

АНАЛИЗА КВАЛИТЕТА ВОДЕ У АКУМУЛАЦИЈИ „ВРУТЦИ“

ВОЈИСЛАВ ЂЕКОВИЋ¹
АЛЕКСАНДАР АНЂЕЛКОВИЋ¹
АНА БОШЊАКОВИЋ²
МИЛОРАД ЈАНИЋ¹

Извод: У раду су приказани резултати истраживања квалитета воде у акумулацији Врутци, на реци Ђетињи у Ужичком региону. На основу вишегодишњег мониторинга површинских вода реке Ђетиње узводно од града Ужица у различитим периодима године установљено је да је вода у профилу села Врутци изузетно чиста. Активности човека на језерској води и у приобаљу акумулације довеле су до тога да се акумулисана вода после 30 година више не може безбедно користити за основне потребе водоснабдевања становништва. Анализом квалитета воде из акумулације и анализом фитопланктона установљено је присуство 65 таксона и 7 модрозелених алги (*Cyanobacteria*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*, *Dinophyta*, *Cryptophyta*, *Euglenophyta* и *Chlorophyta*). У заједници фитопланктона на локалитетима код бране, и у средњем делу акумулације, уочена је доминација врста из рода *Cryptophyta* и *Bacillariophyta*, док је на улазу у акумулацију констатована искључива доминација *Bacillariophyta*. Највећу бројност у оквиру рода *Cryptophyta* имала је врста *Plagioselmis nannoplantica* (syn. *Rhodomonas minuta*) Skuja, а врста *Cyclotella ocellata* Pantocsek у роду *Bacillariophyta*. Доминантна врста у језерској води је цијанобактерија *Planktothrix rubescens*, на многим профилима у језерској води акумулације Врутци њено присуство је >95%.

Кључне речи: водоснабдевање, језеро Врутци, цветање алги, загађења вода, *Cryptophyta*, *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria*, *Planktothrix rubescens*

AN ANALYSIS OF THE WATER QUALITY IN THE “VRUTCI” RESERVOIR

Abstract: The paper presents the results of a study of the water quality in the Vrutci reservoir on the river Djetinja in the Užice region. A long-term monitoring of the surface water of the river Djetinja upstream from the city of Užice has shown that the water in the profile of the village Vrutci has been extremely clean at different times of the year. Due to 30-year long human activities on the lake water and in the coastal area the water can no longer be safely used for basic water supply needs of the population. The analysis of the quality of the water in the reservoir and the analysis of phytoplankton revealed the presence of 65 taxa and 7 blue-green algae (*Cyanobacteria*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*, *Dinophyta*, *Cryptophyta*, *Euglenophyta* and *Chlorophyta*). The communities of phytoplanktons at the sites near the dam and in the middle part of the reservoir are dominated by *Cryptophyta* and *Bacillariophyta* species and the entrance to the reservoir is exclusively dominated by *Bacillariophyta* species. *Plagioselmis nannoplantica* (syn. *Rhodomonas minuta*) Skuja is the most abundant species of *Cryptophyta* and *Cyclotella ocellata* Pantocsek of *Bacillariophyta* genus. The dominant species in the lake water is the cyanobacteria *Planktothrix rubescens*, whose presence on a number of profiles in the Vrutci lake water storage exceeds 95%.

Keywords: water supply, Vrutci Lake, algal bloom, water pollution, *Cryptophyta* and *Bacillariophyta*, *Cyanobacteria*, *Planktothrix rubescens*

1 др Војислав Ђековић, ред. проф.; Александар Анђелковић, дил. инж., асистент; др Милорад Јанић, ванр. проф., Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд

2 Ана Бошњакковић, мајстер инж., Уједињене Нације, канцеларија Београд

1. УВОД

Брана и акумулација Врутци формирана је за потребе водоснабдевања Ужичког региона, налази се 11 km узводно од града Ужица (слика 1), на надморској висини око 700 m. Пројектована и изграђена лучна куполаста брана „Врутци“, висок је око 77 m, и дужине у круни 240 m.

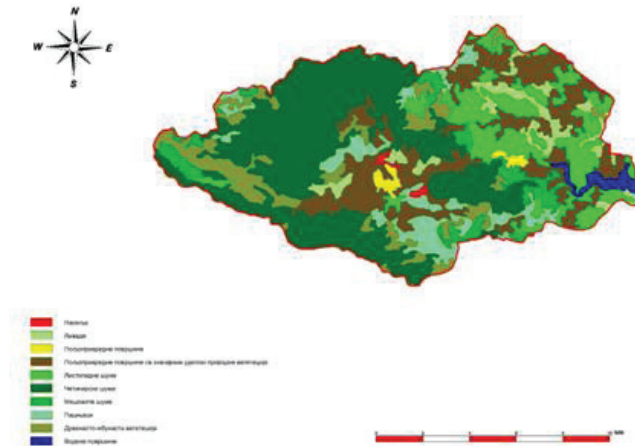


Слика 1. Позиција истраживаног подручја (извор: оригинал)
Figure 1 The position of the investigated area (source: original)

Приликом изградње акумулационог система “Врутци” потопљена је површина кањона и речне долине, укупно 221 ha, у селима Врутци и Биоска. У структури потопљеног земљишта било је 17% под ораницама, 6% под воћњацима, 42% ливаде и пашњаци, а преосталих 35% биле су неплодна и остала земљишта (слика 2). Исељено је 45 сеоских домаћинстава, од којих се 36 налазило у зони акумулације, а 9 у непосредној зони санитарне заштите. Исељено је 30 домаћинстава из села Врутака и 15 домаћинстава из села Биоске. Акумулацијом је потопљено и гробље у Врутцима са око 700 гробних места, које је због тога морало бити исељено на три нове локације.

Водопривредни систем Врутци омогућавао је подмиривање свих потреба града Ужице са околином са обезбеђеношћу испоруке воде од 100%.

Брана и акумулација, пројектована је за вишенаменску функцију. Једна од функција бране је задржавање поплавних таласа, који настају у горњем току реке и у појединим деловима године остављају озбиљне последице у низводном делу слива. Дobar квалитет речне воде, која се преграђује не мора да гарантује и добар квалитет језерске воде. Већина површинских природних и вештачких језера након формирања „стари“, при чему дубока језера са почетно ниским концентрацијама нутријената, због честих осцилација нивоа воде у језеру и сталног прилива органских материја нитрита и нитрата, постепено прелазе из олиготрофног у еутрофна стања (European Union 2000).



Слика 2. Карта коришћења земљишта у сливу (извор: оригинал)
Figure 2 Map of land use in the basin (source: original)

Природна еутрофикација, остварује се кроз дуги временски период, и у великој мери се разликује од „вештачке“, која је углавном последица антропогене активности у сливу акумулације. Убрзана еутрофикација вештачких површинских акумулација ремети равнотежу између продукције органске материје и њене минерализације, при чему продукција постаје вишеструко већа од минерализације. Већина органских супстанци, које доспевају у језеро се не разграђују у потпуности, већ се акумулирају у седименту, где се њихова разградња наставља (Ђековић, В. *et al.*, 2010).

Као последица прекорачења минерализационог капацитета седимента, долази до стварања редукционе зоне у седименту и анаеробних услова разградње органске материје у дубљим деловима језера. Ово за последицу има повећање концентрације гвожђа, мангана, микроелемената, амонијака фосфора и других једињења у језерској води. Истовремено може доћи до стварања водоник-сулфида и метана, што утиче на промене мириса и укуса воде. Прекомерно обogaћивање језерског система нутријентима има за последицу масовни развој више врста алги, планктона и макрофита. Њиховим изумирањем се убрзава процес еутрофикације, који условљава промену садржаја кисеоника у води, промену боје и мириса воде (Милошевић, Н. *et al.*, 2014; Salama, Y. *et al.*, 2013).

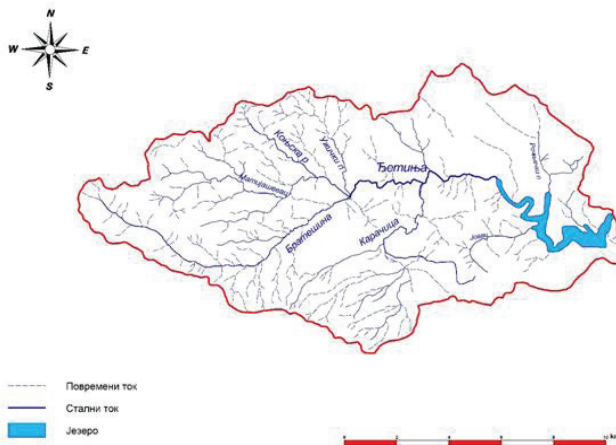
Биолошке карактеристике акумулационих језера су резултат морфометријских, и других облика дна језера, као и абиотичких и биотичких чинилаца целокупног слива. Међутим, антропогени чиниоци имају доминантан утицај на квалитет воде у акумулационим језерима (Andjelkovic, A. *et al.*, 2014).

Сви ови фактори (начин коришћења земљишта у зони акумулације пре потапања, зоне заштите акумулације, и начин коришћења воде из

акумулације), заједно у највећој мери одређују динамику биолошких процеса старења акумулација, густину популација и продукцију флоре и фауне у језерској води (Rossing, W.A.H. *et al.*, 2007).

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Река Ђетиња настаје у највишем делу планине Таре спајањем водотока Братешина, Коњске реке и Ужичког потока (слика 3). На ободу Креманског басена, има уске клисурасте долине и у најнижем делу Пожешке котлине прима своју највећу притоку Скрапеж, а мало даље низводно образује Западну Мораву заједно са Голијском Моравицом. Површина слива реке Ђетиње на ушћу је 1187,03 km², дужина тока је 75,25 km. Главне притоке долазе са леве стране, тако да је образован асиметрични слив. Дужина слива Ђетиње је 49,6 km, а средња ширина 23,9 km (Милијашевић, Д., 2010).



Слика 3. Карта хидрографске мреже слива Ђетиње (извор: оригинал)
Figure 3 Map of the hydrographic network of the Đetinja river basin (source: original)

На основу вишегодишњег мониторинга квалитета површинских вода реке Ђетиње узводно од Ужица: физичко-хемијских и бактериолошких испитивања, констатовано је да су воде у профилу села Врутци, у свим периодима године у врхунској класи квалитета. У овом профилу изграђена је брана и пуштена у погон 1984. године, и дуги низ година квалитет воде у акумулацији био је у реду, мада су се повремено примећивала нагомилавања органске материје и нутриената. Минимална одступања у квалитету језерске воде временом су се нагомилала тако да је 2013. године констатовано да је вода лошег квалитета и није за даљу употребу.

За истраживања у овом раду примењена је методологија теренских истражних радова, канцеларијске обраде података и избор репрезентативних података за приказивање у раду, као и методе синтезе извршених истраживања од стране агенције за заштиту животне средине, Грађевинског факултета и Института „Јарослав Черни“, Завода за јавно здравље Србије из Ужица. У раду је приказан мањи део података о квалитету воде у акумулацији Врутци,

који су обрађени и табеларно приказани.

Рекогносцирањем терена, установљени су основни физичко географских параметри слива. Дефинисани су услови настанка и покретања ерозионог материјала из слива, и његова седиментација у профилу акумулације. Теренским истражним радовима лоцирана су жаришта загађења и предвиђене мере за даљу санацију акумулације Врутци. Применом ГИС методологије извршено је геореференцирање слива, и регистрован катастар загађивача у сливу. Дефинисане су геолошко педолошке карактеристике слива и начин коришћења слива узводно од преградног профила. На основу анализе доступне документације покушано је да се пронађу узроци појаве модрозелених алги (*Planktothrix rubescens*) у језерској води. У акумулацији по профилима, на три до четири тачке по дубини, узимани су узорци за квантитативну анализу фитопланктона. Квантитативна анализа фитопланктона извршена је по методи *Utermöhl (1958)*, према стандарду. Промена температуре воде по дубини није се значајније мењала осцилације су се кретале 5,94 °C на површини воде, до 6,54 на дубини од 37,10 m, али су се мењали остали параметри и концентрација врсте *Planktothrix rubescens*.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Објекат истраживања је регионални водоводни систем Врутци, а представља га лучна брана са акумулацијом из које се око 85% потрошње воде обезбеђује гравитацијом. Систем се састоји од: довода сирове воде; постројења за третман сирове воде, капацитета 800 l/s; дистрибутивног система са резервоарима високе, средње и ниске зоне.

Поред снабдевања корисника довољним количинама квалитетне воде, акумулација је предвиђена за друге намене: рекреацију, заштиту од поплава, обезбеђење биолошког минимума низводно од акумулације, ублажавање критичних стања на ширем подручју Западне Мораве. Укупна запремина акумулације је $54,00 \times 10^6 \text{ m}^3$ (висина прелива је 2 m), од чега је корисна запремина акумулације $48,58 \times 10^6 \text{ m}^3$. Неприкосновена запремина акумулације за прихват поплавног таласа је $13,32 \times 10^6 \text{ m}^3$. Мртви простор за нанос је $5,72 \times 10^6 \text{ m}^3$. Капацитет акумулације планиран је за водоснабдевање Ужица (нето запремина потребна за изравнање дотока и потрошње воде према потребама за 2010. год. $Q=670 \text{ l/s}$) - $13,74 \times 10^6 \text{ m}^3$; Снабдевање индустрије водом (нето запремина за изравнање дотока и потрошње воде према потребама за 2010.год. $Q=450 \text{ l/s}$) - $7,8 \times 10^6 \text{ m}^3$; Оплемењивање малих вода и биолошки минимум - $13,72 \times 10^6 \text{ m}^3$; Простор за прихватање поплавног таласа - $13,32 \times 10^6 \text{ m}^3$; Простор за нанос - $5,72 \times 10^6 \text{ m}^3$ (извод из главног пројекта).

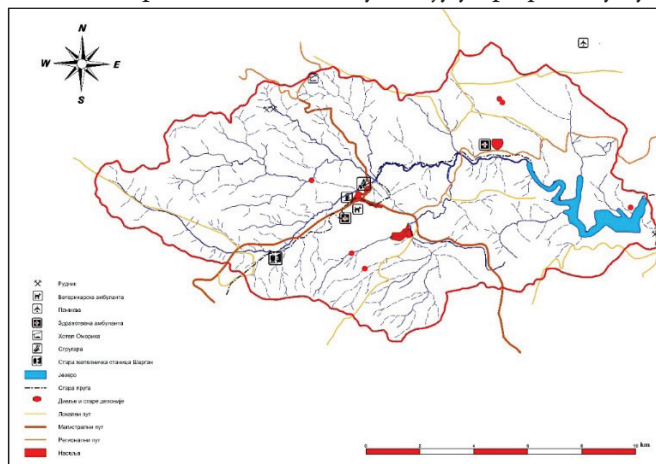
Капацитет постројења за прераду сирове воде је 400 l/s са могућношћу проширења до 800 l/s. Постројење се у основи састоји из комбинованог објекта флокулатор-галожица типа пулзатора и из брзих гравитационих пешчаних филтера. Предвиђена је лабораторијска контрола процеса прераде воде непрекидно у току 24 часа.

3.1 Утицај антропогених фактора на квалитет воде у акумулацији

На основу катастарских извода непокретности у сливу акумулације Врутци, констатовано је да се налазе села; Врутци 800 ha, Кесеровина 1.243 ha, Пеар 1.440 ha, Биоска 1.660 ha, Кремна 2.727 ha, Радуша 2.632 ha, Витаси 541 ha и Стрмац 5.834 ha. Пописом становништва 2011.год. утврђено је да у три КО у сливу акумулације живи укупно око 2.800 становника у 1.169 газдинстава. Насеља су разбијеног типа, са великим бројем разуђених засеока.

Пописом пољопривредних површина 2012. године утврђено је да су према категоријама коришћења расположивог земљишта (5.222 ha): око 55 % су ливаде и пашњаци, 25 % шуме, а по око 5-6 % воћњаци, оранице, баште и зиратно земљиште. На основу Катастарског пописа у сливу реке Ђегиге узводно од бране Врутци налази се око 6.000 објеката (домаћинстава, помоћних објеката, викендица).

На територији слива акумулације Врутци могу се издвојити могући загађивачи хидрографске мреже и акумулације: туристички комплекс хотела „Оморика“ и „Јавор“ („Калуђерске баре“), на планини Тари са 430 лежаја; железничка станица „Шарган“ (Витаси), пилане и столарске радионице у Кремнима (на улазу у насеље и после раскрснице уз пут ка Тари са десне и леве стране, са депонија пиљевине уносе се периодично велике количине овог органског отпада у хидрографску мрежу слива. Међу осталим загађивачима су станица за снабдевање горивом у Кремни на путу ка Мокрој гори са десне стране, непосредно после раскрснице за Тару; путна база за редовно и зимско одржавање путева у Кремни; експлоатација руде магнезита у близини Кремне („Рудник магнезита и хромита“ Титово Ужице); војни комплекс и аеродром на Пониквама (Просторни план града Ужица, 2010); кланица у сливу Сушице и у сливу других водотокова (60 кланица), који се вероватно подземним крашким токовима уливају у профил акумулације.



Слика 4. Катастар загађивача у сливу бране и акумулације Врутци
(извор: оригинал)

Figure 4 Register of pollutants in the catchment of the Vrutci dam and reservoir
(source: original)

На овом подручју регистроване су само две локације са концентрираним тачкастим изворима загађења. То су: туристички комплекс хотела „Оморика“ и „Јавор“ („Калуђерске Баре“), затим испуст из канализационог система Кремна, који прикупља комуналне отпадне воде само из централног дела насеља и испуштају их у доњи ток Братешине. Суштински и ови извори се могу разматрати као расути, с обзиром на то да насеље Кремна испушта отпадне воде у септичке јаме, а уређаји за прераду искоришћених вода у хотелима нису у функцији (Glavan, M., Pintar, M., 2010). На слици 4. приказан је катастар загађивача у сливу бране и акумулације Врутци. Из насељених подручја настају површинска и подземна загађења вода, из септичких јама, пољских тоалета или нивових испуста у јаруге, осока и стајњак, индивидуалне дивље неуређене депоније отпада. Расуте изворе загађења представљају и пољопривредна земљишта са којих се уносе у водотоке пестициди и вештачка ђубрива. Као и површине под шумама са којих се у периоду киша спирају и покрећу продукти ерозије, и огранска биомаса (Westhoek, H.J. *et al.*, 2006).

Расути извори загађења су и магистралне, регионалне и општинске саобраћајнице, линијског карактера, као и аеродром Поникве, привредни објекти на појединим локацијама и др. Главне саобраћајнице на подручју слива акумулације су магистрални путеви М5 Чачак - Пожега - Ужице - веза са Босном, М19.1 Ужице - Бајина Башта - Зворник и регионални пут Р112: Кремна - Калуђерске Баре - Бајина Башта. Локални општински путеви су: ОП-9 Малића брдо - Манастир Рујан-брана Врутци, ОП22 Студени До-Поникве-Кадинача, ОП24 Дужи-Пеар-Кадина Главница-Љубичићи-Станојчићи-Поникве, ОП25 Поповићи-Томићи-Јанковићи-Стаменићи-Кремна, ОП26 Стаменићи-Филиповићи-Витаси, ОП27 брана Врутци-Крнда-Анђићи-Омар-Биоска (Sekulić, G., Đokić, V., 1999).

Већина путева је са асфалтом, али поједине деонице локалних путева су и са макадамом. Путеви су често лоцирани на малом растојању од свега неколико десетина метара од најближих водотока. Због интензивне фреквенције транзитног саобраћаја, посебно теретног, на регионалним путевима Ужице-Кремна-Вишеград, преко Биоске, односно преко Мачката, велика је потенцијална опасност за извориште вода, због могућих хаваријских изливања штетних и опасних материја, које се друмски путевима транспортују.

3.2 Анализа квалитета воде у акумулацији Врутци

Законом је уређен начин контроле, учесталост и обим испитивања квалитета површинских и подземних вода које се користе за заводско снабдевање. Квалитет воде Ћетиње контролише се на станици Горобиље, у акумулацији Врутци и на изворишту првог ранга Биоска – Ћетиња. Осматране су физичко – хемијски, сапробиолошке и бактериолошке особине воде (Урошев, М., 2006).

Први озбиљнији мониторинг квалитета воде у акумулацији Врутци извршен је 2012. године (СЕПА). Констатовано је да вода у акумулацији Врутци припада значајно измењеним водним телима, због чега је Агенција

за заштиту животне средине, извршила испитивање квалитета воде кроз оперативни мониторинг 2012, 2013.

Термичка стратификација на акумулацији Врутци је успостављена у мају 2012. године и трајала је током целе вегетационе сезоне све до октобра месеца. На дубини од 33,29 m концентрација кисеоника била је 6,03 mg/l, а затим се концентрација нагло смањивала на 36,24 m дубине и износила је 0,89 mg/l. Концентрација са дубином и даље нагло опада да би на дубини од 37,88 m износила 0,25 mg/l.

Анализом фитопланктона констатовано је присуство 65 таксона из 7 различитих родова алги: (*Cyanobacteria*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*, *Dinophyta*, *Cryptophyta*, *Euglenophyta* и *Chlorophyta*). Највећа флористичка разноврсност је запажена у разделима силикатних и зелених алги (*Bacillariophyta* и *Chlorophyta*) (СЕПА, 2014). Бројност фитопланктона варијала је по дубини у зависности од периода испитивања. На локалитетима код бране и на средини акумулације, забележена је доминација *Cryptophyta* и силикатних алги (*Bacillariophyta*). На улазу у акумулацију уочена је доминација силикатних алги (*Bacillariophyta*). Највећу бројност у оквиру раздела *Cryptophyta* имала је врста *Plagioselmis nannoplanctica* (syn. *Rhodomonas minuta*) и врста *Cyclotella ocellata Pantocsek* у разделу *Bacillariophyta*. На локалитетима код бране није било врста из групе *Cyanobacteria*. Процентуална заступљеност *P. rubescens* била је 0,32% у односу на укупну бројност фитопланктона (СЕПА, 2014).

Табела 1. Број индивидуа на локалитету Николићи по дубинама изражен као ind/ml у мају 2014. године. (извор: Агенција за заштиту животне средине)

Table 1 Number of individuals at the Nikolići site by depth expressed as ind/ml in May 2014 (source: Environmental Protection Agency)

Таксон	0m	3m	6m	9m	13m	17m	21m	25m	29m	34m
P. rubescens	124	208	64	32	32	20	16	16	20	40
Остали таксони	1676	1688	314	484	248	104	826	92	40	56
Укупно	1800	1896	378	516	280	124	842	108	60	96

Табела 2. Број ћелија на локалитету Николићи по дубинама изражен као cell/ml у мају 2014. године. (извор: агенција за заштиту животне средине)

Table 2 Number of cells at the Nikolići site by depth expressed as cell/ml in May 2014 (source: Environmental Protection Agency)

Таксон	0m	3m	6m	9m	13m	17m	21m	25m	29m	34m
P. rubescens	22072	40352	12864	5024	4192	3740	3504	2176	1260	4440
Остали таксони	1796	2232	1096	604	516	136	469244	108	40	84
Укупно	23868	42584	13960	5628	4708	3876	472748	2284	1300	4524

На локалитету Николић, током маја 2014. године, констатовано је повећање присуства фитопланктона из рода *Planktothrix* врсте *rubescens* на површини воде. Забележено је присуство од 22.072, док је на дубини од 3 m бројност много већа 40.352 (табела 2). Значи да од укупне бројности фитопланктона, 94,75% чини врста *Planktothrix rubescens*.

Table 3. Број индивидуа на локалитету Водозахват по дубинама изражен као ind/ml у мају месецу 2014. године. (извор: Агенција за заштиту животне средине)

Table 3 Number of individuals at the Vodozahvat site by depth expressed as ind/ml in May 2014 (source: Environmental Protection Agency)

Таксон	0m	3m	6m	10m	14m	18m	22,5m	27m	31m	35m	43m	51m
P. rubescens	304	232	240	96	80	100	132	124	108	80	40	92
Остали таксони	2744	1888	848	524	128	224	164	112	1032	1776	972	280
Укупно	3048	2120	1088	620	208	324	296	236	1140	1856	1012	372

Табела 4. Број ћелија на локалитету Водозахват по дубинама изражен као cell/ml у мају месецу 2014. године. (извор: Агенција за заштиту животне средине)

Table 4 Number of cells at the Vodozahvat site by depth expressed as cell/ml in May 2014 (source: Environmental Protection Agency)

Таксон	0m	3m	6m	10m	14m	18m	22,5m	27m	31m	35m	43m	51m
P.rubescens	53200	54984	55680	20448	11920	21200	26532	29140	19872	16960	9040	19320
Остали tak.	3116	2092	1020	672	128	336	232	112	540156	976948	559240	122504
Укупно	56316	57076	56700	21120	12048	21536	26764	29252	560028	993908	568280	141824

Просечне вредности укупног фосфора, на свим локалитетима, одговарале су 2. класи еколошког потенцијала воде. Анализа квалитета воде акумулације „Врутци“, након новембра 2012. године, обављена је тек крајем децембра 2013. године, када је регистрована интензивна појава цветања и развоја врсте *Planktothrix rubescens* и њене доминације у акумулацији (табела 1, 2, 3. и 4).

Planktothrix rubescens спада у планктонске слатководне врсте, које се јављају у мезотрофним и еутрофним великим језерима и стајаћим водама. Боји воду у црвено у периоду цветања, често зими цветају испод леда бојећи воду, пигмент *фикоеритрин* јој даје црвену боју. За разлику од већине цијанобактеријских врста, разликује се по томе што може да користи фосфор неорганског и органског порекла. На основу тога има велику моћ преживљавања и то отежава њено искорењивање (Dulić, S., Mrkić, B., 1999).

Пракса у свету показује да *Planktothrix rubescens* потпуно ишчезава из воде, када концентрација укупног фосфора падне испод 10 µg/l (Glavan, M., Pintar, M., 2010).



Слика 5. Присуство цијано бактерије „*Planktothrix rubescens*“ у води акумулације Врутци (Грађевински факултет, 2014)

Figure 5 Presence of the cyanobacteria '*Planktothrix rubescens*' in the Vrutci water reservoir (Faculty of Civil Engineering, 2014)

С обзиром на то да је акумулација извориште снабдевања водом града Ужица, а да ППВ није било процесно способно да преради такву сирову воду до квалитета воде за пиће, то је узроковало искључење акумулације из система водоснабдевања (30. децембра 2013.) и увођење ванредне ситуације. По препорукама Светске здравствене организације, продор цијанобактерије у систем за водоснабдевање намеће забрану воде за пиће и кување, а даље и за санитарну употребу (European Union 2000).

Бројност осталих група алги била је занемарљива у односу на густину популације врсте *Planktothrix rubescens* (слика 5). Укупна бројност фитопланктона и процентуална заступљеност цијанобактерије одговарају 5. класи еколошког потенцијала воде. На локалитету код бране, где је узорковање рађено по дубини, највећа биомаса врсте констатована је на 10 m дубине, а најмања при дну акумулације (СЕПА, 2014).

У извештајима се наводи да су метеоролошки услови током 2013. године, посебно високе температуре у новембру, неуобичајене за овај период године (РХМЗ Србије, 2014), довели до продужења вегетационе сезоне. Претпоставља се да је интензивна фотосинтетичка активност других алги, пре свега зелених, довела до повећања рН вредности преко 9,0. У току испитивања 2012. забележене су вредности рН преко 9,0, чак до дубине од 5 m. Цветање цијанобактерија много је интензивније у водама чија је рН вредност преко 9,0.

Физиолошке карактеристике врсте *Planktothrix rubescens* (има способности плутања, због поседовања гасних вакуола) условљавају испливавање густе популације у површинске слојеве воде, где се због стабилности воденог стуба и високог капацитета плутања задржава. Ту до изражаја долазе њене физиолошко - еколошке предности у односу на друге алге, што доводи до израженог "цветања воде" и апсолутне доминације ове врсте у површинском слоју воде. Седимент у акумулацији је богат азотом и фосфором, који се на ваздуху минерализују и прелазе у неогранску форму која погодује свим примарним произвођачима, рачунајући и цијанобактерије. Појавом

великих вода, из притока се ерозионим процесима покрећу велике количине суспендованог наноса органског порекла, уносећи додатне количине фосфора у акумулацију. На обалама језера није примећена ниједна макрофитска врста, чак ни ободна водена вегетација, а запажено је и ненормално одсуство птица, што се може објаснити знатним сезонским осцилацијама нивоа површине воде. Један од разлога повећања фосфора у акумулацији јесте и неадекватно управљање рибљим фондом. Рибама је основна храна алга. Примећено је смањење броја Толстолобика у води, а сматра се да је постојао излов ових врста. Наводи се и да су рибе „ловљене“ *динамитом*, услед чега један део њих падне на дно језера. Риба је богата фосфатима и када се распада на дну, фосфор се ослобађа, а то нарочито погодује размножавању алги (Simić, V., 1999).

4. ЗАКЉУЧАК

Хармонију односа у воденој средини ремете отпадне материје, које различитим путевима и из различитих извора доспевају у водене екосистеме. Отпадне воде у многоме мењају састав биоценоза, стварају се нове заједнице, боље прилагођене на живот у загађеној средини. Загађење може довести до значајног опадања бројности популације диверзитета, па чак и ишчезавања појединих врста.

Током последњих деценија човеков утицај на животну средину акумулације Врутци довео је до еутрофизације воденог екосистема. Једна од последица изражене еутрофизације природних и вештачких језера је повећана бројност цијанобактерија, која може да доведе до појаве која је позната под називом цветање воде. Управо то се десило и у акумулацији Врутци. У многим извештајима се наводи да су климатски услови главни узрочник ове појаве, а нису, човек је једини узрок. Можда, током 2013. године јесте било мало падавина, температуре јесу биле изнад просека у зимском периоду, али и да није било тако, овај проблем би се уз овакву бригу о језеру, каква је постојала на Врутцима, само одложио за неко време. С обзиром на то да су ранијих година уочене промене на језеру и то озбиљне, морало се раније реаговати. Језеро Врутци, као акумулација која припада значајно измењеним водним телима, како је закључено последњих година, морало је да се контролише много чешће него што је то рађено. Година 2013. није смела да прође без иједног мониторинга, без иједне анализе воде.

Најзначајнији општи закључак се односи на непознат квалитет воде у језеру Врутци пре децембра 2013. Године. Досадашњи мониторинг, који је обављао РХМЗ, а недавно га преузела Агенција за заштиту животне средине, недовољне је учесталости, имао је временске прекиде, па се о времену појаве *Planktothrix rubescens* и о узроцима њеног цветања може само нагађати. Такође, поставља се питање како је могуће да су се подаци о квалитету воде, који су добијени пре десет година, побољшали до 2012. године, када је Агенција за заштиту животне средине радила оперативни мониторинг да ли је могуће да тешки метали буду присутни у води, а онда десет година касније их нема, па се две године након тога опет појаве и то

у зантним количинама? Дали је могуће да лабораторија на постројењу за прераду сирове воде „Церовића брдо“ нису констатовале да у прерађеној води има цијанобактерија *Planktothrix rubescens*. Зашто ЈКП водовод Ужице две године ћути и испоручује неисправну воду грађанима за пиће и спремање хране?

Решење ће се пронаћи, а кад се пронађе треба јавну свест грађана подићи на већи ниво, са упозорењем да је вода опште национално благо са којим се мора врло одговорно поступати.

Мониторинг квалитета језерске воде имао је за циљ да се дефинише квалитет воде по површини акумулације и по дубини језера. Овај посао је врло обиман и захтева много труда знања и вештине. Систематским мерењима, и узорковањем воде у што више тачака по површини акумулације и по дубини језера током дужег временског периода, установљено је да се квалитет воде значајно мењао.

У језеру је утврђена средња концентрација укупног фосфора око 40 µg/l. Искуства широм света показују да *Planktothrix rubescens*, у потпуности ишчезава уколико су концентрације укупног фосфора ниже од 10 µg/l. Остале мере засноване су на директном сузбијању алги, ултразвуком, алигицидима или средствима која везују фосфор и таложе га на дно.

ЛИТЕРАТУРА

- Andjelkovic, A., Djekovic, V., Milosevic, N. (2014): Контрола квалитета воде и муља Палићког језера. Шумарство 3-4. УШИТС. Београд. стр. 44-58.
- Branković, D., Budakov, Lj. (2001): Fitoplankton kao pokazatelj zagađenja reke Tise. Zbornik radova, 30. konferencija o aktuelnim problemima zaštite voda, Arandelovac, 12-15. jun, str. 151-156.
- Dulić, S., Mrkić, B. (1999): Određivanje kvaliteta vode jezera Ludaš na osnovu planktonske zajednice. Zbornik radova, 28. konferencija Jugoslovenskog društva za zaštitu voda, Soko Banja, 12-15. oktobar, str. 165-170.
- Djekovic, V., Gajic, G., Andjelkovic, A., Milosevic, N., Kernalis, J. (2010): The water quality in the basin of the Vrla river and its impact on environmental quality, First Serbian Forestry Congress-future with forests Belgrade, 11-13 November.
- Glavan, M., Pintar, M. (2010): Impact of point and diffuse pollution sources on nitrate and ammonium ion concentrations in the karst-influenced Temenica river. Fresenius Environmental Bulletin, 19, 5A: 1005-1014
- Milosevic, N., Djekovic, V., Andjelkovic, A., Spalevic, V. (2014): Ефикасност прераде отпадних вода на постројењу 'Билећа' Република Српска. Шумарство 3-4. УШИТС. Београд.
- Sekulić, G., Đokić, V. (1999): Rezultati praćenja kvaliteta vode akumulacije „Batlava”. Zbornik radova, 28. konferencija Jugoslovenskog društva za zaštitu voda, Soko Banja, 12-15. oktobar, str.133- 136.
- Simić, V., Simić, S. (1999): Fauna dna kao pokazatelj stepena eutrofizacije nekih akumulacija u Srbiji. Zbornik radova, 28. konferencija Jugoslovenskog društva za zaštitu voda, Soko Banja, 12-15. oktobar, str.181-186.

- Salama, Y., Chennaoui, M., Mountadar, M., Rihani, M., Assobhei, O. (2013): The physicochemical and bacteriological quality and environmental risks of raw sewage rejected in the coast of the city of El Jadida (Morocco), *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, Volume 8, Number 2, pp. 39 – 48.
- Urošević, M. (2004): *Evropsko i naše vodno zakonodavstvo*. Zbornik radova, 33. Konferencija Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Borsko jezero 8-11. juna.
- Westhoek, H.J., Van den Berg, M., Bakkes, J.A. (2006): Scenario development to explore the future of Europe's rural areas. *Agriculture, Ecosystems and the Environment*, 114, 7–20.
- Rossing, W.A.H., Zander, P., Josien, E., Groot, J.C.J., Meyer, B.C., Knierim, A. (2007): Integrative modelling approaches for analysis of impact of multifunctional agriculture: a review for France, Germany and the Netherlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120, 41–57.
- RHMZ –Srbije (2014): The Government of Serbia Report: Operational Hydrological Bulletin, RHMZ- Serbia, May 15, 2014, Statement of rainfall during the cyclone “Tamara”, QF-A-011 Belgrade. A study of the flooding in serbia in may 2014.
- European Union (1991): Nitrate Directive (91/676/EEC). Accessed online December 28, 2014, <http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/directiv.html>.
- European Union (2000): The EU Water Framework Directive (2000/60/EC). Accessed online December 28, 2014, http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html.

AN ANALYSIS OF THE WATER QUALITY IN THE “VRUTCI” RESERVOIR

*Vojislav Đeković
Aleksandar Anđelković
Ana Bošnjaković
Milorad Janić*

Summary

The water supply of the city of Užice has always entailed a series of problems. The main problems are related to the configuration of the terrain. On the one hand, large altitudinal differences allow for the gravity-fed water supply. On the other hand, it generates high hydrostatic pressures in the water supply network, leading to frequent pipe breakdowns. In order to avoid this, it is necessary to build a large number of interruption chambers which will dissipate the energy of the flow. These chambers must have pumping stations installed to push the water further into the system. Another problem was caused by the rapid increase in the population of Užice which as a regional center received the population from the surrounding areas and cities. Therefore the existing sources could not provide the sufficient quantities of water needed for drinking, food preparation, personal hygiene and other utility needs. After long research and monitoring of the water quality in the surface watercourses and underground wells, it was found that the watercourse of the river Đetinja could be the most suitable source of water in future. A profile was selected in the village of Vrutci at the end of the cliff, 11 km upstream of the city. In order to assess water quality in this profile, water was sampled in all seasons over a longer period of time. All the tested water samples belonged to the first quality class with the increased oxygen content and the possibility to use the water for drinking without previous treating and conditioning it. A decision was made to build a dam. Since the Vrutci dam was built in 1984,

Užice has supplied water from Vrutak. The water was good quality for about 30 years, but then it deteriorated and the composition of phytoplankton in the lake water changed. The excess accumulation of organic matter and the increase in the content of phosphorus to above 8 mg/lit have produced cyanobacteria which are toxic to humans and make water unusable. This composition of water was suitable for the development of *Planktothrix rubescens* phytoplankton. A study of the phytoplankton community confirmed an intensive presence of *Planktothrix rubescens* of the *Cyanobacteria* group. Massive development of this species was observed in all water samples and it was more or less evenly distributed along the water column (from the surface to bottom of the reservoir) at the time of the research. The population of *Planktothrix rubescens* accounts for over 98% of the total number of phytoplankton and a further use of the water for the needs of water supply has been forbidden.