

KVALITET VODE ZA PIĆE GRADA UŽICA

Goran Marković¹, Marina Panić², Leka Mandić¹, Lenka Ribić Zelenović¹

Izvod: Tokom 2014. godine javnost Srbije je nekoliko puta obaveštavana o problemima vodosnabdevanja grada Užica. Razlog je bilo prisustvo potencijalno toksične vrste *Planktothrix rubescens* (Cyanobacteria) u vodi akumulacije Vrutci (vodozahvata grada Užica), alternativnog vodozahvata Sušičkog vrela i u gradskoj distributivnoj mreži. Iako je izmerena koncentracija hepatotoksičnog mikrocistina-LR (< 0,01 µg/L) bila znatno niža od dozvoljene vrednosti propisane od strane Svetska zdravstveno organizacije (1 µg/L), voda je proglašavana zdravstveno neispravnom. U radu su prikazani i komentarisani rezultati fizičko-hemijskih, mikrobioloških i bioloških analiza sirove vode vodozahvata kao i prečišćene i hlorisane vode za piće iz distributivne mreže gradskog vodovoda Užice.

Ključne reči: vodosnabdevanje, grad Užice, cyanobacteria, mikrocistin

Uvod

Porast broja stanovnika i razvoj privrede Užica su usloveli potrebu obezbeđenja velikih količina pijaće vode. Zbog toga se pristupilo izgradnji akumulacije Vrutci. Podizanjem brane na reci Đetinji, 12.km uzvodno od Užica, 1986. godine je formirano akumulaciono jezero Vrutci. Akumulacija (zapremina $54 \times 10^6 \text{ m}^3$) ima dužinu oko 8 km (Anonimus, 2014). Pripada kategoriji hladnih planinskih jezera (Dukić i Gavrilović, 2006). Prema fizičko-hemijskim i biološkim svojstvima svrstava se u eutrofne akumulacije (Đurković i sar., 2014).

Do kraja decembra 2013. godine građani su se snabdevali vodom iz akumulacije Vrutci. Redovnim pregledima vode krajem decembra 2013 godine, u vodi akumulacije ali i u prečišćenoj i hlorisanoj vodi za piće otkrivena je potencijalno toksična vrsta *Planktothrix rubescens* (Cyanobacteria) koja može proizvoditi mikrocistin LR sa višestruko negativnim posledicama na zdravlje ljudi (Kómarek and Kómarek, 2004). Zabranjena je upotreba vode iz akumulacije kao vode za piće. Kao alternativno rešenje formiran je privremeni vodozahvat na Sušičkom vrelu sa koga se od 24. januara 2014. godine Užice snabdeva vodom. Međutim, problem sa vodosnabdevanjem je nastao i jula 2014. godine kada je u vodi Sušičkog vrela tokom redovne biološke analize utvrđeno prekomerno prisustvo cijanobakterije *Planktothrix rubescens* i nematoda. Republička sanitarna inspekcija je 19.07.2014 godine zabranila korišćenje vode iz vodovoda Užice za piće i kuvanje hrane. Primenom dodatnih postupaka prečišćavanja, problem je rešen, tako da je voda u Užičkom vodovodu postala upotrebljiva za sve namene.

¹ Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku, Cara Dušana 34, Čačak, Srbija (goranmsv@kg.ac.rs)

² Yugent Food Doo, Lokva bb, 31000 Užice (marina_panic@gmail.com)

Materijal i metode rada

U radu su prikazani i komentarisani rezultati fizičko-hemijskih, mikrobioloških, bioloških i toksikoloških analiza obavljenih u laboratorijama Zavoda za javno zdravlje Užice, JKP „Vodovod” Užice, Instituta za javno zdravlje Srbije iz Beograda i Agronomskog fakultet u Čačku. Dobijeni rezultati su upoređivani sa kriterijumima Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl.list SRJ br. 42 /98 i 44/99).

Rezultati istraživanja i diskusija

Rezultati analiza fizičko-hemijskih karakteristika sirove vode iz Sušičkog vrela obavljenih u Zavodu za javno zdravlje Užice i JKP „Vodovod” Užice ukazuju na povremena odstupanja pojedinih pokazatelja kvaliteta (boje, mutnoće i oksidabilnosti) od normativa (Tab. 1. i Tab. 2). Najverovatniji uzrok pojavi su povećane količine padavina tokom 2014. godine., koje nose, pored erodiranog materijala, manja organska zagađenja. To potvrđuju i povišene vrednosti utroška $KMnO_4$ (33,3 mg/L) i BPK_5 (3,2 mg/L) registrovane prilikom analize uzorka sirove vode u hemijskoj laboratoriji Agronomskog fakulteta u Čačku (uzorkovanje obavljeno 10.9.2014.).

Tabela 1. Rezultati fizičko-hemijskih analiza uzoraka sirove i čiste vode (ZJZ Užice)
Table 1. Results of the physicochemical analysis of raw and treated water (ZJZ Užice)

| Parametri / Parameters | 1.2.2014. | | 14.5.2014. | | 5.9.2014. | |
|----------------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| | sirova raw | čista treated | sirova raw | čista treated | sirova raw | čista treated |
| Temperatura (°C) | 10 | 7 | 11,4 | 11,6 | 14,5 | 14,4 |
| Mutnoća (NTU) | 0,6 | 0,32 | 3,4 | 0,5 | 23,4 | 0,2 |
| Boja (°Co/Pt) | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 |
| pH | 7,4 | 7,5 | 7,1 | 7,1 | 7,1 | 6,9 |
| Elektroprovodljiv. (µS/cm) | 426 | 424 | 467 | 470 | 401 | 440 |
| Utrošak $KMnO_4$ (mg/L) | 9,4 | 6,9 | 8,5 | 4,1 | 27,3 | 9,4 |
| NO_3 (mg/L) | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| NH_3 (mg/L) | < 0,05 | < 0,05 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 |
| Hloridi (mg/L) | 17,0 | 20,0 | 11,0 | 13,0 | 8 | 13,0 |
| Ostatak isparenja (mg/L) | 285 | 284 | 313 | 315 | 269 | 293 |
| Fe (mg/L) | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| Mn (mg/L) | < 0,05 | | < 0,05 | | < 0,05 | |
| NO_2 (mg/L) | < 0,02 | < 0,02 | < 0,03 | < 0,03 | < 0,03 | < 0,03 |
| Rezidualni Cl_2 (mg/L) | | 0,4 | | 0,4 | | 0,4 |

Analize fizičko-hemijskih karakteristika prečišćene i hlorisane vode za piće obavljene u svim laboratorijama pokazuju da su vrednosti u okviru normativa Pravilnika o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl.list SRJ br. 42/98 i 44/99). Ovi rezultati potvrđuju efikasnost tehnoloških postupaka prerađivanja sirove vode.

Tabela 2. Rezultati fizičko-hemijskih analiza uzoraka sirove i čiste vode (JKP Vodovod)
 Table 2. Results of the physicochem. analysis of raw and treated water (JKP Vodovod)

| Parametri / Parameters | 4.3.2014. | | 1.5.2014. | | 30.9.2014. | |
|--|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| | sirova <i>raw</i> | čista <i>treated</i> | sirova <i>raw</i> | čista <i>treated</i> | sirova <i>raw</i> | čista <i>treated</i> |
| Temperatura (°C) | 11,0 | 11,2 | 11,6 | 11,3 | 13,0 | 13,2 |
| Boja (°Co/Pt) | 5 | - | 25 | - | 25 | - |
| Mutnoća (NTU) | 0,30 | 0,13 | 10,0 * | 0,22 | 3,6* | 0,1 |
| pH | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 7,0 | 7,4 | 7,0 |
| Elektroprovodljiv. (µS/cm) | 450 | 460 | 440 | 450 | 430 | 440 |
| Utrošak KMnO ₄ (mg/L) | 7,9 | 5,1 | 13,9 * | 6,3 | 14,7 * | 6,3 |
| Ukupna tvrdoća(CaCO ₃) | 272 | 268 | 251 | 247 | 265 | 261 |
| Karbonat.tvrdoća (CaCO ₃) | 255 | 245 | 230 | 200 | 235 | 200 |
| Rastvoreni O ₂ (mg/L) | 8,2 | - | 9,2 | - | 8,1 | - |
| Sulfati (SO ₄ ²⁻) (mg/L) | 11 | 21 | 14 | 41 | 14 | 44 |
| Hloridi (Cl ⁻) (mg/L) | 13 | 15 | 9,5 | 10,5 | 9 | 10 |
| Kalcijum (Ca) (mg/L) | 52 | 50 | 67,5 | 65,5 | 58 | 56 |
| Magnezijum (Mg) (mg/L) | 34 | 34 | 19 | 19 | 29,5 | 29,5 |
| Aluminijum (Al) (mg/L) | - | 0 | - | 0,0 | - | 0,0 |

* odstupa od MDK / deviates from MAC

Tabela 3. Rezultati mikrobioloških analiza sirove i čiste vode (ZJZ Užice)
 Table 3. Results of the microbiological analysis of raw and treated water (ZJZ Užice)

| Parametri / Parameters | 1.2.2104. | | 14.5.2014. | | 5.9.2014. | |
|---------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| | sirova <i>raw</i> | čista <i>treated</i> | sirova <i>raw</i> | čista <i>treated</i> | sirova <i>raw</i> | čista <i>treated</i> |
| Ukupne koliformne bakterije | 0 | 0 | >16 * | 0 | > 16 * | 0 |
| Koliformne bakterije fekalnog porekla | 0 | 0 | > 16* | 0 | > 16 * | 0 |
| Ukupne aerobne mezofilne bakterije | 5 | 0 | 80 | 0 | 150 * | 0 |
| Streptokoke fekalnog porekla | 0 | 0 | + * | 0 | + * | 0 |
| Sulfitoredukujuće klostridije | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 * | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Proteus</i> vrste | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

* iznad propisane vrednosti (max) / above the guideline value (max)

Rezultati mikrobioloških analiza sirove vode ukazuju na povremenu pojavu bakteriološke neispravnosti. Na fekalno zagađenje ukazuju ukupna brojnost koliformnih bakterija (*E.coli* i *Enterobacter sp.*), koliformnih i streptokoka fekalnog porekla. Bakteriološku neispravnost sirove vode potvrđuju analize obavljene u mikrobiološkoj laboratoriji Agronomskog fakulteta – registrovana je povećana brojnost aerobnih mezofilnih bakterija (140 u 1mL uzorka). Mikrobiološke analize prečišćene vode za piće svih uzoraka su potvrdile njenu ispravnost i zdravstvenu bezbednost (Tab.3.).

Biološke analize sirove vode obavljene u Zavodu za javno zdravlje Užice ukazuju na prisustvo različitih grupa fito i zooplanktona i slobodnoživećih nematoda. Registrovana brojnost algi i drugih organizama je takva da ne može dovesti do promene izgleda, mirisa i ukusa vode. Nakon prerade sirove vode, u prečišćenoj vodi nije registrovano prisustvo većine prethodno detektovanih organizama ili je njihova brojnost tolika da ne dovodi do promene organoleptičkih svojstava vode za piće.

Pojava kontaminacije cijanobakterijom *P. rubescens* vode akumulacije Vrutci i moguće posledice prisustva cijanotoksina u vodi za piće su uslovile potrebu dodatnih bioloških i toksikoloških pregleda vode (Tab.4.). Izvršene analize u Institutu za javno zdravlje iz Beograda su potvrdile da su sirova voda iz akumulacije Vrutci, ali i dezinfikovana voda iz gradske vodovodne mreže, kontaminirane cijanobakterijom *P. rubescens*. Iako je izmerena koncentracija toksina mikrocistina LR u svim uzorcima bila niža od 0,01 µg/L i manja od dozvoljene vrednosti koju je propisala Svetska zdravstvena organizacija (1 µg/L), voda je proglašena zdravstveno neispravnom i obustavljeno je vodosnabdevanje građana Užica iz distributivne mreže gradskog vodovoda.

Tabela 4. Reyltati analize fitoplanktona u sirovoj vodi (akumulacija Vrutci) i čistoj vodi (6.1.2014.)

Table 4. The results of phytoplankton analysis of rawwater (Vrutci reservoir) and treated water (6.1.2014.)

| RAZDEO / DIVISIO | Brojnost / Number | |
|--|-------------------|-----------------|
| | sirova / raw | čista / treated |
| CYANOBACTERIA | 129 592 000 | 115 332 |
| BACILLARIOPHYTA | 76 000 | 26 |
| CHLOROPHYTA | 400 | |
| Укупна бројност (L) / Total number (L) | 129 672 400 | 115358 |

Prisustvo potencijalno opasne cijanobakterije *P. rubescens* u vodi akumulacije Vrutci i vodovodnoj mreži Užica krajem 2013. i početkom 2014. godine, kao i kasniji nalaz u sirovoj vodi Sušičkog vrela (leto 2014. godine), dovela je do potrebe posebne ekspertize izvršene od strane stručne komisije Instituta za vodoprivredu „Jaroslav Černi” iz Beograda. Dobijeni rezultati ukazuju da su prisustvo cijanobakterija u Sušičkom vrelu i sistemu za vodosnabdevanje posledica obilnih padavina na slivu. Na slivu Sušičkog vrela postoje mikroakumulacije u kojima može doći do cvetanja algi. U uslovima obilnih padavina one dospevaju površinskim ili podzemnim tokom u vodozahvat (Sušičko vrelo) koje nije zaštićeno. Ukazano je na neophodnost zaštite voda na slivnom području akumulacije Vrutci i Sušičkog vrela, vršenje pojačanog nadzora i monitoringa kvaliteta voda na slivu izvorišta kako bi se sprečio eventualni ponovni prodor algi u sistem vodosnabdevanja. Potrebna je i

rekonstrukcije postrojenja za preradu sirove vode, poboljšanje procesa bistrenja, taloženja i predozonizacije, kao i primena adsorbicije aktivnim ugljem (Marjanović i Ljuboja, 2014).

Zaključak

Kvalitet vode grada Užica u toku 2014. godine nije bio zadovoljavajući. Specifičnost vodovodne mreže uslovljene konfiguracijom naselja i pojava potencijalno toksične cijanobakterije *Planktothrix rubescens* nalažu strožije mere zaštite vodozahvata i celokupnog distributivnog sistema. Neophodan je kontinuirani monitoring slivnog područja vodozahvata, obavljanje dodatnih analiza većeg broja parametara fizičko-hemijskih i bioloških pokazatelja kvaliteta, kao i poboljšanje tehnološkog postupka prerade sirove vode.

Literatura

- Anonimus (2014). Arhiva JKP „Vodovod „Užice” (interni podaci), Užice.
- Đurković A., Čađo S., Denić Lj., Dopuđa Glišić T., Stojanović Z. (2014). Sastav fitoplanktona i fizičko-hemijske karakteristike akumulacije Vrutci. Konferencija „VODA 2014”, 3.-5.6. 2014., Tara, 33-40.
- Kómarek J., Kómarek J. (2004): Taxonomic review of the cyanoprokaryotic genera *Planktothrix* and *Planktothricoides*. *Czech Phycology*, Olomouc, 4, 1-18.
- Marjanović P., Ljuboja M. (2014). Izveštaj o uzrocima pojave povećanih koncentracija algi i nematoda u sistemu za vodosnabdevanje Užica. Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, Beograd.

DRINKING WATER QUALITY IN THE CITY OF UŽICE

Goran Marković¹, Marina Panić², Leka Mandić¹, Lenka Ribić Zelenović¹

Abstract

In 2014, the Serbian public was informed on several occasions about water supply problems in the City of Užice. The reason behind the problem was the presence of potentially toxic species *Planktothrix rubescens* (Cyanobacteria) in the waters of the Vrutci Reservoir (the water supply intake for the City of Užice), the alternative water supply intake Sušičko Vrelo and in the city distribution network. Although the measured concentration of hepatotoxic microcystin-LR (< 0.01 µg/L) was considerably below World Health Organisation guidelines for drinking water (1 µg/L), the water was declared unsafe. The study presents and comments on the results of physicochemical, microbiological and biological analyses of both raw water samples collected from the water supply intakes and treated chlorinated drinking water samples from the distribution network of the City of Užice water supply system.

Key words: water supply, City of Užice, cyanobacteria, microcistine

¹ University of Kragujevac, Faculty of Agronomy Čačak, Cara Dušana 34, Čačak, Serbia (goranmsv@kg.ac.rs)

² Yugent Food Doo, Lokva bb, 31000 Užice ((marina_panic@gmail.com)