Kisele kiše u Malom Bukovcu

Čukec, Gabrijela

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:074923

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište Sjever

Diplomski rad br. 43/ARZO/2022

Kisele kiše u Malom Bukovcu

Gabrijela Čukec

Koprivnica, rujan 2022. godine

Sveučilište Sjever

Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša

Diplomski rad br. 43/ARZO/2022

Kisele kiše u Malom Bukovcu

Studentica

Gabrijela Čukec

Mentorica

izv. prof. dr. sc. Lovorka Gotal Dmitrović, dipl. ing. kem. tehn.

Koprivnica, rujan 2022. godine

Zahvala

Ovim putem se želim zahvaliti mentorici izv. prof. dr. sc. Lovorki Gotal Dmitrović, na utrošenom trudu, vremenu i motivaciji koja je pružena prilikom izrade ovog diplomskog rada. Nadalje se zahvaljujem svim profesorima koji su nesebično dijelili znanje i usmjeravali nas tokom cjelokupnog diplomskog studija.

Najveća i posebna zahvala ide mojim najbližima, koji su bili neopisiva podrška i vjetar u leđa tokom studija.

SAŽETAK

U ovom radu opisan je proces nastanka kiselih kiša i njihov utjecaj, te proces mjerenja kojim se utvrđivala pH vrijednost oborina na području Malog Bukovca. Kisele kiše su oborine čije su pH vrijednosti niže od pH vrijednosti "čistih" oborina. Prosječna vrijednost kiselosti čistih oborina iznosi 5,6 ili više, dok je kiselost zakiseljenih oborina manja ili jednaka vrijednosti 5,5 na pH skali. Eksperimentalni dio rada proveden je na način da se u razdoblju od početka travnja do kraja kolovoza sakupljala kišnica, kojoj se kasnije uz pomoć papirnatih indikatora kiselosti određivala pH vrijednost. Nakon statističke obrade podataka, utvrđena je prosječna pH vrijednost padalina za navedeno razdoblje u naselju Mali Bukovec.

Ključne riječi: *kiselost, oborine, pH vrijednost, aeropolutanti, zagađenje*

ABSTRACT

This study describes the process of the formation of acid rain and its impact, as well as the measurement process used to determine the pH value of precipitation in the area of Mali Bukovac. Acid rain is precipitation whose pH values are lower than the pH values of "clean" precipitation. The average value of the acidity of clean precipitation is 5.6 or more, while the acidity of acidified precipitation is less than or equal to 5.5 on the pH scale. The experimental part of the study was conducted in the period from the beginning of April to the end of August. Rainwater was collected and its pH value was later determined with the paper acidity indicators. After statistical processing of the data, the average pH value of precipitation for the specified period in the settlement of Mali Bukovec was determined

.**Key words:** *acidity, precipitations, pH value, air pollutants, pollution*

POPIS KRATICA

$CaCO_3$	Kalcijev karbonat
$CaSO_4$	Gips
CO_2	Ugljikov dioksid
EU	Europska Unija
H	Vodik
H_2CO_3	Ugljična kiselina
H_2O	Voda
H_2SO_3	Sumporasta kiselina
H_2SO_4	Sumporna kiselina
HNO_2	Nitritna kiselina
HNO_3	Dušična kiselina
N_2	Molekula dušika
N_2O	Dušikov oksid
NO	Dušikov monoksid
NO_2	Dušikov dioksid
NO_X	Dušikovi oksidi
O_2	Molekula kisika
S	Sumpor
SO_2	Sumporov dioksid
UN	Ujedinjeni narodi
UNFCCC	Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Koprivnica
Trg dr. Žarka Dolinara 1, HR - 48000 Koprivnica

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za ambalažu, recikliranje i zaštitu okoliša

STUDIJ diplomski sveučilišni studij Ambalaža, recikliranje i zaštita okoliša

PRISTUPNIK Gabrijela Čukec | MATIČNI BROJ 0313080202

DATUM 09.09.2022. | KOLEGIJ Razvoj modela složenih sustava u zaštiti okoliša

NASLOV RADA Kisele kiše u Malom Bukovcu

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Acid rain in Mali Bukovec

MENTOR izv.prof.dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrovi | ZVANJE izvanredna profesorica

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. izv.prof.dr.sc. Krunoslav Hajdek - predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Bojan Šarkanj- lan
3. izv.prof.dr.sc. Lovorka Gotal Dmitrovi -mentorica
4. red.prof.dr.sc. Mario Tomiša - zamjenski lan
5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ 43/ARZO/2022

OPIS

U radu definirati što su to kisele kiše i koliki je njihov pH.
Navesti kako nastaju i koji aeropolutanti utje u na njihov nastanak.
Opisati utjecaje kiselih kiša na okoliš.
U eksperimentalnom dijelu navesti cilj istraživanja, materijale i definirati metode.
Prikazati prikupljene rezultate mjerenja, razvijen konceptualni model i napraviti statisti ku obradu rezultata.
Diplomski treba biti koncipiran na na in:
- Uvod
- Teorijski dio: - Kisele kiše,
  - Utjecaj kiselih kiša,
  - Prostorni položaj i klimatska obilježja Malog Bukovca
  - Sustavi za kompostiranje
- Prakti ni dio
- Rezultati i rasprava
- Zaklju ak

ZADATAK URUČEN 9.9.2022 | POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE SJEVER

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. KISELE KIŠE 2

2.1. pH vrijednosti kiša 2

2.2. Nastanak kiselih oborina 3

2.3. Aeropolutanti koji utječu na kiselost kiša 5

2.4. Emisije CO_2, NO_X i SO_2 spojeva u Hrvatskoj 8

2.5. Utjecaj požara na emisije u atmosferu 9

2.6. Zadržavanje NO_X, CO_2 i SO_2 spojeva u atmosferi 10

2.7. Mjere sprječavanja i kontroliranja emisija u okolinu 11

3. UTJECAJ KISELIH KIŠA 13

3.1. Utjecaj kiselih kiša na okoliš 13

3.2. Utjecaj kiselih kiša na ljudsko zdravlje 17

4. PROSTORNI POLOŽAJ, KLIMATSKA OBILJEŽJA I INDUSTRIJSKA RAZVIJENOST NASELJA MALI BUKOVEC 19

5. EKSPERIMENTALNI DIO 22

5.1. Cilj provedenog istraživanja 22

5.2. Materijali i metode 22

6. REZULTATI 26

6.1. Rezultati mjerenja 26

6.2. Konceptualni modeli kiselih kiša 38

6.3. Obrada rezultata mjerenja 40

7. ZAKLJUČAK 43

8. LITERATURA 46

1. UVOD

Pojam kiselih kiša sve je učestaliji problem u suvremenom svijetu. Iako se njihov utjecaj aktivno istražuje još od 70 – ih godina prošlog stoljeća, ni danas ne postoje u potpunosti učinkovita rješenja za sprječavanje nastanka istih. Kisele kiše su zapravo oborine čija je pH vrijednost niža nego kod uobičajenih oborina. Kao glavni uzroci nastanka takvih kiša navode se ispuštanje prevelikih količina dušikovih, ugljikovih ili sumporovih spojeva u atmosferu.

Sam izraz "kisele kiše" prvi puta je spomenut još početkom 1870 – ih kada je zamijećena niža pH vrijednost oborina u urbanim i industrijski razvijenim krajevima Engleske, u odnosu na pH vrijednost oborina u priobalnim krajevima sa slabije razvijenim gospodarstvom. Zbog te razlike u pH vrijednosti, kiše su dobile atribut kiselosti [1, 2].

Negativan utjecaj kiselih kiša može se očitovati ponajviše na biljnom svijetu, no uz to značajan učinak imaju i na životinjski svijet, kvalitetu voda i tla, ali i umjetno stvoreni okoliš (građevine i kulturnu baštinu). Ugljikovi, dušikovi i sumporovi spojevi se u atmosferu otpuštaju različitim procesima, najčešće kao nusprodukti u energetskim i industrijskim postrojenjima ili kao posljedica izgaranja goriva u motornim vozilima. Jednom oslobođeni spojevi odlaze u atmosferu gdje reagiraju sa česticama vlage, te tvore kiseline koje snižavaju pH vrijednost oborina koje zatim padaju na Zemlju. Iako se najčešće spominju kisele kiše, na isti način se "zakiseliti" mogu i ostale oborine, kao što su to snijeg, magla ili rosa.

U današnje se vrijeme zbog svjesnosti kompleksnog stanja različitim načinima pokušavaju smanjiti emisije spomenutih štetnih oksida, kao i ostalih plinova koji pospješuju efekt staklenika. S tim ciljem, na globalnoj razini iznijeti su dokumenti koji iziskuju međunarodnu suradnju kojom će se posljedično smanjiti emisije štetnih plinova i spriječiti globalno zatopljenje, ali i ostale štetne prirodne pojave koje se javljaju zbog ljudske nesmotrenosti i antropogenog učinka na okoliš [3, 4].

Praktični dio rada svodio se na prikupljanje podataka o kiselosti kiša na području naselja Mali Bukovec. Kišnica se sakupljala u periodu od 1. travnja do 31. kolovoza, te se svakom sakupljenom uzorku mjerila pH vrijednost. Sakupljeni podaci su statistički obrađeni, kako bi se dobila šira slika o kiselosti oborina u malome naselju.

2. KISELE KIŠE

Kisele kiše su oborine sa nižom pH vrijednosti u usporedbi sa uobičajenim kišama. Pojednostavljeno rečeno, kiše koje su kiselije no što je prirodno, što se dešava zbog otapanja oksida u česticama vode koje su prisutne u atmosferskom sloju.

2.1. pH vrijednosti kiša

Da bi se odredila kisela ili bazična svojstva neke otopine, potrebno je poznavati njezinu pH vrijednost. Kiselost ili lužnatost ovisi o koncentraciji vodikovih iona u otopini. Raspon pH vrijednosti kreće se od 0 do 14, te se ne označava nikakvim mjernim veličinama.

Središnja vrijednost ljestvice, 7, označava se kao neutralna vrijednost. Najrelevantniji i najučestaliji primjer pH neutralne tvari je čista pitka voda. U slučaju povišene koncentracije H^+ iona, otopina će biti kiselija i njena pH vrijednost će biti niža. U suprotnom, ukoliko je koncentracija OH^- iona veća, pH otopine će biti viši, a otopina bazičnija ili lužnatija [5, 6].

Kiselost kiša zapravo i nije sasvim neprirodna pojava. Uobičajene kiše, nazovimo "čiste", su zapravo blago kisele otopine, što ne prouzrokuje ekstremno štetne posljedice u prirodi. Prirodna zakiseljenost otopina javlja se zbog reakcije ugljikovog dioksida, CO_2, i vodene pare u atmosferi, kojom nastaje ugljična kiselina (1). Određene količine ugljikovog dioksida oslobađaju se prirodnim procesima, te na taj način dospijevaju u atmosferu. Usprkos tome, količine CO_2 iz prirodnih izvora su gotovo zanemarive, uzimajući u obzir CO_2 koji nastaje ljudskim djelovanjem [7, 8].

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \quad (1)$$

$$\text{UGLJIKOV DIOKSID} + \text{VODA} \rightarrow \text{UGLJIČNA KISELINA}$$

Ljudskim djelovanjem i suvremenim načinom života, svakodnevno se u atmosferu emitiraju značajne količine različitih štetnih spojeva. Među njima se kao najzastupljeniji mogu se izdvojiti dušikov monoksid, NO, koji u zraku oksidira do dušikovog dioksida, NO_2 (3), te sumporov dioksid, SO_2 (2) i ugljikov dioksid, CO_2 (1). Značajne količine navedenih spojeva oslobađaju se iz različitih industrijskih ili energetskih postrojenja, kućnih ložišta, kao ispušni plinovi u prometu, te na razne druge načine. Kada spojevi dospiju u atmosferu, reagiraju sa vodom koja se nalazi u obliku vodene pare, te nastaju sumporna i dušična kiselina [7, 8, 9].

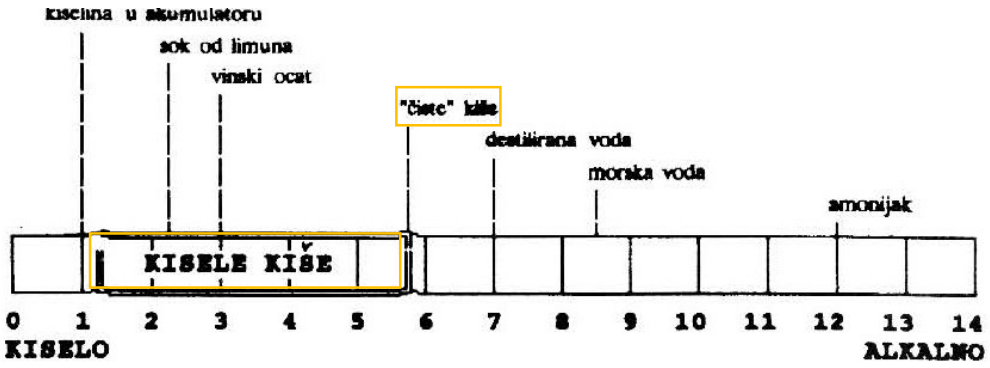
$$2\,SO_2 + O_2 + 2\,H_2O \rightarrow 2\,H_2SO_4 \quad (2)$$

$$\text{SUMPOROV DIOKSID} + \text{KISIK} + \text{VODA} \rightarrow \text{SUMPORNA KISELINA}$$

$$2\,NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2 \quad (3)$$

DUŠIKOV DIOKSID + VODA → DUŠIČNA + NITRITNA KISELINA

Tako formirane kiseline vraćaju se na Zemlju u obliku oborina, najčešće kiše, no moguće je i u obliku snijega ili magle. Čiste kiše imaju pH vrijednost veću ili jednaku od 5,6, dok je pH kiselih kiša niža ili jednaka vrijednosti 5,5 na ljestvici [7, 9]. Vrijednost pH oborina prikazane su na slici 1.



Slika 1. *pH vrijednosti oborina [7]*

2.2. Nastanak kiselih oborina

Nastanak oborina i njihovo padanje dio su hidrološkog ciklusa, odnosno ciklusa vode u prirodi. Spomenuta zagađivala (NO, SO_2, i CO_2) se u atmosferu mogu otpuštati iz prirodnih ili antropogenih izvora. Dio zagađivala može se u obliku suhih čestica raznositi pomoću vjetra i taložiti na tlo, građevine, biljke, točnije na bilo što u okolišu.

Takve čestice nazivaju se suhi kiseli talog, te se mogu isprati oborinama i preko oborinskih voda ući u zemlju ili vodene tokove. Suhi talog moguće je naći pretežno u blizini samih izvora zagađenja.

Druga vrsta taloženja zagađivala je vlažno taloženje. Vlažno taloženje odnosi se na talog u tekućem obliku, odnosno na kisele kiše. Kod vlažnog taloženja zagađivala reagiraju sa vlagom u atmosferi, prilikom čega nastaju kiseline otopljene u kišnim kapima. Zagađivala u tom slučaju mogu biti vjetrom raznošena na puno veće relacije, te se kisele kiše ne moraju nužno pojaviti iznad mjesta otpuštanja zagađivala uz atmosferu. Velika je vjerojatnost da će se kisele kiše pojaviti na nekom mjestu koje se nalazi niz vjetar od samog izvora zagađenja, zbog odnošenja čestica pod utjecajem strujanja zraka [1, 3]. Nastanak oborina je proces kod kojeg dolazi do konstantnih promjena agregatnih stanja vode.

Vlaga se u atmosferu može osloboditi na nekoliko načina. Otprilike 90% vlage u atmosferi nastaje zbog evaporacije ili isparavanja sa vodenih površina.

Ostatak vlage nastaje sublimacijom i transpiracijom. Sublimacija je prelazak iz čvrste tvari u plinovito stanje bez pretvaranja u tekuće stanje, što se najčešće odvija sa ledenih i snježnih pokrova, no zauzima vrlo mali postotak nastale vlage. Većinu od preostalih 10% zauzima transpiracija ili "disanje" biljaka, gdje se prilikom procesa izlučuje vodena para [10].

Vodena para dospjela u atmosferu se hladi i kondenzira, pri čemu vodena para prelazi iz plinovitog u tekuće stanje i nastaju kišne kapi. Same kišne kapi se formiraju oko kondenzacijskih jezgri koje su najčešće čestice prašine ili različiti spojevi u atmosferi.

U ovom trenutku može doći do formiranja kapljica kisele kiše, ukoliko se kapi formiraju oko zagađivala kao kondenzacijske jezgre. Sitne kapi se međusobno spajaju, koaguliraju, te tvore sve veće i teže kapi u oblacima. Kada kapi postanu dovoljno velike i teške, počinju padati prema zemlji.

Dio padalina odlazi izravno u površinske vodene tokove, dok dio bude infiltriran u slojeve zemlje. Infiltrirane padaline zbog poroznosti tla dospijevaju u podzemne vode, te se zadržavaju u rezervoarima podzemnih voda ili se podzemnim tokovima ulijevaju u površinske vode [10, 11]. Na taj način se završava ciklus i proces nastanka kiše, dok istovremeno novi kružni tok vode započinje na isti način.

Kiselost kiša i njihov utjecaj ne trebaju biti uvijek jednaki na istom prostoru. Kiselost kiša ovisi o koncentraciji zagađivala u atmosferi, ali i o vremenskim prilikama. Može se desiti da neko područje u jednome trenutku može biti vrlo oštećeno zbog kiselih padalina, dok već u drugom trenutku padaline na tom mjestu neće biti kisele u tolikoj mjeri zbog drugačijih vremenskih utjecaja i raznošenja štetnih čestica. Kisele kiše se većinom javljaju na području sjeverne hemisfere zemlje iz razloga što je to područje gospodarski razvijenije u usporedbi sa južnom hemisferom [1, 12].

2.3. Aeropolutanti koji utječu na kiselost kiša

Aeropolutanti je zajednički naziv za onečišćujuće plinove i čestice u atmosferi, zbog čijih povišenih koncentracija dolazi do narušavanja prirodne ravnoteže. Aeropolutanti su najvećim dijelom nastali kao produkti ljudskog rada, dok u manjim koncentracijama mogu nastati i iz prirodnih izvora.

Zagađenje zraka uzrokovano emisijama štetnih plinova je velik problem današnjice jer se aeropolutanti lako prenose zrakom na velike udaljenosti od samog izvora zagađenja, što pogoduje onečišćenju velikih geografskih područja. Uz kisele kiše najčešće se kao glavni aeropolutanti vežu sumporov dioksid, ugljikov dioksid i dušikovi oksidi [13].

2.3.1. Sumporov dioksid

Sumporov dioksid ili sumporov (IV) oksid, SO_2, je otrovan plin oštrog mirisa koji nastaje izgaranjem sumpora, što je prikazano kemijskom reakcijom u nastavku. Najveći dio sumporovog oksida nastaje sagorijevanjem fosilnih goriva (ugljena i naftnih derivata) u industrijama, kućanstvima ili najčešće elektranama.

Prema istraživanjima, smatra se da u zemljama Europske Unije čak 75% SO_2 nastaje zbog industrijskih ili energetskih postrojenja, te prometa. Najveći industrijski zagađivači su industrija nafte i metaloprerađivačke djelatnosti.

Procjenjuje se da je od sumporov dioksid glavni čimbenik pri nastanku kiselih kiša, te je uz to i iznimno opasan za ljudsko zdravlje jer uzrokuje teške probleme dišnog sustava [3, 8, 9, 14]. Sumporov dioksid je topiv u vodi, te ukoliko dođe do reakcije SO_2 i vodene pare iz zraka (4), dolazi do pojave bijelog dima koji je pokazatelj nastanka sumporaste kiseline [14].

$$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_3 \quad (4)$$

$$\text{SUMPOROV DIOKSID} + \text{VODA} \rightarrow \text{SUMPORASTA KISELINA}$$

Sumporasta kiselina je kiselina srednje jakosti. Prilikom reakcije sa kisikom, kao produkt nastaje značajno opasnija sumporna kiselina (5) [9].

$$2\ H_2SO_3 + O_2 \rightarrow 2\ H_2SO_4 \quad (5)$$

$$\text{SUMPORASTA KISELINA} + \text{KISIK} \rightarrow \text{SUMPORNA KISELINA}$$

Sumporna kiselina spada među najjače kiseline. Koncentrirana ili razrijeđena reagira sa mnogim metalima, te ih prilikom kontakta počinje nagrizati. Ukoliko dođe u doticaj sa kožom

može stvoriti oštećenja nalik opeklinama, a ukoliko je se udiše ima vrlo negativan utjecaj na dišne organe. Vrlo se često koristi u kemijskim industrijama za proizvodnju umjetnih gnojiva, zatim za pripremu drugih kemikalija, umjetnih vlakana i polimernih materijala, sintetičkih bojila i pomoćnih sredstava u tekstilnoj industriji. Također se koristi u petrokemijskoj industriji za pročišćavanje frakcija nafte, te u metalurgiji za čišćenje metala [15].

2.3.2. Ugljikov dioksid

Ugljikov (IV) oksid ili ugljikov dioksid, CO_2, je plin bez boje i mirisa. Veće je gustoće u usporedbi sa zrakom, te se često ukapljuje za skladištenje u spremnike pod tlakom, za upotrebu u industriji (aparati za varenje, protupožarni aparati, suhi led). Prirodni izvori ugljikovog dioksida su živi organizmi (biljke, životinje i mikroorganizmi) koji ga proizvode u procesu disanja.

Osim što ga biljke proizvode respiracijom, mogu ga i trošiti procesom fotosinteze kojima nastaju kisik i hranjive tvari. Iz prirodnih izvora u atmosferu se može oslobađati geotermalnim i vulkanskim procesima.

Velike količine CO_2 se svakodnevno otpuštaju u atmosferu iz antropogenih izvora. Smatra se jednim od osnovnih produkata gorenja fosilnih goriva i biomase. Kao nusprodukt se može oslobađati pri alkoholnom vrenju, kao i prilikom proizvodnje amonijaka ili natrijeva fosfata. Upotreba CO_2 je vrlo široka, a neki od primjera su kao rashladno sredstvo ili za scenske efekte (suhi led), za proizvodnju umjetnih gnojiva i stvaranje kemijski inertne atmosfere [16, 17].

Ugljikov dioksid je i jedan od stakleničkih plinova. Efekt staklenika na zemlji javlja se zbog velike koncentracije stakleničkih plinova (vodena para, metan, dušikovi oksidi, ugljikov dioksid) koji zadržavaju toplinu i ne propuštaju dio emitiranog Sunčevog zračenja nazad u svemir, te time dolazi do prekomjernog zagrijavanja Zemlje i globalnog zatopljenja. Efekt staklenika i staklenički plinovi su neophodni za regulaciju i održavanje temperature na Zemlji, no u prekomjernim količinama prouzrokuju negativan efekt [16].

CO_2 oslobođen u atmosferi vrlo lako može reagirati s vlagom u zraku i time dolazi do stvaranja ugljične kiseline (6).

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3 \tag{6}$$

$$\text{UGLJIKOV DIOKSID} + \text{VODA} \rightarrow \text{UGLJIČNA KISELINA}$$

Ugljična kiselina je slaba i kemijski vrlo nestabilna u vlažnom okruženju. Dovoljno je vrlo mala količina vode da potakne raspad molekule kiseline na ugljikov dioksid i vodu [18].

2.3.3. Dušikovi oksidi

Pod nazivom dušikovi oksidi, NOx, misli se na dušikov monoksid, NO, i dušikov dioksid, NO_2. Oba oksida nastaju spaljivanjem fosilnih goriva u industrijama, elektranama i motornim vozilima. Što je veća temperatura na kojoj se fosilna goriva spaljuju, to će brže nastajati molekule NOx. Iz prirodnih izvora, molekule dušikovih oksida mogu nastati tokom vulkanskih i mikrobioloških procesa, kao i prilikom sijevanja munja [3, 8, 9, 17].

Kod nastajanja dušikovih oksida, kao primarni produkt u reakciji s kisikom nastaje dušikov monoksid (6). Nastali monoksid zatim ulazi u novu reakciju sa kisikom, prilikom čega nastaje dušikov dioksid (7).

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2\,NO \tag{6}$$

$$\text{DUŠIK} + \text{KISIK} \rightarrow \text{DUŠIKOV MONOKSID}$$

$$2\,NO + O_2 \rightarrow 2\,NO_2 \tag{7}$$

$$\text{DUŠIKOV MONOKSID} + \text{KISIK} \rightarrow \text{DUŠIKOV DIOKSID}$$

Nastali dušikov dioksid u reakciji sa vodom daje dušičnu i dušikastu kiselinu (8) [8].

$$2\,NO_2 + H_2O \rightarrow\ HNO_2 +\ HNO_3 \tag{8}$$

$$\text{DUŠIKOV DIOKSID} + \text{VODA} \rightarrow \text{DUŠIKASTA KISELINA} + \text{DUŠIČNA KISELINA}$$

Dušikasta ili nitritna kiselina je zapravo vrlo slaba i nestabilna kiselina u toplom okruženju, dok je u hladnijim otopinama nešto stabilnija. Zbog nestabilnosti, zagrijavanjem dušikaste kiseline dolazi do raspada molekule na dušičnu kiselinu i dušikov monoksid ili u smjesu dušikovih oksida (NOx) [19].

Dušična ili nitratna kiselina je jaka, bezbojna i hlapiva tekućina, koja se pod utjecajem sunčevog zračenja počinje raspadati, te se iz tog razloga skladišti u tamnim bocama. Vrlo je agresivnog učinka (razrijeđena i koncentrirana) prema većini metala, osim plemenitih metala zlata i platine, te rodija i iridija, a mnoge tvari može oksidirati ili nitrirati [20].

2.4. Emisije CO_2, NO_X i SO_2 spojeva u Hrvatskoj

Spomenuti aeropolutanti koje se povezuje sa kiselim kišama (sumporov dioksid, ugljikov dioksid i dušikovi oksidi) se češće emitiraju iz antropogenih nego iz prirodnih izvora. Ugljikov dioksid se ubraja u stakleničke plinove, dok se dušikovi oksidi i sumporov dioksid svrstavaju u skupinu indirektnih stakleničkih plinova ili prekursora ozona. Navedeni plinovi sudjeluju u razgradnji i stvaranju molekula stakleničkog plina ozona; samim time nemaju izravan utjecaj na efekt staklenika, već mu doprinose promjenom količina molekula ozona u atmosferi [21].

Najveći dio CO_2 u Republici Hrvatskoj se emitira tijekom procesa izgaranja fosilnih goriva (ugljen, nafta i zemni plin) s ciljem dobivanja električne ili/i toplinske energije u stambenim, poslovnim i industrijskim prostorima. Emisije spomenutog spoja nastaju prilikom izgaranja fosilnih sirovina tokom transporta, kao i njihovom upotrebom u industrijskim procesima.

U sektoru industrijskih procesa, većina emisija nastaje kao produkt fizikalnih i kemijskih pretvorbi sirovina u finalne proizvode. U mineralnoj industriji (proizvodnja cementa, vapna, stakla, proizvodnja keramike, natrijevog karbonata i ostalih procesa) do oslobađanja CO_2 dolazi zbog zagrijavanja korištenih karbonatnih sirovina [21].

Kod kemijske industrije, ugljikov dioksid se javlja kao nusproizvod proizvodnje amonijaka iz prirodnog plina. U petrokemijskoj industriji se kao primarne sirovine rabe materijali koji u sebi sadrže veliki udio ugljika, koji većinom i ostaje sadržan u konačnom proizvodu, no ipak se dio ugljika emitira u atmosferu u obliku ugljikovog dioksida [21].

U Hrvatskoj poljoprivredi se primjenjuje postupak “vapnjenja” tla. Tlo se obrađuje sa karbokalkom, koji je mješavina kalcijevog oksida, magnezijevog oksida, fosforovog (V) oksida i kalijevog oksida. Dobiva se kao nusprodukt u proizvodnji šećera, a koristi se za kalcinizaciju i neutralizaciju tla [34].

Tvornice šećera smještene su na područjima s pojačanom kiselosti tla (Virovitica, Županja i Osijek), te su tvornice svoj “otpad” dijelile poljoprivrednicima tog područja. Ovaj postupak također rezultira emisijama CO_2 u atmosferu, a primjenjuje se od 2005. godine [21].

Vrlo male količine spomenutog polutanta nastaju prilikom termičke obrade bez energetske oporabe otpada (spaljivanja). Otvoreno spaljivanje otpada u Hrvatskoj je zakonom zabranjeno od 1995. godine, dok je jedino dozvoljeno spaljivanje medicinskog i industrijskog otpada u kontroliranim uvjetima i od strane nadležnih tijela.

Prethodno navedene djelatnosti su zaslužne za emitiranje ugljikovog dioksida, no zahvaljujući tome što popriličan dio Hrvatske obiluje površinom pod šumama i travnjacima, postoji mogućnost prirodnog načina smanjenja udjela spomenutog plina koji je otpušten u atmosferu. Drveće i biljke na travnjacima su korisnici ugljikovog dioksida, te na taj način utroškom CO_2 iz atmosfere i vode, procesom fotosinteze, stvaraju sebi hranu i kisik za ostala bića [21].

Velik dio emisija dušikovih oksida i sumporovog dioksida također nastaju zbog sagorijevanja fosilnih goriva u energetskim i industrijskim postrojenjima, dok su emisije iz ostalih izvora (poljoprivreda, otpad) vrlo male ili ih nema [21]. Prema svemu navedenom može se uočiti kako je ugljikov dioksid daleko najzastupljenije zagađivalo povezano sa pojavom kiselih kiša, unatoč tome što se dio tih emisija troši u prirodi. Dušikovi oksidi i sumporov dioksid se emitiraju u znatno manjim količina nego ugljikov dioksid.

2.5. Utjecaj požara na emisije u atmosferu

Požar se može opisati kao nekontrolirano gorenje, pri čemu dolazi do materijalne štete i velikog utjecaja na okoliš. Gorenje rezultira emitiranjem topline i plinova, pojavom plamena, čađe i dima, pepela, žara i slično [22].

Zapaljive tekućine, plinovi ili prašina (i njihovi ostaci) mogu uzrokovati požar u unutrašnjosti tehnološke opreme. Do požara i eksplozije dolazi kada se koncentracije ranije spomenutih tvari ili radna temperatura povećaju iznad dopuštene granice. Kod vrlo velike količine koja se oslobađa prilikom požara u zatvorenom objektu, može doći do eksplozije, pri čemu je velika mogućnost da plamen prijeđe na okolinu tehnološke opreme i u okoliš.

Industrijskom nesrećom se smatra nekontrolirani događaj, iz čega može doći do velike nesreće koja nastaje zbog velikih emisija, eksplozija ili požara uzrokovanih tijekom nekontroliranog razvoja događaja. U opasne tvari koje nastaju nakon požara i eksplozije ubrajaju se svi plinovi koji uzrokuju kiselost kiša (CO_2, NO_X, SO_2), zatim ugljikov monoksid, sumporovodik, klorovodik, fluorovodik i bromovodik [22].

U Hrvatskoj su tijekom ljetnih mjeseci vrlo česti požari otvorenog tipa, najčešće šumski požari. Ljetna požarna sezona traje kroz srpanj i kolovoz, dok su najugroženija priobalna područja.

Uzroci šumskih požara mogu biti različiti, od samozapaljenja ili udara gromova, pa do nepoštivanja propisanih mjera i namjernog podmetanja požara. Na opasnost od požara (i njegovo širenje) utječu padaline i vjetar, temperatura i vlažnost zraka, ali i vrsta raslinja koja obitava na tom području. Primjerice, veća je opasnost od požara u šumama gdje prevladava crnogorično drveće zbog otpalih suhih iglica i grančica, kao i suhe trave, dok je u zimzelenim šumama ta opasnost znatno manja.

Kada dođe vrijeme žetve, mogući su požari na poljoprivrednim usjevima i niskome raslinju. Organski materijali na obradivim zemljištima (grmlje, žitarice, trave, trstike, šaš i slično) se vrlo lako zapale od male količine topline, osobito u periodima suše i prilikom žetve poljoprivrednih kultura. Ti se požari vrlo brzo šire pod utjecajem vjetra, ukoliko ih ne zastavi neka prirodna ili umjetna prepreka [22].

2.6. Zadržavanje NO_X, CO_2 i SO_2 spojeva u atmosferi

Prethodno su nabrojani mogući izvori navedenih zagađivala, a sada je bitno odrediti njihovu trajnost u atmosferi. Atmosfera se smatra zagađenom spomenutim spojevima kada u sebi sadržava veće koncentracije zagađivala nego što je to određeno standardima kvalitete zraka. Stupanj zagađenosti nekog područja ovisi o geografskom položaju, vrsti izvora emisija, ali i o vrsti i obliku emitiranog zagađivala. Zatim ovisi o količini, načinima i uvjetima emitiranja polutanta, te trajnosti emisija i njihovim učestalostima [23].

Trajnost sumporovog dioksida, SO_2, u atmosferi iznosi 4 dana. Iz atmosfere se može ukloniti samo kišama ili suhim taloženjem. Također, spomenuti spoj u atmosferi može oksidirati, prilikom čega nastaju sulfatni spojevi.

Dušikov monoksid i dušikov dioksid (NO, NO_2) se apsorbiraju u kapljice i na taj način odlaze iz zraka preko kiša. Oni se u atmosferi zadržavaju po 5 dana, a također i sudjeluju u fotokemijskim reakcijama.

Molekula monoksida lako oksidira, pa dolazi do stvaranja molekule dioksida. Fotokemijske reakcije se odvijaju pod utjecajem sunčevog zračenja, gdje dolazi do raspada molekule dušikovog dioksida na molekulu monoksida i atom kisika. Taj atom kisika može se povezati sa molekulom kisika i tvoriti ozon, te cijeli niz reakcija traje sve dok ima svjetlosne sunčeve energije.

Ugljikov dioksid se u atmosferi zadržava najduže, a to je period od 2 do 4 godine. Već je ranije spomenuto da se ugljikov dioksid iz atmosfere najvećim dijelom uklanja fotosintezom u biljkama, čime nastaju ugljikohidrati koje biljke koriste kao vlastitu hranu, te kisik koji se upotrebljava za stanično disanje. Također se može isprati i kišama kao i prethodni spojevi.

Na primjeru dušikovih oksida vidljivo je da spojevi u atmosferi vrlo lako mogu ulaziti u reakcije sa drugim tvarima i na taj način tvoriti i štetnije spojeve, u slučaju da se ne uklone iz atmosfere na neke od navedenih načina [24].

Koncentracije zagađivala u atmosferu su promjenjive, ovisno o aktivnosti stanovništva i meteorološkim prilikama. Te promjene se mogu dešavati dnevno, tjedno ili godišnje, a nazivaju se hodom koncentracija. Primjerice, razliku u dnevnom hodu može uzrokovati promjena gustoće prometa, u tjednom hodu prestanak loženja u određene dane, a u godišnjem hodu promjenu može uzrokovati trajanje sezone grijanja.

Sastav zraka će uvijek biti drugačiji u razvijenim i nerazvijenim područjima. Područja sa razvijenijom industrijom i većom gustoćom prometa će emitirati i veće koncentracije zagađivala u atmosferu [24].

2.7. Mjere sprječavanja i kontroliranja emisija u okolinu

Kako bi se ograničile i kontrolirale emisije plinova koje se dnevno emitiraju u atmosferu, bilo je potrebno donijeti sporazume i protokole na državnoj, Europskoj i globalnoj razini.

Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime (engl. *United Nations Framework Convention on Climate Change,* UNFCCC) je službeni međunarodni sporazum kojim se na globalnoj razini reguliraju klimatske promjene, odnosno njihovi uzroci, te sprječavaju moguće posljedice [25].

Trenutno broji 192 države potpisnice, dok je i Republika Hrvatska jedna od njih [40]. Kao glavni cilj Konvencije navedena je uspostava stabilnosti koncentracije stakleničkih plinova unutar atmosfere, na razini koja neće uzrokovati promjene u okolišu uzrokovane antropogenim čimbenikom. Navedeni nivo treba biti postignut na način da se ekosustavi mogu prirodno adaptirati na promjenu klime, kako bi daljnji gospodarski razvoj tekao održivo [25].

Kyoto protokol ili Kyotski protokol usvojen je 1997. g., dok je na snagu stupio tek 2005. g. Protokol je sastavljen nasljedno na Okvirnu konvenciju o promijeni klime. Misao vodilja cjelokupnog Kyoto protokola glasi da je, ukoliko se gleda iz perspektive globalnog zatopljenja,

svejedno na kom je geografskom području je došlo do povećanja, a na kom području do smanjenja emisija. Kyotskim protokolom dolazi do uspostave sustava u kojem je moguće smanjiti emisije uz minimalne financijske troškove, dok s druge strane dolazi do prijenosa financijskih sredstava i tehnologije u nerazvijene države, gdje se spomenute mjere mogu financijski najlakše primjenjivati [26, 27].

Pariški sporazum, dodatak Okvirnoj konvenciji UN-a o klimatskim promjenama, kao svoj glavni cilj i svrhu navodi mjere kojima se pokušava ograničiti povišenje prosječne globalne temperature na razini manjoj od 2 °C (poželjno na 1,5 °C) u usporedbi s prosječnim temperaturama predindustrijskog razdoblja. Pariškim sporazumom pokušava se postići smanjenje rizika i utjecaja koje predstavlja globalno zatopljenje, odnosno postići klimatsku neutralnost smanjenjem emisija stakleničkih plinova.

Europska Unija je 2003. g. uspostavila sustav za trgovinu emisijskim jedinicama stakleničkih plinova. Emisijske jedinice označuju količinu emisija koje se smiju emitirati u atmosferu.

Ukupne emisijske jedinice se dijele među proizvođačima; cilj je da proizvođač svoje emisije prilagodi broju emisijskih jedinica koje posjeduje. U slučaju da vlasnik ima višak emisijskih jedinica, taj višak može prodati i može biti nagrađen za smanjenje svojih emisija.

Kako bi se dodatno olakšalo gospodarenje emisijama, u posljednje vrijeme je sve aktualniji razvoj zelenih tehnologija. Zelena ili ekološka tehnologija obuhvaća postupke kojima se podrazumijeva zaštita okoliša ili revitalizacija oštećenih ekoloških sustava.

Zeleno gospodarstvo se bavi poboljšanjem ljudskog života, uz primjenu obnovljivih izvora energije, gospodarenja otpadom, upravljanja vodama i tlom, te sličnim svakodnevnim aktivnostima kojima možemo smanjiti svoj utjecaj na okoliš. Zelenim tehnologija se pokušava postići *Low Carbon Society* (niskougljično društvo), zatim spriječiti (ili barem smanjiti) onečišćenje voda, tla i zraka, te učinkovito koristiti prirodne resurse bez smanjenja bioraznolikosti [28].

3. UTJECAJ KISELIH KIŠA

Kisele kiše mogu u prirodi pokrenuti brojne neželjene organske i anorganske reakcije u okolišu, što dovodi do sve većeg ekološkog problema. Aeropolutanti se vrlo lako prenose zračnim strujama, pa se posljedice kiselih oborina mogu osjećati i na područjima koja su daleko manje industrijski razvijena i samostalno ne otpuštaju velike količine onečišćujućih tvari u okoliš, što dodatno pogoršava njihovu ekološku i gospodarsku situaciju, te narušava kvalitetu života.

3.1. Utjecaj kiselih kiša na okoliš

Kao problem kod utjecaja kiselih kiša i onečišćenja atmosfere često se spominju visoki tvornički dimnjaci. Koncentracija aeropolutanata uvijek je najveća na mjestu emitiranja, dakle oko izvora zagađenja, što se može povezati sa najvećim oštećenjem okoliša koji se nalazi u urbanim i industrijskim područjima.

Nakon prvog taloženja oko izvora, ostatak čestica se raznosi zračnim strujama na vrlo široka područja. Tu se uključuju visoki industrijski dimnjaci, kao posrednici u zakiseljavanju oborina. Može se reći da "ponašanje" aeropolutanata može ovisi o tri čimbenika: visini njihovog emitiranja u atmosferu, vremenskim uvjetima i veličini onečišćujućih tvari.

Ukoliko se aeropolutanti izbacuju više u atmosferu, duže će se u njoj zadržati, veća je vjerojatnost da će biti proširene na veća geografska područja i reagirati sa vlagom iz zraka. Pošto velika većina onečišćavala dolazi upravo iz industrijskih postrojenja, ova se situacija može izravno povezati sa visinom industrijskih dimnjaka [1, 3].

Nadalje, istraživanja su dokazala da utjecaj sumporovog dioksida i dušikovih oksida prilikom suhog taloženja ovisi o mjestu na kojima se talože. Ukoliko suhim taloženjem uđu u vodene tokove, doći će do reakcije sa vodom i nastati će kiseline koje će utjecati na pH vrijednosti voda na tom području.

U slučaju da te čestice dospiju na tlo ili ostale slične površine, one će ostati kemijski pasivne sve dok se za njihovu reakciju ne stvore povoljni uvjeti, odnosno dok ne dođe do povećanja vlažnosti tog tla putem oborina. U tom slučaju, prilikom padanja oborina, primjerice čistih kiša, u tlu će doći do razvijanja velike količine kiselina odjednom i doći će do pojave koja se naziva kiselinski šok.

Iako su biljne i životinjske vrste pogodne postupnom prilagođavanju na novostvorene uvijete, takva nagla promjena životne okoline može uzrokovati iznimno velike štete kao što su odumiranje biljaka i oštećenje velikih šumskih površina, kao i promjene u vodenim ekosustavima rijeka, jezera, mora ili oceana što dolazi do velikog pomora ili različitih oboljenja kopnenih i vodenih životinja [1, 3].

NOx spojevi u tijelu umanjuju mogućnost transporta kisika i uzrokuju plavilo kože ili cijanozu, nakupljanje vode u plućima, kao i proširenje žila što rezultira padom krvnog tlaka. S druge strane, SO_2 djeluje vrlo nadražujuće za nosnu sluznicu i oči, uzrokuju oboljenja dišnih puteva i kardiovaskularne bolesti, te potiču prekomjerno lučenje hormona u tijelu što je opaženo na ribama i sisavcima koje obitavaju na područjima zagađenim aeropolutantima ili kiselim kišama.

Zbog promjene pH vrijednosti površinskih voda dolazi do smanjenja riblje populacije kao i populacije vodozemaca, promjena u zooplanktonima i fitoplanktonima, povećana koncentracija gljivica umjesto bakterija, no to je samo dio problema koji nastaju. Promjena pH vrijednosti utječe na cijeli niz anomalija koje uzrokuju prepreke za razvoj biljnih i životinjskih vrsta.

Kao što je već spomenuto, živi organizmi imaju mogućnost prilagodbe na novonastale uvijete u životnoj sredini, no samo do određene granice. Smatra se da teškoće vodenim organizmima nastaju već pri pH vrijednost 6, dok samo rijetke vrste preživljavaju na kiselosti do 4,7. Najosjetljivije na promjenu pH vrijednosti su školjke, puževi, rakovi te losos, šaran i pastrve, dok su najotpornije neke vrste neosjetljivih račića, fitoplanktoni i zooplanktoni [1, 3, 7].

Kada kiselost u tlu ili vodenim tokovima prijeđe granicu tolerancije u organizmu, dolazi do nepravilnog razvoja i razmnožavanja, te nerijetko i do uginuća. Prema provedenim istraživanjima, u velikom broju slučajeva pomora morskih životinja za to nisu odgovorne izravno kisele kiše, već povećanje koncentracije toksičnih metala, čije je otapanje iz tla potaknuto djelovanjem kiselih oborina. Osim što otopljeni metali (najčešće živa, kadmij, aluminij i olovo) mogu biti kobni za vodene organizme, oni isto tako putem vodenih životinja mogu ući u prehrambeni lanac čovjeka i uzrokovati teška otrovanja.

Unatoč svemu navedenome, utjecaj kiša na vodene sustave ovisi u velikoj mjeri i o geomorfološkim značajkama područja. Slatkovodne površine smještene na tlima koja su

neutralizatori kiselina neće stradati u velikoj mjeri. Primjer takvog tla je tlo bogato vapnencem, odnosno tlo koje sadrži magnezijev i/ ili kalcijev karbonat.

Nadalje, oštećenje tla ovisi i o količini i potrošnji pufera u tlu. Svojstvo prirodnih pufera je održavati stalnu razinu pH vrijednosti, što se događa na način da neutraliziraju kiselost ili bazičnost tla ukoliko mu se dodavaju H^+ ili OH^- ioni. Količina pufera u tlu je ograničena, tako da se s većom količinom kiselih oborina raste i potrošnja prirodnih pufera. U području u kojem neutralizatora u tlu nema, biti će znatno veći utjecaj i brže zakiseljavanje [1, 3, 7, 29].

Kiselost u tlu može prouzročiti sniženje pH vrijednosti na tom području što utječe na mikroorganizme i bakterije koje su zadužene za procese biološke razgradnje, te smanjenje "čistog" područja sa kojeg korijen biljke može crpiti hranjive tvari potrebne za rast i razvoj. Prilikom povećanja kiselosti tla odvija se zamjena kationa kalija, kalcija, magnezija i natrija sa vodikovim ili aluminijevim iona, što rezultira već spomenutim otpuštanjem teških metala. Osim toga, u tlu može doći i do smanjenja kakvoće uslijed promjene mineralne strukture uzrokovanje kiselim kišama, jer se zbog povećanja pH vrijednosti organski materijali u tlu ne razgrađuju pravilno i hranjive tvari se u tlo ne oslobađaju u potrebnim količinama.

Iako određene količina metala otopljenih u tlu, kao i niža pH vrijednost tla, mogu imati pozitivan učinak na rast i razvoj biljaka, dugoročna izloženost bilja tim uvjetima nikako nije pogodna. Primjer utjecaja metala štetnih za razvoj biljaka je aluminij.

Aluminijevi spojevi pod utjecajem kiselih kiša razlažu i uvijek tvore aluminijev kation, koji oštećuje dijelove korijena i time biljci onemogućava crpljenje dovoljne količine hranjivih tvari, te joj je se povećava osjetljivost na vremenske uvjete i moguće bolesti. Kao posljedica smanjenja otpornosti na razne čimbenike, na biljnim vrstama se mogu uočiti mrlje smeđe boje i sušenje ili potpuno otpadanje listova i iglica, oštećenje pupova i cvjetova u proljeće, oštećenje kore i korijena, te razne druge nepravilnosti ili nametnici na biljkama [1, 3].

Zbog kiselih kiša vrlo često stradavaju šumske površine (Slika 2.). Oštećeno drveće moguće je prepoznati po već ranije spomenutim "simptomima": lišće sa mrljama, oštećena i vrlo rijetka ili nikakva krošnja, oštećena kora ili potpuno mrtva biljka. Cvjetanje takvih biljaka je vrlo oslabljeno, te je potrebno duže vremena za samostalnu regeneraciju tkiva biljke. Klijanje biljaka iz sjemena na kiselim tlima je također otežano, a mladici je potrebno puno više vremena da izraste u jedinku sa mogućnošću razmnožavanja [1, 3].



Slika 2. *Oštećenje šuma nastalo kiselim padalinama [30]*

Od četinjača, kisele kiše najviše pogađaju jelu i smreku, dok je od bjelogoričnog drveća najosjetljiviji hrast. Šume koje se nalaze na području s većom godišnjom količinom padalina i nižim prosječnim temperaturama biti će više ugrožene. Smatra se da je Republici Hrvatskoj slabije oštećeno oko 18 %, a srednje i jako oštećeno 8 % šuma, dok je u cijelom svijetu šteta nastala kiselim kišama vidljiva na 60 % šumskih površina [1, 3].

Osim okoliša, kisele kiše vrlo često oštećuju i građevine, kao i kulturne spomenike. Već je spomenuto da kiseline sadržane u kiši mogu reagirati s metalima i rastvarati ih ili ubrzati njihovo korodiranje, a na sličan način djeluju i na mramor, beton i vapnenac. Kiseline u kišama potiču raspad kamenja - reakcija vapnenca s kiselinom, pri čemu nastaje gips (9) koji je vrlo porozan i lomljiv, a proces propadanja vapnenca može se opisati reakcijom u nastavku [1, 3].

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O \quad (9)$$

$$KALCIJEV\ KARBONAT + SUMPORNA\ KISELINA \rightarrow GIPS + UGLJIKOV\ DIOKSID + VODA$$

Gips je topiv u vodi i lako se ispire sa površine građevine, te se nakuplja na dijelovima koji nisu izravno zahvaćeni erozijom. Svojim nakupljanjem privlači na sebe čestice prašine, pepela ili drugih čestica u zraku, što rezultira promjenom boje (pocrnjenjem) zahvaćenih površina. Na taj se način nepovratno uništavaju spomenici kulturne baštine (Slika 3), ali i mostovi, brane, cjevovodi ili stambene zgrade koji su znatno novijih datuma izgradnje.

Osim kulturoloških, nastaju i veliki gospodarski, estetski i ekonomski problemi. Građevine postupno gube boje ili ukrase sa vanjskih fasada, dok se kamen počinje prekrivati sivo crnim pokrovom [1, 3, 9].



Slika 3. *Oštećenje Zagrebačke katedrale nastalo zbog kiselih kiša [31]*

3.2. Utjecaj kiselih kiša na ljudsko zdravlje

Do sada nije zabilježen ni jedan izravan štetni utjecaj kiselih kiša na ljudsko zdravlje. Ukoliko se i osoba nalazi u direktnom dodiru sa zakiseljenim oborinama, tijelo neće reagirati drugačije nego u doticaju sa kišom normalnih pH vrijednosti. Unatoč tome, spojevi zbog kojih dolazi do promjene pH kiša su iznimno šteti po ljudsko zdravlje kada se emitiraju u atmosferu.

Indirektan utjecaj kiselih kiša na ljudsku populaciju može se ostvariti preko hranidbenog lanca. U slučaju mokrog i suhog taloženja, kiseline iz oborina mogu dospjeti u podzemne i površinske vode.

Te vode u svom životnom ciklusu koriste biljke, koje zatim konzumiraju životinje. Spomenutu vodu, biljke i životinje konzumira čovjek. Na taj način kiseline nastale zagađenjem okoliša mogu ući u ljudski organizam.

Osim zagađenja voda, kisele kiše potiču i otapanje teških metala u prirodi. Teški metali na taj način također ulaze u vodene tokove. Biljke apsorbiraju navedene štetne tvari iz tla, te takve dalje kruže prehrambenim lancem i ulaze u ljudski organizam. Organizam ima tendenciju taloženja takvih tvari u sebi, te se konstantnim unosom malih količina teških metala mogu akumulirati količine koje su iznimno opasne po ljudsko zdravlje [3].

Arsen može uzrokovati teške probleme sa organima za probavu, a kasni stadij otrovanja se očituje kožnim lezijama na šakama i stopalima (kvržice). Živa je opasna u svim svojim oblicima.

Anorganska živa (pesticidi, boje) uzrokuje neuropsihičke poremećaje, dok organska živa (hrana) ugrožava periferni živčani sustav i može utjecati na nerođeni plod kod trudnica. Olovo se može vezati na mnoge enzime koji se nalaze u tijelu i štetno utječe na organe i tkiva. Kadmij napada jetru, bubrege i pluća, kao i kosti i zglobove. Trovanje kadmijem rijetko rezultira smrtnim slučajem, ali određene količine ovog elementa se mogu zadržavati u organizmu i desecima godina [32].

Čestice SO_2 i NO_X spojeva u ljudski organizam ulaze disanjem. Ugljikov dioksid nije otrovan za organizam, ali njegove velike količine stvaraju štetu u okolišu.

S druge strane, dušikovi oksidi su kancerogeni i mogu uzrokovati velika oštećenja u respiratornom sustavu. Dušikovi oksidi se smatraju jednim od najvećih uzročnika raka pluća, mokraćnog mjehura i želuca.

Sumporov dioksid u pluća ulazi u toliko sitnim česticama da se ne može ni iskašljati. U kombinaciji sa vodenom parom i čađom tvori smog, koji može dovesti do bolova u ustima i prsima, kašlja, suhoće nosa i grla, te suzenja i bolova u očima kod akutne izloženosti, dok se u teškim slučajevima javljaju problemi sa dišnim, kardiovaskularnim, koštanim i reproduktivnim sustavom [33].

4. PROSTORNI POLOŽAJ, KLIMATSKA OBILJEŽJA I INDUSTRIJSKA RAZVIJENOST NASELJA MALI BUKOVEC

Mali Bukovec je mjesto koje, prema popisu stanovništva iz 2021. g., broji oko 620 stanovnika. Smješteno je na samom sjeveru Varaždinske županije, oko 20 km od grada Ludbrega.

Kroz selo i u njegovoj neposrednoj blizini protječu rijeke Bednja, Drava i Plitvica, dok je spomenuto naselje i upravno središte istoimene općine. Općina Mali Bukovec je najsjevernija općina Varaždinske županije, te graniči sa Koprivničko – križevačkom i Međimurskom županijom.

U sastavu općine nalazi se ukupno 6 naselja: Mali Bukovec, Novo Selo Podravsko, Županec, Lunjkovec, Martinić i Sveti Petar Ludbreški. Općina u svim svojim naseljima zajednički broji oko 1800 stanovnika [34].

Općina Mali Bukovec unutar županije pripada regiji grada Ludbrega, te su klimatska obilježja tog prostora temeljena na podacima za čitavu Varaždinsku županiju. Klima na navedenom području se karakterizira kao umjereno topla vlažna klima sa toplim ljetom (kontinentalna klima, oznaka Cfb).

Glavne karakteristike spomenute klime su najmanje četiri mjeseca godišnje sa temperaturom većom ili jednakom 10 °C, dok srednja temperatura najtoplijeg mjeseca u godini (u najviše slučajeva se radi o srpnju) niža od 22 °C. Također, za umjereno tople vlažne klime sa toplim ljetom nije karakteristično da u najhladnijem mjesecu (najčešće siječnju) srednja temperatura ne pada ispod – 3 °C. Prema podacima sakupljenim u prethodnih pedesetak godina, najniža temperatura zabilježena na ovim prostorima iznosila je iznosila -25 °C, a najviša temperatura 40 °C [35].

Najveće količine oborina na ovom području javljaju se u toplom dijelu godine i u kasnoj jeseni. Tokom toplijih mjeseci, između travnja i rujna, padne između 55 % i 60 % ukupne količine oborina, dok ostalih 40 % do 45 % padne u periodu između listopada i ožujka.

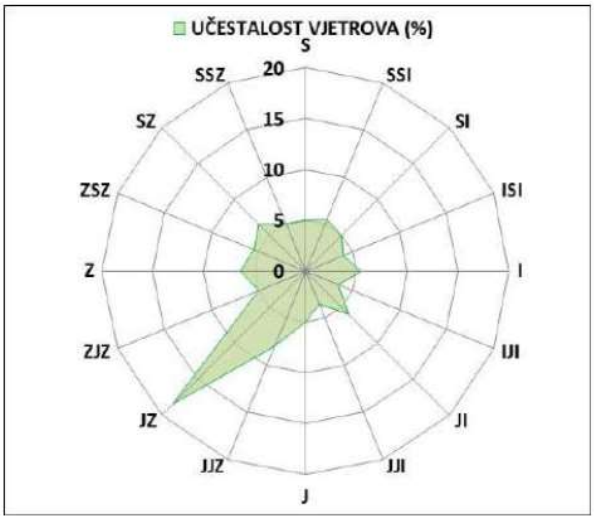
Količine oborina nisu jednake u svim dijelovima županije, te su manje količine oborina zabilježene uz nizine u okolici rijeke Drave, dok količine oborina rastu z nadmorskom visinom

(prema Hrvatskome zagorju). Srednje godišnje količine padalina u gradu Ludbregu i okolici iznose između 800 i 900 mm.

Snježne oborine najčešće se javljaju u zimskim mjesecima, dok su mjeseci od lipnja do rujna jedini u kojima do sad nije bilo snježnih padalina. Magla se u prosjeku godišnje pojavljuje 50 dana u hladnom periodu.

Mraz je prisutan oko 10 – ak dana u prvom tromjesečju, najviše se pojavljuje tijekom prosinca, a moguće ga je uočiti u periodu od rujna do svibnja. Tuče su moguće u periodu od svibnja do srpnja, što se u prosjeku desi jednom godišnje [35].

Vjetrovi na području ludbreške regije su najizraženiji u proljetnim mjesecima. U ljetnome periodu su vrlo česti slabi vjetrovi (80 % vjetrovi, 20 % tišina) [35].



Slika 4. *Ruža vjetrova grada Ludbrega [35]*

Prema ruži vjetrova, vidljivo je da na navedenome području prevladavaju jugozapadni vjetrovi (Slika 4.). Vjetrovi iz drugih smjerova su također zastupljeni, no vrlo rjeđi. Zahvaljujući jugozapadnim vjetrovima, prevladava topla i vlažna klima na tome području.

Iako je općina mala, industrija na tome području je relativno razvijena. U sklopu naselja Mali Bukovec djeluje drvna industrija, šljunčara i bravarija, dok se i u Malom Bukovcu i u Svetom Petru Ludbreškom nalaze po jedan proizvođač modne kožne galanterije. Uz sve navedeno, općina je i veliki proizvođač cvijeća i povrća koje se distribuira područjem cijele Hrvatske, te se još uvijek gotovo svako domaćinstvo bavi nekom vrstom poljoprivrednih radova i proizvodnjom usjeva (desetci velikih i malih poljoprivrednika).

Većina kućanstava i javnih ustanova koriste princip grijanja na biomasu ili fosilna goriva, dok se električna energija u velikom dijelu dobiva iz obližnje hidroelektrane Dubrava. Sve prethodno navedene industrijske djelatnosti uključuju, uz proizvodnju i obradu, transport robe i sirovina do daljnjih prerađivača, distributera ili potrošača, dok je i sam promet osobnim automobilima i radnim strojevima vrlo učestali, te prevladavaju vozila na benzinski i dizelski pogon.

5. EKSPERIMENTALNI DIO

5.1. Cilj provedenog istraživanja

Istraživanje na kojem je temeljen ovaj diplomski rad jest utvrđivanje pH vrijednosti kišnica u malom ruralnom naselju. Kao što je već ranije spomenuto, samo naselje Mali Bukovec broji oko šestotinjak stalnih stanovnika, pretežno starije populacije.

U posljednjih nekoliko godina došlo je do značajnije razvoja i napretka spomenutih industrija unutar naselja, u naseljima u sklopu općine, te u susjednoj općini s kojom je općina Mali Bukovec povezana prostorno i gospodarski. Kao posljedica razvoja i trenutnog načina života, došlo do povećanja cestovnog prometa, ali i povećanja ispušnih plinova iz postrojenja i kućanstava.

Već je ranije navedeno kako su glavni uzročnici kiselih kiša dušikovi oksidi, te sumporov i ugljikov dioksid, a najčešći uzroci njihovih antropogenih emisija su upotreba fosilnih goriva za dobivanje energije ili pogon vozila. Svrha rada je bila ustanoviti trenutnu kakvoću oborina na navedenom području, te u usporedbi sa podacima iz literature zaključiti jesu li oborine na području Malog Bukovca invazivne po okoliš.

5.2. Materijali i metode

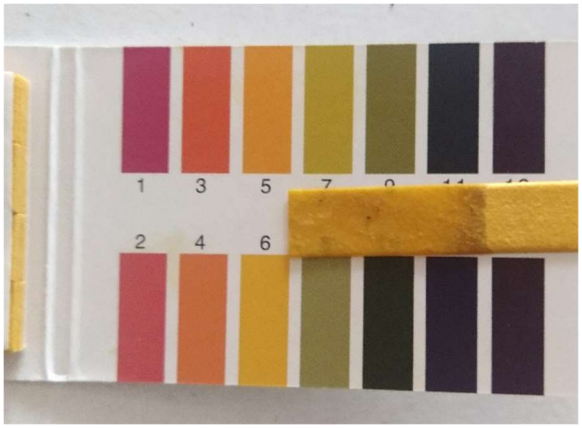
Mjerenja su se provodila na način da se sakupljala kišnica tokom svakog kišnog perioda od 1. travnja do 31. kolovoza, 2022. g. Prikupljanje kišnice se provodilo na način da se mjerna čaša, koja se koristila isključivo za sakupljanje uzoraka, ostavila na otvorenom podneblju kako bi kišnica neometano mogla padati u nju (Slika 5).



Slika 5. *Sakupljanje kišnice za provedbu mjerenja* (autor)

Nakon svakog sakupljanja, uzorak se baca, a mjerna čašica se pere samo sa vodom i suši na zraku. Razlog zašto se nije koristio deterdžent prilikom pranja čašice jest taj da bi kod nepotpunog ispiranja istog moglo doći do promjene pH vrijednosti sakupljenog ispitnog uzorka.

Svakome uzorku se ispitivala pH vrijednost pomoću pH indikatora. Kod upotrebe pH papirnatih indikatora, uzorak se nanosio izravno na indikator, te se nakon kratkog vremena boja na indikatoru usporedila sa mjernom skalom i očitala pH vrijednost. Tokom mjerenja su korištene indikator trake.



Slika 6. *Mjerenje provedeno 08.06.* (autor)



Slika 7. *Mjerenje provedeno 22.08.* (autor)

5.2.1. Princip rada indikator traka

Univerzalne indikator trake koriste se za određivanje kiselosti, neutralnosti ili bazičnosti nekog medija. Ovisno o pH vrijednosti mijenja se boja indikator papirića.

Kod ispitivanja kiselog medija, indikator će pokazivati spektar od crvene do žute boje, kod neutralnog medija će se prikazati zelena boja, dok će se kod lužina pojaviti nijanse plavkaste pa do ljubičaste boje. Prema usporedbi boje indikator papira i tablice podudarnosti koja se uvijek isporučuje zajedno s indikator trakama, može se približno odrediti pH vrijednost otopine.

Kako i sam naziv govori, papirnati pH indikatori su izrađeni od papira, dakle osnovna sirovina za njihovu izradu je celuloza iz drveta, kojoj se dodaju komponente koje reagiraju sa medijem i daju boju. Univerzalni indikatori su natopljeni kemijskim spojevima koji svojim reakcijama daju različite boje pri različitim koncentracijama.

U smjesu za univerzalne indikatore se dodaju: voda, jednostavni alkohol (propan-1-ol ili etanol), fenolftalein, metil crveno, bromtimol plavo, timol plavo i natrijev hidroksid, a navedena smjesa se može koristiti kao tekući indikator ili se njome natapaju papirne indikator trake [36, 37].

Fenolftalein i bromtimol plavo se u smjesi koriste kao indikatori lužina. Fenolftalein (engl. *Phenolphtalein*) reagira sa spojevima čiji pH je iznad 8, te u kontaktu sa lužinama daje crvenkaste tonove (ružičasta pa do boje fuksije), dok s neutralnim i kiselim spojevima ne reagira (ne daje obojenje) [38].

Bromtimol plavo (engl. *Bromthymol blue)* u baznim medijima indikator reakcijom daje plavu boju, u neutralnim okolinama daje zelenu, dok u kiselinama reagira pojavom žute boje. Idealan raspon za djelovanje bromtimol plavog je između pH 6 i 8, u kojima postepeno prelazi iz žute do tamno plave boje [39, 40].

Timol plavo (engl. *Thymol blue*) koristi se kao pH indikator u različitim rasponima. Njime se mogu očitavati pH vrijednosti i kiselina i lužina, u određenom opsegu, dok će za vrijednosti između 2,8 i 8 timol plavi obojiti žutom bojom (ispod 2,8 raspon od crvene do žute, iznad 8 raspon od žute do plave) [41, 42].

Metil crveno (engl. *Methyl red*) je kemijski indikator koji se koristi za određivanje pH vrijednosti kiselih otopina. Ako je pH medija niži od 4.4, tada upotreba navedenog spoja rezultira pojavom crvene boje. Ako se mjereni pH nalazi u rasponu između 4,4 i 6,2, pojaviti će se narančasta boja, a za sve vrijednosti iznad 6,2 javlja se žuta boja [43].

Jednostavni alkoholi (najčešće etanol i propanol) se u ovom slučaju koriste kao otapalo za spojeve, dok se natrijev hidroksid se koristi kao sredstvo za neutralizaciju smjese.

6. REZULTATI

6.1. Rezultati mjerenja

Sakupljanje i mjerenje pH vrijednosti kiša provedeno je u periodu od početka travnja do rujna, 2022. g. (Tablica 1.). Osim pH vrijednosti oborina, bile su praćene i prosječne dnevne vrijednosti temperatura, tlaka i vlažnosti zraka, kao i brzine vjetra. Također je i za svaki od oborinskih dana bila zabilježena količina padalina u mm preuzeta s meteorološke stanice.

U meteorološkom shvaćanju pojma, temperatura zraka jest temperatura koja se bilježi na 2 m visine u prizemnom sloju atmosfere, tako da nije određena ni sunčevim zračenjem ni toplinom koju tlo i okolina emitiraju. Temperatura zraka se mjeri termometrom, a promjenjiva je na dnevnoj i na godišnjoj bazi.

Dnevne promjene temperature, osim o dobu dana, ovise o naoblaci, ali i strujanju zraka na nekom području (vjetrovima). S druge strane, godišnje temperature ovise o položaju Zemlje naspram Sunca i geografskom položaju lokacije [44].

Tlak zraka se može opisati kao pritisak stupca atmosfere na površinu Zemlje, odnosno tlak zraka na jedinici površine (u praksi se to odnosi na površinu od 1 cm^2) je jednak težini stupca koju ima zrak iznad te površine pa do krajnje granice atmosfere. Tlak zraka opada s porastom nadmorske visine, a njegove veličine se mjere barometrima.

Vrijednost normalnog tlaka zraka iznosi 101 325 Pa ili 1,01325 bar. Tokom dana vrijednosti tlaka mogu varirati i do 0,003 bar, što su normalne dnevne promjene, no ukoliko dođe do nagle promjene i pada tlaka zraka za više od 0,003 bar, znači da će kroz nekoliko sati doći do nevremena ili oluje. Kada ponovno počinje povećanje tlaka do normalnih vrijednosti, vrijeme se mijenja i postaje vedro [45, 46].

Vlažnost zraka opisuje količinu (udio) vlage koja je sadržana u zraku. Relativna vlažnost se izražava u postotcima, a opisuje stvarnu količinu vlage zraku u odnosu na maksimalnu količinu koju zrak pri određenoj temperaturi može sadržati. Ukoliko je postotak relativne vlažnosti vrlo visok, u većini slučajeva se mogu očekivati padaline. U rjeđim slučajevima, kada je visoka vlaga u područjima visokog tlaka (anticiklone) neće doći do padalina, već samo do pojave rose. S obzirom da se područje ispitivanja nalazi u području kontinentalnog tipa klime, maksimum relativne vlage se postiže zimi, a minimum u ljetnom razdoblju [47].

Vjetar nastaje kao posljedica gibanja zraka u slojevima atmosfere. Svaki vjetar ima smjer i brzinu puhanja. Kod kontinentalne klime, brzina puhanja vjetra se ostvaruje oko podneva, dok su tijekom noći vjetrovi najslabiji. Vjetrovi uvijek pušu iz područja višeg tlaka u područje nižeg tlaka, a njihov naziv i karakteristike su vezani uz stranu svijeta sa koje dolaze [47].

Količina padalina označava količinu kiše koja padne na tlo prilikom jednog oborinskog razdoblja. Izražava se u mm, a označava koliko bi se mm kiše nalazilo na tlu da nema otjecanja, prokapljivanja i isparavanja vode. U praksi 1 mm oborina otprilike označava da je na 1 m^2 pala količina od 1 litre kišnice [48].

Tablica 1. *Izmjerene vrijednosti*

Datum	pH vrijednost	Temperature zraka/°C	Relativna vlažnost [%]	Tlak zraka [bar]	Brzina vjetra [m/s]	Količina oborina [mm]
1.4.	6,5	6,0	85,00	0,994	1,9	7,73
2.4.	7,0	3,0	75,30	1,003	1,8	5,00
3.4.	-	4,0	68,80	1,014	2,5	-
4.4.	-	6,5	62,30	1,018	2,4	-
5.4.	-	10,5	64,00	1,010	1,8	-
6.4.	-	13,0	63,20	1,008	1,9	-
7.4.	-	12,5	63,80	1,000	2,3	-
8.4.	-	14,0	57,40	1,001	4,1	-
9.4.	6,5	9,0	75,00	1,004	3,4	10,50
10.4.	-	5,5	62,70	1,016	1,9	-
11.4.	-	5,5	59,60	1,022	1,4	-
12.4.	-	8,5	58,70	1,019	1,4	-
13.4.	-	10,5	51,30	1,021	1,3	-
14.4.	-	11,5	54,90	1,020	1,6	-
15.4.	7,0	11,5	77,40	1,020	2,1	0,80
16.4.	-	9,5	66,40	1,023	4,1	-
17.4.	-	7,5	50,90	1,024	3,6	-
18.4.	-	6,0	65,50	1,017	1,7	-
19.4.	7,0	6,0	75,50	1,012	1,5	3,67
20.4.	-	7,5	72,00	1,014	1,6	-
21.4.	-	7,0	66,00	1,012	2,0	-
22.4.	7,0	9,5	90,00	1,005	1,8	4,00
23.4.	-	11,5	85,40	1,007	1,4	-

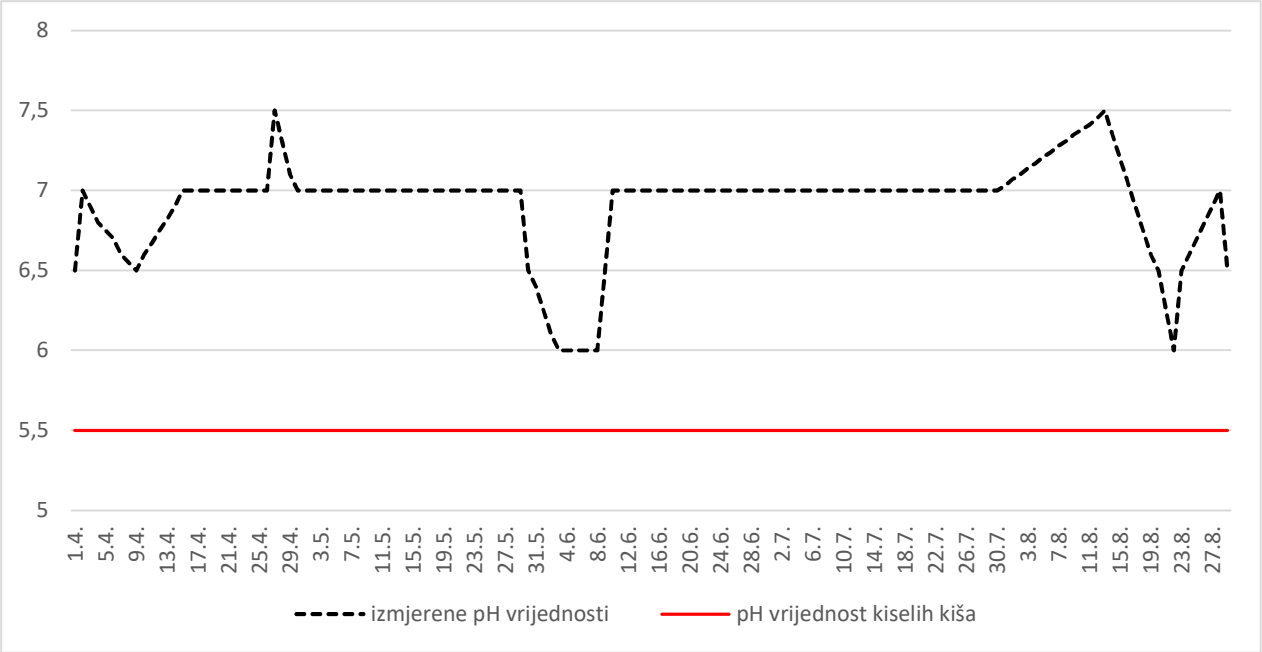
24.4.	-	14,0	65,30	1,004	3,8	-
25.4.	-	14,5	69,00	1,008	1,9	-
26.4.	7,0	13,0	79,50	1,014	1,4	1,00
27.4.	7,5	11,0	85,20	1,019	2,5	4,67
28.4.	-	12,0	61,70	1,023	3,4	-
29.4.	-	12,0	58,00	1,025	1,9	-
30.4.	7,0	11,5	63,80	1,021	1,4	6,00
1.5.	-	15,5	71,70	1,017	2,2	-
2.5.	-	16,0	67,30	1,015	2,0	-
3.5.	-	15,0	69,70	1,015	1,5	-
4.5.	-	14,0	67,50	1,016	1,9	-
5.5.	-	15,0	66,70	1,019	1,4	-
6.5.	7,0	16,0	76,30	1,019	1,8	0,20
7.5.	7,0	16,0	79,80	1,019	1,8	0,23
8.5.	-	16,0	78,40	1,021	2,1	-
9.5.	-	16,5	80,90	1,023	1,6	-
10.5.	-	16,0	74,30	1,021	1,4	-
11.5.	-	17,0	68,90	1,018	1,5	-
12.5.	-	19,5	67,20	1,017	1,6	-
13.5.	-	18,5	66,60	1,018	1,8	-
14.5.	-	18,0	65,90	1,019	1,2	-
15.5.	-	18,0	69,00	1,019	1,4	-
16.5.	-	20,0	69,50	1,017	1,7	-
17.5.	-	19,0	78,20	1,017	1,7	-
18.5.	-	13,5	61,90	1,025	2,8	-
19.5.	-	13,5	59,30	1,027	2,7	-
20.5.	-	18,0	61,65	1,022	1,5	-
21.5.	7,0	21,5	72,50	1,017	1,8	6,00
22.5.	-	18,0	63,20	1,015	1,6	-
23.5.	-	18,0	64,30	1,011	1,5	-
24.5.	-	20,0	75,10	1,008	1,8	-
25.5.	7,0	20,5	78,70	1,014	1,6	11,00
26.5.	-	19,0	71,70	1,022	1,1	-
27.5.	-	20,0	68,00	1,018	1,2	-
28.5.	7,0	13,5	82,80	1,016	1,2	7,50
29.5.	7,0	12,0	84,30	1,013	2,1	1,43

30.5.	6,5	12,5	83,50	1,013	1,3	0,67
31.5.	-	14,5	82,10	1,016	1,7	-
1.6.	-	19,5	65,80	1,016	1,7	-
2.6.	-	20,5	68,80	1,018	1,8	-
3.6.	6,0	20,5	68,50	1,019	1,5	3,00
4.6.	-	24,5	71,40	1,016	1,5	-
5.6.	-	21,5	78,30	1,016	1,7	-
6.6.	-	20,0	71,00	1,017	1,5	-
7.6.	-	20,0	76,70	1,013	1,8	-
8.6.	6,0	17,0	92,80	1,010	1,5	9,73
9.6.	6,5	17,5	87,10	1,008	2,0	15,00
10.6.	7,0	18,5	77,00	1,015	3,0	2,67
11.6.	-	19,0	60,60	1,019	3,2	-
12.6.	-	19,5	61,40	1,019	2,5	-
13.6.	-	19,5	73,40	1,016	1,5	-
14.6.	-	17,5	65,20	1,021	1,3	-
15.6.	-	18,0	70,80	1,020	1,8	-
16.6.	-	20,0	74,00	1,018	2,2	-
17.6.	-	19,0	70,20	1,021	1,8	-
18.6.	-	18,5	62,20	1,022	1,4	-
19.6.	-	20,0	66,30	1,017	2,7	-
20.6.	-	23,0	62,40	1,010	2,9	-
21.6.	7,0	20,0	69,40	1,013	1,9	0,10
22.6.	-	21,5	66,00	1,013	1,2	-
23.6.	7,0	21,5	77,90	1,014	1,5	1,00
24.6.	-	22,5	73,50	1,013	2,0	-
25.6.	-	21,5	66,00	1,013	2,0	-
26.6.	-	22,5	71,00	1,015	1,3	-
27.6.	-	24,5	71,30	1,016	2,2	-
28.6.	-	24,5	68,80	1,017	1,9	-
29.6.	-	27,0	63,70	1,012	1,6	-
30.6.	-	25,5	67,20	1,011	1,7	-
1.7.	-	26,0	63,92	1,013	2,4	-
2.7.	-	21,5	61,30	1,021	2,0	-
3.7.	-	22,5	66,70	1,018	1,3	-
4.7.	-	24,0	63,50	1,017	1,3	-

5.7.	7,0	20,5	81,70	1,017	1,8	8,00
6.7.	-	20,5	66,30	1,019	2,0	-
7.7.	7,0	19,5	88,10	1,019	1,9	17,00
8.7.	-	19,0	73,50	1,021	3,1	-
9.7.	-	19,5	57,60	1,022	2,2	-
10.7.	-	17,0	66,70	1,018	2,2	-
11.7.	-	15,5	59,90	1,020	1,9	-
12.7.	-	18,0	67,20	1,022	1,4	-
13.7.	-	18,0	58,80	1,022	1,5	-
14.7.	-	23,5	66,00	1,018	1,8	-
15.7.	-	19,5	74,20	1,017	2,9	-
16.7.	-	22,5	72,80	1,019	1,6	-
17.7.	-	19,0	53,20	1,025	1,3	-
18.7.	-	19,0	60,08	1,024	1,1	-
19.7.	-	20,5	57,40	1,022	1,3	-
20.7.	-	17,0	57,30	1,020	1,3	-
21.7.	-	25,5	57,40	1,018	1,2	-
22.7.	-	25,5	55,70	1,017	1,3	-
23.7.	-	26,0	62,00	1,015	1,5	-
24.7.	-	24,5	63,40	1,018	1,7	-
25.7.	-	24,5	60,50	1,015	1,8	-
26.7.	-	21,0	74,40	1,012	1,8	-
27.7.	-	22,5	67,60	1,014	1,7	-
28.7.	-	23,5	64,60	1,016	1,4	-
29.7.	-	24,0	61,90	1,014	1,5	-
30.7.	7,0	20,5	79,20	1,014	1,4	3,00
31.7.	-	21,5	61,23	1,015	1,8	-
1.8.	-	22,5	63,92	1,015	2,4	-
2.8.	-	22,5	63,50	1,017	2,0	-
3.8.	-	23,5	54,10	1,017	1,3	-
4.8.	-	23,0	53,30	1,016	1,3	-
5.8.	-	24,5	54,30	1,014	1,8	-
6.8.	-	22,0	63,50	1,016	2,0	-
7.8.	-	23,0	57,00	1,019	1,9	-
8.8.	-	20,0	62,30	1,021	3,1	-
9.8.	-	22,0	55,80	1,022	2,2	-

10.8.	-	22,0	49,00	1,022	2,2	-
11.8.	-	20,5	54,70	1,020	1,9	-
12.8.	-	20,0	57,20	1,017	1,4	-
13.8.	7,5	17,5	73,90	1,014	1,5	4,80
14.8.	-	22,0	65,60	1,010	1,8	-
15.8.	-	22,5	59,10	1,006	2,9	-
16.8.	-	22,5	63,20	1,009	1,6	-
17.8.	-	24,5	58,70	1,011	1,3	-
18.8.	-	25,5	61,50	1,010	1,1	-
19.8.	-	22,0	72,30	1,010	1,3	-
20.8.	6,5	20,5	85,80	1,012	1,3	3,70
21.8.	-	20,0	71,60	1,012	1,2	-
22.8.	6,0	16,0	93,10	1,010	1,3	13,00
23.8.	6,5	18,0	88,50	1,015	1,5	1,20
24.8.	-	20,0	81,00	1,017	1,7	-
25.8.	-	22,5	80,02	1,016	1,8	-
26.8.	-	24,0	71,80	1,012	1,8	-
27.8.	-	24,0	71,00	1,011	1,7	-
28.8.	7,0	22,0	79,10	1,014	1,4	20,00
29.8.	6,5	20,5	77,30	1,018	1,5	15,00
30.8.	-	20,5	69,10	1,018	1,4	-
31.8.	-	21,5	66,50	1,016	1,8	-

Usporedba vrijednosti izmjerenih pH vrijednosti s pH vrijednosti kiselih kiša kroz navedeno razdoblje prikazana je na slici 8., a za vrijednosti koje nedostaju, budući da se radi o potpuno nasumično nedostajućim podacima *(engl. missing completely at random (MCAR))* primijenjena je metoda imputacije procijenjene srednje vrijednosti *(engl. Estimated Mean Value Imputation)*.



Slika 8. *Usporedba izmjerenih pH vrijednosti s pH vrijednosti kiselih kiša*

Prosječne dnevne temperature tokom mjeseca kretale su se u rasponu od 3 do 14,5 °C. U početku mjeseca niže, te više prema kraju mjeseca. Navedene dnevne prosječne temperature su karakteristične za rano proljeće, te nije bilo nikakvih ekstrema. Prosječna dnevne temperatura za travanj iznosila je 9,5°C.

Kako vrijeme kalendarski odmiče prema početku ljeta, tako su i prosječne dnevne temperature svakog mjeseca sve više. U mjesecu svibnju je prosječna temperatura bila 16 °C. Najniža dnevna temperatura bila je 12 °C, a najviša 21,5 °C.

Prosječne temperature u svibnju odgovaraju godišnjem dobu, te tokom mjeseca nema nikakvih temperaturnih anomalija. Sredinom mjeseca su temperature bile nešto više od prosjeka, dok se to promijenilo u nekoliko posljednjih dana, te je u tom periodu zabilježen i mjesečni temperaturni minimum.

U mjesecu lipnju i kalendarski započinje ljeto, tako da se očekuje i daljnji porast temperatura. Najniža zabilježena dnevna temperatura iznosila je 17 °C, dok je najviša bila 27 °C.

Prosječna mjesečna temperatura u lipnju bila je 20,8 °C. U ovom mjesecu također nema temperaturnih anomalija i temperature odgovaraju periodu godine. Temperaturni porast prati trend već treći mjesec, što je očekivano.

Vidljivo je kako je sredinom mjeseca lipnja došlo do pada temperatura ispod prosjeka, dok se u posljednjoj trećini mjeseca temperature dižu iznad mjesečne vrijednosti, te je očekivano da će i u slijedećem mjesecu nastaviti rasti.

Srpanj se karakterizira kao najtopliji mjesec u godini, što se može vidjeti prema dosad najvišoj srednjoj mjesečnoj temperaturi od 21,3 °C. Prosječne dnevne temperature se kreću od 15,5 °C do 26 °C.

U mjesecu srpnju godišnje temperature dosežu maksimume, pa je očekivano da srednje temperature prethodnih i sljedećih mjeseci budu niže od one zabilježene tijekom srpnja. Raspon temperatura odgovara mjesecu srpnju, te se maksimalna vrijednost postiže odmah prvog dana mjeseca. U narednom periodu počinje postepeno spuštanje prosječnih temperatura.

Iako je kolovoz još uvijek ljetni mjesec, temperaturne vrijednosti se počinju polako spuštati. Najmanja prosječna temperatura zraka zabilježena u kolovozu je iznosila 16 °C, najviša 25,5 °C, što znači da je mjesečni prosjek bio negdje oko 21,5 °C. Iako su prosječne temperature uobičajene za kolovoz, nije učestalo da prosječna mjesečna temperatura kolovoza bude viša od prosječne temperature srpnja.

Relativna vlažnost je u mjesecu travnju varirala između 50,9 % i 90 %. Najniža izračunata dnevna razina tlaka zraka iznosila je 0,994 bar, dok se vrijednost istog u pojedinim dijelovima mjeseca popela i do 1,0251 bar.

Vjetrovi su u travnju puhali prosječnim brzinama u rasponu od 1,32 - 4,05 m/s, što odgovara stupnjevima 1, 2 i 3 Bf. Prosječna brzina vjetra u svibnju prema boforovoj ljestvici također odgovara povjetarcu (1,9 m/s) i niža je od travanjske.

U lipnju je zabilježena višednevna minimalna relativna vlažnost zraka, te postignuta najveća brzina vjetra. Prosječna brzina vjetra iznosila je 3 Bf.

Prosječna brzina vjetra u srpnju je nešto niža za razliku od brzine u lipnju. Prosječna brzina vjetra u kolovozu jednaka je kao i prethodni mjesec, te iznosi 1,7 m/s (povjetarac).

Prosječna relativna vlažnost zraka za mjesec travanj iznosila 67,79 %. Prosječan tlak je 1,013 bara, što je jednako vrijednosti normalnog tlaka zraka, dok je brzina vjetra u prosjeku iznosila 2,2 m/s (povjetarac). U mjesecu travnju bilo je ukupno 9 dana sa kišnim oborinama.

U svibnju se prosječna relativna vlažnost u svibnju bila je od 59,30 % - 84,30 %. Prema tim podacima, prosječna mjesečna vrijednost relativne vlažnosti iznosila je 79,70 %, što je povećanje za nešto više od 10 % u odnosu na prethodni travanj.

Dnevna razina tlaka zraka varirala je od 1,008 do 1027,3 bar, što u prosjeku iznosi 1,016 bara (nešto više iznad prošlomjesečne vrijednosti). Uz višu relativnu vlažnost i viši tlak zraka u odnosu na prošli mjesec, u svibnju je zabilježeno samo 7 dana s kišnim oborinama. Minimalna količina oborina iznosila je 0,20 mm na dan, dok je maksimalna količina bila 11 mm.

Vrijednost prosječne relativne vlažnosti je u lipnju iznosila 70,62 %. Minimum relativne vlažnosti je iznosio 60,60 %, a maksimum 92,80 %.

Iako su dnevni minimum i maksimum zabilježene vlažnosti u lipnju viši nego prethodnog mjeseca, ukupna prosječna količina vlažnosti je za otprilike 9 % niža u usporedbi sa svibnjem i tek za 3% viša od travanjske vrijednosti. Razine tlaka kretale su se između 1,008 i 1,022 bar, što u prosjeku iznosi 1,016 bar, isto kao i mjesec ranije, te tek za 0,003 bar više nego u travnju.

Relativna vlažnost zraka zabilježena u srpnju iznosi 65,29 %, što je ujedno i najniža prosječna mjesečna vrijednost tokom promatranih mjeseci. Tlak zraka se kreće između 1,012 bara i 1,025 bara, dok je prosječna vrijednost tlaka i dalje iznosila više od normalne vrijednosti (prosječna – 1,018 bar, normalna – 1,013 bar).

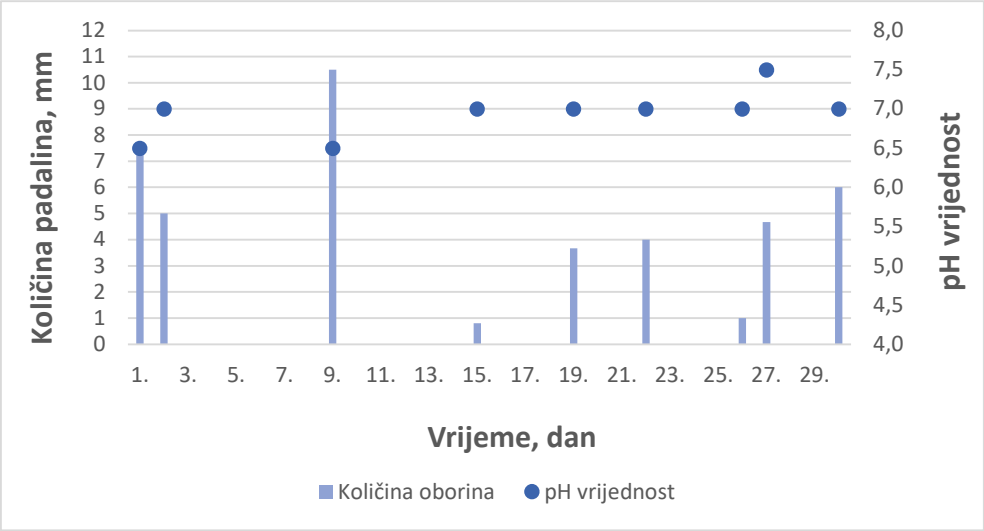
Relativna vlažnost u kolovozu varira između vrijednosti od 49 % i 93,10 %, dok je prosječna vrijednost nešto viša nego u prethodnom mjesecu, ali niža u usporedbi sa ostalim mjesecima (gotovo jednaka kao i u travnju). Prosječna vrijednost tlaka zraka iznosi 1,015 bar, što je najbliža vrijednost normalnom tlaku zraka, ako izuzmemo mjesec travanj čiji prosječni tlak je jednak normalnom atmosferskom tlaku (1,013 bar).

Tokom kolovoza je 2 dana za redom izmjerena maksimalna vrijednost tlaka, dok je u jednom danu uz maksimalan tlak izmjerena i minimalna relativna vlažnost zraka. Tokom kolovoza bilo je zabilježeno 6 kišnih dana, sa daleko najvišom količinom oborina u cijelom promatranom razdoblju. Ukupna količina oborina u kolovozu je iznosila 57,70 mm.

Na Slici 9. prikazane su količine padalina i zabilježene pH vrijednosti u mjesecu travnju. Iz navedenog može se zaključiti kako je na isti dan, 9. travnja, pala najveća količina oborina i zabilježena najniža pH vrijednost navedenih oborina.

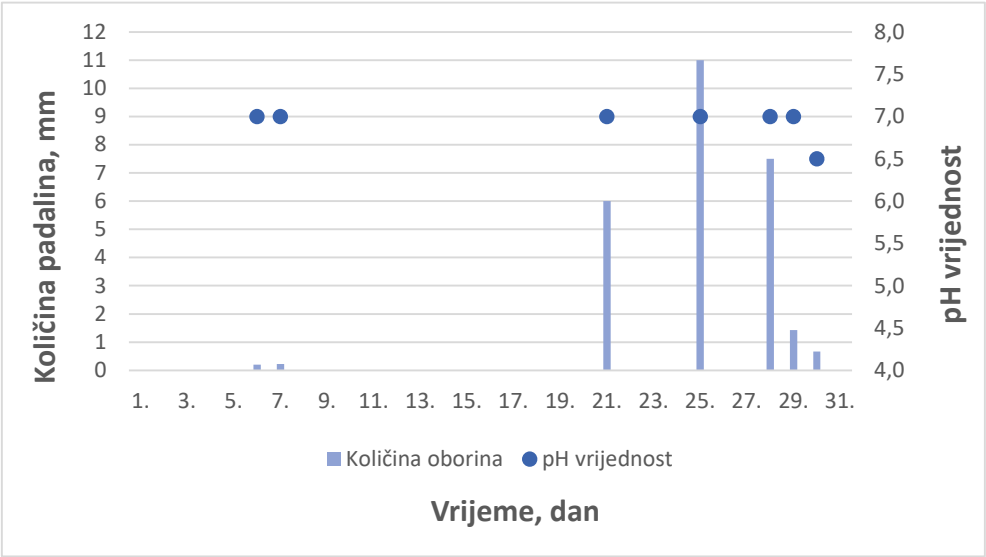
Najmanja količina oborina pala je 26. travnja. Ukupna količina oborina koja je zabilježena u mjesecu travnju iznosi nešto više od 37 mm.

Manji broj kišnih dana u svibnju rezultirao i manjom ukupnom količinom oborina nego u travnju, te izmjerena količina oborina iznosi samo 27,03 mm. Prva dva oborinska dana u svibnju su bilježene vrlo niske količine, dok je posljednjih desetak dana u mjesecu napadala gotovo cijela količina ukupnih padalina.



Slika 9. *Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu travnju*

pH vrijednosti u travnju su bile u rasponu od 6,5 do 7,5. Pošto pH čistih kiša iznosi od 5,5 na više, prema dobivenim rezultatima može se zaključiti kako su oborine tokom mjeseca travnja bile čiste. Prosječna vrijednost pH oborina iznosi 6,9, prema čemu kiše koje su pale u tom periodu možemo okvalificirati kao pH neutralne tekućine.



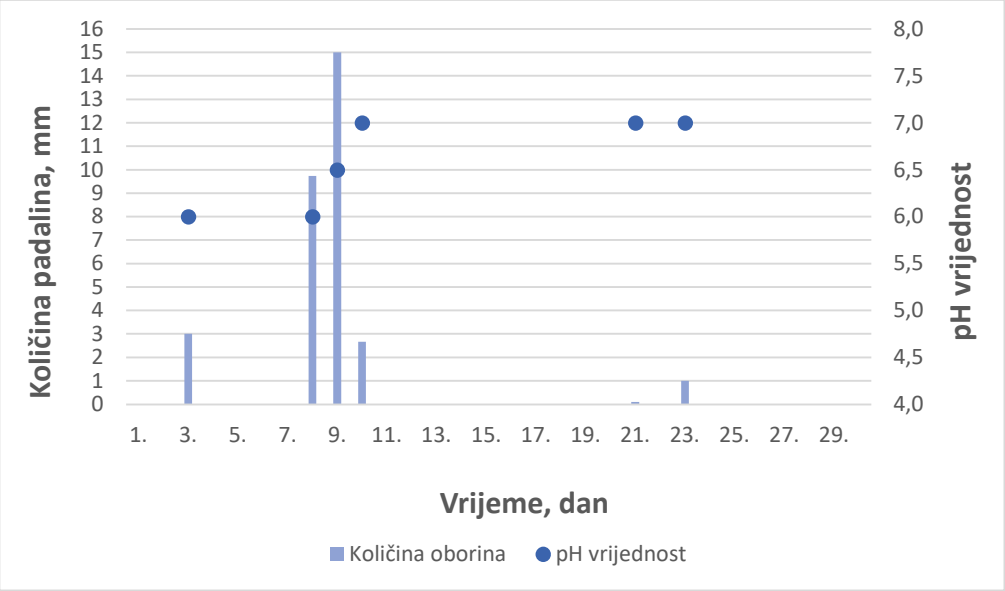
Slika 10. *Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu svibnju*

pH vrijednosti oborina u svibnju je bila između 6,5 i 7,0. Iako je prosjek oborina 6,9, isto kao i prethodni mjesec (Slika 10). Kiše koje su padale u svibnju i dalje imaju neutralne vrijednosti, te se mogu uvrstiti u skupine čistih kiša.

U mjesecu lipnju je zabilježeno 6 kišnih dana, pri čemu je najmanja izmjerena vrijednost količine oborina iznosila 0,1 mm, dok je maksimalna količina kiše po jedinici površine dosegla čak i 15 mm. Ukupna količina padalina zabilježena u lipnju iznosi 31,50 mm, što je zapravo povećanje od nekoliko mm u odnosu na ukupnu količinu u mjesecu svibnju, ali i dalje je vrijednost manja u usporedbi sa travnjem.

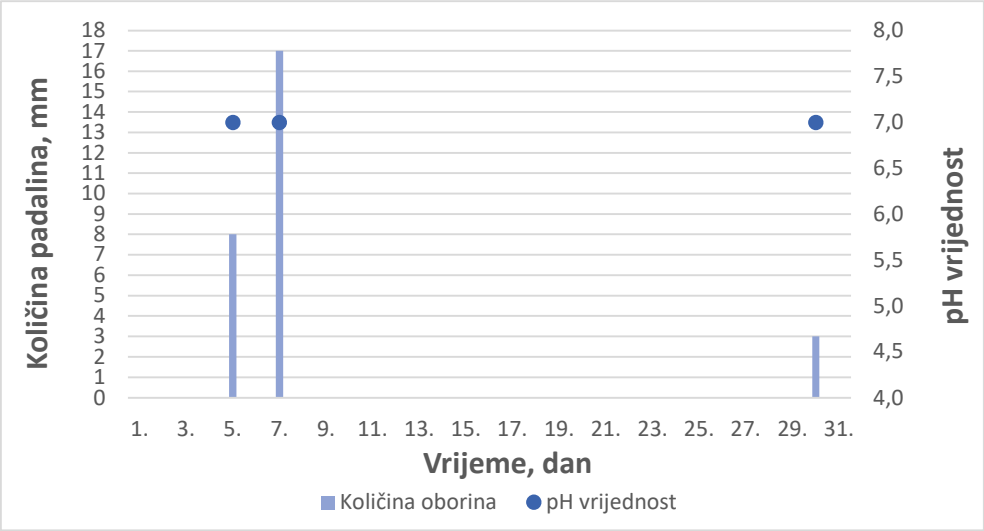
Iako je minimalna vrijednost u lipnju manja no prethodnog mjeseca, 3 kišna za redom, od kojih su 2 dana s vrlo visokom količinom padalina, postižu porast ukupne mjesečne vrijednosti. pH vrijednosti lipanjskih oborina su u prosjeku niže nego u travnju i svibnju.

Najniža izmjerena pH vrijednost kiše iznosila 6,0, što je cjelokupni prosjek spustilo na 6,6. Kiše se karakteriziraju kao kisele ako im je pH jednak ili manji od 5,5. Promatrane padaline su još uvijek čiste, no minimalna vrijednost već polako naginje prema kiselim kišama (Slika 11).



Slika 11. *Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu lipnju*

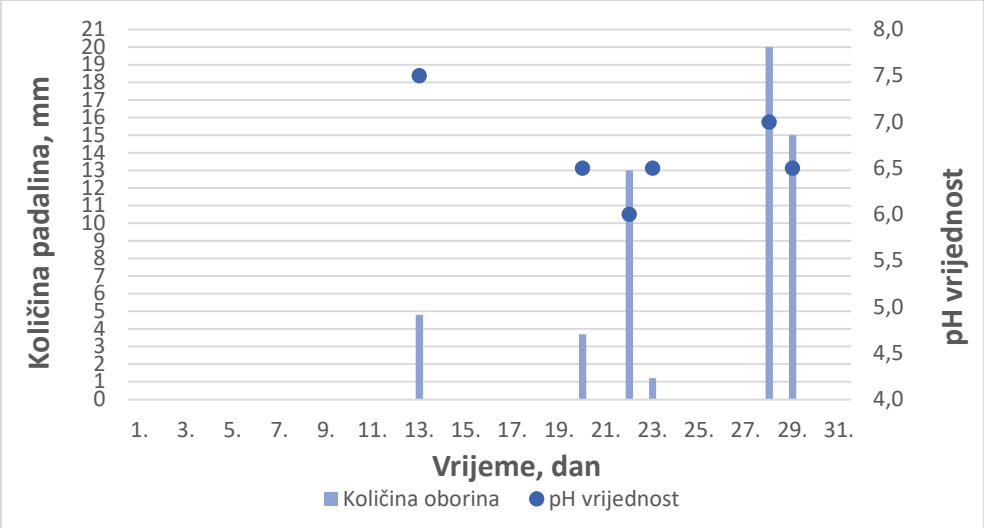
Osim što se smatra najtoplijim, u većini slučajeva je srpanj i najsušniji mjesec u godini. Iako su zabilježena samo 3 kišna dana, ukupna količina padalina u srpnju iznosi 28 mm, što je veća vrijednost nego što je zabilježena u svibnju. Prosječna pH vrijednost kiša je iznosila 7 (Slika 12.). Izmjerene pH vrijednosti iznose 7,0, što znači da su oborine tijekom mjeseca srpnja bile neutralnih vrijednosti i kao takve neinvazivne za okolinu.



Slika 12. *Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu srpnju*

pH vrijednost oborina u kolovozu kretala se u sličnoj skupini vrijednosti kao i prethodnih mjeseci, u rasponu od 6,0 do 7,5. Prosječna pH vrijednost oborina u kolovozu 6,7.

Tijekom kolovoza je većina vrijednosti bila ispod pH 7 (Slika 13), što bi značilo da je u zraku bilo više reakcija sa SO_2, NO_X i CO_2 spojevima nego u prethodno promatranom periodu. Unatoč vrlo blagoj kiselosti oborina, vrijednosti su još uvijek u granicama prirodne kiselosti kiša.



Slika 13. *Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu kolovozu*

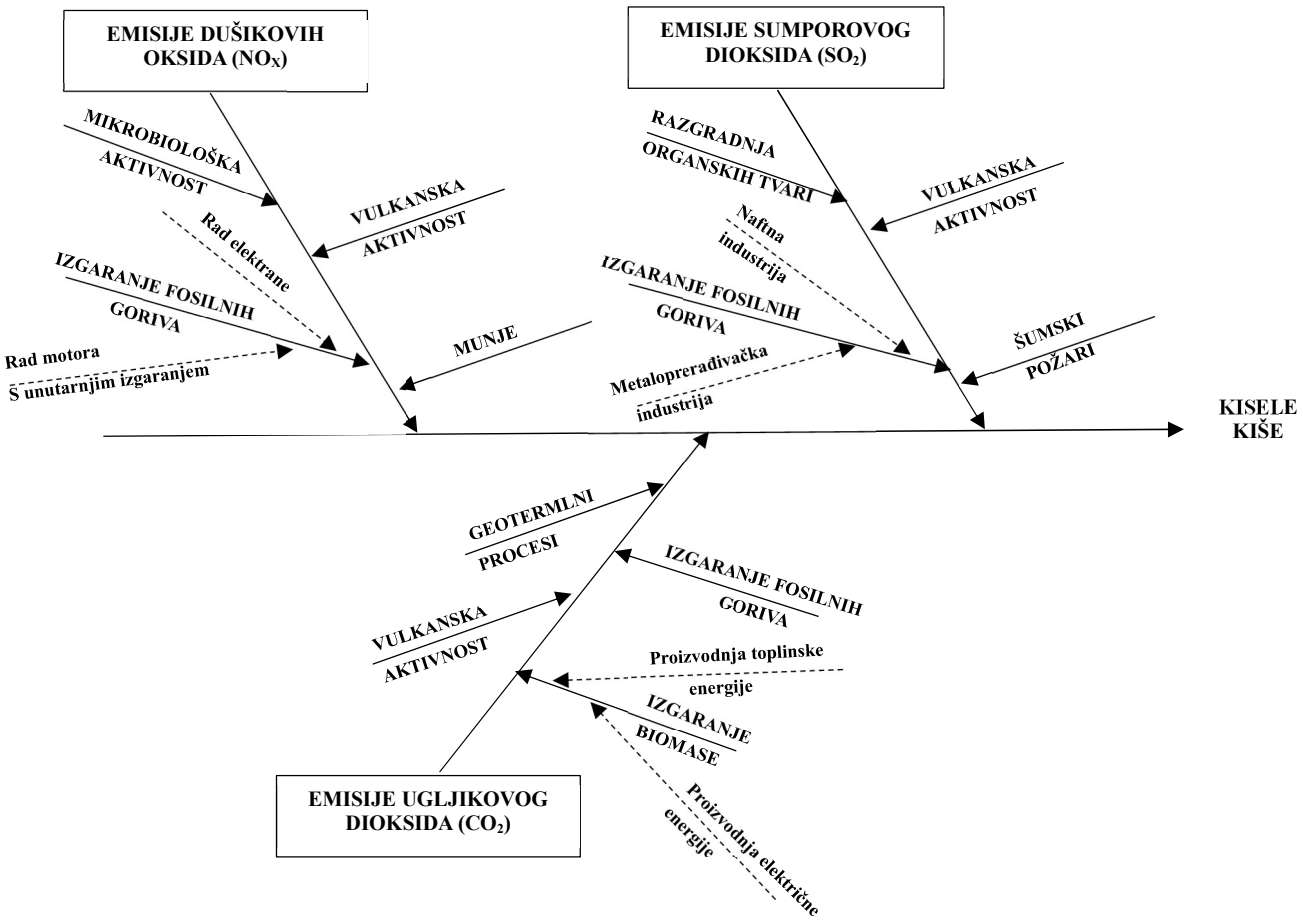
6.2. Konceptualni modeli kiselih kiša

Konceptualni modeli se koriste za grafički prikaz stvarnog sustava, pojave ili stvari. Sam proces modeliranja temelji se na pretvorbi realnog sustava u model, a važno je da modeli budu razvijeni na način da su jasni i čitki korisnicima. U nastavku će biti opisani dijagram uzrok – posljedica ili Ishikawa dijagram, te dijagram ciklusa aktivnosti.

Dijagram uzrok – posljedica jasno opisuje i prikazuje uzroke nekog stanja, te posljedicu do koje dolazi. Dijagram vizualno ima oblik riblje kosti, gdje na mjestu "glave" dolazi posljedica, dok se na "kostima" razrađuju uzroci [49].

Uzroci se kosim strelicama pripajaju glavnoj crti, a svaki od uzroka može imati i svoje poduzroke. Što se dublje problem analizira, jasnije će biti rješenje.

Nužno je da dijagram bude u ravnoteži, što znači da se uzroci ne ponavljaju i da su pojedinosti gotovo ujednačene u svim aspektima dijagrama (jednak broj poduzroka) [49]. Na Slici 14. prikazan je Ishikawa dijagram za kisele kiše.



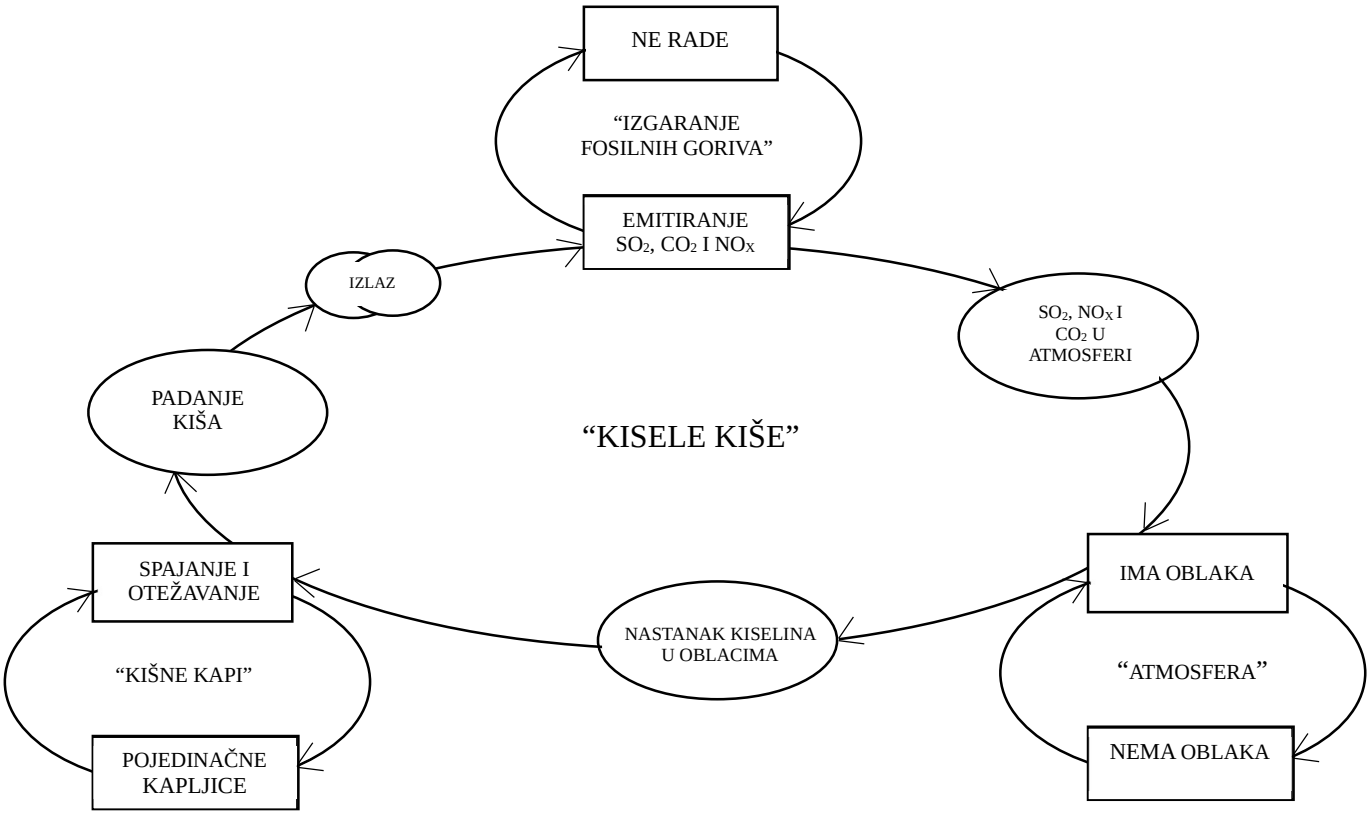
Slika 14. *Dijagram uzrok – posljedica kiselih kiša*

Prema dijagramu uzroka i posljedice, najveći utjecaj na posljedicu “kiša” imaju uzroci “izgaranje fosilnih goriva” i “vulkanska aktivnost”. Vulkanska aktivnost je prirodni proces na koji se ne može utjecati, dok je izgaranje fosilnih goriva antropogeni uzrok koji se može kontrolirati.

U ostale prirodne ubrajaju se munje, geotermalni procesi, šumski požari i mikrobiološka razgradnja tvari. Na antropogene čimbenike (izgaranje fosilnih goriva i biomase) može se utjecati upotrebom energije iz obnovljivih izvora, te općenito racionalnijom potrošnjom energije. Veći udio dušikovih oksida, sumporovog i ugljikovog dioksida nastaju iz antropogenih izvora, nego iz prirodnih.

Drugi razvijen konceptualni model se naziva dijagram ciklusa aktivnosti (DCA). Ovaj model se koristi za opis nekog ciklusa ili procesa koji traje [49].

Dijagram ciklusa aktivnosti se opisuje kroz aktivna i pasivna stanja entiteta. Aktivna stanja se označavaju pravokutnikom, pasivna krugom, a aktivnosti se povezuju strelicama ili lukovima [49]. Na Slici 15. prikazan je dijagram ciklusa aktivnosti kiselih kiša.



Slika 15. *Dijagram ciklusa aktivnosti kiselih kiša*

Izgaranjem fosilnih goriva se u atmosferu otpuštaju emisije sumporovog i ugljikovog dioksida, te dušikovih oksida. Zagađeni zrak se iz prizemnih slojeva diže u atmosferu, prilikom čega se hladi, te vodena para počinje kondenzirati i formirati oblake.

U procesu kondenziranja vodene pare, dolazi do kemijske reakcije između kapljica vode i polutanata, te se time tvore sumporna, dušična i ugljična kiselina. Oblaci su građeni od pojedinačnih kapljica vlage (i kiselina), koje se međusobno spajaju i otežavaju. Kada kapi te kada dovoljno otežaju padaju prema zemlji. Padanjem kiše prvotni ciklus završava, te započinje novi.

6.3. Obrada rezultata mjerenja

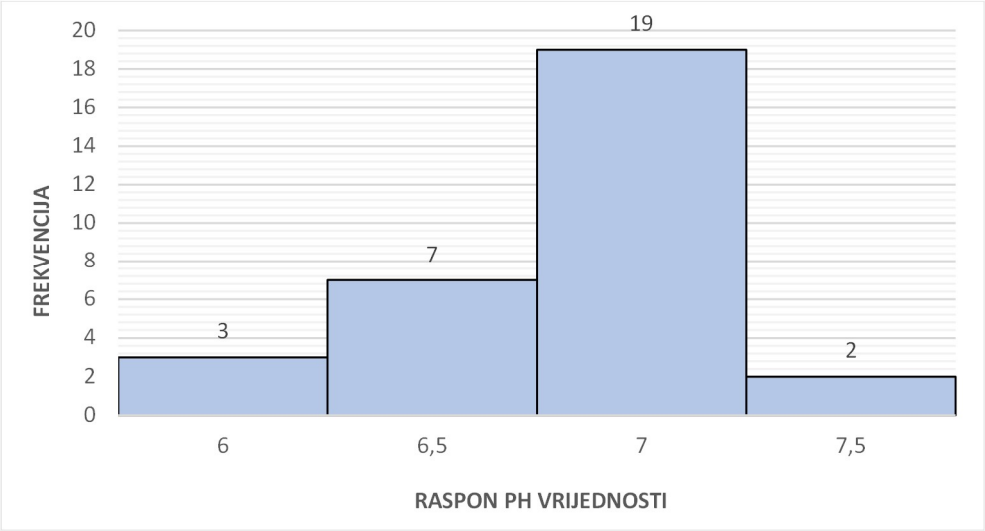
U tablici 2 prikazana je opisna statistika za izmjerene pH vrijednost.

Tablica 2. *Opisna statistika*

Minimum	6,0
Maksimum	7,5
Prosječna vrijednost	6,8
Raspon	1,5
Mod	7,0
Medijan	7,0
Varijanca	0,14
Standardna devijacija	0,38
Koeficijent varijacije	5,53 %

Raspon pH vrijednosti je 1,5, a aritmetička sredina iznosi 6,8. Unatoč tome, stvarna središnja vrijednost svih podataka, medijan, iznosi 7,0. Najčešće ponavljanja vrijednost ili mod iznosi 7,0.

Prosječno odstupanje od prosječne vrijednosti (standardna devijacija) iznosi 0,38, a koeficijent varijacije za zadane podatke iznosi 5,53 %. Na Slici 16. prikazan je histogram pH vrijednosti.



Slika 16. *Histogram pH vrijednosti*

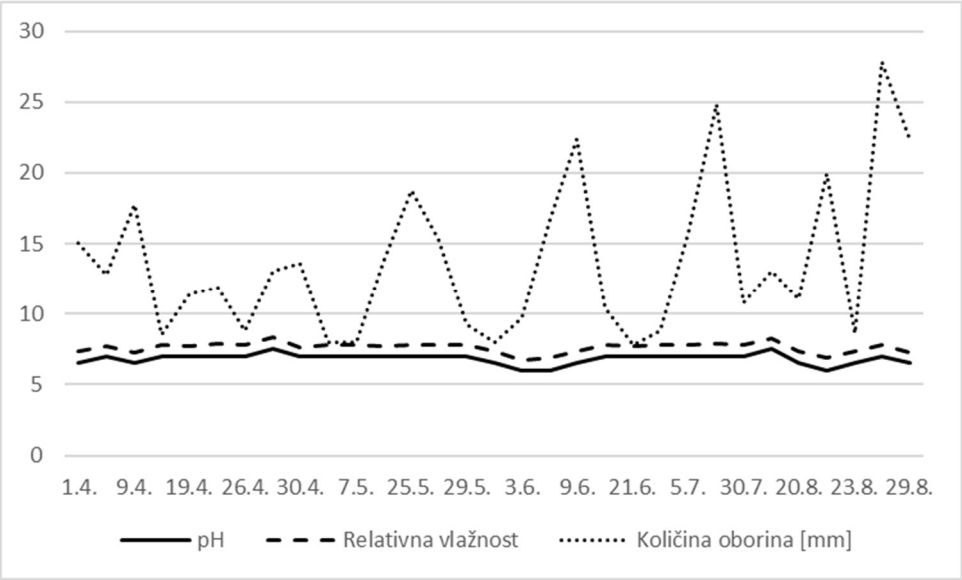
Najveći dio zabilježenih vrijednosti nalazi se u rasponu između 6,5 i 7,0 pH, a najmanje vrijednosti ima pH za vrijednosti pH 6,0 i 7,5. Prema svemu navedenome, zaključuje se da tijekom promatranog razdoblja na području Malog Bukovca nije padala kisela kiša.

Zavisnost pH vrijednosti o ostalim mjerenim parametrima ispitana je Spearmanovim koeficijentom korelacije. Vrijednosti su prikazane u matricom korelacije (Tablica 3.).

Tablica 3. *Spearmanovi koeficijenti korelacije*

	temperatura zraka (°C)	relativna vlažnost zraka (%)	tlak zraka (bar)	brzina vjetra (m/s)	količina oborina (mm)
pH vrijednost	-0,44	**-0,77**	0,09	-0,01	**-0,67**
jačina korelacije	relativno slaba negativna korelacija	**jaka negativna korelacija**	neznatna pozitivna korelacija	neznatna negativna korelacija	**srednje jaka negativna korelacija**

pH vrijednost je u srednje jakoj negativnoj korelaciji s količinom oborina, te u jakoj negativnoj korelaciji s relativnom vlažnosti zraka. Grafička usporedba vrijednosti relativne vlažnosti zraka i količine oborina u usporedbi s pH vrijednosti prikazana je složenim linijskim grafikonom da bi se što bolje prikazala povezanost pH vrijednosti s relativnom vlažnosti zraka (Slika 17).



Slika 17. *Povezanost pH vrijednosti s relativnom vlažnosti i količinom oborina*

Kod Spearmanovog koeficijenta korelacije vrijednosti koeficijenta se kreću u rasponu -1 do 1. Ukoliko je koeficijent korelacije pozitivan znači da porast jedne varijable prati porast druge varijable. U slučaju negativne korelacije vrijednost jedne varijable raste, dok vrijednost druge varijable pada. Ukoliko je vrijednost jednaka 0, povezanosti ili korelacije nema [50].

Rezultati dobiveni provedenim istraživanjem (Tablica 3) pokazuju da su gotovo svi praćeni parametri u negativnoj korelaciji sa pH vrijednošću. Sukladno tome, može se primijetiti da je viši pH zabilježen u vrijeme kada su vrijednosti temperature zraka, relativne vlažnosti, brzine vjetra i količine oborina bile u opadanju.

Suprotno tome, viša temperatura zraka, relativna vlažnost, brzina vjetra i količina oborina izmjerene su prilikom niske pH vrijednosti. Jedina pozitivna korelacija očituje se u varijablama pH vrijednosti i tlaka zraka, što znači da će pri porastu jedne vrijednosti doći i do porasta druge; odnosno prilikom pada jedne vrijednosti dolazi i do pada druge.

Najviša povezanost se očituje kod varijabli pH vrijednosti i relativne vlažnosti zraka (jaka korelacija), te pH vrijednosti i količine oborina (srednje jaka korelacija). Relativno slaba povezanost postoji između pH vrijednosti i temperature zraka, dok su najmanje korelacije između pH vrijednosti i tlaka zraka, odnosno pH i brzine vjetra. **Iz navedenog se može zaključiti kako će najveći utjecaj na porast pH vrijednosti imati pad relativne vlažnosti i manja količina oborina (i obratno)**, dok istovremeno postoji izrazito slaba (gotovo nikakva) povezanost između pH vrijednosti s tlakom zraka i brzinom vjetra.

7. ZAKLJUČAK

Kisele kiše su oborine čija je vrijednost manja od 5,5 pH i jedan su od povećih problema današnjice. Život kakav poznajemo se razvio u zapravo vrlo kratkom vremenskom razdoblju, te se još uvijek i razvija, što uzrokuje svakodnevne emisije aeropolutanata i ostalih zagađivala u sve sfere okoliša.

Aeropolutanti zaduženi za formiranje kiselih kiša (sumporov i ugljikov dioksid, dušikovi oksidi) mogu nastati i iz prirodnih izvora kao što su vulkanske aktivnosti, munje ili biološki procesi, dok ih veći dio istih nastaje iz antropogenih izvora i ljudskim radom.

Kad su aeropolutanti emitirani u atmosferu, kemijskom reakcijom s vlagom iz zraka nastaju kiseline, pa tako oksidi sumpora tvore sumpornu, oksidi ugljika ugljičnu, a oksidi dušika dušičnu i dušikastu kiselinu. Kiseline koje nastaju prilikom tog procesa se u obliku padalina (najčešće kiša) vraćaju na Zemlju.

Razni industrijski procesi, metalurgija, promet, energetska postrojenja i upotreba fosilnih goriva općenito u najvećoj su mjeri zaslužna za štetu nanesenu biljnom i životinjskom svijetu, kulturnoj baštini i građevinama, te i samom čovjeku. Svaka štetna tvar koja se jednom emitira ili otpusti u okoliš će taj isti okoliš "opterećivati" i u njemu izazvati procese koji će utjecati na kvalitetu cjelokupnog ekosustava.

S ciljem kontroliranja emisija u okoliš, postoje sporazumi, konvencije i protokoli na razini Republike Hrvatske, Europske unije i cijelog svijeta. Za kontrolu emisija i suzbijanje njihovih posljedica, potrebna je međunarodna suradnja, pošto se zagađenje zrakom može širiti na velike udaljenosti od samog izvora. Ujedinjeni narodi su s tim ciljem izdali Okvirnu konvenciju o promijeni klime, čiji je glavni cilj stabilizirati koncentraciju stakleničkih plinova na razini koja je neinvazivna za okoliš. Nasljedno na Okvirnu konvenciju, nastali su Kyoto protokol i Pariški sporazum koji se zalažu za uspostavu sustava za smanjenje emisija uz minimalne ekonomske troškove, te ograničenje rasta prosječne globalne temperature. Na razini Europske Unije djeluje sustav za trgovanje emisijskih jedinica stakleničkih plinova koje je moguće emitirati u atmosferu. Hrvatska kao članica UN - a i EU je potpisnica svih navedenih dokumenata.

Najveći utjecaj kiselih kiša očituje se u oštećenju šuma (mrlje na lišću, otpadanje lišća i iglica, oštećenje kore, itd.), dok su zabilježeni i utjecaj na populaciju riba i vodozemaca (pomor i anomalije pri razvoju). Nadalje, utjecaj kiselih kiša vidljiv je i na kulturnim spomenicima i građevinama.

Kiseline u kišama reagiraju s građevinskim materijalima (metal, mramor, beton i vapnenac) te pospješuju njihovu razgradnju i propadanje. Na ljudsko zdravlje do sada nije zabilježen ni jedan izravan utjecaj kiselih kiša, no povećanje koncentracija aeropolutanata povezanih s kiselim kišama ima značaj negativni učinak, posebice na respiratorni i krvožilni sustav.

Iako probleme kiselih kiša i emisije opasnih aeropolutanata nije moguće suzbiti u potpunosti, njihov je nastanak moguće smanjiti na najniže vrijednosti. Upotreba alternativnih, obnovljivih izvora energije, primjena načela održivoj razvoja i zelene industrije, veća upotreba javnog prijevoza, smanjenje sagorijevanja fosilnih goriva ili biomase (na osobnoj razini) samo su neki od prijedloga za poboljšanje ekološke situacije.

Eksperimentalni dio rada proveden je s ciljem utvrđivanja pH vrijednosti kiša na području naselja Mali Bukovec. Mali Bukovec je najsjevernije naselje Varaždinske županije, te broji tek oko šestotinjak stanovnika, no u sklopu općine djeluje nekoliko industrijskih postrojenja, zbog čega dolazi i do pojačanog svakodnevnog prometa.

Istraživanje se provodilo od početka travnja do kraja kolovoza. Prilikom svakog kišnog dana sakupljala kišnica se kišnica kojoj se utvrđivala pH vrijednost korištenjem univerzalnih indikator papira.

Osim praćenja pH vrijednosti, bilježile su se središnje dnevne temperature, prosječna vrijednost tlaka zraka i njegova relativna vlažnost, brzina vjetra i količina padalina za oborinskog vremena. Zabilježene pH vrijednosti se nalaze u rasponu od 6 do 7,5 pH.

Srednja prosječna pH vrijednost svih padalina je iznosila 6,8, dok je prilikom mjerenja najčešće bila učitana pH vrijednost 7. Kod zabilježenih temperatura i tlakova zraka nije bilo nikakvih anomalija, te su svi podaci odgovarali tom periodu godine. Prosječne brzine vjetrova koji su se pojavljivali su odgovarale stupnju 3 prema boforovoj ljestvici, što znači da su vjetrovi najčešće odgovarali povjetarcima.

Provedenim istraživanjem i kontinuiranim mjerenjem pH vrijednosti oborina na području Malog Bukovca ustanovljeno je da nema kiselih kiša. Sve dobivene pH vrijednosti su bile u rasponu “normalnih” kiša, što znači da su oborine na spomenutom području još uvijek čiste, i kao takve, poželjne u okolišu.

Usporedbom prikupljenih podataka, izračunate su korelacijske vrijednosti između promatranih varijabli (pH vrijednost, temperatura, relativna vlažnost, tlak zraka, brzina vjetra i količina oborina). Vrijednost Spearmanvog koeficijenta može biti pozitivna ili negativna, što ukazuje na način odvijanja povezanosti između varijabli.

Ukoliko je korelacija negativna, vrijednost jedne varijable raste, dok vrijednost druge varijable istovremeno opada i obrnuto. Kod pozitivne korelacije se vrijednosti obje varijable kreću u istome smjeru (rastu ili padaju).

Spearmanovim koeficijentima korelacije u ovom eksperimentu utvrđeno je kako jaka negativna korelacija djeluje između pH vrijednosti i relativne vlažnosti, dok se između pH vrijednosti i količine oborina javlja srednje jaka negativna korelacija. Relativno slaba povezanost djeluje između varijabli pH vrijednosti i temperature zraka.

Neznatne korelacije pH vrijednosti su uočene za varijable tlaka zraka (pozitivna korelacija) i brzine vjetra (negativna korelacija). Zaključno o navedenom, postoji vrlo velika povezanost pH vrijednosti sa vlažnosti zraka i količinom oborina, što znači da će u slučaju porasta pH vrijednosti vlažnost i količina oborina biti manje, a u slučaju pada pH vrijednosti više. Temperatura zraka i pH vrijednost su u slaboj povezanosti, dok gotovo nikakav međusobni utjecaj s pH vrijednosti nemaju tlak zraka i brzina vjetra.

Iako imamo privilegiju živjeti razvijenom društvu s visokim životnim standardima, to je ujedno i svojevrsni izazov da živimo u skladu s okolišem. Napredak tehnologija prati i povećana potrošnja prirodnih resursa čije su količine ograničene te ih trebamo sačuvati i za nadolazeće generacije, dok se istovremeno njihova upotreba smatra i najvećim uzrokom zagađenja. Kao rješenje tog izazova se nameće razvoj zelenih tehnologija, koje zagovaraju upotrebu obnovljivih izvora energije i niskougljična postrojenja, kao i smanjenje zagađenja vode, tla i zraka, a sve na način da se ne ugrožava biološka raznolikost planete.

8. LITERATURA

[1] T. Ćaćić: Utjecaj kiselih kiša na živi svijet, Završni rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2009.
[2] D. J. Jacob: Introduction to Atmospheric Chemistry, Princeton University Press, Princeton, 1958.
[3] S. Rogić: Kisele kiše, Završni rad, Šumarski fakultet, Zagreb, 2017.
[4] https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/climate-change/paris-agreement/ (preuzeto: 05.05.2021.)
[5] https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=48063 (preuzeto: 05.05.2021.)
[6] N. Bolf, H. Dorić: Mjerna i regulacijska tehnika, Mjerenje i regulacija pH (I. dio), Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2015.
[7] R. Čoz – Rakovec, M. Hacmanjek, Z. Teskeredžić, M. Tomec, E. Teskeredžić, V. Šojat, D. Borovečki: Kisele kiše – problem današnjice, Pregledni članak, 1995.
[8] http://ekokutak.pondi.hr/KiseleKise.htm (preuzeto: 06.05.2021.)
[9] R. Casiday, R. Frey: Acid Rain - Inorganic Reactions Experiment, Washington University, St. Louis, 1998.
[10] D. Gereš: Kruženje vode u zemljinom sustavu, Pregledni rad, 2004.
[11] https://www.crometeo.hr/vremenske-pojave/ (preuzeto: 06.05.2021.)
[12] https://science.howstuffworks.com/nature/climate-weather/atmospheric/acid-rain.htm (preuzeto: 06.05.2021.)
[13] S. Šiftar: Onečišćenje zraka i atmosfere, Odabrana poglavlja zelene kemije, 2008./2009.
[14] https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/593163fa-8109-4185-8fd6-0b899459a79c/kemija-8/m01/j01/index.html (preuzeto: 07.05.2021.)
[15] https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=58765 (preuzeto: 08.05.2021.)
[16] https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=63000 (preuzeto: 08.05.2021.)
[17] N. Bolf,: Produkti gorenja u industriji, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2020.
[18] http://eskola.chem.pmf.hr/odgovori/odgovor.php3?sif=2286 (preuzeto: 08.05.2021.)
[19] https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=16716 (preuzeto: 09.05.2021.)
[20] https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=16713 (preuzeto: 09.05.2021.)
[21] REPUBLIC OF CROATIA, MINISTRY OF ECONOMY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: Croatian greenhouse gas inventory for the period 1990 – 2019, 2021.
[22] T. Pichler: Zaštita okoliša i požar, Stručni rad, 2008.
[23] I. Čuvalo: Onečišćenje zraka i okoliša, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2021.
[24] ZZJZBPZ: ONEČIŠĆENJE ZRAKA
[25] OKVIRNA KONVENCIJA UJEDINJENIH NARODA O PROMJENI KLIME, Službeni list Europske unije, 11/Sv. 16, 7. veljače 1994, str. 78 - 93
[26] A. Pereković: Osnove ekonomije 1 – Protokol iz Kyota, Srednja škola Glina
[27] https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu1065/djelokrug-4925/klima/zastita-klime/kyotski-protokol/1883 (preuzeto: 18.06.2022.)
[28] A. Šijaković, I. Krišto: ZELENE TEHNOLOGIJE I RIZICI ZELENIH POSLOVA, 6. međunarodni stručno znanstveni skup "Zaštita na radu i zaštita zdravlja", Zadar, 2016.
[29] https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=51045 (preuzeto: 09.05.2021.)
[30] http://www.musicar.rs/kisele-kise/ (preuzeto: 10.05.2021.)
[31] D. Foretić: 30 GODINA OBNOVE ZAGREBAČKE KATEDRALE, 2019.
[32] D. Glavašević Arbutina: Teški metali u organizmu, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2020.
[33] I. Horvat: Utjecaj ispušnih plinova na zdravlje i okoliš, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2018.
[34] DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU REPUBLIKE HRVATSKE: POPIS STANOVNIŠTVA, KUĆANSTVA I STANOVA 2021. – PRVI REZULTATI
[35] ELABORAT ZAŠTITE OKOLIŠA ZA OCJENU O POTREBI PROCJENE UTJECAJA ZAHVATA NA OKOLIŠ, IZMJENA ZAHVATA – LUDBREŠKA MLJEKARA ANTUN BOHNEC, 2020.
[36] https://www.labkafe.com/blog/universal-indicator-0122 (preuzeto: 23.06.2022.)
[37] http://www2.csudh.edu/oliver/chemdata/yamada.htm (preuzeto: 23.06.2022.)

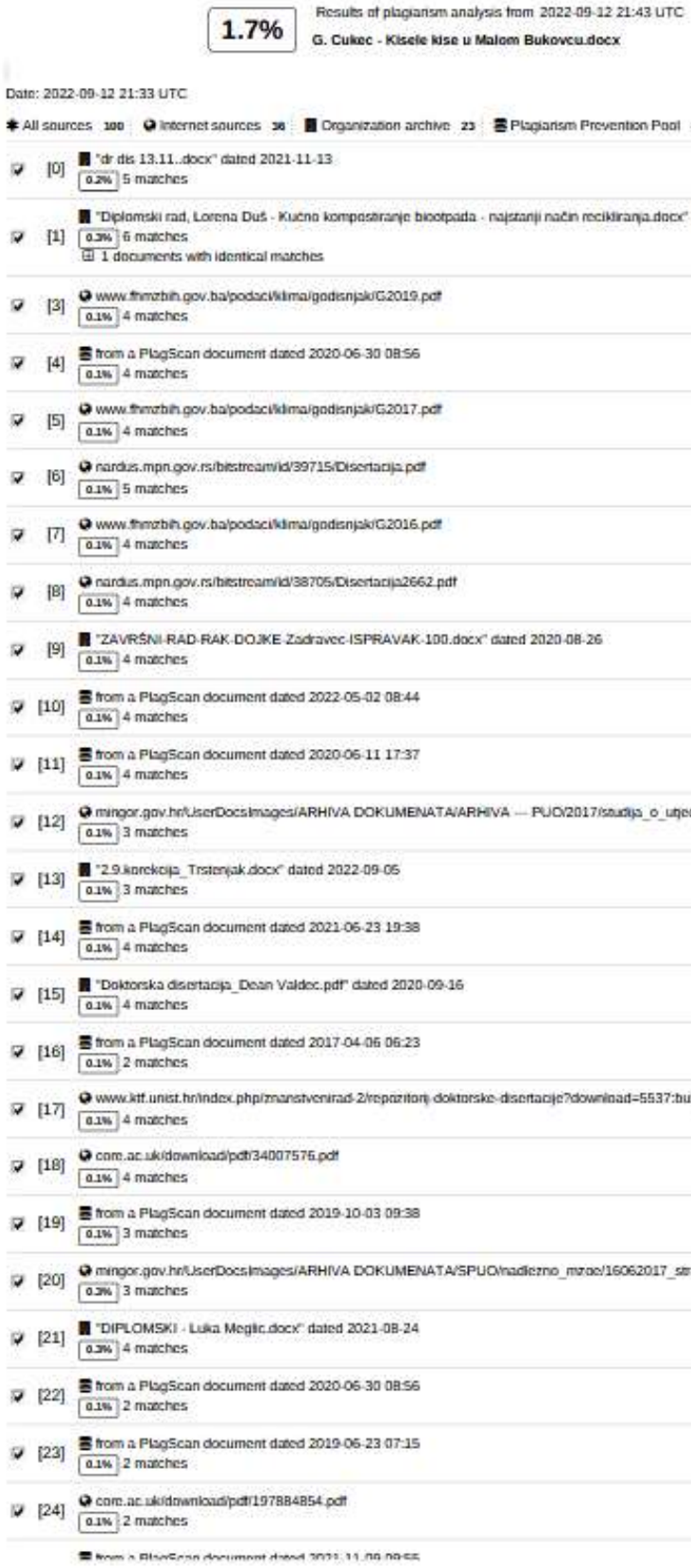
[38] https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=19232 (preuzeto: 23.06.2022.)
[39] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bromothymol-blue (preuzeto: 24.06.2022.)
[40] https://www.labxchange.org/library/items/lb:LabXchange:bdf54ec1:html:1 (preuzeto: 24.06.2022.)
[41] https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Thymol-blue (preuzeto: 24.06.2022.)
[42] HIMEDIA: Technical Data, Thymol Blue Indicator
[43] https://www.chemicals.co.uk/blog/what-is-methyl-red (preuzeto: 23.06.2022.)
[44] https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60787 (preuzeto: 04.09.2022.)
[45] TEMPERATURA (nastavak), TLAK ZRAKA, prezentacija, Sveučilište u Zadru
[46] https://www.crometeo.hr/meteo-zanimljivosti/ (preuzeto: 04.09.2022.)
[47] https://www.crometeo.hr/klimatoloski-elementi/ (preuzeto: 04.09.2022.)
[48] https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=44599 (preuzeto: 04.09.2022.)
[49] L. Gotal Dmitrović, V. Dušak, M. Milković: MODELIRANJE INFORMACIJSKIH SUSTAVA ZA ZAŠTITU POVRŠINSKIH VODA, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2017.
[50] https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=71291 (preuzeto: 12.09.2022.)

Popis slika:

Slika 1. pH vrijednost oborina ……..…… 3
Slika 2. Oštećenje šuma nastalo kiselim padalinama ……..……..... 16
Slika 3. Oštećenje Zagrebačke katedrale nastalo zbog kiselih kiša ……..... 17
Slika 4. Ruža vjetrova grada Ludbrega ……..……. 20
Slika 5. Sakupljanje kišnice za provedbu mjerenja …….……..... 22
Slika 6. Mjerenje provedeno 08.06. …….……...… 23
Slika 7. Mjerenje provedeno 22.08. ……...…..…… 23
Slika 8. Usporedba izmjerenih pH vrijednosti kiselih kiša …….…… 32
Slika 9. Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu travnju ……..…...…… 35
Slika 10. Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu svibnju ……...…… 35
Slika 11. Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu lipnju ……..… 36
Slika 12. Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu srpnju …….....…….. 37
Slika 13. Količina oborina i njihova pH vrijednost u mjesecu kolovozu …….……... 37
Slika 14. Dijagram uzrok - posljedica kiselih kiša …….....… 38
Slika 15. Dijagram ciklusa aktivnosti kiselih kiša ……..…… 39
Slika 16. Histogram pH vrijednosti …….…… 41
Slika 17. Povezanost pH vrijednosti s relativnom vlažnosti i količinom oborina …..…… 42

Popis tablica:

Tablica 1. Izmjerene vrijednosti ……..……..……..…… 27
Tablica 2. Opisna statistika …….……...…… 40
Tablica 3. Spearmanovi koeficijenti korelacije …….....……..…….. 41


1.7%
Results of plagiarism analysis from 2022-09-12 21:43 UTC
G. Cukec - Kiselo kise u Malom Bukovcu.docx
Date: 2022-09-12 21:33 UTC
All sources 100
Internet sources 36
Organization archive 23
Plagiarism Prevention Pool 41
[0] "dr dis 13.11..docx" dated 2021-11-13
0.2% 5 matches
[1] "Diplomski rad, Lorena Duš - Kućno kompostiranje biootpada - najstariji način recikliranja.docx" dated 2022-08-31
0.3% 6 matches
1 documents with identical matches
[3] www.fhmzbih.gov.ba/podaci/klima/godisnjak/G2019.pdf
0.1% 4 matches
[4] from a PlagScan document dated 2020-06-30 08:56
0.1% 4 matches
[5] www.fhmzbih.gov.ba/podaci/klima/godisnjak/G2017.pdf
0.1% 4 matches
[6] nardus.mpn.gov.rs/bitstream/id/39715/Disertacija.pdf
0.1% 5 matches
[7] www.fhmzbih.gov.ba/podaci/klima/godisnjak/G2016.pdf
0.1% 4 matches
[8] nardus.mpn.gov.rs/bitstream/id/38705/Disertacija2662.pdf
0.1% 4 matches
[9] "ZAVRŠNI RAD-RAK DOJKE Zadravec ISPRAVAK-100.docx" dated 2020-08-26
0.1% 4 matches
[10] from a PlagScan document dated 2022-05-02 08:44
0.1% 4 matches
[11] from a PlagScan document dated 2020-06-11 17:37
0.1% 4 matches
[12] mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA DOKUMENATA/ARHIVA — PUO/2017/studija_o_utjecaju_na_okoliš_3.pdf
0.1% 3 matches
[13] "2.9.korekcija_Trstenjak.docx" dated 2022-09-05
0.1% 3 matches
[14] from a PlagScan document dated 2021-06-23 19:38
0.1% 4 matches
[15] "Doktorska disertacija_Dean Valdec.pdf" dated 2020-09-16
0.1% 4 matches
[16] from a PlagScan document dated 2017-04-06 06:23
0.1% 2 matches
[17] www.ktf.unist.hr/index.php/znanstvenirad-2/repozitorij-doktorske-disertacije?download=5537:buljac-maša-prostorna-i-vremenska-raspo
0.1% 4 matches
[18] core.ac.uk/download/pdf/34007576.pdf
0.1% 4 matches
[19] from a PlagScan document dated 2019-10-03 09:38
0.1% 3 matches
[20] mingor.gov.hr/UserDocsImages/ARHIVA DOKUMENATA/SPUO/nadležno_mrooc/16062017_strateska_studija.pdf
0.2% 3 matches
[21] "DIPLOMSKI - Luka Meglic.docx" dated 2021-08-24
0.3% 4 matches
[22] from a PlagScan document dated 2020-06-30 08:56
0.1% 2 matches
[23] from a PlagScan document dated 2019-06-23 07:15
0.1% 2 matches
[24] core.ac.uk/download/pdf/197884854.pdf
0.1% 2 matches

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, GABRIJELA ČUKEC *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog~~/diplomskog *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom KUSELE KUŠE U MALOM BUKOVCU *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
GABRIJELA ČUKEC
Čukec Gabrijela
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, GABRIJELA ČUKEC *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom ~~završnog~~/diplomskog *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom KUSELE KUŠE U MALOM BUKOVCU *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
GABRIJELA ČUKEC
Čukec Gabrijela
(vlastoručni potpis)