**ŠEST GODINA POSLIJE**

**SIX YEARS LATER**

**Autori: Marija Kršinić, Marina Pejić, Sofija Pudić  
Mentor: Mirjana Krpan, prof.**

**Ženska opća gimnazija Družbe sestara milosrdnica s pravom javnosti  
Zagreb**

**Sažetak**

Tijekom 2013. godine istraživali smo potok Jelenovac, Črnomerec i Kustošak, koji izviru na planini Medvednici (Zagreb, Hrvatska). Cilj istraživanja bio je odrediti fizikalne i kemijske parametre potoka u njihovom gornjem, srednjem i donjem toku. Prema našim rezultatima gornji dijelovi potoka bili su najmanje onečišćeni, a srednji i donji umjereno onečišćeni. 2019. godine ponovili smo mjerenja. Pretpostavili smo da ćemo u 2019. godini bilježiti povećane koncentracije nitritnih i nitratnih iona te smanjenu količinu otopljenog kisika. pH vrijednosti kretale su se u rasponu od 4 do 8. Izmjerene vrijednosti temperature kretale su se od d 2°C u gornjem toku do 26°C u donjem toku. Tijekom 2019. godine u srednjem i donjem toku su zabilježene povećane koncentracije nitratnih iona ( 2 do 10 mg/L N-NO3 - ) u odnosu na 2013. godinu ( 2 do 4 mg/L N-NO3 -). U srednjem toku raspon nitratnih iona iznosio je od 2,5 mg/L (Jelenovac) pa sve do 10 mg/L (Črnomerec i Kustošak), a u donjem toku potoka zabilježena je povećana koncentracija nitratnih iona (do 10 mg/L). U gornjem dijelu potoka i u srednjem toku Jelenovca 2013. i 2019. godine nije zabilježena povećana koncentracija nitritnih iona (N-NO2 -). U srednjem i donjem toku potoka Črnomerec i Kustošak njihova je koncentracija iznosila 0,02 do 0,5 mg/L. Smatramo da je ekološka svijest ipak niska, a urbanizacija se ne može izbjeći te različitim mjerama treba spriječiti onečišćenje okoliša i ulagati u prevenciju za zaštitu okoliša od brojnih negativnih utjecaja.

**Summary**

During 2013, we explored the Jelenovac, Črnomerec and Kustošak streams, which spring on the Medvednica mountain (Zagreb, Croatia). The aim of the research was to determine the physical and chemical parameters of streams in their upper, middle and lower course. According to our results, the upper parts of the stream were the least polluted, and the middle and lower moderately polluted. In 2019, we repeated the measurements. We assumed that in 2019 we will record increased concentrations of nitrite and nitrate ions and a reduced amount of dissolved oxygen. The pH values ​​ranged from 4 to 8. The measured temperature values ​​ranged from d 2 ° C upstream to 26 ° C downstream.. During 2019, increased concentrations of nitrate ions (2 to 10 mg / L N-NO3 -) were recorded in the middle and lower course compared to 2013 (2 to 4 mg / L N-NO3 -). In the middle course, the range of nitrate ions ranged from 2.5 mg / L (Jelenovac) to 10 mg / L (Črnomerec and Kustošak), and in the lower course of the stream, an increased concentration of nitrate ions (up to 10 mg / L) was recorded. In the upper part of the stream and in the middle course of Jelenovac in 2013 and 2019, no increased concentration of nitrite ions (N-NO2 -) was recorded. In the middle and lower course of the Črnomerec and Kustošak streams, their concentration was 0.02 to 0.5 mg / L. We believe that environmental awareness is still low, and urbanization cannot be avoided, and various measures should prevent environmental pollution and invest in prevention to protect the environment from numerous negative impacts.

**Istraživačka pitanja/Hipoteze**

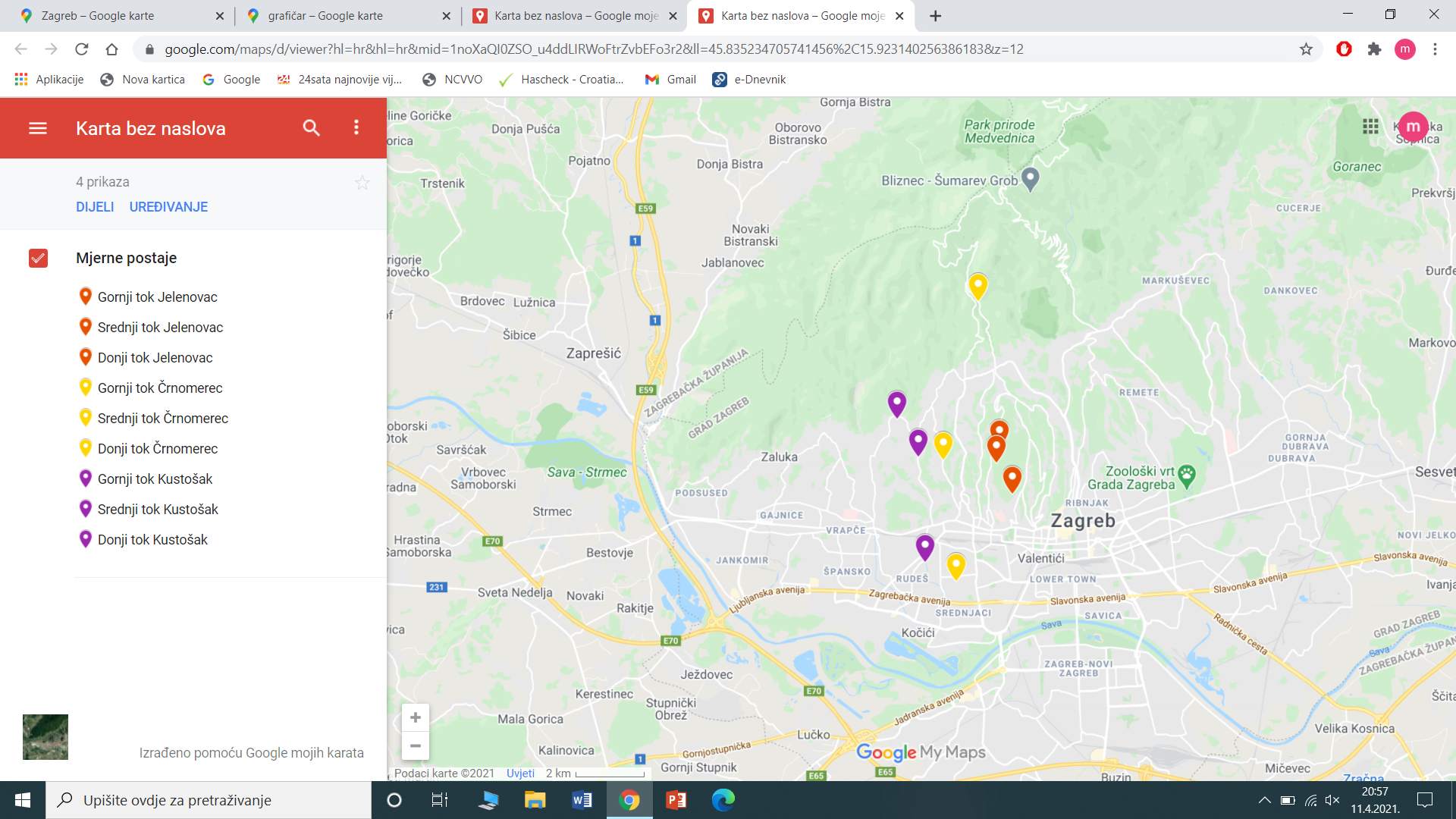
Porast ljudske populacije, razvoj industrije te gomilanje i odlaganje otpada nameću potrebu očuvanja okoliša. Posebno su ugroženi potoci iz razloga što se sve površinsko onečišćenje oborinskim vodama procjeđuje u podzemlje i tamo onečišćuje vodotoke. Zbog toga se rezerve pitke vode smanjuju, mijenja se sastav životnih zajednica u vodi i nestaju karakteristične autohtone vrste. Grad Zagreb obiluje izvorima i potocima koji se formiraju na Medvednici. Glavnina izvora nalazi se iznad 750 m.n.m. Zahvaljujući brojnim izvorima, vodotoci južne padine su bogati vodom cijele godine te poneki dopiru do samog središta grada i utječu u Savu. U svom gornjem toku potoci su uglavnom neregulirani i očuvani te većinom bez antropogenog utjecaja, a srednji i donji protječu kroz urbani dio grada te su ugroženi od izgradnje u neposrednoj blizini, agresivnih hidrotehničkih mjera kojima se mijenja njihov izgledi i brojnih onečišćenja.

Tijekom 2013. godine istraživali smo stanje podsljemenskih potoka Jelenovac, Črnomerec i Kustošak. Cilj našeg istraživanja bio je odrediti fizikalne i kemijske parametre navedenih potoka na tri mjerne postaje, u njihovom gornjem, srednjem i donjem toku. Pretpostavili smo da su gornji i srednji dio toka manje onečišćeni u odnosu na donji dio. Prema našim rezultatima, izvorski, odnosno gornji dijelovi potoka bili su najmanje onečišćeni, a srednji i donji jače čime smo potvrdili našu hipotezu. Navedeni potoci nisu u monitoringu Hrvatskih voda te nema službenih podataka o njihovoj kakvoći. Stoga smatramo da su naša mjerenja posebno interesantna.

Šest godina poslije odlučili smo ispitati ima li kakvih promjena u fizikalno-kemijskim parametrima u odnosu na mjerenja iz 2013. godine. Naša je pretpostavka da će fizikalno-kemijska analiza potoka 2019. godine dati lošije rezultate od analize koju smo napravili 2013. godine, odnosno u 2019. godini očekujemo povećanu koncentraciju nitritnih i nitratnih iona te smanjenu količinu otopljenog kisika.

**Metode istraživanja**

Za potrebe našeg projekta određivali smo fizikalne i kemijske karakteristike na svakoj od tri mjerne postaje potoka Jelenovac, Črnomerec i Kustošak. Na potoku Jelenovac prva mjerna postaje bila nam je uz ulicu Jelenovački vrh, druga mjerna postaja u središtu Jelenovca, a treća nedaleko Kosirnikove ulice. Na potoku Črnomerec mjerenja u gornjem toku radili smo uz markiranu stazu koja iz Lukšića vodi prema Grafičaru, nedaleko mjesta gdje se u Veliki potok ulijeva Mali potok. Analizu donjeg toga obavili smo u području Fraterščice, a donji tok smo analizirali uz ulicu Fallerovo šetališe u Voltinom naselju. Za prvu mjernu postaju na potoku Kustošaku odabrali smo mjesto iznad Krvarića, drugu na području gornje Kustošije, a treću u Biokovskoj ulici. Mjerenja smo obavljali jednom mjesečno tijekom 2019. godine. Prikupljene podatke smo svrstali u tablice i statistički obradili. Za određivanje temperature vode, pH, količine otopljenog kisika, nitrita i nitrata koristili smo GLOBE priručnik i protokole za analizu vode. Kemijsku analizu vode radili smo pomoću kompleta za analizu vode (analiza 2, Educa). Za određivanje temperature koristili smo alkoholni termometar i provodili smo dva paralelna mjerenja. pH je mjera kiselosti neke otopine, a određuje se prema koncentraciji vodikovih (H+) iona. pH vrijednost potoka određivali smo indikator papirom. Topljivost kisika u vodi vezana je uz temperaturu. U tekućim vodama otapa se više kisika. Količina otopljenog kisika ispod 3 mg/L opasna je za većinu vodenih organizama. Mjerenje količine otopljenog kisika radili smo prema uputama koje se dobiju uz pripadajući paket opreme. Mjerenje količine nitrata važan je korak u određivanju kvalitete vode. Prirodne vode obično imaju manje od 1 mg/L N-NO3-. Prirodni izvori povećanja koncentracije nitrata u vodi su kiša, snijeg, magla ili raspad organske tvari. Antropogeni izvori nitrata u vodi su umjetna gnojiva i kanalizacijski ispusti. Navedeni izvori mogu uzrokovati preopterećenje vodenog ekosustava (tzv. eutrofikaciju).



Slika 1. Mjerne postaje na potocima Jelenovac, Črnomerec i Kustošak (gornji, srednji i donji tok) (izvor: https://maps.google.com)

Figure 1. Measuring stations on the streams Jelenovac, Črnomerec and Kustošak (upper, middle and lower course) (source: https://maps.google.com)

**Prikaz i analiza podataka**

U 2013. godini pH vrijednosti kretale su se u rasponu od 4 do 8 (slika 2.). U 2019. godini pH vrijednosti kretale su se u rasponu od 6 do 8.

Potok Jelenovac 2013. Potok Jelenovac 2019.

Potok Črnomerec 2013. Potok Črnomerec 2019.

Potok Kustošak 2013. Potok Kustošak 2019.

Slika 2. Prikaz srednje vrijednosti pH vode u potocima Jelenovac, Črnomerec i Kustošak tijekom 2013. i 2019. godine

Figure 2. Overview of the mean pH value of water in the streams Jelenovac, Črnomerec and Kustošak during 2013 and 2019

Temperaturne vrijednosti tijekom 2013. kretale su se u rasponu od 3 ⁰C u gornjem toku do 24 ⁰C u donjem toku (slika 3.). Temperaturne vrijednosti zabilježene tijekom 2019. godine kretale su se u rasponu od 2 °C u gornjem toku do 26 °C u donjem toku. Temperaturne vrijednosti tijekom 2019. godine nisu pokazale odstupanja u odnosu na 2013. godinu osim u potoku Jelenovac gdje su nešto niže u gornjem srednjem toku (Tablica 1.) odnosu na 2013. godinu.

Potok Jelenovac 2013. Potok Jelenovac 2019.

Potok Kustošak 2013. Potok Kustošak 2019.

Potok Črnomerec 2013. Potok Črnomerec 2019.

  
Slika 3. Srednje vrijednosti promjene temperature vode u potocima Jelenovac, Črnomerec i Kustošak tijekom 2013. i 2019. godine  
Figure 3. Mean values of water temperature change in the Jelenovac, Črnomerec and Kustošak streams during 2013 and 2019

U 2013**.,** najviše otopljenog kisika bilo je u gornjem toku potoka Jelenovac (8-10 mg/L), (slika 4.). U srednjem toku potoka Jelenovac bilo je više otopljenog kisika 2019. godine u odnosu na 2013. godinu. U potoku Črnomerec zabilježene su niže koncentracije otopljenog kisika u 2019. godini u odnosu na 2013. godinu. Minimalne vrijednosti otopljenog kisika zabilježene su u donjem toku potoka Jelenovac 2019. godine (2 mg/L), u donjem toku potoka Črnomerec (1 mg/L 2013. i 2 mg/L 2019.) te 1 mg/L u donjem toku potoka Kustošak 2013. godine.

Potok Jelenovac 2013. Potok Jelenovac 2019.

Potok Črnomerec 2013. Potok Črnomerec 2019.

Potok Kustošak 2013. Potok Kustošak 2019.



Slika 4. Srednje vrijednosti koncentracije otopljenog kisika u potocima Jelenovac, Črnomerec i Kustošak tijekom 2013. i 2019. godine

Figure 4. Mean values of dissolved oxygen concentration in the Jelenovac, Črnomerec and Kustošak streams during 2013 and 2019

U 2013. godini u donjem i srednjem toku Jelenovca te u srednjim i donjim tokovima Črnomerca i Kustošaka zabilježena je prisutnost nitratnih iona (0,1-10 mg/L N-NO3 -). U gornjem toku Jelenovca nije dokazana prisutnost nitratnih iona (u Črnomercu i Kustošaku od 0,01- 5 mg/L). U srednjem toku raspon nitratnih iona iznosio je od 2,5 mg/L (Jelenovac) pa sve do 10 mg/L (Črnomerec i Kustošak), što je gornja vrijednost detekcije korištenog paketa opreme. Najlošije stanje je bilo u donjem toku, gdje je na sve tri lokacije zabilježena povećana koncentracija nitratnih iona koja ukazuje na onečišćenje (do 10 mg/L, slika 5.). Tijekom 2019. kao i u 2013. godini u gornjem toku Jelenovca nije dokazana prisutnost nitratnih iona, kao i u gornjem toku potoka Črnomerec i Kustošak u pojedinim mjesecima. Tijekom 2019. godine u srednjem i donjem toku su zabilježene povećane koncentracije nitratnih iona (2 do 10 mg/L N-NO3 - ) u odnosu na 2013. godinu ( 2 do 4 mg/L N-NO3 -). U gornjem toku potoka Kustošak zabilježene srednje vrijednosti nitratnih iona iznosile su 2,5 mg/L (2013.) i 0,6 mg/L (2019.) Iste srednje vrijednosti zabilježene su za gornji tok potoka Črnomerec.

Potok Jelenovac 2013. Potok Jelenovac 2019.

Potok Črnomerec 2013. Potok Črnomerec 2019.

Potok Kustošak 2013. Potok Kustošak 2019.



Slika 5. Srednje vrijednosti koncentracije nitrata (N-NO3 -) u vodi potoka Jelenovac, Črnomerec i Kustošak tijekom 2013. i 2019. godine

Figure 5. Mean values of nitrate concentration (N-NO3 -) in the water of the Jelenovac, Črnomerec and Kustošak streams during 2013 and 2019

Potok Jelenovac 2013. Potok Jelenovac 2019.

Potok Črnomerec 2013. Potok Črnomerec 2019.

Potok Kustošak 2013. Potok Kustošak 2019.



Slika 6. Srednje vrijednosti koncentracije nitrita (N-NO2 -) u vodi potoka Jelenovac, Črnomerec i Kustošak tijekom 2013. i 2019.godine.

Figure 6. Mean values of nitrite (N-NO2 -) concentration in the water of the Jelenovac, Črnomerec and Kustošak streams during 2013 and 2019.

U gornjem dijelu sva tri potoka i u srednjem toku potoka Jelenovac tijekom 2013. nije zabilježena povišena koncentracija nitritnih iona (N-NO2-) . Tijekom 2019. godine zabilježena je njihova povišena koncentracija što ukazuje na onečišćenje. U srednjem i donjem toku potoka Črnomerec i Kustošak njihova je koncentracija iznosila 0,02 do 0,5 mg/L (slika 6.).

Tablica 1. Srednja vrijednost (A) i standardna devijacija (σ) pH vrijednosti, kisika, nitrata i nitrita za potoke Jelenovac, Črnomerec i Kustošak

Table 1. Mean value (A) and standard deviation (σ) of pH value, oxygen, nitrate and nitrite for Jelenovac, Črnomerec and Kustošak streams

| **Potok** | **Jelenovac** | | | **Črnomerec** | | | **Kustošak** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Godina** | **2013.** | **2019.** | | **2013.** | **2019.** | | **2013.** | | **2019.** |
| **pH** | | | | | | | | | |
| **Gornji tok** | 7,3±0,4 | 6,9±0,6 | | 7,3±0,6 | 7,2±0,6 | | 7,1±0,7 | | 7,1±0,4 |
| **Srednji tok** | 6,0±0,1 | 6,8±1,0 | | 7,2±0,7 | 7,0±0,6 | | 7,3±0,4 | | 7,6±0,6 |
| **Donji tok** | 7,1±0,5 | 6,0±0,7 | | 7,2±0,7 | 7,1±0,6 | | 7,0±0,6 | | 7,2±0,5 |
| **Temperatura (°C)** | | | | | | | | | |
| **Gornji tok** | 9,7±4,3 | 8,6±4,0 | | 11,1±6,2 | 10,6±6,3 | | 11,8±7,3 | | 11,9±7,0 |
| **Srednji tok** | 9,0±4,3 | 10,5±4,0 | | 12,3±5,6 | 12,4±6,0 | | 13,1±7,8 | | 11,1±5,4 |
| **Donji tok** | 10,4±4,3 | 11±4,8 | | 13,9±5,8 | 12,6±6,4 | | 13,2±7,4 | | 11,6±5,7 |
| **Kisik (mg/L)** | | | | | | | | | |
| **Gornji tok** | 7,6±0,9 | | 7,6±1,3 | 3,9±0,9 | | 3,80,9 | 4,6±0,9 | 3,6±0,6 | |
| **Srednji tok** | 5,5±0,9 | | 6,2±0,8 | 3,2±0,7 | | 3,5±1,0 | 2,3±0,8 | 2,2±0,7 | |
| **Donji tok** | 4,0±0,7 | | 4,0±1,3 | 2,6±0,6 | | 2,6±1,4 | 1,8±0,8 | 1,5±0,5 | |
| **Nitrati (mg/L)** | | | | | | | | | |
| **Gornji tok** | 0 | | 0 | 2,5±1,7 | | 0,6±1,0 | 2,5±1,7 | 0,6±1,0 | |
| **Srednji tok** | 1,8±2,0 | | 2,7±2,1 | 7,5±2,5 | | 5,4±3,5 | 8,7±2,1 | 7,3±2,7 | |
| **Donji tok** | 2,7±1,2 | | 5,6±2,7 | 6,4±2,6 | | 7,0±3,0 | 9,6±1,4 | 10±0,0 | |
| **Nitriti (mg/L)** | | | | | | | | | |
| **Gornji tok** | 0 | | 0 | 0,005±0,008 | | 0 | 0 | 0 | |
| **Srednji tok** | 0,008±0,001 | | 0,05±0,09 | 0,02±0,1 | | 0,24±0,01 | 0,008± | 0,3±0,12 | |
| **Donji tok** | 0,028±0,04 | | 0,22±0,14 | 0,42±0,08 | | 0,45±0,01 | 0,43±0,07 | 0,48±0,06 | |

**Rasprava i zaključci**

Mjerenja su dokazala našu pretpostavku da su potoci u donjem dijelu toka puno više onečišćeni u odnosu na dio toka u blizini izvora. Prema dobivenim podacima najmanje je onečišćen Jelenovac, a najlošije je stanje u Kustošaku. To se može objasniti većim antropogenim utjecajem i većim organskim onečišćenjem. (1) Uz potok Jelenovac je manja naseljenost u odnosu na Črnomerec i Kustošak. Za vrijeme ljeta povećana je asimilacija CO2 u biljkama i pH je viši, a za vrijeme zimskih mjeseci pH je niži. U 2013. godini pH vrijednosti kretale su se u rasponu od 4 do 8, a u 2019. godini od 6 do 8. Zabilježeni niski pH u srednjem toku potoka Jelenovac 2013. godine moguća je posljedica nekog antropogenog utjecaja. Naša je pretpostavka da je razlika u pH mjerenjima djelovanje čovjeka na mjerna mjesta ili naš način mjerenja budući da mjerenja nisu radile iste osobe. U sva tri potoka dobivene temperaturne vrijednosti bile su najniže u gornjem, a najviše u donjem toku. Najniža srednja vrijednost temperature iznosila je 8,6 °C (u gornjem toku potoka Jelenovac 2019.), a najviša 13,9 °C u donjem toku potoka Črnomerec 2013.godine. U srednjem i donjem toku koncentracija kisika se smanjila (od 7 mg/L do 1 mg/L), što je indikator onečišćenja. (2) Niske vrijednosti mogu negativno djelovati na živi svijet potoka, odnosno dovesti do smanjenja bioraznolikosti. Niske vrijednosti kisika mogu ukazivati i na izviranje vode iz podzemlja. (3) Kada mjerenja iz 2013. usporedimo s mjerenjima iz 2019., možemo zapaziti nižu koncentraciju otopljenog kisika u donjem toku potoka Jelenovac, vjerojatno zbog viših temperatura zraka, a time i viših temperatura vode. (3) Najniža srednja vrijednost kisika, (1,5 mg/L), zabilježena je u donjem toku potoka Kustošak 2019. godine. Povećane koncentracije nitritnih i nitratnih iona u srednjem i donjem toku navedenih potoka ukazuju na umjereno onečišćenje.

**Literatura**

1.GLOBE (2021.) Hydrosphere (hidrološki protokoli). Dostupno na: <https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide/hydrosphere>, pristupljeno: 11.3.2021.

2. Matoničkin Kepčija R. (2002) Istraživanje vode, Program GLOBE – Priručnik za mjerenja. Dostupno na: <http://globe.hr/upute-za-provedbu/>, pristupljeno: 11.3.2021.

3. Dadić, Ž. (2003). Priručnik o temeljnoj kakvoći vode u Hrvatskoj. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Zagreb.