

Utjecaj onečišćenja zraka u Slavonskom Brodu na zdravlje ljudi i ekosustava

Brkić, Bernarda

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Šibenik / Veleučilište u Šibeniku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:143:114523>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**

Repository / Repozitorij:

[VUS REPOSITORY - Repozitorij završnih radova Veleučilišta u Šibeniku](#)



VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL MENADŽMENTA
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MENADŽMENT

Bernarda Brkić

**UTJECAJ ONEČIŠĆENJA ZRAKA U SLAVONSKOM
BRODU NA ZDRAVLJE LJUDI I EKO SUSTAV**

Završni rad

Šibenik, 2018.

VELEUČILIŠTE U ŠIBENIKU
ODJEL MENADŽMENTA
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MENADŽMENT

**UTJECAJ ONEČIŠĆENJA ZRAKA U SLAVONSKOM
BRODU NA ZDRAVLJE LJUDI I EKO SUSTAV**

Završni rad

Kolegij: Upravljanje okolišem

Mentor: mr. sc. Tanja Radič Lakoš, v. pred.

Studentica: Bernarda Brkić

Matični broj studenta: 1219051930

Šibenik, srpanj 2018.

UTJECAJ ONEČIŠĆENJA ZRAKA U SLAVONSKOM BRODU NA ZDRAVLJE LJUDI I EKO SUSTAV

BERNARDA BRKIĆ

brkicbera123@gmail.com

Zrak je smjesa raznih vrsta plinova u stalnom i promjenljivom omjeru. Stalni sastojci zraka su: dušik (N₂), kisik (O₂), vodik (H₂) i plemeniti plinovi, a promjenjivi sastojci su: CO₂ i vodena para. Koliko je zrak neophodan čovjeku, najbolje govori podatak da čovjek može živjeti bez hrane oko 40 dana, bez vode 5 dana, a bez zraka samo 5 minuta. Iz navedenih podataka može se zaključiti da cjelokupno čovjekovo biće, svi njegovi vitalni organi, neposredno ili posredno ovise o kvaliteti zraka. Urbanizacijom i industrijalizacijom nastale su bitne promjene u sastavu zraka. Zrak je u Hrvatskoj uglavnom čist ili neznatno onečišćen, a u pojedinim urbanim i industrijskim područjima je umjereno ili prekomjerno onečišćen. Slavonski Brod je, zbog rafinerije u susjednom Bosanskom Brodu koja radi mimo svih ekoloških standarda, grad čiji je zrak jedan od najzagađenijih u Europi. Sukladno izvornim podacima sa državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u Slavonskom Brodu zaključuje se kako je zrak druge kategorije za PM₁₀, PM_{2.5} i H₂S, što znači da je zrak onečišćen. Kategorije kvalitete zraka utvrđuju se za svaku onečišćujuću tvar posebno i odnosi se na zaštitu zdravlja ljudi, kvalitetu življenja, zaštitu vegetacije i ekosustava. Zbog toga je potrebno rafineriju obnoviti, tj. rekonstruirati, te na ispušne ventile ugraditi pročišćivače kako bi se spriječilo daljnje onečišćenje zraka u Slavonskom Brodu i okolici. Ovaj problem bi se trebao shvatiti vrlo ozbiljno jer svakoga dana raste broj oboljelih od različitih bolesti vezanih uz onečišćenje zraka.

(43 stranice / 6 tablica / 10 literaturnih navoda / jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u: Knjižnici Veleučilišta u Šibeniku

Ključne riječi: *zrak, kvaliteta zraka, zdravlje ljudi, eko sustav*

Mentor: mr.sc. Tanja Radić Lakoš, v. pred.

Rad je prihvaćen za obranu:

BASIC DOCUMENTATION CARD

Polytechnic of Šibenik

Final paper

Department of Management

Professional Undergraduate Studies of Management

IMPACT OF AIR POLLUTION ON HUMAN HEALTH AND ECO SYSTEM IN SLAVONSKI BROD

BERNARDA BRKIĆ

brkicbera123@gmail.com

Air is a mixture of various types of gases in a constant and variable ratio. The constant air components are: nitrogen (N₂), oxygen (O₂), hydrogen (H₂) and noble gases, and the variable components are CO₂ and H₂O. How much air is needed for humans, it is best to say that one can live without food for about 40 days, without water for 5 days and without air for only 5 minutes. From the above data, it can be concluded that the whole human being, all its vital organs, depends directly or indirectly on air quality. Urbanization and industrialization have made significant changes in the composition of the air. Air in Croatia is mostly clean or slightly polluted, and in some urban and industrial areas it is moderately or excessively polluted. Slavonski Brod is, due to the refinery in the neighboring Bosanski Brod, which operates beyond all environmental standards, a city whose air is one of the most polluted in Europe. According to the original data from the state network for the continuous monitoring of air quality in Slavonski Brod it is concluded that air is in the second category for PM₁₀, PM_{2.5} and H₂S, which means that air is polluted. Air quality categories are defined for each pollutant substance specifically and refers to the protection of human health, the quality of life, the protection of vegetation and the ecosystem. This is why refinery needs to be reconstructed, and the exhaust valves should be installed with cleaners to prevent further air pollution in Slavonski Brod and its surroundings. This problem should be taken very seriously because every day there is a growing number of people suffering from various illnesses related to air pollution

(43 pages / 6 tables / 10 references / original in Croatian language)

Paper deposited in: Library of Polytechnic of Šibenik

Keywords: *air, air quality, human health, eco system*

Supervisor: Tanja Radić Lakoš, MSc, s.lec.

Paper accepted:

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. SASTAV ZRAKA | 3 |
| 3. ONEČIŠĆENJE ZRAKA | 6 |
| 4. IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA | 8 |
| 5. ŠIRENJE ONEČIŠĆENJA ZRAKA | 14 |
| 5.1. GRANIČNE VRIJEDNOTI EMISIJA ŠTETNIH TVARI U ZRAK | 15 |
| 6. POSLJEDICE ONEČIŠĆENJA ZRAKA | 17 |
| 6.1. UZROCI I POSLJEDICE NESTANKA KISELIH KIŠA | 17 |
| 6.2 EFEKT STAKLENIKA..... | 19 |
| 6.3 SMANJIVANJE OZONSKOG OMOTAČA OKO ZEMLJE | 22 |
| 6.4 GLOBALNE PROMJENE TEMPERTURE NA ZEMLJI - TREND ZAGRIJAVANJA..... | 25 |
| 6.5 GLOBALNE KLIMATSKE PROMJENE | 28 |
| 7. OKOLIŠNI PROBLEMI, KVALITETA ŽIVOTA I LJUDSKO ZDRAVLJE | 31 |
| 8. BORBA PROTIV ZAGAĐENJA ZRAKA ZBOG RAFINERIJE U BOSANSKOM BRODU | 32 |
| 8.1 IZVJEŠĆE O RAZINAMA ONEČIŠĆENOSTI I OCJENI KVALITETE ZRAKA U SLAVONSKOM BRODU ZA 2017. GODINU | 33 |
| 8.1.1. ANALIZA MJERNIH PODATAKA PREMA ONEČIŠĆUJUĆIM TVARIMA, MJERNA POSTAJA SLAVONSKI BROD-1 | 33 |
| 8.1.1.1. BENZEN | 33 |
| 8.1.1.2. SUMPOROVODIK | 34 |
| 8.1.1.3. DUŠIKOV DIOKSID..... | 35 |
| 8.1.1.4. OZON | 35 |
| 8.1.1.5. LEBDEĆE ČESTICE PROMJERA MANJEG OD 2.5 µm I MANJEG OD 1,0 µm..... | 36 |
| 8.1.1.6. SUMPOROV DIOKSID | 37 |
| 9. UČINCI ONEČIŠĆENJA ZRAKA NA ZDRAVLJE LJUDI I OKOLIŠA | 40 |
| 10. ZAKLJUČAK..... | 42 |
| LITERATURA..... | 43 |

1. UVOD

Zrak je smjesa raznih vrsta plinova u stalnom i promjenljivom omjeru. Stalni sastojci zraka su: dušik (N_2), kisik (O_2), vodik (H_2) i plemeniti plinovi, a promjenjivi sastojci su: CO_2 i vodena para. Koliko je zrak neophodan čovjeku, najbolje govori podatak da čovjek može živjeti bez hrane oko 40 dana, bez vode 5 dana, a bez zraka samo 5 minuta. U toku 24 sata čovjeku je potrebno oko 1 kg hrane, 2,5 kg vode i 12 kg zraka. Iz navedenih podataka može se zaključiti da cjelokupno čovjekovo biće, svi njegovi vitalni organi, neposredno ili posredno ovise o kvaliteti zraka. Sve više se stječe dojam kako zraka ima neizmjereno, kako je to neiscrpn rezervoar iz kojeg svako može uzeti koliko mu treba. Međutim, odnos čovječanstva prema kvaliteti zraka, odnosno prema onome što udišemo, mora se postepeno mijenjati, jer trenutno postupanje prema zraku počinje ugrožavati naše zdravstveno stanje, pogotovo u gusto naseljenim urbanim sredinama. Urbanizacijom i industrijalizacijom nastale su bitne promjene u sastavu zraka. Izgaranjem goriva na bazi ugljika nastaje CO_2 koji nije otrovan, ali svojim prisustvom djeluje na klimatske promjene.

Zrak je u Hrvatskoj uglavnom čist ili neznatno onečišćen, a u pojedinim urbanim i industrijskim područjima je umjereno ili prekomjerno onečišćen. U Hrvatskoj danas postoji ukupno 36 automatskih postaja za praćenje kakvoće zraka koje se nalaze na području velikih gradova i industrijskih zona. Većina postaja je dio lokalne mreže za praćenje kakvoće zraka. Državna mreža za praćenje kakvoće zraka trenutačno raspolaže s 11 automatskih postaja smještenih u urbanim područjima.

Slavonski Brod je, zbog rafinerije u susjednom Bosanskom Brodu koja radi mimo svih ekoloških standarda, grad čiji je zrak jedan od najzagađenijih u Europi. Građani su peticijama, prosvjedima, izlascima na granični prijelaz sa susjednom BiH pokušavali upozoriti na problem, ali ni to nije dalo rezultata. Tražili su od Vlade da ih zaštiti, da poduzme sve kako bi osigurali koliko-toliko čist zrak slavonsko brodskoj djeci. Broj oboljelih od kancerogenih bolesti iz godine u godinu raste, a mogao bi se još više povećati jer posljedice kontinuiranog udisanja nečistog zraka stižu naknadno, nakon mnogo godina. Granične vrijednosti sumporovodika i lebdećih čestica u zraku često su iznad svih propisa.

Cilj ovog rada je prikazati koliki je utjecaj onečišćenja zraka na zdravlje ljudi i eko sustav. Također, cilj je prikazati koje aktivnosti treba poboljšati, odnosno kojim se aktivnostima treba

više posvetiti kako bi se stanje poboljšalo. Osim teoretski, objašnjen je utjecaj onečišćenja zraka na zdravlje ljudi i eko sustav u Slavonskom Brodu.

Izvori podataka su prikupljeni primarnim istraživanjem. Primarni podaci dobiveni su iz knjiga, znanstvenih i stručnih radova, te putem baze Interneta. Prilikom istraživanja za ovaj rad koristit će se sljedeće znanstvene metode:

- a) induktivna metoda (na temelju analize pojedinačnih činjenica dolazi se do općih zaključaka)
- b) deduktivna metoda (iz općih sudova izvode se posebni i pojedinačni zaključci)
- c) metoda analize (rašćlanjivanje složenih pojmova, sudova i zaključaka na njihove jednostavnije sastavne dijelove i elemente)
- d) metoda sinteze (postupak spajanja jednostavnih tvorevina u složene zaključke)
- e) metoda dokazivanja (utvrđivanje točnosti neke spoznaje)
- f) metoda klasifikacije (sistematska podjela općeg pojma na posebne pojmove)
- g) metoda deskripcije (jednostavno opisivanje činjenica bez znanstvenog tumačenja i objašnjavanja)
- h) komparativna metoda (usporedba teorije i prakse te donošenje vlastitih zaključaka)

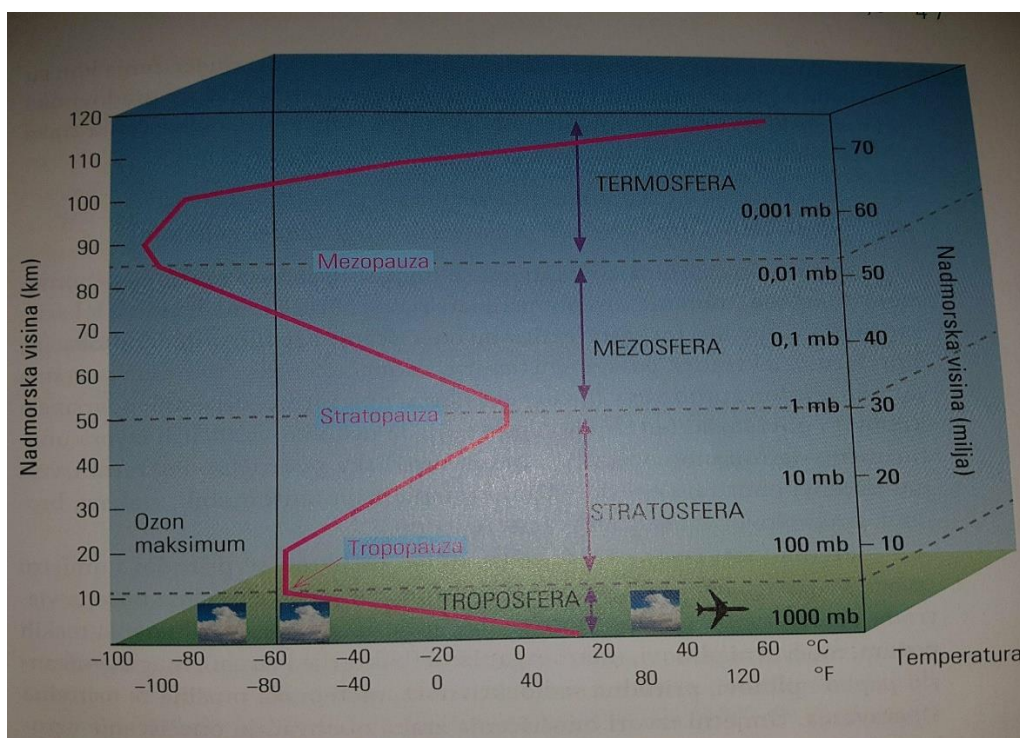
Rad je strukturiran po tzv. *principu lijevka*, odnosno počinje se sa širim i općenitim prikazom područja, a zatim se usmjerava prema specifičnoj problematici istraživanja.

Ovaj će rad detaljnije analizirati utjecaj onečišćenja zraka na zdravlje ljudi i eko sustav, i to u Slavonskom Brodu. U uvodnom dijelu rada objašnjavaju se predmet i cilj rada te metode korištene prilikom pisanja rada. Osim uvoda i zaključka, rad se sastoji od još osam poglavlja. U poglavljima nakon uvoda pojašnjavaju se teorijske odrednice sastava zraka i onečišćenja zraka. U četvrtom poglavlju teoretski su određeni izvori onečišćenja zraka, u petom se poglavlju opisuje kako se onečišćenje zraka širi, a u šestom koje su posljedice onečišćenja zraka. Sedmo poglavlje pojašnjava koji su okolišni problemi, a u osmome poglavlju se na praktičnom primjeru prikazuje sve prethodno obrađeno teoretski. U devetome poglavlju su opisani učinci onečišćenja zraka na zdravlje ljudi i okoliša, a na samom kraju rada nalazi se zaključak te popis korištene literature.

2. SASTAV ZRAKA

Atmosfera se može definirati kao plinoviti omotač koji okružuje Zemlju i rotira zajedno s njom. Atmosfera ima značajnu ulogu za život na Zemlji: snabdjeva živi svijet kisikom (O_2) i omogućava dominaciju aerobnog života; zelene biljke snabdjeva ugljikovim dioksidom (CO_2); ozonskim slojem štiti živi svijet od djelovanja UV zračenja (bez ozona život na kopnu ne bi bio moguć); osigurava kruženje vode i biogeokemijske cikluse, apsorbira ultraljubičasto Sunčevo zračenje, smanjuje temperaturne ekstreme između dana i noći. Vertikalna struktura atmosfere vrlo je složena. Obično se po različitim kriterijima atmosfera dijeli na pojedine sfere. Ovisno o promjenama temperature s visinom, atmosferu je moguće podijeliti na troposferu, stratosferu, mezosferu, termosferu i egzosferu te na međuslojeve – tropopauzu, stratopauzu, mezopauzu i termopauzu.

Slika 1. Struktura Zemljine atmosfere.

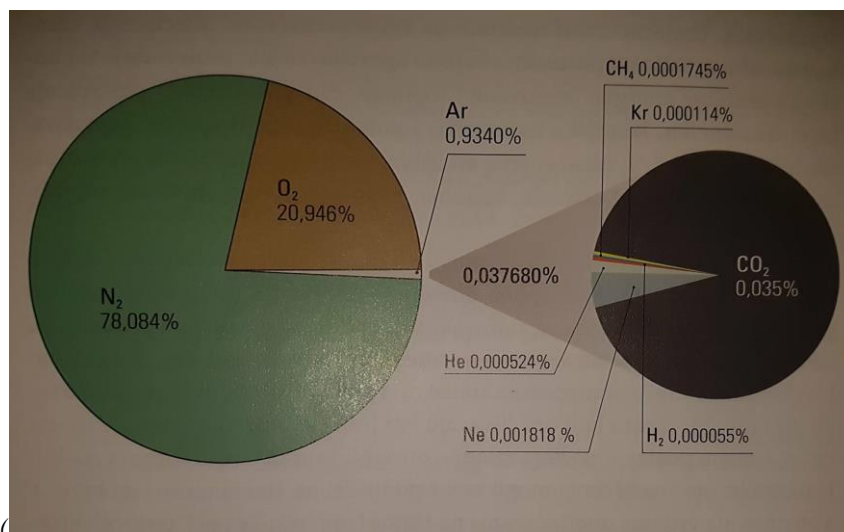


Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Zrak je jedan od osnovnih uvijeta života, potreban prije svega za disanje i fotosintezu. Suhi zrak po obujmu sadrži 78,08% dušika (N_2), 20,95% kisika (O_2), 0,93% argona (Ar) i ostalih plinova kao što su staklenički plinovi od kojih su najznačajniji vodena para, ugljikov dioksid, metan,

dušikov oksid i ozon u manjim količinama (0,036%). Dušik, kisik i plemeniti plinovi nepromjenjivi su sastojci zraka, a promjenjivi su ugljikov dioksid, vodena para te veće ili manje suspendirane čestice prašine. Zrak može sadržavati i slučajne nečistoće i razne mikroorganizme.

Slika 2. Sastav zraka.



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Zrak je osnovna potreba čovjeka, jer čovjek ne može živjeti duže od pet minuta bez disanja. Dnevno čovjek udahne od 10 do 20 tisuća litara zraka (10-20 kg). Količina ovisi o tjelesnoj konstrukciji i aktivnosti. Usporedimo li to s prosječnim dnevnim konzumiranim količinama hrane (do 1,5 kg) i vode (do 2 kg), vidimo da promjene kvalitete zraka mogu imati (i imaju) značajan utjecaj na čovjekovo zdravlje. Posebno je to naglašeno kod djece. Primjerice, trogodišnje dijete u mirovanju udahne dvostruko više zraka u odnosu na masu, uspoređujući to s odraslim čovjekom. Osim toga, pluća djeteta rastu i razvijaju se pa su u slučaju prisutnosti onečišćenja zraka posljedice dugotrajnije i teže, ponekad i ireverzibilne. Raspoložive količine zraka po osobi procjenjuju se na oko 2,5 milijuna tona, što u usporedbi s dnevnom potrošnjom od 10 do 20 kilograma daje lažan osjećaj sigurnosti o postojanju velikih rezervi te o tome da se štetne tvari mogu bez posljedica otpuštati u zrak. Nažalost, iskustvo je pokazalo kako je onečišćenje jedan od većih problema u svim zemljama, neovisno o stupnju razvoja, tim više što ono ne poznaje državne granice, a onečišćenja mogu doseći vrlo velike udaljenosti (stotine i tisuće kilometara) od izvora. Stoga je mnogo ljudi izloženo onečišćenom zraku, posebice u

razvijenim zemljama Europe, Sjeverne Amerike, Japana, a odnedavno i značajnim dijelovima Kine i Rusije.

3. ONEČIŠĆENJE ZRAKA

„Čist zrak najvažnija je hrana i lijek za ljude“ tvrdio je i Hipokrat s Kosa, najpoznatiji antički grčki liječnik, koji je bolest vidio kao prirodnu pojavu kojoj uzrok leži isključivo u prirodnim uzrocima – lošoj prehrani, klimatskim čimbenicima, onečišćenoj vodi, zraku i slično.

Prvom žrtvom onečišćenog zraka smatra se Gaj Plinije Sekund, poznatiji kao Plinije Stariji, admiral rimske flote koji je umro na plaži u Napulju u vrijeme erupcije Vezuva (79. god.).¹ U starom Rimu državnik Seneka u jednom se svojem traktatu žalio na smrdljivi, čađavi i teški zrak u gradu. Londonski je zrak 1285. godine bio toliko zagađen da je to gotovo prisililo kralja Edwarda prvog da izda prvi pravni akt o zagađenju zraka, a dvadeset dvije godine kasnije kralj je gorenje ugljena u gradu proglasio ilegalnim – zabrana koja se nažalost nije dugo održala, iako je zabilježeno kako je, zbog nepoštivanja te odredbe grada oko 1300. godine jedan građanin Londona osuđen na smrt i smaknut. Također se valja prisjetiti i nekoliko okolišnih incidenata, vezanih za onečišćenje zraka, a koji su završili tragičnim posljedicama. Primjerice od posljedica londonskog Velikog smoga, u prosincu 1952., u samo sedam dana umrlo je približno 4000 ljudi. Niske temperature, u kombinaciji s anticiklonom i odsustvom vjetrova, dovele su do sakupljanja aerozagađivača (najviše od sagorijevanja ugljena) i formiranja debelog sloja smoga nad gradom. Smog je trajao od petka, 5. prosinca, do utorka, 9. prosinca, a zatim je brzo raspršen promjenom vremena. Iako je izazvao slabu vidljivost, pa čak ulazio i u zatvorene prostore, u to se vrijeme nije smatrao da će pojave smoga biti tako značajan događaj, pogotovo što je London iskusio mnogo sličnijih događaja u prošlosti. Međutim, u sljedećih nekoliko tjedana, kako pokazuju medicinska izvješća, umrlo je približno 4000 ljudi, a više od 100 000 ih je oboljelo od bolesti respiratornih organa izazvanih zagađenjem zraka. Veliki smog smatra se najgorim onečišćenjem zraka u povijesti Velike Britanije, ali i najznačajnijim u smislu utjecaja na istraživanje okoliša, izmjenu zakonske regulative i svijesti javnosti o vezi između onečišćenja zraka i zdravlja ljudi. Incident je doveo do nekoliko promjena u propisima, uključujući i Pravila o čistom zraku iz 1956.²

¹ Publije Kornelije Tacit ipak napominje da je Plinije Stariji patio od respiratornih bolesti, a da mu je boravak u blizini eruptivnog vulkana samo pogoršao zdravstveno stanje i izazvao smrt.

² Vlada Ujedinjenog Kraljevstva je nakon ovog događaja 1956. donijela prvi Pravilnik o čistom zraku (**Clean Air Act**), s ciljem da kontrolira kućne izvore onečišćenja uključenjem i tzv. zona bez dima (*smokeless zones*), ali i da uvede obvezu uporabe čistijeg ugljena sa smanjenim sadržajem sumpora, čime se željelo spriječiti onečišćenje sumpornim dioksidom.

Slika 3. Veliki londonski smog, prosinac 1952. godine.



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Naravno, uz onečišćenje kao posljedicu gorenja nekvalitnog ugljena, Velikom su smogu pogodovali i nepovoljni meteorološki uvjeti. Ipak, koliko su ozbiljne posljedice onečišćenja zraka govori Izvješće UNEP-a³, koje procjenjuje kako smrtnost diljem svijeta od svih vrsta onečišćenja zraka za 2001. godinu iznosu 2,7 – 3,0 milijuna, broj koji može narasti i do 8 milijuna 2020. godine. Istraživanje također pokazuje da onečišćeni zrak u Europi svake godine odnosi približno 500 000 života, a njegove posljedice koštaju porazne obveznike oko 790 milijuna eura.

³ *United Nations Environment Programme* - program u sustavu Ujedinjenih naroda koji kroz rad s mnogobrojnim partnerima (tijelima UN-a, međunarodnim organizacijama, vladama, nevladinim organizacijama, poslovnim sektorom, industrijom, medijima i civilnim društvima) sudjeluje u zaštiti okoliša te razvijanju i provođenju politika zaštite okoliša. Ustanovljen je 1972. kao rezultat UN Konferencije o ljudskom okolišu u Stockholmu koja je tada donijela Akcijski plan za politiku zaštite okoliša, Deklaraciju s 26 principa o ljudskom okolišu i uspostavila Fond zaštite okoliša.

4. IZVORI ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Onečišćujuće tvari u zraku su sve tvari koje uzrokuju štetu ljudima i okolišu, a u zraku se mogu nalaziti u krutom, tekućem ili plinovitom stanju.⁴ Iako postoje i prirodni izvori onečišćenja zraka, koji čak mogu imati jači utjecaj od onih prouzročenih ljudskom djelatnošću, posebni problem predstavljaju umjetni izvori onečišćenja koji su posljedica ljudske djelatnosti, a posebno su izraženi u velikim gradovima i industrijskim zonama. Općenito, onečišćenja zraka dijele se na:

- onečišćenja u otvorenim prostorima,
- onečišćenja u zatvorenim prostorima.

Izvori onečišćenja zraka mogu se podijeliti na nepomične (stacionarne) i pokretne (mobilne). Nepomični izvori onečišćenja imaju stalne lokacije emisije, a mogu biti točkasti (emitiraju onečišćenje s točno određene lokacije, npr. termoelektrane), povremeni (emitiraju onečišćenja s otvorenih površina koje su izložene procesima djelovanja vjetra, npr. farme, deponiji) i površinski (emitiraju onečišćenje iz nekoliko različitih izvora unutar točno definiranih područja, npr. industrijska područja). Pokretni izvori onečišćenja emitiraju onečišćenja u kretanju (npr. automobili, vlakovi, brodovi, zrakoplovi i ostala prijevozna sredstva).

Prema vrsti izvora onečišćenja zraka, razlikuju se:

- prirodni izvori,
- umjetni izvori.

U prirodne izvore onečišćenja zraka ubrajaju se: prašina sa zemljišta, morska sol, vulkanska prašina i plinovi, produkti izgaranja spontani šumskih požara, leteći pepeo, dim, prašina iz vanzemaljskih prostora, produkti biljnog, životinjskog i mikrobiološkog podrijetla, magla, močvarni plinovi, mikroorganizmi (bakterije i virusi). Prirodni izvori mogu znatno zagaditi atmosferu. Tako je pojava kiše s velikim količinama finog pijeska u južnim dijelovima zapadne Europe posljedica podizanja saharskog pijeska. „Oblaci pepela“ nastaju iz lave za vrijeme žestokih vulkanskih erupcija, kad ona, pretvorena u prašinu i izbačena na veliku visinu, formira takve oblake koji se ponekad dugo zadržavaju u atmosferi. Šumski i prerijski požari uzrokovani su udarom groma. Oni se mogu proširiti na više stotina hektara stvarajući pri tome dimne oblake

⁴ Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

koji često dopiru do područja udaljenih i više stotina kilometara. Magla i kapljice vode, dolazeći s oceana donose u atmosferu nad kontinentima kristale soli (najčešće natrijev klorid – NaCl, ali i magnezijev klorid MgCl₂ i kalcij klorid CaCl₂), koji postaju kondenzacijske jezgre. Meteoriti donose sitne čestice prašine u atmosferu, a one na svom putu apsorbiraju dio energije Sunca i konačno se talože na Zemlji. Čovjek svojim kretanjem bilo pješice ili upotrebom bilo kojeg prijevoznog sredstva, također stvara jedan dio prašine (zbog trošenja materijala – trenjem). Samim svojim postojanjem čovjek onečišćuje atmosferu. Naime, svaki čovjek disanjem ispušta oko 12 m³ zraka zasićenog vodenom parom, u kojoj ima oko 4% ugljikova dioksida, te svojim znojenjem. Biljke osim proizvodnje peludi i spora, koji vjetar može raznijeti na velike udaljenosti, svojim truljenjem i fermentacijom također onečišćuju okolikš. Zbog postojanja različitih meteoroloških uvjeta na Zemlji, postoje i različite bakterije i mikroorganizmi u pojedinim dijelovima, koje također onečišćuju zrak na mjestima gdje se nalaze ili na udaljenosti do kojih stižu zračnim strujama.

Umjetni izvori onečišćenja zraka obuhvaćaju onečišćenje uzrokovano aktivnostima i procesima kojima upravlja čovjek: proizvodnja toplinske i električne energije (elektrane i toplane), rad industrijskih postrojenja (npr. kemijska industrija), poljoprivreda (kopanje, zaprašivanje, spaljivanje), transportna sredstva, spaljivanje različitih vrsta otpada, procesi kemijskog čišćenja, tiskanja, bojanja, rušenje objekata, zaprašivanje insekata itd. Umjetni izvori onečišćenja mogu biti pojedinačni ili točkasti (različiti izvori izolirani su ili međusobno dovoljno udaljeni da ne onečišćavaju isti prostor, npr. termoelektrane, rafinrije i slično uz koj nema drugih postojanja, tako da su jedini izvori onečišćenja na tom području); linijski (transparentni putevi kojima se kreću transparentna sredstva) i površinski (podrazumjevaju velik broj manjih izvora koji onečišćavaju isti prostor, npr. industrijske zone s većim brojem postojanja koja zajedno onečišćuju zrak u npr. jednom gradu). Umjetni izvori onečišćenja mogu se još podijeliti na stacionarne i mobilne, a s obzirom na vrijeme ončišćavanja na trajne (npr. visoke peći, termoelektrane) i povremene izvore.

Prema vrsti onečišćenja moguće je izvore sistematizirati u velik broj skupina, no obično se dijele, prema agregatnom stanju u kojem izvor emitira onečišćujuće tvari, na izvore čestica, izvore plinova i izvora plinova i čestica.

Onečišćivači iz umjetnih izvora zbog svoje visoke mobilnosti najopasniji su od svih onečišćivača jer mogu kontaminirati velike površine i gotovo sve elemente okoliša. Najčešći onečišćivači u urbanim područjima su: čestice, aerosoli, suspendirane tvari (dim i čađa), dušikovi oksidi (NO i NO₂ zajedno NO_x), sumporov dioksid (SO₂), ugljikov monoksid (CO),

ugljikovodici (HC), ozon (O₃) – takozvani loš ozon, olovo (Pb), ali i hlapljive organske tvari, dioksid, benzen, formaldehid, stiren, različiti teški metali, duhanski dim i druge tvari opasne po zdravlje i okoliš. Onečišćujuće tvari u zraku koje su posljedica ljudskih aktivnosti dijele se na:⁵

- plinove - SO₂, SO₃, CO₂, NO, NO₂, H₂S, O₃, CH₄, freoni, haloni, metilkloridi(CH₃Cl), ugljikov telaklorid(CCl₄) i dr
- lebdeće čestice – krute tvari i/ili kapljice tekućine raspršene u zraku (promjer čestica od 1nm do 1mm)⁶, prvenstveno prašina, dim i leteći pepeo
- metali⁷ i metaloidi – Pb, Hg, Cd, Be, Tl, Ni, Cr i dr. (metaloidi: arsen, selen i antimon)
- postojeane organske tvari – pesticidi, poluciklički aromatski ugljikovodici (PAH⁸), industrijske kemikalije
- radioaktivne tvari (radioaktivni izotopi) – svi izotopi Pu (najvažniji je Pu – 239, izotopi U (U–235,U- 238), Sr – 90, Cs – 137, H-3, C -14, J – 131
- ostale onečišćujuće tvari- azbest, fluoridi⁹, formaldehid
- otpadna toplina – specifičan oblik onečišćenja atmosferskoga zraka.

⁵ Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

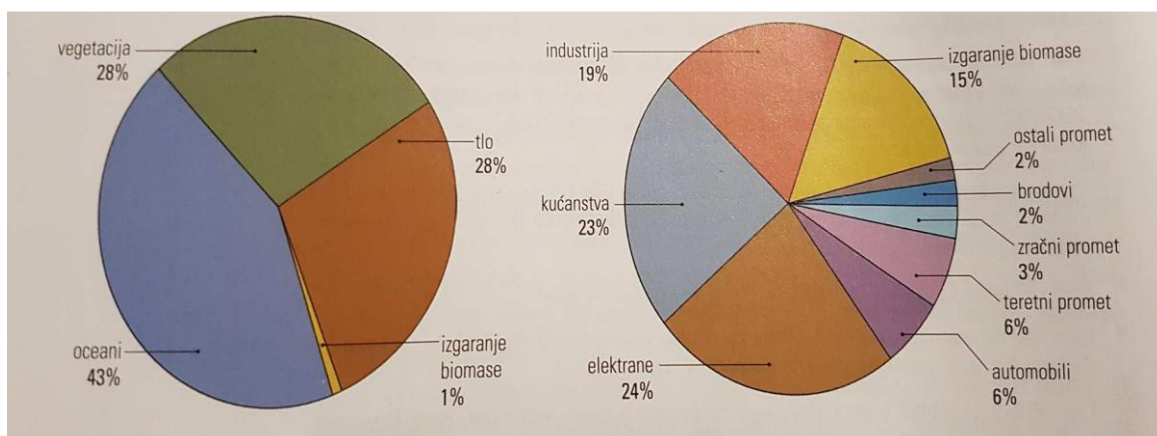
⁶ Štetnost čestice po ljudski organizam ovisi o njihovoj veličini, pri čemu su najopasnije čestice veličine od 0,2 do 5 μm koje dospijevaju do nižih dišnih putova (tzv. respirabilne čestice).

⁷ Metali su postojeane tvari u okolišu jer su praktično nerazgrađivi i mogu se nagomilavati u živim organizmima. Glavni izvori metala u atmosferi su termoenergetska i industrijska postrojenja, promet i domaćinstva.

⁸ Prirodni izvori emisija PAH jesu šumski požari i vulkanske erupcije, a nastaju i pri nepotpunom izgaranju fosilnih goriva i organskih tvari. Kao antropogeni izvori emisija spominju se industrijski procesi (proizvodnja koksa, aluminija i prerada nafte), spaljivanje komunalnog i industrijskog otpada, kućna ložišta te naravno ispušni plinovi automobila kao glavni izvor u gradovima.

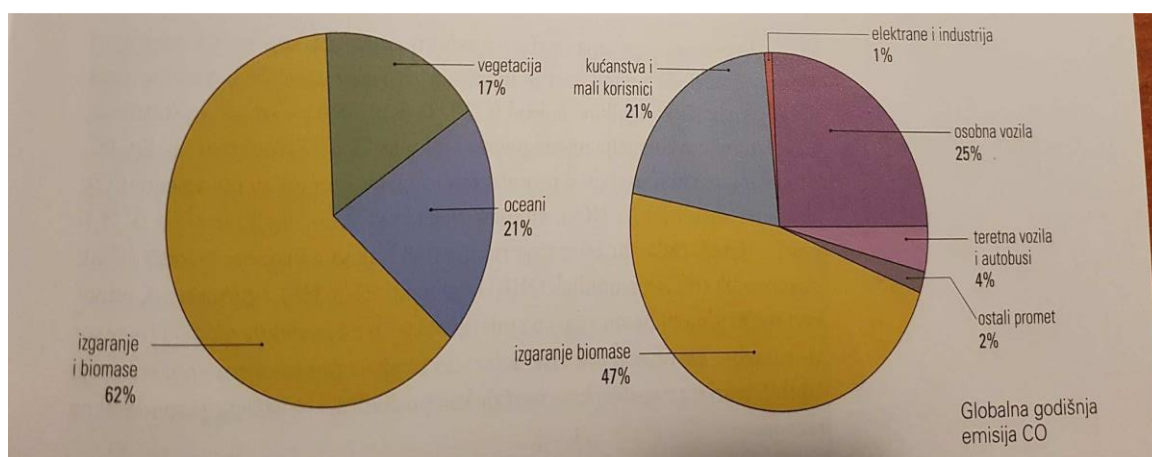
⁹ Dolaze u okoliš preradom i korištenjem spojeva koji sadrže fluor. U prvom redu to su minerali fluora koji se koriste u proizvodnji mineralnih gnojiva, metalurgiji, kemijskoj industriji i dr.

Slika 4. S lijeve strane je prikaz emisije CO₂ iz prirodnih izvora, a sa desne strane prikaz emisije CO₂ iz antropogenih izvora.



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

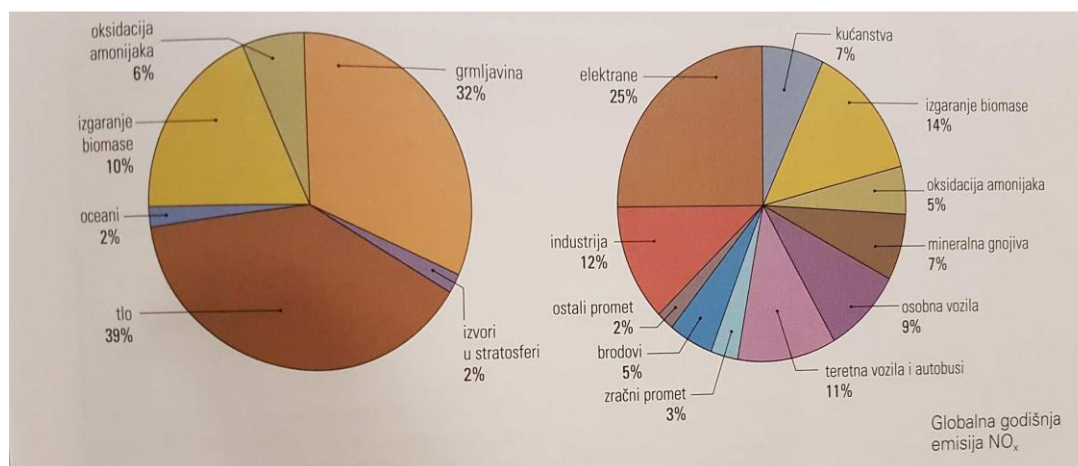
Slika 5. S lijeve strane je prikaz emisije CO iz prirodnih izvora, a sa desne strane prikaz emisije CO iz antropogenih izvora.



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Kvalitetu zraka određuje vrsta i koncentracija onečišćenja u njemu, što se utvrđuje mjerenjima čestica SO_x, NO_x i CO, a u industrijskim područjima i organskih tvari, teških metala i dr., ovisno o vrsti izvora onečišćenja.

Slika 6. S lijeve strane je prikaz emisije NO_x iz prirodnih izvora, a sa desne strane prikaz emisije NO_x iz antropogenih izvora.



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Stanje onečišćenja zraka određenog područja određeno je tzv. katastrom emisije koji sadrži popis svih izvora onečišćenja na tom području (geografski položaj, vrsta izvora, vrsta i oblik emitiranog onečišćenja, količina onečišćenja, način i uvjeti emitiranja onečišćenja, trajanje emisije i njezina učestalost ako je povremena).

Unutarnje onečišćenje zraka dosta je dugo bilo zapostavljeno, što je bilo potpuno pogrešno uzimajući u obzir činjenicu da čovjek većinu vremena provodi u zatvorenom prostoru, npr. u svom domu (kući, vikendici..), na poslu (većina ljudi, posebno žena, radi u zatvorenom prostoru), u sportskim dvoranama, kinima, kazalištima, prodavaonicama, prijevoznim sredstvima, čekaonicama, ambulancama i bolnicama itd. Stoga, većina ljudi ocjenjuje da je onečišćenje unutarnjeg zraka u velikim urbanim središtima najveći problem, a posebno zbog činjenica da su štetne tvari koje onečišćuju „unutarnji“ zrak mjestimično opasnije od onih u „vanjskom“ zraku, njihova koncentracija, zbog ograničene količine dostupnog zraka, relativno viša te da je prisutna „stalna“ (dugotrajna) ekspozicija. Izvori onečišćenja unutarnjeg zraka su: čovjek, oprema i materijali u prostoru te unutarnji zrak. Poseban problem zraka u zatvorenom prostoru predstavlja upotreba ugljena u nerazvijenim zemljama.

Tablica 1. Najčešća onečišćivala unutarnjeg zraka.

| Unutarnji zrak | Onečišćivala |
|-----------------------------|---|
| Biosfera | Biološki polutanti (bakterije, virusi, čestice životinjskog izvora, plijesni, cvjetni prah) |
| Ložišta (ognjišta) | SO ₂ , čestice, CO ₂ |
| Promet | NO _x , CO ₂ , CO, ugljikovodici, čestice, ozon |
| Industrija | Ugljikovodici, SO ₂ , čestice, NO _x |
| MATERIJALI I OPREMA | |
| Ploče „iverice“ | Aldehidi (formaldehidi) |
| Izolacijski materijal | Organski spojevi, aldehidi |
| Ovlaživači zraka | Mikroorganizmi (bakterije, gljive, virusi) |
| Boje | Otapala, organski spojevi, teski metali |
| Ljepila | Otapala, aldehidi |
| Građevinski materijal, tla | Radon, azbest, sredstvo za zaštitu drva |
| ČOVJEK | |
| Izmjena tvari (metabolizam) | CO ₂ , smrad, vodena para |
| Aktivnosti | Čestice, duhanski dim, sredstva za pranje, dezodoransi |
| Uništavanje štetočina | Pesticidi |
| Kuhanje na plin | NO _x , čestice, CO, CO ₂ |

Izvor: Puntarić, D., Zdravstvena ekologija, Zagreb, 2012.

5. ŠIRENJE ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Onečišćenje zraka najčešće je u početku lokalan problem okolice izvora onečišćenja. Tako i ostane ako je(su) izvor(i) onečišćenja zraka jednokratno, kratke i/ili povremene aktivnosti (npr. jednokratno ili povremeno spaljivanje otpada u nekontroliranim uvjetima, prometni čepovi u vrijeme odlaska na posao i povratka s posla, kratkotrajni šumski požari ili vulkanske erupcije). No, ako se radi o kontinuiranom i/ili trajnom izvoru onečišćenja zraka (tvornički dimnjak, dimnjak(ci) ložišta, stalan gust promet u središtima gradova) zbog gibanja zračnih masa (vjetra), dolazi do prenošenja (transporta) onečišćenog zraka na veće ili manje udaljenosti i na taj način onečišćen zrak postaje globalan problem. Najilustrativniji je primjer prenošenje žive zrakom na udaljenosti i do 2 000 kilometara. Kada onečišćenje jednom dođe u zrak može se širiti različitim putevima (zrakom, vodom, biološkim organizmima, hranom), a ovisi o mnogim faktorima: meteorološkim uvjetima (brzini, smjeru vjetra i stabilnosti atmosfere), visini emisijskog izvora (prizemni je izvor cestovni promet, a visoki su dimnjaci), lokalnim, ali i regionalnim zemljopisnim karakteristikama te vrsti izvora (točkasti, linijski, raspršeni izvori).¹⁰

Tablica 2. Udio (%) pojedinih djelatnosti čovjeka i najčešćih onečišćivala zraka.

| Onečišćujuća tvar | Proizvodnja energije | Industrija i otpad | Cestovni promet | Kućanstva | Poljoprivreda |
|---------------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------|---------------|
| SO ₂ | 60,9 | 25,5 | 6,8 | 6,8 | 0 |
| NO _x | 19,8 | 13,0 | 63,5 | 3,4 | 0,3 |
| Hlapljivi nemetanski organski spojevi | 0,4 | 34,3 | 41,2 | 6,6 | 17,5 |
| NH ₄ (amonijak) | 0,1 | 2,5 | 0,9 | 0 | 96,5 |
| CO ₂ | 33,0 | 25,4 | 25,7 | 14,9 | 1,0 |
| CO | 0,8 | 17,6 | 70,9 | 9,9 | 0,8 |
| CH ₄ (metan) | 0,2 | 52,5 | 0,8 | 1,3 | 45,2 |

Izvor: Puntarić, D., Zdravstvena ekologija, Zagreb, 2012.

¹⁰ Puntarić, D., Zdravstvena ekologija, Zagreb, 2012.

5.1. GRANIČNE VRIJEDNOTI EMISIJA ŠTETNIH TVARI U ZRAK

Procesom izgaranja nastaju produkti izgaranja koji se još nazivaju i dimni plinovi. U njihov sastav uglavnom ulaze: dušik (N₂), vodena para (H₂O), kisik (O₂) i ugljikov dioksid (CO₂). Ti se plinovi ne smatraju štetnima, a nadzor njihove emisije nije reguliran (osim za CO₂ – Protokolom iz Kyota). Štetni plinovi koji nastaju u procesu izgaranja su: ugljikov monokid (CO), dušikovi oksidi (NO i NO₂), sumporov dioksid (SO₂), ugljikovodici (C_xH_y), čestice (leteća čađa i dr.) te s osjetno manjim udjelom i sumporovodik (H₂S), cijanovodik (HCN), amonijak (NH₃) i halogeni (HCl, HF). Štetne tvari, odnosno štetni plinovi imaju znatan i mjerljiv utjecaj na čovjekov okoliš i čovjekovo zdravlje. Taj utjecaj sve više dolazi do izražaja povećanjem koncentracije štetnih tvari u atmosferi koja nastaje kao posljedica sve bržega gospodarskog razvoja.

Granična vrijednost emisije – GVE (engl. ELV – *Emission Limit Value*) predstavlja koncentraciju onečišćujućih tvari u emisijama iz nekog izvora tijekom određenog razdoblja koja ne smije biti prekoračena. Izražava se u mg/m³ ili u mg po jedinici mase proizvoda.¹¹

Tablica 3. Granične vrijednosti za male i srednje uređaje (0,1 – 3 MW i 3,50 MW).

| Veličina | GVE (tekuća goriva) | GVE (plinovita goriva) |
|--|------------------------|---------------------------|
| Dimni broj | 1 | 1 |
| Toplinski gubici u otpadnom broju | 10% | 10% |
| Krute čestice (samo srednji) | 150 mg/m ³ | 10 mg/m ³ |
| Ugljikov dioksid | 175 mg/m ³ | 100 mg/m ³ |
| Dušikovi oksidi izraženi kao NO ₂ | 250 mg/m ³ | 200 mg/m ³ |
| Ekstra lako loživo ulje | 350 mg/m ³ | |
| Ostala loživa ulja | 350 mg/m ³ | |
| Sumporovi oksidi izraženi kao SO ₂ (samo srednji) | 1700 mg/m ³ | |

Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

¹¹ Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Tablica 4. Granične vrijednosti za za velike uređaje (više od 50 MW).

| Veličina | GVE (tekuća goriva) | GVE (plinovita goriva) |
|--|---|--|
| Dimni broj | 1 | 1 |
| Toplinski gubici u otpadnom broju | 10% | 10% |
| Krute čestice (samo srednji) | 150 mg/m ³ | 10 mg/m ³ |
| Ugljikov dioksid | 175 mg/m ³ | 100 mg/m ³ |
| Dušikovi oksidi izraženi kao NO ₂ >50... 500 MW >500 MW | 450 mg/m ³ 400 mg/m ³ | 300 mg/m ³ 200 mg/m ³ |
| Sumporovi oksidi izraženi kao SO ₂ (samo srednji) >50... 300 MW >300... 500 MW >500 MW | 1700 mg/m ³ 1700 – 400 mg/m ³ 400 mg/m ³ | |
| Plinoviti spojevi klora izraženi kao HCl | 30 mg/m ³ | |
| Plinoviti spojevi fluora izraženi kao HF | 5 mg/m ³ | |
| Anorganske tvari i njihovi spojevi | 2 mg/m ³ | |

Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

6. POSLJEDICE ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Svaka promjena sastava zraka ima izravan utjecaj na život biljaka, životinja i ljudi, a onečišćenja u zraku u bilo kojem obliku uzrokuje različite štetne utjecaje na čovjeka i okoliš. Glavne posljedice onečišćenja zraka ogledaju se kroz: pojavu kiselih kiša, pojavu efekta staklenika, stvaranje ozonske rupe te globalne klimatske promjene.

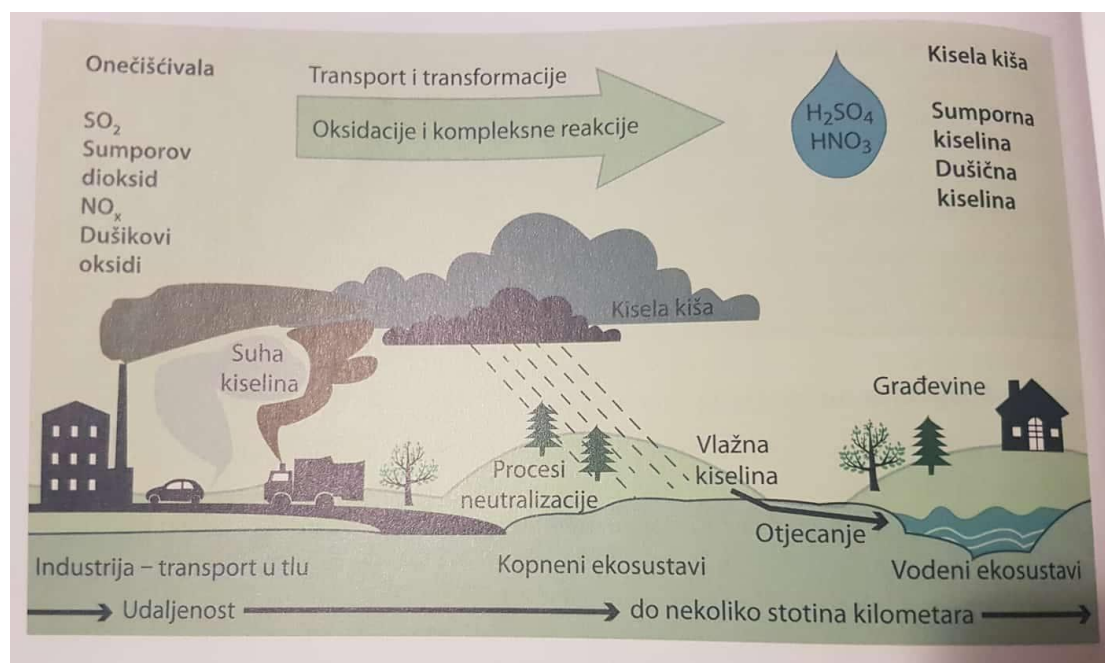
6.1. UZROCI I POSLJEDICE NESTANKA KISELIH KIŠA

Kisele kiše¹² (engl. *acid rains*) postaju jedan od najznačajnijih okolišnih problema, a rezultat su onečišćenosti atmosfere uslijed brzog industrijskog razvoja. To su padaline koje u sebi sadrže vrlo štetne kemijske spojeve, počevši od spojeva sumpora i ugljika (SO_2 , H_2SO_4 , CO , CO_2), pa sve do složenih dušikovih i organskih spojeva s česticama izuzetno otrovnih teških metala. Kisela kiša nastaje kada ti plinovi u atmosferi reagiraju sa vodom (H_2O), kisikom (O_2) i drugim kemikalijama formirajući različite kisele spojeve. Sunčeva svjetlost ubrzava ove reakcije, a kao rezultat tog procesa nastaju blage otopine sumporaste (H_2SO_3) i dušične kiseline (HNO_3). Dok je normalna pH vrijednost kiše otprilike oko 5,5 pH vrijednost kisele kiše iznosi u prosijeku oko 4 do 4,5. opterećenja uzrokovana kiselim kišama uglavnom nastaju kao posljedica izgaranja fosilnih goriva: ugljena i nafte (emisije iz termoelektrana, dim iz kućanstva, ispušni plinovi u prometu i sl.). Razlog tome je stalni porast sadržaja kiselih oksida (SO_2 i NO_x) koji se akumuliraju u atmosferi, zatim otapaju u kišnim kapima pa kišom ili snijegom dospijevaju na Zemljinu površinu. Pored kiselih kiša u oblacima s velikim atmosferskim onečišćenjima česte su i kisele magle ili izmaglica, kao i kisela suha ili vlažna depozicija (taloženje)¹³.

¹² Najveći su proizvođači kisele kiše države Sjeverne Amerike i Europe. Tako je Velika Britanija 1983. zakiselila oko dva milijuna tona kiše, od kojih je u njoj palo samo 600 000 tona. Ostatak je odnio zapadni vjetar prema kontinentalnoj Europi, osobito u smjeru Skandinavije. Najdrastičnije primjere kiselih kiša u Europi nalazimo u planinama Češke i Poljske gdje su oštećene velike šumske površine.

¹³ Suha depozicija odnosi se na kisele plinove i čestice. Oko polovice kiselosti u atmosferi pada na zemlju u vidu suhe depozicije. Vjetar nanosi kisele čestice i plinove na zgrade, vozila, kuće, drveće... Suho depozicionirani plinovi i čestice također mogu biti isprani kišom, čineći vodu još kiselijom. Vlažna depozicija odnosi se na kiselu kišu, maglu ili snijeg. Sve ove kisele padaline izvana i kroz zemlju utječu na biljke i životinje. Jačina tog utjecaja ovisi o nizu čimbenika, od stupnja kiselosti vode, kemijskog i prihvatnog kapaciteta zemljišta, od tipa drveća, riba i drugih organizama u vodi.

Slika 7. Nastanak kiselih kiša i njihov utjecaj na ekosustav.



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Pod djelovanjem kiselih kiša propada šumska vegetacija, uništavaju se poljoprivredne površine i dolazi do uginuća riba u jezerima. Posebno su ugrožene šume, koje na pojedinim područjima u fazi propadanja imaju i veše od 40% jedinki.¹⁴ Taj proces propadanja naziva se umiranje šuma. Uz to kisele kiše djeluju na sve predmete na Zemlji: izazivaju urušavanje i koroziju spomenika, fasada, kamenih i metalnih kipova i dr. Uništavanje kamenih spomenika, skulptura i ukrasa, naročito u gradskim područjima naziva se kamena erozija. Iako postoje naznake da većina država (ponaprije europskih) odlučno nastoji smanjiti štetne emisije SO_2 , CO_2 i NO_x , te se u japanskom gradu Kyotu u prosincu 1997., pokušalo postaviti pravno obavezujuće ograničenje emisije kako za industrijalizirane tako i za države u razvoju. SAD je pokušao zadržati svoju razinu emisije prijedlogom da se uvedu kvote na temelju kojih bi države mogle ispustiti određene količine onečišćujućih tvari ili takvo svoje pravo prodati drugim državama. Taj i slični prijedlozi naišli su na oštru kritiku ekologa koji na sve države vrše pritisak da smanje emisiju. Jedino pravo rješenje je redukcija emisije SO_2 , CO_2 i NO_x , što je moguće ostvariti reguliranjem emisija iz industrija, povećanjem energetske efikasnosti, korištenjem alternativnih izvora energije i programima smanjenja onečišćenja.

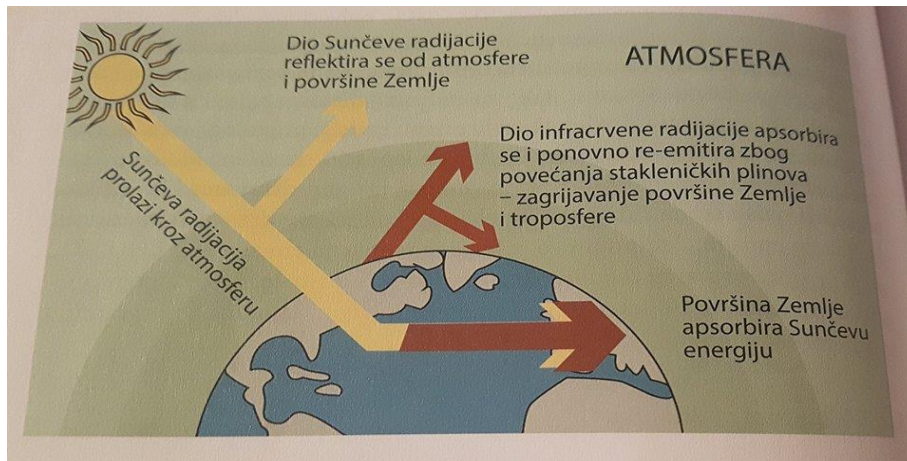
¹⁴ Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

6.2 EFEKT STAKLENIKA

Efekt staklenika ¹⁵(engl. *greenhouse effect*) najjednostavnije se može definirati kao porast temperature zraka u atmosferi, izazvan stakleničkim plinovima. To je proces u kojem se toplinsko zračenje s površine Zemlje apsorbira u atmosferi, a apsorbiraju ga staklenički plinovi te dolazi do ponovnog zračenja u svim smjerovima. Dio tog zračenja dolazi natrag u niže slojeve atmosfere i na Zemljinu površinu, što dovodi do toga da je temperatura u tim dijelovima viša nego da dolazi samo od solarnog zračenja. Na Zemlji djeluje i prirodni i antropogeni efekt staklenika. Prirodno prisutan efekt staklenika je proces kojim se zagrijavaju Zemljina površina i atmosfera. Bez njega bi temperatura na Zemlji bila približno 30°C niža (oko -18°C) te život u ovom obliku vjerovatno ne bi postojao. Kratkovalne Sunčeve zrake prodiru velikim dijelom na površinu Zemlje, ali dugovalne toplinske zrake koje Zemlja isijava sa svoje zagrijane površine dobrim dijelom apsorbira atmosfera. Na taj se način smanjuje zahlađivanje. Prirodnom stakleničkom efektu najviše doprinosi vodena para, a dijelom i staklenički plinovi, ukupna koncentracija kojih u troposferi nije viša od 0,1%. Staklenički plinovi su: CO₂, CH₄, NO₂, CFC (klorofluorougljik) i O₃ (ozon). Prirodni staklenički efekt povećavaju povišenje koncentracije spomenutih plinova, kao i umjetno stvorenih plinova (iz industrije i drugih djelatnosti).

¹⁵ Jean-Baptiste Joseph Fourier, francuski fizičar i matematičar, shvatio je 1824. godine da temperatura na Zemljine površine u velikoj mjeri ovisi o plinovima u Zemljinoj atmosferi, te je postavio temelje pojma koji će mnogo kasnije dobiti naziv „efekt staklenika“. Već je 1827. godine bilo poznato da su vodena para i CO₂ glavni staklenički plinovi te da povećanje njihove koncentracije može uzrokovati povišenje temperature u nižim slojevima atmosfere. Švedski kemičar Svante Arrhenius proučavao je devedesetih godina XX. st. Fourierove radove i zaključio da ljudi, izgarajući ugljen, povećavaju koncentraciju CO₂ u atmosferi te da povećanje koncentracije CO₂, zarobljavajući energiju Sunčevog zračenja u atmosferi, može dovesti do povišenja temperature na Zemlji.

Slika 8. Shematski prikaz pojave „efekta staklenika“.



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013

U posljednjih dvjestotinjak godina, izgaranjem fosilnih goriva koja se koriste kao glavni izvor energije, koncentracija stakleničkih plinova brzo se mijenja, uslijed čega dolazi do promjene klime.¹⁶ Najviše pozornosti pri proučavanju efekta staklenika pridaje se ugljikovu dioksidu (CO₂). Velik porast koncentracije CO₂ prvenstveno je posljedica sagorjevanja fosilnih goriva i deforestacije.¹⁷ Smatra se da je u atmosferi ostalo približno 50% CO₂ koji je emitiran ljudskom aktivnošću. Postoje mišljenja kako će se koncentracija CO₂ u atmosferi do 2100. godine povećati između 50 i 300%. Prema nekim procjenama temperatura na površini Zemlje povisit će se između 1 do 5 °C. U posljednjih 2500 godina udvostručila se i koncentracija metana (CH₄) koji u prirodi nastaje razgradnjom organskih tvari bez prisutnosti kisika. Antropogenim djelovanjem najčešće nastaje u uzgoju riže, uzgojem stoke (bakterije u želucu jedne krave dnevno proizvedu oko 100 litara CH₄), na odlagalištima otpada, iskorištavanjem i transportom zemnog plina i u termoelektranama. Dušikov oksid čija koncentracija također raste, nastaje kao posljedica poljoprivredne i industrijske proizvodnje i iz prometa. Dušikov oksid ima 310 puta veće djelovanje na efekt staklenika od ugljikova dioksida. Zbog povećanja koncentracije stakleničkih plinova dolazi do povećanja prosječne temperature Zemlje. Kao glavni krivac do sada je proglašavan CO₂, međutim najnoviji rezultati pokazuju da je promjena klime zadnjih

¹⁶ Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

¹⁷ Deforestacija predstavlja praksu ili procese koji rezultiraju promjenama šumskog pokrivača. Često se navodi kao jedan od glavnih uzročnika povećanja efekta staklenika, iz dva razloga: 1) sagorjevanje ili dekompozicija drveta oslobađa ugljikov dioksid; 2) stabla koja su uklanjala ugljikov dioksid iz atmosfere u procesu fotosinteze nisu više prisutna i ne pridonose skladištenju ugljika. Deforestacija je odgovorna za 20%-tno globalno povećanje emisija stakleničkih plinova koji uzrokuju klimatske promjene. Područje Amazone u Južnoj Americi te južna i jugoistočna Azija najviše su pogođeni trendom deforestacije.

dvadesetak godina najvećim dijelom uzrokovana tropoferskim ozonom (O₃), metanom (CH₄), klorofluorogljicima (CFC) i vrlo sitnim česticama čađi.

Tablica 5. Koncentracija stakleničkih plinova, životni vijek i staklenički potencijal.

| Staklenički plin | Kemijska formula | Koncentracija prije urbanizacije | Koncentracija nakon urbanizacije | Vrijeme života u atmosferi (godina) | Glavni izvori | Staklenički potencijal zagrijavanja |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| Ugljikov dioksid | CO ₂ | 280 ppm ¹⁸ | 380 ppmv ¹⁹ | 50 – 200 | Fosilna goriva, sječa šuma, proizvodnja cementa | 1 |
| Metan | CH ₄ | 700 ppm | 1720 ppmv | 12 – 17 | Fosilna goriva, rižina polja, | 21 |
| Dušikov oksid | N ₂ O | 275 ppm | 312 ppmv | 120 – 150 | Gnojidba, industrijski procesi | 310 |
| CFC | CFC ₁₂ | 0 | 503 pptv ²⁰ | 102 | Tekuća rashladna sredstva, pjene | 125 – 152 |
| HCFC | HCFC ₂₂ | 0 | 105 pptv | 13 | Tekuća rashladna sredstva | 125 |
| Ugljikov tetrafluorid | CF ₄ | 0 | 110 pptv | 50 000 | Proizvodnja aluminija | 6500 |
| Sumporov heksafluorid | SF ₆ | 0 | 72 pptv | 1000 | Proizvodnja magnezija | 23 900 |

Izvor: UNEP – GRID: Arendal Publications, Vital Graphics, 2000.

Efekt staklenika djeluje na globalnu temperaturu atmosfere, topljenje ledenog pokrivača, porast razine mora, a samim time i na biljni i životinjski svijet te na zdravlje ljudi. Paralelno s globalnim zagrijavanjem teče proces zastiranja Sunčeve svjetlosti (engl. *global dimming* – globalno zatamljenje) krupnim česticama koje nastaju onečišćenjem zraka diljem svijeta, posebno u industrijaliziranim područjima i područjima crpljenja plina, nafte, ugljena i slično. Globalno zatamljenje je postupno smanjenje količine Sunčeva zračenja koji dolazi do površine

¹⁸ Skraćenica od engl. *parts per million*; koristi se za izražavanje koncentracije u relativnim proporcijama, 1 ppm predstavlja 1 dio na 10⁶ dijelova ili vrijednosti 10⁻⁶.

¹⁹ Milijuntni dio po jedinici volumena.

²⁰ Trilijuntni dio po jedinici volumena.

Zemlje, a nastaje zbog povećane količine sitnih čestica koje su u atmosferu dospjele ljudskim djelovanjem (izgaranjem raznih goriva). Problem koji uzrokuje globalno zatamljenje je zapravo povećana količina aerosola u atmosferi jer sitne kapljice vode tada imaju puno više čestica na koje se mogu sakupljati i time nastaje puno više sitnih kapljica u oblaku nego što bi ih bilo u normalnim uvjetima. Te kapljice vode puno efikasnije odbijaju Sunčevo zračenje natrag u svemir jer je ista količina vode tada rasprostranjena u više kapljica. Posljedica tog procesa je snižavanje temperature, odnosno hlađenje. Kada nebi bilo tog procesa, ukupno bi globalno zagrijavanje bilo još intenzivnije. Globalno zatamljenje zapravo smanjuje utjecaj zagrijavanja pa su to dvije suprotstavljene pojave. **Mjere za smanjenje emisije stakleničkih plinova uključuju: korištenje obnovljivih izvora energije, povećanje energetske učinkovitosti, energetska korištenje otpada, promjenu tehnologija u industriji, korištenje javnog prijevoza te pošumljavanje.**

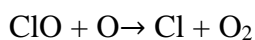
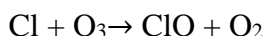
6.3 SMANJIVANJE OZONSKOG OMOTAČA OKO ZEMLJE

Ozonska rupa (engl. *ozone hole*) kao okolišni problem datira iz sedamdesetih godina XX. stoljeća, kada je uočeno da neki kemijski proizvodi koje je stvorio čovjek mogu razgraditi ozon (O_3)²¹ i oštetiti ozonski omotač Zemlje.²² Udio ozona u atmosferi je vrlo malen, ali je od vitalnog značenja za život na Zemlji. Nalazi se u dva sloja atmosfere: 10% u troposferi, odnosno u sloju atmosfere udaljenom 10 do 16 kilometara od Zemljine površine, i 90% u stratosferi, prije svega između gornjeg dijela troposfere i oko 50 km nadmorske visine iznad Zemlje. Ozon u stratosferi često se naziva ozonski omotač. U atmosferi ozon nastaje kemijskim procesima pod utjecajem Sunčevih zraka. U stratosferi taj proces počinje molekulom kisika (O_2) koju razbijaju Sunčeve ultraljubičaste zrake, pri čemu nastaju dva atoma kisika ($2O$). Svaki atom kisika spaja se sa jednom molekulom kisika i time nastaje molekula ozona (O_3). Proces se odvija neprekidno dok god ima Sunčevih zraka u stratosferi. U troposferi ozon nastaje lančanom kemijskom reakcijom u koju su uključeni plinovi koji sadrže ugljikovodike i dušikov oksid. Sagorjevanje fosilnih goriva primarni je izvor onečišćenja i nastajanja troposferskog ozona.

²¹ Ime potječe od grčke riječi *ozein*, što u prijevodu znači „smrdi“. Prirodno se nalazi u atmosferi, a laboratorijskim eksperimentima otkriven je sredinom XIX.st.

²² Ozonska rupa je područje u Zemljinoj atmosferi, u pravilu iznad polarnih krajeva, u kojem je ozonski omotač stanjen a koncentracija ozona smanjena, što je posljedica reakcije molekula ozona s klorom.

Ozon u stratosferi apsorbira dio Sunčevih štetnih ultraljubičastih zraka, zbog čega se smatra „dobrim“ ozonom, a ozon pri površini Zemlje, nastao sagorjevanjem fosilnih goriva, „lošim“ ozonom. Smanjenjem emisije uslijed sagorjevanja fosilnih goriva mogu se smanjiti i koncentracija lošeg ozona u području u kojem žive ljudi, biljke i životinje. Pojedini industrijski procesi uzrokuju emisije plinova halogena²³ u atmosferu. Ti plinovi navode klor i brom u stratosferu, gdje uz pomoć ultraljubičastih Sunčevih zraka uzrokuju onečišćenje ozonskog omotača.²⁴ Hipoteza iz 1974. godine objašnjava fotodisocijaciju freona u atmosferi i nastanak klora, koji potiče lančanu reakciju koja dovodi do smanjenja ozona:



U kemijskoj reakciji u kojoj atomi klora reagiraju s molekulom ozona pa nastaje klorov oksid (ClO) i molekula kisika uništava se ozon. U drugoj reakciji klorov oksid reagira s atomom kisika pa nastaju klor i molekula kisika. Klor se ponovno oslobađa i reagira s novom molekulom ozona. Procjenjuje se da tijekom jedne do dvije godine koliko je srednje vrijeme zadržavanja atoma klora u atmosferi, jedan atom klora može uništiti do 100 000 molekula ozona. Neka od reakcija koje oštećuju ozon postaju naručito efektive u polarnim područjima, jer se tamo tijekom kasne zime i ranog proljeća u visokim koncentracijama javlja reaktivni plin klorov monoksid (ClO). Vrlo niske temperature stratosfere Antarktike²⁵ stvaraju ledene oblake koji se nazivaju stratosferskim oblacima (PSO). Posebne reakcije koje se odvijaju na PSO, te relativna izolacija polarnog stratosferskog zraka, omogućavaju da reakcije klora i broma dovedu do nastanka ozonske rupe tijekom antartičkog proljeća. Gubitak ozona je vrlo malen u području ekvatora i raste s povećanjem geografske širine prema polovima. Proizvodnja plinova koji uništavaju ozon regulirana je Montrealskim protokolom o tvarima koje oštećuju ozonski

²³ Halogeni elementi nalaze se u 17. skupini kemijskih elemenata (staro VII ili VIIA) u periodnom sustavu: fluor (F), klor (Cl), brom (Br), jod (I), astat (At) i još neotkriven ununseptij (Uus). Izraz „halogen“ spojen je s elementima koji daju sol u spoju s metalima. Spomenut je u Francuskoj u XVIII. st., a ima grčke korijene.

²⁴ Klorofluorouglik (CFC), nekad korišteni u gotovo svim rashladnim sustavima i klima-uređajima, stignu u stratosferu gdje se razgrađuju, da bi u konačnici oslobodili atome klora koji oštećuju ozonski omotač. Ozonski omotač oštećuju i haloni koji se koriste u uređajima i aparatima koji sadrže atome broma. Proizvodnja i potrošnja svih glavnih plinova izvora halogena na svijetu, koji su posljedica ljudskih djelatnosti, regulirani su Montrealskim protokolom o tvarima koje oštećuju ozonski omotač. Emisije regulirane Montrealskim protokolom smanjile su od 1990., a očekuje se i dlnje njihovo smanjivanje.

²⁵ Prvi put u postojanju ozonske rupe nad Antarktikom svjetska je znanstvena javnost saznala 1985. kada su atmosferski znanstvenici Britanske antaktičke ekspedicije objavili rezultate 30-godišnjih mjerenja totalnog ozona nad Helleovim zaljevom na Antarktici. Rezultati su ukazivali na začuđujući trend smanjivanja količine ozona u australsko proljeće od 1975. nadalje, što je u razdoblju 1977.-84. iznosilo čak 40%.

omotač koji je potpisan 16. rujna 1987.²⁶, te njegovim kasnijim izmjenama i dopunama.²⁷ Protokol je stupio na snagu 1989., a uspostavio je kako za razvijene tako i za države u razvoju zakonski obvezujuću kontrolu proizvodnje i potrošnje plinova izvora halogena za koje je poznato da uništavaju ozon. Svrha Montrealskog protokola je da se postigne smanjenje sadržaja klora i broma u stratosferi. To smanjenje prizlazi iz ograničenja proizvodnje i potrošnje proizvedenih plinova izvora halogena. Potrošnja halogenskog plina neke države, prema definiciji, je razlika ukupne proizvodnje i uvoza s jedne te izvoza tih tvari s druge strane.

Slika 9. Ciklus razaranja ozona iznad Antarktike (prema NASA/ British Antarctic Survey).



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

²⁶ Međunarodni dan zaštite ozonskog omotača obilježava se 16. rujna.

²⁷ Montrealskom protokolu predhodila je tzv. Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača, potpisana od strane 20 država 1985. godine u Beču.

Za prizemno onečišćenje ozonom američke agencije za praćenje kvalitete zraka ustanovile su prag od 0,12 ppm, koji prosječna jednosatna vrijednost nebi smjela prelaziti više od jednom godišnje. Prag Svjetske organizacije iznosi 0,1 ppm. Pod pretpostavkom globalnog provođenja Montrealskog protokala sredinom XXI. stoljeća očekuje se znatan oporavak ozonskog omotača.

6.4 GLOBALNE PROMJENE TEMPERATURE NA ZEMLJI - TREND ZAGRIJAVANJA

Pleistocensko ledeno doba započelo je približno prije 2,5 milijuna godina i od tada se srednja godišnja temperatura na Zemlji često mjenjala, a time i klima.²⁸ Važno je razlikovati klimu od vremena.

Klima je prosječno stanje vremena nad nekim mjestom ili manjim ili većim područjem Zemlje u nekom dužem vremenskom razdoblju. Vrijeme je dnevna promjena čimbenika kao što su temperature, oborine ili vjetar.

Promjena klime na Zemlji događala se redovito tijekom geološke prošlosti. U posljednjih milijun godina redovito se javljaju klimatski ciklusi, koje se pojavljuju svakih 100 000 godina, a u okviru njih pojavljuju se i ciklusi kraćega trajanja od 40 000 i 20 000 godina. Te je cikluse 1920. godine po prvi puta identificirao Milutin Milanković.²⁹ Ciklusi koji se pojavljuju svakih 100 000 godina nastaju kao posljedica promjena u Zemljinoj orbiti oko Sunca. Ti ciklusi koreliraju s razdobljima glacijala³⁰ i interglacijala.³¹ Ciklusi koji se pojavljuju svakih 40 000 i 20 000 godina posljedica su promjena u nagibu i kolebanju Zemljine osi. Milankovićevi ciklusi (teorija glacijalnih razdoblja) objašnjavaju dugotrajne klimatske cikluse, međutim njihov efekt

²⁸ Pleistocensko ledeno doba, u kojemu se *Homo sapiens* prvi put pojavio na Zemlji i napokon zauzeo sve glavne svjetske kopnene mase, trajalo je oko 2 500 000 godina i završio prije otprilike 10 000 godina. Razdoblje je to velikih klimatskih mijena kada su Zemlju zahvaćale učestale izmjene krajnje topline i hladnoće, velike kiše i suše, mnogo oštrije od svih onih koje se pamte posljednjih stoljeća.

²⁹ Znanstvenik Milutin Milanković rođen je 1879. godine u Dalju, mjestu nedaleko od Osijeka. Povijest i znanost upamtile su ga po tzv. Milankovićevim ciklusima, teoriji koja tumači pojavu ledenih doba kao posljedicu Zemljinih astronomskih gibanja.

³⁰ Glacijali su bili ledena razdoblja u kojima se kontinentalni led širio daleko na jug, te se usporedno s tim snježna granica spuštala mnogo niže nego što je danas. Glacijali su bili različita trajanja i isto tako različita intenziteta.

³¹ Interglacijali su bili razdoblja između dva glacijala u kojima je temperatura bila viša, a led se povlačio u visoke sjeverne predjele. Neki znanstvenici tvrde kako mi živimo u jednom takvom razdoblju te kako će nakon određenog broja godina ponovno nastupiti glacijal.

na količinu Sunčeve energije koja dolazi na Zemlju nije dovoljan da bi mogao u potpunosti objasniti velike klimatske promjene koje su se događale tijekom geološke prošlosti.

Slika 10. Milankovićeви ciklusi.

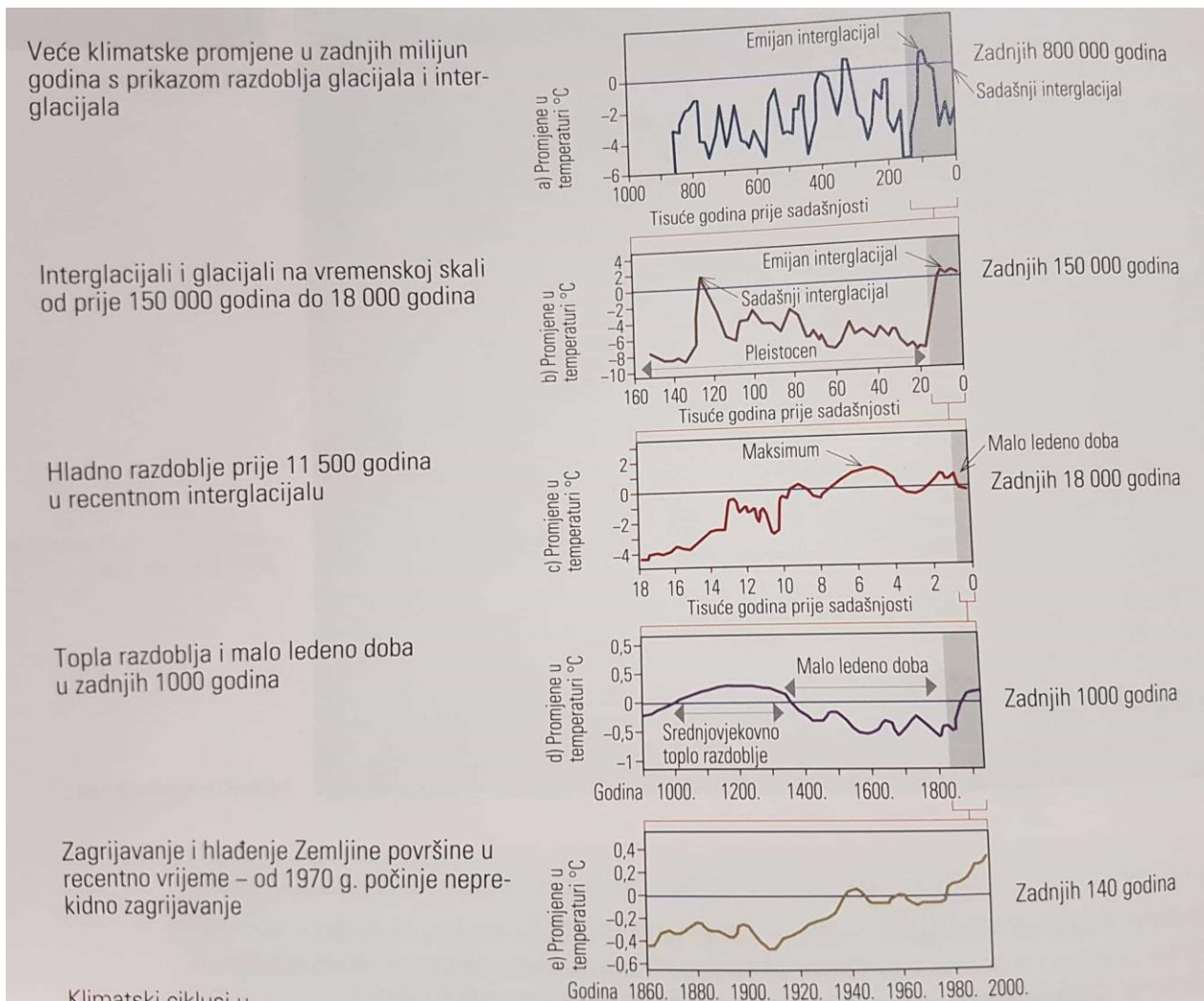


Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013

Milankovićeve cikluse treba promatrati kao prirodne mehanizme koji zajedno s drugim procesima mogu stvarati klimatske promjene. Kraći su ciklusi također zabilježeni i postoje određene indikacije o pojavi ciklusa kojih se pojavljuju svakih 1500 godina, kroz posljednjih nekoliko tisuća godina. Ako su pretpostavke u prirodnim ciklusima točne, potrebno je razlikovati globalno zagrijavanje uzrokovano prirodnim mehanizmima od zagrijavanja koja je posljedica ljudske aktivnosti. Trend zagrijavanja na Zemlji traje od 1750. godine do 40-ih godina XX. stoljeća, kada je zagrijavanje nakratko prekinuto. Od 70-ih godina XX. stoljeća trend zagrijavanja je ponovno prisutan, a u posljednjih 140 godina globalna srednja temperatura porasla je za oko 0,5 °C.³²

³² Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Slika 11. Klimatski ciklusi u zadnjih milijun godina geološke prošlosti Zemlje (prema Keller, 2000.).



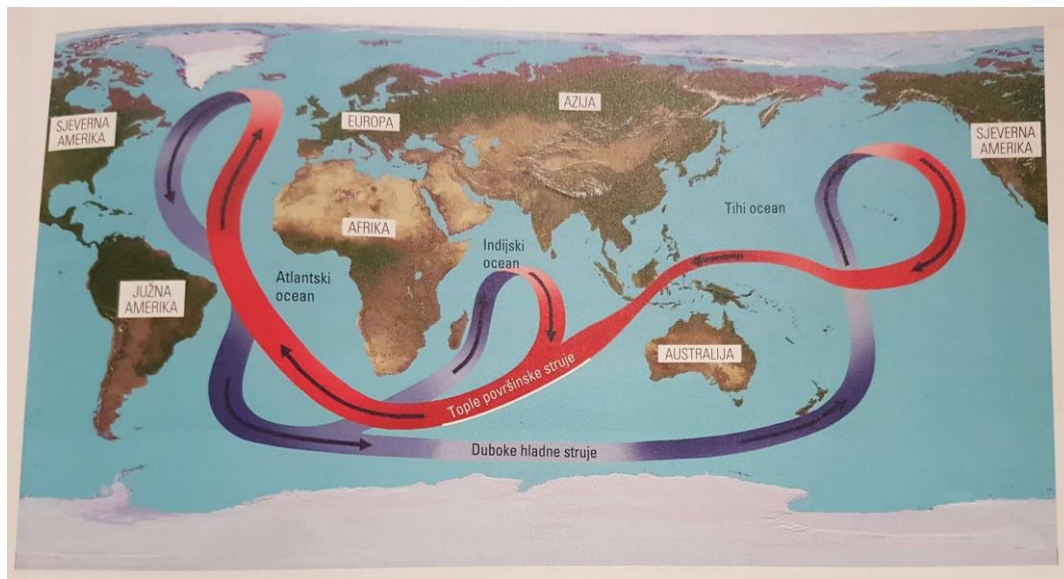
Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

Dodatni dokaz za globalno zagrijavanje dolazi od proučavanja ledenjaka na Zemlji. Rast i otapanje ledenjaka u korelaciji je s trajanjima ledenih doba tijekom geološke prošlosti. Za vrijeme ledenog doba u pleistocenu ledenjaci su pokrivali gotovo 30% površine Zemlje. Danas, u vrijeme interglacijala, svega oko 10% površine Zemlje pokriveno je ledenjacima. Zabilježeno je da se većina ledenjaka nalazi u fazi topljenja, a tek ih vrlo mali broj raste.

Globalni mehanizam cirkulacije oceanske vode može imati značajan utjecaj na klimatske promjene na Zemlji. Radi se o cirkulaciji oceanske vode, koja se događa u globalnom mjerilu i obuhvaća porast vode s količinama koje su stotinu puta veće od količine vode koja teče rijekom Amazonom. Oceanska voda, temperature 12 - 13°C, kreće se u Atlanskom oceanu prema sjeveru i u blizini Grenlanda hladi se na temperaturu 2 – 4 °C. Hlađenjem oceanske vode povećava se

salinitet i gustoća vode, što uzrokuje njezino tonjenje prema dnu. Strujanje vode od Grenlanda prema jugu i dalje prema istoku odvija se neposredno uz dno oceana. U Tihom oceanu hladna struja se diže prema površini, gdje se zagrijava i struji ponovno prema zapadu. Količina tople vode i toplina što ju isijava taj topli pojas oceanske vode zagrijava Europu na 5 – 10 °C višu temperaturu nego što bi bila da nema toga pojasa.

Slika 12. Globalni mehanizam cirkulacije oceanske vode na Zemlji (prema M.L.Cain, W.D.Bowman i S.D.Hacker, 2008.)



Izvor: Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

6.5 GLOBALNE KLIMATSKE PROMJENE

Globalne klimatske promjene (engl. *global climate change*)³³ predstavljaju promjenu klime svjetskih razmjera koja se izravno ili neizravno može pripisati ljudskim djelatnostima. Klima se na Zemlji mijenja zbog čovjekova djelovanja koje mijenja kemijski sastav u atmosferi nagomilvanjem stakleničkih plinova, ponajprije ugljikova dioksida (CO₂), metana (CH₄) i dušikovih oksida (NO_x).

³³ Termin se često koristi i kao sinonim za globalno zagrijavanje.

Od početka industrijske revolucije koncentracija ugljikova dioksida u atmosferi povećala se za 30%, koncentracija metana se udvostručila, a dušikova oksida povećala za 15%. povećana količina ugljikova dioksida i ostalih stakleničkih plinova koji se oslobađaju u atmosferu posljedica je spaljivanja fosilnih goriva (nafta, ugljen, plin), uništavanja šuma u korist poljoprivrede te ostalih ljudskih aktivnosti.³⁴

Do globalnog zagrijavanja (eng. *global warming*) dolazi kada se koncentracija određenih plinova (poznatih kao staklenički plinovi), posebno CO₂ i klorofluorouglijika CFC (freon), povećava u atmosferi, čemu je uzrok čovjekova i industrijska djelatnost. Glavni staklenički plin je ugljikov dioksid (CO₂) koji se stvara korištenjem ugljena, nafte i plinova, kao i uništavanjem šuma i šumskih površina. Daleko najveći uzrok globalnih klimatskih promjena, točnije globalnog zagrijavanja, je korištenje fosilnih goriva (uglavnom nafte i ugljena). Smanjenje korištenja fosilnih goriva trenutačno je vrlo teško izvedivo zbog stalnog rasta gospodarstva i stalne potrebe optimizacije proizvodnje, a sama optimizacija znači smanjenje ulaganja u čiste i obnovljive izvore energije jer su takvi izvori energije na početku u pravilu skuplji od fosilnih goriva. Drugi uzrok je uništavanje šuma. Šume su bitne za održavanje normalne razine stakleničkih plinova zbog postupka fotosinteze. Biljke prilikom postupka fotosinteze uzimaju CO₂ iz atmosfere, a ispuštaju kisik natrag u atmosferu, čime izravno utječu na razinu stakleničkih plinova u atmosferi. Zbog stalnog povećanja broja ljudi na Zemlji potrebno je i više hrane, pa se zbog toga radi deforestacija šuma³⁵ u korist širenja obradivih površina za stočarstvo i poljoprivredu. U posljedice globalnog zagrijavanja ubrajamo i suše i nestašicu vode te uragane i požare.³⁶ Opažaju se i promjene u flori i fauni, koje se ogledaju u izumiranju onih vrsta koje nisu u stanju prilagoditi se ili naći druga staništa. Vjerojatno će najdramatičnija posljedica globalnog zagrijavanja biti povećanje razine mora za 1 metar do kraja XXI. st.³⁷ Povećanje temperature proširit će utjecaj nekih bolesti, poput malerije koja već sada ubija milijun ljudi godišnje, uglavnom djecu.

Procjenjuje se da se od 1900. do 2005. godine temperatura na Zemlji povećala u prosjeku između 0,4°C i 0,8°C te da će, ukoliko ispuštanje stakleničkih plinova nastavi rasti

³⁴ Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

³⁵ Deforestacija (zajedno sa poplavama) stvorila je 25 milijuna „okolišnih izbjeglica“ (što je 2005. predstavljalo 55% izbjegličke populacije u svijetu).

³⁶ Primjerice poplava u istočnoj Europi i Kini (više od 4 milijuna ugroženih u poplavama) u ljeto 2002. godine te u isto vrijeme pojava velikih suša u Sjevernoj Americi.

³⁷ Povećanje razine mora izbrisat će cijele države, poput male otočne države Tuvalu, čija je nadmorska visina 2 metra. U Europi, a pogotovo u Hrvatskoj, obalna područja suočit će se s velikom opasnošću.

dosadašnjim tempom, globalno povećanje prosječne temperature na Zemlji do 2100. godine biti između 1,4°C i 5,8°C³⁸

Postoji suglasnost kako se sadašnje ukupne emisije CO₂ u svijetu trebaju smanjivati više od 50% kako bi se stabilizirala njegova koncentracija u atmosferi i ublažile posljedice klimatskih promjena. Protokol iz Kyota, uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), dodatak je međunarodnom sporazumu o klimatskim promjenama, propisanog s ciljem smanjivanja emisije ugljikova dioksida i drugih stakleničkih plinova. Protokol je stupio na snagu 16. veljače 2005., kada ga je ratificirala Rusija. Države koje su ga ratificirale čine 61% onečišćivača, a Protokol obvezuje države potpisnice da do 2012. godine smanje emisiju CO₂ u prosjeku za 5,2% u odnosu na referentnu 1990.

³⁸ Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.

7. OKOLIŠNI PROBLEMI, KVALITETA ŽIVOTA I LJUDSKO ZDRAVLJE

Generalno bez zraka nema života. Čist zrak je neophodan svim živim bićima, ali i ljudskom okolišu i prirodi. O njegovoj kakvoći ovisi zdravlje svih bića koja ga udišu.³⁹ Industrijskom revolucijom i nekontroliranim ljudskim djelovanjem kakvoća zraka drastično je narušena, što se odražava na klimatske promjene, ali i na samo zdravlje čovjeka. Promjene sustava zraka imaju izravan utjecaj na život biljaka, životinja i ljudi, a onečišćivala u bilo kojem obliku uzrokuju brojne nepoželjne efekte na čovjeka i okoliš. Zrak ima presudan utjecaj na kvalitetu života pa ne čudi veliki interes javnosti za kvalitetu zraka, kao i veliko nezadovoljstvo u situacijama kada je ona narušena.⁴⁰ Onečišćenje zraka širok je pojam koji se odnosi na svako kemijsko, fizikalno ili biološko djelovanje koje mijenja prirodne karakteristike atmosfere. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji u zraku je dokazano 188 polutanata, od kojih su 33 dokazano štetna za zdravlje ljudi. Najčešće uočeni štetni efekti odnose se na respiratorni sustav, i to u vidu akutnih i kroničnih respiratornih oboljenja, od kojih su posebno značajni upala pluća, bronhitis, astma te maligna oboljena (naročito bronha i pluća). Mjerama prevencije nastoji se spriječiti ili smanjiti onečišćivanje zraka. Ponajprije se preporuča korištenje tehnoloških procesa koji ne onečišćuju zrak („čista tehnologija“, engl. *clean technology*) te pravilan izbor goriva, odnosno smanjivanje uporabe fosilnih goriva. Također se preporuča kontrola emisija tijekom i nakon sagorjevanja te korištenje dodatnih filtera na ispuštima za zrak. Ali prije svega potrebna je promjena načina života u smislu manjeg trošenja energije ili uporabe alternativnih izvora.

³⁹ Prema nekim istraživanjima, dnevno udahnemo 20 000 puta i pritom unesemo 12 000 litara zraka u naša pluća da bismo pribavili kisik neophodan za život.

⁴⁰ Najgora katastrofa zbog zagađivanja zraka dogodila se u Indiji 1984., a poznata je kao Bhopalska katastrofa. Ispušteni industrijski otrovi ubili su više od 2000 ljudi i ozlijedili između 150 000 i 600 000 ljudi, od kojih je oko 6000 kasnije umrlo od tih ozljeda. Za slučajno ispuštanje spora antraksa (bedrenice) iz laboratorija biološkog oružja u bivšem SSSR-u 1979. blizu Sverdlovska vjeruje se da je uzrok stotinama mrtvih civila. Godine 1991. politika „spaljene zemlje“ iračkog diktatora Saddama Husseina u Kuvajtu uzrokovala je okolišnu štetu požarima na naftnim poljima. Zapaljeno je više od milijarde barela nafte (više od 117 milijardi litara), a visoki stupovi gustog otrovnog dima uzrokovali su katastrofu golemih razmjera. Kuvajčani i danas pate od zdravstvenih problema, a povećan je i broj oboljelih od karcinoma.

8. BORBA PROTIV ZAGAĐENJA ZRAKA ZBOG RAFINERIJE U BOSANSKOM BRODU

Zrak u Slavonskom Brodu, zbog rafinerije iz Bosanskog Broda, u nekim je trenutcima zagađen čak do 40 puta više od dopuštenog, a lebdeće čestice izazivaju najteže posljedice odnosno teška oboljenja. Borba protiv toga traje već deset godina. Ali bez uspjeha. Prije 10 godina je u Bosanskom Brodu ponovno počela raditi rafinerija. Od tada je zagađenje zraka u Slavonskom Brodu iznad dopuštenog i izdrživog. Ta je rafinerija izgrađena prije 32 godina, 1986. i nije uopće namijenjena preradi nafte kakvu danas prerađuje. Brođani ne smiju otvarati prozore od smrada, a o potencijalnoj kancerogenosti uopće se ni ne govori. Cijelo vrijeme nafta koju Bosanski Brod prerađuje i stvara zagađenje zraka – u rafineriju dolazi preko Hrvatske, Janafom. Šesti grad po veličini u Hrvatskoj 10 godina ne može disati.

Samo ove godine, u samo jednoj generaciji i samo jednoj školi, troje djece je dobilo karcinom. Ukupan broj oboljele djece od karcinoma, bronhitisa i ostalih bolesti se toliko povećao da se postavlja pitanje hoće li građani Slavonskog Broda preživjeti sljedećih deset godina rada rafinerije.

Rafinerija u Bosanskom Brodu se ne bi trebala zatvoriti jer je ona izvor prihoda većini građana Bosanskog Broda; zato bi se trebala obnoviti tj. rekonstruirati, te na ispušne ventile ugraditi pročišćivače kako bi se spriječilo daljnje onečišćenje zraka u Slavonskom Brodu i okolici. Ovaj problem bi se trebao shvatiti vrlo ozbiljno jer svakoga dana raste broj oboljelih od različitih bolesti vezanih uz onečišćenje zraka. Građani Slavonskog Broda ne žele više puniti onkološke odjele, ne žele se zatvarati u domove u koje ionako zrak ulazi. Ne žele šutjeti! Žele samo čisti zrak za njihovu budućnost i za njihovu djecu, te njihovo djetinjstvo bez inhalatora.

8.1 IZVJEŠĆE O RAZINAMA ONEČIŠĆENOSTI I OCJENI KVALITETE ZRAKA U SLAVONSKOM BRODU ZA 2017. GODINU

Uredbom o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske ("Narodne novine" 1/14) određeno je pet zona i četiri aglomeracije za potrebe praćenja kvalitete zraka, prema kojoj Slavonski Brod ulazi u područje industrijske zone. Na području Slavanskog Broda trenutno postoje dvije mjerne postaje, Slavonski Brod - 1, aktivna od 30. siječnja 2010. godine i Slavonski Brod - 2 koja je s radom započela 1. kolovoza 2014. godine.

Prema razinama onečišćenosti s obzirom na propisane granične vrijednosti (GV), ciljne vrijednosti i dugoročne ciljeve utvrđuju se sljedeće kategorije kvalitete zraka:

- prva kategorija kvalitete zraka - čist ili neznatno onečišćen zrak: nisu prekoračene granične vrijednosti (GV), ciljne vrijednosti i dugoročni ciljevi za prizemni ozon,
- druga kategorija kvalitete zraka - onečišćen zrak: prekoračene su granične vrijednosti (GV), ciljne vrijednosti i dugoročni ciljevi za prizemni ozon.

Kategorije kvalitete zraka utvrđuje se za svaku onečišćujuću tvar posebno i odnosi se na zaštitu zdravlja ljudi, kvalitetu življenja, zaštitu vegetacije i ekosustava.

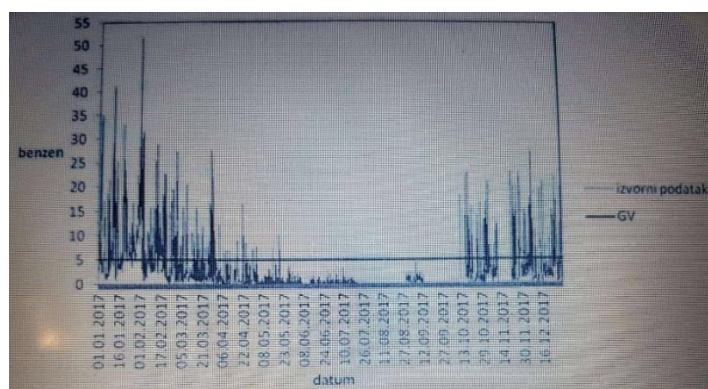
8.1.1. ANALIZA MJERNIH PODATAKA PREMA ONEČIŠĆUJUĆIM TVARIMA, MJERNA POSTAJA SLAVONSKI BROD-1

Analiza podataka kvalitete zraka radila se sa izvornim podacima preuzetim sa Državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka.

8.1.1.1. BENZEN

Maksimalna vrijednost benzena u 2017. godini iznosi $51,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja vrijednost benzena u godini iznosi $3,3011 \mu\text{g}/\text{m}^3$, što je manje od propisane godišnje granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku obzirom na zaštitu zdravlja ljudi, te sukladno tome zrak je 1. kategorije s obzirom na benzen.

Slika 13. Koncentracija benzena u zraku.

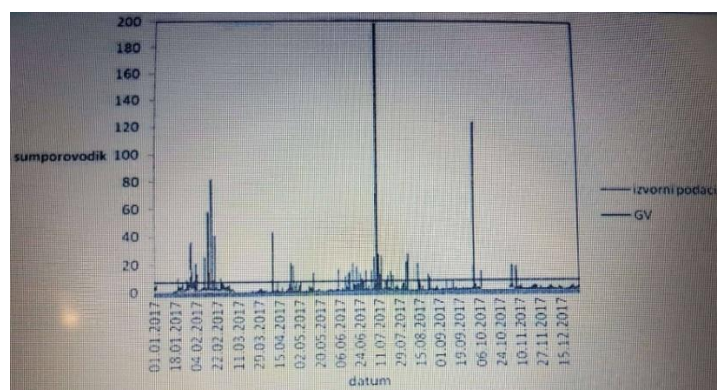


Izvor: <http://www.zzjzbpz.hr>

8.1.1.2. SUMPOROVODIK

Maksimalna vrijednost H₂S iznosi 198, 1 µg/m³. Srednja vrijednost H₂S u godini dana iznosi 1, 1931 µg/m³. Granična vrijednost H₂S za jedan sat iznosi 7µg/m³ koja ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine te granična vrijednost za 24 sata je 5 µg/m³, a koja ne smije biti prekoračena više od 7 puta tijekom kalendarske godine. Satna granična vrijednost prekoračena je 133 puta, a dnevna granična vrijednost 8 puta stoga je zrak II. kategorije obzirom na H₂S. Vodikov sulfid uzrokuje neugodan miris pri koncentracijama daleko ispod onih koje uzrokuju 39 zdravstvene opasnosti.

Slika 14. Koncentracija sumporovodika u zraku.

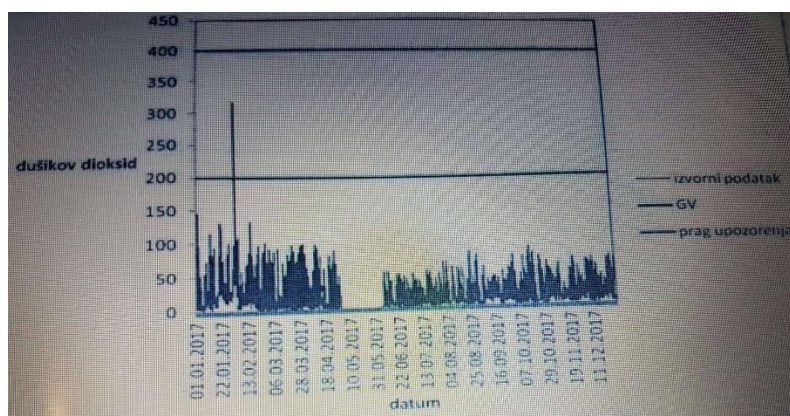


Izvor: <http://www.zzjzbpz.hr>

8.1.1.3 DUŠIKOV DIOKSID

Maksimalna vrijednost NO₂ iznosi 315,9 µg/m³. Srednja vrijednost NO₂ u godini dana iznosi 17,9698 µg/m³. Prag upozorenja, 400 µg/m³, nije prekoračen. Granična vrijednost NO₂ u jednom satu iznosi 200 µg/m³ i ona ne smije biti prekoračena više od 18 puta tijekom kalendarske godine, a u kalendarskoj godini granična vrijednost je 40 µg/m³ prema graničnim vrijednostima koncentracija onečišćujućih tvari u zraku obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. S obzirom da je satna grančna vrijednost NO₂ prekoračena 3 puta, a granična vrijednost za kalendarsku godinu nije prekoračena zrak je I. kategorije s obzirom na NO₂. Plinoviti NO₂ djeluje nagrizajuće za sluznicu očiju i nosa, a u tekućem obliku jako oštećuje kožu. Izloženost višim koncentracijama izaziva kašalj, gušenje, grlobolju, vrtoglavicu, te bolove u prsima i trbušnoj šupljini.

Slika 15. Koncentracija dušikovog dioksida u zraku.



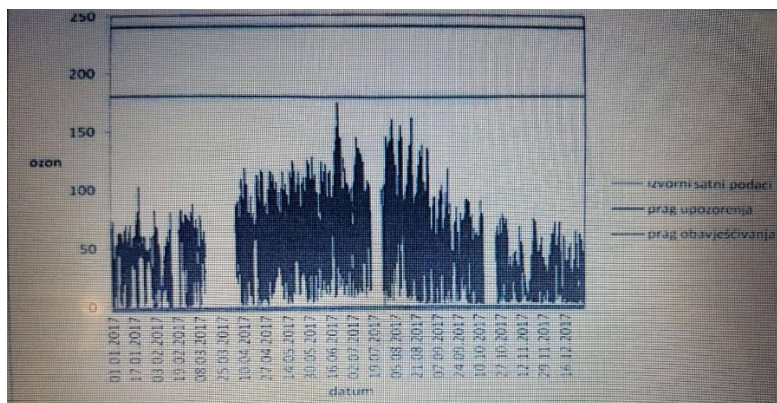
Izvor: <http://www.zzjzbpz.hr>

8.1.1.4 OZON

Maksimalna vrijednost O₃ iznosi 175,0 µg/m³. Srednja vrijednost O₃ u godini iznosi 46,3258 µg/m³. Sukladno Uredbi najviša dnevna osmosatna srednja vrijednost koncentracije ozona odabire se na temelju ispitivanja osmosatnih pomičnih prosjeka, izračunatih iz podataka dobivenih od jednosatnih vrijednosti i ažuriranih svaki sat. Svaki tako izračunati osmosatni prosjek pripada danu u kojem se završava, tj. prvo razdoblje izračunavanja za bilo koji dan je razdoblje od 17:00 prethodnog dana do 01:00 tog dana; posljednje razdoblje izračunavanja za

bilo koji dan je razdoblje od 16:00 do 24:00 tog dana. Ciljna vrijednost. $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne smije biti prekoračena više od 25 dana u kalendarskoj godini

Slika 16. Koncentracija ozona u zraku.

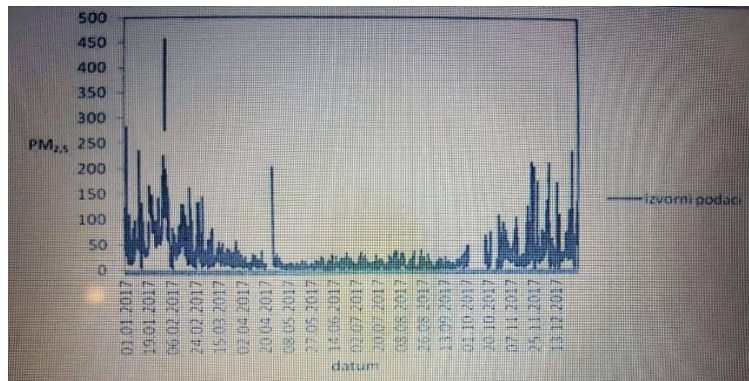


Izvor: <http://www.zzzjzbpz.hr>

8.1.1.5 LEBDEĆE ČESTICE PROMJERA MANJEG OD $2.5 \mu\text{m}$ I MANJEG OD $1,0 \mu\text{m}$

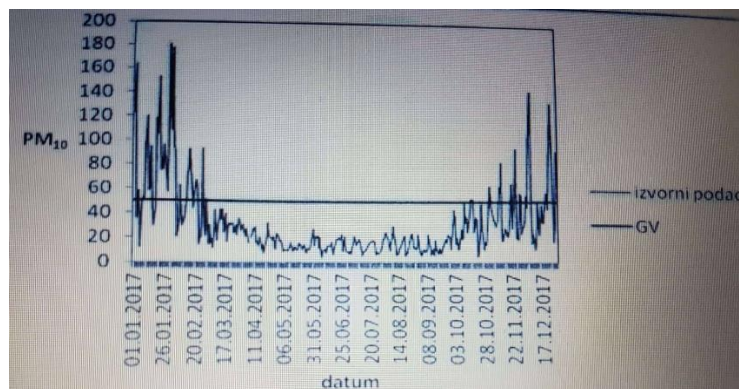
Maksimalna vrijednost $\text{PM}_{2,5}$ iznosi $457,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja vrijednost $\text{PM}_{2,5}$ u godini iznosi $27,7821 \mu\text{g}/\text{m}^3$, što je veće od ciljne vrijednosti, te sukladno tome zrak je II. kategorije s obzirom na $\text{PM}_{2,5}$. Maksimalna vrijednost PM_{10} iznosi $180,271 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednja vrijednost PM_{10} u godini iznosi $31,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sve lebdeće čestice mogu se udisanjem nataložiti u dišnom sustavu, no pretpostavlja se da $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10} predstavljaju veću opasnost za zdravlje, budući da prodiru dublje u pluća. Izloženost tim finim česticama povezuje se s promjenama u kardiovaskularnom sustavu, kao i s općenitim povećanjem stope smrtnosti. Granična vrijednost PM_{10} za 24 sata iznosi $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom godine, a granična vrijednost u kalendarskoj godini $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prema graničnim vrijednostima koncentracija onečišćujućih tvari u zraku. Dnevna granična vrijednost prekoračena je 61 puta stoga je zrak II. kategorije obzirom na PM_{10} .

Slika 17. Koncentracija lebdećih čestica PM_{2,5} u zraku.



Izvor: <http://www.zzzjbpz.hr>

Slika 18. Koncentracija lebdećih čestica PM₁₀ u zraku.



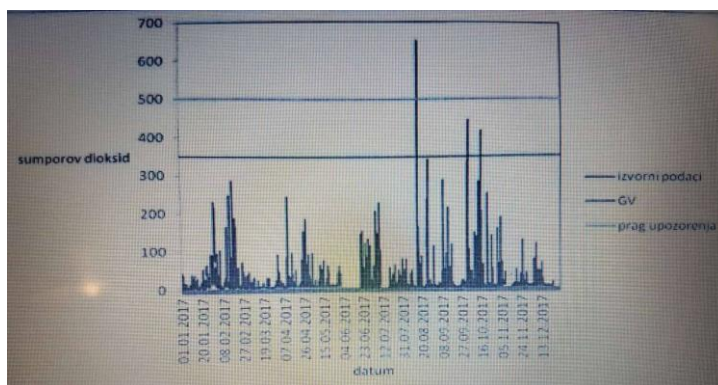
Izvor: <http://www.zzzjbpz.hr>

8.1.1.6 SUMPOROV DIOKSID

Maksimalna vrijednost SO₂ iznosi 651,0 µg/m³. Srednja vrijednost SO₂ iznosi 10,3227 µg/m³. Granična vrijednost SO₂ za jedan sat iznosi 350 µg/m³, te ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine, a granična vrijednost za 24 sata iznosi 125 µg/m³ te ne smije biti prekoračena više od 3 puta tijekom kalendarske godine. Satna granična vrijednost prekoračena je 3 puta u godini dana, a dnevna granična vrijednost 1 put što je manje od dozvoljenog broja prekoračenja određene Uredbom. Prag upozorenja, 500 µg/m³ koji se mjeri tijekom tri uzastopna sata na mjestima koja su reprezentativna za kvalitetu zraka na najmanje 100km² ili na čitavoj zoni ili aglomeraciji, ovisno što je od toga manje, nije prekoračen tijekom

2017. godine. Sukladno navedenom zrak je I. kategorije obzirom na SO₂. Sumporov dioksid utječe na dišni sustav i funkcije pluća, te uzrokuje iritaciju očiju. Upala dišnih puteva izaziva kašalj, sekreciju sluzi, pogoršanje astme i kroničnog bronhitisa te čini ljude podložnijima infekcijama dišnih puteva.

Slika 19. Koncentracija sumporovog dioksida u zraku.



Izvor: <http://www.zzjzbpz.hr>

Sukladno izvornim podacima sa državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u Slavonskom Brodu donosimo sljedeće zaključke: zrak je druge kategorije za PM₁₀, PM_{2,5} i H₂S, što znači da je onečišćen zrak⁴¹. Prekoračene su granične vrijednosti (GY), ciljne vrijednosti i dugoročni ciljevi za prizemni ozon. Kategorije kvalitete zraka utvrđuje se za svaku onečišćujuću tvar posebno i odnosi se na zaštitu zdravlja ljudi, kvalitetu življenja, zaštitu vegetacije i ekosustava. Tvari koje zagađuju okoliš nanose veliku štetu ljudima i drugim živim bićima, a onečišćenje zbog sagorijevanja fosilnih goriva po zdravlje ljudi, zauzima jedno od vodećih mjesta na ljestvici onečišćenja. Izloženost ljudi onečišćenjima iz okoliša znatno utječe na zdravstveno stanje i kvalitetu življenja, bilo da se radi o kratkotrajnoj izloženosti visokim koncentracijama ili o dugotrajnoj izloženosti niskim koncentracijama štetnih tvari. Najveća opasnost od obolijevanja izazvanoga zagađenim zrakom odnosi se na starije osobe, malu djecu te one s kroničnim kardiovaskularnih i respiratornim bolestima.

⁴¹ Studija procjene mogućeg utjecaja ekoloških čimbenika na zdravstveno stanje stanovništva

Tablica 6. Prekoračenja granične vrijednosti za onečišćujuće tvari na mjernoj postaji Slavonski Brod - 1

| Onečišćujuća tvar | Obuhvat podataka % | Srednja vrijednost $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Maksimalna vrijednost $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Vrijeme usrednjavanja | GV/ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Broj prekoračenja GV | Kategorija |
|-------------------------------|--------------------|---|--|-----------------------|------------------------------|----------------------|------------|
| C ₆ H ₆ | 70,72 | 3,3011 | 51,6 | Kalendarska godina | 5 | - | I. |
| NO ₂ | 86,27 | 17,9698 | 315,9 | Jedan sat | 200 | 18 | I. |
| | | | | Kalendarska godina | 400 | - | |
| PM _{2,5} | 92,12 | 27,7821 | 457,4 | Kalendarska godina | 25 | - | II. |
| SO ₂ | 85,33 | 10,3227 | 651,0 | jedan sat | 350 | 3 | I. |
| | | | | 24 sata | 125 | 1 | |
| H ₂ S | 82,33 | 1,1931 | 198,1 | Jedan sat | 7 | 133 | II. |
| | | | | 24 sata | 5 | 8 | |
| PM ₁₀ | 99,28 | 31,174 | 180,271 | 24 sata | 50 | | II. |
| | | | | kalendarska godina | 40 | 61 | |

Izvor: <http://www.zzjzbpz.hr>

9. UČINCI ONEČIŠĆENJA ZRAKA NA ZDRAVLJE LJUDI I OKOLIŠA

U područjima s onečišćenim vanjskim zrakom ali i onečišćenim unutarnjim zrakom, pojednostavljeno rečeno ljudi više poboljšavaju, kraće i nekvalitetnije žive i mlađi umiru. Češća su kronična stanja ali su i učestalije atake pogoršanja i recidiva kod već razvijenih kroničnih stanja u uvjetima trajnog onečišćenja atmosfere. Glede učinka na zdravlje dijelimo ih na akutne i kronične posljedice onečišćenja zraka te na reverzibilne i ireverzibilne. Reverzibilne su posljedice: akutni respiratorni simptomi kod djece i odraslih, kronični respiratorni simptomi djece i odraslih, napadi astme djece i odraslih, smanjenja respiratorna funkcija, iritacija očne i nosne sluznice, glavobolja, bolesti srca i krvnih žila. Ireverzibilne su posljedice: ireverzibilne promjene plućnog parenhima, pojava malignih bolesti i skraćenje životnog vijeka.

Oblik i opseg zdravstvenih promjena ovisi o stupnju i vrsti onečišćenja. Najčešće su prisutne smetnje gornjih dišnih puteva, poput nadražaja sluznice, kašlja i plićeg disanja, potom iritacije nosne i očne sluznice i osjećaj umora. Bolesnicima sa astmom i sličnim kroničnim plućnim bolestima, ne rijetko se pogorša osnovna dijagnoza ako su izloženi onečišćenom zraku. Osim štetnog utjecaja na zdravlje, onečišćen zrak utječe i na okoliš. Osobito je negativan utjecaj onečišćenog zraka na biljke i životinje te na ubrzano propadanje zgrada i ostalih čovjekovih dobara. Biljke, što se posebno uočava na kulturama koje čovjek rabi za hranu i druge namjene kao što su šećerna repa, rajčica, zob, sporije rastu, imaju manji prinos, oslabljenu strukturu stabljike i lišća, gube zelenu boju i brže propadaju. Osim toga, prisutne štetne tvari u zraku dospijevaju u zemlju i vodu te uzrokuju njihovo onečišćenje. Od plinova koji su produkti izgaranja na biljke najviše utječe sumporni dioksid. Zbog njega lišće počinje žutjeti. Borove iglice žute prema vrhu, a lišće bukve od vrha prema peteljci. Brzina te promjene ovisi o koncentraciji plina. Biljke reagiraju već i na vrlo mali sadržaj etilena u zraku. Biljka tada gubi svo lišće. Slično se događa i zbog djelovanja ugljikova monoksida, neke su biljke otporne prema tom plinu. Združe li se etilen i ugljikov monoksid, oni utječu na hormon rasta biljaka, pa uzrokuju opadanja lišća, mladih plodova i sušenje već razvijene biljke. Životinje su također vrlo osjetljive na onečišćenje zraka, što je i potkrijepljeno primjerima njihovog masovnog poboljšavanja i ugibanja pri akutnom i naglom pogoršanju atmosferskih prilika. Osim toga, kod domaćih životinja primjećen je usporen rast te primjerice manji broj potomaka, manji prinos jaja i mlijeka. Raznolika su i proširenja djelovanja onečišćenoga zraka na ljudska dobra i na

kvalitetu njihova života. Ne ulazeći u pojedinosti onečišćenje zraka sigurno ima znatan, ako ne i presudan učinak i na turizam.

10. ZAKLJUČAK

Pri donošenju strategije za smanjenje onečišćenja zraka najvažnije je znati stupanj i izvor onečišćenja zraka. Rutinski uobičajeno ne mjerimo sve škodljive tvari u zraku, već pokazatelje onečišćenja kao što su sumporov oksid, dušikov oksid, ugljični monoksid, lebdeće čestice te ozon. Podatci o kakvoći zraka osnovica su za mjere koje će pridonjeti smanjenju onečišćenja, a potrebni su pri procjeni njihovog utjecaja na zdravlje ljudi i eko sustav.

Sukladno izvornim podacima sa državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u Slavskom Brodu zaključuje se kako je zrak druge kategorije za PM₁₀, PM_{2,5} i H₂S, što znači kako je zrak onečišćen. Prekoračene su granične vrijednosti (GY), ciljne vrijednosti i dugoročni ciljevi za prizemni ozon. Kategorije kvalitete zraka utvrđuje se za svaku onečišćujuću tvar posebno i odnosi se na zaštitu zdravlja ljudi, kvalitetu življenja, zaštitu vegetacije i ekosustava. Tvari koje zagađuju okoliš nanose veliku štetu ljudima i drugim živim bićima, a onečišćenje zbog sagorijevanja fosilnih goriva po zdravlje ljudi, zauzima jedno od vodećih mjesta na ljestvici onečišćenja. Izloženost ljudi onečišćenjima iz okoliša znatno utječe na zdravstveno stanje i kvalitetu življenja, bilo da se radi o kratkotrajnoj izloženosti visokim koncentracijama ili o dugotrajnoj izloženosti niskim koncentracijama štetnih tvari. Najveća opasnost od obolijevanja izazvanoga zagađenim zrakom odnosi se na starije osobe, malu djecu te one s kroničnim kardiovaskularnih i respiratornim bolestima.

Rafinerija u Bosanskom Brodu se ne bi trebala zatvoriti jer je ona izvor prihoda većini građana Bosanskog Broda; zato bi se trebala obnoviti tj. rekonstruirati, te na ispušne ventile ugraditi pročišćivače kako bi se spriječilo daljnje onečišćenje zraka u Slavskom Brodu i okolici. Ovaj problem bi se trebao shvatiti vrlo ozbiljno jer svakoga dana raste broj oboljelih od različitih bolesti vezanih uz onečišćenje zraka.

Građani Slavnskog Broda ne žele više puniti onkološke odjele, ne žele se zatvarati u domove u koje ionako zrak ulazi. Ne žele šutjeti! Žele samo čisti zrak za njihovu budućnost i za njihovu djecu, te njihovo djetinjstvo bez inhalatora.

LITERATURA

1. Herceg, N., Okoliš i održivi razvoj, Sarajevo, 2013.
2. Izvješće o razinama onečišćenosti i ocjeni kvalitete zraka u Slavonskom Brodu za 2017. godinu <http://slavonski-brod.hr>
3. Kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj. Dostupno *On-line* na: <http://iszz.azo.hr/iskzl/>
4. Puntarić, D., Zdravstvena ekologija, Zagreb, 2012.
5. Pravilnik o praćenju kvalitete zraka. Narodne novine 79/2017
6. Studija procjene mogućeg utjecaja ekoloških čimbenika na zdravstveno stanje stanovništva <http://www.zzjzbpz.hr>
7. Udovičić, B., Čovjek i okoliš, Zagreb, 2009.
8. Uredba o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora. Narodne novine 87/2017
9. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku. Narodne novine 117/2012
10. Zakon o zaštiti zraka. Narodne novine 130/2011; 47/2014; 61/2017