13)

1.2.2. Utjecaj odlagališta otpada na okoliš

Svojim odbojnim izgledom i neugodnim mirisom otpad predstavlja estetski problem, a prisutna je i opasnost od samozapaljenja i požara jer se razvijaju odlagališni plinovi. Može kontaminirati podzemnu vodu ako se odlaže u blizini vodonosnih slojeva, a da se pritom ne vodi briga o smjeru i načinu procjeđivanja padalina i ostalih tekućina u otpadu te njihovom odvođenju, prikupljanju i konačnom pročišćavanju. Postoje izravne i neizravne opasnosti za ljude i okoliš. Izravne su širenje plinova i toksičnih tvari, bakterija, virusa, plijesni i opasnost od požara uslijed odlagališnih plinova, a u neizravne opasnosti spadaju neugodni mirisi, prašina, pojava glodavaca, kukaca i ptica. Otpad služi kao hrana i skloništе glodavcima i insektima, od kojih su neki poznati izvori ili prenositelji bolesti (miševi, muhe, štakori, krpelji).

Veliki utjecaj na kvalitetu zraka može imati otpad koji se odlaže na neuređena i nekontrolirana odlagališta otpada kao i način odlaganja otpada na odlagališta. Ogromne količine komunalnog otpada odlažu se na već prepune odlagališta ili se ilegalno odlažu na „divlja“ odlagališta i kroz određeno vrijeme taj se otpad neutralizira, razgradi i mineralizira. Tijekom tog vremena odvijaju se procesi razgradnje, kemijski, fizikalni i mikrobiološki i tako se oslobađa vodena para, toplina i različiti plinovi. Ti procesi ovise o sadržaju vlage, udjelu i vrsti organskih tvari, kako se odlaže otpad, klimatskim utjecajima i gradnji odlagališta. (14)

Razvojem industrijalizacije i urbanizacije sve je veći problem skupljanja i zbrinjavanja otpada. Zbog svih ovih procesa važno je poznavati različite postupke koji omogućuju pravilno planiranje, projektiranje, izgradnju i eksploataciju deponija uz kontroliranje utjecaja na okoliš jer tako povećavamo sigurnost od negativnog utjecaja na okoliš. Neuređena i nekontrolirana odlagališta je potrebno najprije sanirati te kasnije napustiti ili nakon sanacije omogućiti daljnje odlaganje otpada na saniranom odlagalištu. Sve je izraženija tendencija stvaranja modela sanitarnog odlagališta otpada u kojem cilj nije samo stvoriti mjesto gdje će se otpad odlagati, nego i koristiti otpad kao sekundarnu sirovinu, čime bi se, uslijed recikliranja, tj. odvajanja otpada na mjestu njegova nastanka, stvorila i veća ekonomska korist. Prilikom izgradnje odlagališta otpada potrebno je provesti niz preventivnih mjera kako ne bi došlo do narušavanja prirodne ravnoteže u okolišu što se najviše odnosi na problematiku voda, a pritom se misli na zaštitu od štetnog djelovanja, odnosno zaštitu vode od zagađenja. Procjedne vode i stvaranje deponijskih plinova su osnovni problemi koji se pojavljuju na odlagalištima otpada. (15)



Slika 8. Recikliranje otpada

Izvor: http://www.edubrovnik.org/novosti/opcini-slivno-odobreno-19-milijuna-kuna-eu-sredstava-izgradnju-reciklaznog-dvorista/attachment/recikliranje/

1.2.3. Odlagališni plin

Razgradnjom organskih tvari na odlagalištima otpada nastaje odlagališni plin ili bioplin. U aerobnoj fazi nastaju kisik, dušik i ugljikov dioksid, a u anaerobnim uvjetima nastaje metan. Problem stvaraju i plinovi koji šire neugodne mirise poput sumporovodika i hlapivih organskih spojeva poput merkaptana. Miris se može neutralizirati sakupljanjem i spaljivanjem plinova, a najčešća tehnika kontrole puteva plina je izgradnja glinenih barijera i odzračnih okna.

Na odlagalištima otpada odvijaju se aerobni i anaerobni mikrobiološki procesi razgradnje. Procesi ovise o udjelu vode, vrsti, odloženog otpada i načinu odlaganja. Molekule kisika, sadržane u otpadu, potroše se nekoliko tjedana nakon odlaganja plina (aerobna faza). Nakon čega nastaje odlagališni plin razgradnjom organske supstance u anaerobnim uvjetima. (15)

Čimbenici koji utječu na količinu i sastav nastalih plinova:

- temperatura
- pH vrijednost

- sastav
- zbijenost odloženog otpada
- starost otpada
- udio organske supstance
- mulj od pročišćavanja otpadnih voda

Ukoliko se nastali plin ne uklanja iz odlagališta uređenim sustavom otplinjavanja, on isplinjava kroz gornju površinu odlagališta i rubne zone u atmosferu. Iz tla istiskuje kisik te tako sprječava rast biljaka ili ih oštećuje. Kako bi se spriječilo istjecanje plina izvan odlagališta u atmosferu potrebni su sustavi upravljanja odlagališnim plinom, a najbolje raspoložive tehnike su:

- smanjiti mogućnost nastanka odlagališnog plina predobradom otpada prije primitka na odlagalište
- spriječiti prodiranje odlagališnog plina kroz tlo u plinovitom i otopljenom stanju
- upravljati rizicima od neugodnih mirisa
- koristiti horizontalne i vertikalne plinovode za sabiranje plina na odlagalištima
- sakupljeni odlagališni plin iskoristiti u druge svrhe, npr. za proizvodnju energije
- u slučaju da proizvodnja energije nije moguća, odlagališni plin treba spaliti na minimalnoj temperaturi od 1000 °C na ograđenoj baklji
- pratiti plinske ekstrakcijske bunare. (15)



Slika 9. Širenje neugodnih mirisa sa odlagališta otpada

1.2.4. Sumporovodik

Sumporovodik (H_2S) je bezbojan, iritantan, izrazito otrovan plin i neugodna mirisa po pokvarenim jajima koje ljudi mogu otkriti pri niskim koncentracijama, a slatkasti miris pri visokim koncentracijama. Može se pretvoriti u tekućinu, topljiv je u vodi, alkoholu, uljima i drugim otapalima. Teži je od zraka, a specifična težina sumporovodika iznosi 1,189. Lako je zapaljiv i gori plavim plamenom, pri čemu nastaje sumporov dioksid (SO_2). Eksplozivan je u smjesi sa zrakom u širokom rasponu od 4,5-45,5 H_2S i u smjesi sa sumporovim dioksidom. Molarna masa mu je 34,082 g/mol, a gustoća 1,393 kg/m^3. Za ljude i životinje je toksičan te je korozivan za većinu metala. (16)

Sumporovodik se stvara pri truljenju organskih tvari koje sadržavaju sumpor. Prirodno se nalazi u sirovoj nafti, u sastavu prirodnog plina, vulkanskih plinova kao i u nekim izvorima vode. Antropogeni izvori sumporovodika su prerada hrane, koksne peći, mlinovi za proizvodnju papira, rafinerija nafte, odlaganje krutog otpada i postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda.

Može se akumulirati u zatvorenim, slabo provjetrenim i niskim područjima. Kada je pušten u atmosferu uočeno je da traje oko 18 sati, a u hladnijim vremenima obično traje duže, i do 42 dana. U atmosferi pretvara se u sumporov dioksid (SO_2) ili sumpornu kiselinu (H_2SO_4). (19)

Zbog svog neugodnog mirisa osjeća se pri niskim koncentracijama, stoga se može otkriti na vrijeme. Zbog djelovanja na živac njuha može uzrokovati gubitak osjeta za miris. Utječe na tijelo ako se udiše ili ako dođe u kontakt s očima, kožom, nosom ili grlom.

1.2.5. Toksičnost sumporovodika

Jedan od glavnih problema koje uzrokuje sumporovodik odnosi se na zdravlje čovjeka jer je izuzetno otrovan i zapaljiv. Otrovniji je i od cijanovodika, ali manje opasan zbog toga što se lako osjeti pri niskim koncentracijama te se manje koncentracije mogu tolerirati u duljem vremenskom periodu.

Ukoliko se čovjek često izlaže niskim koncentracijama sumporovodika mogu nastati simptomi poput iritacije očiju, suhog grla, kašlja, kratkog daha te, ali ti simptomi ne traju dugo i obično nestanu nakon nekoliko tjedana. Dok svakodnevno izlaganje niskim koncentracijama sumporovodika kod čovjeka može uzrokovati umor, glavobolje, vrtoglavice, mučnine, slabljenje pamćenja i slične simptome, visoke koncentracije mogu biti smrtonosne za čovjeka u kratkom roku. Ali utjecaj je individualan, što znači da neće na svakog čovjek utjecati jednako. (17,18)

Iako se osjeti pri niskim koncentracijama nije dovoljno pouzdati se na osjet mirisa budući da je moguće da sumporovodika potpuno umrtvi njuh.

Treba posebno obratiti pozornost na mjesta s visokim koncentracijama sumporovodika jer visoke koncentracije mogu imati štetne učinke.

Tablica 1. Potencijalne opasnosti za ljude koje sumporovodik može prouzročiti

Izvor: Air Quality Guidelines for Europe, 2nd edition, 2000

Učinak na zdravlje nakon izloženosti sumporovodiku	
Koncentracije sumporovodika (µg/m³)	Simptomi
15000-30000	Iritacija očiju, suzenje očiju
70000-140000	Iritacija očne sluznice, bol, suzenje, osjetljivost na svjetlo, smanjen osjet mirisa, iritacija grla i nosa
210000-350000	Gubitak osjetila mirisa
450000-750000	Plućni edem, rizik od smrti
750000-1400000	Snažan utjecaj na središnji živčani sustav, hiperapneja, zastoj disanja
1400000-2800000	Brzi kolaps i smrt

1.2.6. Nastanak sumporovodika na odlagalištima

Sumporovodik se općenito stvara u okruženju odlagališta putem redukcije sulfata (SO_4^{2-}). Bakterije koje reduciraju sulfate uzrokuju redukciju SO_4^{2-} u H_2S obično u podzemnim vodama, postrojenjima za pročišćavanje otpadnih voda i kanalizacijama. Proizvodnja sumporovodika pripisuje se i hidrolizi minerala koji sadrže sumpor kao što je FeS_2 u prirodnim izvorima, vulkanima i vrućim vrelima.

Izvori reducirajućeg sumpora na odlagalištima mogu biti gipsani suhozidi, mulj, komunalni ili industrijski otpad. Vlažna područja također mogu utjecati na nastanak sumporovodika jer ona omogućuju stvaranje reducirajućeg sulfata. Nesakupljanje i neuklanjanje procjedne vode su jedan od primjera zbog kojih nastaje vlaga na odlagalištima. Za redukciju SO_4 u H_2S potrebni

su i anaerobni uvjeti, a oni se formiraju na odlagalištima nakon odlaganja i naknadnog zbijanja otpadnog materijala. (19)

1.2.7. Praćenje kakvoće zraka

Automatskim analizatorima prati se kakvoća zraka. Oni kontinuirano i u realnom vremenu pružaju informacije o koncentracijama onečišćenja zraka. Postoji 36 automatskih postaja u Republici Hrvatskoj. One se nalaze u velikim gradovima i industrijskim zonama te je većina njih dio lokalne mreže za praćenje kakvoće zraka. Glavni cilj im je zaštititi čovjeka i ekosustav od štetnih utjecaja koje može prouzročiti onečišćenje zraka.

Kvaliteta zraka prati se na državnoj i lokalnoj razini kroz mrežu mjernih postaja: državna mreža za trajno praćenje kvalitete zraka, mjerne postaje jedinica lokalne i regionalne samouprave te mjerne postaje onečišćivača. Dobiveni mjerni podaci koriste se za praćenje i procjenu kvalitete zraka, a potom se mogu predložiti i provesti mjere koje bi spriječile i smanjile koncentracije onečišćujućih tvari.

Kvaliteta zraka se utvrđuje za svaku onečišćujuću tvar na godišnjoj razini, jednom godišnje za proteklu kalendarsku godinu. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike izrađuje godišnja Izvješća o kvaliteti zraka koja sadrže ocjenu kvalitete zraka na području Republike Hrvatske.

Temeljni propisi koji određuju mjere, način organiziranja i provođenja zaštite i poboljšanja kvalitete zraka su Zakon o zaštiti zraka (Narodne novine broj 130/11, 47/14, 61/17, 118/18) i Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (Narodne Novine 79/17). Kako bi se upravljala kvaliteta zrakom na nekom području potrebno je redovito pratiti koncentracije onečišćujućih tvari koje su odgovorne za onečišćenja zraka tog područja i usporediti izmjerene vrijednosti s vrijednostima koje služe za ocjenu kvalitete zraka. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (Narodne novine broj 117/12) propisuje granične vrijednosti onečišćujućih tvari, ciljne

vrijednosti i dugoročne ciljeve za prizemni ozon, a u svrhu vrednovanja značajnosti razina onečišćujućih tvari u zraku.

Zakonom o zaštiti zraka prema razinama onečišćenosti, s obzirom na propisane granične vrijednosti (GV), ciljne vrijednosti i ciljne vrijednosti za prizemni ozon utvrđuju se sljedeće kategorije kvalitete zraka:

- I kategorija kvalitete zraka je čist ili neznatno onečišćen zrak gdje nisu prekoračene granične vrijednosti (GV)
- II kategorija kvalitete zraka je onečišćen zrak što znači da su prekoračene granične vrijednosti (GV)

Granične vrijednosti (GV) su razine koje treba postići u zadanom razdoblju, a ispod kojih, na temelju znanstvenih spoznaja ne postoji ili je najmanji mogući rizik štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i okoliš, a jednom kad su postignute ne smiju se prekoračiti. Granične vrijednosti se ne smiju tumačiti kao vrijednosti do kojih možemo onečišćavati zrak. (20, 21)

Tablica 2. Granične vrijednosti za koncentracije sumporovodika

Izvor: Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na automatskoj postaji za praćenje kvalitete zraka Jakuševec

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Razina granične vrijednosti	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
H_2S	1 sat	7	Granična vrijednost ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	5	Granična vrijednost ne smije biti prekoračena više od 7 puta tijekom kalendarske godine

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog rada bio je analizirati koncentracije sumporovodika na odlagalištu Jakuševec u Zagrebu i Županijskom centru za gospodarenje otpadom Mariščina u Viškovu na području Primorsko-goranske županije tijekom 2018. godine te utvrditi postoji li utjecaj odlagališta otpada na koncentracije sumporovodika te kako sumporovodik utječe na kvalitetu zraka.

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Mjerna postaja Jakuševec

Naziv mjerne postaje je Jakuševec, a nalazi se u Zagrebu. To je lokalna mjerna mreža posebne namjene. Stručna institucija koja odgovara za postaju je Ekonerg d.o.o. i Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada. Onečišćujuće tvari koje se mjere su sumporovodik (H_2S), amonijak (NH_3), ukupni merkaptani, PM_{10}, olovo (Pb), nikal (Ni), arsen (As), kadmij (Cd) i aromatski ugljikovodici (PAH) u PM_{10}. Ciljevi mjerenja kvalitete zraka su procjene utjecaja koncentracija onečišćujućih tvari na zdravlje ljudi i okoliš.

Sumporovodik se mjeri automatskim analizatorom, UV fluorescencijom. Visina mjesta uzorkovanja je oko 10 metara i vrijeme uzorkovanja je dnevno. Mjerna postaja je standardnog tipa s kontroliranim klimatskim uvjetima.



Slika 10. Mjerna postaja Jakuševec

Izvor: http://iszz.azo.hr/iskzl/postaja.html?id=274



Slika 11. Lokacija mjerne postaje Jakuševec

Izvor: Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na automatskoj postaji za praćenje kvalitete zraka Jakuševec

Na Slici 11. je lokacija mjerne postaje Jakuševec koja je udaljena oko 100 metara od centra odlagališta otpada, 300 metara od kompostane, 30 metara od naselja s obiteljskim kućama i 10 metara od lokalne prometnice.

Klasificira se kao industrijska jer isključiva namjena postaje je praćenje utjecaja odlagališta otpada i kompostane na kvalitetu zraka.

3.2. Mjerna postaja Viškovo - Marišćina

Automatska mjerna postaja uspostavljena je 2007. godine, a cilj joj je monitoring kakvoće zraka na području ŽCGO Marišćina. Mjerna postaja je industrijska, isto kao i mjerna postaja Jakuševec, s obzirom na izvor emisija, a to su obrada i odlaganje otpada. Nalazi se u općini Viškovo. Opremljena je automatskim analizatorima, koji dobivene vrijednosti šalju na glavno računalo. Mjeri koncentracije onečišćujućih tvari, a osim sumporovodika mjeri koncentracije i sumporovog dioksida (SO_2), dušikovih oksida (NOx), amonijaka (NH_3), ugljikova monoksida (CO), BTEX (benzen, toluen, ksilen, etilbenzen) i lebdećih čestica PM_{10}, te metala: olovo (Pb), kadmij (Cd), arsen (As) i nikal (Ni), i ukupnu taložnu tvar (UTT). Prate se i meteorološki pokazatelji, poput smjera i brzine vjetra, tlaka i relativne vlažnosti zraka.



Slika 12. Mjerna postaja Viškovo-Marišćina

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018.), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina



Slika 13. Mjerna postaja Viškovo – Marišćina

Izvor: http://iszz.azo.hr/iskzl/postaja.html?id=232

3.3. Metode mjerenja

Mjerenja sumporovodika na mjernoj postaji Jakuševec je prema akreditiranim ispitnim metodama provodio Laboratorij za praćenje kvalitete zraka tvrtke Ekonerg d.o.o. koji je osposobljen prema HRN EN ISO/IEC 17025:2007., dok je mjerenje sumporovodika na mjernoj postaji Marišćina prema akreditiranim ispitnim metodama provodio Odsjek za kontrolu kvalitete vanjskog zraka Zdravstveno-ekološkog odjela Nastavnog zavoda za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije koji je također osposobljen prema HRN EN ISO/IEC 17025:2007. Mjerenja su se obavljala u razdoblju od 01.01.2018. do 31.12.2018. Koncentracije sumporovodika objavljuju se svaki sat, a rezultati se iz analizatora šalju na glavno računalo i obrade na kraju godine u tabličnom i grafičkom obliku.

Mjerna metoda: Mjerenje koncentracije H_2S u zraku ekvivalentno standardnoj metodi.
Norma: UV fluorescencija uz prethodno uklanjanje SOx i konverziju H_2S u SO_2.
Zahtjevi za kvalitetom mjernih podataka o kvaliteti zraka definirani su Zakonom o zaštiti zraka (Narodne novine broj 130/11, 47/14, 61/17, 118/18) i Pravilnikom o praćenju kvalitete zraka (Narodne novine broj 79/17).

Tablica 3. Parametar kvalitete zraka za koncentracije sumporovodika

Izvor: Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na automatskoj postaji za praćenje kvalitete zraka Jakuševec

Parametar kvalitete zraka	H_2S
Mjerna nesigurnost	15%
Minimalan obuhvat podataka	90%



Slika 14. Horiba APSA 370

Na Slici 14. prikazan je automatski analizator, Horiba APSA 370, koristi se u svrhu za mjerenja koncentracija sumporovodika u zraku. Analizator koristi metodu oksidacije katalizatora u kombinaciji sa UV fluorescencijom. Raspon detekcije masene koncentracije koja može biti mjerena je u rasponu od 0 do 1 ppm. Minimum osjetljivosti detekcije je 1 ppb u rasponu od 0-1 ppm. Analizator automatski promijeni raspon detekcije i ima opciju prikazati masenu koncentraciju u ppm ili mg/m^3.

Na mjernoj postaji Viškovo - Marišćina koncentracija sumporovodika mjerena je analizatorom MLU T17c, a od 14.11.2018. postavljen je dodatni analizator i paralelno su se mjerile koncentracije sumporovodika i dobivena je dodatna potvrda vrijednosti. Nakon što je provedena zamjena postaje, mjerenja se provode analizatorom kao i na mjernoj postaji Jakuševec, Horiba APSA-370 CU. (23)

3.3.1. Princip metode

Metoda UV fluorescencije djeluje na principu da kada se SO_2 molekule, sadržane u uzorku, pobude ultraljubičastim zračenjem emitiraju karakterističnu fluorescenciju u rasponu od 220-420 nm. Ta se fluorescencija izmjeri i koncentracija SO_2 se dobiva iz promjena intenziteta fluorescencije.

Mehanizam reakcije:

$$(1)\ SO_2 + h\nu 1 \rightarrow SO_2 *$$

Prva reakcija prikazuje pobuđeno stanje molekula SO_2 koje su apsorbirale količinu energije hv1 ultraljubičastim zračenjem.

$$(2)\ SO_2 * \rightarrow SO_2 + h\nu 2$$

Druga reakcija prikazuje količinu energije, koju hv2 emitiraju pobuđenim molekulama dok se vraćaju u osnovno stanje.

$$(3)\ SO_2 * \rightarrow SO + (O)$$

Treća reakcija prikazuje razgradnju svjetlosti koja se emitira iz pobuđenih molekula.

$$(4)\ SO_2 * + M \rightarrow SO_2 + M$$

Četvrta reakcija prikazuje gašenje, odnosno izgubljenu energiju od pobuđenih molekula koje se sudaraju s drugim molekulama.

APSA-370 koristi Xe lampu kao izvor svjetlosti, a dizajn fluorescentne komore minimalizira raspršenu svjetlost. Optički sustav pažljivo je dizajniran s niskim pozadinskim osvjetljenjem, omogućujući mjerenja s vrlo stabilnom točkom. Osim toga, referentni detektor prati svaku fluktuaciju intenziteta izvora svjetlosti. To omogućuje uređaju automatsku kalibraciju osjetljivosti, što rezultira većom stabilnošću raspona. (24)

Koncentracije sumporovog dioksida se direktno mjere u ppb jedinicama (V/V). Konačni rezultati su izraženi u $\mu g/m^3$ koristeći faktor konverzije 1 ppm = 2,67 mg/m^3 pri standardnim uvjetima od 20°C i 101,3 kPa.

4. REZULTATI

4.1. Mjerna postaja Jakuševec

Tablica 4. Prikaz mjerne nesigurnosti na mjernoj postaji Jakuševec

Izvor: Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na automatskoj postaji za praćenje kvalitete zraka Jakuševec

Mjerna postaja Jakuševec - Prudinec	H_2S (%)
Satni podaci	97,1
24-satni podaci	95,8
Mjerna nesigurnost	<15



Slika 15. Grafički prikaz dnevnih rezultata koncentracija sumporovodika na mjernoj postaji Jakuševec tijekom 2018. godine

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

Tablica 5. Srednje vrijednosti za dnevne koncentracije sumporovodika po mjesecima tijekom 2018. godine.

Mjeseci	Srednje vrijednosti koncentracije sumporovodika ($\mu g/m^3$)
Siječanj	0,9
Veljača	0,7
Ožujak	1,2
Travanj	1,3
Svibanj	1,6
Lipanj	1,5
Srpanj	1,4
Kolovoz	1,5
Rujan	0,6
Listopad	1,3
Studeni	2,2
Prosinac	3,5



Slika 16. Kalendar dnevnih prekoračenja koncentracija sumporovodika za 2018. godinu

Izvor: Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na automatskoj postaji za praćenje kvalitete zraka Jakuševec

Tablica 6. Statistička obrada mjernih rezultata na mjernoj postaji Jakuševec za 2018. godinu
Izvor: Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na automatskoj postaji za praćenje kvalitete zraka Jakuševec

Statistička obrada mjernih rezultata na mjernoj postaji Jakuševec za 2018. godinu	
Statistički parametri	H_2S ($\mu g/m^3$)
Minimalna satna vrijednost	-0,41
Maximalna satna vrijednost	41,95
Srednja vrijednost satnih vremena usrednjavanja	1,49
Minimalna 24 satna vrijednost	0,00
Maksimalna 24 satna vrijednost	8,18
Srednja vrijednost 24 satnih vremena usrednjavanja	1,49
Broj prekoračenja satnog GV	115
Broj prekoračenja 24 satnog GV	9
Kategorija kvalitete zraka	II

4.2. Mjerna postaja Viškovo – Marišćina

Tablica 7. Mjerna nesigurnost na mjernoj postaji Viškovo – Marišćina

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018.), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina

Mjerna postaja Viškovo - Marišćina	H_2S (%)
Satni podaci	99
Dnevni podaci	95
Mjerna nesigurnost	<15



Slika 17. Grafički prikaz dnevnih rezultata koncentracija sumporovodika na mjernoj postaji Viškovo - Marišćina tijekom 2018. godine

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

Tablica 8. Dnevne koncentracije sumporovodika po mjesecima izmjerene na mjernoj Postaji Viškovo - Marišćina (μg/m^3)

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018.), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina

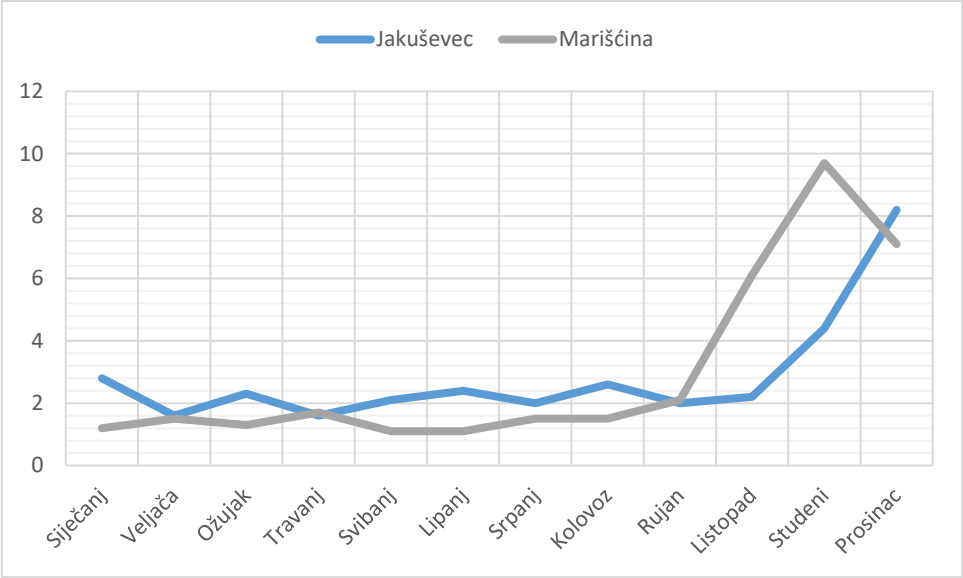
Mjeseci	Broj mjerenja	Prosječna mjesečna vrijednost	Minimalna dnevna vrijednost	n>5	Maksimalna dnevna vrijednost	Datumi maksimalne vrijednosti
Siječanj	31	0,8	0,2	0	1,2	25.01.
Veljača	28	0,8	0,2	0	1,5	28.02
Ožujak	31	0,9	0,4	0	1,3	01.03.
Travanj	30	0,9	0,4	0	1,7	23.04.
Svibanj	31	0,7	0,4	0	1,1	01.05
Lipanj	30	0,7	0,3	0	1.1	07.06.
Srpanj	31	0,6	0,3	0	1,5	05.07.
Kolovoz	31	0,8	0,4	0	1,5	30.08.
Rujan	30	0,9	0,3	0	2,1	07.09.
Listopad	31	1,5	0,3	2	6,1	17.10.
Studeni	30	1,6	0,2	1	9,7	09.11.
Prosinac	27	2,5	0,3	3	7,1	01.12.
Vrijednost za razdoblje	361	1,1	0,2	6	9,7	09.11.

n>GV/CV – broj uzoraka kojih je koncentracija iznad odgovarajuće granične vrijednosti

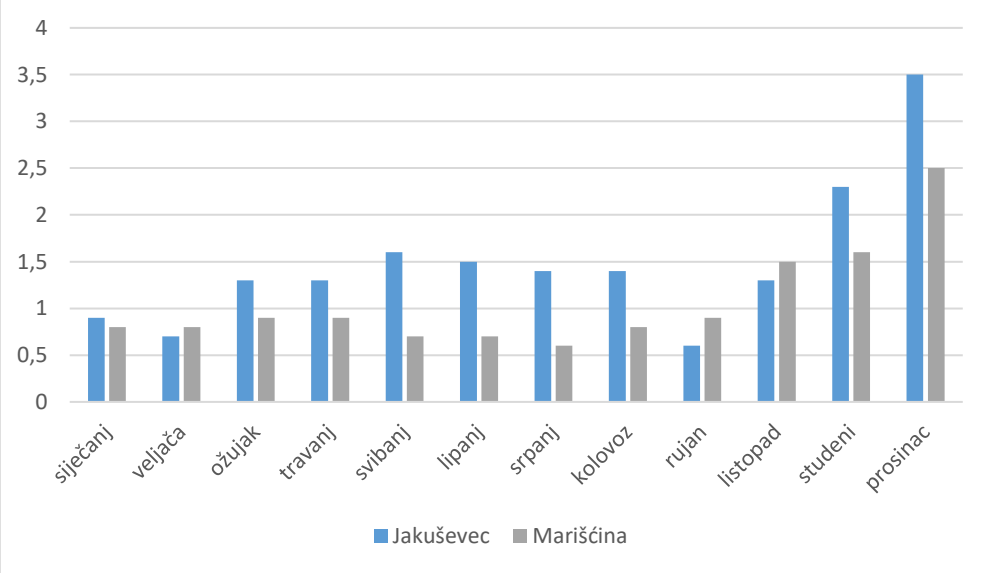
Tablica 9. Satne koncentracije sumporovodika izmjerene na mjernoj postaji Viškovo - Marišćina ($\mu g/m^3$)

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018.), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina

Mjeseci	Broj mjerenja	Prosječna satna vrijednost	Min. satna vrijednost	n>7	Max. satna vrijednost	Datumi max. vrijednosti	Sati max. vrijednosti
Siječanj	721	0,8	0	0	2,7	08.01.	01:00
Veljača	664	0,8	0	0	1,7	28.02.	00:00
Ožujak	699	0,9	0	0	2,7	14.03.	19:00
Travanj	698	0,9	0	1	7,4	13.04.	21:00
Svibanj	740	0,7	0	0	3,7	16.05.	04:00
Lipanj	696	0,7	0	0	1,9	07.06.	03:00
Srpanj	726	0,6	0	1	8,7	14.07.	06:00
Kolovoz	706	0,7	0	0	5,3	08.08.	04:00
Rujan	700	0,9	0	0	5,1	18.09.	05:00
Listopad	695	1,5	0	25	20	17.10.	04:00
Studeni	662	1,6	0	37	25	09.11.	06:00
Prosinac	633	2,5	0	72	20	01.12.	01:00
Vrijednost za razdoblje	8340	1,1	0	136	25	09.11.	06:00



Slika 18. Grafički prikaz maksimalnih vrijednosti s mjerenih postaja po mjesecima



Slika 19. Grafički prikaz usporedbe srednjih vrijednosti koncentracija sumporovodika na obje mjerne postaje

Granične vrijednosti za sumporovodik definirane su u Zakonu o zaštiti zraka. Razina satne granične vrijednosti je 7 µg/m³ i ne smije se prekoračiti više od 24 puta tijekom godine, a za dnevnu graničnu vrijednost je 5 µg/m³ i granica se ne smije prekoračiti više od 7 puta godišnje.

Iz rezultata dobivenih na mjernoj postaji Jakuševec vidljivo je da je granica pređena više od 7 puta, točnije 9 puta tijekom 2018. godine. Datumi prekoračenja dnevnih graničnih vrijednosti vidljivi su na kalendaru koji je na Slici 9 i označeni su crvenom bojom. Najviša dnevna granična vrijednost bila je 8,178 µg/m³ dana 12.12.2018. Za satne vrijednosti granica je bila preokoračena 115 puta, a maksimalna vrijednost bila je 41,953 µg/m³ na dan 01.12.2018. u 23 sata. Na mjernoj postaji Jakuševec ostvaren je prosječni obuhvat podataka od 95,80% za satno, a 94,4% za dnevno vrijeme usrednjavanja u 2018. godini. Mjerne nesigurnosti za sumporovodik izračunate su iz podataka dobivenih testovima izvedenim tijekom ishođenja tipskog odobrenja u skladu sa relevantnim normama za referentne metode. Kvaliteta podataka izražena na ovaj način zadovoljava kriterije kao što je vidljivo u Tablici 4.

Na mjernoj postaji Viškovo - Marišćina dnevna granična vrijednost nije pređena više od 7 puta tijekom 2018. godine. Dnevna granična vrijednost bila je prekoračena 6 puta s maksimalnom izmjerenom koncentracijom koja je iznosila 9,7 µg/m³ dana 09.11.2018. Međutim javilo se prekoračenje satne granične vrijednosti. Ukupno ih je bilo 136 tijekom 2018. godine. Maksimalna satna granična vrijednost iznosila je 25,728 µg/m³ isto dana 09.11.2018. u 6 sati.

5. RASPRAVA

Sumporovodik nastaje truljenjem organskog materijala te je kao takav karakterističan za odlagališta komunalnog otpada, a visoke koncentracije sumporovodika mogu naštetiti ljudskom zdravlju i onečistiti zrak. Onečišćenje zraka sumporovodikom stvara zdravstvene i ekonomske probleme čovjeku jer uzrokuje neugodne mirise. Miris se može neutralizirati sakupljanjem i spaljivanjem plinova.

Na mjernim postajama koje se nalaze u blizini odlagališta, Jakuševec i Viškovo – Marišćina mjerene su koncentracije sumporovodika u zraku jer se htjelo provjeriti kakav utjecaj imaju odlagališta na kakvoću zraka. Obuhvat podataka je dovoljan za klasifikaciju kategorije zraka prema parametru sumporovodika. Minimalan obuhvat podataka mora bit 90%, a na obje mjerne postaje je bio iznad 90%. Mjerna nesigurnost mora biti manja od 15%.

Uspoređujući srednje i maksimalne vrijednosti koncentracija sumporovodika po mjesecima uočljivo je da su koncentracije na mjernoj postaji Jakuševec više nego na mjernoj postaji Viškovo - Marišćina, osim u veljači i rujnu. Usporedbom rezultata nisu vidljive velike razlike, a u oba slučaja najviše su u studenom i prosincu. Maksimalne srednje vrijednosti su isto veće u okruženju odlagališta Jakuševec, osim u listopadu i studenom. Može se pretpostaviti da je to zbog emisija čestica iz prometa, zbog ispušnih plinova vozila te ložišta, toplinske stanice koje pogoni loživo ulje, te peći u privatnim stambenim objektima koje se lože na drvo. Prekoračenja su izmjerena u sezoni grijanja i kad je veća potrošnja goriva radi niskih temperatura zraka. A i koncentracije sumporovodika u zraku dulje se zadržavaju u hladnijim vremenima.

Promatrajući rezultate na godišnjoj razini srednja vrijednost koncentracije sumporovodika na mjernoj postaji Jakuševec iznosi 1,49 $\mu g/m^3$, a na mjernoj postaji Viškovo-Marišćina iznosi 1,1 $\mu g/m^3$.

Prema ovim rezultatima mjerenja proizlazi da je kvaliteta zraka u okruženju odlagališta otpada Jakuševec i centra za gospodarenje otpadom Marišćina II kategorije, što znači da je zrak onečišćen i prekoračene su granične vrijednosti. Zrak je onečišćen sumporovodikom zbog premašenog broja dozvoljenih prekoračenja dnevne i satne granične vrijednosti za Jakuševec, a za Marišćinu su prekoračene satne granične vrijednosti u 2018. godini. Obzirom na nizak prag detekcije mirisa, sumporovodik je svrstan u skupinu onečišćujućih tvari koje mogu utjecati na kvalitetu življenja kao što su neugodni mirisi koji su ljudima neprihvatljivi, ali pri koncentracijama koje su izmjerene u zraku ne očekuje se štetan utjecaj na ljudsko zdravlje.

Mjerenja za sumporovodik se provode od 2014. godine i od tada svake godine kvaliteta zraka na Jakuševcu je II kategorije. 2014. godine provela su se mjerenja samo od rujna do prosinca, a svake sljedeće godine mjerenja su se provodila kroz cijelu kalendarsku godinu. Svake godine su prekoračene i satne i dnevne vrijednosti. Po mjernim podacima uočavamo da su svake godine prekoračenja bila u hladnijim mjesecima, dok za vrijeme toplijih vremena ima svega par prekoračenja. U 2015. godini koncentracije su prekoračile satnu graničnu vrijednost 337 puta, a dnevnu 28 puta. Tijekom 2016. godine prekoračenja satnih vrijednosti bila su 257 puta, a dnevna 19, dok u 2017. godini broj satnih prekoračenja je bilo 144 puta, a broj dnevnih 6.

Na mjernoj postaji Viškovo – Marišćina koncentracije sumporovodika mjere se od 2013. godine, a za 2015. nema izvješća. 2013. godine su prekoračene 3 satne i 2 dnevne granične vrijednosti. U 2014. je bilo 20 prekoračenja satne granične vrijednosti, a dnevna nisu zabilježena. Tijekom 2016. godine nisu zabilježena ni satna ni dnevna prekoračenja. U 2017. godini na mjernoj postaji je izmjereno 8 prekoračenja satne granične vrijednosti, a dnevne nisu zabilježene, iz čega proizlazi da je kvaliteta zraka bila I kategorije svake godine, odnosno zrak je bio čist ili neznatno onečišćen sumporovodikom.

Po izmjerenim koncentracijama s mjerne postaje Jakuševec može se uočiti da se koncentracije sumporovodika smanjuju tijekom godina, ali i dalje je kvaliteta zraka II kategorije, dok je na mjernoj postaji Viškovo – Marišćina kvaliteta zraka bila I kategorije, svake godine zrak je bio čist ili neznatno onečišćen, osim tijekom 2018. godine kada je bila II kategorije. Građani su se najviše i žalili zbog neugodnih mirisa sa odlagališta u studenom 2018. godine kada su bile najviše koncentracije sumporovodika u okruženju Marišćine jer se biootpad dovozio i miješao s ostalim otpadom, a trebao bi se odvajati i odvoziti u kompostane.

Zrak je onečišćen sumporovodikom i u naseljima pored odlagališta šire se neugodni mirisi te je razumljivo nezadovoljstvo građana jer im narušava kvalitetu života. Mjerni podaci su pokazali da postoje prekoračenja graničnih vrijednosti, ali koncentracije sumporovodika su preniske da bi ozbiljno naštetile ljudskom zdravlju. Izuzetak pak mogu činiti samo djeca, starije osobe te osobe koje boluju od specifičnih kroničnih bolesti kod kojih postoji mogućnost da pri izloženosti i niskim koncentracijama kroz duže vremensko razdoblje mogu imati zdravstvene posljedice koje pripisujemo niskim koncentracijama sumporovodika u zraku. Zbog učestalosti izloženosti niske koncentracije mogu izazvati kašalj, suzenje očiju i slične simptome koji nestaju nakon par dana ili tjedana. Prvi štetni zdravstveni učinci pojavljuju se pri koncentracijama od 15000 $\mu g/m^3$ kao što je vidljivo u Tablici 1., a najviša satna granična vrijednost na mjernoj postaji Jakuševac je bila 41,953 $\mu g/m^3$, a na Marišćini 25,728 $\mu g/m^3$. To su preniske koncentracije da bi izazvale ozbiljne zdravstvene posljedice kod čovjeka.

6. ZAKLJUČAK

Odlagališta otpada imaju značajan utjecaj na zdravlje čovjeka i kvalitetu života. Položaj, upravljanje i sanacija odlagališta zahtijeva visoku razinu izgleda odlagališta i upravljanja odlagalištem da bi se osigurao zaštićen okoliš te da se zadovolje potrebe zajednice koje žive u okruženju. Odlaganje materijala na odlagalište je najmanje preferirana opcija za upravljanje otpada, ali odlagališta će i dalje biti potrebna za upravljanje otpadom koji se ne može ukloniti. Zbog svog neugodnog mirisa sumporovodik se osjeća u koncentracijama mnogo nižim od otrovnih, stoga se može otkriti na vrijeme.

Obuhvat podataka na obje mjerne postaje je dovoljan za klasifikaciju kategorije zraka prema parametru sumporovodika. Ukupan broj prekoračenih satnih graničnih vrijednosti je 144 za Jakuševec; a 136 za Marišćinu. Na Marišćini nije zabilježeno prekoračenje dnevnih graničnih vrijednosti, a na Jakuševcu ih je bilo 9.

Kakvoća zraka u okruženju odlagališta Jakuševec i Marišćina je II kategorije što znači da je zrak onečišćen sumporovodikom. Prekoračenja su se najviše javljala u hladnijem dijelu godine, studenom i prosincu. Mogući razlog tome su emisije čestica iz prometa zbog ispušnih plinova vozila te peći u privatnim stambenim objektima koje lože na drvo. Prema mjernim podacima sa postaja možemo uočiti da kakvoća zraka nije zadovoljavajuće kvalitete i da je potrebno utjecati na smanjenje emisije sumporovodika iz odlagališta te nastaviti provoditi praćenje koncentracije sumporovodika.

Današnja odlagališta ne bi smjela ostaviti neprihvatljivu ekološku baštinu za buduće generacije. Postojeća odlagališta treba pažljivo sanirati, a nove centre za gospodarenje otpadom graditi u skladu sa strategijom gospodarenja otpadom koja mora usvojiti mjere kojima bi se trebalo osigurati prihvatljivost zahvata za sav živi svijet.

7. LITERATURA

1. Landfills: An Unsustainable Form of Waste Management. Preuzeto sa: https://www.hazardouswasteexperts.com/landfills-an-unsustainable-form-of-waste-management/ (08.06.2019.)
2. Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost. Gospodarenje otpadom. Preuzeto sa: http://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje_otpadom/odlagalista_otpada_i_sanacije/ (21.05.2019.)
3. Preuzeto sa: https://www.trtworld.com/europe/swedish-recycling-so-successful-it-is-importing-rubbish-24491 (10.06.2019.)
4. Preuzeto sa: https://www.straitstimes.com/asia/se-asia/not-just-developed-countries-even-bangladesh-sending-unwanted-plastic-waste-to-malaysia (10.06.2019.)
5. Schaller, A. Subašić, D. Kufrin, J. Kučar Dragičević, S. Odlaganje i stanje odlagališta otpada u RH – pokazatelji brige lokalne zajednice za okoliš.
6. Stojak, J. Sanacija odlagališta otpada s rekultivacijom. Diplomski rad. Zagreb. 2016.
7. Fundurulja, D. Mužinić, M. Pletikapić, Z. Odlagališta komunalnog otpada na području Hrvatske. UDK 628.443:59.009.182
8. Zagrebački holding. Odlaganje otpada. Preuzeto sa: https://www.zgh.hr/usluge-8/trzisne-djelatnosti-26/odlaganje-otpada-2368/2368 (13.06.2019.)
9. Ekoplus. Ključ zelenije budućnosti. Preuzeto sa:https://www.ekoplus.hr/mariscina.php
10. Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Zrak. Preuzeto sa: http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=67451 (15.06.2019.)
11. Li, M. Mallat, L. Health impacts of air pollution. SCOR. The Art & Science of Risk. N°42. 2018.

12. Kvaliteta zraka. Preuzeto sa: http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/zelena-akcija.production/zelena_akcija/document_translations/802/doc_files/original/ZA-letak-zrak-fin.pdf?1327915258 (13.06.2019.)
13. Vađić, V. Onečišćenje zraka u području odlagališta otpada Jakuševec i u okolnim naseljima. Arh Hig rada Toksikol 2006;57:317-324.
14. Barčić, D. Ivančić, V. Utjecaj odlagališta otpada Prudinec/Jakuševec na onečišćenje okoliša. Šumarski list br. 7-8, CXXXIV (2010), 347-359.
15. Budiša, M. Vasiljević, R. Jergović, D. Vulinović, S. Mjerenje emisija i sastava odlagališnog plina na odlagalištima komunalnog otpada.
16. Jae Hac Ko. Qiyong Xu. Emissions and Control of Hydrogen Sulfide at Landfills: A Review.
17. Janković, B. Procjena izloženosti opasnim štetnim tvarima pri podzemnim radovima. Doktorski rad. Zagreb. 2012.
18. Amosa, M.K. Mohammed I. A. Yaro, S.A. Čistači sulfida u industriji nafte i plina. NAFTA 61 (2) 93-99(2010)
19. Best Managment Practices to Prevent and Reduced Sulfur Compound Emissions at Landfills That Dispose of Gypsum Drywall. EPA A/600/R-14/039
20. Pravilnik o praćenju kvalitete zraka. Narodne novine broj 79/2017.
21. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku. NN br. 117/12 i 84/17
22. Radošević, J. Božičević Vrhovčak, M. Potencijali otpada. Zagreb. 2016.
23. Davila, S. Bešlić, I. Šega, K. Information Systems for Air Quality Monitoring. Chapter 5. 2012.
24. Air pollution monitor AP-370 Series. HORIBA Process&Environmental.

8. ŽIVOTOPIS:

Zovem se Martina Čuljak i rođena sam 02.08.1994. u Zagrebu. Osnovnu školu sam pohađala u Zagrebu, OŠ „Gustav Krklec“, od 2001. - 2009. Nakon osnovne škole upisala sam opću gimnaziju, Gornjogradska gimnazija, u Zagrebu koju završavam 2013. godine. Te iste godine upisala sam preddiplomski stručni studij Sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu. 2017. godine stječem naziv prvostupnik (baccalaurea) sanitarnog inženjerstva i upisujem Diplomski sveučilišni studij Sanitarnog inženjerstva u Rijeci. Na prvoj godini imala sam kolegij „Higijena zraka“ i nakon odslušanog kolegija odlučila sam se da mi doc. dr. sc. Željko Linšak, dipl. sanit. ing. bude mentor.