

## КВАЛИТЕТ ВОДЕ АКУМУЛАЦИОНОГ ЈЕЗЕРА ДРЕНОВА

Душица Пешевић, Наташа Марковић

Универзитет у Бањој Луци, Природно-математички факултет,  
Младена Стојановића 2, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ

### *Abstract*

**PEŠEVIĆ, Dušica, Nataša Marković: WATER QUALITY OF ARTIFICIAL LAKE DRENOVA**  
[University of Banja Luka, Faculty of Sciences and Mathematics, Mladena Stojanovića 2, 78000 Banja Luka, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina]

Water from the Artificial Lake Drenova, used for water supply of the Town Prnjavor and its suburbs, is prohibited as drinkable from 2003. The aim of the expert work is to identify potential contaminants in the area, as well as assessment of the suitability of the water for water supply. Based on the results of physico-chemical and microbiological analysis, an overview of water quality of Artificial Lake Drenova, for the period from 2011 to 2013, and from 2015 to 2016, is provided. From the aspect of physico-chemical and microbiological testing, the quality of water from the Lake Drenova is not on the satisfactory level. The most frequent parameters of physical and chemical defects is increased concentration of iron, manganese, lead, aluminum, ammonia, nitrate, nitrite, as well as increased presence of potassium permanganate. The risks to water quality were most often indicated by results of testing of total coliform bacteria, total aerobic mesophilic bacteria, streptococci of faecal origin, sulphate-reducing clostridia and enterococci. In September 2013 and in September and December 2015 the presence of pesticides was recorded.

**Key words:** Artificial Lake Drenova, water quality, physico-chemical analysis, microbiological analysis, pesticides, contamination

### **Сажетак**

Вода из акумулације Дренова, која се користи за водоснабдијевање града Прњавора и приградских насеља, под забраном је употребе за пиће од 2003. године. Циљ рада је да се утврде потенцијални загађивачи наведеног подручја, као и процјена погодности воде за водоснабдијевање. На основу добијених резултата физичко-хемијских и микробиолошких анализа, дат је преглед стања квалитета воде акумулационог језера Дренова у периоду 2011–2013. година и у периоду 2015–2016. године. Са аспекта физичко-хемијских и микробиолошких испитивања, квалитет воде акумулације није на задовољавајућем нивоу. Најчешћи параметри физичко-хемијске неисправности су повећане концентрације гвожђа, мангана, олова, алуминијума, амонијака, нитрата, нитрита, као и повећан утршак калијум-перманганата. Најчешћи узрочници микробиолошке неисправности су укупне колиформне бактерије, укупне аеробне мезофилне бактерије, стрептококе фекалног поријекла, сулфиторедукујуће клостридије и ентерококе. У септембру 2013. године и септембру и децембру 2015. године забиљежено је присуство пестицида.

**Кључне ријечи:** акумулација Дренова, квалитет воде, физичко-хемијске анализе, микробиолошке анализе, пестициди, загађивање

## УВОД

Акумулационо језеро Дренова изграђено је 1978. године преграђивањем рјечице Вијакe у њеном горњем току. Језеро је удаљено од градског насеља Прњавор 6 km и захвата површину од 110 ha. Налази се у сеоском подручју Дренове и Доњих Вијачана. Првобитна намјена изградње акумулације језера Дренова била је заштита слива Вијакe од великих вода и обезбјеђивање довољне количине воде за рибњак Прњавор. Вода из језера Дренова од 1986. године користи се као водозахват сирове воде која се прерађује и пречишћава у систему фабрике воде у Кремни. Прерађена вода дистрибуира се потрошачима у дио градског насеља Прњавор и у насељена мјеста Јасик, Лужани, Коњуховци, Ратковац, Околица и Доња Мравица. Такође, језеро Дренова служи као спортско-риболовно подручје. С обзиром на то да се вода из језера Дренова користи за водоснабдијевање, циљ рада био је да се укаже на чињеницу да вода из ове акумулације није безбједна за пиће, као и на важност успостављања системске контроле квалитета воде (мониторинг систем) како би се могле предузети адекватне мјере заштите.

## МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Узорковање тренутних узорака за анализу физичко-хемијских параметара, као и начин њиховог чувања и конзервисања, извршено је према методама BAS EN ISO 5667-1:2008, BAS EN ISO 5667-3:2005 (BAS EN ISO 5667-3:2014), BAS EN ISO 19458:2008 и BAS EN ISO 5667-5:2007 (Табела 1) (Извјештај Института за јавно здравство Бања Лука, 2011–2013, 2015–2016).

Узимање узорака за микробиолошку анализу извршено је према стандарду BAS EN ISO/IEC 7218:2007, односно BAS EN ISO/IEC 7218:2008 (Табела 2) (Извјештај Института за јавно здравство Бања Лука, 2011–2013, 2015–2016).

За одређивање физичко-хемијских и микробиолошких параметара коришћене су методе испитивања прописане Правилником о начину узимања узорака и методама за лабораторијску анализу воде за пиће („Службени лист СФРЈ“, број 33/87) и Правилником о хигијенској исправности воде за пиће („Службени гласник Републике Српске“, број 40/03, за непречишћене воде).

Оцјена квалитета воде акумулационог језера Дренова вршена је према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока („Службени гласник Републике Српске“, број 42/01).

**Табела 1.** Испитивани физичко-хемијски параметри са методима испитивања (Извор: ЈЗУ Институт за јавно здравство Бања Лука, 2011–2013, 2015–2016)

Параметар	Период испитивања параметра са методом испитивања	
	2011 – 22.9.2015. година	23.9.2015 – 2016. година
Температура (°C)	SM 2550BAPHA AWWA WEF 2012; SMEWW 19 <sup>th</sup> 2550 B	SM 2550BAPHA AWWA WEF 2012
Резидуални хлор (mg/l)	УМНН 024; УМН 039	УМНН 024

Боја (°Co-Pt скале)	UMH 053	UMH 053
Мирис	UMH 054	UMH 054
Укус	UMH 055	
Мутноћа (NTU)	BAS EN ISO 7027:2002	BAS EN ISO 7027:2002
pH-вриједност	BAS EN ISO 10523:2013; BAS ISO 10523:2002	BAS EN ISO 10523:2013
HPK-перманганатни (mg/l)	BAS EN ISO 8467:2002	BAS EN ISO 8467:2002
Амонијак (mg/l)	SMEWW 22 <sup>nd</sup> 4500-NH <sub>3</sub> F; SMEWW 19 <sup>th</sup> 4500-NH <sub>3</sub> F	SMEWW 22 <sup>nd</sup> 4500-NH <sub>3</sub> F; SMEWW 22 <sup>nd</sup> 4500-NH <sub>3</sub> D
Нитрити, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SMEWW 22 <sup>nd</sup> 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B; SMEWW 19 <sup>th</sup> 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B	SMEWW 22 <sup>nd</sup> 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B
Нитрати, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	SMEWW 22 <sup>nd</sup> 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B; SMEWW 19 <sup>th</sup> 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B	SMEWW 22 <sup>nd</sup> 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B
Хлориди (mg/l)	BAS ISO 9297:2002	BAS ISO 9297:2002
Електропроводљивост на 20 °C (µScm <sup>-1</sup> )	BAS EN 27888:2002; SMEWW 19 <sup>th</sup> 2510 B	BAS EN 27888:2002
Гвожђе, Fe (mg/l)	SMEWW 22 <sup>nd</sup> 3500-Fe B; SMEWW 19 <sup>th</sup> 3500-Fe D	
Манган, Mn (mg/l)	BAS ISO 6333:2003; SMEWW 19 <sup>th</sup> 3500-Mn D	
Олово, Pb (mg/l)	SMEWW 19 <sup>th</sup> 3113 B; SMEWW 19 <sup>th</sup> 3113	
Алуминијум, Al (mg/l)	SMEWW 19 <sup>th</sup> 3113 B; BAS EN ISO 12020:2002	
Детерџенти (анјонски) (mg/l)	BAS EN 903:2002	
Растворени кисеоник (mg/l)	UMH 259	
% сатурације	UMH 245	
Остатак послије испарења на 105 °C (mg/l)	UMH 036	
Остатак послије испарења на 180 °C (mg/l)	UMH 036	

**Табела 2.** Испитивани микробиолошки параметри са методама испитивања (Извор: ЈЗУ Институт за јавно здравство Бања Лука, 2011–2013, 2015–2016)

Параметар	Јединица мјере	Период испитивања параметра са методом испитивања	
		2011 – 22.9.2015. година	23.9.2015 – 2016. година
Укупне колиформне бактерије	100 ml	*	UMM090
<i>Escherichia coli</i>	100 ml		UMM090
Број колонија аеробних мезофила на 37 °C	1 ml		BAS EN ISO 6222
Број колонија аеробних мезофила на 22 °C	1 ml		BAS EN ISO 6222
<i>Enterococci</i>	100 ml		BAS EN ISO 7899-2
Сулфиторедукујуће клостридије	100 ml	*	UMM089
Колиформне бактерије фекалног поријекла	100 ml	*	

Укупан број аеробних мезофилних бактерија	1 ml	*	
Стрептококе фекалног поријекла	100 ml	*	
Протеус врсте	100 ml	*	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	100 ml	*	

\* Правилник о начину узимања узорка и методама за лабораторијску анализу воде за пиће („Службени лист СФРЈ“, број 33/87)

Градски завод за јавно здравље Београд обавио је испитивање укупних и појединачних пестицида у септембру и децембру 2015. године (Табела 3).

Завод за јавно здравље Суботица обавио је испитивање пестицида резидуе органохлорних инсектицида у септембру 2013. године (Табела 4).

**Табела 3.** Испитивани укупни и појединачни пестициди са методама испитивања

Параметар (µg/l)	Стандард/Метод
Укупни пестициди <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Алахлор <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Алдрин/Диелдрин <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Атразин <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Бентазон <sup>1,2</sup>	SRPS ENISO 15913:09
DDT <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
2,4-D <sup>1,2</sup>	SRPS ENISO 15913:09
Хексахлорбензол <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Хептахлор/Хептахлорепоксид <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Хлоротолурон <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>999</sup>
Изопротурон <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>999</sup>
Карбофуран <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>999</sup>
Линдан <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
МСРА <sup>1,2</sup>	SRPS ENISO 15913:09
Метолахлор <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Молинат <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Пентахлорфенол <sup>1,2</sup>	VDM 0010 <sup>10</sup>
Перметрин <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Пиридат <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>999</sup>
Симазин <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Трифлуралин <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>5</sup>
Дес етил тербутилазин <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>999</sup>
Тербутилазин <sup>1,2</sup>	VDM 0005 <sup>999</sup>
Пендиметалин <sup>1</sup>	VDM 0005 <sup>999</sup>
Дихлорпроп <sup>2</sup>	SRPS ENISO 15913:09

<sup>1</sup> Параметар испитиван у септембру 2015. године

<sup>2</sup> Параметар испитиван у децембру 2015. године

**Табела 4.** Испитиван пестицид са методом испитивања (Извор: Завод за јавно здравље Суботица, 2013)

Параметар ( $\mu\text{g/l}$ )	Метод
Резидуе органохлорних инсектицида	DM-25

## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Периодично испитивање квалитета воде акумулационог језера Дренова, са аспекта физичко-хемијске (Табела 5) и микробиолошке анализе, у периоду од 2011. до 2013. године и током 2015. и 2016. године, обавила је Јавна здравствена установа Институт за јавно здравство Бања Лука.

За анализу физичко-хемијских параметара узорковање је извршено:

- по једном у августу 2011. године, у новембру 2012. године и у септембру 2013. године,
- три пута мјесечно у 2015. години (јун–децембар), изузев јула и октобра када је узорковање извршено по два пута и јуна када је узорковање извршено једном,
- три пута мјесечно у 2016. години (јануар–октобар), изузев августа када је узорковање извршено два пута.

Упоредо са узорковањем за физичко-хемијске анализе, на исти начин вршено је и узорковање воде за испитивање микробиолошких показатеља квалитета акумулације, изузев септембра 2015. године када је узорковање вршено једном до три пута, зависно од испитиваних параметара.

**Табела 5.** Резултати физичко-хемијских испитивања воде акумулације Дренова у периоду од 2011. до 2013. Године (Извор: ЈЗУ Институт за јавно здравство Бања Лука, 2011–2013)

Параметри	Година узорковања воде		
	2011.	2012.	2013.
рН-вриједност	8,24	7,91	7,91
НРК-перманганатни ( $\text{mg/l}$ )	15,1	21,4	21,4
Амонијак ( $\text{mg/l}$ )	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Нитрити, $\text{NO}_2^-$ ( $\text{mg/l}$ )	0,006	0,08	0,03
Нитрати, $\text{NO}_3^-$ ( $\text{mg/l}$ )	< 2,0	2,1	< 2,0
Хлориди ( $\text{mg/L}$ )	7,4	8,1	6,8
Електропроводљивост на 20 °C ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )	423	362	353
Гвожђе, Fe ( $\text{mg/l}$ )	0,10	0,55	< 0,05
Манган, Mn ( $\text{mg/l}$ )	0,03	0,02	0,01
Олово, Pb ( $\text{mg/l}$ )		< 0,005	< 0,005
Алуминијум, Al ( $\text{mg/l}$ )		0,32	0,140
Детерџенти (анјонски) ( $\text{mg/l}$ )		< 0,05	< 0,05

рН представља физичку карактеристику свих вода/раствора, релативна је мјера ацидитета или алкалитета вода. рН вриједност утиче на понашање неколико важних параметара квалитета воде. Од њене вриједности зависи токсичност амонијака,

ефикасност дезинфекције хлором, растворљивост метала и растворљивост и доступност нутријената акватичним организмима. Повишена рН вриједност узрокује повећање концентрације амонијака, па је на рН изнад 9, амонијак као токсична компонента доминантан. За ефикасну дезинфекцију хлором, рН би требало да буде мањи од 8, међутим вода са нижим рН вриједностима од 7 је корозивна, па се рН вриједност воде на уласку у дистрибутивни систем мора контролисати да би се спријечила корозија дистрибутивног система. Уколико се не спријечи корозивност воде на уласку у дистрибутивни систем, може доћи до контаминације воде за пиће што би изазвало негативне ефекте на укус и изглед воде (Далмација и сар., 2012).

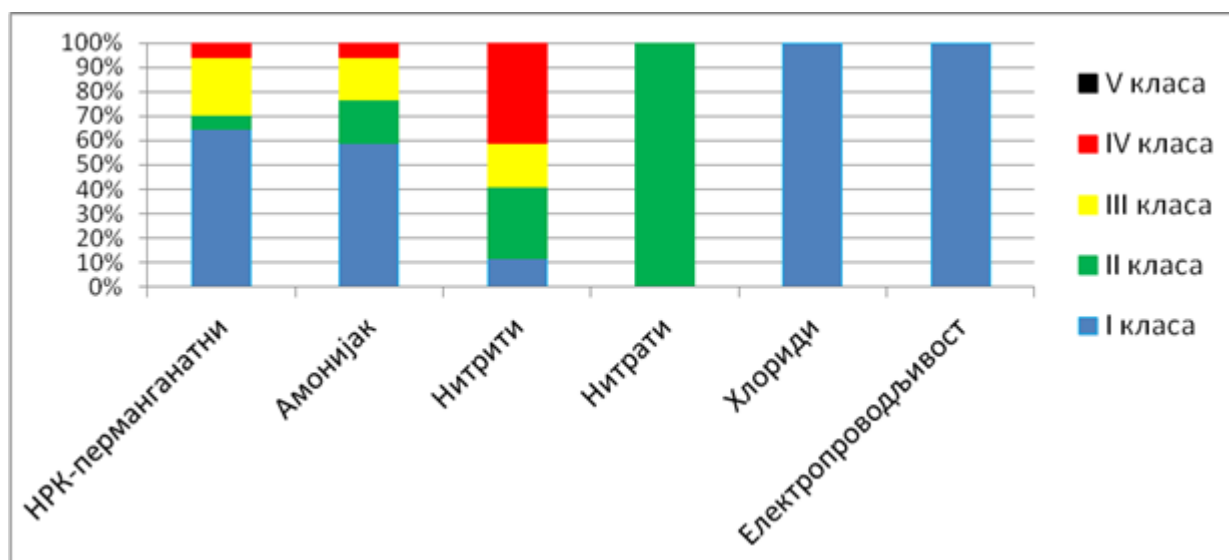
Током 2015. године, измјерена рН вриједност узетих узорака сирове воде на првом мјерењу кретала се од 7,0 до 8,26, на другом мјерењу од 7,79 до 8,10, а на трећем мјерењу од 6,90 до 8,11. Минимална рН вриједност од 6,90 измјерена је у септембру, а максимална од 8,26 у новембру. Током 2016. године, измјерена рН вриједност узетих узорака сирове воде на првом мјерењу кретала се од 7,82 до 8,48, на другом мјерењу од 7,73 до 8,25, а на трећем мјерењу од 7,75 до 8,30. Минимална рН вриједност од 7,73 измјерена је у јулу, а максимална од 8,48 у јуну (Извјештај Института за јавно здравство Бања Лука, 2015–2016).

Тешки метали доспијевају у акумулацију растварањем минерала, спирањем пољопривредног земљишта (као саставни дио ђубрива, пестицида), отпадним водама из пољопривреде, домаћинства и каменолома „Грич“ и „Љубић“. Концентрација гвожђа измјерена у новембру 2012. године задовољава услове IV класе квалитета површинских вода. У јулу 2015. године, у једном од два узорка, забиљежена је повећана концентрација мангана од 0,32 mg/l која одговара IV класи квалитета површинских вода. На основу измјерених концентрација олова у новембру 2012. године и септембру 2013. године, акумулација се може сврстати у воде IV класе (Табела 5).

На нижим рН вриједностима, метали су токсичнији, јер су тада и растворљивији, односно може доћи до ослобађања метала који су адсорбовани на честицама седимента и њиховог превођења у водену фазу. Такође, високе вриједности рН могу узроковати ослобађање металних јона (нпр. алуминијума) из њихових комплекса са другим катјонима. Једном мобилисани метали доступни су организмима (Далмација и сар., 2012).

Алуминијум може бити присутан у води, киселој сировој води, усљед растварања природних минерала (Агбаба и сар., 2014). Концентрације алуминијума измјерене у новембру 2012. године и септембру 2013. године задовољавају услове IV, односно III класе квалитета површинских вода (Табела 5.).

Детерџенти су органске материје које представљају смјесу више супстанци. Појава детерџената у води изазива промјене њених физичких и хемијских особина. Ова једињења не могу се бактеријски разградити, па може доћи до стварања пјене која отежава растварање кисеоника у води и спречава продор сунчеве свјетлости што је опасно по биоценозу вода. На основу концентрације детерџената измјерених у 2012. и 2013. години, акумулација се може сврстати у воде I класе.



**Слика 1.** Процентуална припадност класи квалитета воде акумулације Дренова према одређеним параметрима у периоду јун–децембар 2015. године (Извор: ЈЗУ Институт за јавно здравство Бања Лука, 2015)

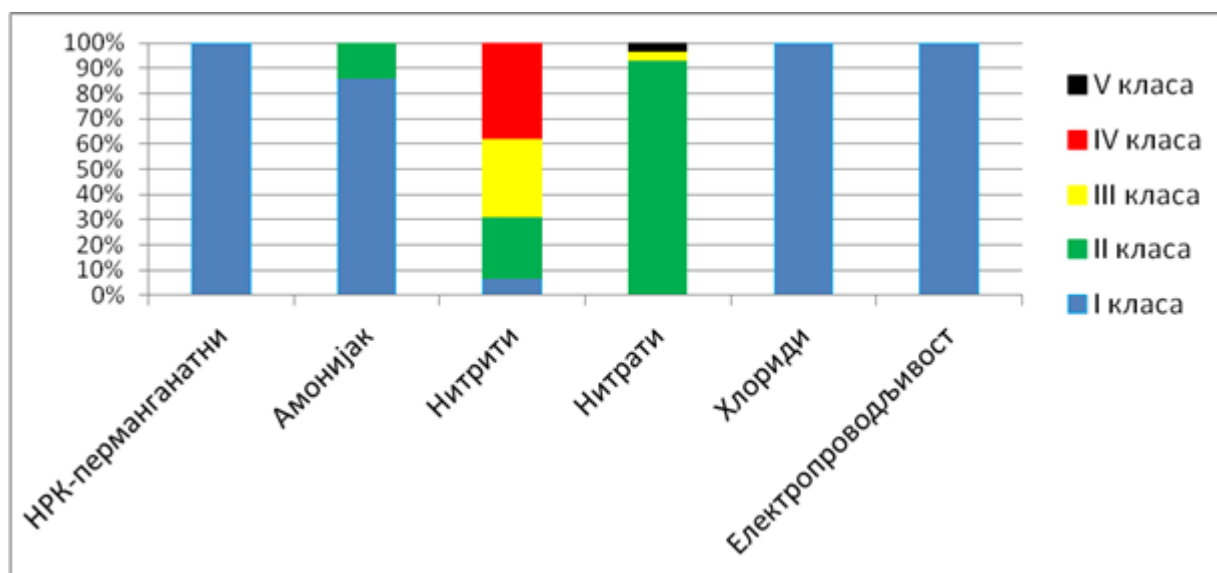
Као индикатор органског загађења воде користе се хемијска и биохемијска потрошња кисеоника. Хемијска потрошња кисеоника (НРК) је количина кисеоника која се утроши за потпуну оксидацију органске супстанце у води и представља мјерило загађености воде органском супстанцом. Оксидација се изводи у киселој средини са калијум-перманганатом или калијум-дихроматом. Потрошња калијум-перманганата ( $\text{KMnO}_4$ ) или калијум-дихромата ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) је утолико већа, уколико вода садржи више органских супстанци.

Вриједности за НРК-перманганатну оксидацију у периоду од 2011. до 2013. године, задовољавају услове IV класе квалитета површинских вода (Табела 5). У 2015. години, резултати за НРК-перманганатну оксидацију у 5 узорка (29,41%) од 17 испитаних узорка не испуњавају прописане вриједности за I и II класу квалитета површинских вода (4 узорка задовољавају услове III класе, а 1 узорак задовољава услове IV класе квалитета површинских вода) (Слика 1). У тој години, минимална вриједност забиљежена је у октобру од 3,0 mg/l (прво мјерење), а максимална вриједност од 16,0 mg/L у јулу (друго мјерење). У 2016. години, резултати за НРК-перманганатну оксидацију свих 29 испитаних узорка у границама су прописаних вриједности за I класу квалитета површинских вода (Слика 2), када су се вриједности кретале у распону од 1,7 mg/l до 4,6 mg/L.

Азотне материје доспијевају у воду из више извора укључујући атмосферу, легуминозне биљке, биљни отпад, животињски екскремент, канализацију, азотна ђубрива и индустријске отпадне воде. Амонијак је продукт разградње органских материја. Облик у коме се амонијак може наћи у води (у слободном облику као  $\text{NH}_3$  или јонизованом као  $\text{NH}_4^+$  у благо закишељеним водама) зависи од рН вриједности воде (Далмација и сар., 2012).

Одступања од II класе квалитета површинских вода у погледу вриједности за амонијак, забиљежена су у 2015. години у 4 узорка (23,53%) од 17 испитаних узорка (3 узорка задовољавају услове III класе, а 1 узорак задовољава услове IV класе квалитета површинских вода) (Слика 1). Нитрити су интермедијери оксидације амонијака до

нитрата и високе концентрације нитрита у води указују на загађење. Одступања од II класе квалитета површинских вода у погледу вриједности за нитрите, забиљежена су у новембру 2012. године (узорак задовољава услове IV класе квалитета површинских вода) (Табела 5), затим, у 2015. години у 10 узорака (58,82%) од 17 испитаних узорака (3 узорка задовољавају услове III класе, а 7 узорака задовољавају услове IV класе квалитета површинских вода) (Слика 1) и у 2016. години у 20 узорака (68,97%) од 29 испитаних узорака (9 узорака задовољавају услове III класе, а 11 узорака задовољавају услове IV класе квалитета површинских вода) (Слика 2). Високе концентрације нитрата у води у већини случајева су последица спирања са пољопривредног земљишта гдје се користе азотна ђубрива. Одступања од II класе квалитета површинских вода у погледу вриједности за нитрате, забиљежена су у 2016. години у 2 узорка (6,90%) од 29 испитаних узорака (1 узорак задовољава услове III класе, а други узорак задовољава услове V класе квалитета површинских вода) (Слика 2).



**Слика 2.** Процентуална припадност класи квалитета воде акумулације Дренова према одређеним параметрима у периоду јануар–октобар 2016. године (Извор: ЈЗУ Институт за јавно здравство Бања Лука, 2016)

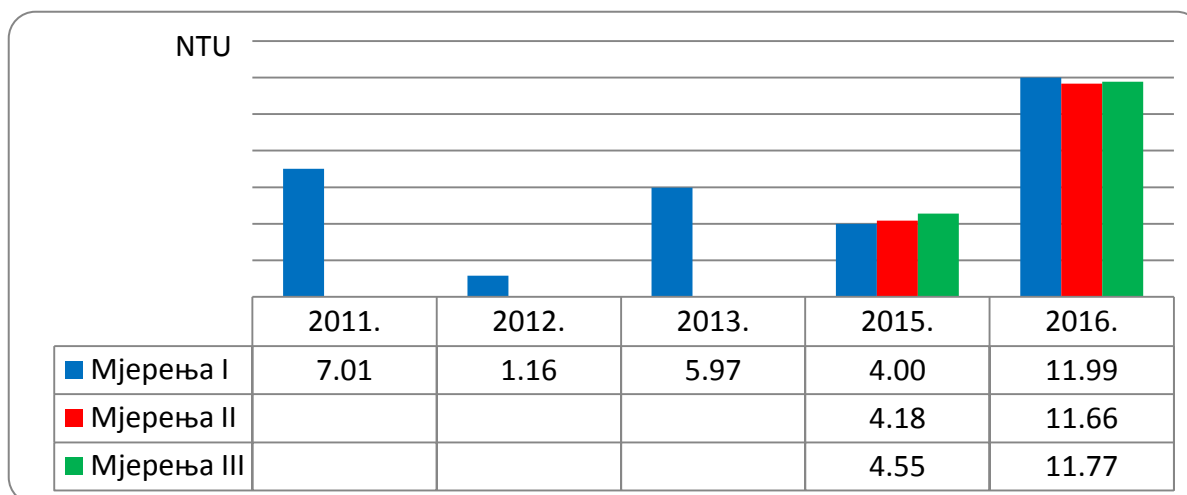
Хлориди у слатким водама могу потицати од земљишта и стијена, морских пара и отпадних вода. При концентрацијама изнад 250 mg/l, вода почиње да има слан укус, који постаје све интензивнији са порастом концентрације хлорида (Далмација и сар., 2012). Измјерене петогодишње вриједности хлорида у свим узорцима воде кретале су се у распону од 4,1 mg/l до 8,1 mg/l, што је у оквиру дозвољених граница (Табела 5, Сlike 1 и 2) (Извјештај Института за јавно здравство Бања Лука, 2011–2013, 2015–2016).

Електропроводљивост бројно изражава способност посматраног узорка воде да проводи електричну струју. Ова способност воде у директној је вези са присуством јона у води, односно њиховом концентрацијом и температуром воде. Повећана вриједност овог параметра показатељ је да је вода загађена.

Измјерене петогодишње вриједности за електропроводљивост воде у свим узорцима не прелазе прописане вриједности за II класу квалитета површинских вода



(Табела 5, Сlike 1 и 2) (Извјештај Института за јавно здравство Бања Лука, 2011–2013, 2015–2016).



**Слика 3.** Петогодишње средње вриједности мутноће воде акумулације Дренова (Извор: ЈЗУ Институт за јавно здравство Бања Лука 2011–2013, 2015–2016)

Мутноћа је физички показатељ квалитета воде. Јавља се као посљедица присуства колоидно растворених честица и суспензија нерастворених супстанци, органског и неорганског поријекла (честица глине, муља, планктона и организама микроскопских димензија). Замућење воде може бити природно (услед обилних киша које интензивирају ерозију) и антропогено (испуштање отпадних вода) (Црногорац, 2006).

Средње вриједности мутноће у свим мјерењима у 2016. години веће су у односу на 2015. годину (Слика 3). Максималне вриједности мутноће забиљежене су у септембру 2015. године при трећем мјерењу (8,95 NTU) и у јануару 2016. године при првом мјерењу (44,00 NTU) (Извјештај Института за јавно здравство Бања Лука, 2015–2016).

Резултати микробиолошких анализа (Табела 6) санитарног стања воде користе се у процјени ризика по здравље људи при њеном коришћењу, као и у процјени погодности вода за водоснабдијевање и праћењу ефикасности пречишћавања воде за пиће (Ђукић и сар., 2000).

**Табела 6.** Резултати микробиолошких испитивања воде акумулације Дренова (Извор: ЈЗУ Институт за јавно здравство Бања Лука 2011–2013, 2015–2016)

Година узорковања воде	Укупан број испитиваних узорака	Микробиолошка неисправност	
		Број	%
2011.	1	1	100
2012.	1	1	100
2013.	1	1	100
2015.	110	65	59,09
2016.	174	122	70,11

Колиформне бактерије фекалног поријекла потичу од људског и животињског отпада. Укупне колиформне бактерије укључују колиформне бактерије фекалног поријекла као и друге бактерије сличних особина које се налазе у земљишту и које нису

фекалне (Далмација и сар., 2012). Најзначајнији микробиолошки индикатори фекалног загађења су: *Escherichia coli*, колиформне бактерије фекалног поријекла и друге колиформне бактерије, фекалне стрептококе као и сулфиторедукујуће клостридије (Агбаба и сар., 2014).

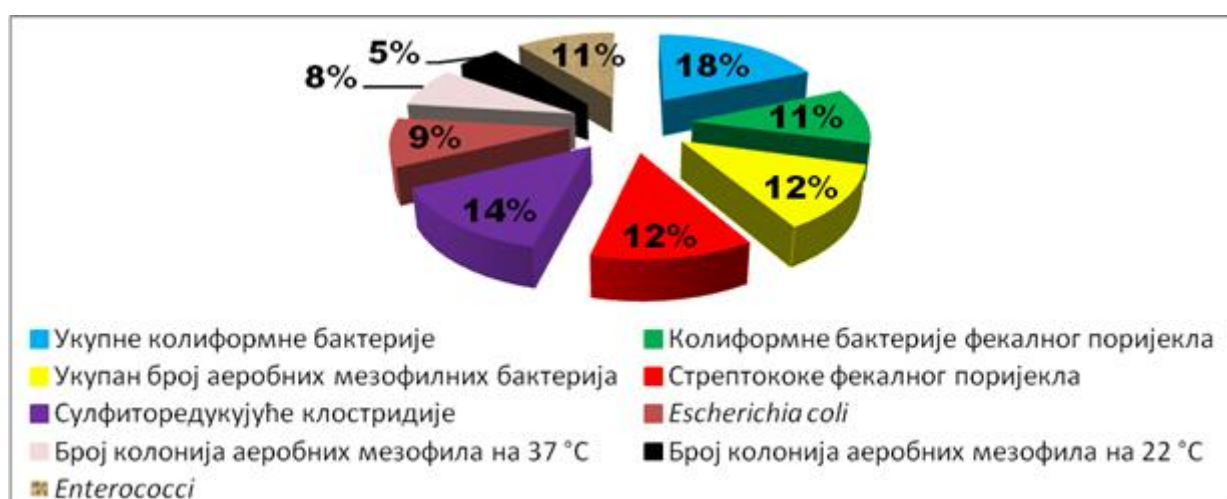
Микроорганизми, индикатори фекалног загађења, истовремено представљају индикацију могућег присуства патогених микроорганизама. Утврђивање организама фекалног загађења најосјетљивији је и најспецифичнији начин процјењивања хигијенског квалитета воде. Од колиформних бактерија, *Escherichia coli* је најпрецизнији индикатор фекалног загађења (Ђукић и сар., 2000).

Одређивање ентерокока, индикатора фекалног загађења, важно је за утврђивање статуса вода које не садрже *E. coli*, али садрже велики број колиформа (Далмација и сар., 2012).

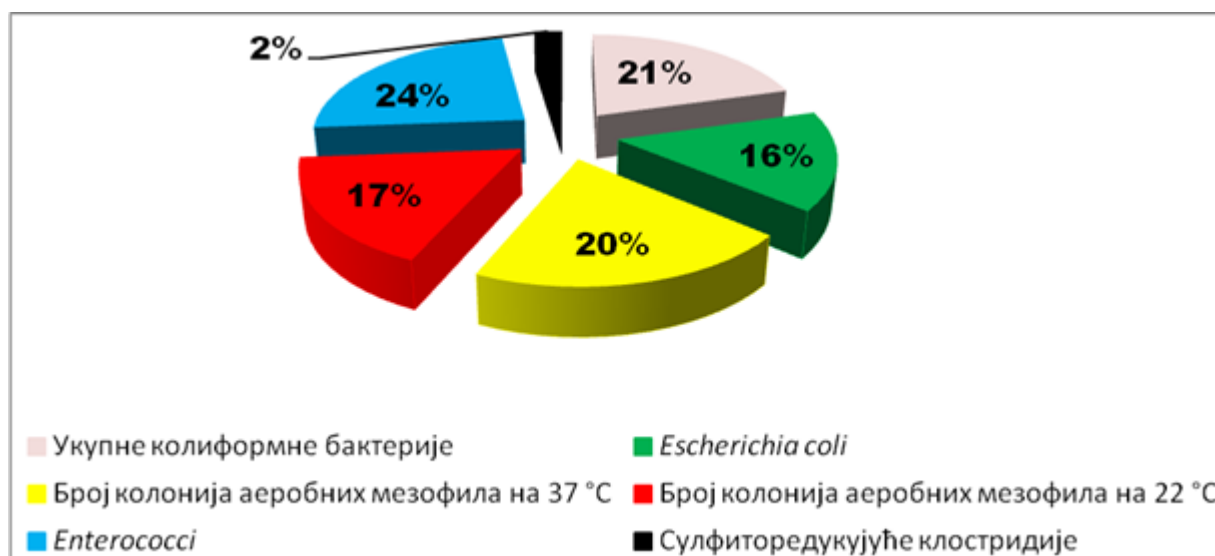
**Табела 7.** Резултати испитиваних микробиолошких параметара (Извор: ЈЗУ Институт за јавно здравство Бања Лука 2011–2013)

Параметри	Година узорковања воде		
	2011.	2012.	2013.
Укупне колиформне бактерије	> 16	> 16	> 16
Колиформне бактерије фекалног поријекла	су нађене	су нађене	0
Укупан број аеробних мезофилних бактерија	250	250	200
Стрептококе фекалног поријекла	0	0	су нађене
Сулфиторедукујуће клостридије	0	30	0
Протеус врсте	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	0	0

Међу колиформним бактеријама, у 2011. и 2013. години, идентификоване су *Escherichia coli*, *Enterobacter* и *Klebsiella*, а у 2012. години, идентификоване су *Citrobacter* и *Escherichia coli* (Извјештај Института за јавно здравство Бања Лука, 2011–2013).



**Слика 4.** Структура разлога микробиолошке неисправности воде акумулације Дренова у 2015. години



**Слика 5.** Структура разлога микробиолошке неисправности воде акумулације Дренова у 2016. години

Микробиолошке анализе воде акумулације Дренова показале су да су у акумулацији присутне одређене бактерије (Табела 7, Сlike 4 и 5) које се не би смјеле наћи у води након пречишћавања.

Пестициди (појединачни и укупни) су синтетичка једињења која у воду доспијевају спирањем са пољопривредних површина, акцидентним испуштањима, депозицијом аеросола и честичних материја путем падавина, као и примјеном пестицида за контролу штеточина и вектора болести. Ова једињења изазивају смртност или озбиљне репродуктивне и генетичке проблеме у фауни. Посједују канцерогене, мутагене и тератогене особине. Као такви, они су веома непожељни у водама у било ком облику. Такође, имају способност биоаккумуляције у рибама или другим живим организмима, као и задржавања у седименту (Далмација и сар., 2012).

У испитиваном периоду, у акумулационом језеру Дренова, забиљежено је присуство пестицида. За већину пестицида није утврђена тачна концентрација, осим концентрације укупних пестицида, метолахлора, тербутилазина, дес етил тербутилазина, бентазона и алдрин/диелдрина. Максималне концентрације забиљежене су у септембру 2015. године и то укупних пестицида од 0,825  $\mu\text{g/l}$ , метолахлора од 0,248  $\mu\text{g/l}$ , тербутилазина од 0,388  $\mu\text{g/l}$  и дес етил тербутилазина од 0,178  $\mu\text{g/l}$ . У септембру 2015. године, концентрација алдрин/диелдрина је износила 0,011  $\mu\text{g/l}$ , а у децембру исте године, концентрација бентазона износила је 0,07  $\mu\text{g/l}$  (Извјештај о испитивању Градског завода за јавно здравље Београд, 2015).

Познато је да су акумулације формиране преграђивањем природних водотока угрожене наносом као крајњим продуктом ерозије. Иако је у пројектној фази изградње акумулације Дренова био предвиђен читав низ антиерозионих мјера у смислу заштите од засипања, ни након 30 година експлоатације оне нису реализоване. Од 1978. до 2011. године, простор акумулације Дренова засут је са 348.216,00  $\text{m}^3$  материјала, чиме је укупни корисни простор смањен за 5,81% (Тошић, 2012). Посебан интерес за нанос у акумулацији веже се за изворе загађења и транспорт загађујућих материја као што су тешки метали, пестициди и остале токсичне честице које утичу на опстанак живих бића у води и употребу воде за водоснабдијевање. Вода која се уводи у технолошки поступак прераде,

обогаћена великом концентрацијом седимената, представља кључни проблем технолошке припреме воде за пиће и њене дистрибуције до крајњих корисника у потребној количини и временском интервалу испоруке.

Додатни проблем представља чињеница да око акумулације Дренова нису успостављене зоне санитарне заштите (Стратегија развоја општине Прњавор за период 2012–2020.). Подручје око језера насељено је, а становништво се бави углавном пољопривредном производњом. Разне хемикалије и пестициди (вјештачка ђубрива, органофосфорни инсектициди и други пестициди) који се користе у пољопривреди доспијевају у језеро испирањем земљишта, што уз санитарно-фекалне воде из домаћинства и стаја за узгој животиња, као и отпадних вода каменолома „Грич“ и „Љубић“, представља значајан извор загађивања воде у акумулацији Дренова.

## ЗАКЉУЧАК

На основу резултата физичко-хемијских анализа, квалитет воде акумулације није на задовољавајућем нивоу. Забиљежена је повећана концентрација тешких метала (олова, гвожђа и мангана), алуминијума, амонијака, нитрита и нитрата као и повећане вриједности за НРК-перманганатну оксидацију.

Будући да је у акумулацији забиљежено присуство пестицида, пожељно је успоставити редован мониторинг пестицида. Важно је напоменути да се пажња треба усмјерити и у правцу анализе седимента на тешке метале. Такође, у акумулационом језеру Дренова присутно је и бактериолошко загађење.

Претходна истраживања указала су на проблем засипања акумулације великом количином наноса, што има директан утицај на животну средину и економију, с обзиром на вишеструку улогу ове акумулације и све веће потребе за водом. У циљу рјешавања наведеног проблема потребно је интегрално уређење цијелог слива акумулације Дренова, што подразумева низ антиерозионих мјера и одрживо управљање земљиштем.

С обзиром на то да се вода из језера Дренова користи за водоснабдијевање, потребно је око акумулације успоставити зоне санитарне заштите и увести заштитне мјере, у циљу заштите вода од свих видова загађења и штетних утицаја који могу неповољно дјеловати на хигијенску исправност воде за пиће или на издашност изворишта.

Воду из језера Дренова могуће је пречистити да се може користити као вода за пиће, али након обимног третмана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агбаба, Ј., Далмација, Б., Бечелић-Томин, М., Тубић, А.: **Квалитет воде за пиће**. Природно-математички факултет, Депарتمان за хемију, биохемију и заштиту животне средине, Нови Сад, 2014.
2. Градски завод за јавно здравље, Центар за хигијену и хуману екологију, Лабораторија за хуману екологију и екотоксикологију, Извјештај о испитивању, Београд, 2015.
3. Далмација, Б., Бечелић-Томин, М., Далмација, М., Тричковић, Ј., Агбаба, Ј., Рончевић, С., Малетић, С., Крчмар, Д., Леовац, А., Керкез, Ђ., Угарчина-Перовић,

- С., Томашевић, Д.: **Параметри квалитета воде и седимента и тумачење стандарда (имисиони стандарди)**. Природно-математички факултет, Департман за хемију, биохемију и заштиту животне средине, Нови Сад, 2012.
4. Ђукић, Д., Гајин, С., Матавуљ, М., Мандић, Ј.: **Микробиологија вода** (Монографија). Просвета, Београд, 2000.
  5. Завод за јавно здравље Суботица, Центар за хигијену и хуману екологију, Извјештај, 2013.
  6. Јавна здравствена установа Институт за јавно здравство, Служба за хигијену, Извјештај, Бања Лука, 2011–2013, 2015–2016.
  7. Правилник о здравственој исправности воде за пиће („Службени гласник Републике Српске“, број 75/15), 2015.
  8. Правилник о хигијенској исправности воде за пиће („Службени гласник Републике Српске“, број 40/03), 2003.
  9. Стратегија развоја општине Прњавор за период 2012–2020. година („Службени гласник општине Прњавор“, број 14/12), 2012.
  10. Тошић, Р.: **Слив акумулације Дренова (Ерозиони процеси и засипање акумулације)**. Географско друштво Републике Српске, Бања Лука, 2012.
  11. Уредба о класификацији вода и категоризацији водотока („Службени гласник Републике Српске“, број 42/01), 2001.
  12. Црногорац, Ч.: **Географске основе заштите животне средине**. Природно-математички факултет, Бања Лука, 2006.

Примљено: 10.01.2017.

Одобрено: 07.04.2017.