



JESENJE CVETANJE POTENCIJALNO TOKSIČNE CIJANOBakterIJE *PLANKTOTHRIX RUBESCENS* U VIŠENAMENSKOJ AKUMULACIJI VRUTCI LATE AUTMN BLOOM OF POTENTIALY TOXIC CYANOBACTERIA *PLANKTOTHRIX RUBESCENS* IN THE MULTIPURPOSE VRUTCI RESERVOIR

REZIME

U decembru 2013. godine, u višenamenskoj akumulaciji Vrutci, na reci Đetinji procvetala je populacija potencijalno toksične cijanobakterije *Planktothrix rubescens* (DeCandolle ex Gomont) Anagnostidis et Komarek. U radu su prikazani rezultati merenja osnovnih pokazatelja kvaliteta vode, u toku cvetanja koja je 28. decembra, obavio Građevinski fakultet iz Beograda. Multiparametarskom sondom u preko 150 tačaka, izmereni su: temperatura vode, koncentracija rastvorenog kiseonika, stepen saturacije rastvorenim kiseonikom, hlorofil *a*, pH vrednost, specifična elektroprovodljivost i ukupna mineralizacija. U radu su date informacije i zapažanja, do kojih se došlo osmatranjem akumulacije i u neformalnim razgovorima sa predstavnicima JKP Vodovod Užice u ponovnom obilasku akumulacije 2. januara. Akumulacija Vrutci predstavlja glavno izvoriste užičkog vodovoda, pa je preko 60 hiljada korisnika iz Užice i okoline ostalo bez vode za piće i pripremu hrane. I pored evidentne purpurno-crvene boje vode, rezultati merenja nisu ukazali na značajne anomalije u merenim parametrima, izuzev što je hlorofil *a* registrovan u značajnim koncentracijama i na dubinama od 30 metara, što znači da su cijanobakterije nastanile i duboke delove vodene kolone, pa ih je bilo nemoguće izbeći promenom visinske kote na selektivnom vodozahvatu. Interesantno je da ni akumulacija ni njene pritoke nisu imale redovan monitoring, pa se o uzrocima i vremenu pojave cijanobakterija danas samo nagađa. Sada je jasno da postoji potreba za uspostavljanjem kontinualnog monitoringa koji bi obuhvatio veći broj hemijskih i mikrobioloških parametara. Zabrana korišćenja vode, koja je stupila na snagu 26. decembra, ukinuta je 7. februara, tek kada je na cevovod sirove vode povezano izvoriste „Sušička vrela“.

Ključne reči: višenamenska akumulacija, cijanobakterijsko cvetanje, terenska merenja kvaliteta vode

ABSTRACT

In December 2013th, the multipurpose Vrutci reservoir was the scene of potentially toxic cyanobacteria *Planktothrix rubescens* bloom. This paper presents the results of water quality field measurements that were conducted during the bloom on December 28th. Water temperature, dissolved oxygen, dissolved oxygen saturation, chlorophyll *a*, pH, specific conductivity and total dissolved solids were measured in more than 150 evenly distributed points using a multi-parameter probe. The paper provides some visual observations and information collected during private communication with the representatives of Uzice Water Supply PUC. The Vrutci reservoir is the main source of the raw water for the Uzice water supply system. More than 60 thousand consumers from the City of Uzice and the surrounding settlements suffered from a potable water shortage. A ban on using the water for potable water purposes such as drinking and food preparation was announced on December 26th. Interestingly enough, despite the obvious red-purple colour of the water caused by the bloom, the measured water quality indicators did not exhibit significant anomalies, except that chlorophyll *a* was registered in significant concentrations at depths greater than 30 meters. This indicates that the intrusion of cyanobacteria cells could not be avoided by only changing the height on selective withdrawal. It is also interesting that neither the Vrutci reservoir nor its tributaries had regular water quality monitoring, so the causes and the exact time of the appearance of the cyanobacteria may only be the subject of speculation. It is clear enough that there is an urgent need for the establishment of continuous and detailed water quality monitoring that will track changes in chemical and microbiological parameters. The ban on water use that lasted for 43 days was lifted on February 7th, after the newly built water intake structure "Susicka Vrela" on the River Susica was connected to the raw water pipeline.

Keywords: multipurpose water reservoir, cyanobacterial bloom, field measurements

1 UVOD

Akumulacija Vrutci na reci Đetinji predstavlja glavno izvoriste užičkog vodovoda koji snabdeva Grad Užice, okolna naselja i lokalnu industriju. Po prijavi građana koji su u uzvodnom delu akumulacije uočili crvenu mrlju veličine cca 0,5 ha, 14. decembra na teren su izašli predstavnici Zavod za javno zdravlje (ZZJZ) iz

- Užica i predstavnici Štaba za vanredne situacije. Najpre se sumnjalo da je nepoznata supstanca, crvene boje namerno prosuta u akumulaciju. U dva od deset ispitivanih uzoraka, GZJZ Užice je 19. decembra utvrdio prisustvo alge u pijaćoj vodi, pri čemu nije identifikovana vrsta. Dan kasnije, 20. decembra, uzorci sirove i pijaće vode odneti su u mikrobiološku laboratoriju JKP Vodovod Kruševac. Tada je prvi put, nezvanično, utvrđeno da se radi o potencijalno toksičnoj vrsti ci-

¹ Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd

² Univerzitet u Beogradu Biološki fakultet, Studentski trg 16, 11000 Beograd

*dkostic@hikom.grf.bg.ac.rs



janobakterija *Planktothrix rubescens* (DeCandolle ex Gomont) Anagnostidis et Komarek. Koncentrovani uzorci pijaće vode iz kruševačke laboratorije, poslani su u Institut za javno zdravlje Srbije "Dr Milan Jovanović Batut". "Batut" je uzorkovao akumulaciju 23. decembra. Dva dana kasnije, 25. decembra, na poziv JKP Vodovod Užice, akumulaciju Vrutci je uzorkovao JKP Vodovod-Kruševac, obzirom na dugogodišnje iskustvo stečeno kroz praćenje akumulacije Čelije. Decembra 26. ustanovljeno je prisustvo cijanobakterija u vodi iz gradske mreže. Na predlog "Batuta", Ministarstvo zdravlja Republike Srbije, Republička sanitarna inspekcija donosi odluku o zabrani korišćenja vode za piće i pripremu hrane. Nekoliko dana kasnije, zabranjen je i rad zatvorenog bazena u Užicu. Istovremeno, uzorci vode za toksikološke analize su poslani u specijalizovanu referentnu laboratoriju u Nemačkoj.

Dva dana kasnije, 28. decembra, na poziv JKP Vodovod Užice, na teren je izašao i Građevinski fakultet iz Beograda. Multiparametarskom sondom, u preko 150 tačaka, izmereni su: temperatura vode, koncentracija rastvorenog kiseonika, stepen saturacije rastvorenim kiseonikom, hlorofil *a*, pH vrednost, specifična elektroprovodljivost i ukupna mineralizacija. I pored evidentne purpurno-crvene boje vode uzrokovane cvetanjem, rezultati merenja nisu ukazali na značajne anomalije u merenim parametrima. Jedino je hlorofil *a*, kao indikator primarne produkcije fitoplanktona detektovan na velikim dubinama (do 30 metara u akumulaciji Vrutci), što ukazuje da je *Planktothrix rubescens* nastanila i relativno tamne slojeve vodene kolone pa ju je bilo nemoguće izbeći promenom vinskih kote na selektivnom vodozahvatu.

Planktothrix rubescens je potencijalno toksična cijanobakterija koja je do pre nekoliko godina svrstavana u rod *Oscillatoria*. Pigment fikoeritrin joj daje crvenu boju. U procesu fotosintetize može da koristi ceo spektar (od 400 do 700 nm) fotosintetički aktivne radijacije, zbog čega je prisutna i na velikim dubinama (Micheletti et al., 1998). Za razliku od većine cijanobakterijskih vrsta, može da koristi fosfor organskog i neorganskog porekla. Zbog toga ima veliku moć adaptacije i gde se jednom nastani, ostaje trajno ili veoma dugo. Karakteristična je za hladna jezera i akumulacije na velikim nadmorskim visinama, a pre svega za alpska jezera (Ženevsko jezero, Jezero Garda kod Verone, Jezero Bled u Sloveniji, Jezero Berže u Francuskoj itd.). U Srbiji je bila detektovana u akumulacijama na Uvcu (Blaženčić i dr., 1990; Svirčev et al., 2007), a ove godine je procvetala i u akumulaciji Vrutci. Iskustva u svetu ukazuju da je nema u vodenim sredinama, gde su koncentracije ukupnog fosfora ispod 10 mikrograma po litru (Jacquet et al., 2005).

Rezultati toksikoloških analiza koje su rađene u inostranstvu bili su negativni na prisustvo cijanotoksina u pijaćoj vodi. U međuvremenu, na cevovod sirove vode, povezan je cevovod koji zahvata vodu sa novoizgrađenog izvorišta "Sušička Vrela". Usledilo je višednevno ispiranje cevovoda sirove vode i sekun-

darne vodovodne mreže od naslaga biofilma i cijanobakterija koje su "probile" peščane filtere. Nakon 43. dana zabrane, 7. februara, voda za piće je proglašena ispravnom.

2 METODOLOGIJA

2.1 Akumulacija Vrutci i Reka Đetinja

Višenamenska akumulacija Vrutci (43°50'34"N, 19°41'36"E) formirana je 1984. godine, pregrađivanjem reke Đetinje lučnom betonskom branom građevinske visine 77 metara. Pregradno mesto se nalazi 12 kilometara uzvodno od Užica, na ulazu Đetinje u klisuru. Srednji višegodišnji protok Đetinje na pregradnom mestu iznosi 1,87 m³/s. Sliv površine 160 km² je retko naseljen i nema naročito razvijenu privrednu aktivnost. Na koti krune preliva (627 mnm) akumulacija ima ukupnu zapreminu od 54 miliona m³. Akumulacija Vrutci je glavno izvorište užičkog vodovoda, a ima i ulogu u odbrani od poplava, prihvatanju nanosa i oplemenjivanju malih voda u slivu Zapadne Morave (KRO Bioktoš, 1984). Od 2010. godine, na cevovod sirove vode, postavljena je mini hidroelektrana (MHE), kroz koju se ispušta biološki minimum i protok kojim se oplemenjuju male vode. Kao i većina drugih akumulacija u Srbiji, Vrutci su deo ribolovnog područja i popularno letnje kupalište i izletišta. Po svojim nominalnim morfometrijskim karakteristikama, zapremini od 40,2·10⁶ m³ (na koti normalnog uspora, KNU=621,3 mnm) i površini vodnog ogleđala od 1,92 km², odnosno srednjom dubinom od 20,8 m, Vrutci bi trebalo da budu oligotrofno jezero sa trofičkim indeksom ispod 40 (Grašić, 2013). Reka Đetinja nastaje u severnom delu Kremanske kotline spajanjem Bratešničke reke, Konjske reke, Užičkog potoka i Tomičkog potoka. U gornjem toku, Đetinja prima zagađenja organske prirode. To se pre svega odnosi na zagađenje Užičkog potoka otpadnim vodama hotela "Omorika" na Tari. U naseljima Kremna i Bioska, u neposrednoj blizini reke nalaze se septičke jame i male nesanitarnе deponije čvrstog otpada (Milijašević i Jojić, 2009).

2.2 Terenska merenja kvaliteta vode

Multiparametarskom sondom u 156 tačaka, izmereni su: temperatura vode, koncentracija rastvorenog kiseonika, stepen saturacije rastvorenim kiseonikom, hlorofil *a*, pH vrednost, specifična elektroprovodljivost i ukupna mineralizacija. Merne tačke raspoređene su u ukupno šest vertikalna (V1, V2, V3, V4, V5 i V6), ravnomerno raspoređenih po podužnoj osovini akumulacije, od pregradnog mesta do ušća pritoke, slika 1a. Korišćena je multiparametarska sonda, najnovije generacije proizvođača YSI Inc. (Yellow Spring Instrument, <http://www.ysi.com>), tip 6600 V2-2, slika 1b, koja poseduje optičke senzore za merenje koncentracije rastvorenog kiseonika i koncentracije



a) Merna mesta na akumulaciji Vrutci označena su markerima žute boje



b) sonda YSI 6600 V2-2

Slika 1. Pozicije mernih mesta i korišćena merna oprema. Osnovni pokazatelji kvaliteta vode u akumulaciji Vrutci izmereni su u ukupno 156 tačaka, 28. decembra 2013.

hlorofila *a*. Kvalitet vode je meren iz čamca, a sonda je od površine, spuštana do dna, u inkrementima dubine od cca 1m. Veoma sličnom metodologijom i istom mernom opremom, u okviru naučnog projekta TR 37009 - *Merenje i modeliranje fizičkih, hemijskih, bioloških i morfo-dinamičkih parametara reka i vodnih akumulacija* (finansijski podržanog od strane Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije), Građevinski fakultet iz Beograda, na mesečnom nivou, ispituje kvalitet vode u akumulacijama Čelije i Gruža (Nenadić i dr., 2013).

3 REZULTATI, ZAPAŽANJA I DISKUSIJA

3.1 Rezultati merenja

Rezultati merenja dati su grafički, dijagramima na slici 2 i na slici 3. Dijagrami temperature ukazuju na gotovo potpunu vertikalnu izmešanost vodene kolone, slika 2a. U profilu V1, koji je najbliži brani, temperatura vode je približno konstantna do dubine od 32 metra i iznosi nešto manje od 6,0 °C. Zbog velike dubine vode na tom mestu i zbog relativno visoke spoljašnje temperature, usporeno je konvektivno mešanje. Interesantno je da je sloj vodene kolone u blizini dna, kod brane, za nijansu topliji i da njegova temperatura iznosi oko 6,5 °C. Za ovu pojavu trenutno nemamo pouzdano objašnjenje. Uzorkovanja JKP Vodovod – Kruševac i “Batuta”, potvrdila su slične vrednosti, pa verovatno nije reč o grešci merenja. Povećane vrednosti temperature u blizini sedimenta mogu ukazati na intenzivnu biološku razgradnju u kojoj se oslobađa toplotna energija, mada uzrok povišene temperature mogu biti i toplotni kapaciteti masivne betonske brane i/ili stenske mase na dnu. Najuzvodniji profil, V6 je pod najvećim uticajem pritoke, a zbog male mase vode u tom delu akumulacije i malog toplotnog

kapaciteta ovaj deo jezera najbrže reaguje na spoljašnje uticaje. Temperature u profilu V6, na površini, su tek nešto iznad tačke mržnjenja, a u tom delu akumulacije formiran je i ledeni pokrivač.

Elektroprovodljivost vode, je sposobnost vodenog rastvora da provodi električnu struju. Direktno zavisi od količine, pokretljivosti i valence jona disosovanih u vodi i od temperature vode. Specifična elektroprovodljivost je vrednost elektroprovodljivosti normirana na temperaturu vode

od 20°C. Sve izmerene vrednosti specifične el. provodljivosti u akumulaciji kreću se u rasponu od 350 do 430 $\mu\text{S}/\text{cm}$, slika 2b. Primera radi, prema Uredbi o grančnim vrednostima zagađujućih materija u površinskim vodama i podzemnim vodama i sedimentu i rokovima za njihovo dostizanje, vrednost specifične el. provodljivosti od 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ili PN (prirodni nivo) su granica između prve i druge klase ekološkog statusa. Potpuno čista voda (demineralizovana ili destilovana) ima specifičnu provodljivost od 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ukupne rastvorene soli ili ukupna mineralizacija je mera prisustva katjona magnezijuma, kalcijuma, natrijuma, kalijuma i anjona karbonata, hidrokarbonata, hlorida, sulfata, nitrata i nitrita. Iako se sadržaj ukupnih rastvorenih soli (eng. TDS-Total Dissolved Solids) najpouzdanije određuje gravimetrijom, moguće ga je povezati sa elektroprovodljivošću uzorka. Zbog skoro potpune pomešanosti jezerske vode, standardna devijacija svih merenih pokazatelja je mala, pa se i ukupne rastvorene soli kreću u uskom rasponu od 220 do 260 mg/L, slika 2d. Prema prethodno navedenoj Uredbi, koncentracija od 1000 mg/L ili PN (Prirodni Nivo) je granica između prve i druge klase ekološkog statusa. Povećane koncentracije rastvorenih soli zapažene su u blizini i neposredno iznad sedimenta na lokalitetu V1, gde je zabeležena povećana temperatura i smanjena koncentracija kiseonika što ukazuje na intenzivne procese razlaganja organske materije.

Akumulacije je u trenutku merenja bila relativno bogata rastvorenim kiseonikom. U preko 80% izmerenih tačaka koncentracije se kreću između 8 i 10 mg/L, slika 3a. Za datu temperaturu vode i odgovarajuću visinu vodenog stuba, ovaj opseg koncentracija odgovara procentima saturacije između 60 i 80%, slika 3b. Prisustvo značajnih količina kiseonika do dubine od 20 metara je verovatno posledica konvektivnog mešanja vodene kolone i tekućeg cvetanja (cijano-

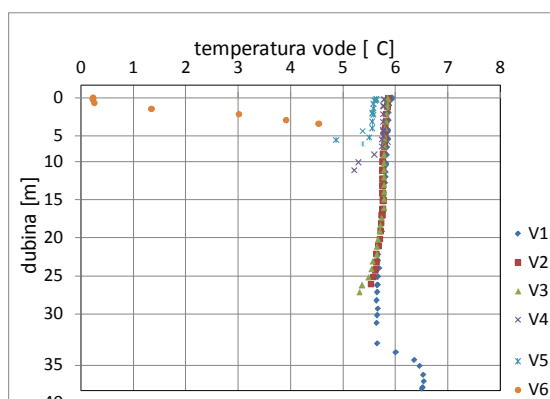


bakterije proizvode kiseonik u procesu fotosinteze), ali se pouzdan zaključak ne može izvesti obzirom da ne postoje podaci merenja kvaliteta vode od ovog leta, kada je akumulacija bila termički stratifikovana. Za dubine veće od 20 metara, kiseonik opada blago, dok preko 32 metra opada naglo, pa su u blizini dna, u profilu V1 kod brane, detektovani skoro anoksični uslovi, kao posledica bakterijskog razlaganja istaložene ogranske materije. Jako je bitno tu vodu evakuirati iz akumulacije najnižim temeljnim ispuštima jer ona sadrži i najveće količine fosfora, čije je prisustvo preduslov razvoja cijanobakterija i drugih algi. Analize Vodovoda Kruševac (Grašić, 2013) ukazuju da su koncentracije ukupnog fosfora u tom sloju 3 do 4 puta veće od prosečne vrednosti za celu akumulaciju. Značajne količine rastvorenog kiseonika i odsustvo cijanotoksina u slobodnoj vodi su glavni razlozi zbog kojih nije uočen ni jedan uginuli akvatični organizam.

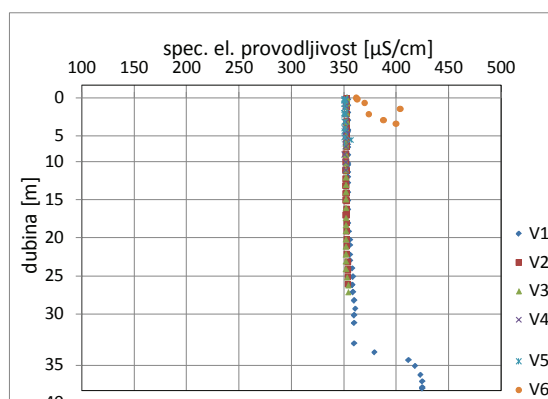
sintetiše organsku materiju u uslovima niskih temperatura i niske osvetljenosti. Primera radi, u toku letnjih cvetanja određenih vrsta algi ili cijanobakterija detektuju se koncentracije kiseonika koje odgovaraju zasićenostima od 150% i više.

Najveći broj izmerenih pH vrednosti u akumulaciji Vrutci, nalazi se u opsegu između 8,2 i 8,5, što indikuje alkalnu sredinu. Povišena pH vrednost je posledica fotosinteze cijanobakterija i geološkog sastava sliva reke Đetinje. U profilu V6, izmerene su najveće pH vrednosti, do 8,62. To ukazuje na relativno visok alkalitet pritoke, a on je posledica tvrdoće vode, što su potvrdile i hemijske analize Vodovoda Kruševac.

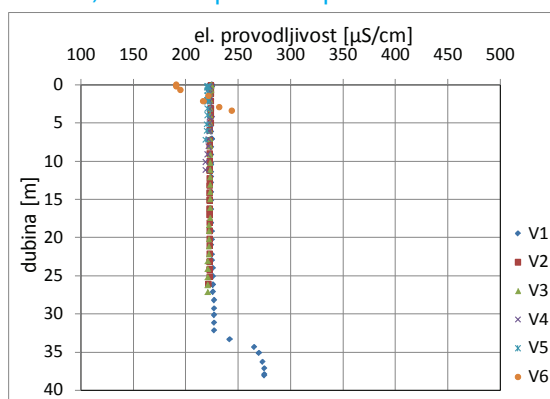
Planktothrix rubescens u toku termalne raslojenosti vodene kolone, zauzima metalimnion, uzak sloj vodene kolone oko termokline, zbog čega je teško ili nemoguće uočljiv golim okom. Zbog toga je le-



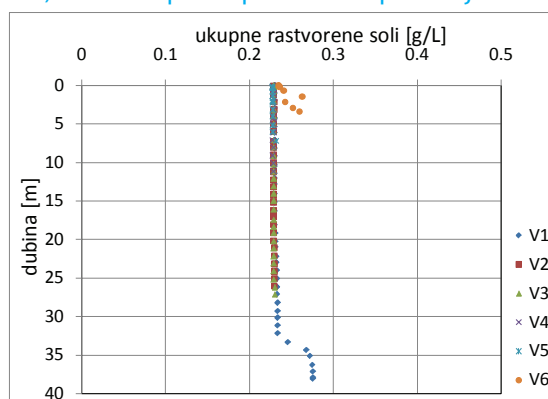
a) vertikalni profil temperature vode



b) vertikalni profil specifične el. provodljivosti



c) vertikalni profil elektroprovodljivosti

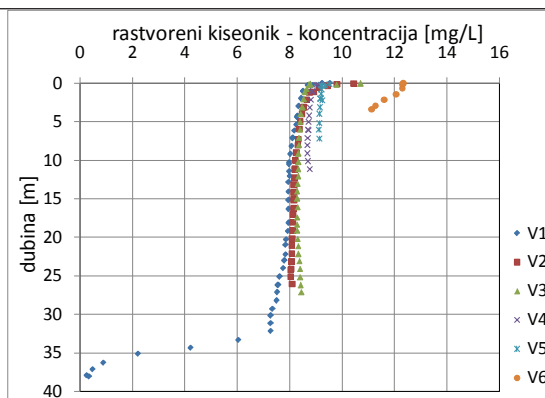


d) vertikalni profil konc. ukupnih rastvorenih soli

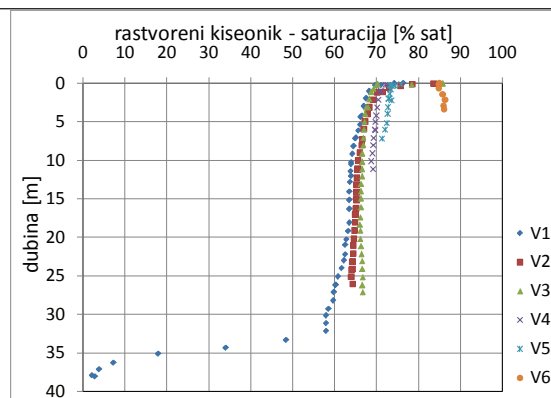
Slika 2. Vertikalni profili: a) temperature vode; b) specifične elektroprovodljivosti; c) elektroprovodljivosti i d) ukupne mineralizacije tj. ukupne rastvorene soli

Najveći broj izmerenih koncentracija hlorofila *a* se kreće u opsegu između 5 i 8 $\mu\text{g/L}$, što su relativno male koncentracije, ali su detektovane i na velikim dubinama (do 30 metara), što ukazuje da su cijanobakterije zauzele čitavu zapreminu jezera i nemoguće ih je izbeći promenom vodozahvatne kote, slika 3c. Male koncentracije hlorofila *a* i stepen saturacije rastvorenog kiseonika koji ne prelazi 100%, govore u prilog činjenici da pomenuta cijanobakterija nije preterano izdašan proizvođač kiseonika, ali je ipak sposobna da

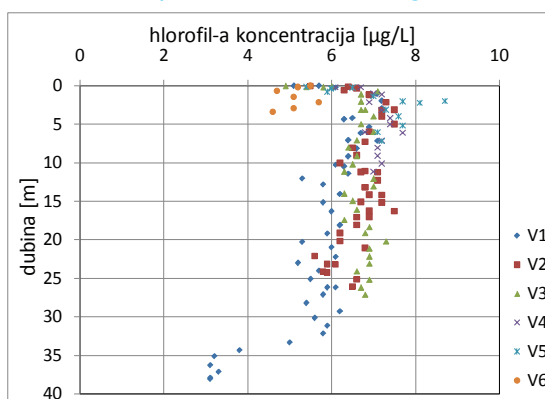
ti neophodno uzorkovati na većem broju dubina, a uzimanju uzoraka VanDornovim ili drugim bocama, treba obavezno da prethodi merenje multiparametarskim sondama koje poseduju bar: senzor temperature, senzor rastvorenog kiseonika i senzor hlorofila *a*, kako se dubine sa kojih se bocama uzimaju uzorci, ne bi nasumično određivale. Što se tiče akumulacije Vrutci, bilo bi jako dobro kada bi se sonde nadogradile i senzorima fikoeritrina koji detektuje upravo prisustvo *Planktothrix rubescens*, ali i drugih cijanobakterija koje poseduju ovaj pigment.



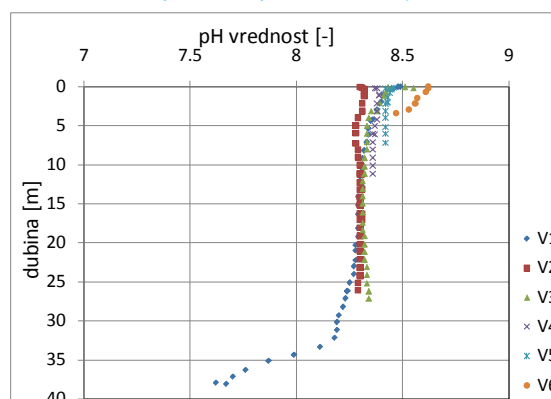
a) vertikalni profil konc. rastvorenog kiseonika



b) vertikalni profil stepena saturacije rastvorenim kis.



c) vertikalni profil koncentracije Hlorofila A



d) vertikalni profil pH vrednosti

Slika 3. Vertikalni profili: a) koncentracije rastvorenog kiseonika; b) stepena saturacije rastvorenim kiseonikom; c) koncentracije hlorofila *a* i d) pH vrednosti

3.2 Vizuelna opažanja

Obzirom da je 28. decembra, u danu merenja, akumulaciju prekrivala gusta magla, vidljivost je bila smanjena. Ponovni obilazak akumulacije i pritoka organizovan je 2. januara po vedrom vremenu. Kota nivoa vode, bila je na oko 614 mm, što je blizu 7 metara niže od kote normalno uspora. Nizak vodostaj pružio

je uvid u ogolelo priobalje. Velike količine nanosa na ušću bočnih, bujičnih pritoka u akumulaciju ukazuju na hitnu potrebu za izgradnjom bujičnih pregrada. U Jokića livadama uočen je pas dok je pio vodu iz akumulacije, a u blizini brane, na prvi pogled vitalna vidra (*Lutra lutra*), zaranjala je i pojavljivala se iz vode, na mestu gde je bilo najviše površinske skrame formirane od uginulih cijanobakterija, slika 4.

Uzvodni deo akumulacije je trenutno bez vode, što pruža uvid u povremeno dno prekriveno sedimentom, slika 5. Istaloženi nanos, reka Đetinja donosi spiranjem sliva. Organske forme azotnih i fosfornih jedinjenja se oksiduju na vazduhu, prelaze u neorganske



Slika 4. Pas koji pije vodu iz akumulacije Vrutci na Jokića livadama i vidra slikana kod levog oporca brane



forme koje postaju dostupne svim primarnim proizvođačima, računajući i cijanobakterije. Dolaskom velikih voda, pritoka spira te slojeve, unoseći ih direktno u akumulaciju. Zbog toga je neophodno kotu nivoa vode održavati što bliže koti normalnog uspora i to će omogućiti da se u ovom delu akumulacije samostalno ili uz pomoć biotehničkih mera uspostavi populacija submerznih makrofita (vodenih biljaka) koje asimiluju azotna i fosforna jedinjenja, ne samo korenovim sistemom, već čitavom svojom površinom. U slučaju bujanja makrofita, njihova biomasa se jednostavno reguliše podvodnim košenjem i ta praksa daje odlične rezultate na Savskom jezeru u Beogradu koje i pored ogromnog broja kupaća u letnjem periodu uspeva da zadrži prvu klasu ekološkog statusa. Markofite predstavljaju i sklonište za ribe, olakšao bi se mrest, a tako bi došlo do ponovnog uspostavljanja narušene ekološke ravnoteže. Treba striktno izbegavati sva nepotrebna obaranja kote vodnog ogledala ispod kote normalnog uspora, obzirom da je akumulacija projektovana da zadrži poplavni talas povratnog perioda 50 godina, bez preliivanja.



Slika 5. Nizak nivo vode pruža uvid u najuzvodniji deo akumulacije Vrutci i istaloženi sediment. Ovaj deo akumulacije deluje kao pogodno stanište za populaciju vodenih biljaka koje bi mogle delimično prečistiti vodu u uzvodnom delu jezera

4 ZAKLJUČCI

Osnovni zaključak koji se može izvesti na osnovu rezultata ovog istraživanja, jeste da i pored intenzivnog cvetanja *Planktothrix rubescens* koje je vodu obojilo u crveno, nema značajnih anomalija u vrednostima najosnovnijih, terenski merljivih pokazatelja kvaliteta vode. Jedino je hlorofil *a*, kao indikator primarne produkcije fitoplanktona detektovan na velikim dubinama, što ukazuje da je *Planktothrix rubescens* nastanila celokupnu vodenu kolonu, pa ju je nemoguće izbeći promenom visinske kote na selektivnom vodozahvatu.

Najznačajniji opšti zaključak odnosi se na nepoznat istorijat kvaliteta vode u akumulaciji Vrutci. Dosadašnji monitoring, koji je obavljao RHMZ, a nedavno ga preuzela Agencija za zaštitu životne sredine, je nedovoljne učestalosti, imao je vremenske prekide, pa se o vremenu pojave *Planktothrix rubescens* i o uzrocima njenog cvetanja danas može samo nagađati.

U upravljanju akumulacijom apsolutni prioritet je dat zaštiti od poplava i proizvodnji električne energije na MHE, pri čemu se nije vodilo računa o mogućim posledicama takvog upravljanja na kvalitet vode. Nivo vode u akumulaciji je značajno obaran krajem jeseni kako bi se obezbedio prostor za prihvatanje prolećnog poplavnog talasa. Pored toga, što je prerano pražnjena, akumulacija je, umesto niskim temeljnim ispuštima, pražnjena ispuštanjem "izbistrene" vode kroz cevovod sirove vode i MHE. Na taj način se u akumulaciji zadržavala voda velike mutnoće, niskog sadržaja rastvorenog kiseonika i visokog sadržaja fosfora. U razgovoru sa upućenima, ribljim fondom se takođe gazdovalo na nedomaćinski i na netransparentan način. Gotovo sve nadležne republičke institucije su ispoljile nezainteresovanost i inertnost u pružanju pomoći lokalnoj samoupravi.



Sa druge strane, za pohvalu je bila reakcija okolnih gradova, njihovih JKP i zdravstvenih centara u smislu obezbeđivanja cisterni sa vodom i u zbrinjavanju teško obolelih pacijenata i trudnica. U pruženoj podršci se posebno istakao JKP Vodovod-Kruševac, koji se u prošlosti suočvao sa sličnim situacijama, pružajući JKP Vodovod Užice značajnu tehničku i ekspertsku podršku.

Na osnovu pregleda literature i sličnih iskustava u svetu, najverovatnije je da će pomenuta cijanobakterija ostati u akumulaciji sve dok se nivo ukupnog fosfora ne obori ispod granične vrednosti od 10 µg/L, kada ova cijanobakterija, prema podacima iz literature, biva iskorenjena. Slobodna je procena da će to potrajati najmanje 10 godina, a pojavi će pogodovati blage zime. Zbog toga je najvažnije za JKP Vodovod u ovom trenutku, da hitno unapredi proces prerade vode i poveća kapacitet i broj alternativnih izvora vodosnabdevanja.

ZAHVALNOST

Rad je deo naučnog projekta TR37009, *Merenje i modeliranje fizičkih, hemijskih, bioloških i morfodinamičkih parametara reka i vodnih akumulacija-MORE*, finansijski podržanog od strane Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, a čiji je nosilac Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet. Autori su zahvalni JKP Vodovod Užice na finansijskoj, tehničkoj i logističkoj podršci prilikom terenskih merenja.

LITERATURA

1. Micheletti, S., Schanz, F. and A. Walsby. (1998). The daily integral of photosynthesis by *Planktothrix rubescens* during summer stratification and autumnal mixing in Lake Zurich, *Journal New Phytologist*, 139, 233-246, Wiley Online Library
2. Blaženčić, J., Jovanović, Đ. i M. Cvijan. (1990). *Oscillatoria*

3. *rubescens* u akumulaciji Uvac – uzroci i posledice, Zbornik radova konferencije "Zaštita voda '90".
4. Svirčev, Z., Simeunović, J., Subakov-Simić, G., Krstić, S. and M. Vidović. (2007). Freshwater Cyanobacterial Blooms And Cyanotoxin Production In Serbia In The Past 25 Years, *Geographica Pannonica* 11/2007
5. Jacquet, S. et al. (2005). The proliferation of the toxic cyanobacterium *Planktothrix rubescens* following restoration of the largest natural French lake (Lac du Bourget), *Harmful Algae* 4, 651-672, Elsevier
6. Cicvarić, M., Jovanović, L., Knežević, D., Savić, B., Jevtić, G. i V. Arandelović. (1984). Titovo Užice – Novi sistem vodovoda i kanalizacije, KRO „BLOKTOŠ“
7. Grašić, S. (2013). Izveštaj o ispitivanju jezera Vrutci i predlozi za dalje delatnosti, JKP Vodovod Kruševac
8. Milijašević, D. i T. Jojić Glavonjić. (2009). Kvalitet vode reke Đetinje, Zbornik radova Geografskog instituta "Jovan Cvijić", SANU, vol. 59, br. 1, str. 63-74
9. Nenadić, N., Kostić, D., Jaćimović, N., Naunović, Z. i M. Ivetić. (2013). Modeliranje sezonskih promena temperature vode akumulacije Čelije, *Voda i sanitarna tehnika*, vol. 43, br. 6, str. 31-40



Trščanska 21
11080 Beograd - Zemun
Srbija

59 godina poverenja

APARTMANSKI VODOMERI



KUĆNI VODOMERI



INDUSTRIJSKI VODOMERI



Od sada vodomere očitavajte na ovaj način



Do sada ste vodomere očitavali na ovaj način



DALJINSKO OČITAVANJE VODOMERA ADO-RF24



ADORFModem



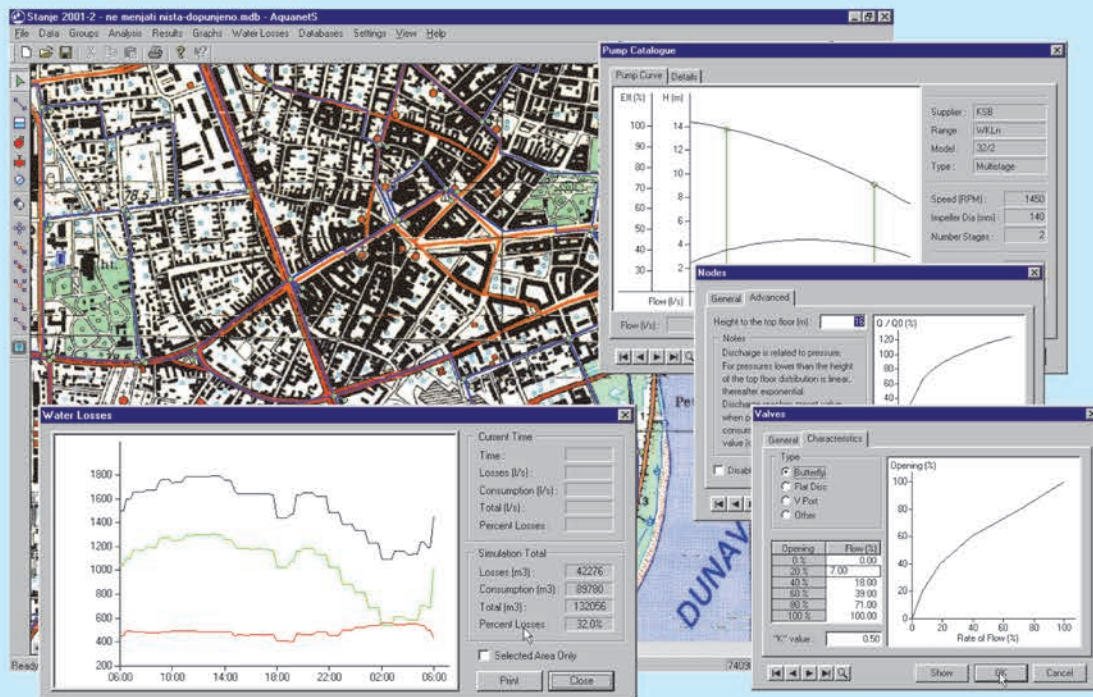
Standardi



Centrala +381 11 2612 422, Telefaks +381 11 614 330 Generalni Direktor +381 11 2618 722
Prodaja +381 11 2614 236, Nabavka +381 11 2610 572, e-mail: office@insa.rs, web: www.insa.rs

BEOINŽENJERING 2000 d.o.o. za projektovanje, inženjering i konsalting je osnovano 1989. godine. Bavimo se izradom tehničke dokumentacije i izvođenjem specifičnih radova iz oblasti hidrotehnike.

Više od dvadeset godina uspešno radimo u Srbiji, Crnoj Gori i Republici Srpskoj, za klijente kao što su: komunalna preduzeća, gradske i republičke direkcije, Svetska Banka, EAR, EIB, strani donatori...



Posebnu pažnju posvećujemo oblasti revitalizacije vodovodnih sistema i smanjenju gubitaka vode. U tu svrhu koristimo programske pakete *Aquanet*, namenjen modeliranju vodovodnih sistema i *TKNet*, program za analizu hidrauličkog udara u vodovodnoj mreži.



Zastupamo firme SEBA Hydrometrie (hidrološki instrumenti) i SEBA KMT (oprema za pronalaženje kvarova na vodovodnim sistemima).

11000 Beograd, Čučuk Stanina 2, tel/fax: 011 3086-623, 2454-001,
e-mail: info@beoinzenjering.rs