



UNIVERZITET U  
Kragujevcu  
AGRONOMSKI FAKULTET U  
ČAČKU



UNIVERSITY OF  
Kragujevac  
FACULTY OF  
AGRONOMY  
ČAČAK

---

# XXIV SAVETOVANJE O BIOTEHNOLOGIJI

sa međunarodnim učešćem

- ZBORNİK RADOVA 2 -



---

Čačak, 15 - 16. Mart 2019. godine

# XXIV SAVETOVANJE O BIOTEHNOLOGIJI

sa međunarodnim učešćem

- Zbornik radova 2 -

## ORGANIZATOR I IZDAVAČ

Univerzitet u Kragujevcu,  
Agronomski fakultet u Čačku

### Organizacioni odbor

Prof. dr Goran Dugalić, prof. dr Biljana Veljković, prof. dr Ljiljana Bošković-Rakočević, prof. dr Drago Milošević, dr Nikola Bokan, dr Milun Petrović, dr Milan Nikolić, dr Ranko Koprivica, dipl. inž. Miloš Petrović

### Programski odbor

Prof. dr Snežana Bogosavljević-Bošković, prof. dr Radojica Đoković, prof. dr Milena Đurić, prof. dr Milomirka Madić, prof. dr Leka Mandić, prof. dr Drago Milošević, prof. dr Tomo Milošević, prof. dr Aleksandar Paunović, prof. dr Lenka Ribić-Zelenović, prof. dr Vladeta Stevović, prof. dr Gordana Šekularac, dr Vladimir Kurćubić, vanredni profesor, dr Goran Marković, vanredni profesor, dr Pavle Mašković, vanredni profesor, dr Gorica Paunović, vanredni profesor, dr Snežana Tanasković, vanredni profesor, dr Tomislav Trišović, vanredni profesor, dr Milan Lukić, naučni saradnik, prof. dr Mlađan Garić

### Tehnički urednici

Dr Milun Petrović, dipl.inž. Miloš Petrović, dipl.inž. Dušan Marković

**Tiraž:** 180 primeraka

### Štampa

*Grafička radnja štamparija Bajić, V. Ignjatovića 12, Trbušani, Čačak*  
Godina izdavanja, 2019

## PRANJE I DEZINFEKCIJA VODOVODNE MREŽE NA RELACIJI UŠĆE ZEMUN-PIRAMIDA NOVI BEOGRAD

*Tomislav Trišović<sup>1</sup>, Lidija Rafailović<sup>2</sup>, Branimir Grgur<sup>3</sup>, Svetomir Milojević<sup>4</sup>,  
Milan Nikolić<sup>5</sup>, Trišović Zaga<sup>6</sup>*

**Izvod:** Globalno zagrevanje i porast prosečne temperature doveli su do pojave cijanobakterija posebno u stajaćim vodama. Posebnu opasnost za zdravlje su toksini koje ove bakterije proizvode usled neadakvatnog tretmana. Razni toksini mogu izazvati osip na koži, mogu dovesti do raka jetre, a neki od njih su jaki neurotoksini. Iz ovih razloga neophodno je da se cijanobakterije uklone pre nego dodju u pogon finalne prerade vode. Rezultati laboratorijskih ispitivanja na cijanobakterije posle tretmana cevovoda sprovedeni u Zavodu za javno zdravlje Srbije i laboratorija JKP Beogradski vodovod pokazali su posle izvršenih procesa čišćenja, pranja i dezinfekcije znacajno smanjenje broja cijanobakterija. Pokazano je da je  $\text{KMnO}_4$  efikasno sredstvo za suzbijanje cijanobakterija u koncentraciji do 25 mg/l.

**Cljučne reči:** cijano bakterije, toksini, voda, tretman,  $\text{KMnO}_4$

### Uvod

Cijanobakterije su gram-negativne bakterije koje imaju sposobnost fotosinteze kao i biljke. Nazivaju ih i modrozelenne alge zbog nepoznavanja ćelijske strukture i sličnosti s biljkama. Poseduju sastav unutrašnjih membrana - tilakoidi. Na tilakoidima se nalazi zeleni pigment hlorofil koji Sunčevu svetlost prevodi u hemijsku energiju ugljovodonika uz oslobađanje kiseonika procesom fotosinteze. Na površini mnogih cijanobakterija nalaze se sluzavi omotači, koji štite ćeliju od isušivanja, a kod nekih predstavnika imaju ulogu u puzećem kretanju. Ćelijski zid je višeslojan i sastoji se iz 4 sloja (L1, L2, L3 i L4). Sloj L1 je najbliži citoplazmatskoj membrani. Na njega se naslanja sloj L2 u kome se nalazi murein. U sastavu L3 i L4 sloja nalaze se ugljeni hidrati. Cijanobakterije ili prokariotske modrozelenne alge imaju predstavnike čije je vegetativno telo – talus. Talusi mogu biti jednoćelijski ili kolonijalni. Ispod ćelijskog zida nalazi se – protoplast sa specifičnim gasnim vakuolama. One su ispunjene gasom, azotom, koji se u njima zadržava nakon uginuća ćelija. Kod nekih vrsta su ove vakuole prisutne tokom celog života, kod nekih se javljaju povremeno, a neke vrste ih uopšte nemaju [1,2].

Većina cijanobakterija su fotoautotrofi. Za život im je potrebna voda, ugljen dioksid, neorganska materija i svetlost. Osnovni način dobivanja energije je fotosinteza.

---

<sup>1</sup>Institut tehničkih nauka SANU, K. Mihailova 35/4, 11000 Beograd, Srbija  
(tomislav.trisovic@itn.sanu.ac.rs)

<sup>2</sup>CEST, Viktor-Kaplan-Str. 2, A-2700 Wiener Neustadt, Austrija

<sup>3</sup>Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, 11 000 Beograd, Srbija

<sup>4</sup>Fakultet tehničkih nauka, K. Miloša 7, 38220 Kosovska Mitrovica

<sup>5</sup>Agronomski fakultet, Cara Dušana 34,32 000 Čačak, Srbija

<sup>6</sup>Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11 000 Beograd, Srbija

U prirodi neke vrste mogu preživjeti dug period u potpunom mraku. Nadalje, neke cijanobakterije pokazuju sposobnost heterotrofne prehrane. One su prve koje naseljavju kamenje i tlo. Adaptacije, kao pigmenti za upijanje ultraljubičastih zraka, povećava njihov fitness u izloženom kopnenom okruženju. Većina vrsta je sposobna da živi u tlu i kopnenim staništima, gde su bitni u kruženju nutrijenata [1, 2]. Cijanobakterije imaju veliku biološku raznolikost od oko 2000 vrsta svrstano u 150 rodova. Potpunu reviziju klasifikacije cijanobakterija (vrste, rodovi, porodice, redovi) su napravljeni, a ona je rezultat najnovijih saznanja filogenetičkih analiza koje se temelje na podacima molekularnih sekvenci pojedinih vrsta. Prema toj klasifikaciji cijanobakterije su svrstane u 6 rodova: I. Gloeobacterales; II. Synechococcales; III. Spirulinales; IV. Chroococcales; V. Pleurocapsales; VI. Oscillatoriales; VII. Chroococciidiopsidales.

Prisustvo cijanobakterija u vodi za piće značajno je prvenstveno zbog intracelularnih toksina koje one proizvode. Ovi toksini pripadaju trima vrstama: hepatotoksini, koji oštećuju ćelije jetre; neurotoksini, koji oštećuju nervne ćelije, i cilindropermopsin, koji može da izazove oštećenja jetre, bubrega, gastrointestinalnog trakta i krvnih sudova. Unošenjem toksina koje luče cijanobakterije nije smrtno opasno, ali konzumiranje vode koja sadrži ove toksine može da izazove gastroenteritis. Neprijatan ukus i miris vode može da nastane usled jedinjenja koja stvaraju određene vrste algi, cijanobakterije (modrozeleno alge), bakterije i ponekad protozoe[3].

Također zapanjujuće je što mogu preživjeti ekstremno visoke i niske temperature. Naseljavaju vruće izvore, planinske tokove, arktička i antarktička jezera, sneg i led. Cijanobakterije stvaraju simbiotske asocijacije sa biljkama i životinjama.

Nekoliko hemijskih jedinjenja je testirano za upotrebu kao algicidi.

Najčešće je bakar sulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) primenjen algicid jer je ekonomičan, efikasan i lak za upotrebu. Međutim, dodavanje bakra jezerima i akumulacijama izaziva zabrinutost zbog akumulacije teških metala i povećanje toksičnosti. Potraga za alternativama algicida na bazi bakra (bakar citrat, bakar elolat) je neophodno jer je malo verovatno da će doći do opadanja cijanobakterija s obzirom na buduću praksu menjanja klime i korištenja zemljišta [3].

Vodonik peroksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) je ekološki prihvatljiv oksidant koji se razlaže na vodu i kiseonik bez pojave drugih hemikalija. Smatra se da  $\text{H}_2\text{O}_2$  može biti potencijalni algicid u rezervoarima, može napasti ćelije cijanobakterija i suzbiti reakciju fotosinteze inhibiranjem fotosintetskog elektrona - transfer. Konvencionalne tehnologije za obradu vode uključujući koagulacija, flokulacija i filtracija su efikasni za uklanjanje intracelularnih toksina sa intaktnim ćelijama ne uzrokujući dodatno oslobađanje intracelularnih toksina. Nasuprot tome, ovi procesi tretmana su neefikasni u uklanjanju rastvorenih toksina, ukusa, nus proizvoda i mirisa. Uobičajena praksa je dodavanje oksidanata pre konvencionalnog tretmans za poboljšanje koagulacije ili za oksidaciju gvožđa (Fe) i mangana (Mn). Uobičajeni oksidanti pre tretmana uključuju hlor, ozon i kalijum permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) [1].

Kalijum permanganat  $\text{KMnO}_4$  se primenjuje za poboljšanje ukusa i mirisa vode, uklanjanje boje, gvožđa i mangana, sprečava biološki rast i ne stvara toksične nus produkte. Kalijum permanganat je efikasan za uklanjanje ćelija cijanobakterija bez oslobađanja intracelularnih toksina, efikasan je u uklanjanju mikrocistina i do 95%

anatoksin takođe uklanja pri koncentraciji od 1,5 mg/l dok je slabo reaktivan sa cilindropermopsinom i saksitoksinom.

Ozon se takođe koristi za uklanjanje cijanobakterija ali je njegovo vreme poluraspada veoma kratko. Na primer u opterećenim vodama nije bilo zaostalog ozona u prvih 30 s ako je početna koncentracija ozona bila 2 mg/l. Čak i za veće doze (4 i 6 mg L<sup>-1</sup>), ozon je brzo potrošen u prvih 30 sekundi, ali mnogo sporije tokom sledećeg vremena reakcije. Procenat intaktnih ćelija ostao je oko 50%, ako je početna doza ozona bila 2 mg/l nakon 5 min kontaktnog vremena. Koncentracije 4 i 6 mg/l ozona rezultirale su gubitakom membrane u 70% i 90% cijanobakterijskih ćelija.

Upotrebom kalijum permanganata procenat intaktnih ćelija se smanjio na 74% kada upotrebom 5 mg/l KMnO<sub>4</sub> nakon 6 h tretmana. Upotrebom koncentracije KMnO<sub>4</sub> (10 mg/l) rezultirao je većim gubitkom integriteta membrane blizu 100% nakon 6 h tretmana. Gustine ćelija su ostale prilično konstantne nakon 6 h tretmana koristeći početne doze KMnO<sub>4</sub> od 1, 3 i 5 mg/l, dok oko 15% smanjenja gustine ćelija je evidentirano u 10 mg/l KMnO<sub>4</sub> [4]. Sredstva za dezinfekciju i oksidaciju kao što su natrijum hipohlorit i hlor dioksid u koncentraciji i do 50 mg/l su uspešna u procesima uklanjanja bakterije *Pseudomonas aeruginosa* u hidrantskom cevovodu, dok su najbolji rezultati postignuti sa vodonik peroksidom i koloidnim srebrom [5].

### Materijal i metode rada

Tretman cevovoda vršen je kalijum permanganatom i to od Ušća u Zemunu do Piramide na Novom Beogradu. Koncentracija permanganata u cevovodu bila je 25 mg/l a kontaktno vreme tj vreme zadržavanja vode sa visokom koncentracijom permanganata je bilo 24h. Zapremina cevovoda je iznosila oko 4000 m<sup>3</sup>.

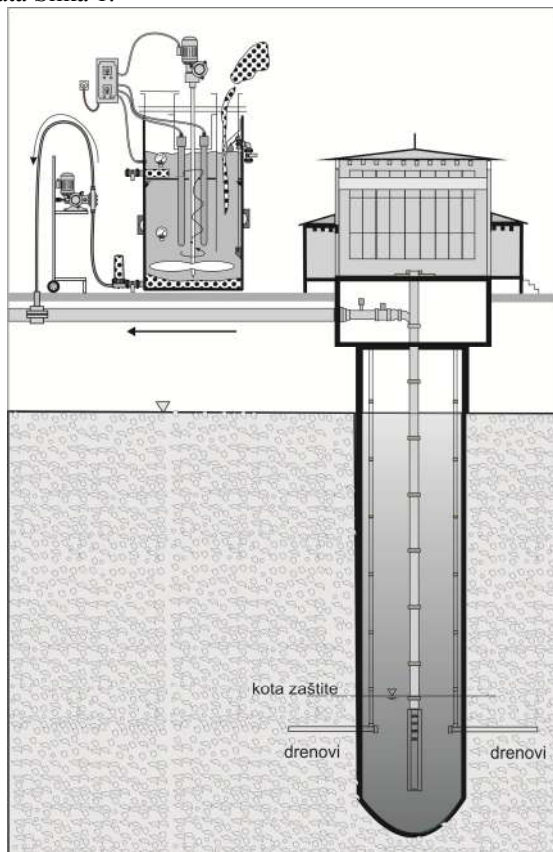
### Rezultati istraživanja i diskusija

Cevovodi JKP Beogradski vodovod i kanalizacija su stari preko 60 godina pa su se u na unutrašnjoj površini cevovoda formirale naslage jedinjenja, kalcijuma, magnezijuma, gvožđa ili čestica mangana. Tako formirani podslaj na unutrašnjosti cevovoda je idealna podloga za razvoj biofilma. Bakterije, kvasci i plesni prijanjaju za ove čestice i zatim formiraju biofilm - sluzavi sloj po unutrašnjosti cevovoda. Ovo dovodi do nastanka okruženja koje je idealno za razvoj mikroorganizama. Konstrukcija vodovodnih instalacija je takođe čest uzrok nastanka biofilma. Na mnogim cevovodima često vidamo preduge cevovode sa nepotrebnim krivinama, slepim završecima i zatvorenim cevima. Svaka krivina i svaka zatvorena cev predstavljaju rizik od stajaće vode koja dovodi do stvaranja naslaga materijala, čime počinje formiranje biofilma.

S obzirom da postoje biološki filtri na pogonu za preradu sirove vode „Bežanijska Kosa“ nije preporučljivo da se radi kontinualna dezinfekcija vode na mreži primarnih cevovoda tj cevovoda koji transportuju sirovu vodu od bunara do pogona za preradu. Takođe cevovodi nisu ni povremeno čišćeni ni prani od šesdesetih godina prošlog veka. Bunari koji napajaju cevovod su tipa reni bunara dubine do 30 m sa izdašnošću od 20 do 150 l/s. Zbog starenja bunara njihova izdašnost je smanjena od 20 do 50% tako da je smanjena srednja brzina strujanja kroz cevovod ispod 0,2 m/s. Zbog smanjene brzine

strujanja u cevovodu dolazi do taloženja finih cestica na dno cevovoda što veoma pogoduje stvaranju bakterijskih kultura. Za čišćenje cevovoda kako primarnih tako i sekundarnih, postoji nekoliko mogućnosti. Hidromehaničko čišćenje i pranje cevovoda, hemijski tretman cevovoda ili instalacija novog cevovoda.

Služba sanitarne kontrole JKP Beogradski vodovod i kanalizacija svakodnevno meri brojnost cijanobakterija po kvadratnom centimetru u uzorku od jedan litar. Interna odluka stručnog tima je da se cevovod tretira ukoliko je brojnost cijanobakterija na primarnom cevovodu veći od 500 jedinki. S obzirom da je 10. Februara 2019 godine brojnost bakterija premašila kritični nivo odlučeno je da se 12.02.2019 godine radi tretman cevovoda kalijum permanganatom i to od Ušća u Zemunu do Piramide na N Beogradu. Da bi se ovo ostvarilo napravljen je uređaj za kontinualno rastvaranje kalijum permanganata Slika 1.



Slika 1. Uređaj za kontinualno rastvaranje kalijum permanganata  
 Figure 1. Device for continual dissolution of potassium permanganate.

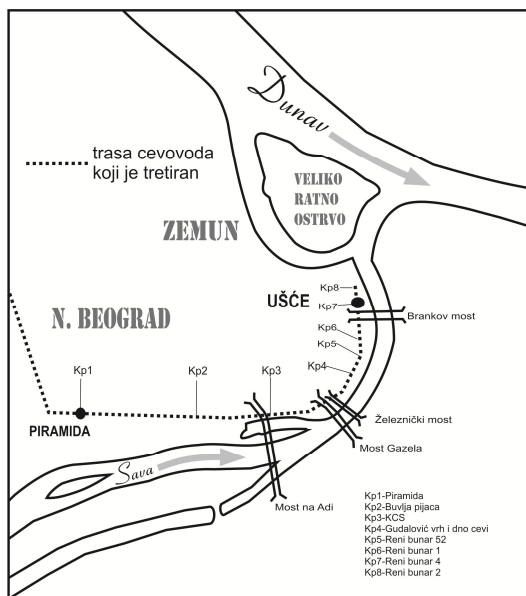
Princip rada uređaja za kontinualno rastvaranje i doziranje kalijum permanganata se sastoji od jedne cilindrične posude zapremine 1700 l u čijoj je osi instalirana mešalica

koju pokreće elektomotor sa reduktorom. Brzina obrtanja mešalice je 30 obrtaja u minuti. Na sredini posude nalazi se pregradno dno koje ima zadatak da umiri vrtložno strujanje nastalo od mešalice. Pored samog vratila mešalice nalaze se stapičasti grejači koji zagrevaju elektolit u cilju konstantne temperature kako bi se na taj način obezbedila konstantna koncentracija permanganata u elektolitu. Rastvorljivost permanganata u vodi je mala i opada sa padom temperature. Rastvorljivost permanganata je 64 g/l na temperaturi od 200° C dok ne 43 g/l na temperaturi od 100° C. Radom grejača upravlja termostat koji meri temperaturu u samoj posudi za rastvaranje i uključuje grejače ako je temperatura ispod 200° C a isključuje ih po dostizanju temperature elektolita od 220° C. Vrednost temperature se poslatra i na digitalnom transmiteru. Radi paralelne kontrole temperature instalirana su i dva analogna kontaktna termometra na samom telu posude za rastvaranje. Doziranje zrnastih kristala kalijum permanganata ostvaruje se tako da sipanjem kristalni permanganat dospeva na dno posude preko pomocne dozirne cevi koja ga usmerava na samo dno. Doziranje vode ostvaruje se automatski preko ventil plovka na taj način da ventil plovak upušta tačno onoliko vode koliko elektolita iz bosude usisa dozirna pumpa. Sveža voda koja ulazi u posudu ulazi na vrh posude i sliva se niz grejače tako da je elektolit u gornjoj mirnoj zoni nezasićen jer se razblažuje sa svežom vodom dok je odlaskom ka dnu došlo do njegovog zasićenja usled intenzivnog mešanja vode i preškastog kalijum permanganata.

Doziranje dozirnim pumpama kalijum permanganata je ostvareno intenzitetom od 270 l/h zasićenog rastvora (proizvod rastvorljivosti na 10°C je 43 g/l) kalijum permanganata pri protoku sirove vode kroz cevovod od 150 l/s u trajanju od 6h. Koncentracija permanganata u cevovodu bila je 25 mg/l a kontaktno vreme tj vreme zadržavanja vode sa visokom koncentracijom permanganata je bilo 24h. Zapremina cevovoda je iznosila oko 4000 m<sup>3</sup> što je zapremina cevovoda fi 1000 od Ušća do Piramide na N. Beogradu.

Posle pet časova doziranja i detekcije kalijum permanganata u blizini Piramide obustavljeno je dalje doziranje. U cevovodu je bilo 25 mg/l permanganata i on je u njemu zadržan 24 h. Posle tog kontaktnog vremena od 24 h 4 000 kubnih metara vode je ispušteno u kanalizaciju i sa još dve zapremine (8000 m<sup>3</sup>) cevovod je ispran i pušten u funkciju.

Služba sanitarne kontrole je posle 10 sati od ispiranja cevovoda uzorkovala i pratila broj bakterijskih kultura duž cevovoda. Rezultati na kontrolnim tačkama (Slika 2) pokazuju da je došlo do znatnog smanjenja broja cijanobakterija i da je njihova brijnost duž cevovoda od 10 do 80 jedinki po centimetru kvadratnom i litru. Ovo je rezultat koji zadovoljava normative kvaliteta za sirovu vodu na primarnoj grani cevovoda.



Slika 2. Plan grada sa trasom cevovoda koja je tretirana kalijum permanganatom i prikazom kontrolnih tačaka Kp sa kojih se uzimaju uzorci za analizu na cijanobakterije.

Figure 2. City plan showing treated pipeline system by use of potassium permanganate and control location indicating positions where the samples for microbiological analysis were taken.

### Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da:

- Uređaj za kontinualno rastvaranje kalijum permanganata je funkcionalan i kontinualno daje konstantnu koncentraciju kalijum permanganata (zasićen rastvor) koji je funkcija temperature.
- Kalijum permanganat u koncentraciji 25 mg/l kao sredstvo za dezinfekciju i oksidaciju cijanobakterija je za red veličine smanjilo koncentraciju cijanobakterija u cevodu i to do 600 na oko 40 jedinki po kvadratnom centimetru i litru u vremenskom trajanju od 24h.
- Koncentracija permanganata je pala sa 25 na oko 10 mg/l posle 24 h što ukazuje na organsko opterećenje sirove vode.
- Da bi se postigli bolji rezultati neophodno je da se CT (koncentracija oksidansa puta vreme delovanja) faktor poveća u cilju smanjenja ili potpunog uništavanja cijanobakterija u cevovodu.

### Napomena

Istraživanja u ovom radu finansirana su sredstvima JKP Beogradski vodovod i kanalizacija.



**Literatura**

- Pivokonska L., Baresova M., Henderson R.K., Zamyadi A., Janda V., Naceradska J., Pivokonsky M. (2017) The impact of pre-oxidation with potassium permanganate on cyanobacterial organic matter removal by coagulation, *Water Research* 114, 42-49.
- Fan J., Ho L., Hobson P., Brookes J. (2013) Evaluating the effectiveness of copper sulphate, chlorine, potassium permanganate, hydrogen peroxide and ozone on cyanobacterial cell integrity, *Water Research* 47, 5153-5164
- N. Veljković (2010) Unapredjenje kvaliteta vode kod lokalnih vodovoda i kanalizacije manjih mesta u Srbiji, Poglavlje – Upravljanje rizicima u lokalnim vodovodnim sistemima, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 38-57.
- Australian Government, National Health and Medical Research Council (2004). Australian drinking water guidelines
- Trišović T., Milojević S., Jugović B.Z., Nikolić M., Trišović Z. (2018) Pranje i dezinfekcija vodovodne mreže na poligonu nacionalne vozačke akademije NAVAK u Subotiču, XXIII savetovanje o biotehnologiji, 511-517.

**CLEANING AND DESINFECTION A PART OF WATER SUPPLY SYSTEM UŠĆE ZEMUN-PIRAMIDA NEW BELGRADE**

*Tomislav Trišović<sup>1</sup>, Lidija Rafailović<sup>2</sup>, Branimir Grgur<sup>3</sup>, Svetomir Milojević<sup>4</sup>, Milan Nikolić<sup>5</sup>, Trišović Zaga<sup>6</sup>*

**Abstract**

It was noticed worldwide that nutrient enrichment and climatic change as global warming and hydrologic changes with periods of more intense droughts strongly affect cyanobacterial growth. Toxigenic cyanobacteria that can produce a wide range of cyanotoxins (hepato-, neuro-, dermatotoxins) are one of the major health risks humans and animals are exposed to via drinking water. Therefore, it is important to remove the cyanobacteria before the water comes to a plant for a final treatment. Results of laboratory examination carried out by National Public Health Institution of Serbia and Belgrade Waterworks and Sewerage shows significant reduction of number of cyanobacteria after our treatment with  $\text{KMnO}_4$ . The efficiency of the treatment is the highest when concentration of  $\text{KMnO}_4$  was 25 mg/l.

**Key words:** cyanobacteria, toxins, water, treatment,  $\text{KMnO}_4$

**CIP- Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије**

63(082)  
606:63(082)

САВЕТОВАЊЕ о биотехнологији са међународним учешћем (24 ; 2019 ; Чачак)

Zbornik radova. 2 / XXIV savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Čačak, 15-16. mart 2019. godine ; [organizator] Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet u Čačku = [organized by] University of Kragujevac, Faculty of Agronomy, Čačak. - Čačak : Univerzitet u Kragujevcu, Agronomski fakultet, 2019 (Čačak : Vajić). - Str. 483-845 : ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 180. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-87611-68-9  
ISBN 978-86-87611-69-6 (niz)

1. Агрономски факултет (Чачак)

- a) Пољопривреда - Зборници
- b) Биотехнологија - Зборници

COBISS.SR-ID 274576652