

# Određivanje koncentracije CO<sub>2</sub> u zraku na širem području grada Splita i grada Jajca, BiH

---

Jakešević, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

*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:167:133914>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-19**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE CO<sub>2</sub> U ZRAKU NA ŠIREM  
PODRUČJU GRADA SPLITA I GRADA JAJCA, BIH**

**ZAVRŠNI RAD**

Ivana Jakešević

Mat.br.375

Split, listopad 2018.



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ KEMIJE**

**ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE CO<sub>2</sub> U ZRAKU NA ŠIREM  
PODRUČJU GRADA SPLITA I GRADA JAJCA, BIH**

**ZAVRŠNI RAD**

Ivana Jakešević

Mat.br.375

Split, listopad 2018.

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

Undergraduate study of Chemistry

DETERMINATION OF CO<sub>2</sub> CONCENTRATION IN THE AIR ON THE  
WIDER AREA OF SPLIT CITY AND THE CITY OF JAJCA, BIH

**BACHELOR THESIS**

Ivana Jakešević

Mat.br.375

Split, listopad 2018.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu

Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu

Studij: Preddiplomski studij kemije

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Kemija

Tema rada je prihvaćena na III. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko tehnološkog fakulteta

Mentor: Prof.dr.sc. Marija Bralić

Pomoć pri izradi: Josip Radić, mag.chem.

### ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE CO<sub>2</sub> U ZRAKU NA ŠIREM PODRUČJU GRADA SPLITA I GRADA JAJCA, BIH

Ivana Jakešević, 375

#### Sažetak:

Najveća srednja vrijednost koncentracija CO<sub>2</sub> je 928 ppm u gradu Splitu izmjerena na ulazu u Marjanski tunel. Koncentracije na ostalim mjernim postajama u Splitu kretale su se u rasponu od 600 ppm do 800 ppm. U gradu Jajcu, Bosna i Hercegovina (BIH) izmjerena je najveća koncentracija CO<sub>2</sub> pored tvornice metalnog silicija „BSI“, u vrijednosti od 799 ppm, pa se na temelju toga utvrdilo da je kvaliteta zraka u Splitu slična kao i kvalitetu zraka u Jajcu. Meteorološki parametri također utječu na kvalitetu zraka. Kada je vrijeme vjetrovito koncentracija ugljikovog(IV)oksida kretala se u rasponu od 600 do 650 ppm, dok je za vrijeme kišovito i oblačnog vremena koncentracija ugljikovog(IV)oksida prelazila 700 ppm.

**Ključne riječi:** zrak, CO<sub>2</sub>, grad Split, grad Jajce, meteorološki parametri

**Rad sadrži:** 41 stranica, 9 slika, 9 tablica, 17 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

#### Sastav Povjerenstva za obranu:

1. Izv. prof. dr. sc. Josipa Giljanović - predsjednik
2. Doc. Dr. sc. Ante Prkić – član
3. Prof.dr.sc. Marija Bralić- član-mentor

**Datum obrane:**

**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**

**Study:** Undergraduate study of Chemistry

**Scientific area:** Natural Sciences

**Scientific field:** Chemistry

**Thesis subject** was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology, session no. III.

**Mentor:** PhD, full prof. Marija Bralić

**Technical assistance:** Josip Radić, master of chemistry

### DETERMINATION OF CO<sub>2</sub> CONCENTRATION IN THE AIR ON THE WIDER AREA OF SPLIT CITY AND THE CITY OF JAJCE, BIH

Ivana Jakešević, 375

#### **Abstract:**

The highest mean value of CO<sub>2</sub> concentration of 928 ppm was found in the city of Split and it was measured at the entrance to the Marjan tunnel. Concentrations at other measuring stations in Split ranged CO<sub>2</sub> concentrations from 600 ppm to 800 ppm.

In the town of Jajce, Bosnia and Herzegovina (BIH), the highest concentration of CO<sub>2</sub> was measured at the 799 ppm metal silicon "BSI" plant. Therefore it was established that the air quality in Split is similar to that of air quality in Jajce.

Meteorological parameters also affect the quality of the air. When the weather is the windy concentrations carbon(IV) oxide range from 600 to 650 ppm, while in rain and cloudy weather the concentration of carbon (IV) oxide exceeded 700 ppm.

**Keywords:** air, CO<sub>2</sub>, city of Split, city of Jajce, meteorological parameters

**Thesis contains:** 41 pages, 9 figures, 9 tables, 17 references

**Original in:** Croatian

#### **Defence committee:**

- 1.- PhD Josipa Giljanović, associate prof. chairperson
2. PhD Ante Prkić, assistant prof. member
3. PhD Marija Bralić, full prof. Supervisor

**Defence date:**

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited 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 prof.dr.sc. Marije Bralić, u razdoblju od svibanja do rujna 2018 godine.

*Najiskrenije se zahvaljujem svojoj mentorici prof. dr.sc. Mariji Bralić na strpljenju, pomoći i korisnim savjetima pri izradi ovog Završnog rada. Srdačno zahvaljujem Josipu Radiću, asistentu na Zavodu za kemiju okoliša na susretljivosti i pomoći prilikom obavljanja eksperimentalnog dijela Završnog rada.*

*Posebno zahvaljujem mojoj obitelji na potpori i razumijevanju tijekom studija.*

*Ivana Jakešević*

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

1. Ispitati koncentraciju CO<sub>2</sub> na području grada Splita i na području grada Jajca(BIH) pomoću uređaja Vernier s ugrađenim senzorom za CO<sub>2</sub>
2. Utvrditi kvalitetu zraka u dva različita grada za vrijeme mjerenja
3. Ispitati utjecaj meteoroloških parametara na kvalitetu zraka

## SAŽETAK

Onečišćenju životne sredine doprinose brojna industrijska postrojenja, kao i veliki broj automobila koji se u današnje vrijeme sve više i više povećava. Pomoću Vernierovog aparata se nastojala izmjeriti koncentracija  $\text{CO}_2$  koja se pojavljuje na pojedinim lokacijama u gradu Splitu, te gradu Jajcu u Bosni i Hercegovini (BIH). Najveća srednja vrijednost koncentracija  $\text{CO}_2$  je 928 ppm u gradu Splitu izmjerena na ulazu u Marjanski tunel. Koncentracije na ostalim mjernim postajama u Splitu kretale su se u rasponu od 600 ppm do 800 ppm.

U gradu Jajcu, Bosna i Hercegovina (BIH) je najveća srednja vrijednost koncentracije  $\text{CO}_2$  pored tvornice metalnog silicija „BSI“, u vrijednosti od 799 ppm, pa se na temelju toga utvrdilo da je kvaliteta zraka u Splitu slična kao i kvaliteta zraka u Jajcu. Meteorološki parametri također utječu na kvalitetu zraka.

Kada je vrijeme vjetrovito koncentracija ugljikovog(IV)oksida kretala se u rasponu od 600 do 650 ppm, dok je kod kišovitog i oblačnog vremena koncentracija ugljikovog(IV)oksida prelazila 700 ppm.

Ključne riječi:

zrak,  $\text{CO}_2$ , grad Split, grad Jajce, meteorološki parametri

## SUMMARY

Pollution of the environment contributes to many industrial plants, as well as a large number of cars that are increasing more and more today. By using Vernier's apparatus, it was tried to measure the CO<sub>2</sub> concentration on certain locations in the city of Split and the town of Jajce in Bosnia and Herzegovina(BIH). The highest mean value of CO<sub>2</sub> concentration of 928 ppm was found in the city of Split and it was measured at the entrance to the Marjan tunnel. Concentrations at other measuring stations in Split ranged CO<sub>2</sub> concentrations from 600 ppm to 800 ppm.

In the town of Jajce , Bosnia and Herzegovina (BIH), the highest mean value concentration of CO<sub>2</sub> was measured at the 799 ppm metal silicon „BSI“ plant. Therefore it was established that the air quality in Split is similar to that of air quality in Jajce.

Meteorological parameters also affect the quality of the air.

For instance, when the weather is the windy concentrations of carbon(IV)oxide range from 600 to 650 ppm, while in rain and cloudy weather the concentrations of carbon(IV)oxide exceed 700 ppm.

Keywords:

air, CO<sub>2</sub>, city of Split, city of Jajce, meteorological parameters

## Sadržaj

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| UVOD .....                                                                                             | 1  |
| 1.OPĆI DIO.....                                                                                        | 3  |
| 1.1.CIKLUS UGLJIKA U PRIRODI.....                                                                      | 4  |
| 1.2.UTJECAJ CO <sub>2</sub> NA GLOBALNO ONEČIŠĆENJE.....                                               | 5  |
| 1.2.1. Oštećenje atmosfere, kisele kiše i ozonski omotač.....                                          | 5  |
| 1.2.2.Efekt staklenika .....                                                                           | 7  |
| 1.2.3.Kisele kiše.....                                                                                 | 7  |
| 1.3.LOKALNO ONEČIŠĆENJE ZRAKA S CO <sub>2</sub> .....                                                  | 8  |
| 1.3.1.Glavni razlozi zabrinutosti za nečistoću zraka .....                                             | 8  |
| 1.3.2.Primarni i sekundarni onečišćivači zraka.....                                                    | 10 |
| 1.3.3.Od nečistog se zraka umire .....                                                                 | 11 |
| 1.4.KARAKTERISTIKE CO <sub>2</sub> .....                                                               | 12 |
| 1.4.1.Utjecaj CO <sub>2</sub> na zdravlje ljudi .....                                                  | 13 |
| 1.4.2.Mogućnosti uklanjanja CO <sub>2</sub> iz atmosfere i njegovo pretvaranje u svježije gorivo ..... | 14 |
| 1.4.3.Novija očekivanja vezana za ugljikov(IV)oksid u svijetu .....                                    | 14 |
| 2.EKSPERIMENTALNI DIO .....                                                                            | 16 |
| 2.1.ORGANIZACIJA MJERENJA .....                                                                        | 17 |
| 2.2 Mjerni uređaj.....                                                                                 | 19 |
| 3.REZULTATI.....                                                                                       | 21 |
| 4. RASPRAVA.....                                                                                       | 34 |
| 5.ZAKLJUČAK.....                                                                                       | 37 |
| 6.LITERATURA .....                                                                                     | 40 |

## **UVOD**

Smjesa plinova što je kao omotač vezana uz Zemlju pretežno gravitacijskim silama, sudjeluje u njezinoj vrtnji, tvori Zemljinu atmosferu i nužna je za život na Zemlji. Ukupna masa suhog zraka iznosi  $5,1 \cdot 10^{18}$  kg (približno milijuniti dio Zemljine mase). Današnji volumni udjel kisika, najvažnijega sastojka zraka za postojeće oblike života na Zemlji, postignut je prije približno 400 do 500 milijuna godina kao posljedica fotosinteze zelenih biljaka u oceanima. Istodobno je fotolizom kisika u višim slojevima atmosfere nastajao ozon, koji štiti žive organizme od štetnog djelovanja ultraljubičastog zračenja. Najveći udio zraka (oko 99%) nalazi se u nižim dijelu atmosfere do 100 kilometara visine. S obzirom na temperaturu atmosfere, dijelimo je na nekoliko slojeva, od kojih su za život na Zemlji najvažniji troposfera i stratosfera.

Najreaktivniji sastojak zraka je kisik, koji se troši u prirodnim procesima (disanje ljudi, životinja i biljaka, oksidacija stijena), pri izgaranju fosilnih goriva i u mnogim tehnološkim procesima. Asimilacijom biljaka kisik se vraća u zrak i tako kruži prirodom. Kako u mnogim od tih procesa nastaju ugljikov(IV)oksid i voda, koji se asimilacijom biljaka opet troše, kružni tok kisika i ugljika u prirodi su usko povezani.

Onečišćenje zraka odstupanje je od njegova normalnoga sastava zbog prisutnosti stranih tvari (onečišćivala) u koncentraciji u kojoj one u kraćem vremenu ne uzrokuju izravnu štetu za zdravlje ljudi ili drugih živih organizama, dok je zagađivanje, kao posljedica ljudskoga djelovanja, unošenje stranih tvari u zrak u koncentraciji u kojoj one u kraćem ili duljem vremenu uzrokuju izravnu štetu po okoliš i živa bića te ugrožavaju ljudsko zdravlje.

Glavni onečišćivači zraka su plinovi koji se razvijaju izgaranjem fosilnih goriva, krute čestice kao produkt industrijske proizvodnje i ispušni plinovi automobila. Automobili su u današnje vrijeme postali i najveći zagađivači zraka. Veoma štetne supstancije za zdravlje su:

lebdeće čestice,

spojevi sa sumporom,

organski spojevi,

spojevi s dušikom,

CO,

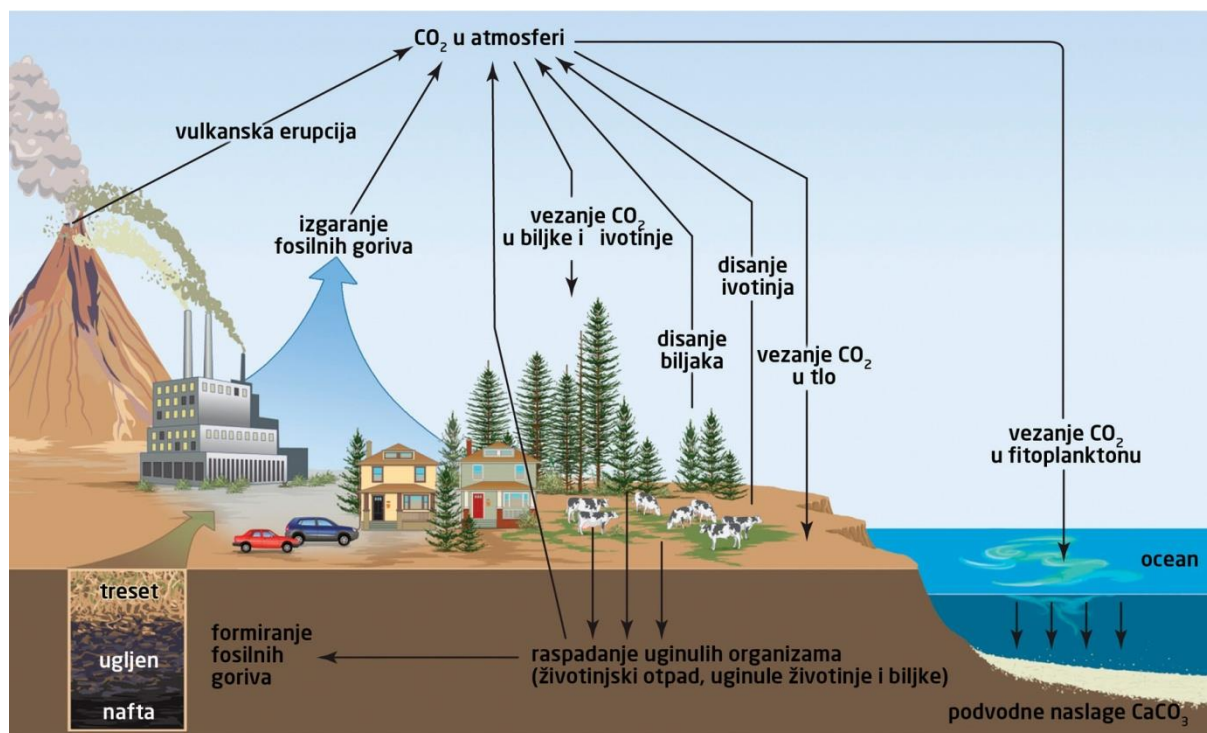
halogeni spojevi,

radioaktivni spojevi i dr.<sup>1</sup>

**1.OPČI DIO**

## 1.1.CIKLUS UGLJIK U PRIRODI

Život na Zemlji zasnovan je na ugljiku i vodi. Količina nekog elementa na Zemlji je ograničena i konačna. Kako se ugljik i voda stalno uzimaju iz atmosfere radi održavanje života, jasno je da je za dugotrajno održavanje života potrebno stalno obnavljanje izvora tih bitnih elemenata. Veliki dio ugljika se nalazi u stijenama, bilo u obliku karbonata, bilo kao „raspršeni“ organski ugljik u sedimentnim stijenama. Stoga je za očuvanje našeg planeta potrebno poznavati kruženje vode i ugljika u prirodi i sve procese u tim ciklusima, kao utjecaj čovjekovih aktivnosti na njih. Ugljik (C) je po zastupljenosti u svemiru četvrti element, a na Zemlji ga ima samo 0,32% (maseni udio). Ugljik ima puno veću važnost na Zemlji, jer je sav život kakvog mi poznajemo zasnovan na ugljiku. U neživoj okolini ugljik se nalazi u obliku  $\text{CO}_2$  u atmosferi i otopljen u vodi, u karbonatnim stijenama (vapnenac, koralji), u fosilnim gorivima (ugljen, nafta, prirodni plin), te u organskoj tvari u tlu. Ugljikovi spojevi u atmosferi, ako izuzmemo one iz antropogenih izvora, su produkt reakcije u biosferi. Primjerice, metan je krajnji produkt metabolizma metanogenih anaerobnih bakterija. Najzastupljeniji ugljikov spoj u atmosferi je ugljik (IV) oksid.<sup>2</sup>



Slika1.1. Kruženje ugljika u prirodi<sup>3</sup>

## **1.2.UTJECAJ CO<sub>2</sub> NA GLOBALNO ONEČIŠĆENJE**

### **1.2.1. Oštećenje atmosfere, kisele kiše i ozonski omotač**

Industrija u okoliš ispušta goleme količine otpadnih tvari, najčešće bez prethodne obrade. Oni se u okolišu nagomilavaju (voda, atmosfera, tlo) djelujući štetno na neke životinje i biljke. Remete postojanost vrsta u mikrobnim zajednicama te ugrožavaju cjelokupni život na Zemlji. Iako su tvornice, elektrane i motorna vozila doprinijela napretku čovječanstva njihovi otpadni produkti i količine koje se unose u okoliš uzrokovali su mnoge nepoželjne posljedice. Kopno, more i zrak su dugo vremena predstavljali pogodna odlagališta otpadnih tvari. Poznato je da već skoro svako domaćinstvo proizvodi barem jednu tonu otpada godišnje. Unatoč razvijenim postupcima recikliranja otpadnih materijala kao sekundarnih sirovina većina njih se odlaže na tlo bez prethodne obrade. U okoliš se ispuštaju iz industrija opasne kemikalije često otrovne za biljni i životinjski svijet, a posebice se unose putem otpadnih voda. Onečišćeni plinovi uzrokuju pojavu kiselih kiša opasnih za drveće. Ono upija kiselinu iz oblaka i nakuplja je oko lisnatih vrhova, koja tijekom vremena odumiru. Dim iz tvornica također onečišćuje okoliša, stvara maglu koja remeti disanje. Plinovi koje ispuštaju elektrane, tvornice i automobili često sadrže sumporov(IV)oksid i dušikove okside. Oni se apsorbiraju u kapljicama kiše. Budući da apsorbiraju, a po prirodi su „kisel“ spojevi, nastat će kisele kiše. Danas se pokušava takve plinove koji uzrokuju nastajanje kiselih kiša, posebice onih koji nastaju iz automobila, obrađivati kemijskim sredstvima ili katalitičkim procesom prevoditi u bezopasne plinove.<sup>4</sup>



**Slika1.2.** Onečišćenje atmosfere otpadnim plinovima iz elektrana, tvornica i automobila.<sup>5</sup>

### 1.2.2.Efekt staklenika

Zagrijavanje Zemljine površine i donjih slojeva atmosfere selektivnim propuštanjem zračenja atmosfera propušta velik postotak vidljive Sunčeve svjetlosti koja zagrijava Zemlju, a dio te energije reemitira se u obliku dugovalnoga toplinskog zračenja natrag u atmosferu. Najveći dio te energije apsorbira se u atmosferi molekulama vodene pare, ugljikova(IV)oksida, klorofluorouglikovodika, metana, dušikova oksida, heksafluorida i dr. i reflektira natrag prema Zemlji. Da nema efekta staklenika, temperatura bi na Zemlji bila -73 °C. Zbog povećanog stvaranja ugljikova(IV)oksida industrijskim procesima, zbog izgaranja fosilnih goriva i uništavanja šuma posljednjih se stotinjak godina staklenički učinak povećava i dovodi do općeg zagrijavanja atmosfere.

Globalno zagrijavanje prepoznato je kao ozbiljan problem tijekom 1990-ih. Predstavnici brojnih država postigli su 1997. u Kyotu sporazum (Protokol iz Kyota) radi smanjivanja emisije ugljikova(IV)oksida i drugih stakleničkih plinova. Protokol je stupio na snagu 2005. a Hrvatska ga je potpisala 2007.<sup>4</sup>

### 1.2.3.Kisele kiše

Zbog prisutnosti CO<sub>2</sub> u atmosferi kišnica je prirodno kisela:



U kontaktu s H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> daje slabu kiselinu H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, što kišnici čak i u odsutnosti antropogenih plinova daje pH=5,7. Znači prirodna kišnica je blago kisela. Ovu slobodnu koncentraciju hidronijevih kationa dodatno prirodno povećavaju prisutni HNO<sub>3</sub> i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> koji nastaju kao posljedica šumskih požara i električnih pražnjenja, oksidacijom SO<sub>2</sub> iz bioloških izvora i vulkanskih erupcija.

Ova prirodna slobodna koncentracija hidronijevih kationa vode u zagađenim područjima se dodatno povećava prisustvom dodatnih količina SO<sub>2</sub> i NO iz antropogenih izvora.<sup>6</sup>

## 1.3. LOKALNO ONEČIŠĆENJE ZRAKA S CO<sub>2</sub>

Visoka emisija ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) stvara u atmosferi sloj koji sprječava hlađenje planeta (stvara se efekt staklenika). Posljedica toga je porast prosječne temperature planeta. Onečišćenje zraka predstavlja promjenu u sastavu zraka koja može utjecati na zdravlje, aktivnost ili opstanak živih organizama, uključujući i čovjeka. Također, postoji negativno djelovanje na klimu, tlo, materijale i općenito se smanjuje kvaliteta života. Onečišćeni zrak već dugo predstavlja opasnost po zdravlje ljudi i ekosustave. Još u antičkom Rimu ljudi su negodovali zbog lošeg zraka u gradu (uglavnom kao posljedica dima od loženja i neugodnog mirisa otpadnih voda). U Londonu je 1952. godine zabilježena epizoda velikog smoga, tijekom koje je od posljedica onečišćenja umrlo 4 000 ljudi. Danas mnogi veliki gradovi u svijetu imaju lošu kvalitetu zraka, kao i zatvoreni prostori u kojima ljudi rade i borave.<sup>7</sup>

Čak i "čist" zrak nije stvarno čist. Postoje mnoge tvari koje onečišćuju zrak i potječu iz prirodnih izvora, na primjer prašina, vulkanski pepeo i plinovi, dim od šumskih požara, metan iz probavnog sustava životinja, morska sol, pelud i druge tvari. Prirodni onečišćivači brojniji su od onih koji potječu od ljudskih aktivnosti, međutim, čovjek se prilagodio takvoj vrsti onečišćenja.<sup>7</sup>

### 1.3.1. Glavni razlozi zabrinutosti za nečistoću zraka

Glavni razlog zabrinutosti predstavlja onečišćenje zraka kao posljedica ljudskih aktivnosti. Takva onečišćenja mogu biti krute tvari, tekućine i plinovi, a većina ih potječe iz prometa i industriji. Također, onečišćenje zraka dolazi i od uporabe kemikalija, spaljivanja, poljoprivrede, deponija i radioaktivnih tvari. Većina onečišćenja zraka u gradovima posljedica je ljudskih aktivnosti, a budući da u svijetu sve više ljudi živi u gradovima, i onečišćenje zraka se povećava. Onečišćenje zraka može biti lokalni, ali i globalni problem. Lokalni su problem već spomenute epizode smoga u gradovima ili onečišćenje zraka u okolini kamenoloma ili brodogradilišta. Globalni problem nastaje kada lokalno onečišćenje zraka odmiče od mjesta nastanka, npr. zbog vjetra.

Na našem planetu ugljik je pohranjen (akumuliran) u različitim spremnicima:

- a) u biosferi u obliku organskih molekula u živim organizmima i neživoj tvari,
- b) u atmosferi u obliku plina CO<sub>2</sub>,
- c) u tlu u obliku organske tvari (npr. humus),
- d) u litosferi u obliku fosilnih goriva i sedimentnih stijena (karbonati, dolomiti, ugljen),
- e) u oceanima kao otopljeni atmosferski CO<sub>2</sub> , te kao kalcijev karbonat (CaCO<sub>3</sub>) u ljušturama morskih organizama.

U atmosferi ugljik uglavnom dolazi u obliku CO<sub>2</sub> i izravno utječe na održavanje života na Zemlji, jer sudjeluje u procesima fotosinteze u kojima se djelovanjem autotrofnih organizama (biljke, fitoplankton) sintetiziraju organski spojevi (glukoza i ostali ugljikohidrati):



### 1.3.2. Primarni i sekundarni onečišćivači zraka

Primarni onečišćivači su ona onečišćenja koja se ispuštaju izravno u zrak, bilo iz prirodnih izvora ili od strane ljudi, kao pepeo iz vulkanskih erupcija, pješčanih oluja ili automobilskih ispuha i čađe od dima. Sekundarni su onečišćivači tvari koje nastaju u kemijskim reakcijama između primarnih onečišćivača ili neke druge prirodne tvari, kao što je vodena para. Mnogi od njih nastaju pod utjecajem sunčeve svjetlosti.<sup>7</sup>

Danas se najznačajnijim primarnim onečišćivačima nastalim ljudskom aktivnošću smatraju sljedeće tvari:

1. oksidi sumpora, prvenstveno sumporov(IV)oksid ( $\text{SO}_2$ ), koji uglavnom nastaje sagorijevanjem fosilnih goriva (ugljena i nafte) i vulkanskom aktivnošću; sumporov(IV)oksid oksidacijom prelazi u sulfatnu kiselinu koja pridonosi pojavi kiselih kiša; kisele kiše imaju štetno djelovanje na biljke i životinje, zakiseljuju tlo i mogu oštetiti građevine od vapnenca i betona.
2. dušikovi oksidi, prvenstveno dušikov(IV)oksid ( $\text{NO}_2$ ), ispuštaju se kod sagorijevanja pri visokim temperaturama, kao što su automobilske motori, i mogu se vidjeti kao sivo-smeđa izmaglica oko gradova, a jedan su od najznačajnijih onečišćivača danas, pa tako u SAD-u udio onečišćenja od prometa iznosi do 60% ukupnog onečišćenja zraka, dok ispušni plinovi iz automobila pridonose nastanku smoga i kiselih kiša.
3. Ugljikov(II)oksid, ( $\text{CO}$ ), bezbojan plin bez mirisa, nije iritantan, ali je vrlo otrovan. Nastaje kod nepotpunog sagorijevanja nafte, plina, ugljena ili drva i uglavnom potječe iz automobilske ispušne plinove.
4. Ugljikov(IV)oksid, ( $\text{CO}_2$ ), prirodan je plin u atmosferi, neophodan za život na zemlji. Nastaje kod sagorijevanja, također je i staklenički plin, uz vodenu paru, metan, dušikove okside, ozon i klorofluorougljikovodike, pridonosi globalnom zatopljenju, takozvanom «efektu staklenika» na način da infracrveno zračenje, koje se emitira sa Sunca i odbija od Zemljine površine, zadržava u prizemnim slojevima atmosfere i pretvara u toplinsku energiju.

5. hlapljivi organski spojevi uglavnom se dijele na metan i nemetanske organske spojeve. Metan je izuzetno efikasan staklenički plin, dok su od nemetanskih organskih spojeva najpoznatiji benzen, toluen i ksileni, karcinogeni organski spojevi koji se često nalaze u okolini naftnih postrojenja i u ispušnim plinovima.

Osim tih, u zraku nalazimo i niz drugih štetnih tvari i spojeva, kao što su postojani slobodni radikali, otrovni metali (olovo, kadmij i drugi), amonijak ( $\text{NH}_3$ ), sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ), tioli, fenoli i radioaktivni elementi.<sup>7</sup>

### **1.3.3. Od nečistog se zraka umire**

Onečišćeni zrak predstavlja velik rizik za ljudsko zdravlje, a posebno za najosjetljivije dijelove populacije, kao što su djeca, stariji ljudi i osobe s alergijama. Zdravstveni učinci onečišćenog zraka manifestiraju se kao vrtoglavica, glavobolja, crvenilo i svrbež u očima, curenje iz nosa, kašljanje i otežano disanje, grlobolja ili bol u prsima, prehlada i alergija te pogoršanje postojećih plućnih i srčanih bolesti. Bolesti povezane s onečišćenim zrakom jesu astma, bronhitis, srčane i plućne bolesti i respiratorne alergije.<sup>7</sup>

Svjetska zdravstvena organizacija drži da 2,4 milijuna ljudi umire svake godine od uzroka izravno povezanih s onečišćenjem zraka. Smatra se da godišnje više ljudi umire vezano uz onečišćen zrak nego u prometnim nesrećama. Epidemiološke studije u SAD-u pokazuju da više od pola milijuna Amerikanaca godišnje umire od srčano-plućnih bolesti povezanih s udisanjem zraka onečišćenog lebdećim česticama  $\text{PM}_{10}$  (sitne čestice manje od 10 mikrometara, koje imaju sposobnost slobodnog kretanja u atmosferi). Procjenjuje se da godišnje 310 000 Europljana umire od onečišćenog zraka. Britanci su dokazali jaku povezanost između smrti uzrokovanih upalom pluća i onečišćenja zraka ispušnim plinovima.

Mjere prevencije nastoje spriječiti ili smanjiti onečišćivanje zraka. Prvenstveno se preporuča korištenje tehnoloških procesa koji ne zagađuju zrak ili «čista tehnologija» te pravilan izbor goriva, odnosno smanjivanje uporabe fosilnih goriva. Nadalje, preporuča se kontrola emisija tijekom i nakon sagorijevanja te korištenje dodatnih filtara na ispuštima u zrak. Prije svega, potrebna je promjena načina života u smislu manjeg trošenja energije ili upotrebe alternativnih izvora.<sup>7</sup>

## 1.4.KARAKTERISTIKE CO<sub>2</sub>

Ugljikov(IV)oksid je produkt sagorijevanja ugljika i organskih spojeva uz dovoljnu prisutnost kisika, a iz tijela izlazi s izdahnutim zrakom. Ukoliko ga se više nakupi, postaje opasnim plinom. U zatvorenim prostorijama u kojima boravi puno ljudi sakuplja se ugljikov(IV)oksid u većoj količini.<sup>8</sup>

**Tablica 1.Karakteristike ugljikovog-dioksida**

|                                 |                                                                                                                                          |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Kemijska formula:</b>        | CO <sub>2</sub>                                                                                                                          |
| <b>Izvor (nastajanje):</b>      | produkt potpunog sagorijevanja, karbonizacija ugljena                                                                                    |
| <b>Miris:</b>                   | nema mirisa i boje, kiselkastog okusa u koncentracijama iznad 10%                                                                        |
| <b>Gustoća:</b>                 | 1,9768 [kg/m <sup>3</sup> ] (teži od zraka, u zatvorenim prostorima često se nalazi na dnu prostorije)                                   |
| <b>MDK:</b>                     | (radno mjesto): 0,5%, (izlazna zračna struja): 0,75%                                                                                     |
| <b>KDK:</b>                     | 1,5% (30.000 ppm)                                                                                                                        |
| <b>IDLH:</b>                    | 50.000 ppm                                                                                                                               |
| <b>Zapaljivost:</b>             | nije zapaljiv i ne podržava gorenje (koristi se kao sredstvo za gašenje požara, stvara inertnu atmosferu onemogućavajući pristup kisiku) |
| <b>Topljivost:</b>              | topljiv je u vodi, nastaje ugljična kiselina (pH oko 4): CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O ⇌ H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>             |
| <b>Djelovanje na okoliš:</b>    | služi za dobivanje kisika iz biljnog svijeta                                                                                             |
| <b>Djelovanje na organizam:</b> | u većim količinama je otrovan                                                                                                            |

### 1.4.1. Utjecaj CO<sub>2</sub> na zdravlje ljudi

Globalna emisija ugljikovog(IV)oksida jedan je od najvećih svjetskih problema ugrožavajući i sam opstanak na planeti Zemlji. Promet je odgovoran za čak 25% emisija CO<sub>2</sub>, zbog uporabe fosilnih goriva. Prosječan automobil godišnje ispušta toliko CO<sub>2</sub> koliko je i sam težak. Za jedan sat vožnje autocestom brzinom 130 kmh<sup>-1</sup> potroši se kisika koliko jedan čovjek potroši u deset dana za disanje. Za stanovnike gradova, pogotovo većih, rizik za zagađenje i ugrožavanje zdravlja je 20 puta veći nego u manjim mjestima.

Zadnjih dvadesetak godina u Hrvatskoj je prisutan uzlazni trend emisije CO<sub>2</sub> uzrokovan cestovnim prometom, pa je primjerice koncentracija CO<sub>2</sub> na nekim križanjima u glavnom gradu Zagrebu ( 35mg/m<sup>3</sup>) što je 3,5 puta više od svjetskih standarda (10mg/m<sup>3</sup> ).

Koncentracija ugljikovog(IV)oksida u zraku iznosi oko 0,03% volumena. Već kratkotrajna izlaganja koncentracijama CO<sub>2</sub> većim od 2% uzrokuje štetne učinke po zdravlje.<sup>9</sup>

#### ***Studija utjecaja CO<sub>2</sub> na zdravlja provedena u Kanadi utvrdila su sljedeće:***

- 15-minutno izlaganje koncentracijama CO<sub>2</sub> od 3,3% do 5,4% povećavaju dubinu disanja a pri koncentraciji od 7,5% otežano disanje, ubrzava srčani ritam, javlja se glavobolja, vrtoglavica, znojenje, nemir i smetnje vida.
- 20-minutno izlaganje koncentracijama CO<sub>2</sub> od 6,5% do 7,5% smanjuje mentalne sposobnosti,
- izlaganje koncentraciji CO<sub>2</sub> od 10% u vremenu od jedne i pol minute uzrokuje očno svjetlucanje i nadraženost te povećava aktivnost i grčenje mišića.
- Neke druge studije su pokazale da dugotrajno izlaganje koncentracijama CO od 1,5% uzrokuje reverzibilni kiselo-bazni disbalans u krvi i povećanje minutnog volumena pluća. Poremećaji kiselo-bazne ravnoteže je naziv za različita stanja ljudskog tijela u kojima je poremećen odnos baza i kiselina u krvi, te je vrijednost pH krvne plazme izvan normalnih granica koje su od (pH=7,35 do 7,45).<sup>9</sup>

### **1.4.2.Mogućnosti uklanjanja CO<sub>2</sub> iz atmosfere i njegovo pretvaranje u svjež gorivo**

Neke od mogućih ideja vezane za energiju s niskom razinom emisije, točnije novom gorivu dobivenog iz stakleničkog plina ugljikovog(IV)oksida. Takav proces bi mogao biti dobara ideja ako bi se uspio ugljikov(IV)oksid izravno odvojiti iz zraka te kao takav pretvoriti izravno u benzin, dizel ili mlazno gorivo. Ovim načinom fosilno gorivo bi se moglo proizvesti izravno iz zraka te napraviti ono što je odavno napravila i sama priroda- početak stvaranja ugljena, nafte i prirodnoga plina bila je apsorpcija ugljikovog dioksida od strane živih tkiva i to bez troškova dubokog ukopa ovog stakleničkog plina. Uhvaćeni ugljikov(IV) dioksid bi se mogao koristiti kao sirovina iz tekućeg goriva. Znanstvenici već gotovo desetljeće raspravljaju o tome kako ispušne plinove elektrana i motora s unutarnjim izgaranjima treba smatrati korisnom sirovinom za daljnje iskorištavanje.<sup>10</sup>

Gotovo petina globalnih emisija ugljikovog(IV)oksida koje mijenjaju atmosferu i zagrijavaju planet ima izvor u prometu. Ako bi se tehnika izravnog „hvatanja“ ugljikovog dioksida mogla povezati s energijom vjetra ili Sunca, te emisije mogle bi se značajno smanjiti.

„Električna energija dobivena iz vjetroelektrana i solarnih elektrana nije kontinuirana.Takvu energiju možemo uzeti izravno iz velikih solarnih farmi ili primijeniti za uporabu ili recikliranje otpadnog ugljikovog dioksida u novo gorivo“, navodi profesor Keith osnivač i glavni znanstvenik kanadske tvrtke „Carbon Engineering“.<sup>10</sup>

### **1.4.3.Novija očekivanja vezana za ugljikov(IV)oksid u svijetu**

Velika očekivanja se polažu u dobre rezultate pogona, do 2020. godine, HITS postrojenja koja će biti implementirana u novim termoenergetskim i kemijskim kompleksima u Alžiru (Salah), Velikoj Britaniji (Peterhead), SAD-u (Carson), Australiji (Kwinana) i Norveškoj (Sleipner) .U njima će rasplinjavanjem prirodnog plina biti proizvedena električna energija, vodik za dalje korištenje u energetici i transportu, a uhvaćeni, izdvojeni i transportirani ugljikov dioksid će biti spremljen u bušotine plina u neposrednoj blizini. Za čisti ugljen bez emisije ugljikovog dioksida trebat će nešto duže vremena, jer je nužno ubrzati razvoj novih materijala koji bi trebali izdržati dugogodišnja toplinska naprezanja na visokim

temperaturama pregrijane pare od 700 °C i postići neto učinak postrojenja iznad 50 % u trajnom pogonu. Globalni problem, na koji danas nema zadovoljavajućih odgovora, bit će transport i nadzor skladišta ugljikovog dioksida velikih razmjera i to do oko 10 Gt CO<sub>2</sub> godišnje. Uočena propuštanja, često s velikim vremenskim kašnjenjem, neće moći biti otklonjena brzo, već u dužem periodu ili nikada. Zbog toga je nužno snažno politički podržati i financirati napore u razvoju, istraživanju i primjeni novih tehnoloških koncepcija i izbjeći, ili bar usporiti, katastrofalne posljedice klimatskih promjena koje se uočavaju zadnjih desetljeća.<sup>11</sup>

## **2.EKSPERIMENTALNI DIO**

## 2.1.ORGANIZACIJA MJERENJA

Mjerenja su vršena na pet mjernih postaja u gradu Splitu i na tri mjerne postaje u gradu Jajcu (BIH). Za mjerne postaje izabrane su najprometnija i najfrekventnija križanja i Marjanski tunel u gradu Splitu. Također, i u gradu Jajcu su izabrane tri mjerne postaje koje su pokazale značajnije razlike u koncentracijama CO<sub>2</sub> koje su korištene za usporedbu.

Mjerenja su vršena kroz mjesec travanj, svibanj i lipanj 2018.godine.

Za mjerne postaje u gradu Splitu su izabrana sljedeća mjesta:

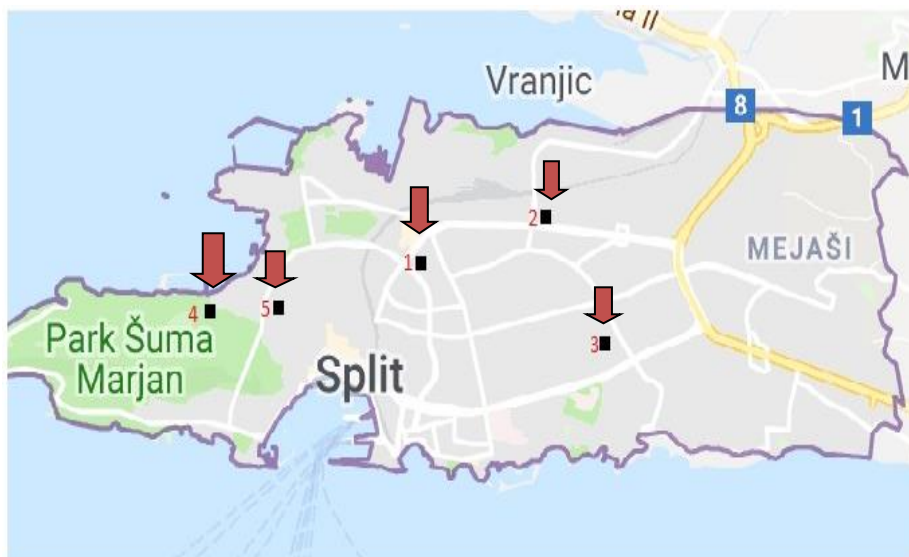
**Mjerna postaja br. 1.** - Križanje ulice Domovinskog rata i ulice Slobode

**Mjerna postaja br. 2.** -Križanje ulice Domovinskog rata i Stinice

**Mjerna postaja br.3.** -Ulica Ruđera Boškovića- Kampus

**Mjerna postaja br.4.** - Marjan-park šuma

**Mjerna postaja br. 5.** - Tunel „Marjan“



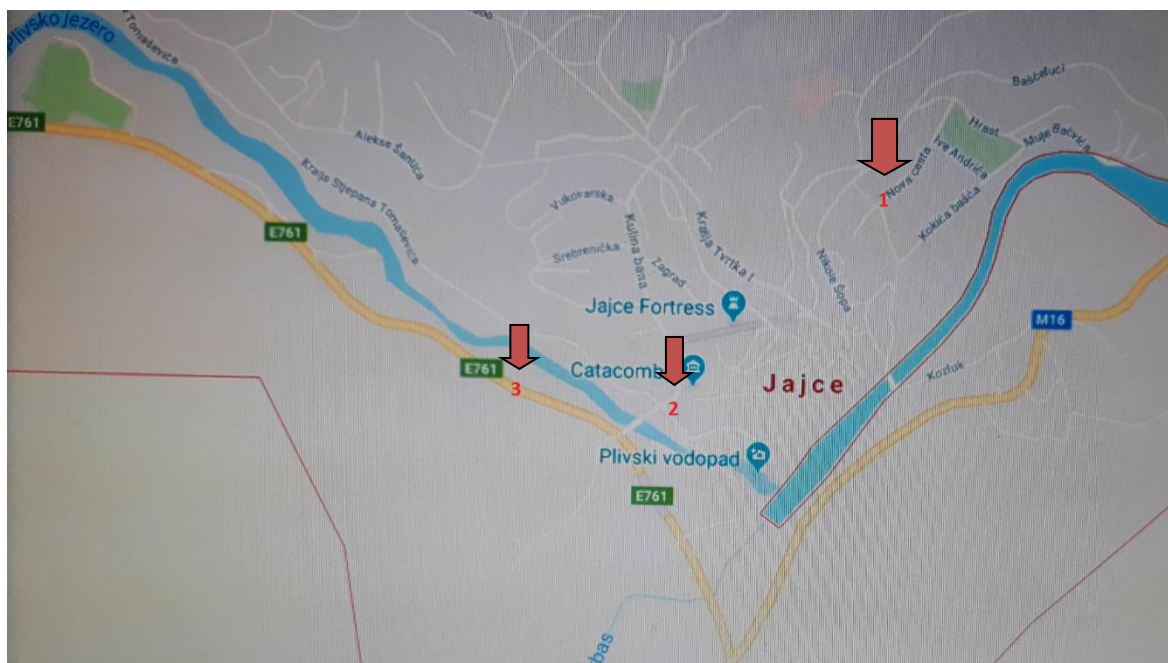
Slika 2.1. Plan grada Splita<sup>12</sup>

Za mjerne postaje u gradu Jajcu izabrana su sljedeća mjesta:

**Mjerna postaja br.1.** - Ulica Nova cesta br.5

**Mjerna postaja br.2.** - Tvornica „BSI“

**Mjerna postaja br.3.** - Gradski park u Jajcu

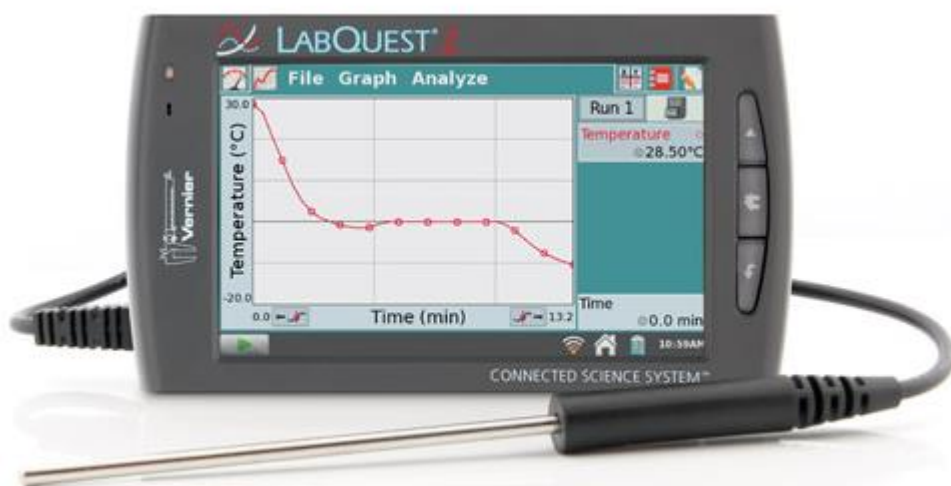


**Slika 2.2.**Plan grada Jajca<sup>13</sup>

## 2.2 Mjerni uređaj

### Princip rada Vernierovog uređaj LabQuest

LabQuest je najmoćniji svestrani i povezani uređaj za prikupljanje podataka dostupan za STEM obrazovanje. To je samostalni uređaj koji se koristi za prikupljanje podataka senzora pomoću ugrađene aplikacije za grafički prikaz i analizu. Veliki zaslon visoke razlučivosti osjetljiv na dodir olakšava i intuitivno prikuplja, analizira i dijeli podatke iz eksperimenta. Moguće je korištenje bilo kakvih senzora za mjerenje koncentracije različitih plinova u svrhu istraživanja i raznih analiza.<sup>14</sup>



**Slika 2.3.** Uređaj za mjerenje koncentracija različitih plinova pomoću odgovarajućeg senzora-LabQuest<sup>15</sup>



**Slika2.4.** senzor za CO<sub>2</sub>.<sup>15</sup>

Mjeri plinoviti ugljikov(IV) oksid od 0 do 10.000 ppm i 0 do 100.000 ppm.

S ovim senzorom se mogu jednostavno pratiti promjene u razinama ugljikova(IV)oksida.<sup>15</sup>

### **3.REZULTATI**

U sljedećim tablicama prikazane su eksperimentalne vrijednosti koncentracije CO<sub>2</sub> (ugljikova dioksida) na odabranim mjernim postajama u Splitu.

**Tablica.3.1.**Prikaz rezultata mjerenja na mjernoj postaji br.1. za razdoblje kroz travanj i svibanj.

| Datum             | Sat   | Temperatura/°C | Opis vremena    | M.postaja<br>1/ppm | Opažanje                                    | Srednja<br>vrijednost |
|-------------------|-------|----------------|-----------------|--------------------|---------------------------------------------|-----------------------|
|                   | 09:00 | 18             | Oblačno         | 895                | Promet nije bio gust,puhao je lagani vjetar | 833ppm                |
| <b>18.04.2018</b> | 15:00 | 21             | Pretežno vedro. | 739                | Promet nije bio gust                        |                       |
|                   | 21:00 | 19             | Oblačno         | 865                | Promet nije bio gust                        |                       |
|                   | 09:00 | 19             | Vedro,sunčano   | 802                | Promet pretežno gust                        | 655ppm                |
| <b>19.04.2018</b> | 17:00 | 23             | Vedro           | 615                | Promet srednje gust                         |                       |
|                   | 22:00 | 20             | Vedro           | 550                | Promet nije gust                            |                       |
|                   | 08:00 | 19             | Vedro           | 768                | Promet prilično gust                        | 721ppm                |
| <b>20.04.2018</b> | 18:00 | 22             | Vedro           | 674                | Promet prilično gust                        |                       |
|                   | 11:00 | 20             | Vedro           | 991                | Promet prilično gust                        |                       |
| <b>21.04.2018</b> | 21:00 | 19             | Vedro           | 709                | Promet prilično dosta gust                  | 850ppm                |
|                   | 10:00 | 21             | Vedro           | 646                | Promet nije bio gust,nema vjetra            | 671ppm                |
| <b>22.04.2018</b> | 18:00 | 21             | Vedro           | 646                | Promet nije bio gust                        |                       |
|                   | 21:00 | 20             | Vedro           | 720                | Promet dosta gust                           |                       |
|                   | 10:00 | 21             | Vedro,sunčano   | 670                | Promet srednje gust                         | 732ppm                |
| <b>24.04.2018</b> | 18:00 | 21             | Vedro           | 792                | Promet prilično gust                        |                       |
|                   | 20:00 | 20             | Vedro           | 733                | Gust promet                                 |                       |

|            |       |    |                  |     |                                       |        |
|------------|-------|----|------------------|-----|---------------------------------------|--------|
|            | 12:00 | 23 | Vedro            | 673 | Promet srednje gust                   | 664ppm |
| 25.04.2018 | 19:00 | 21 | Vedro            | 655 | Promet nije gust,ali puše malo vjetra |        |
|            | 08:00 | 18 | Vedro            | 642 | Promet nije gust                      | 671ppm |
| 04.05.2018 | 17:00 | 24 | Oblačno          | 692 | Promet je gust                        |        |
|            | 21:00 | 22 | Vedro            | 680 | Promet je gust                        |        |
|            | 10:00 | 24 | Vedro            | 670 | Vjetrovito i dosta prometa            | 686ppm |
| 07.05.2018 | 15:00 | 28 | Kišovito         | 702 | Promet je dosta gust                  |        |
|            | 07:00 | 20 | Oblačno          | 692 | Vjetrovito i promet gust              | 660ppm |
| 14.05.2018 | 15:00 | 26 | Oblačno          | 627 | Nije gust promet                      |        |
|            | 10:00 | 18 | Oblačno          | 645 | Srednje gust promet                   | 622ppm |
| 15.05.2018 | 17:00 | 19 | Oblačno,kišovito | 598 | Promet nije gust                      |        |
|            | 08:00 | 13 | Oblačno          | 661 | Promet srednje gust                   | 712ppm |
| 16.05.2018 | 14:00 | 15 | Kišovito         | 733 | Promet je dosta gust                  |        |
|            | 20:00 | 16 | Vedro            | 742 | Promet dosta gust                     |        |
|            | 10:00 | 18 | Vedro            | 655 | Promet nije gust                      | 675ppm |
| 17.05.2018 | 14:00 | 24 | Vedro,sunčano    | 711 | Promet je bio gust                    |        |
|            | 22:00 | 20 | Vedro            | 658 | Promet nije gust                      |        |
|            | 08:00 | 20 | Vedro            | 673 | Promet je srednje gust                | 679ppm |
| 24.05.2018 | 15:00 | 25 | Vedro            | 702 | Promet je prilično gust               |        |
|            | 22:00 | 23 | Vedro            | 661 | Nije gust promet                      |        |
|            | 07:00 | 19 | Vedro            | 658 | Gust promet                           | 707ppm |
| 25.05.2018 | 13:00 | 23 | Vedro,sunčano    | 780 | Prilično je gust                      |        |
|            | 21:00 | 20 | Vedro            | 683 | Promet je srednje gust                |        |

**Tablica 3.2.** Prikaz rezultata mjerenja na mjernoj postaji br.2 kroz travanj i svibanj.

| Datum             | Sat   | Temperatura/°C | Opis vremena           | Mjerna postaja 2/ppm | Opažanja                            | Srednja vrijednost |
|-------------------|-------|----------------|------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------|
|                   | 09:00 | 18             | Oblačno                | 583                  | Promet nije gust,puše lagani vjetar | 625ppm             |
| <b>18.04.2018</b> | 15:00 | 21             | Sunčano                | 646                  | Promet je gust                      |                    |
|                   | 21:00 | 19             | Djelomično oblačno     | 646                  | Promet gust                         |                    |
|                   | 09:00 | 19             | Vedro,izrazito sunčano | 646                  | Promet gust i puše lagani vjetar    | 625ppm             |
| <b>19.04.2018</b> | 17:00 | 23             | Vedro,sunčano          | 615                  | Promet nije gust                    |                    |
|                   | 22:00 | 20             | Vedro                  | 613                  | Promet nije gust                    |                    |
|                   | 11:00 | 20             | Vedro                  | 894                  | Promet je prilično gust             | 769ppm             |
| <b>20.04.2018</b> | 18:00 | 22             | Vedro                  | 644                  | Promet nije gust                    |                    |
|                   | 11:00 | 20             | Vedro                  | 678                  | Promet je bio gust                  | 725ppm             |
| <b>21.04.2018</b> | 21:00 | 19             | Vedro                  | 771                  | Promet dosta gust                   |                    |
|                   | 11:00 | 21             | Vedro                  | 678                  | Promet je gust                      | 741ppm             |
| <b>22.04.2018</b> | 18:00 | 21             | Vedro                  | 646                  | Promet je gust                      |                    |
|                   | 21:00 | 20             | Vedro                  | 899                  | Promet je bio baš gust (utakmica)!* |                    |
|                   | 10:00 | 21             | Vedro                  | 683                  | Promet je srednje gust              | 742ppm             |
| <b>24.04.2018</b> | 18:00 | 21             | Sunčano                | 720                  | Promet je gust                      |                    |
|                   | 20:00 | 20             | Vedro                  | 824                  | Promet dosta gust                   |                    |

|                   |       |    |                 |     |                                      |        |
|-------------------|-------|----|-----------------|-----|--------------------------------------|--------|
|                   | 12:00 | 23 | Vedro           | 795 | Promet je dosta gust                 | 742ppm |
| <b>25.04.2018</b> | 19:00 | 21 | Vedro           | 689 | Promet nije baš gust                 |        |
|                   | 12:00 | 29 | Vedro           | 680 | Promet je srednje gust (vjetar puše) | 692ppm |
| <b>04.05.2018</b> | 16:00 | 24 | Vedro           | 655 | Promet je rjeđi                      |        |
|                   | 22:00 | 21 | Vedro           | 742 | Promet je bio gust                   |        |
|                   | 10:00 | 24 | Vedro           | 664 | Vjetrovito                           | 666ppm |
| <b>07.04.2018</b> | 15:00 | 28 | Kišovito        | 667 | Vjetrovito, kišovito, promet slab    |        |
|                   | 10:00 | 18 | Oblačno         | 611 | Promet nije baš gust                 | 636ppm |
| <b>15.09.2018</b> | 20:00 | 15 | Kišovito        | 661 | Promet je gust                       |        |
|                   | 08:00 | 13 | Oblačno s kišom | 611 | Promet nije gust                     | 674ppm |
| <b>16.04.2018</b> | 14:00 | 15 | Kiša            | 708 | Promet je dosta gust                 |        |
|                   | 20:00 | 16 | Vedro           | 702 | Promet je dosta gust                 |        |
|                   | 10:00 | 18 | Vedro           | 655 | Promet nije gust                     | 661ppm |
| <b>17.05.2018</b> | 14:00 | 24 | Vedro           | 667 | Promet je gust                       |        |
|                   | 08:00 | 20 | Vedro           | 708 | Promet je dosta gust                 | 700ppm |
| <b>24.05.2018</b> | 15:00 | 25 | Vedro           | 692 | Promet je također gust               |        |
|                   | 07:00 | 19 | Vedro           | 705 | Promet je gust                       | 698ppm |
| <b>25.05.2018</b> | 15:00 | 26 | Oblačno, tmurno | 736 | Promet je gust                       |        |
|                   | 21:00 | 18 | Tmurno          | 652 | Promet je srednje gust               |        |

**Tablica 3.3.** Prikaz rezultata mjerenja na mjernoj postaji br.3 kroz travanj i svibanj.

| Datum              | Sat   | Temp./°C | Opis vremena   | Mjerna postaja 3/ppm | Opažanja                             | Srednja vrijednost |
|--------------------|-------|----------|----------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------|
| <b>18.04.2018</b>  | 14:00 | 21       | Vedro          | 583                  | Dosta mirno,nema vjetra              | 583ppm             |
|                    | 10:00 | 22       | Pretežno vedro | 615                  | Dosta vjetrovito                     | 615ppm             |
| <b>19.04.2018.</b> | 15:00 | 22       | Vedro          | 615                  | Promet rijedak                       |                    |
| <b>20.04.2018</b>  | 08:00 | 19       | Vedro          | 615                  | Mirno bez vjetra                     | 615ppm             |
|                    | 12:00 | 22       | Vedro,sunčano  | 714                  | Mirno bez puno prometa               | 692ppm             |
| <b>24.04.2018</b>  | 16:00 | 23       | Vedro          | 670                  | Malo vjetrovito                      |                    |
| <b>25.04.2018</b>  | 10:00 | 22       | Vedro          | 780                  | Mirno                                | 780ppm             |
|                    | 08:00 | 18       | Vedro          | 611                  | Dosta vjetra,vedro                   | 624ppm             |
| <b>04.05.2018</b>  | 12:00 | 23       | Vedro          | 636                  | Vjetrovito                           |                    |
|                    | 08:00 | 20       | Vedro          | 636                  | Malo je vjetrovito,pr omet nije gust | 597ppm             |
| <b>08.05.2018</b>  | 12:00 | 25       | Vedro          | 574                  | Promet nije gust                     |                    |
|                    | 16:00 | 24       | Vedro          | 580                  | Promet nije bio gust                 |                    |
| <b>14.05.2018</b>  | 08:00 | 21       | Oblačno        | 608                  | Promet nije gust                     | 608ppm             |
| <b>15.05.2018</b>  | 17:00 | 23       | Kiša           | 592                  | Promet nije gust                     | 592ppm             |
|                    | 09:00 | 14       | Kiša           | 617                  | Promet nije gust                     | 622ppm             |
| <b>16.05.2018</b>  | 11:00 | 14       | Kiša           | 627                  | Promet nije gust                     |                    |
|                    | 08:00 | 20       | Vedro          | 642                  | Promet nije gust                     | 656ppm             |
| <b>24.04.2018</b>  | 12:00 | 26       | Vedro          | 670                  | Promet nije gust                     |                    |

# REZULTATI

|                   |       |    |                     |     |                        |        |
|-------------------|-------|----|---------------------|-----|------------------------|--------|
|                   | 08:00 | 20 | Vedro               | 670 | Promet je gust         | 666ppm |
| <b>25.05.2018</b> | 12:00 | 24 | Vedro               | 661 | Promet manje gust      |        |
|                   | 08:00 | 24 | Vedro               | 630 | Promet nije gust       | 630ppm |
| <b>28.05.2018</b> | 13:00 | 28 | Vedro,sunčano       | 630 | Promet nije gust       |        |
|                   | 08:00 | 25 | Vedro,sunčano       | 655 | Promet nije gust       | 655ppm |
| <b>29.05.2018</b> | 13:00 | 28 | Vedro,sunčano       | 655 | Promet nije gust       |        |
|                   | 16:00 | 28 | Previše toplo,Vedro | 655 | Promet je srednje gust |        |

**Tablica 3.4.** Rezultati mjerenja na mjernoj postaji br.4., kroz mjesece travanj, svibanj i lipanj.

| Datum      | Sat   | Temp./°C | Opis vremena   | Mjerna postaja 4/ppm | Opažanja                                                         | Srednja vrijednost |
|------------|-------|----------|----------------|----------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 19.04.2018 | 20:00 | 21       | Vedro          | 678                  | Promet je gust                                                   | 678ppm             |
| 22.04.2018 | 14:00 | 23       | Vedro, sunčano | 709                  | Promet prilično gust (Utakmica ,promet se odvijao preko Marjana) | 709ppm             |
| 25.04.2018 | 18:00 | 21       | Vedro          | 645                  | Promet srednje gust                                              | 645ppm             |
| 04.05.2018 | 17:00 | 24       | Oblačno        | 667                  | Dosta ljudi                                                      | 667ppm             |
| 16.05.2018 | 19:00 | 18       | Vedro          | 617                  | Ne baš mnogo ljudi                                               | 617ppm             |
| 26.05.2018 | 16:00 | 28       | Vedro          | 652                  | Promet nije gust                                                 | 652ppm             |
| 10.06.2018 | 12:00 | 28       | Vedro          | 636                  | Ne baš puno prometa                                              | 636ppm             |
| 11.06.2018 | 18:00 | 26       | Vedro          | 655                  | Promet je gust                                                   | 655ppm             |
| 14.06.2018 | 18:00 | 28       | Vedro, sunčano | 683                  | Promet izrazito gust                                             | 683ppm             |
| 16.06.2018 | 19:00 | 24       | Vedro          | 652                  | Promet srednje gust                                              | 652ppm             |
| 17.06.2018 | 12:00 | 28       | Vedro          | 698                  | Izrazito gust                                                    | 698ppm             |
| 18.06.2018 | 18:00 | 26       | Vedro          | 709                  | Promet je gust                                                   | 709ppm             |
| 19.06.2018 | 15:00 | 29       | Vedro          | 692                  | Promet srednje gust                                              | 692ppm             |

**Tablica 3.5.** Rezultati mjerenja na mjernoj postaji br.5.kroz mjesece travanj, svibanj i lipanj.

| Datum             | Sat   | Temp/°C | Opis vremena   | Mjerna post.5/ppm | Opažanja                                      | Srednja vrijednos |
|-------------------|-------|---------|----------------|-------------------|-----------------------------------------------|-------------------|
| <b>19.04.2018</b> | 20:00 | 21      | Vedro          | 928               | Promet je dosta gust(prije zatvaranja tunela) | 928ppm            |
| <b>22.04.2018</b> | 14:00 | 23      | Vedro          | 865               | Promet je gust(poslije zatvaranja tunela)     | 865ppm            |
| <b>25.04.2018</b> | 18:00 | 21      | Vedro          | 739               | Promet nije toliko gust                       | 739ppm            |
| <b>04.05.2018</b> | 17:00 | 24      | Oblačno        | 680               | Promet nije gust                              | 680ppm            |
| <b>08.05.2018</b> | 20:00 | 22      | Vedro          | 642               | Promet je dosta gust                          | 642ppm            |
| <b>16.05.2018</b> | 19:00 | 18      | Vedro          | 820               | Promet je dosta gust                          | 820ppm            |
| <b>26.05.2018</b> | 16:00 | 28      | Vedro,kišovito | 820               | Promet dosta gust                             | 820ppm            |
| <b>06.06.2018</b> | 19:00 | 20      | Vedro          | 652               | Promet nije baš gust                          | 652ppm            |
| <b>10.06.2018</b> | 12:00 | 28      | Vedro,sunčano  | 736               | Promet je gust                                | 736ppm            |
| <b>11.06.2018</b> | 18:00 | 26      | Vedro,sunčano  | 883               | Promet pretjerano gust                        | 883ppm            |
| <b>13.06.2018</b> | 19:00 | 26      | Oblačno,kiša   | 783               | Promet gust                                   | 783ppm            |
| <b>14.06.2018</b> | 18:00 | 28      | Vedro          | 733               | Promet nije gust                              | 733ppm            |
| <b>16.06.2018</b> | 19:00 | 24      | Vedro          | 711               | Promet nije gust                              | 711ppm            |
| <b>17.06.2018</b> | 12:00 | 28      | Vedro          | 717               | Promet je srednje gust                        | 717ppm            |
| <b>18.06.2018</b> | 18:00 | 26      | Vedro          | 720               | Promet je gust dosta                          | 720ppm            |

\*Napomena-U periodu od( 20.04-22.04.2018.) promet se nije odvijao kroz tunel „Marjan“.

Promet se u tom periodu prebacio put Marjana,zbog toga se vide razlike u kon.CO<sub>2</sub>!!

U sljedećim tablicama prikazane su eksperimentalne vrijednosti koncentracije CO<sub>2</sub> na mjernim postajama u gradu Jajcu, BIH.

**Tablica 3.6.** Rezultati mjerenja na mornoj postaji br.1 kroz mjesece travanj i svibanj.

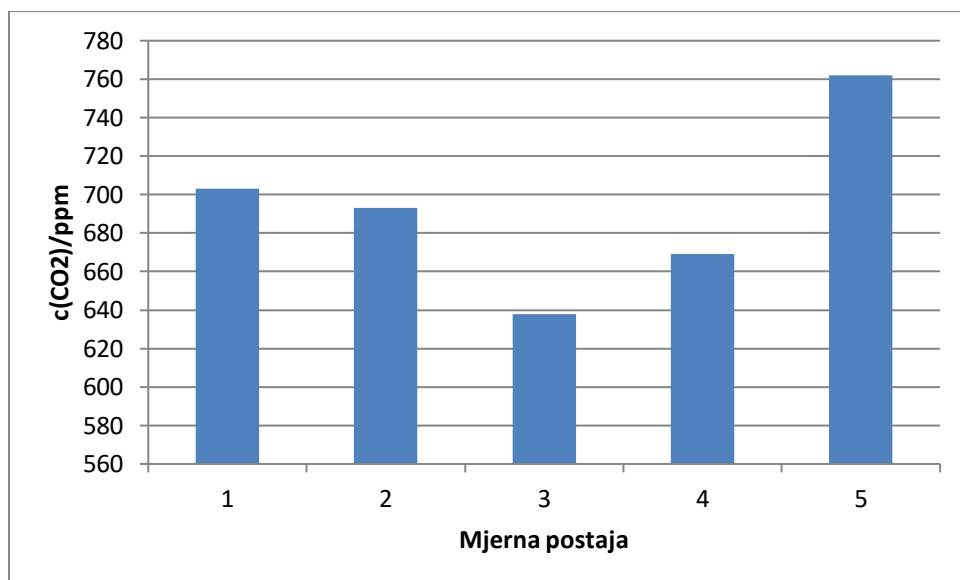
| Datum              | Sat   | Temperatura /°C | Opis vremena          | Mjerna postaja 1./ppm | Opažanje                    | Srednja vrijednost |
|--------------------|-------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|
|                    | 09:00 | 20              | Vedro                 | 636                   | Mirno vrijeme, bez vjetrova | 656ppm             |
| <b>27.04.2018.</b> | 18:00 | 22              | Vedro                 | 683                   | Mirno vrijeme               |                    |
|                    | 22:00 | 20              | Vedro                 | 645                   | Nema vjetrova               |                    |
|                    | 10:00 | 19              | Sunčano               | 630                   | Nema vjetrova               | 629ppm             |
| <b>29.04.2018</b>  | 16:00 | 23              | Sunčano, malo oblačno | 627                   | Malo vjetrovito             |                    |
|                    | 10:00 | 17              | Sunčano               | 748                   | Mirno vrijeme               | 676ppm             |
| <b>30.04.2018</b>  | 18:00 | 23              | Sunčano               | 620                   | Vjetrovito                  |                    |
|                    | 23:00 | 14              | Vedro                 | 661                   | Malo vjetrova               |                    |
|                    | 10:00 | 17              | Vedro, malo oblačno   | 630                   | Vjetrovito                  | 646ppm             |
| <b>01.05.2018</b>  | 19:00 | 20              | Oblačno               | 627                   | Mirno bez vjetrova          |                    |
|                    | 23:00 | 15              | Vedro                 | 680                   | Malo vjetrovito             |                    |
|                    | 10:00 | 17              | Sunčano               | 617                   | Dosta vjetrova              | 636ppm             |
| <b>02.05.2018</b>  | 15:00 | 24              | Oblačno               | 645                   | Oblačno, vjetrovito         |                    |
|                    | 19:00 | 20              | Vedro                 | 645                   | Prilično puše vjetar        |                    |

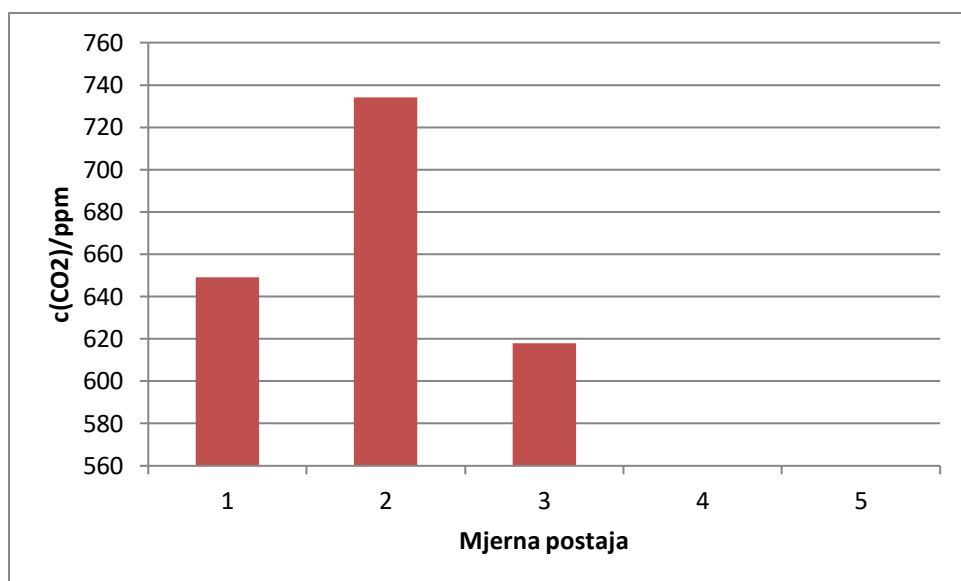
**Tablica 3.7.** Rezultati mjerenja na mjernoj postaji br.2. kroz mjesece travanj i svibanj.

| Datum             | Sat   | Temperatura/°C | Opis vremena | Mjerna postaja 2/ppm | Opažanje                 | Srednja vrijednost |
|-------------------|-------|----------------|--------------|----------------------|--------------------------|--------------------|
|                   | 10:00 | 20             | Vedro        | 623                  | Promet nije bio gust     | 765ppm             |
| <b>27.04.2018</b> | 17:00 | 22             | Vedro        | 1046                 | Promet je dosta gust     |                    |
|                   | 20:00 | 20             | Vedro        | 627                  | Promet je srednje gust   |                    |
|                   | 11:00 | 22             | Vedro        | 617                  | Promet nije gust         | 648ppm             |
| <b>29.04.2018</b> | 15:00 | 24             | Oblačno      | 708                  | Promet je srednje gust   |                    |
|                   | 19:00 | 20             | Vedro        | 620                  | Promet nije gust         |                    |
| <b>30.04.2018</b> | 20:00 | 18             | Vedro        | 689                  | Promet je srednje gust   | 689ppm             |
|                   | 13:00 | 20             | Vedro        | 783                  | Prilično gust promet     | 771ppm             |
| <b>01.05.2018</b> | 16:00 | 22             | Oblačno      | 758                  | Gust promet              |                    |
|                   | 12:00 | 24             | Sunčano      | 623                  | Promet je srednje gust   | 799ppm             |
| <b>02.05.2018</b> | 14:00 | 25             | Oblačno      | 974                  | Promet je bio dosta gust |                    |

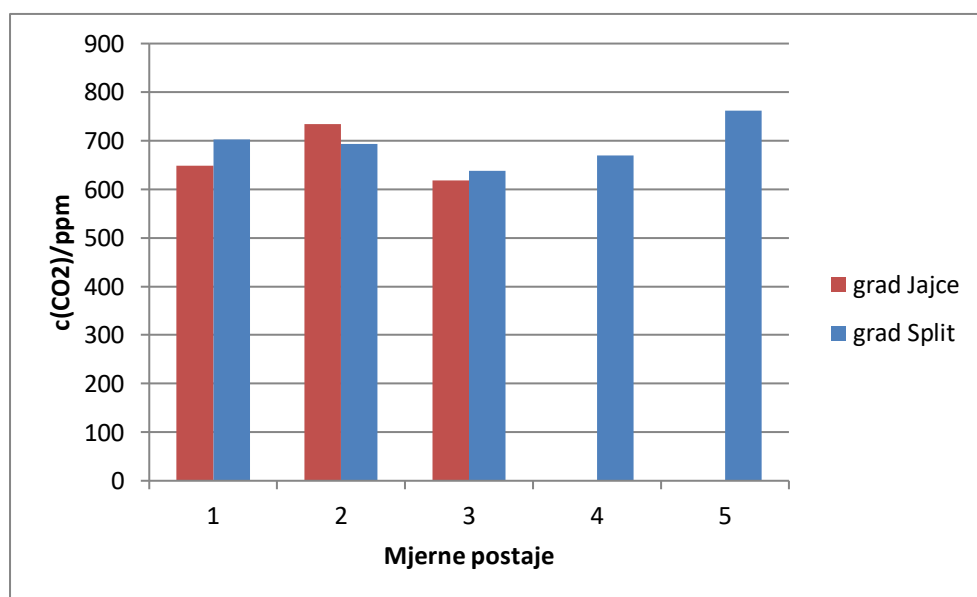
**Tablica 3.8.** Rezultati mjerenja na mjernoj postaji br. 3 kroz mjesec travanj i svibanj.

| Datum             | Sat   | Temp./°C | Opis vremena   | Mjerna postaja 3./ppm | Opažanje                    | Srednja vrijednost |
|-------------------|-------|----------|----------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------|
|                   | 10:00 | 20       | Vedro, sunčano | 586                   | Mirno                       | 625ppm             |
| <b>27.04.2018</b> | 17:00 | 22       | Vedro, sunčano | 664                   | Nema prometa baš            |                    |
|                   | 12:00 | 22       | Vedro          | 673                   | Mirno                       | 630ppm             |
| <b>29.04.2018</b> | 20:00 | 20       | Vedro          | 586                   | Mirno                       |                    |
|                   | 11:00 | 18       | Oblačno        | 617                   | Malo vjetrovito             | 617ppm             |
| <b>30.04.2018</b> | 19:00 | 20       | Vedro          | 617                   | Mirno vrijeme               |                    |
| <b>01.05.2018</b> | 14:00 | 25       | Oblačno        | 608                   | Nema prometa, mirno vrijeme | 608ppm             |
| <b>02.05.2018</b> | 11:00 | 17       | Vedro, sunčano | 608                   | Mirno vrijeme               | 608ppm             |

**Slika 3.1.** Ovisnost koncentracije ugljikovog(IV)oksida o mjernim postajama u gradu Splitu.



**Slika 3.2.** Ovisnost koncentracije ugljikovog(IV)oksida o mjernim postajama u gradu Jajcu.



**Slika 3.3.** Ovisnost koncentracije ugljikovog(IV)oksida o mjernim postajama u gradu Jajcu i gradu Splitu.

## **4. RASPRAVA**

Ugljikov(IV)oksid ima veliko značenje za okoliš. To je jedan od prirodnih stakleničkih plinova nužnih za regulaciju temperature na Zemlji.

Povećana koncentracija ugljikova(IV)oksida kao i ostalih plinova uzrokuje prekomjerno zagrijavanje Zemlje, što rezultira velikim klimatskim poremećajima koji bi Zemlju mogli učiniti posve neprikladnim za život. U dijagramu ovisnosti koncentracije ugljikova(IV)oksida o mjernim postajama u gradu Splitu vidimo zapravo da je najveća koncentracija ugljikova(IV)oksida na mjernoj postaji br.5. na ulazu u Marjanski tunel. To je i razumljivo jer je zapravo promet na tom području znatno gušći u odnosu na druge mjerne postaje, a i provjetravanje je znatno drugačije u odnosu na druge mjerne postaje. Srednja vrijednost koncentracije CO<sub>2</sub> na tom području prelazi 700 ppm što je doista veće u odnosu na koncentraciju CO<sub>2</sub> ostalih mjernih postaja u gradu Splitu. Možemo zapravo reći da je ponajviše gustoća prometa glavni razlog visoke koncentracije navedenoga plina, te tunel koji sam po sebi predstavlja izvor zagađenosti i gomile ispušnih plinova posebice u samoj unutrašnjosti. Najniža koncentracija ugljikova(IV)oksida u gradu Splitu izmjerena je na Marjanu (park-šuma Marjan), te je iznosila 617 ppm, promet nije bio gust, a vrijeme je bilo vedro. U periodu od (20.04.-22.04.) promet kroz tunel Marjan bio je zatvoren radi pročišćavanja filtra unutar tunela, pa se promet odvijao kroz park-šumu Marjan, stoga su i koncentracije na mjernoj postaji br.4 porasle. Koncentracija ugljikova(IV)oksida u tom periodu je prelazila 700 ppm.

Maksimalna koncentracija koja je izmjerena u gradu Splitu je 928 ppm, dok je ista u gradu Jajcu 1046 ppm.

Iz dijagrama ovisnosti koncentracije ugljikova(IV)oksida o mjernim postajama u gradu Jajcu vidimo da je koncentracija na mjernoj postaji br.2 najveća i prelazi također 700 ppm. Riječ je o lokaciji u blizini tvornice koja svojim radom zagađuje zrak i plinovi kao što je npr. ugljikov(IV)oksid uništavaju okoliš i životnu sredinu u gradu Jajcu. Najniža koncentracija navedenoga plina u gradu Jajcu izmjerena je u gradskom parku na mjernoj postaji br.3. i iznosi oko 600 ppm što je manje u odnosu na koncentraciju ugljikova(IV)oksida u blizini tvornice.

Usporedbom grada Splita i Jajca vidljivo je da je u Jajcu manja koncentracija ugljikova(IV) oksida ako gledamo srednje vrijednosti koncentracija.

Kao što je navedeno, najviša koncentracija CO<sub>2</sub> izmjerena je na mjernoj postaji br. 2 u Jajcu i ona je usporediva s rezultatima dobivenim na mjernoj postaji br.5 u Splitu što je očekivano s obzirom da je u Jajcu to postaja u blizini tvornice, a u Splitu na ulazu u tunel. Ipak, zabrinjava činjenica da su u jednom dijelu Splita zabilježene vrijednosti koncentracije CO<sub>2</sub> na razini onih u blizini jedne tvornice pogotovo ako su uzmu u obzir rezultati Alberta<sup>16</sup> koji navodi da je uobičajena koncentracija CO<sub>2</sub> u okolišu između 320 i 400 ppm, dok je u zatvorenom prostoru ona između 700 i 800 ppm.

Razine CO<sub>2</sub> u okolišu su uvijek bile ispod 300 ppm još od paleolitika, dok su se u posljednjih nekoliko desetljeća te vrijednosti popele iznad 400 ppm ponajviše zahvaljujući korištenju fosilnih goriva za dobivanje energije.<sup>17</sup>

## **5.ZAKLJUČAK**

Srednje vrijednosti koncentracije ugljikova(IV)oksida u gradu Splitu su u rasponu od 600 do 800ppm-a.

Srednje vrijednosti koncentracije ugljikova(IV)oksida su gradu Jajcu su u rasponu od 600 do 700ppm-a.

U gradu Splitu na ulazu u marjanski tunel(mjerna postaja br.5) izmjerena je najveća vrijednost koncentracije CO<sub>2</sub> 928 ppm.

U gradu Jajcu, BIH najveća zabilježena koncentracija CO<sub>2</sub> je 1046 ppm u poslijepodnevnim satima na mjernoj postaji br.2 kraj tvornice „BSI“.

U gradu Splitu najniža koncentracija CO<sub>2</sub> izmjerena je na mjernoj postaji br.3 u podne i iznosila 574 ppm.

U gradu Jajcu,BIH najniža zabilježena koncentracija CO<sub>2</sub> je 586 ppm na mjernoj postaji br.3. u gradskom parku u Jajcu.

.

## **6.LITERATURA**

1. URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=67451>/Pristupljeno: 30.8.2018.
2. URL: <https://bib.irb.hr/datoteka/302336.KrajcarBronic-ljetenaskola2007.pdf> /Pristupljeno:30.8.2018
3. URL: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/7b5e1fe5-86e2-4142-af6c-5197c4a08148/kemija-8/m02/j02/index.html>/Pristupljeno:28.08.2018
4. URL: [https://www.google.ba/search?q=one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enje+opasnih+plinova+iz+elektrane+tvornice+i+automobila&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj5voK8ttHdAhVE1iwKHZu3DDwQ\\_AUICigB&biw=1280&bih=913#imgsrc=Bi5Uv0gRZ0J8wM](https://www.google.ba/search?q=one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enje+opasnih+plinova+iz+elektrane+tvornice+i+automobila&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj5voK8ttHdAhVE1iwKHZu3DDwQ_AUICigB&biw=1280&bih=913#imgsrc=Bi5Uv0gRZ0J8wM)/Pristupljeno:28.08.2018
5. URL: [https://www.google.ba/search?q=one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enje+atmosfera+otpadnim+plinovima&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiCl8-Rrf7dAhUB2y\\_wKHfO-BHAQ\\_AUIDygC&biw=753&bih=875](https://www.google.ba/search?q=one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enje+atmosfera+otpadnim+plinovima&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiCl8-Rrf7dAhUB2y_wKHfO-BHAQ_AUIDygC&biw=753&bih=875) / Pristupljeno:30.08.2018
6. T.Kosor, Određivanje imisije plinova (SO<sub>2</sub>, CO i NO) na širem području grada Splita, Diplomski rad, Kemijsko-tehnološki fakultet, Split 2001., str.7-8
7. URL: <http://www.zzjzpgz.hr/nzl/62/zrak.htm>/Pristupljeno:1.9.2018
8. URL: <http://energonova-zagreb.eu/ugljik-dioksid> /Pristupljeno: 1.9.2018
9. URL: <http://www.zzjzdnz.hr/hr/zdravlje/okolis-i-zdravlje/362> /Pristupljeno: 4.9.2018
10. URL : <https://www.ekovjesnik.hr/clanak/762/novo-gorivo-iz-co2-moze-usporiti-klimatske-promjene> /Pristupljeno : 4.9.2018
11. B.Loš, Tehnologije hvatanja i spremanja ugljikova dioksida u elektroenergetskom sektoru-pregled relevantnog stanja, Energija, **58** (2009), str. 110-135
12. URL: <https://www.google.ba/search?q=plan+grada+splita&oq=plan+grada+splita&aqs=chrome..69i57j0l5.3074j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>/ Pristupljeno:10.10.2018
13. URL:[https://www.google.ba/maps?q=plan+grada+jajca&biw=753&bih=875&um=1&ie=UTF8&sa=X&ved=0ahUKEwWirt5zw0\\_7dAhUGEywKHdJuCw0Q\\_AUICygC](https://www.google.ba/maps?q=plan+grada+jajca&biw=753&bih=875&um=1&ie=UTF8&sa=X&ved=0ahUKEwWirt5zw0_7dAhUGEywKHdJuCw0Q_AUICygC)/Pristupljeno. 10.10.2018
14. URL: <https://www.vernier.com/products/interfaces/labq2>/Pristupljeno:25.9.2018

15. URL: [https://www.google.ba/search?q=labquest&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUK EwjW7MCQ1P7dAhVFBiwKHbfm BBcQ\\_ AUIDigB&biw =753&bih=875#imgrc=gWS3erm0LwahrM :/Pristupljeno:25.9.2018](https://www.google.ba/search?q=labquest&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUK EwjW7MCQ1P7dAhVFBiwKHbfm BBcQ_ AUIDigB&biw =753&bih=875#imgrc=gWS3erm0LwahrM :/Pristupljeno:25.9.2018).
16. *W.M.Alberts*, Indoor air pollution: NO, NO<sub>2</sub>, CO, and CO<sub>2</sub>, *J.Allergy Clin.Immun*, **94** (1994), 289-294.
17. *R.Lindsey*, Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide, *Climate*, **1** (2016), 1-7.