Određivanje koncentracije ozona na postaji Split

Crnogorac, Josipa

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:167:887319

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

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

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE OZONA NA POSTAJI SPLIT

ZAVRŠNI RAD

JOSIPA CRNOGORAC
MATIČNI BROJ: 827

Split, rujan 2016.

SVEUČILISTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
PREDIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKE TEHNOLOGIJE
SMJER: ZAŠTITA OKOLIŠA

ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE OZONA NA POSTAJI SPLIT

ZAVRŠNI RAD

JOSIPA CRNOGORAC
MATIČNI BROJ : 827

Split,rujan 2016.

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
UNDERGRADUATE STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY
ORIENTATION: ENVIROMENTAL PROTECTION

DETERMINATION OF OZONE CONCENTRATION IN SPLIT

BACHLEOR THESIS

JOSIPA CRNOGORAC
PARENT NUMBER: 827

Split, September 2016.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu
Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu
Prediplomski studij Kemijske tehnologije: Zaštita okoliša

Znanstveno područje: Prirodne znanosti
Znansvetno polje: **Kemija**
Tema rada je prihvaćena na IV sjednici Fakultetskog vijeća Kemijskog tehnološkog Fakulteta**.**

Mentor: izv.prof.dr.sc. Bralić Marija
Pomoć pri izradi: mr.sc. Nenad Periš

ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE OZONA NA POSTAJI SPLIT

Josipa Crnogorac, 827

Sažetak: Važan cilj ocjene kakvoće zraka je dobivanje informacija potrebnih za ocjenu izloženosti stanovnika onečišćenju zraka i njegovog utjecaja na zdravlje. Izloženost ljudi onečišćenju zraka može imati za posljedice različite zdravstvene učinke, ovisno o vrsti onečišćenja, razini, trajanju i učinkovitosti izloženosti, te toksičnosti onečišćujuće tvari. Broj trajnih mjernih postaja za praćenje terena onečišćenja u nekom naselju ovisi o više faktora: veličini naselja, o konfiguraciji terena, meteorološkim uvjetima, sastavu tla, industrijskim onečišćenjima i dr. Provedeno je ispitivanje o kakvoći zraka na području grada Splita na jednoj mjernoj postaji Vukovarska 46. Split. Sagledavala se koncentracija ozona na toj mjernoj postaji (raspon koncentracije, razdoblje mjerenja te kategorija zraka). Izmjerene koncentracije ozona na postaji u središtu grada Splita kreću se u rasponu minimalne (34,75 $\mu g/m^3$) i maksimalne (159,96 $\mu g/m^3$), dok je srednja vrijednost (70,86 $\mu g/m^3$). Koncentracije ozona ne prekoračuju granične vrijednosti (< 120 $\mu g/m^3$)[8], stoga zrak spada u prvu kategoriju kakvoće zraka u odnosu na ozon.

Ključne riječi: Kvaliteta zraka, ozon, onečišćenje zraka

Rad sadrži: 32 stranice, 14 slika, 2 tablice, 19 literaturnih referenci

Jezik izvornika : Hrvatski

Sastav povjerenstva za obranu:

1. **Doc. dr. sc. Maša Buljac**
2. **Doc. dr. sc. Marijo Buzuk**
3. **Izv. prof. dr. sc. Marija Bralić - mentor**

Datum obrane: 28. rujan 2016.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHELOR THESIS

University of Split
Faculty of Chemistry and Technology Split
Professional study of Chemical Technology; Course: Environmental protection

Scientific area: Natural Science
Scientific field: Chemistry
Thesis subject was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology, session no. IV..
Mentor: Bralić Marija, PhD, associate prof.,
Technical assistance: **M.sc.** Nenad Periš

DETERMINATION OF OZONE CONCENTRATION IN SPLIT

Josipa Crnogorac, 827

Abstract: The main goal of the assessment of air quality is getting information needed to evaluate the exposure of inhabitants to air pollution and its impact on health. Human exposure to air pollution may have implications for a variety of health effects, depending on the type of contamination level, duration, effectiveness and toxicity of pollutants. Number of permanent monitoring stations of the field of pollution in a settlement depends on several factors: the size of the settlement, on the terrain, weather conditions, soil, industrial pollution, etc. There were examination about air quality in the city of Split on one measuring station Vukovar 46 . Split. It contained overview of the ozone concentration at the measuring station (concentration range, the measurement period and category of air). The measured ozone concentrations at the station in the center of Split is in the range minimum (34.75 g / m3) and the maximum (159.96 g / m3), while the mean value is (70.86 g / m3). Ozone concentrations do not exceed GV (<120 mg / m3) 8, so the air in the first category of air quality in relation to ozone.

Keywords: Air quality, ozone, air pollution
Thesis contains: 32 pages, 14 figures, 2 tables, 19 references
Original in: Croatian

Defence committee:

1. Maša Buljac, PhD.,assistant prof. chair person
2. Marijo Buzuk, PhD, assistant prof. , member
3. Marija Bralić, PhD, associate prof., supervisor

Defence date: September 28. 2016.

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

Završni rad je izrađen u Zavodu za kemiju okoliša Kemijsko – tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Marije Bralić, te u Nastavnom zavodu za javno zdravstvo Splitsko – dalmatinske županije pod nadzorom mr. sc. Nenada Periša, dipl. inž. voditelja odjela za ispitivanje zraka, u razdoblju 01.01.2015. – 31.03.2015. i 01.06.2015 - 30.09.2015.

Iskreno se zahvaljujem na svestranoj pomoći pri izradi ovog završnog rada mr. sc. Nenadu Perišu i izv. prof. dr. sc. Mariji Bralić.
Također, veliko hvala mojoj obitelji i prijateljima na nesebičnoj podršci tijekom školovanja.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Određivanje koncentracije ozona na postaji Split za razdoblje *01.01.2015. – 31.03.2015. i 01.06.2015 - 30.09.2015.*

SAŽETAK

Važan cilj ocjene kakvoće zraka je dobivanje informacija potrebnih za ocjenu izloženosti stanovnika onečišćenju zraka i njegovog utjecaja na zdravlje. Izloženost ljudi onečišćenju zraka može imati za posljedice različite zdravstvene učinke, ovisno o vrsti onečišćenja, razini, trajanju i učinkovitosti izloženosti, te toksičnosti onečišćujuće tvari.

Broj trajnih mjernih postaja za praćenje terena onečišćenja u nekom naselju ovisi o više faktora: veličini naselja, o konfiguraciji terena, meteorološkim uvjetima, sastavu tla, industrijskim onečišćenjima i dr.

Provedeno je ispitivanje o kakvoći zraka na području grada Splita na jednoj mjernoj postaji Vukovarska 46. Split. Sagledavala se koncentracija ozona na toj mjernoj postaji (raspon koncentracije, razdoblje mjerenja te kategorija zraka).

Izmjerene koncentracije ozona na postaji u središtu grada Splita kreću se u rasponu minimalne (34,75 $\mu g/m^3$) i maksimalne (159,96 $\mu g/m^3$), dok je srednja vrijednost (70,86 $\mu g/m^3$). Koncentracije ozona ne prekoračuju granične vrijednosti (< 120 $\mu g/m^3$), stoga zrak spada u prvu kategoriju kakvoće zraka u odnosu na ozon.

Ključne riječi: Kvaliteta zraka, ozon, onečišćenje zraka

SUMMARY

The main goal of the assessment of air quality is getting the information needed to evaluate the exposure of inhabitants to air pollution and its impact on health. Human exposure to air pollution may have implications for a variety of health effects, depending on the type of contamination level, duration, effectiveness and toxicity of pollutants.

Number of permanent monitoring stations of the field of pollution in a settlement depends on several factors: the size of the settlement, on the terrain, weather conditions, soil, industrial pollution, etc.

There were examination about air quality in the city of Split on one measuring station Vukovar 46 . Split. It contained overview of the ozone concentration at the measuring station (concentration range, the measurement period and category of air).

The measured ozone concentrations at the station in the center of Split is in the range minimum (34.75 g / m3) and the maximum (159.96 g / m3), while the mean value is (70.86 g / m3). Ozone concentrations do not exceed GV (<120 mg / m3) 8, so the air in the first category of air quality in relation to ozone.

Keywords: Air quality, ozone, air pollution

SADRŽAJ

UVOD.....1.

1**. OPĆI DIO**.....2.

1.1. Ozon.....6.
1.1.1. Nastanak ozona.....6.
1.1.2. Ozonski omotač.....7.
1.1.3. Ugrožavanje ozonskog omotača.....8.
1.1.4. Smanjenje koncentracije ozona u stratosferi.....9.
1.1.5. Utjecaj ozona na zdravlje.....9.
1.2. Kratak pregled literature.....10.
1.3 . Zakoni, pravilnici i uredbe.....11.

2. **METODIKA**.....12.

2.1. Geografski položaj.....12.
2.2. Lokacija mjerne postaje.....13.
2.3. Ultraljubičasta fotometrija.....14.
2.4. Korištena aparatura.....15.

3. **REZULTATI MJERENJA**.....19.

4. **RASPRAVA** .....25.

5. **ZAKLJUČAK**.....29.

6**. LITERATURA**.....30.

UVOD

Važan cilj ocjene kakvoće zraka je dobivanje informacije potrebne za ocjenu izloženosti stanovnika onečišćenju zraka i njegovog utjecaja na zdravlje. Izloženost ljudi onečišćenju zraka može imati za posljedicu različite zdravstvene učinke, ovisno o vrsti onečišćenja, razini, trajanju i učestalosti izloženosti te toksičnosti onečišćujuće tvari.

Na međunarodnoj razini formiran je svjetski sustav praćenja okoline (GEMS – Global Environmental Monitoring System) unutar kojeg postoje dvije mjerne mreže: a) mreža postaja u opterećenim područjima (gradskim i industrijskim) koja je počela s radom 1973. godine, a koordinira ju Svjetska zdravstvena organizacija i b) mreža pozadinskih postaja koja je započela s radom 1976. godine, a koordinira ju Svjetska meteorološka organizacija. Oba sustava su dio Programa okoline Ujedinjenih naroda (UNEP, United Nations Environment Programme).

Organizacija mjerne mreže za praćenje onečišćenja zraka na nekom urbanom području dinamički je proces koji se mijenja, harmonizira i unapređuje u ovisnosti o novim znanstvenim saznanjima s tog područja.

Broj trajnih mjernih postaja za praćenje trenda onečišćenja u nekom naselju ovisi o veličini naselja i o konfiguraciji terena.

1. OPĆI DIO

Očuvanje i poboljšanje kvalitete ambijentalnog zraka, izbjegavanje, sprečavanje ili smanjenje zagađenja ostvaruje se kroz instrumente nacionalne politike i planiranja (strategije zaštite, planovi kvaliteta i planove zaštite zraka i dr.), kao i obaveze definirane kroz zakonske i podzakonske propise. Važan aspekt u očuvanju i poboljšanju kvalitete zraka čini praćenje stanja kvalitete zraka (monitoring). Na osnovu rezultata monitoringa mogu se poduzeti mjere u segmentima značajnim za zaštitu zraka od zagađenja: informiranje javnosti i davanje preporuka za ponašanje u području zagađenja zraka, praćenje i evaluacija trendova koncentracija zagađujućih tvari, modeliranje (disperzija i prognoza koncentracija polutanata), procjena izloženosti populacije i ekosustava, identifikacija izvora zagađenja, sagledavanje utjecaja poduzetih mjera na stupanj zagađenosti zraka. Za postizanje ciljeva monitoringa potreban je određen vremenski period [1].

Drugi, podjednako važan, aspekt u sveobuhvatnom planiranju monitoringa se odnosi na ispunjavanje određenih zahtjeva i standarda monitoringa:

· Kontrola kvalitete

· Osiguranje kvalitete

Kvaliteta zraka u urbanim, ruralnim i prirodnim sredinama se mijenja svakog sata, dana, pa čak i na većoj vremenskoj skali. Procjena stanja kvalitete zraka je veoma važan zadatak s obzirom na to da je zagađenje zraka i dalje značajan problem statusa životne sredine [1].

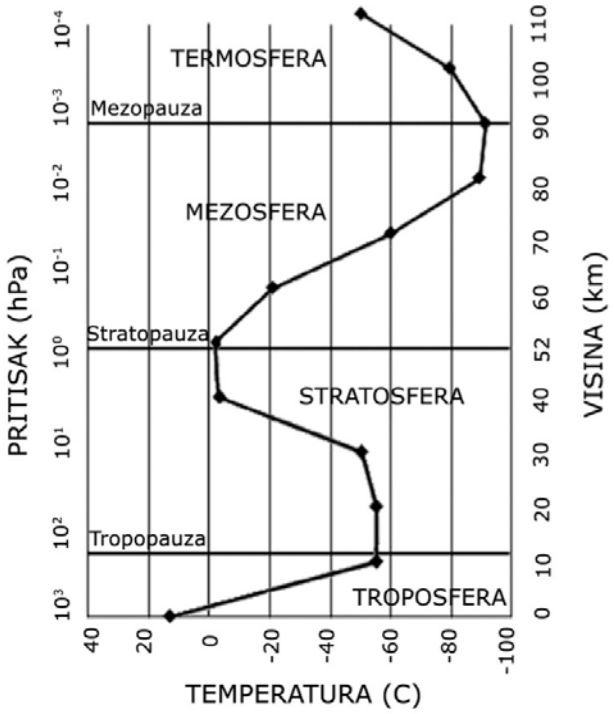
Atmosfera je smjesa plinova i čestičnih tvari koji se nalaze u kontinuiranom kretanju oko Zemljine površine. Smjesa plinova i čestičnih tvari nastala je tijekom dugog perioda formiranja atmosfere kroz različite biološke, geološke i atmosferske procese. Na početku razvoja civilizacije antropogeni utjecaj na atmosferu je bio neznatan. S porastom broja ljudske populacije, povećanom upotrebom prirodnih resursa i sve većim tehnološkim razvojem, utjecaj ljudi na atmosferu je značajan i kontinuiran [1].
Zastupljenost pojedinih plinova u atmosferi je dat u Tablici 1.

Tablica 1. Sastav atmosfere

PLIN	% VOLUMENA U ATMOSFERI	ppm
DUŠIK	78,084±0,004	8780900
KISIK	20,946±0,002	209460
ARGON	0,934±0,001	9300
UGLJIKOV(IV)OKSID	0,033±0,001	330
NEON	18×10^{-4}	18
HELIJ	$5,2\times10^{-4}$	5,2
METAN	$1,5\times10^{-4}$	1,5
KRIPTON	$1,0\times10^{-4}$	1,0
VODIK	$0,5\times10^{-4}$	0,5
DUŠIK OKSID N_2O	$0,5\times10^{-4}$	0,5
KSENON	$0,08\times10^{-4}$	0,08
AMONIJAK	$0,01\times10^{-4}$	0,01
JOD	$0,01\times10^{-4}$	0,01
DUŠIK OKSID NO_2	$0,01\times10^{-4}$	0,001
SUMPOR(IV)OKSID	$0,0002\times10^{-4}$	0,0002
UGLJIKOV(II)OKSID	-	
VODENA PARA	0-4	0-40 000
OZON	$0,07\times10^{-4}$	0,07

∗Ozona zimi ima oko 0,02 ppm, a ljeti dostigne koncentraciju i do 0,07 ppm

Pored toga što atmosferu karakterizira sadržaj plinova i čestičnih tvari, veoma značajnu ulogu u objašnjavanju fenomena atmosfere igraju fizičke sile, kao i ostali procesi koji se događaju iznad i u samoj atmosferi (solarna radijacija, termalna energija, gravitacija, gustoća i tlak zraka, kretanje molekula zraka, kao i kretanje same atmosfere) [1].



Slika 1. - Sastav atmosfere [2]

Atmosferu karakteriziraju vertikalni temperaturni gradijenti, koji ujedno i definiraju razliku između različitih slojeva ili zona atmosfere (Slika 1.)

Oko 80 % mase cijele atmosfere nalazi se u najnižem sloju atmosfere, **troposferi**, gdje se događa većina procesa i pojava koji utječu na vremenske prilike (nastajanje uragana, oluja, oblaka, padalina) [1].

Najveći dio toplinske energije u troposferi potječe od zračenja s površine Zemlje, zbog čega temperatura opada s visinom, u prosjeku oko 0,65 °C / 100 m. Prosječna temperatura na vrhu troposfere je približno -60 °C. Hladan sloj koji se nalazi iznad toplog

sloja zraka prouzrokuje neprestano strujanje i miješanje zraka unutar troposfere, što ujedno predstavlja težnju sustava da postigne ravnotežno stanje koje je, u principu, malo vjerojatno budući da radijacija Sunca podržava postojanje vertikalnih temperaturnih gradijenata [1].

Najniži dio troposfere, visine od nekoliko stotina metara do 3 km, koji karakterizira veoma jaka turbulencija naziva se *atmosferski granični sloj* (AGS). AGS je u direktnom dodiru s površinom Zemlje, tako da vrlo brzo, na vremenskoj skali oko 1 h, reagira na utjecaje s površine (emisija zagađujućih materija, antropogena emisija topline, trenje, modificirano strujanje zraka zbog postojeće topografije i sl.). Ostatak troposfere, *slobodna troposfera*, reagira na utjecaje Zemljine površine sporije (~ 1 dan). Najviši dio troposfere koji se nalazi na visini od 11 do 12 km naziva se *tropopauza*. Temperatura u ovom djelu troposfere je konstantna s visinom [1].

Sloj iznad troposfere naziva se **stratosfera**. Ozon prisutan u stratosferi apsorbira UV zračenje što prouzrokuje porast temperature s visinom. Zagrijavanje je jače u gornjem djelu stratosfere gdje je UV zračenje intenzivnije, a koncentracija ozona dovoljno velika, tako da su temperature u gornjem djelu stratosfere ponekad visoke poput onih pri tlu [1].

Za razliku od troposfere, u stratosferi se topliji sloj nalazi iznad hladnijeg sloja zraka što ima za posljedicu manje intenzivna vertikalna strujanja, a samim tim smanjenu mogućnost miješanja zraka (osim male razmjene s troposferom duž tropopauze). Temperaturni gradijent koji karakterizira stratosferu ima za posljedicu dugo zadržavanje supstanci u ovom sloju (npr. čestice u stratosferi nastale prilikom vulkanskih erupcija mogu u njoj ostati nekoliko godina). Najviši dio stratosfere naziva se *stratopauza*, a nalazi se na oko 50 km iznad Zemljine površine [1].

Sloj koji se nalazi na oko 50 - 80 km iznad površine zemlje sadrži svega oko 0,1 % mase atmosfere naziva se **mezosfera.** U mezosferi temperatura opada s visinom jer je koncentracija ozona, kisika i dušika, koja bi u znatnijoj količini mogla apsorbirati Sunčevo zračenje, niska. Supstance koje se nalaze u gornjem djelu mezosfere u velikoj mjeri su ionizirane. Na vrhu mezosfere, koju nazivamo *mezopauza,* temperatura opada i do -90 °C. Duž mezopauze, koja se nalazi na visinama od oko 85 do 90 km, temperatura je konstantna s visinom [1].

Temperatura u **termosferi** raste s visinom jer plinovi koji se nalaze u ovom sloju atmosfere apsorbiraju Sunčevo UV zračenje vrlo kratkih valnih dužina. U termosferi se nalazi mnogo ioniziranih atoma i molekula, pa taj dio atmosfere zajedno s gornjim djelom mezosfere čini ionosferu. Vrh termosfere, *termopauza*, nije dobro definiran. Procjenjuje se da se nalazi na visinama između 500 i 1000 km, a da visina ovisi o Sunčevom zračenju. Temperatura u termopauzi također nije dovoljno istražena i pretpostavlja se da može dostići temperaturu veću i od 2000 °C [1].

1.1. Ozon

Ozon je plin blijedoplave boje čija se molekula sastoji od tri atoma kisika. Sastavni je dio zemljine atmosfere, iako ga u atmosferi ima tek 0,001 % od izuzetnog je značenja za zemlju i cjelokupni život na njoj. Između 12 i 50 kilometara visine. Iako je ozon u atmosferi rijedak plin, tek tri molekule na svakih deset milijuna molekula zraka, najveću koncentraciju ima u stratosferi između 20 do 25 kilometara visine. Taj sloj ozona znanstvenici su nazvali "ozonskim omotačem". Troposfreski ozon - oko 10 % nalazi se u nižim slojevima atmosfere, u troposferi. Troposferski ozon je štetan ozon. Zbog vrlo reaktivnog djelovanja s drugim molekulama on ima neposredan i vrlo štetan učinak na rast šuma, prinos usjeva, na zdravlje ljudi i životinja, kao i na razne materijale, npr. plastiku [2].

1.1.1. Nastanak ozona

Ozon je otkrio njemački znanstvenik Christian Fridrich Schönbein 1840. godine. Zračenje sunca razbija molekule “normalnog” kisika otpuštajući na taj način slobodne atome, od kojih se neki vežu s drugim molekulama kisika i na taj način nastaje ozon [2].

$$O_2 \rightarrow O + O \qquad (1)$$

$$O + O_2 \rightarrow O_3 \qquad (2)$$

Na taj način nastaje spomenutih 90 % ozona u stratosferi. **Stratosferski ozon**– u njemu se nalazi 90 % ozona. Stalnu koncentraciju ozona u najvišim slojevima atmosfere, stratosferi, zahvaljujemo dvjema fotokemijskim reakcijama. Kisik (O_2) apsorbira ultraljubičasto zračenje u području 185 - 200 nm i pri tome prelazi u ozon (O_3). U drugoj reakciji molekule ozona asporbiraju zračenje od 200 do 290 nm i pritom prelaze u kisik [2].

$$O_3 \rightarrow O + O_2 \qquad (3)$$

Kako je prva reakcija nešto brža od druge, navedeni kemijski proces osigurava stalnu koncentraciju ozona u stratosferi - koji nas, upravo zbog svoje apsorpcije, štiti od smrtonosnog ultraljubičastog zračenja. Problem, međutim, nastaje kada se u igru sunca i zraka uplete čovjek. Spojevi koje ispušta u atmosferu raspadaju se na radikale koji potom reagiraju s ozonom pretvarajući ga u kisik (radikali su atomi ili molekule s nesparenim elektronom) [2].

$$O + O_3 \rightarrow O_2 + O_2 \qquad (4)$$

Radikali koji reagiraju s ozonom su H, OH, NO, Cl i Br. Oni nastaju od dušikovih oksida (NO, NO_2) i organskih klornih spojeva, posebice freona (npr. CF_2Cl_2). Dušikovi oksidi nastaju kada se zrak izloži visokoj temperaturi, primjerice u benzinskom motoru, a freoni pak izlaze iz hladnjaka i klima - uređaja u kojima služe kao sredstvo za hlađenje [2].

1.1.2. Ozonski omotač

Naš nevidljivi štit od opasnog UV zračenja. Sloj ozona na udaljenosti 20 - 25 km od Zemljine površine koji nas štiti od negativnog ultraljubičastog zračenja sa Sunca. Bez ozonskog omotača tj. stratosferskog ozona život na Zemlji ne bi bio moguć. Ozonski omotač absorbira ultraljubičasto zračenje sa Sunca i time omotač štiti zemljinu površinu i cjelokupni život na njoj. Ozonski omotač upija oko 77 % štetnog, biološki vrlo aktivnog UV-B zračenja i potpuno nas štiti od smrtonosnog UV-C zračenja. Tako ozonski omotač predstavlja prirodni štit za život na Zemlji i o njegovoj koncentraciji tj. količini u stratosferi ovisi i količina štetnog UV zračenja koje će dospjeti do površine Zemlje [2].

Zbog absorbiranja ultraljubičastog zračenja u stratosferi ozon ujedno preuzima i

dio topline u tom procesu, te tako neposredno utječe na raspodjelu temperature atmosfere, čime ima važnu ulogu u reguliranju Zemljine klime [2].

Posljedice UV-B zračenja: dokazano je da UV-B zračenje dovodi do pojava malignih i benignih oboljenja kože, katarakta očiju, znatnog smanjenja poljoprivrednih uroda, oštećenja materijalnih dobara ljudi, kao i narušavanja zdravlja živog svijeta u cjelini [2].

1.1.3. Ugrožavanje ozonskog omotača

Najčešće uništavamo ozonski omotač ispuštajući postojane kemikalije koje sadrže klor i brom, koji onda sudjeluju u složenim kemijskim reakcijama koje dovode do uništenja ozonskog omotača. Od brojnih kemikalija koje je stvorio čovjek najviše ozon uništavaju – kloroflorougljikovodici (CFC) (sredstva za hlađenje, potisni plin u sprejevima), zatim nepotpuno halogenizirani klorofluorougljikovodci (HCFC), potom ugljik - tetraklorid i metil - kloroform (otapala), haloni (BFC) (aparati za gašenje požara)[2].

Na stanjivanje ozonskog omotača utječu mnogi čimbenici: (vulkani, nuklearne eksplozije, nadzvučne letjelice itd.), ali je ključni čimbenik nepovoljno djelovanje klorofluorougljikovodika (CFC), koji dospijevaju u atmosferu nakon što ih čovjek koristi u nizu industrijskih proizvoda. Oni se u atmosferi zadržavaju godinama i postupno uništavaju ozon u ozonskom omotaču. Niske temperature pojačavaju nepovoljni učinak CFC pa ozonski sloj u područjima najnižih temperatura nestaje [2].

Ako se ne prestane s upotrebom HFC i sagorijevanjem fosilnih goriva, izračunato je da će za samo tri desetljeća prosječna temperatura na površini Zemlje porasti za 4,5 stupnja, što će uz efekt staklenika dovesti do djelomičnog otapanja polarnih kapa i podizanja razina svjetskih mora za jedan metar, i potapanja 11,5 posto svjetskog kopna [2].

Točno je da se ozonski omotač oštećuje zbog erupcija vulkana ili zbog promjenjivih aktivnosti Sunca, ali je to sitnica u usporedbi što čovjek čini sam sebi [2].

1.1.4. Smanjivanje koncentracije ozona u stratosferi

Fine čestice i dušikov dioksid (NO_2) su ključni problemi za povećanje kvalitete zraka. Emisija dušikovog oksida je još uvijek u velikoj mjeri uzrokovana cestovnim prometom. Udio cestovnog prometa u ukupnim emisijama NO_x je trenutno oko 60%. Dušikov dioksid je već problem za mnoge gradove zbog svoje toksičnosti i ključnu ulogu u formiranju troposferskog ozona [10]. Prisustvo NO_x u stratosferi može smanjiti koncentraciju ozona. Nevezani anioni na velikim visinama doprinose porastu koncentracje NO_x, a time i razaranju ozonskog sloja, odnosno smanjenju njegovog stvaranja [3].

Fotokemijskim reakcijama molekule vode u stratosferi stvaraju atomi vodika kao i hidroksilni i hidroperoksilni radikali, svi oni doprinose razaranju ozonskog sloja [3].

$$HO\bullet + O_3 \rightarrow HOO\bullet + O_2 \qquad (5)$$

$$HOO\bullet + O_3 \rightarrow HO\bullet + O + O_2 \qquad (6)$$

reakcije razaranja O_3

$$H + O_3 \rightarrow HO\bullet + O_2 \qquad (7)$$

$$HO\bullet + O \rightarrow H + O_2 \qquad (8)$$

reakcije smanjenja

$$HOO\bullet + O \rightarrow HO\bullet + O_2 \qquad (9)$$

1.1.5. Utjecaj ozona na zdravlje

Ozon je u nižim slojevima atmosfere (troposferi) štetan, ali je u višim slojevima (stratosferi) koristan jer djeluje kao zaštita od direktnoga ultraljubičastog zračenja Sunca. Problem nastaje kada se zbog ljudskih aktivnosti koncentracija ozona u stratosferi smanjuje uslijed katalitičkoga djelovanja u sprezi s atomima klora zbog ispuštanja raznih klorflorougljičnih spojeva. Čak i relativno niske koncentracije ozona mogu uzrokovati

negativne zdravstvene učinke, posebice na djecu, osobe s bolestima pluća, starije osobe i ljude koji obavljaju različite poslove na otvorenom. Naime, djeca su najrizičnija populacijska skupina, jer su njihova pluća još uvijek u razvoju, a izloženost ozonu može ozbiljno narušiti taj razvoj, također može uzrokovati pogoršanje stanja kod kroničnih bolesnika s bronhitisom, emfizemom i astmom, smanjiti funkciju pluća [4].

1.2. Kratki pregled literature

Praćenje koncentracije ozona, zbog njegovog značaja i utjecaja na životni okoliš, vrši se gotovo u cijelom svijetu.

Istraživači Suqin Han i suradnici su proveli kontinuirano mjerenje dušikovih oksida i ozona u gradu Tianjinu tijekom 2006 godine. Dobivene podatke su koristili u ispitivanju odnosa dušikovih oksida i ozona. Uočili su da su dnevne koncentracije ozona pokazivale maksimum sredinom dana, dok su noćne koncentracije bile znatno niže. Utvrdili su i linearni odnos između koncentracije dušikovih oksida i ozona [14].

Nadalje, praćenje koncentracije ozona na američkoj istočnoj obali pokazalo je da su također maksimalne koncentracije ozona zabilježene tijekom radnog dana, posebice u popodnevnim satima [15].

Prema istraživanju provedenom u Meadowlandsu na istočnoj obali Sad-a, gdje se promatrao odnos O_3 i NO_x tijekom zime i ljeta. O_3 i NO_x obrnuto su proporcionalni. Najviša prosječna koncentracija NO_x (29 ppb) dogodila se u zimu, dok je prosječna koncentracija O_3 vrhunac dosegla u ljeto do 36,2 ppb [16].

1.3. Zakoni, pravilnici i uredbe

Zakonima i pravilnicima propisuju se vrijednosti koje su granične za pojedina onečišćenja u atmosferi. Neki od njih su:

- **Zakon o zaštiti zraka** (NN 130/11)
- **Pravilnik o praćenju kvalitete zraka** (NN 3/12)
- **Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski sloj i floriranim stakleničkim plinovima** (NN 090/2014)
- **Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku** (NN 117/2012)
- **Uredba o ozonu u zraku** 1. siječnja 2006. godine. [8]

Obzirom na propisane granične vrijednosti (GV) i tolerantne vrijednosti (TV) određuju se sljedeće kategorije kakvoće zraka te ciljne vrijednosti za ozon:

Prva kategorija kakvoće zraka – čist ili neznatno onečišćen zrak, nisu prekoračene granične vrijednosti (GV) i dugoročni ciljevi za ozon.

Druga kategorija kakvoće zraka – umjereno onečišćen zrak, prekoračene su granične vrijednosti (GV) i dugoročni ciljevi za ozon, a nisu prekoračene tolerantne vrijednosti (TV) i ciljne vrijednosti za ozon.

Treća kategorija kakvoće zraka – prekomjerno onečišćen zrak, prekoračene su tolerantne vrijednosti (TV) i ciljne vrijednosti za ozon.

Kategorija kakvoće zraka utvrđuje se za svaku onečišćenu tvar posebno.

Određivanje područja i naseljenih područja te njihovo razvrstavanje prema kategorijama kakvoće zraka utvrđuje vlada.

Kategorije kakvoće zraka utvrđuju se jedanput godišnje za proteklu kalendarsku godinu.

Godišnje izvješće o praćenju kakvoće zraka na području Države s popisom kategorije kakvoće zraka izrađuje Agencija za zaštitu okoliša i objavljuje na svojim internetskim stranicama [6].

2. METODIKA

2.1. Geografski položaj

Split je najveći grad u Dalmaciji, drugi po veličini grad u Hrvatskoj. Prema posljednjem popisu stanovništva provedenom 2011. godine Split ima skoro 180 tisuća stanovnika. Druga je po veličini hrvatska teretna luka, ali i jedna od vodećih putničkih luka na Mediteranu. Upravno je središte Splitsko-dalmatinske županije [7].

Split je smješten na jadranskoj obali, u srednjoj Dalmaciji, na Splitskom (Marjanskom) poluotoku. Premda s tri strane okružen morem, Split je obilježen i okolnim planinama, Mosorom na sjeveroistoku, Kozjakom na sjeverozapadu te brdom Marjan, jednom od najvažnijih gradskih simbola, na zapadnom dijelu poluotoka - u blizini stare gradske jezgre. Split okružuju otoci Brač, Hvar, Šolta i Čiovo [7].

Split ima sredozemnu klimu, koju karakteriziraju suha i vruća ljeta i prohladne, ali umjerene i vlažne zime. Prosječna temperatura zraka najtoplijeg mjeseca viša je od 22 °C, a najhladnijeg viša od 4 °C [7].

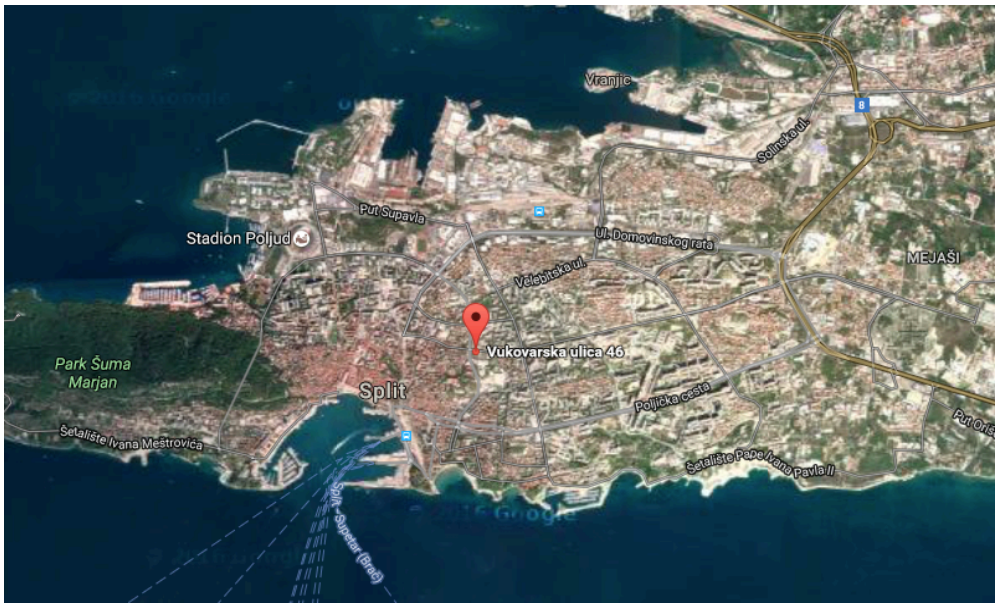


Slika 2. Grad Split

2.2. Lokacija mjerne postaje

Mjerenje koncentracije ozona u ambijentalnom zraku vrši se na lokaciji automatske mjerne postaje u Splitu, Vukovarska 46, u zasebno ograđenom i zaključanom kontejneru. Prostor kontejnera je neprestano klimatiziran 22 °C ± 4 °C (sa zasebnim klima uređajem) i adekvatno osvijetljen. Pristup uređajima imaju djelatnici Odjela za ispitivanje zraka, tla i buke. Prikupljeni podaci putem mrežnog servera dolaze na centralno računalo. Sustav za prijenos i pohranu podataka mora omogućiti ispravan prijenos, prihvati obradu podataka s instrumenta na datalogger i s njega na centralno računalo. Na centralnom računalu instaliran je program za evaluaciju pristiglih podataka IDZARW/IOVIS 2.2 [5].

Metoda ispitivanja ozona u atmosferi izvodi se prema normi HRN EN 14625:2012 Kvaliteta vanjskog zraka - Standardna metoda za mjerenje koncentracije ozona u vanjskom zraku ultraljubičastom fotometrijom [5].



Slika 3. Mjerna postaja koncentracije ozona u Splitu, Vukovarska ulica 46.

2.3 Ultraljubičasta fotometrija

Fotometrija je dio optike koja se bavi svojstvima i mjerenjem izvora svjetlosti, svjetlosnog toka i rasvjete površine. U fotometriji se razmatraju – komponente procesa stvaranja (izvor svjetlosti), prijenosa (svjetlosni tok) i dolaska (osvijetljena površina) svjetlosti [9]. Ultraljubičasta fotometrija primjenjuje se za određivanje masene koncentracije ozona u vanjskoj atmosferi metodom ultraljubičaste fotometrije prema metodi opisanoj u HRN EN 14625:2012 Kvaliteta vanjskog zraka – Standardna metoda za mjerenje koncentracije ozona ultraljubičastom fotometrijom.[5] Uzorkovani zrak prolazi kontinuirano kroz optičku apsorpcijsku ćeliju gdje se ozrači monokromatskim zračenjem na 253,7 nm. Iz stabilne nisko tlačne Hg lampe. UV zračenje koje prolazi kroz apsorpcijsku ćeliju se mjeri fotodiodom ili fotomultiplikacijskim detektorom i prevodi u mjerljivi električni signal. Količina apsorbiranog zračenja koju apsorbira uzorkovani zrak u apsorpcijskoj ćeliji odgovara koncentraciji ozona u ambijentalnom zraku. UV zračenje se može određivati iz razlike u apsorpciji između ćelije za uzorkovanje i referentne ćelije ili da se apsorbirano UV zračenje određuje na izmjeničnim posloživanjem apsorpcijske ćelije uzorkovanim zrakom koji sadrži ozon i zrakom koji je oslobođen ozonom, a koji nastaje prolaskom zraka kroz katalitički konverter u kojem se ozon uništava. Komercijalni analizatori ozona mjere temperature i tlak uzorkovanog zraka u apsorpcijskoj ćeliji koristeći te podatke automatski izračunavaju koncentraciju ozona prema referentnim uvjetima. Kod analizatora koji nemaju tu mogućnost, koncentracija se mora ručno korigirati prema izabranim referentnim uvjetima [5].

Metoda se primjenjuje za određivanje masene koncentracije ozona u vanjskoj atmosferi metodom ultraljubičaste fotometrije. Mjerenje se provodi u području do koncentracije cca. 0 – 500 $\mu g/m^3$ O_3 pri 101,3 kPa i 25°C. Razlog mjerenja je praćenje kakvoće zraka, a provode se kontinuirano tijekom 365 dana godišnje. Izmjerene 5 sekundne koncentracije usrednjavaju se na razdoblje od: 1 – sata, 24 – sata i 1 – godine.
Metoda ispitivanja ozona u atmosferi izvodi se prema normi HRN EN 14625:2012 Kvaliteta vanjskog zraka - Standardna metoda za mjerenje koncentracije ozona u vanjskom zraku ultraljubičastom fotometrijom [5].

2.4. Korištena aparatura

U radu je korišten aparatAPOA – 370 proizvođačaHORIBA.



Slika 4. AparatAPOA – 370, HORIBA.

Aparat se sastoji od sljedećih dijelova:

- Horiba APOA – 370 je instrument za kontinuirano mjerenje koncentracije ozona u zraku. Radi na principu ultraljubičaste fotometrije [5].
- Linija za uzorkovanje je konstruirana tako da osigurava prolazak zraka, a spriječava prolazak kišnice. Svi djelovi sistema izrađeni su od materijala koji su inertni na djelovanje ozona. Na vrhu se nalazi glava uzorkivača koja je od čelika (inox-a). Cjevovod je dijelom od bor silikatnog stakla smještenog u nehrđajući čelik. Veže se na razdjelnik uzorka (manufold). Svi spojevi su od materijala politetrafluoretilen (PTFE). Na kraju sustava nalazi se ventilator uzorkivača koji osigurava pravilan dotok uzorka. Utjecaj sustava za uzorkovanje na mjerenje koncentracije ozona u zraku uzorkovan gubitkom mora biti manji od 2 %.
- Filter za zadržavanje čestica – filter je postavljen u sustavu za uzorkovanje prije ulaza u analizator. Filter i držač su izrađeni od materijala koji su inertni na djelovanje ozona. Filter je potrebno periodično mijenjati, svakih petnaest dana prilikom odlaska na stanicu, a ujedno i očistiti kućište filtera ovisno o udjelu prašine u zraku na mjestu uzorkovanja. Prevelika količina filtrirane prašine na filteru uzrokuje gubitak ozona u uzorkovanom zraku koji ulazi u analizator, zbog mogućih reakcija sa česticama.
- Kontrola i regulacija protoka zraka – protok uzorkovanog zraka drži se unutar specificirane vrijednosti proizvođača analizatora, a iznosi otprilike 0,7 L/min za Horiba

analizatore. Kontrola protoka u analizatoru se obično postiže kontrolom pada tlaka koji nastaje prolaskom zraka kroz barijere.

- UV apsorpcijska ćelija – mora biti izrađena od materijala inertnih na ozon, mora biti mehanički stabilna tako da vibracije ili promjene u okolnoj temperaturi ne utječu na optičko usklađivanje.Također u UV apsorpcijskoj ćeliji mora biti omogućeno mjerenje temperature i tlaka plina.
- UV lampa – emitira monokromatsko UV zračenje centrirano na 253,7 nm i mora imati stabilno strujno napajanje da osigura stabilnu emisiju svijetla.
- UV detektor- Optički sistem je dizajniran tako da svo zračenje koje zabilježi detektor je centrirano na 253,7 nm. Odgovor senzora i pripadajuće elektronike mora biti dovoljno stabilan da analizator zadovolji željene kriterije.
- Specifični skruber za ozon- Selektivno katalizira uništenje ozona u uzorkovanom zraku.
- Ventil za prebacivanje – koristi se za usmjeravanje uzorkovanog zraka ili kroz ili okolo ozon specifičnog skrubera, ovisno što je potrebno.
- Temperaturni indikator – za mjerenje temperature uzorkovanog zraka u apsorpcijskoj ćeliji, s respektibilnošću od max 2K.
- Indikator tlaka – za mjerenje tlaka uzorkovanog zraka u apsorpcijskoj ćeliji, s respektibilnošću od 2 kPa.
- Indikator protoka – mora biti uključen u analizator.

- Pumpa – smještena je na kraju cijelog sustava, tako da stvarajući negativni tlak provodi zrak kroz cijeli sustav. Uvjeti pod kojima pumpa osigurava prolazak zraka (tlak i protok) uvjetovani su zahtjevom UV apsorpcijske ćelije.
- Interni izvor span plina – koristi se za potrebe funkcionalnih testova.
- Termometar za provjeru temperature uzorkovanog plina
- Termometar za provjeru temperature okolnog zraka u postaji
- Stabilizator napona - UPS za osiguranje dozvoljene varijabilnosti napona (prema tipnom odobrenju) električne struje.

- Centralno računalo

Tip analizatora:	Analizator O_3, APOA – 370
Proizvođač:	Horiba, Ltd. 2 Miyanohigashi, Kisshoin Minami – ku, Kyoto 601 – 8510, Japan
Godina proizvodnje:	2014.
Područje rada:	0 – 500 μg/m³
Najniža mjerljiva koncentracija:	0,73 ppb
Pomak nule:	< 0,73 ppb/dan, < 0,73 ppb/ mjesec
Pomak spana:	< 0,73 ppb/dan, < 0,98 ppb/mjesec
Stopa odziva (Response rate):	Manje od 64 sek.
Protok uzorka:	0,7 L/min
Linearnost:	±0,38 % punog očitanja skale
Točnost:	±1% očitanja
Temperaturni raspon rada:	5 - 40˚C
Težina:	15 kg
Snaga:	220 V, ~50 Hz, 2,5 A max.

Uzorkovanje je sastavni dio postupka ispitivanja i vrši se kontinuirano 24 sata. Rezultati ispitivanja odnose se na vanjsku atmosferu na šire područje grada Splita [5].

Kontrola kvalitete na postaji

Kontrola kvalitete na postaji služi za provjeru svakodnevnog rada aparata APOA – 370, odnosno za cjelokupan rad mjernog sustava. Na ovaj način redovito se provjerava funkcionalnost samog aparata, te omogućava pravovremenu reakciju na nepravilnosti u radu [5].

REFERENTNI DOKUMENTI

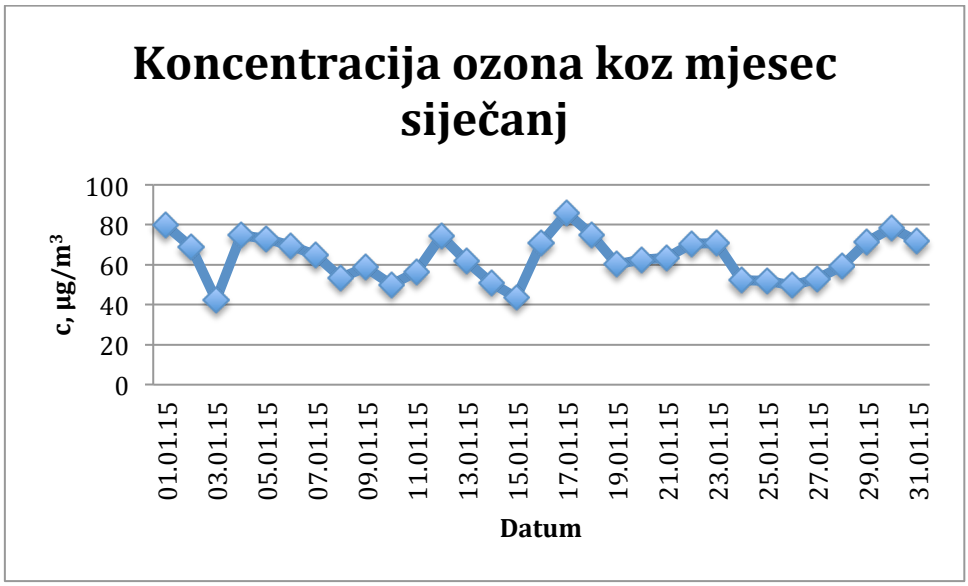
- HRN EN 14625:2012: Vanjski zrak – Standardna metoda za mjerenje koncentracije ozona ultraljubičastom fotometrijom.
- HRN EN ISO/IEC 17025:2006: Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija[5].

3. REZULTATI MJERENJA

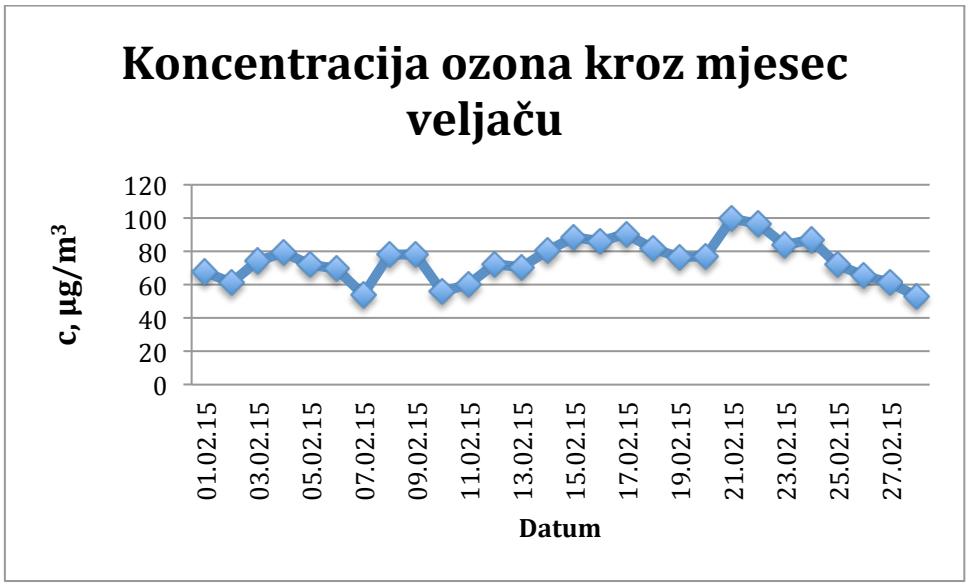
Mjerenje je provedeno na lokaciji na području Splita, Vukovarska ulica 46., praćena je koncentracija ozona kroz sedam mjeseci što je prikazano u Tablici 2.

Tablica 2. Koncentracija ozona po mjesecima kroz 2015. godinu

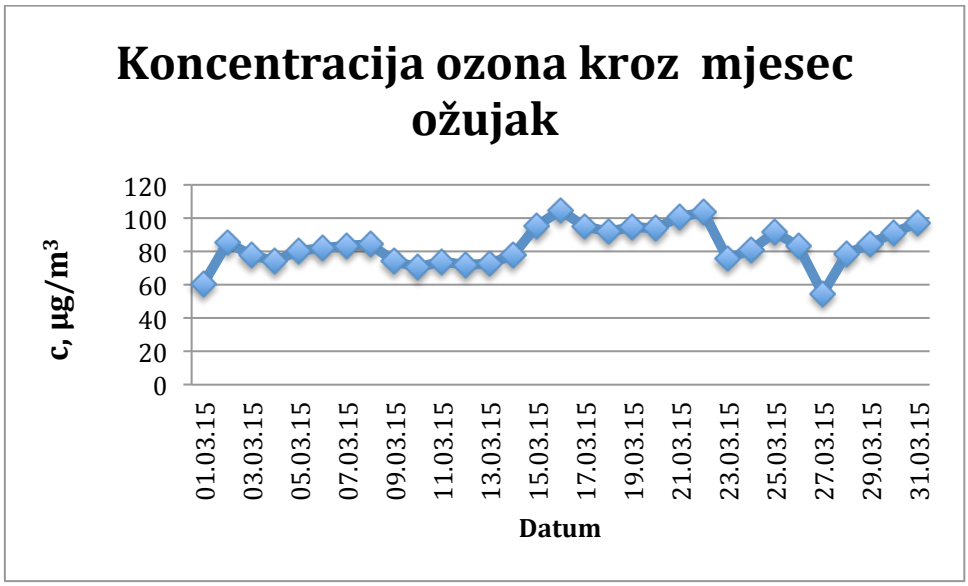
Datum	Siječanj	Veljača	Ožujak	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan
01.	79,71	67,86	60,41	84,97	97,3	49,95	
02.	69,05	61,07	85,46	78,97	93,71	63,79	
03.	42,39	74,16	77,86	88,87	85,9	75,23	
04.	74,59	79,13	74,09	94,64	89,85	81,69	
05.	73,23	72,07	80,28	127,28	86,31	75,33	7,56
06.	69,56	69,78	81,92	127,3	74,97	48,48	33,91
07.	64,79	53,87	83,44	121,81	82,98	49,98	43,31
08.	53,49	78,04	84,08	109,5	67,15	54,14	57
09.	58,76	78	74,25	116,18	67,16	56,24	29,09
10.	50,09	55,99	70,41	108,52	64,85	56,96	40,69
11.	56,57	60,24	73,71	99,87	75,87	68,92	19,32
12.	74,43	72,48	72,08	100,14	70,82	35,22	-
13.	61,88	70,4	72,78	116,34	84,45	34,75	-
14.	51,12	80,23	77,69	121,8	83,15		-
15.	43,78	88,53	95,24	108,71	102,6		-
16.	70,94	86,27	104,82	159,96	105,31		-
17.	85,96	90,23	94,9	72,1	98,14		-
18.	75,04	81,52	92,08	79,88	94,58		13,35
19.	60,2	76,51	94,45	57,76	67,49		37,43
20.	62,4	76,88	93,8	85,53	85,02		62,13
21.	63,58	99,81	100,93	76,3	83,14		60,48
22.	70,45	96,66	103,66	76,53	76,21		57,04
23.	70,8	84,05	75,79	73,76	76,62		44,03
24.	52,15	87,02	80,75	90,17	102,14		50,08
25.	52,05	71,91	91,56	101,67	102,17		33,94
26.	49,68	65,32	83,03	76,42	66,97		40,81
27.	52,92	61,39	54,66	73,9	59,2		50,03
28.	59,29	53,19	78,53	76,81	58,77		30,02
29.	71,57		84,47	92,72	57,65		51,62
30.	78,48		91,26	105,54	56,2		47,57
31.	71,79		97,34		45,63		
n	31.	28.	31.	30.	31.	13.	20.
c_s	63.57	74,73	83,41	96,79	79,42	57,74	40,47
c_{max}	85,96	99,81	104,82	159.96	105,31	81,69	62,13
c_{min}	42,39	53,19	54,66	57,76	45,63	34,75	7,56



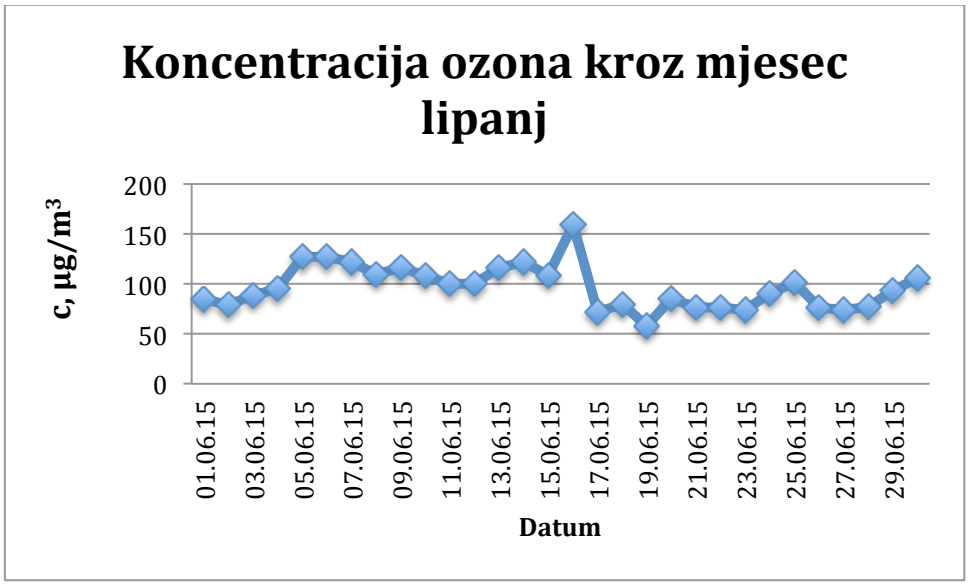
Slika 5. Koncentracije ozona kroz mjesec siječanj



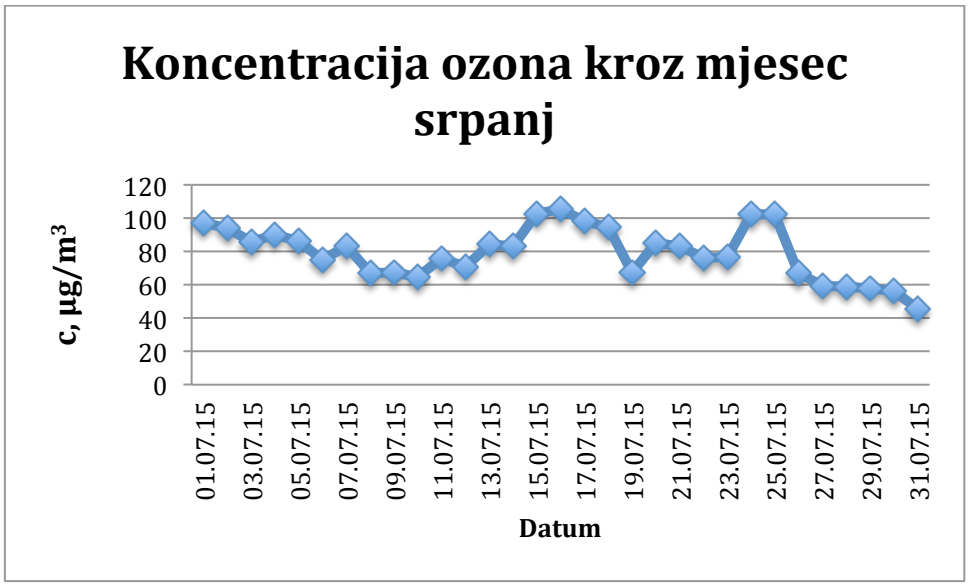
Slika 6. Koncentracije ozona kroz mjesec veljaču



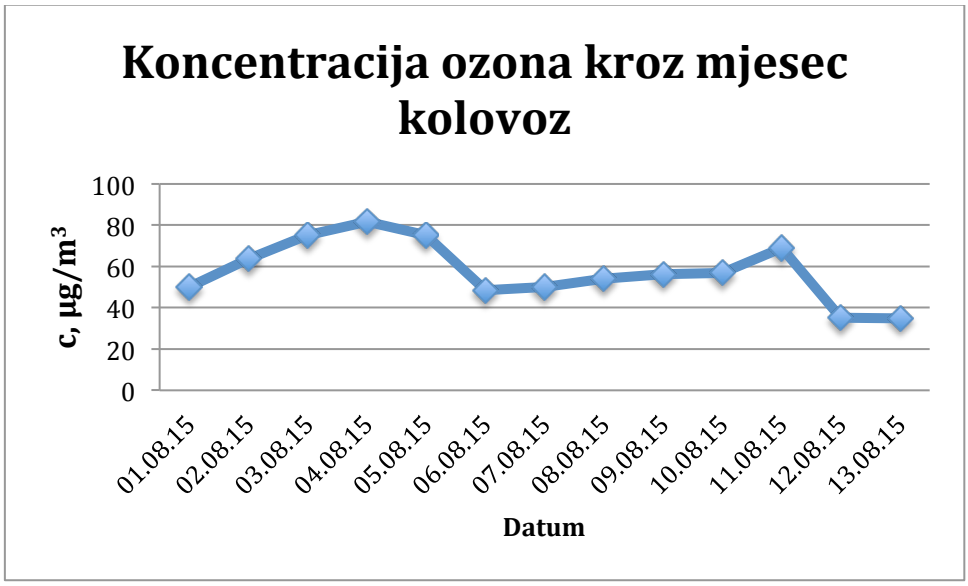
Slika 7. Koncentracije ozona kroz mjesec ožujak



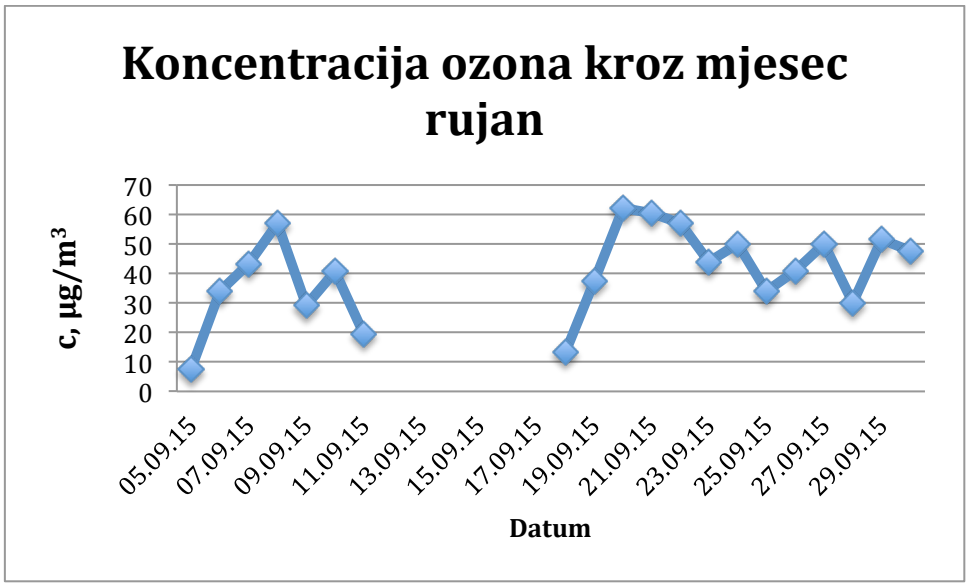
Slika 8. Koncentracije ozona kroz mjesec lipanj



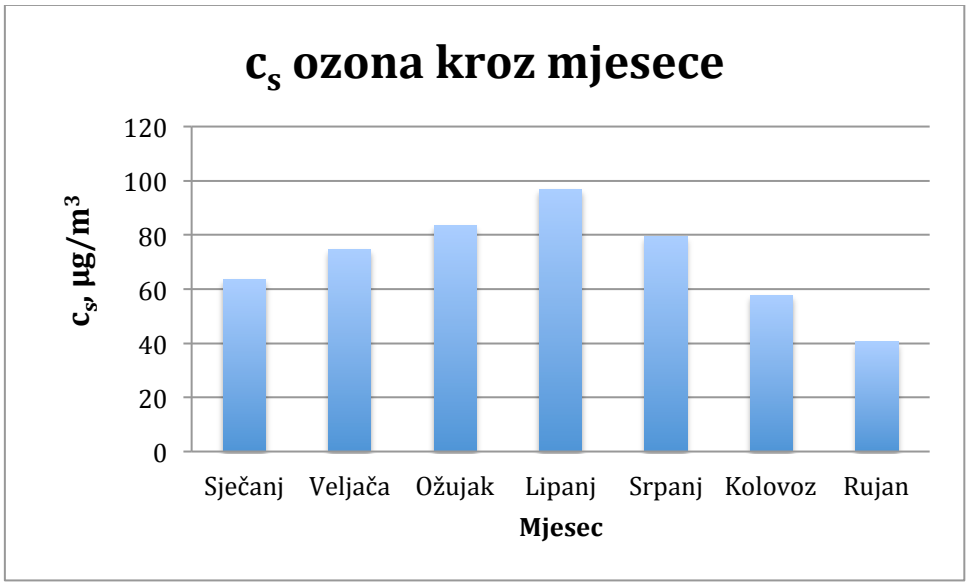
Slika 9. Koncentracije ozona kroz mjesec srpanj



Slika 10. Koncentracije ozona kroz mjesec kolovoz



Slika 11. Koncentracije ozona kroz mjesec rujan



Slika 12. Srednje vrijednosti koncentracije ozona kroz period od sedam mjeseci

4. RASPRAVA

Zakon o zaštiti zraka ima cilj očuvanja zdravlja, ljudi, biljnog i životinjskog svijeta, kulturne i materijalne vrijednosti kako bi se postigla najbolja moguća kakvoća zraka, sprječavanjem promjene klime i uspostavljanje i održavanje cjelovitosti sustava upravljanja kakvoćom zraka na teritoriju države.

Za upravljanje kakvoćom zraka na nekom području potrebno je pratiti koncentracije onečišćujućih tvari značajnih za izvore onečišćenja zraka toga područja i uspoređivati izmjerene koncentracije s vrijednostima koje služe za ocjenu kakvoće zraka.

Ozon je u nižim slojevima atmosfere (troposferi) štetan, ali je u višim slojevima (stratosferi) koristan jer djeluje kao zaštita od direktnoga ultraljubičastog zračenja Sunca [4]. Troposfreski ozon - oko 10 % nalazi se u nižim slojevima atmosfere, u troposferi. Troposferski ozon je štetan ozon. Zbog vrlo reaktivnog djelovanja s drugim molekulama on ima neposredan i vrlo štetan učinak na rast šuma, prinos usjeva, na zdravlje ljudi i životinja, kao i na razne materijale, npr. plastiku [2].

U Tablici 2. dat je prikaz prosječnih vrijednosti mjesečnog mjerenja za koncentraciju ozona tijekom dana za razdoblje od sedam mjeseci na postaji smještenoj u samom središtu grada Splita. Dane su i srednje odnosno maksimalne i minimalne vrijednosti za ispitivano razdoblje tijekom mjeseca. Manji broj uzoraka u pojedinom mjesecu je iz razloga što u tim danima instrument nije bio u funkciji.

Na slici 5. prikazano je kretanje koncentracije ozona kroz mjesec siječanj. Vidljivo je da je najveća koncentracija zabilježena 17.01.2015. koja je iznosila 85,96 $\mu g/m^3$, dok je najniža koncentracija zabilježena 03.01.2015., a iznosila je 42,39 $\mu g/m^3$. Dok je srednja vrijednost iznosila 63,58$\mu g/m^3$. Razlog navedenom kretanju koncentracije ozona mogu biti vremenski uvjeti u periodu mjerenja.

Na slici 6. prikazano je kretanje koncentracije ozona kroz mjesec veljaču. Vidljivo je da je najveća koncentracija zabilježena 21.02.2015. koja je iznosila 99,81 μg/m^3, dok je najniža koncentracija zabilježena 28.02.2015., a iznosila je 53,19 μg/m^3.

Na slici 7. prikazano je kretanje koncentracije ozona kroz mjesec ožujak. Vidljivo je da je koncentracija relativno bliska kroz cijeli mjesec, nagli porast koncentracije zabilježen je polovicom mjeseca 16.03.2015., a iznosila je 104,82 μg/m^3, dok je najniža koncentracija zabilježena 27.03.2015., a iznosila je 54.66 μg/m^3. Raspon najniže i najviše koncentracije ozona ne prekoračuje GV (< 120 μg/m^3)[8], stoga zrak spada u prvu kategoriju kakvoće zraka u odnosu na ozon.

Na slici 8. prikazano je kretanje koncentracije ozona kroz mjesec lipanj. Vidljivo je da je koncentracija relativno bliska kroz cijeli mjesec, nagli porast koncentracije zabilježen je polovicom mjeseca 16.06.2015., a iznosila je 159,96 μg/m^3, dok je najniža koncentracija zabilježena 19.06.2015., a iznosila je 57,76 μg/m^3. Najviša koncentracija prekoračuje GV (> 120 μg/m^3), prekoračenje GV u ovom mjesecu zabilježeno je pet puta tijekom mjerenja.

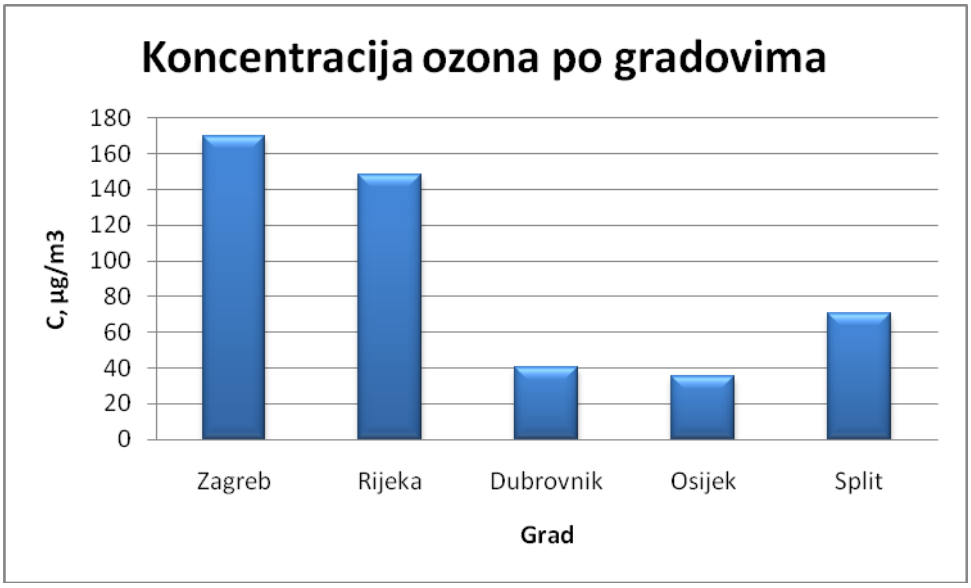
Na slici 9. prikazano je kretanje koncentracije ozona kroz mjesec srpanj. Vidljivo je da je najveća koncentracija zabilježena 16.07.2015., koja je iznosila 105,31 μg/m^3, dok je najniža koncentracija zabilježena 31.07.2015., a iznosila je 45,63 μg/m^3.

Na slici 10. prikazano je kretanje koncentracije ozona kroz mjesec kolovoz. Vidljivo je da je najveća koncentracija zabilježena 04.08.2015., koja je iznosila 81,69 μg/m^3, dok je najniža koncentracija zabilježena 13.08.2015., a iznosila je 34,75 μg/m^3.

Na slici 11. prikazano je kretanje koncentracije ozona kroz mjesec rujan. Iz grafa je vidljivo da mjerenja nisu bila tijekom cijelog mjeseca rujana, mjerenja dosta odstupaju jedna od drugih. Najveća koncentracija zabilježena 20.09.2015. koja je iznosila 62,48 μg/m^3, dok je najniža koncentracija zabilježena 05.09.2015., a iznosila je 7,56 μg/m^3.

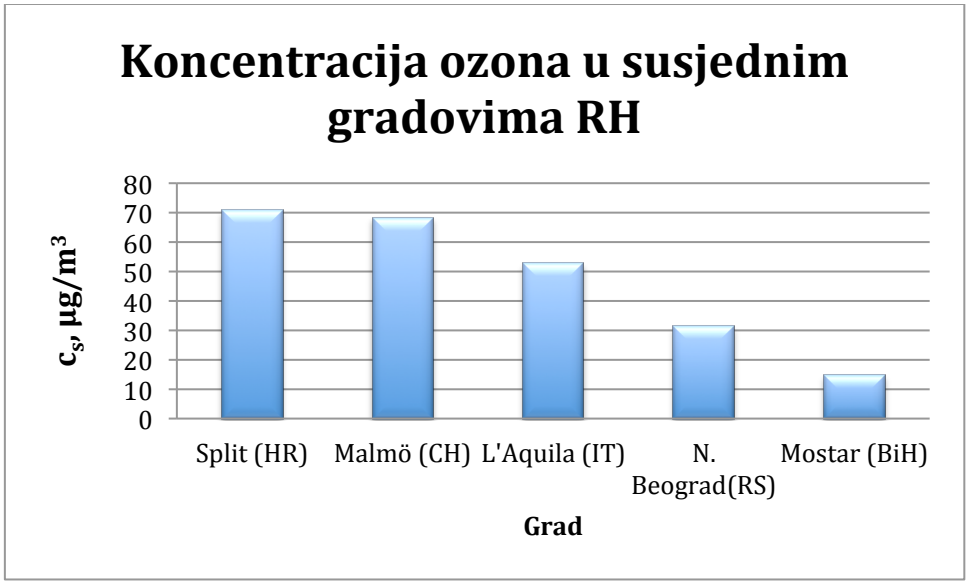
Na slici 12. prikazano je kretanje srednjih vrijednosti koncentracije ozona kroz 7 mjeseci. Vidljivo je da se koncentracija od siječnja do lipnja postepeno povećava gdje se doseže najveća koncentracija, nakon čega postepeno pada do najniže koncentracije koja je zabilježena u mjesecu rujnu. Vidljivo je da srednja vrijednost koncentracija u promatranom razdoblju (7 mjeseci) ne prekoračuje GV (< 120 $\mu g/m^3$), iako su u mjesecu srpnju pet puta zabilježena prekoračena GV, stoga zrak spada u prvu kategoriju kakvoće zraka u odnosu na ozon.

Ako usporedimo dobivene vrijednosti na mjernoj postaji u Splitu s dostupnim podatcima za druge gradove u Republici Hrvatskoj (slika 13.) vidljivo je da su koncentracije ozona u gradovima Zagrebu[13] i Rijeci[13] (2012.) znatno više u odnosu na Split, dok su u gradovima Dubrovnik[12] (2005.) i Osijek[11] (2002.) niže od koncentracije na mjernoj postaji. Naime, u gradovima Rijeci i Zagrebu koncentracija prelazi GV dok u ostala tri ne prelazi GV. Razlog je vjerojatno gustoća prometa kao i industrijska postrojenja koja se nalaze u Rijeci i Zagrebu, dok je veća koncentracija u Splitu najvjerojatnije posljedica gušćeg prometa u odnosu na Dubrovnik i Osijek.



Slika 13. Koncentracija ozona po gradovima u RH

Usporedimo li dobivene vrijednosti na mjernoj postaji u gradu Splitu s drugim dostupnim podatcima za susjedne države Republike Hrvatske (slika 14.) vidljivo je da je koncentracija ozona u Splitu znatno veća od koncentracije ozona u Srbiji[17] (Novi Beograd, 2010.) i BiH[17] (Mostar, 2010.), dok je neznatno veća od Švicarske[19] (Malmö, 2012.) i Italije[18] (L'Aquila, 2007.). U svim državama koncentracija ne prelazi graničnu vrijednost.



Slika 14. Koncentracija ozona u susjednim gradovima RH

5. ZAKLJUČAK

Razdoblje u kojem se vršilo mjerenje (7 mjeseci) nije dovoljno za davanje ocjene o kakvoći zraka za to područje (potrebno razdoblje je 1 godina), ali usprkos tome usporedimo li zabilježene rezultate sa onima koje su date u Uredbi o ozonu u zraku možemo sljedeće zaključiti:

1. Izmjerene koncentracije ozona u zraku kroz 7 mjeseci uspoređivane s graničnim vrijednostima (GV) i tolerantnim vrijednostima (TV) određenih u Uredbi o ozonu u zraku, možemo zaključiti da se nalaze ispod graničnih vrijednosti GV (< 120 ug/m^3) i zrak spada u prvu kategoriju kakvoće zraka u odnosu na ozon.
2. Kretanje koncentracije u promatranom razdoblju (7 mjeseci) se mijenja, dolazi do naglih skokova i padova, razlog tome može biti kako smjer kretanja vjetra u promatranom razdoblju, tako općenito vremenske prilike.
3. Konačnu ocjenu kakvoće zraka za područje Splita moguće je dati nakon razdoblja od 1 godinu.
4. Tijekom mjeseca lipnja izmjerena koncentracija pet puta je prekoračila GV (> 120 μg/m^3) međutim srednja vrijednost tijekom mjeseca nije bila veća od GV (< 120 μg/m^3).
5. Srednje vrijednosti koncentracija (40,47 – 96,79 μg/m^3) u promatranom razdoblju (7 mjeseci) ne prekoračuju GV (< 120 μg/m^3).
6. Koncentracija ozona u gradu Splitu znatno je niža od koncentracija zabilježenih u gradovima Rijeci i Zagrebu ali je nešto viša od koncentracija u Osijeku i Dubrovniku.
7. Kvaliteta zraka u gradu Splitu u odnosu na ozon je I kvalitete.
8. Koncentracija ozona u Hrvatskoj znatno je veća od koncentracije ozona u Srbiji i BiH, te za samo mali iznos veća od Švicarske i Italije.

6. LITERATURA

1. *B.Vujić*, Razvijanje opšteg modela za procjenu nivoa koncentracije suspendovanih čestica primenom veštačkih neuronskih mreža, Univerzitet u Novom Sadu, fakultet Tehničkih nauka,Doktorska dizertacija, Novi Sad (2010), str. 2-9.

2. www.rijeka.hr/lgs.axd?t=16&id=42517, Pristupljeno: 03.05.2016.

3. *M. Bralić*, materijali s predavanja iz kolegija Kemija atmosfere

4. *T. Sofilić*,. Manual for» Edukation Of Waste Management» (2015), str. 35.

5. *N. Periš*, Metoda za mjerenje ozona, Interna skripta Nastavnog zavoda za javno zdravstvo županije Splitsko-dalmatinske

6. *A. Norac – Kevo*, Određivanje ukupne taložive tvari (UTT) i koncentracija teških metala u UTT,Završni rad,Kemijsko – tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, (2010), str. 15

7. http://www.visitsplit.com/hr/1232/polozaj, Pristupljeno: 25.08.2016.

8. http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/289988.html, Pristupljeno: 29.08.2016.

9. phy.grf.unizg.hr/media/download_gallery/13_%20Fotometrija%20novo.ppt, Pristupljeno: 06.09.2016.

10. *R.Kurtenbach, J.Kleffmann, A.Niedojadlo, &P.Wiesen*, Primary NO2 emissions and their impact on air quality in traffic environments in Germany. Environmental Sciences Europe,24.1 (2012), str. 1

11. *E.Kovač, & T. Cvitaš*, Boundary layer ozone in Osijek, eastern Croatia. Geofizika, 24(2), (2007), str. 117

12. *T. Cvitaš, N. Kezele, L. Klasnic, & G. Šorgo*, Ozone measurement on mount Srđ near Dubrovnik, Croatia. Geofizika, 23(2), (2006), str. 165

13. *Agencija za zaštitu okoliša*, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2012. godinu, Zagreb, listopad (2013), str. 97-295.

14. *S. Han, H. Bian, Y. Feng, A. Liu, X.Li, F. Zeng,&X. Zhang*, Analysis of the Relationship between O3, NO and NO2 in Tianjin, China. Aerosol Air Quality Research, 11(2), (2011), str. 128-139.

15. *F. Song, J. Y. Shin, R. Jusino-Atresino, &Y. Gao,* Relationships among the springtime ground–level NO x, O 3 and NO 3 in the vicinity of highways in the US East Coast. Atmospheric Pollution Research, 2(3), (2011), str. 374-383.

16. *D. Roberts–Semple, F. Song, &Y. Gao*, Seasonal characteristics of ambient nitrogen oxides and ground–level ozone in metropolitan northeastern New Jersey. Atmospheric Pollution Research, 3(2), (2012), str. 247-257.

17. *M. Arsic, D. Nikolic, I. Mihajlovic, Z. Zivkovic, &P. Djordjevi*c, Monitoring of ozone concentrations in the Belgrade urban area. Journal of Environmental protection and ecology, 13(4), (2012), str. 2057-2067.

18. *P. Di Carlo, E. Aruffo, F. Biancofiore, M. Busilacchio, G. Pitari, C. Dari-Salisburgo, ... &Y. Kajii*, Wildfires impact on surface nitrogen oxides and ozone in Central Italy. Atmospheric Pollution Research, 6(1), (2015), str. 29-35.

19. *E. Malmqvist, D. Olsson, A. Hagenbjörk-Gustafsson, B. Forsberg, K.Mattisson, E. Stroh, ... &H. Tinnerberg*, Assessing ozone exposure for epidemiological studies in Malmö and Umeå, Sweden. Atmospheric Environment, 94, (2014), str. 241-248.