Prije i poslije ljudskog utjecaja

Before and After Human Influence

Ivana Bukvić, Zvonimir Ćirić, Ana Šarić,

Mentori: Marina Gojković, Mirjana Stanić,

Gimnazija „Matija Mesič“ Slavonski Brod

Mislav Juraković, Dino Severinac, Domagoj Šagovac

Mentor: Branimir Kramberger

**Gimnazija Nova Gradiška, Nova Gradiška**

**Sažetak**

Istraživanje je obuhvatilo primjenu GLOBE protokola za hidrološka mjerenja na rijeci Rešetarici u istočnom dijelu Nove Gradiške na dvije mjerne postaje, uzvodno i nizvodno od industrijske zone u kojoj se nalazi Kožara i rijeci Glogovici, uzvodno i nizvodno u odnosu na urbanu gradsku zonu i naselje Mali Pariz u Slavonskom Brodu. Mjerenja su planirana i izvršena u hladnijem razdoblju krajem ožujka i toplijem vremenu sredine i kraja travnja 2018. Ustanovljene su i razlike i sličnosti na mjernim postajama. Projekt je ukazao na ljudski utjecaj koji je najviše izražen na nizvodnoj mjernoj postaji na Glogovici, gdje je po nekoliko parametara i zamijećenom neugodnom mirisu voda po kakvoći svrstana u III. kategoriju.

**Summary**

The study included the application of the GLOBE hydrological protocols on the river Rešetarica in the eastern part of Nova Gradiška on two measuring sites, upstream and downstream from the industrial zone of Kožara and Glogovica river, upstream and downstream compared to the urban area and the settlement of Mali Pariz in Slavonski Brod. Measurements were planned and carried out in the colder period at the end of March and warmer time from mid to late April 2018. Differences and similarities were both established at the measuring stations. The project pointed to the human impact that was most pronounced at the downstream measuring station at Glogovica, where, according to several parameters and the unpleasant smell of water, the quality was ranked in III. category.

**Istraživačka pitanja i hipoteze**

Uočili smo da rječice Glogovica u Slavonskom Brodu i Rešetarica u Novoj Gradišci prolaze kroz naseljena mjesta i industrijska područja, te smo odlučili primijeniti GLOBE protokole iz hidrologije i istražiti utjecaj čovjeka na vodene tokove u našim mjestima, pri čemu će nam posebno biti zanimljivo uočiti sličnosti i razlike između dobivenih rezultata i drugih karakteristika naša dva grada.



B

A

Slika 1. A - Satelitska snimka naselja Mali Pariz i položaj mjernih postaja na Glogovici; B - Satelitska snimka Kožare i položaj mjernih postaja na Rešetarici

Figure 1. A - Satellite image of Mali Pariz settlement and location of measuring stations on Glogovica; B - Satellite image of the Buoys and position of measuring stations on Rešetarica

Istraživačka pitanja:

* Utječe li i u kolikoj mjeri naselje Mali Pariz u Slavonskom Brodu na onečišćenje toka Glogovice?
* Utječe li industrijska zona s Kožarom kraj koje prolazi Rešetarica u Novoj Gradišci na onečišćenje toka te rijeke?
* Jesu li mjerenja koja se rade prema GLOBE protokolima za hidrologiju dovoljan indikator za određivanje utjecaja onečišćenja za Glogovicu i Rešetaricu?

Hipoteza:

Hidroloških parametari i pokazatelja onečišćenja između Glogovice pri prolazu kroz naselje Mali Pariz i Rešetarice pri prolazu kraj Kožare u Novoj Gradišci ukazivati će na istu kategoriju onečišćenja.

**Metode istraživanja:**

Plan istraživanja:

1. Izbor teme, formiranje cilja, istraživačkih pitanja i hipoteze, priprema nacrta projekta – u periodu od listopada 2017. do veljače 2018.;
2. Planiranje tijeka istraživanja, definiranje mjernih postaja i vrsta mjerenja – u periodu od sredine veljače do sredine ožujka 2018.;
3. Hidrološka mjerenja na Glogovici i Rešetarici, na dva mjesta na obje rijeke:
   * + uzvodno od naselja tj. industrijske zone
     + nizvodno od naselja, tj. industrijske zone.

Mjerenja su izvršena krajem ožujka i tijekom travnja 2018. na dvije mjerne postaje za Glogovicu uzvodno i nizvodno od naselja Mali Pariz (slika 1A) i Rešetaricu uzvodno i nizvodno od Kožare (slika 1B).

Prema dostupnoj opremi na Rešetarici mjerenja su provedena 27.03. i 10.04., na mjernim postajama uzvodno i nizvodno od Kožare. Na Glogovici su napravljena mjerenja 29.03. (ujutro, na obje postaje) i 22.04. (ujutro i u podne, na obje postaje). Daljnja mjerenja nismo u mogućnosti provesti dok ponovno ne upotpunimo potrebnu opremu.

Primjena GLOBE protokola:

* GPS pozicioniranje;
* MUC klasifikacija mjernih postaja;
* Protokoli za hidrološka mjerenja1,2, primijenjeni na oba vodotoka, Glogovici i Rešetarici: temperatura vode, pH vode, otopljeni kisik, nitrati i nitriti i prozirnost vode;
* Protokoli za hidrološka mjerenja, primijenjeni na mjernim postajama na Glogovici: električna vodljivost, tvrdoća, fosfati i amonij.

Za izmjerene vrijednosti električne vodljivosti izračunali smo TDS, ukupnu količinu otopljene tvari, prema relaciji:

* TDS = 0,67 x el. vodljivost (1)

**Prikaz i analiza podataka**

Prema rezultatima mjerenja prikazanim u tablici 1 utvrđujemo:

- prozirnost vode je manja s povećanjem temperature i nizvodno od Kožare ima za 4 cm manju vrijednost u odnosu na prozirnost vode uzvodno od Kožare;

- pH kod svih mjerenja iznosi 7, osim nizvodno u prvom mjerenju kada s vrijednošću 7,5 pokazuje blagi pomak prema lužnatom;

- otopljeni kisik u vodi na mjernoj postaji nizvodno od Kožare za 0,5 mg/l manje je vrijednosti u odnosu na postaju uzvodno;

- nitriti iskazuju istu vrijednost bez obzira na položaj postaje i mjerenje u hladnijem periodu krajem ožujka i toplijem razdoblju početkom travnja.

Tablica 1. Hidrološka mjerenja na Rešetarici, Nova Gradiška

Table 1. Hydrological measurements at Rešetarica, Nova Gradiška

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1. mjerenje  Uzvodno od Kožare  27.03.2018. | 1. mjerenje  Nizvodno od Kožare  27.03.2018. | 2. mjerenje  Uzvodno od Kožare  10.04.2018. | 2. mjerenje  Nizvodno od Kožare  10.04.2018. |
| t mjerenja | 8,00 | 8,15 | 8,00 | 8,15 |
| tzrak | 3°C | 3°C | 11°C | 11°C |
| tvoda | 2,5°C | 2,5°C | 6,5°C | 6,5°C |
| Prozirnost | 77 cm | 73 cm | 68 cm | 66 cm |
| pH | 7,0 | 7,5 | 7,0 | 7,0 |
| Otopljeni O2 | 9 mg/l | 8,5 mg/l | 8,9 mg/l | 8,4 mg/l |
| Nitriti | 0,02 mg/l | 0,02 mg/l | 0,02 mg/l | 0,02 mg/l |

Slika 2. zorno prikazuje razlike između 1. i 2. mjerenja u povećanoj temperaturi zraka i vode (2. mjerenje, prvi plavi i crveni stupac u svakom nizu) i smanjenju prozirnosti (zeleni stupac).

Slika 2. Histogramski prikaz rezultata mjerenja na mjernim postajama uzvodno i nizvodno od Kožare na rijeci Rešetarica

Figure 2. Histogram of measurement results at measuring stations upstream and downstream from Kožara on the river Rešetarica

Slika 3. ukazuje na usporedne razlike mjerenih veličina, pri čemu se prvi i treći stupac odnose na mjerenja uzvodno od Kožare, a drugi i četvrti nizvodno. Uočavamo manje smanjenje vrijednosti za prozirnost i otopljeni kisik na postajama koje su nizvodno.

Slika 3. Histogramski prikaz rezultata mjerenja za mjerene veličine na Rešetarici

Figure 3. Histogram of Measurement Results for Measured Size on Rešetarica

Prema Tablici 2. i rezultatima mjerenja za Glogovicu uočavamo:

- pH Glogovice ima stalan iznos 6 i pomaknut je prema kiselom području;

- prozirnost vode veća je nizvodno za prosječnih 15,3 cm;

- vrijednosti za otopljeni kisik variraju, tako da je pri 1. mjerenju ujutro otopljeni kisik na mjernoj postaji nizvodno bio veći za 0,3 mg/l, pri 2. mjerenju ujutro manji za 0,2 mg/l, i za 0,5 mg/l pri 3. mjerenju u podne istog dana u odnosu na mjernu postaju koja se nalazi uzvodno;

- nitriti su u uzorku nizvodno od naselja u 1. mjerenju bili povećani u odnosu na uzvodnu mjernu postaju za 0,08 mg/l, kod 2. mjerenja vrijednosti su bile iste za obje postaje, dok je u trećem mjerenju razlika od 0,1 mg/l ukazala na povećanu vrijednost nitrita na mjernoj postaji koja se nalazi uzvodno;

- fosfati ukazuju na najveće promjene, tako da su na postaji uzvodno vrijednosti manje za i kreću se od 0,05 mg/l (1. mjerenje ujutro) do 0,3 mg/l (2. mjerenje ujutro i 3. mjerenje u podne), dok su na mjernoj postaji nizvodno rezultati puno veći (za 0,25 mg/l kod 1. mjerenja, 0,4 mg/l kod 2. mjerenja i 0,2 mg/l kod 3. mjerenja);

- vrijednosti tvrdoće vode iste su za prikazana mjerenja na obje mjerne postaje;

- električna vodljivost na mjernoj postaji uzvodno od naselja niže je vrijednosti i u rasponu je od 590 mS/cm (2. mjerenje) do 660 mS/cm (1. mjerenje), za mjernu postaju uzvodno vrijednosti se kreću od 700 mS/cm (1. mjerenje) do 910 mS/cm, što znači povećanje od 40 mS/cm (1. mjerenje) i 310 mS/cm (2. i 3. mjerenje);

- amonij je istog iznosa za sva mjerenja na svakoj postaji i za 0,3 mg/l veće je vrijednosti na mjernoj postoji koja se nalazi nizvodno.

Tablica 2. Hidrološka mjerenja na Glogovici, Slavonski Brod

Table 2. Hydrological measurements at Glogovica, Slavonski Brod

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1. mjerenje  Uzvodno od naselja  29.03.2018. | 1. mjerenje  Nizvodno od naselja  29.03.2018. | 2. mjerenje  Uzvodno od naselja  22.04.2018. | 2. mjerenje  Nizvodno od naselja  22.04.2018. | 3. mjerenje  Uzvodno od naselja  22.04.2018. | 3. mjerenje  Nizvodno od naselja  22.04.2018. |
| t mjerenja | 8,00 | 8,15 | 8,00 | 8,15 | 12,00 | 12,15 |
| tzrak | 10°C | 10°C | 14°C | 14°C | 22°C | 22°C |
| tvoda | 7°C | 7°C | 13°C | 13°C | 15°C | 15°C |
| Prozirnost | 74 cm | 86,5 cm | 66 cm | 82 cm | 67 cm | 85 cm |
| pH | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Otopljeni O2 | 40 mg/l | 43 mg/l | 62 mg/l | 60 mg/l | 51 mg/l | 46 mg/l |
| Nitriti | 0,02 mg/l | 0,1 mg/l | 0,05 mg/l | 0,05 mg/l | 0,3 mg/l | 0,2 mg/l |
| Fosfati | 0,05 | 0,3 | 0,3 | 0,7 | 0,3 | 0,5 |
| Tvrdoća | 25°d | 25°d | 25°d | 25°d | 25°d | 25°d |
| El. vodljivost | 660 mS/cm | 700 mS/cm | 590 mS/cm | 900 mS/cm | 600 mS/cm | 910 mS/cm |
| Amonij | 0,2 mg/l | 0,5 mg/l | 0,2 mg/l | 0,5 mg/l | 0,2 mg/l | 0,5 mg/l |
| Opažanje |  | Neugodan miris |  | Neugodan miris |  | Neugodan miris |

Prema slici 4. zorno uočavamo:

- promjenu temperature zraka i vode od 1. mjerenja koje je izvršeno u hladnom periodu krajem ožujka do toplog vremena kod 2. mjerenja u drugoj polovici travnja (plavi i crveni stupac u svakom nizu mjerenja);

- manju prozirnost vode na uzvodnoj postaji kod sva tri mjerenja (zeleni stupac);

- promjenu vrijednosti za otopljeni kisik u korelaciji s temperaturom vode (plavi stupac);

- iste vrijednosti za pH i tvrdoću vode (rozni stupac).

Slika 4. nije zadovoljavajuće precizna za usporedbu fosfata i amonijaka.

Slika 4. Histogramski prikaz rezultata mjerenja na Glogovici, bez prikaza rezultata za električnu vodljivost

Figure 4. Histogram of measurement results on Glogovica, without display results for electrical conductivity

Analiza rezultata uključuje usporedne histograme za uzvodnu i nizvodnu mjernu postaju na Rešetarici i Glogovici. Usporedba rezultata za prozirnost vode prema slici 5. ukazuje na malu razliku i niže vrijednosti za nizvodnu mjernu postaju na Rešetarici i puno izraženiju razliku i veće vrijednosti za nizvodnu mjernu postaju na Glogovici.

Slika 5. Prozirnost vode na uzvodnoj i nizvodnoj mjernoj postaji za Rešetaricu i Glogovicu  
Figure 5. Transparency of the water at the upstream and downstream measuring site for Rešetarica and Glogovica

Slika 6. predstavlja zoran prikaz znatno većih vrijednosti za otopljeni kisik na Glogovici u odnosu na Rešetaricu i malo manje vrijednosti za postaje koje su nizvodno na obje rijeke u odnosu na uzvodne postaje.

Slika 6. Otopljeni kisik na uzvodnoj i nizvodnoj mjernoj postaji za Rešetaricu i Glogovicu

Figure 6. Dissolved oxygen at the upstream and downstream measuring site for Rešetarica and Glogovica

Slika 7. također ukazuju na znatno povećane vrijednosti nitriti na obje mjerne postaje na Glogovici u odnosu na Rešetaricu, pri čemu su najveće vrijednosti izmjerene u podne 22.04. (3. mjerenje) i tada je vrijednost nitrita nizvodno bila za 0,1 mg/l manja u odnosu na uzvodnu mjernu postaju.

Slika 7. Nitriti na uzvodnoj i nizvodnoj mjernoj postaji za Rešetaricu i Glogovicu

Figure 7. Nitrite at upstream and downstream measuring site for Rešetarica and Glogovica

Prema slici 8. uočavamo znatno povećane vrijednosti za fosfate i amonij na nizvodnoj mjernoj postaji.

Slika 8. Fosfati i amonij na obje mjerne postaje za Glogovicu

Figure 8. Phosphates and ammonia at both measuring stations on Glogovica

Slika 9. zorno ukazuje na znatno povišene vrijednosti električne vodljivosti i TDS za mjernu postaju nizvodno na Glogovici.

Slika 9. Električna vodljivost i TDS na obje mjerne postaje za Glogovicu

Figure 9. Electrical conductivity and TDS at both measuring stations on Glogovica

**Rasprava i zaključci**

Ovaj projekt nastao je u suradnji GLOBE učenika gimnazijskih programa u dva po veličini i položaju u odnosu na rijeku Savu vrlo različita grada, Novu Gradišku i Slavonski Brod. Uz sličnosti koje se odnose na ravne i u odnosu prema Savi uske vodotokove Rešetarice i Glogovice, razlike su također vidljive prema satelitskim snimkama (slike 1. i 2.) mjernih postaja:

- Rešetarica s desne strane teče u neposrednoj blizini Kožare i ceste uz koju se u neposrednoj blizini nalazi red kuća, dok je s lijeve strane poljoprivredno zemljište;

- Glogovica od sjeverne vezne ceste prolazi s desne strane cijelom dužinom uz naselje Mali Pariz, sve do ušća Lateralnog kanala u Glogovicu, dok se s lijeve strane izmjenjuje poljoprivredno zemljište i naselje Livada, pri čemu je značajno naglasiti kako su u posljednjih 20 godina oba naselja narasla dvostruko i proširila se do Glogovice.

Mjerenja koja su izvršena na obje rijeke, na mjernim postajama uzvodno i nizvodno od Kožare (Rešetarica) i naselja Mali Pariz (Glogovica) ukazala su na određene razlike među mjernim postajama, od kojih su najznačajnije:

- pH tri uzorka Rešetarice je neutralan i iznosi 7, dok je pH svih šest uzoraka Glogovice 6, što znači da je voda blago kisela2;

- u svim uzorcima Glogovice znatno je viša koncentracija otopljenog kisika i nitrita;

- sva četiri uzorka vode iz Rešetarice nemaju mirisa, dok su sva tri uzorka vode na nizvodnoj mjernoj postaji na Glogovici neposredno nakon uzimanja okarakterizirana kao 'neugodan' miris'.

Obzirom da su hidrološka mjerenja na Rešetarici prvi put napravljena u ovom projektu, a na Glogovici su proteklih godina mjerenja vršena 2,5 km južnije uz naselje A. Hebranga, usporedba izmjerenih vrijednosti na Rešetarici i Glogovici izvršena je prema:

- tabličnom prikazu3 Fizikalno-kemijske analize sirove vode prije prerade, prerađene vode na vodocrpilištu ''Jelas'' (251 uzorak), vode za piće iz gradske mreže (od 278 do 915 uzoraka) i vode za piće iz vodoopskrbnog sustava Sikirevci, na koji je nakon 29.03. priključen Slavonski Brod (125 uzoraka) i pripadajućim izvještajima za 2017. godinu;

- Uredbi o standardu kakvoće voda4, Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju5 i Pravilniku o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće6;

- Klasifikaciji vode po kvaliteti7 i kategorijama vode.

Zaključci:

1. Izmjereni fizikalno-kemijski parametri ukazuju da:

* voda Rešetarice ima neutralan pH, dok je voda Glogovice blago kisela;
* prozirnost Rešetarice nizvodno od Kožare je manja, dok je prozirnost Glogovice nizvodno od naselja Mali Pariz veća;
* voda Glogovice ima više vrijednosti fosfata i izrazito više vrijednosti nitrita i otopljenog kisika;
* voda na mjernoj postaji nizvodno na Glogovici ima značajno veće vrijednosti električne vodljivosti i amonija, koji se s iznosom od 0,5 mg/l iona NH4+ nalazi na MDK (maksimalnoj dopuštenoj koncentraciji).

1. Primjena osnovnih proširenih GLOBE protokola za hidrološka mjerenja omogućuje utvrđivanje pokazatelja onečišćenja zbog ljudskog djelovanja na obje rijeke, čime je potvrđena hipoteza istraživanja, no za kvalitetnu analizu i potvrdu hipoteze potreban je veći broj mjerenja, uz dnevni moritoring promjene mjerenih parametara kroz izmjenu godišnjih doba, radi utjecaja dnevnih i godišnjih atmosfersko-meteoroloških čimbenika.
2. Vodu Rešetarice na obje mjerne postaje u odnosu na Kožaru i vodu Glogovice na mjernoj postaji uzvodno od naselja možemo okarakterizirati kao vodu II. kategorije, dok vodu Glogovice na mjernoj postaji nizvodno od naselja možemo svrstati u III. kategoriju, prvenstveno zbog neugodnog mirisa sva tri uzorka, povišenih vrijednosti nitrita, fosfata i amonija.
3. Ostvarena je kvalitetna i dugotrajna suradnja GLOBE učenika i mentora gimnazijski programa iz dva grada, pri čemu su po prvi put vršena mjerenja na odabranim lokacijama, a u Novoj Gradišci ujedno su napravljena i prva hidrološka mjerenja otkada je škola u GLOBE programu.

Veći broj mjerenja i dnevni monitoring kroz izmjenu godišnjih doba označili bi kvalitetniju analizu i potvrdu hipoteze, te je, uz uvjet da se pronađu sponzori za nabavu potrebne opreme, planiran nastavak istraživanja u kontinuitetu kroz kalendarsku godinu.

**Literaturni izvori**

1. <https://www.globe.gov/do-globe/globe-teachers-guide/hydrosphere>

(pristup stranici 16.10.2017., 20.11.2017., 11.12.2017., 22.01.2018., 19.02.2018., 12.03.2018., 16.04.2018.)

1. <http://globe.pomsk.hr/prirucnik/voda.PDF>

(pristup stranici 20.11.2017., 19.02.2018., 19.03.2018.)

1. <http://www.vodovod-sb.hr/index.php/voda/kvaliteta-vode/analiza-vode>

(pristup stranici 19.03. 2018., 16.04.2018.)

1. <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_73_1463.html>

(pristup stranici 16.04.2018., 23.04.2018.)

1. <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_10_125_2694.html>

(pristup stranici 16.04.2018., 23.04.2018.)

1. <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_47_1593.html>

(pristup stranici 16.04.2018., 23.04.2018.)

1. <http://www.znanje.org/i/i10/10iv01/10iv0111/klasifikacija_vode_po_kvalitetu.htm>

(pristup stranici 16.04.2018., 23.04.2018.)