

# Utjecaj ispušnih plinova na zdravlje i okoliš

---

**Horvat, Ivana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:182:577720>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-02**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Department of Chemistry, Osijek](#)



Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Sveučilišni preddiplomski studij kemije

Ivana Horvat

Utjecaj ispušnih plinova na zdravlje i okoliš  
(Effects of exhaust gases on the health and the  
environment)

Završni rad

Mentor: Doc. dr. sc. Mirela Samardžić

Osijek, 2018.

# SAŽETAK

Nastankom modernog društva i razvitkom industrije i prometa došlo je do problema zagađenja okoliša. Kao glavni izvor energije se koriste fosilna goriva čijim izgaranjem nastaju ispušni plinovi. Ispušne plinove čine vodena para, ugljikov (IV) oksid, ugljikov (II) oksid, dušikovi oksidi, sumporov (IV) oksid, ugljikovodici, aerosoli teških metala te čađa i dim. Glavni zagađivači ispušnim plinovima su industrija i promet. Cestovni promet je puno veći zagađivač od zračnog i željezničkog prometa. Željeznički promet je ekološki najprihvatljiviji oblik putovanja i transporta. Zauzima najmanje mjesta, ima najmanje emisije ispušnih plinova i energetske je vrlo učinkovit. Ispušni plinovi imaju negativne utjecaje na okoliš i zdravlje ljudi. Zbog tih negativnih utjecaja istražuju se načini smanjenja količine ispušnih plinova i uvode se zakoni koji ograničavaju dopuštene količine ispušnih plinova u zraku. Smanjenje količine ispušnih plinova se može postići uporabom alternativnih goriva i okretanjem obnovljivim izvorima energije.

KLJUČNE RIJEČI: ispušni plinovi, zagađenje okoliša, zdravlje, promet

# ABSTRACT

With the establishment of modern society and the development of industry and traffic, problem of environmental pollution has emerged. The main sources of energy are fossil fuels whose combustion produces exhaust gases. Exhaust gases include water vapor, carbon (IV) oxide, carbon (II) oxide, nitrogen oxides, sulfur (IV) oxide, hydrocarbons, heavy metal aerosols, soot and smoke. The main pollutants of exhaust gases are industry and traffic. Road traffic is a much larger polluter than air and rail traffic. Rail traffic is the most environmentally acceptable form of travel and transportation. It takes up the minimum of space, has the lowest emissions of exhaust gases and is energy efficient. Exhaust gases have negative impacts on the environment and human health. Because of these negative impacts, methods of reducing the amount of exhaust gases are being researched and laws restricting the permitted amount of exhaust gases in the air are introduced. Reducing the amount of exhaust gases can be achieved by the use of alternative fuels and turning to renewable energy sources.

**KEY WORDS:** exhaust gases, environmental pollution, health, traffic

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ZAGAĐIVAČI U ISPUŠNIM PLINOVIMA I NJIHOVO DJELOVANJE .....	2
2.1.VODENA PARA (H <sub>2</sub> O) .....	2
2.2.UGLJIKOV (IV) OKSID (CO <sub>2</sub> ) .....	2
2.3.UGLJIKOV (II) OKSID (CO) .....	2
2.4.UGLJIKOVODICI (CH).....	3
2.4.1. BENZEN .....	4
2.5.DUŠIKOVI OKSIDI (NO <sub>x</sub> ) .....	4
2.5.1. DUŠIKOV (IV) OKSID (NO <sub>2</sub> ).....	4
2.6.TEŠKI METALI .....	5
2.6.1. OLOVO I OLOVNI SPOJEVI (Pb).....	5
2.6.2. KADMIJ (Cd) .....	5
2.6.3. ŽIVA (Hg).....	5
2.7.SUMPOROV (IV) OKSID (SO <sub>2</sub> ) .....	6
2.8.OZON (O <sub>3</sub> ).....	6
2.9.ČAĐA I DIM .....	6
3. IZVORI ZAGAĐENJA ISPUŠNIM PLINOVIMA.....	8
3.1.PROMET .....	8
3.1.1. CESTOVNI PROMET.....	8
3.1.2. ZRAČNI PROMET.....	9
3.1.3. ŽELJEZNIČKI PROMET.....	9
3.2.INDUSTRIJA.....	10
4. POSLJEDICE ZAGAĐENJA ISPUŠNIM PLINOVIMA .....	11
4.1.VEGETACIJA .....	11
4.1.1. DUŠIKOV (IV) OKSID (NO <sub>2</sub> ).....	11
4.1.2. OZON (O <sub>3</sub> ).....	11
4.1.3. ETILEN .....	12
4.1.4. SUMPOROV (IV) OKSID (SO <sub>2</sub> ) .....	12
4.1.5. OLOVO (Pb).....	12
4.1.6. KISELE KIŠE .....	12
4.2.LJUDSKO ZDRAVLJE.....	12
4.3.VODA .....	13
4.4.TLO.....	14

4.5.KLIMA.....	14
4.5.1. EFEKT STAKLENIKA .....	14
5. SMANJENJE EMISIJE ISPUŠNIH PLINOVA .....	15
5.1.ALTERNATIVNA GORIVA .....	15
5.1.1. PRIRODNI PLIN .....	16
5.1.2. VODIK.....	16
5.1.3. ALKOHOLI .....	16
5.1.4. BIOGORIVO .....	16
5.1.4.1.BILJNO ULJE.....	17
5.1.5. ELEKTROPOGON .....	17
6. ZAKONSKE REGULATIVE ISPUŠNIH PLINOVA.....	18
7. KONCENTRACIJE ISPUŠNIH PLINOVA U GRADU OSIJEKU.....	20
8. ZAKLJUČAK.....	23
9. LITERATURA .....	24

# 1. UVOD

Nastankom modernog društva i razvitkom industrije i prometa došlo je do problema zagađenja. Čisti se zrak sastoji od 78% dušika, 21% kisika te su ostatak plemeniti plinovi, CO<sub>2</sub>, metan, dušikovi oksidi, vodik, vodena para i ugljikovodici. Onečišćenjem zraka dolazi do promijene njegovog kemijskog sastava. Koncentracije onečišćivača se izražavaju u dijelovima na milijun (ppm) ili se masa plina izražava u jedinici volumena zraka kao što je mg/m<sup>3</sup>. Ispušni plinovi nastaju izgaranjem fosilnih goriva te se ispuštaju u atmosferu i onečišćuju zrak. Zagađenjem zraka dolazi do zagađenja svih aspekata okoliša [1]. U ovom radu je navedeno od kojih se tvari sastoje ispušni plinovi i kakav oni učinak imaju, koji su glavni zagađivači ispušnim plinovima, kakve učinke ispušni plinovi imaju na vegetaciju, klimu, tlo, vodu i ljudsko zdravlje te kako je moguće smanjiti emisiju ispušnih plinova. Navedene su i zakonom propisane granične vrijednosti onečišćivača zraka u Republici Hrvatskoj kao i koncentracije odabranih ispušnih plinova u gradu Osijeku.

## 2. ZAGAĐIVAČI U ISPUŠNIM PLINOVIMA I NJIHOVO DJELOVANJE

Koji spojevi i tvari će se nalaziti u ispušnim plinovima, i u kojoj količini, ovisi o vrsti goriva, vrsti motora, stanju motora, kvaliteti goriva i načinu rada motora. Neki od plinova koji nastaju su vodena para, ugljikov (IV) oksid, ugljikov (II) oksid, dušikovi oksidi, sumporov (IV) oksid, ugljikovodici i aerosoli teških metala [1].

### 2.1. VODENA PARA (H<sub>2</sub>O)

Vodena para nije štetna za zdravlje ljudi, ali pridonosi efektu staklenika i uništavanju ozona kada se nalazi u višim slojevima atmosfere. Na granici tropopauze utjecaj je deset puta veći. U višim slojevima atmosfere nastaju kondenzacijske pruge koje pospješuju nastajanje visokih, ledenih oblaka, cirusa, koji povećavaju efekt staklenika, a u stratosferi nastaju polarni stratosferski oblaci koji pospješuju uništavanje ozona [1].

### 2.2. UGLJIKOV (IV) OKSID (CO<sub>2</sub>)

Ugljikov (IV) oksid je plin bez boje, nije otrovan, nastaje izgaranjem ugljika i organskih spojeva uz dovoljnu prisutnost kisika te ga ljudi i životinje proizvode u procesu disanja. Troši se fotosintezom zelenih biljaka te iz njega nastaju složeni organski spojevi. Pola ispuštenog CO<sub>2</sub> ostaje u atmosferi, a dio se taloži u vegetaciji i otapa u oceanima. Iako CO<sub>2</sub> nije otrovan, u prevelikoj količini ima štetan učinak na okoliš. Jedan je od glavnih uzročnika nastanka efekta staklenika. Propušta kratkovalno zračenje na Zemlju, ali ne propušta dugovalno zračenje koje se sa Zemlje treba vratiti natrag u Svemir te se toplina zadržava i raste temperatura. Kao bi se smanjila emisija CO<sub>2</sub> mora se smanjiti potrošnja fosilnih goriva, što se može postići upotrebom alternativnih goriva i obnovljivih izvora energije [1].

### 2.3. UGLJIKOV (II) OKSID (CO)

Ugljikov (II) oksid je otrovan plin, nastaje kada dolazi do nepotpunog izgaranja ugljika zbog manjka kisika te umjesto CO<sub>2</sub> nastaje CO. Ima 250 puta veći afinitet vezanja na hemoglobin od kisika pri čemu nastaje karboksihemoglobin koji izaziva određene reakcije. Količina od 0,0016% je bezopasna, pri 0,1% dolazi do otežanog disanja i lupanja srca, pri 0,5% dolazi do blažeg trovanja i glavobolje te kod količine od samo 1% već nakon



nekoliko udisaja dolazi do gubitka svijesti. Čini od 0,25% do 10% ispušnih plinova kod Otto-motora i između 0,005% i 0,5% kod Diesel motora. Maksimalna dopuštena koncentracija iznosi 50 ppm. Vrlo je opasno ostaviti upaljen motor u zatvorenom prostoru jer se koncentracija CO u vozilu koje radi, ali se ne kreće, povećava na 200 ppm, a u zatvorenom prostoru je ta koncentracija još i veća. Kako je CO vrlo otrovan plin može doći do vrlo ozbiljnih posljedica pa čak i do smrti. Osim štetnog utjecaja na zdravlje ljudi, CO ima i negativan utjecaj na okoliš jer povećava količinu stakleničkih plinova tako što reagira u atmosferi i iz njega nastaje CO<sub>2</sub> koji izaziva efekt staklenika te je također prekursor za nastanak prizemnog ozona [1].

## 2.4. UGLJIKOVODICI (CH)

Ugljikovodici nastaju nepotpunim izgaranjem goriva te tako dolaze u ispušne plinove. Parafinski i olefinski ugljikovodici su vrlo neugodnog mirisa te nadražuju. U sekundarnoj kemijskoj reakciji dovode do nastanka smoga. Pare ugljikovodika imaju narkotičko djelovanje. U organizam se pare benzina unose dišnim sustavom i u nešto manjoj količini probavnim sustavom. U Otto – motorima nastaju niskomolekularni ugljikovodici, a u Diesel motorima nastaju policiklični aromatski ugljikovodici. Policiklični aromatski ugljikovodici daju neugodan miris ispušnim plinovima te mogu biti kancerogeni kao što su benzopiren i benzoantracen. Nekontinuiranim oksidiranjem CH pri izgaranju mogu nastati razni spojevi kao što su alkoholi, aldehidi ili karboksilne kiseline. Jedna od značajnijih komponenti u ispušnim plinovima su aromatski ugljikovodici čiji je glavni predstavnik benzen [1]. Aromatski ugljikovodici u organizam mogu ući preko pluća, kože i probavnog sustava. Biotransformacijom u jetri postaju još toksičniji nego što su bili i unutar stanice mogu reagirati s proteinima, lipidima i nukleinskim kiselinama uzrokujući citotoksičnost, nekrozu stanice, mutacije ili maligne promjene. Imaju neurotoksičan učinak koji uključuje glavobolju, vrtoglavicu i ponekada nesvjesticu [2]. Ugljikovodici pridonose stvaranju prizemnog ozona u reakcijama s dušikovim oksidima uz prisustvo sunčeve svjetlosti. Kako su to spojevi sa vrlo različitim kemijskim i fizikalnim svojstvima tako imaju i različit utjecaj na zdravlje ljudi. Pri kratkoročnoj izloženosti može doći do glavobolje, vrtoglavice, mučnine, nadraživanja očiju i dišnih putova, gubitka koordinacije, depresije pa čak i do poremećaja pamćenja. Dugoročna izloženost uzrokuje oštećenja jetre, bubrega, središnjeg živčanog sustava te može doći do poremećaja u razvoju djece [3].

#### 2.4.1. BENZEN

Benzen je jako toksičan, kancerogen, lako isparava, dobro je organsko otapalo, zapaljiv je i eksplozivan kada se nalazi u smjesi sa zrakom. Kod ljudi može izazvati rak kostiju i krvi te tumore slezene, jetre i bubrega. Benzen u benzinu služi kao antidetonator i ima ga oko 2,5%. Cestovni promet je najveći zagađivač benzenom, odgovoran je za čak 90% ispuštenog benzena [1].

### 2.5. DUŠIKOVI OKSIDI ( $\text{NO}_x$ )

Dušikovi oksidi nastaju iz zraka pri visokim temperaturama u motorima s unutrašnjim izgaranjem jer su pri eksploziji u motoru visoki tlak i temperatura. Najprije nastaje NO, a pri izgaranju uz višak kisika nastaje i  $\text{NO}_2$  koji je otrovan. U nižim atmosferskim slojevima stvara fotokemijski smog i ozon, a u stratosferi uništava ozonski omotač. Doprinosi nastanku kiselih kiša [1]. Svi oksidi dušika koji se nalaze u atmosferi, osim dušikovog (I) oksida, su otrovni za ljude i dolazi do negativnih posljedica za respiratorni sustav. Oni se smatraju vodećim kancerogenima pluća, želuca i mokraćnog mjehura. Najopasniji je dušikov (IV) oksid jer gotovo svi ostali dušikovi oksidi dolaskom u dodir sa zrakom vrlo brzo prelaze u dušikov (IV) oksid. Najveći proizvođač dušikovitih oksida je cestovni promet. Dušikovi oksidi činili su čak 46% ispušnih plinova koji su emitirani u EU u 2012. godini [3]. Smanjenje koncentracije dušikovitih oksida u cestovnom prometu postiže se upotrebom katalizatora [3].

#### 2.5.1. DUŠIKOV (IV) OKSID ( $\text{NO}_2$ )

Dušikov (IV) oksid je otrovni plin crvenožute boje i zagušljiva mirisa. Izloženost koncentraciji od 30 ppm u vremenu od dva sata uzrokuje razne probleme. Dolazi do upale ždrijela, dušnika i bronhija te također i do kašlja i glavobolje. Brzo ulazi u hemoglobin i nastaju spojevi koji blokiraju normalnu funkciju hemoglobina te zbog toga istovremena izloženost  $\text{NO}_2$  i CO može biti vrlo opasana i izazvati smrtna trovanja jer oba spoja blokiraju disanje na drugačiji način. Kao što je već navedeno CO ima veći afinitet vezanja na hemoglobin od kisika pa tako sprječava disanje, a  $\text{NO}_2$  izaziva edem pluća [1]. Nakon što uđe u pluća vrlo brzo se resorbira i nakon toga se može vezati na hemoglobin. Nastaje oksinitrohemooglobin koji ne može prenositi kisik. Pri kratkoročnoj izloženosti koncentraciji od  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dolazi do upale dišnih puteva, a pri dugoročnoj izloženosti dolazi do smanjenja funkcije pluća i slabljenja imuniteta [3].

## 2.6. TEŠKI METALI

Oni su vrlo toksični, akumuliraju se u organizmu i nemoguća je detoksikacija prirodnim putem. Posljedice za zdravlje mogu biti raznolike, ali zajedničko obilježje im je toksično djelovanje na pluća, bubrege, jetru, probavni trakt itd. Industrija prerade metala i cestovni promet su veliki zagađivači teškim metalima. Najučestaliji zagađivači su olovo, cink, kadmij, krom, bakar, živa, vanadij, nikal, mangan, željezo, molibden, arsen i živa. U atmosferi se mogu prenijeti na velike udaljenosti te se talože što uzrokuje onečišćenja tla i vode [3].

### 2.6.1. OLOVO I OLOVNI SPOJEVI (Pb)

Olovni spojevi se koriste kao aditivi u gorivu. Izgaranjem benzina s tetraetilolovom nastaju oksidi olova koji se zadržavaju u prizemnim slojevima zraka. Olovni aerosol onečišćuje okoliš, a smatra se da u gradovima godišnje zagađenje olovnim spojevima raste za čak 5% [1]. Olovo je otrovno, a jako su osjetljiva djeca, anemičari i fetusi. Utječe na mozak, aktivnost izmjene tvari te se taloži u kostima. Količina olovnih aerosola u ispušnim plinovima se smanjuje uvođenjem bezolovnog benzina i naravno prelaskom na alternativna goriva [1]. Da bi došlo do otrovanja olovom izloženost mora biti kronična kako bi se olovo nakupilo u organizmu. Olovo se u organizam unosi dišnim i probavnim sustavom. Nakon što se apsorbira, olovo se krvlju prenosi u bubrege, jetru, kosti i druga tkiva te se tamo taloži. Najviše olova odlazi u kosti. Bubrezi mogu izbaciti olovo iz organizma, ali imaju ograničenja, zdrava odrasla osoba može dnevno izbaciti 500 µg olova, a djeca samo 30 µg. Sve iznad toga se nakuplja u organizmu [3].

### 2.6.2. KADMIJ (Cd)

Kadmij je vrlo otrovan kao i njegovi spojevi. U organizam ulazi probavnim ili respiratornim sustavom. Nakuplja se u bubrezima, mišićima i jetri. Industrija je najveći zagađivač kadmijem [3].

### 2.6.3. ŽIVA (Hg)

Nalazi se u ispušnim plinovima iz industrijskih postrojenja i ložišta na fosilna goriva. Vrlo je opasna jer se može akumulirati u biosferi. Vrlo je lipofilna pa se 80% žive apsorbira u organizam nakon što je udahnuta. Taloži se u mozgu, bubrezima, jetri i srcu [3].

## 2.7. SUMPOROV (IV) OKSID ( $\text{SO}_2$ )

Veća količina  $\text{SO}_2$  se oslobađa izgaranjem dizelskih goriva nego benzina. Ima vrlo negativan učinak na okoliš i ljude. U atmosferi se oksidira u  $\text{SO}_3$  koji se otapa u vodi i nastaje sulfatna kiselina koja uzrokuje kisele kiše. Pri vrlo niskim koncentracijama, od samo 0,001 do 0,007%, kod ljudi nadražuje oči i grlo, a u višim koncentracijama, od 0,04 do 0,1%, dolazi do trovanja u vrlo kratkom vremenskom roku od samo jedne do tri minute. Sumporovi oksidi su vrlo opasni za ljude jer ih se udiše kao vrlo sitne čestice koje je nemoguće iskašljati. Ako se  $\text{SO}_2$  nalazi u višim slojevima atmosfere pridonosi razgradnji ozona [1]. On zajedno sa čađom dolazi u atmosferu i reagira s vodenom parom te nastaje otrovni smog koji ima vrlo negativne posljedice na dišni sustav. Pri akutnoj izloženosti dolazi do boli i suženja očiju, boli u ustima i grudima, kašlja i suhoće grla i nosa. Pri kroničnoj izloženosti dolazi do problema s dišnim sustavom i kod astmatičara dolazi do pogoršanja bolesti. Može se vezati na hemoglobin i tako nastaje sulfhemoglobin koji ne može prenositi kisik. Osim dišnih problema uzrokuje negativne posljedice i na koru mozga, kardiovaskularni, koštani i reproduktivni sustav [3].

## 2.8. OZON ( $\text{O}_3$ )

Ozon je bezbojan plin, zagušljiva mirisa, jako oksidacijsko sredstvo. Ne nalazi se u ispušnim plinovima, ali zbog njih nastaje u nižim slojevima atmosfere, gdje je otrovan za ljude, lančanim fotokemijskim reakcijama dušikovih oksida s  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$  i  $\text{OH}$  ili biva uništen pod njihovim utjecajem u višim slojevima atmosfere gdje štiti od štetnog zračenja. Nadražuje dišne putove, izaziva kašalj, povećava osjetljivost na infekcije, utječe na funkciju pluća oksidacijom enzima, proteina, masti itd. [1]. Može pogoršati stanje kroničnih bolesnika s bronhitisom, emfizemom i astmom. Kada je udahnut, ozon dolazi u kontakt sa svim dijelovima dišnog sustava i naročito je štetan za sluznicu. Uzrokuje oštećenja epitela zbog kojih nastaje preosjetljivost na alergene i podložnost infekcijama. Mogu čak nastati i trajni ožiljci na plućima. Osim na respiratorni sustav negativno utječe i na kardiovaskularni sustav, pogoršava kardiovaskularne bolesti i arteriosklerozu [3].

## 2.9. ČAĐA I DIM

Čađa i dim su posljedica ispuštanja ispušnih plinova. Dim stvara probleme jer smanjuje vidljivost na prometnicama pa može doći do prometnih nesreća. Osim smanjenja vidljivosti dim na sebe veže i mnoge kancerogene spojeve pa je stoga i štetan za zdravlje. Čađa nastaje

izgaranjem goriva uz nedovoljno kisika pri visokoj temperaturi. Sastoji se od aglomerata ugljika. Štetna je za zdravlje jer se na ugljikove spojeve vežu dušikovi i sumporni spojevi te kancerogeni ugljikovodici. Dobro miješanje smjese goriva i zraka te pravovremeno ubrizgavanje goriva mogu u velikoj količini smanjiti nastajanje čađe [1].

## 3. IZVORI ZAGAĐENJA ISPUŠNIM PLINOVIMA

Glavni izvori zagađenja ispušnim plinovima su promet i industrija.

### 3.1. PROMET

Iako je razvoj prometa znatno pridonio napretku gospodarstva i društva u cijelosti, imao je negativne posljedice na okoliš. Takav prometni sustav nije održiv na dulje vrijeme jer bi došlo do uništavanja okoliša te samim time i gospodarstva, odnosno društva. Razmjer tog utjecaja je vidljiv po tome što je za čak 25% globalnih emisija CO<sub>2</sub> odgovoran promet na fosilna goriva. Velika količina ispuštenog CO<sub>2</sub> ima značajne posljedice na okoliš, dolazi do globalnog zagrijavanja koje uzrokuje daljnje probleme poput otapanja ledenjaka te promijene klime. Uz CO<sub>2</sub> dolazi i do nastanka troposferskog ozona koji također utječe na globalne promijene klime. Osim utjecaja na klimu, postoji i velik štetan utjecaj na zdravlje ljudi, životinja i biljke. Ugroženi su cijeli ekosustavi jer izgaranjem fosilnih goriva dolazi do oslobađanja toksičnih spojeva kao što su CO, dušikovi oksidi, benzen, drugi hlapljivi organski spojevi te čestice olova i druge krute tvari koje iz zraka ulaze u tlo i vodu te tako i u sve aspekte okoliša. Važno je donijeti promijene u politici kako bi zaštita okoliša bila na prvom mjestu, a samim time i zdravlje ljudi. Cestovni promet ima najveći utjecaj na okoliš dok utjecaj željezničkog, zračnog i vodenog prometa nije toliko velik [1].

#### 3.1.1. CESTOVNI PROMET

Razvojem automobilske industrije došlo je do naglog porasta broja vozila, a samim time i do većih problema vezanih uz zagađenje okoliša. Ispušni plinovi nastaju izgaranjem goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem. Koji će ispušni plinovi nastati ovisi o tome je li izgaranje potpuno ili nepotpuno. Kada bi izgaranje bilo potpuno nastali bi samo CO<sub>2</sub> i vodena para, jer se gorivo sastoji od ugljika i vodika, te dušik i kisik iz zraka. Pri nepotpunom izgaranju nastaju spojevi koji su štetni za čovjeka i okoliš. Uzroci nepotpunog izgaranja mogu biti nedostatak kisika u smjesi goriva, loša izmiješanost smjese, hlađenje dijela smjese zbog čega ne dolazi do zapaljenja tog dijela, kut ubrizgavanja goriva i tako dalje. Današnja suvremena vozila su štedljivija te ekološki sigurnija. Smanjenje potrošnje goriva, smanjenje emisija štetnih tvari te uklanjanje kloroflourovodika iz klimatskih uređaja u vozilima doveli su do značajnog smanjenja utjecaja na efekt staklenika [1].

### 3.1.2. ZRAČNI PROMET

Pod utjecajem sve veće ekološke osviještenosti, i komercijalne zrakoplovne tvrtke su se okrenule smanjenju zagađenja, buke i boljem raspolaganju s otpadnim materijalima. Uvođenje restrikcija radi očuvanja okoliša ograničilo je razvoj u zrakoplovstvu. Novi zrakoplovi moraju biti sve čišći, tiši i puno opremljeniji i sigurniji. Iako se zagađenje smanjilo, nije u potpunosti nestalo. Onečišćenje ovisi o tipu zrakoplova i motora, opterećenju motora, kemijskom sastavu goriva, sastavu zraka i visini leta. Pojedini onečišćivači se s vremenom razgrade dok drugi padaju s oborinama na zemlju, a neke pak napadaju i razgrađuju komponente atmosfere kao što je ozon. Osnovni štetni sastojci ispušnih plinova su: ugljikov (II) oksid, dušikovi oksidi, ugljikovodici i koksne čestice, odnosno dim. Zračni promet u ukupnoj emisiji štetnih plinova nema veliki značaj, ali je jedini zagađivač na velikim visinama, u području tropopauze. To je problem jer su na tim visinama prirodne koncentracije tih plinova vrlo male, a vrijeme zadržavanja je nekoliko puta dulje od vremena zadržavanja u nižim slojevima troposfere. Primjer je vodena para, zrakoplovni promet ima zanemarivi udio emisije vodene para kada se u obzir uzme isparavanje planeta, ali zračni promet ju ispušta u stratosferi i gornjoj granici tropopauze gdje ima štetan utjecaj. Gradnja zrakoplovnih luka također ima negativan utjecaj na okoliš. U zračnim lukama zagađivači ispušnim plinovima nisu samo zrakoplovi već i cestovna vozila putnika i zaposlenika zračnih luka, postrojenja grijanja zračne luke, paljenje smeća i druga oprema koja koristi benzinski pogon. Zbog toga se velika važnost pridaje planiranju gradnje zračnih luka kako bi utjecaj na okoliš i okolno stanovništvo bio što manji [1]. Pri razvijanju mlaznih motora za zrakoplove sve se više pozornosti pridaje ekološkim značajkama. Razvoj mlaznih motora se prije temeljio samo na povećanju potiska i smanjenju specifične potrošnje goriva, što je dovelo do povećanja emisije dušikovih oksida u ispušnim plinovima zrakoplova. Ekološke značajke sada ograničavaju takav razvoj mlaznih motora i smanjenje zagađenja je postalo važnije [4].

### 3.1.3. ŽELJEZNIČKI PROMET

Sve veća preopterećenost autocesta i zračnog prometa u središte razvoja stavila je željeznički promet kao ekološki prihvatljiviji način transporta. Razvitkom sve bržeg putovanja željeznicama došlo je do ekonomskih problema zbog strogih uvjeta za gradnju infrastrukture. Željeznički promet razvojem brzih pruga mogao bi biti rješenje mobilnosti i zaštite okoliša. Prednosti željezničkog prometa su energetska učinkovitost, ne zauzima puno

prostora, sigurniji je od cestovnog prometa, brz, niže cijene putovanja u usporedbi sa zračnim prometom. To je najpovoljniji oblik prometa. Zagađenje ispušnim plinovima je gotovo neznatno u usporedbi sa zračnim i cestovnim prometom. Sastav ispušnih plinova ovisi o kemijskom sastavu goriva koje koristi, režimu rada i vrsti motora, stanju motora itd. 98% ispušnih plinova su vodena para i ugljikov (IV) oksid, a samo 2% su toksične komponente poput ugljikovog (II) oksida, dušikovih i sumporovih oksida te krutih čestica. Željeznica ispušta 8,3 puta manje toksičnih tvari od osobnih automobila i 30 puta manje od teretnih cestovnih vozila [1].

## 3.2. INDUSTRIJA

Osim prometa i industrija ispušta znatnu količinu ispušnih plinova. Industrijsko je zagađenje moguće podijeliti u dvije skupine. Prvu čine stacionarni izvori, a drugu mobilni izvori emisije ispušnih plinova. U stacionarne se izvore ubrajaju zagađenja iz dimnjaka, dizelskih generatora i kotlova, a mobilnim se izvorima smatraju transport proizvoda i materijala tako da se mobilne izvore može svrstati u promet. Stacionarni izvori ispuštaju sumporov (IV) oksid, dušikove okside, ugljikov (II) oksid, ugljikov (IV) oksid i druge spojeve. Smanjenje ispušnih plinova u tvornicama nije jednostavan problem jer svaka vrsta tvornice ima različite probleme i potrebe, no općeniti način za smanjenje emisija je korištenje prirodnog plina umjesto ugljena, unaprjeđenje strojeva i procesa izrade, održavanje strojeva, korištenje električnih motora veće učinkovitosti i praćenje kvalitete zraka u postrojenju [5].



## 4. POSLJEDICE ZAGAĐENJA ISPUŠNIM PLINOVIMA

Onečišćenje ispušnim plinovima može imati vrlo ozbiljne posljedice na ljude, životinje, vegetaciju i klimu [1]. Stanje okoliša je izravno proporcionalno zdravlju ljudi jer onečišćenje može uzrokovati razne bolesti kao što su astma, razni oblici raka, bolesti kardiovaskularnog sustava i mnoge druge. Prioritet društva bi trebao biti zdravlje ljudi pa samim time i zaštita okoliša [3].

### 4.1. VEGETACIJA

Biljke su najosjetljivije na onečišćenje te se prvo na njima mogu vidjeti posljedice zagađenja. Problem je razlikovati posljedice koje je izazvalo zagađenje od oštećenja koja su nastala zbog nekih drugih faktora kao što su klima, hranjive tvari, insekti ili različite bolesti. Iako su biljke vrlo osjetljive na zagađenje one mogu služiti i kao zaštita od ispušnih plinova s prometnica. Zdravo drveće može smanjiti onečišćenje zraka za 60 do 90%. Zbog toga je u prostorno planiranje vrlo važno uključiti i biljke. Onečišćivači na biljku mogu djelovati na razne načine. Mogu utjecati na njezine fiziološke i biokemijske procese, dovesti do promjena u boji, sposobnosti razmnožavanja i rastu, smanjiti prinose biljaka ili čak dovesti do uginuća pojedinih biljnih vrsta. Ispušni plinovi u biljku mogu ući otvorima na lišću u prirodnom procesu respiracije biljaka i tamo reagirati s klorofilom te ga uništiti i poremetiti fotosintezu. Različite vrste zagađivača imaju različit učinak [1].

#### 4.1.1. DUŠIKOV (IV) OKSID ( $\text{NO}_2$ )

Rast biljaka moguće je pratiti praćenjem promjena u koncentraciji  $\text{NO}_2$  te tako odrediti depresivna i stimulativna stanja, ali pri koncentracijama od 0,5 do 1,0  $\text{mg/m}^3$   $\text{NO}_2$  može oštetiti biljku. Lišće dobiva smeđe pjege, savija se i dolazi do kloroze. Jasan znak trovanja je pojava lišća tijekom zime [1].

#### 4.1.2. OZON ( $\text{O}_3$ )

Ozon izaziva nastanak crveno - smeđih točki na gornjoj strani lista i žuto – smeđih mrlja, a prijelaz između zdravog i bolesnog dijela lista je postupan. Dolazi do kloroze i preranog starenja. Slične simptome mogu izazvati razni insekti, gljivice ili pak  $\text{SO}_2$ . Biljke vrlo osjetljive na ozon su zob, krumpir, rajčica, soja i grah [1].

#### 4.1.3. ETILEN

Etilen djeluje fitootrovno, zaustavlja rast biljke i uzrokuje smetnje u cvjetanju, pupanju i listanju. Očituje se u opadanju lišća, izdanaka i mladog cvijeta, nemogućnosti otvaranja cvijeta pa time i oplodnje, prizemnom grananju, smanjenom rastu te klorozi koja prelazi u nekrozu lišća. Uzrok takvih simptoma mogu biti i prevelika vlaga, biljne bolesti ili prerano starenje zbog učinka drugih zagađivača. Vrlo osjetljive biljke su pamuk, rajčica i orhideje [1].

#### 4.1.4. SUMPOROV (IV) OKSID (SO<sub>2</sub>)

Sumporov (IV) oksid stvara probleme pri asimilaciji biljaka. Nastaju bijele do smeđe pjegice i dolazi do kloroze. Vrh lišća posmeđi i list se svija. Slične simptome mogu izazvati različiti insekti, suša te preniska ili previsoka temperatura. Biljke koje su naročito osjetljive su jabuka, ječam, pšenica i bor [1].

#### 4.1.5. OLOVO (Pb)

Olovo se zadržava na površini biljaka. Lišće može biti prekriveno olovnim talogom, a gomolj ili plod koji je zaštićen kao kod žitarica ne mora imati povišenu količinu olova [1].

#### 4.1.6. KISELE KIŠE

Kisele kiše nastaju reakcijom sumporova (IV) oksida i dušikovih oksida s vodom iz kišnih kapi stvarajući kiselinu. Mogu sadržavati čak četrdeset puta veću koncentraciju kiseline od čiste kišnice. Imaju negativan utjecaj na šume jer oštećuju iglice, pupoljke, korijen, klice i koru drveća. Dolazi do propadanja šumskog ekosustava. Osim oštećenja stabala dolazi i do izumiranja mikroorganizama i biljaka u jezerima, zakiseljavanja tla i površinskih voda što vodi do zagađenja podzemnih voda koje se koriste za piće [6].

### 4.2. LJUDSKO ZDRAVLJE

Postoji mnogo čimbenika koji izravno utječu na zdravlje. Na mnoge od njih nije moguće utjecati kao što su spol, dob i genska obilježja, ali postoje mnogi čimbenici na koje je moguće utjecati, a to su okolišni čimbenici kao voda, zrak ili hrana. Smanjenjem emisija ispušnih plinova smanjio bi se loš utjecaj okolišnih čimbenika [3]. Ispušni plinovi općenito uzrokuju bolesti kardiovaskularnog, respiratornog i živčanog sustava kao i bolesti krvi i organa koji stvaraju krv, senzornih organa i mogu uzrokovati mentalne poremećaje [7]. U organizam se najčešće unose respiratornim sustavom pa su zbog toga i najveće posljedice na

respiratorni sustav. Samo neke od bolesti koje ga pogađaju su astma, bronhitis, emfizem i rak pluća. Tijelo je razvilo sustav obrane od unošenja stranih tvari preko respiratornog sustava. Dio tvari zaostaje u nosu u dlačicama i sluzi, a čestice koje su manje od nekoliko mikrometara prolaze dalje u respiratorni sustav te se talože u bronhijama ili prodiru duboko u pluća. Koliko duboko mogu prodrijeti ovisi o njihovoj veličini i topljivosti. Topljiviji spojevi, kao sumporov (IV) oksid, se uklanjaju već u nosu i dušniku. Zagađivači koji dođu do pluća mogu imati razne posljedice kao što je već navedeno u dijelu 2. Sumporov (IV) oksid i formaldehid nadražuju nos i grlo te je otpornost prolasku zraka veća, dušikov (IV) oksid i ugljikov (II) oksid smanjuju sposobnost hemoglobina da prenosi kisik, sumporni oksidi dovode do pogoršanja bronhitisa i povećanja vjerojatnosti nastanka raka pluća, ugljikov (II) oksid izaziva glavobolju, povraćanje, komu, slabljenje kardiovaskularnog sustava i u najgorim slučajevima smrt, ozon nadražuje dišne putove i oči te aerosoli metala mogu blokirati enzimsku aktivnost (Cu, Ag, Hg), promijeniti propusnost staničnih membrana (Au, Cd, Pb) ili izazvati rak (Se, Be, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb). Najosjetljivija su djeca te osobe s kroničnim srčanim i plućnim bolestima [1].

### 4.3. VODA

Voda u prirodi cijelo vrijeme kruži u hidrološkom ciklusu. Oborinama pada na tlo gdje dio isparava, dio odlazi u podzemne vode, a dio ulazi u sastav živih bića. Podzemne vode pak završavaju u jezerima, morima i rijekama. Kako je voda vrlo dobro otapalo u njoj se otapaju mnogi onečišćivači. Izvori onečišćivača vode su brojni. Industrija i promet imaju ulogu u zagađenju voda ispušnim plinovima koji odlaze u atmosferu i onečišćuju oborine koje zatim padaju na tlo i ulaze u kružni ciklus vode. Onečišćivači u vodi mogu imati jako negativne posljedice na bioraznolikost vodenog ekosustava. Veliku štetu na bioraznolikost u jezerima mogu imati kisele kiše jer u velikim količinama mogu promijeniti pH vode što dovodi do ugibanja mnogih biljnih i životinjskih vrsta [3]. Velik utjecaj na zagađenost mora imaju ispušni plinovi brodova. Brodovi najčešće imaju dizelske motore, ali zbog povećanih ekoloških zahtjeva i ograničavanja visoke iskoristivosti razvijaju se elektromotorni pogoni i nove generacije plinskih turbina kao i kombinirani pogonski sustavi. Dizelski motori se pokušavaju učiniti ekološki prihvatljivijima i s većom iskoristivosti [8].

## 4.4. TLO

Čovjek je svojim djelatnostima, poput poljoprivrede, industrije i prometa, uzrokovao onečišćenje tla kojem se u prošlosti nije pridavala tolika pažnja kao onečišćenju vode i zraka iako je jednako važno. Najveći onečišćivač tla je industrija. Neki od najčešćih onečišćivača su teški metali, dušikovi, ugljikovi i sumporovi oksidi i policiklički aromatski ugljikovodici. Lokalna onečišćenja tla teškim metalima iz dimnjaka imaju značajan utjecaj. Kojim teškim metalom će tlo biti onečišćeno ovisi o vrsti industrije. Promet također ima negativan utjecaj jer se metali iz ispušnih plinova talože u tlu pod utjecajem gravitacije ili oborina. Biljke iz tla akumuliraju teške metale te oni tako ulaze u hranidbeni lanac i naposljetku završavaju u organizmu ljudi te tamo imaju negativne učinke na zdravlje. Policiklički aromatski spojevi u tlo pretežno dopijevaju emisijama ispušnih plinova u industriji nafte i plina te iz kućnih ložišta. Također ulaze u hranidbeni lanac i imaju štetan učinak na zdravlje životinja i ljudi. Kisele kiše također mogu utjecati na tlo promjenom pH koja može biti kobna za mnoge biljne vrste [3].

## 4.5. KLIMA

### 4.5.1. EFEKT STAKLENIKA

Efekt staklenika je pojava povećanja temperature Zemlje zbog različite propusnosti atmosfere za kratkovalno i dugovalno Sunčevo zračenje (poput staklenika) te onečišćenja atmosfere (napose sa CO<sub>2</sub>) [1]. Plinovi koji utječu na stvaranje efekta staklenika su CO<sub>2</sub> koji čini čak 50% svih plinova koji uzrokuju efekt staklenika, metan 20%, fluoroklorovodici čine 17%, ozon 8% te ostali plinovi [1]. Da nema stakleničkih plinova Zemljina bi površina bila znatno hladnija. Sa sadašnjih +15°C temperatura bi pala na -18°C. Staklenički plinovi su bitni za održavanje života na Zemlji, ali problem nastaje ako se koncentracija plinova previše poveća. Tada dolazi do neželjenog rasta temperature koje uzrokuje otapanje ledenjaka i povišenje razine mora te promijene staništa raznih biljnih i životinjskih vrsta. Ugrožen je opstanak mnogih biljaka i životinja pa time i ljudi [6].

## 5. SMANJENJE EMISIJE ISPUŠNIH PLINOVA

Kako bi došlo do smanjenja emisije ispušnih plinova i tako do očuvanja okoliša potrebno je napraviti mnoge promijene. Korištenje obnovljivih izvora energije umjesto fosilnih goriva je vrlo bitno. Obnovljivi izvori energije su svi oblici energije koji su sačuvani u prirodi i prirodno se obnavljaju. Moguće ih je podijeliti na tri glavna primarna izvora: prvi je energija Sunca, drugi geotermalna energija, a treći energija morskih mijena, plime i oseke. Većina oblika energije na Zemlji potječe od sunčeve energije. Obnovljive izvore energije može se podijeliti s obzirom na njihovu srodnost, a ne odakle zapravo potječu. To su sunčeva energija, energija vjetra, energija vodenih tokova, energija iz biomase, energija vodika i energija okoliša. Sunčeva se energija može aktivno koristiti pretvaranjem u toplinsku ili električnu energiju pomoću solarnih kolektora ili solarnih kuhala. Pasivno korištenje sunčeve energije odnosi se na gradnju građevina na točno određenom mjestu s točno određenim materijalima i rasporedom soba da dodatno grijanje ne bi bilo potrebno ili bi bilo potrebno u manjoj mjeri. Energiju vjetra može se koristiti za dobivanje električne energije u vjetroelektranama. Energiju vodenih tokova je moguće pretvoriti u električnu energiju u hidroelektranama. Energija iz biomasa zapravo ovisi o količini biljnog materijala na Zemlji, ali se smatra obnovljivim izvorom. Iz nje je moguće dobiti toplinsku ili električnu energiju korištenjem kotlova ili termoelektrana ili pak mehaničku energiju iz motora s unutarnjim izgaranjem. Energija vodika se odnosi na korištenje vodika kao goriva u gorivim ćelijama iz kojih se zatim dobiva električna energija koja se koristi za pogon automobila ili za dobivanje topline. Energija iz okoliša je zapravo toplinska energija iz zraka, oceana, mora, jezera, rijeka ili zemlje. Geotermalna energija se odnosi na korištenje topline unutrašnjosti Zemlje u obliku vruće, odnosno tople vode i pare koje izviru na površinu Zemlje [6]. Postoje razni načini smanjenja emisije ispušnih plinova u prometu. Održavanje vozila, izbjegavanje hladnog starta motora, korištenje električnih sustava za ubrizgavanje u vozilima koji doziraju smjesu goriva, korištenje katalizatora te prelazak na vozila koja koriste alternativna goriva su načini za smanjenje količine ispušnih plinova kod cestovnih vozila [1].

### 5.1. ALTERNATIVNA GORIVA

Zbog sve većeg zagađenja i negativnog utjecaja na ljude, klimu, biljke i životinje sve više su se počela istraživati alternativna goriva. Da bi gorivo bilo korisno i moglo se upotrebljavati mora zadovoljiti određene kriterije. Gorivo se mora moći masovno

proizvoditi, mora biti iz obnovljivih izvora, cijena mora biti prihvatljiva i mora zadovoljavati stroge propise o očuvanju okoliša. Neka od alternativnih goriva su prirodni plin, vodik, alkoholi, biogorivo i korištenje elektropogona [1].

#### 5.1.1. PRIRODNI PLIN

Prirodni plin sadrži između 80 i 98% metana, a ostatak čine viši ugljikovodici. Glavni produkti izgaranja su ugljikov (IV) oksid i vodena para, ali nastaju i dušikovi oksidi. Nedostatci korištenja prirodnog plina kao goriva su teško startanje pri niskim temperaturama, potrebna je viša temperatura izgaranja, otrovan je, nije značajno smanjena emisija dušikovih oksida, na razini je vozila koja koriste benzin ili čak i veća. Prednosti su ekonomska isplativost, velike zalihe plina, lakši je od zraka i smanjene su emisije CO, SO<sub>2</sub>, hlapljivih organskih tvari, kancerogenih tvari i dima [1].

#### 5.1.2. VODIK

Vodik je plin bez boje, okusa i mirisa te najlakša poznata tvar. U smjesi sa zrakom je eksplozivan. Koristi se kao gorivo u svemirskom programu i potencijalno je gorivo budućnosti. Prednosti su što se na više načina može pretvoriti u korisne oblike energije i to s visokom učinkovitošću i nema značajnih štetnih posljedica za okoliš. U kombinaciji s obnovljivim izvorima energije može biti trajan i ekološki prihvatljiv jer se može proizvoditi iz vode na nekoliko načina. Problemi su opasnost od povratnog plamena i prijevremenog paljenja i što spremnici moraju biti pod tlakom što bi značilo da moraju imati jako veliku masu. Od štetnih ispušnih plinova izgaranjem vodika u smjesi sa zrakom bi nastajali dušikovi oksidi. Nedostatci su tehnički problemi, niska energetska gustoća, skupa proizvodnja, ukapljivanje i čuvanje [1].

#### 5.1.3. ALKOHOLI

Alkoholi se koriste kao alternativna goriva, naročito metanol. S ekonomskog stajališta metanol ima brojne prednosti, također je i ekološki prihvatljiv jer je dva do tri puta manje toksičan od benzina. Nedostatci su povećanje količine formaldehida i ostalih derivata gorenja metanola, mala zapaljivost te smanjeno svojstvo podmazivanja u odnosu na druga goriva. Prednosti su pak smanjenje emisije dušikovih oksida i čađe [1].

#### 5.1.4. BIOGORIVO

Biogorivo se dobiva iz životinjske masti, otpadnog jestivog ulja i biljnog ulja. Kada se koriste u dizelskim motorima dovode do smanjenja količine ispuštenog ugljikovog (IV)

oksida, ugljikovog (II) oksida, čađe, sumporovih oksida i poliaromatskih ugljikovodika, ali povećavaju količinu ispuštenih dušikovih oksida [9].

#### 5.1.4.1. BILJNO ULJE

Biljno ulje kao gorivo ima mnogo nedostataka. Ekonomski je vrlo neisplativo, povećana viskoznost otežava rad motora pri nižim temperaturama te je otežano raspršivanje goriva tijekom ubrizgavanja što dovodi do lošijeg sagorijevanja i povećanja emisija ispušnih plinova. Prednosti su to što ne sadrži sumpor pa ne dolazi do nastanka SO<sub>2</sub> i manja je emisija čađe [1].

#### 5.1.5. ELEKTROPOGON

Prednosti su vrlo velike: eliminacija štetnih plinova, smanjenje buke i količine potrebne energije. Problemi su vezani sa skladištenjem energije, ali razvojem tehnologije i sve većim brojem stanica za punjenje električnih vozila i oni su sve manji. Alternativa između elektroautomobila i klasičnih automobila su automobili na hibridan pogon. Takvi automobili sadrže i motor s unutrašnjim izgaranjem i elektromotor pa vozač može odabrati u kojoj mu prilici bolje odgovara koji pogon [1].

## 6. ZAKONSKE REGULATIVE ISPUŠNIH PLINOVA

Na temelju članka 25. i članka 43. stavka 2. Zakona o zaštiti zraka («Narodne novine», broj 130/2011), Vlada Republike Hrvatske je na sjednici održanoj 17. listopada 2012. godine donijela Uredbu o razinama onečišćujućih tvari u zraku. Tom Uredbom su propisane granične vrijednosti (GV) i ciljane vrijednosti (CV) za pojedine onečišćujuće tvari u zraku. Granične vrijednosti su propisane kako bi se zaštitilo zdravlje ljudi, vegetacija i ekosustav te poboljšala kvaliteta života. Također je propisan raspored i broj mjernih mjesta koja mjere količine zagađujućih tvari u zraku. U tablici 1. prikazani su donji i gornji pragovi procijene koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na zaštitu vegetacije i prirodnog ekosustava za SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>. U tablici 2. prikazane su granične vrijednosti koncentracija benzena, NO<sub>2</sub>, CO i SO<sub>2</sub> u zraku obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Vrijednosti u tablicama 1. i 2. su propisane Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku [10].

TABLICA 1. Gornji i donji prag procjene koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na zaštitu vegetacije i prirodnog ekosustava [10]

Onečišćujuća tvar	Prag procijene	Razdoblje praćenja	Vrijeme usrednjavanja	Iznos granice procjenjivanja
SO <sub>2</sub> zaštita vegetacije	gornji	zimsko razdoblje	24 sata	12 µg/m <sup>3</sup> (60% kritične razine za zimsko razdoblje)
	donji	zimsko razdoblje	24 sata	8 µg/m <sup>3</sup> (40% kritične razine za zimsko razdoblje)
NO <sub>x</sub> zaštita vegetacije i prirodnog ekosustava	gornji	kalendarska godina	1 godina	24 µg/m <sup>3</sup> (80% kritične razine)
	donji	kalendarska godina	1 godina	19,5 µg/m <sup>3</sup> (65% kritične razine)



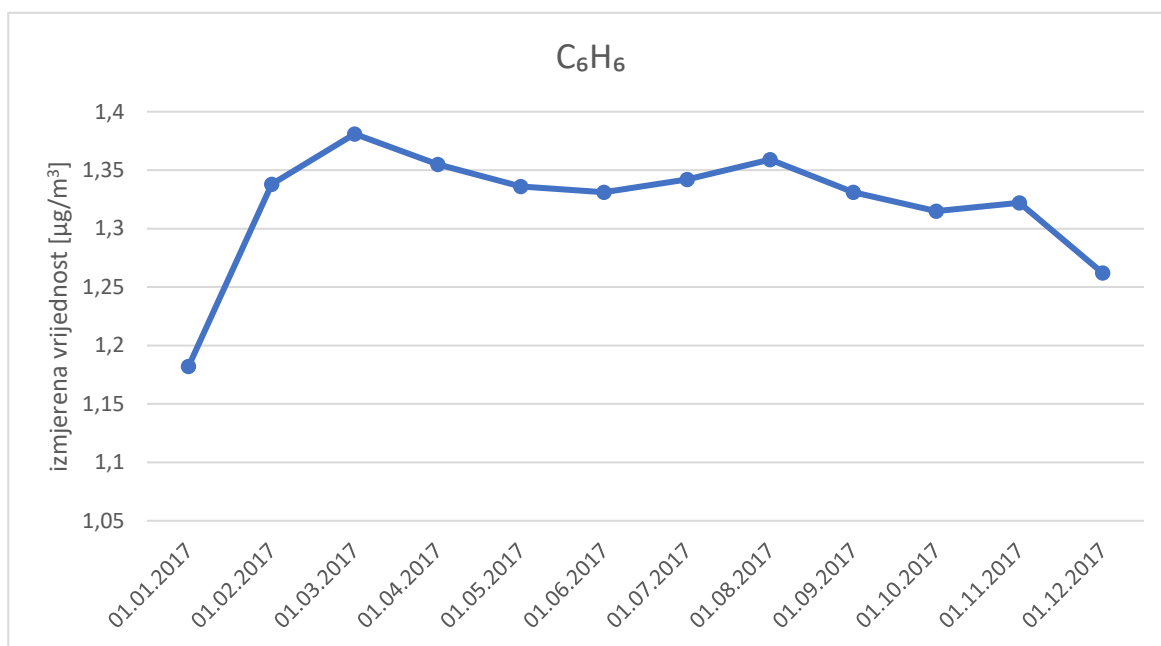
TABLICA 2. Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku obzirom na zaštitu zdravlja ljudi [10]

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
Sumporov (IV) oksid (SO <sub>2</sub> )	1 sat	350 µg/m <sup>3</sup>	GV ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	125 µg/m <sup>3</sup>	GV ne smije biti prekoračena više od 3 puta tijekom kalendarske godine
Dušikov (IV) oksid (NO <sub>2</sub> )	1 sat	200 µg/m <sup>3</sup>	GV ne smije biti prekoračena više od 18 puta tijekom kalendarske godine
	kalendarska godina	40 µg/m <sup>3</sup>	-
Ugljikov (II) oksid (CO)	maksimalna dnevna osmosatna srednja vrijednost	10 mg/m <sup>3</sup>	-
Benzen	kalendarska godina	5 µg/m <sup>3</sup>	-

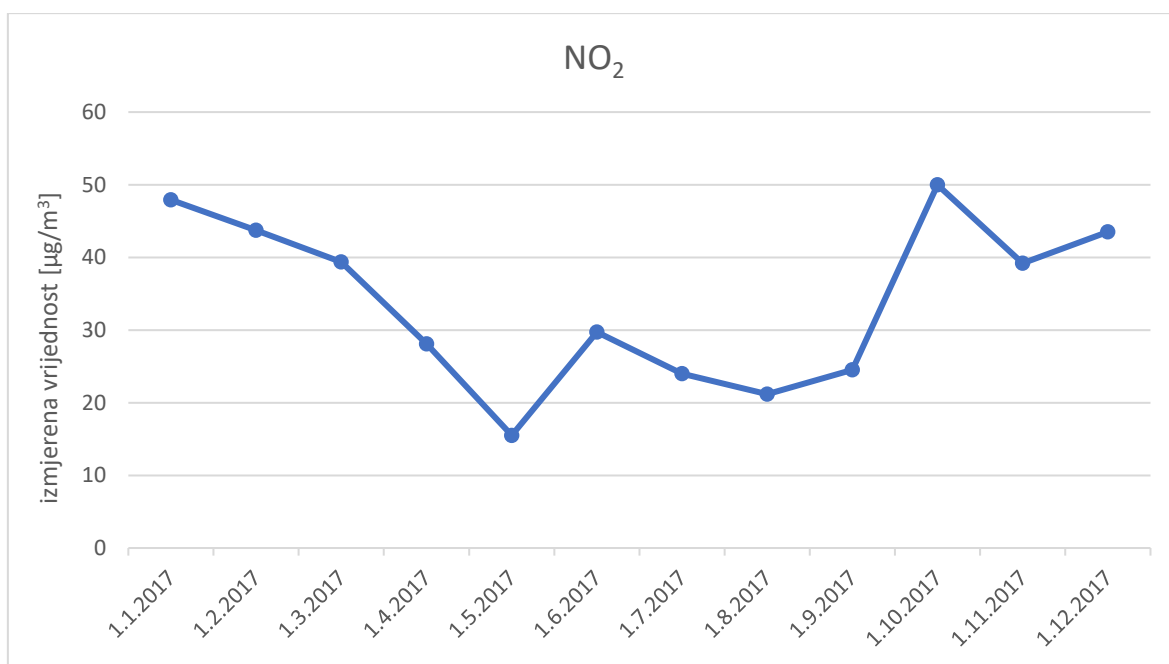
Sve ostale zakone i odredbe o ispušnim plinovima, dopuštenim količinama onečišćujućih tvari i zaštiti okoliša moguće je pronaći u Zakonu o zaštiti okoliša (Narodne novine, broj 80/2013, 78/15) i Zakonu o zaštiti zraka (Narodne novine, broj 130/11, 47/14).

## 7. KONCENTRACIJE ISPUŠNIH PLINOVA U GRADU OSIJEKU

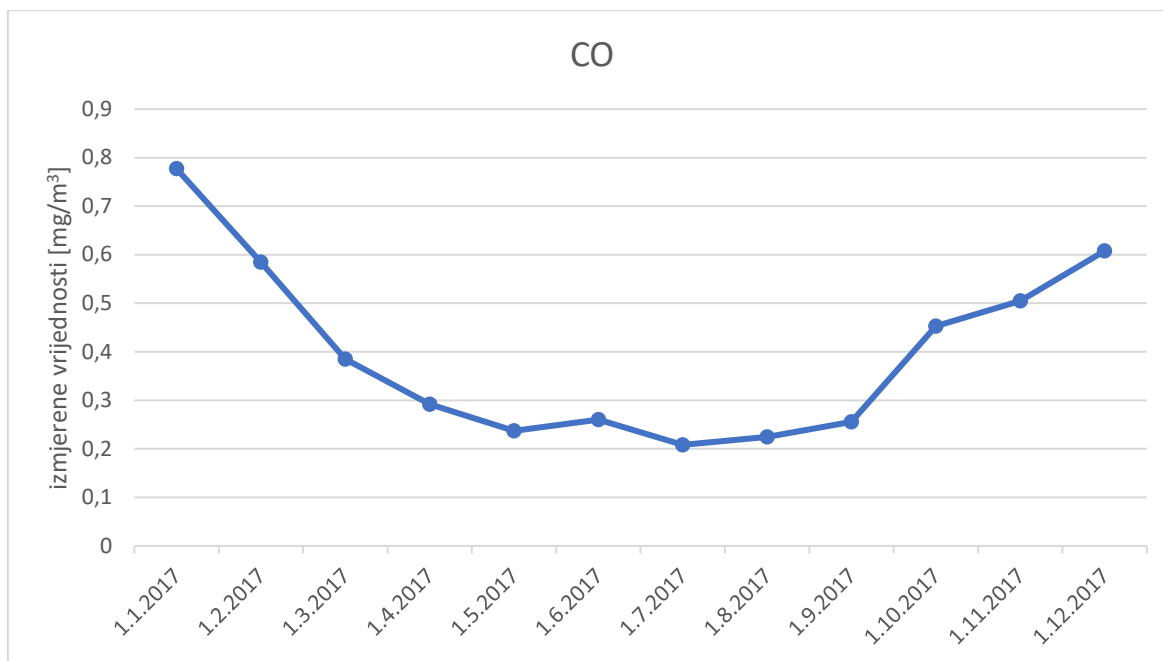
Koncentracije benzena, NO<sub>2</sub>, CO i SO<sub>2</sub> u zraku u gradu Osijeku u 2017. godini su prikazane u grafovima 1., 2., 3. i 4..



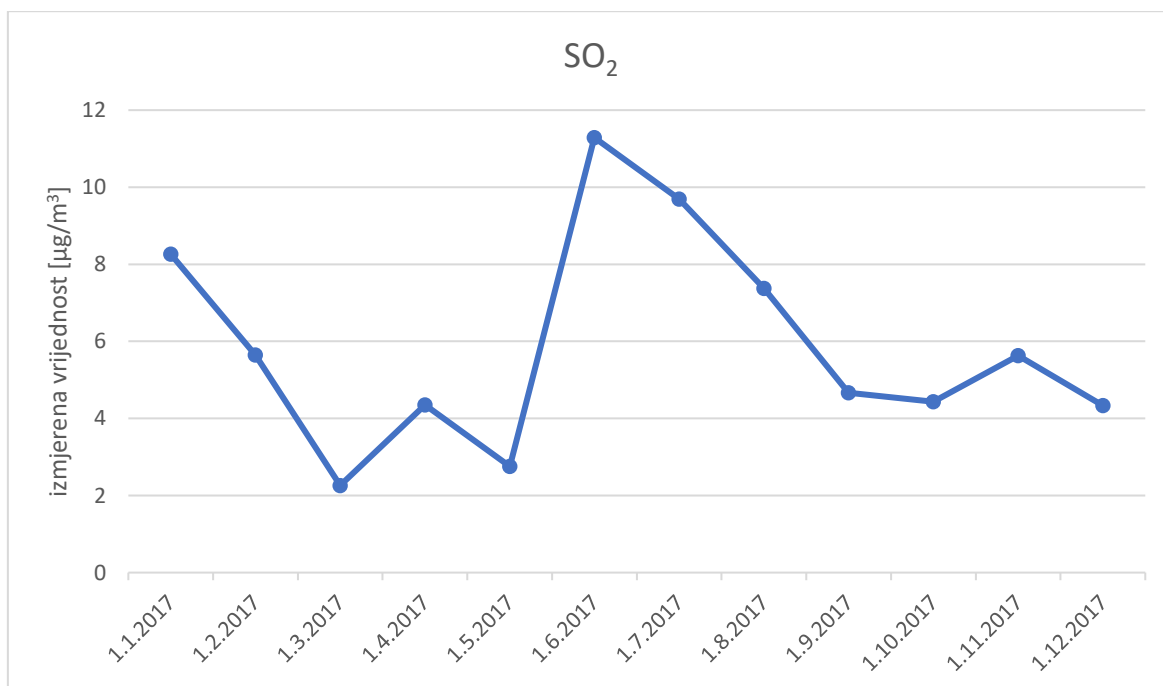
GRAF 1. Koncentracija benzena u zraku u gradu Osijeku u 2017. godini [11]



GRAF 2. Koncentracija dušikovog (IV) oksida u zraku u gradu Osijeku u 2017. godini [11]



GRAF 3. Koncentracija ugljikovog (II) oksida u zraku u gradu Osijeku u 2017. godini [11]



GRAF 4. Koncentracija sumporovog (IV) oksida u zraku u gradu Osijeku u 2017. godini [11]

Podaci za graf 1. su dvanaestomjesečni prosjek koncentracije benzena u zraku u gradu Osijeku za 2017. godinu. Validirani su i kao takvi preuzeti sa internetske stranice Hrvatske agencije za okoliš i prirodu [11]. Podaci za grafove 2., 3. i 4. su izračunati iz dnevnih validiranih podataka za 2017. godinu preuzetih sa internetske stranice Hrvatske

agencije za okoliš i prirodu [11]. Iz dnevnih je validiranih podataka računata srednja vrijednost za svaki mjesec i zatim se po tim podacima crtao graf u programu Excel za svaku mjerenu tvar. Mjerenja su izvršena u automatskoj mjernoj postaji OSIJEK – 1.

Iz grafova 2. i 3. je vidljivo da količina dušikovog (IV) oksida i ugljikovog (II) oksida raste za vrijeme zimskih mjeseci, a opada za vrijeme ljetnih mjeseci što može biti povezano s ispušnim plinovima iz kućanstava koja se tijekom zimskih mjeseci griju izgaranjem drva ili fosilnih goriva pa dolazi do otpuštanja dodatne količine ispušnih plinova.

Iz grafa 1. je vidljivo da koncentracije benzena ne prelaze graničnu vrijednost od  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  koja je očitana iz tablice 2.. Vrijednosti iz grafa 2. pokazuju da je u zimskim mjesecima granična vrijednost za dušikov (IV) oksid od  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  očitana iz tablice 2. prekoračena ili je koncentracija jako blizu graničnoj vrijednosti. To može imati negativne posljedice na zdravlje stanovnika grada Osijeka. Iz grafa 3. može se vidjeti da maksimalna dnevna osmosatna vrijednost koncentracije ugljikovog (II) oksida u zraku od  $10 \text{mg}/\text{m}^3$  očitana iz tablice 2. nije prijeđena. Vrijednosti koncentracija sumporovog (IV) oksida u zraku koje se mogu očitati iz grafa 4. ne prelaze granične vrijednosti navedene u tablici 2.

## 8. ZAKLJUČAK

Ispuštanjem velikih količina ispušnih plinova u atmosferu dolazi do zagađenja okoliša što također ima i štetno djelovanje na zdravlje ljudi. Kako bi se spriječilo daljnje mijenjanje klime, uništavanje staništa mnogih biljaka i životinja te kako bi se produžio životni vijek i poboljšala kvaliteta života, nužno je smanjiti zagađenje ispušnim plinovima. To je moguće napraviti koristeći obnovljive izvore energije kao što su energija vjetra, energija morskih mijena i sunčeva energija te prelaženjem na alternativna goriva koja manje zagađuju okoliš. Nužno je ulagati u daljnja istraživanja obnovljivih izvora energije i u unaprjeđivanje prometa i industrije kako bi oni bili što učinkovitiji i proizvodili što manje zagađenja. Svatko može doprinijeti smanjenju emisije ispušnih plinova na lokalnoj razini. Zamijeni li se vožnja osobnim automobilom vožnjom bicikla, šetanjem ili drugim oblikom tjelesne aktivnosti, kada se ide na bliže udaljenosti, smanjit će se doprinos emisiji ispušnih plinova, ali i poboljšati zdravlje osobe bavljenjem tjelesnim aktivnostima. Ako je moguće to se također možemo učiniti vožnjom javnim prijevozom na posao ili vožnjom s drugim kolegama kako svatko ne bi išao posebno svojim automobilom. Toplinskom izolacijom kuće moguće je smanjiti potrebe za zagrijavanjem ili hlađenjem prostora što također smanjuje emisiju ispušnih plinova. Osim bolje toplinske izolacije, može se doprinijeti i prelaskom s peći na drva na čišće načine zagrijavanja kuće. Iako se takvi postupci čine neznačajnima na globalnoj razini, oni bi imali velik utjecaj kada bi ih svi primjenjivali. Zaštita okoliša treba biti glavni prioritet jer bez čistog i zdravog okoliša nije moguće imati niti zdravo i zadovoljno društvo.

## 9. LITERATURA

- [1] J. Golubić, Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999.
- [2] I. Brčić, Izloženost opće populacije hlapljivim aromatskim ugljikovodicima, Arh. Hig. Rada Toksikol. 55 (2004) 291-300.
- [3] T. Sofilić, Zdravlje i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2015.
- [4] E. Bazijanac, Onečišćenja okoliša ispušnim plinovima mlaznih motora i zakonske mjere, Promet 4 (1992) 195-199.  
<http://www.fpz.unizg.hr/traffic/index.php/PROMTT/article/view/498/351> (23.7.2018.)
- [5] Perfect Pollucon Services, How to reduce air pollution from industries  
<https://www.ppsthane.com/blog/reduce-air-pollution-industries> (23.7.2018.)
- [6] Đ. Šilić, V. Stojković, D. Mikulić, Goriva i maziva, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2012.
- [7] T. Germanova, A. Kernozhitskaya, Emissions of exhaust gases and health of the person, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 90 (2017) 012036.  
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/90/1/012036/meta> (23.7.2018.)
- [8] B. Milošević-Pujo, N. Jurjević, Onečišćenje mora iz zraka emisijom ispušnih plinova, Naše more 51 (2004) 178-184.
- [9] N. Kanthavelkumaran, P. Seenikannan, E. Kumaresh, Exhaust Measurement and Emission Control – Biodiesel involvement in diesel engine, Automatika 57 (2016) 532-539.
- [10] Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku, 2012.  
[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_10\\_117\\_2521.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_10_117_2521.html) (23.7.2018.)
- [11] Hrvatska agencija za okoliš i prirodu  
<http://www.haop.hr/> (23.7.2018.)