

ЦРНО ЈЕЗЕРО НА ЗЕЛЕНГОРИ – ПРОБЛЕМИ ОДРЖИВОСТИ**Радослав Декић¹, Свјетлана Лолић¹, Обрен Гњато², Слободан Гњато¹ и
Марко Станојевић¹**¹Природно-математички факултет, Универзитет у Бањој Луци, Република Српска²Висока школа за туризам и хотелијерство, Требиње, Република Српска

Сажетак: У раду су презентовани резултати истраживања физичких, хемијских и неких биолошких параметара квалитета воде Црног језера, с циљем утврђивања стања и степена еутрофизације. Ободни дио језера, мање дубине, захваћен је макрофитском вегетацијом која у знатној мјери доприноси еутрофизацији. Узорковање је проведено на двије тачке језера у површинском слоју и непосредно изнад језерског дна, те на најиздашњијем извору који се налази непосредно уз језеро, као и на језерској отоци. Истраживање је проведено у аугусту 2015. године према прописаним процедурама. Резултати проведених физичко-хемијских анализа показују висок квалитет воде. Микробиолошки параметри квалитета воде показују да језеро нема континуиран контакт са отпадним фекалним материјама док бројност аеробних психрофилних и мезофилних хетеротрофних бактерија указује на присуство органске материје у води. Вриједности сапробног индекса показују стање прелазних одлика између олигосапробних и β-мезосапробних вода.

Кључне ријечи: Црно језеро, квалитет воде, еутрофизација, одрживост

Original scientific paper

**BLACK LAKE OF THE ZELENGORA MOUNTAIN –
SUSTAINABILITY PROBLEMS****Radoslav Dekić¹, Svjetlana Lolić¹, Obren Gnjato², Slobodan Gnjato¹ and
Marko Stanojević¹**¹Faculty of Natural Sciences, University of Banja Luka, the Republic of Srpska²Trebinje Academy of Tourism and Hotel Management, the Republic of Srpska

Abstract: The paper presents results of a study on physical, chemical and some biological parameters of water quality of Black Lake in order to estimate the state and degree of eutrophication. It is the shallow lake margin covered in macrophyte vegetation that largely contributes eutrophication. The sampling was conducted at two locations on water surface and immediately above the lake bottom, as well as at the most abundant water spring located next to the lake and at the lake distributary. The study was carried out in line with the relevant procedures in August 2015. Results of the physical and chemical analyses indicated high water quality. Microbiological parameters of water quality showed that there was no continuous contact between the lake and fecal substance but the number of aerobic psychrophilic and mesophilic heterotrophic bacteria suggested that there was organic substance in the water. Values of saprobic indices indicated transition state between oligosaprobic and β-mesosaprobic water.

Key words: Black Lake, water quality, eutrophication, sustainability

УВОД

Језера Зеленгоре налази се на линији која дијели субалпински и горски појас, а најпознатија су Горње и Доње Баре на југоисточној те Котланичко, Штиринско, Орловачко, Црно и Бијело на централном дијелу ове планине. Језера одликује бистра и релативно хладна вода, која у љетним мјесецима у површинском слоју прелази 22° С. Наша истраживања неких физичких, хемијских и биолошких параметара Црног језера указују на интензиван процес еутрофизације, који угрожава и његову физичку одрживост.

Еутрофизација подразумијева постепено повећање количине органских и минералних материја (фосфора и азота) у водним екосистемима природним путем, а испољава се кроз трофичност, тј. кроз ниво органске продукције. Еутрофизација је природан процес старења водног екосистема у ком језеро из олиготрофног прелази у мезотрофно односно еутрофно стање, након чега слиједи забаривање, па чак и нестанак.

У процесу еутрофизације значајну улогу имају вјетар, доносећи честице прашине и ситног пијеска у језерски базен. На процес еутрофизације утиче и ерозивни рад језерске воде у приобаљу изазван таласима, те акумулативни рад језерских притока које у језерски базен доносе еродирани материјал из сливног сподручја. Спирањем органских и неорганских материја из словног подручја долази до повећања количине азота, фосфора и других биогених елемената у језерској води, што доводи до повећаног раста алги и водних биљака. Након угибања биље падају на дно и постепено затрпшавају језерски базен, што доводи до смањења дубине језера. На овај начин стварају се све повољнији услови за развој макрофита.

Еутрофизацији доприноси и семиакватична вегетација (трска, шаш..) која не користи угљеник из воде већ из ваздуха, и која своју органску продукцију предаје водном екосистему, па нема кружења материје на нивоу хидроекосистема (Ćirković et al, 2002). На тај начин слој муља се

INTRODUCTION

Lakes of Zelengora mountain are located along the line of demarcation between the subalpine and mountain zones, and best known among these lakes are Gornje Bare and Donje Bare on southeast slopes of this mountain and Kotlaničko, Štirinsko, Orlovačko, Black and White lakes on the central part. The lakes are characterized with clear and relatively cool water, the surface temperature of which surmounts 22° C in summer. Our study on some physical, chemical and biological parameters of Black Lake suggests that there is an intensive process of eutrophication, which threatens the physical sustainability.

Eutrophication refers to the natural ongoing increase of organic and mineral substances (phosphorus and nitrogen) in water ecosystems and it manifests through trophicity, i.e. the level of organic production. In addition, eutrophication is the process of aging of a water ecosystem in which an oligotrophic lake turns mesotrophic, i.e. eutrophic. Finally, the lake state turns into a marsh or even vanishes completely.

The wind which carries dust and sand particles into the lake basin plays a pertinent role in the eutrophication process. Eutrophication is further affected by the erosion caused by water waves at the lake margin and accumulation of lake tributaries which bring eroded material from the watershed area. The rinsing of organic and inorganic substance from the watershed area increases amounts of nitrogen, phosphorus and other biogenic elements in the lake, which enhance the number of algae and water plants. The dead plants fall onto the lake bottom and gradually deluge the lake basin, which finally causes decrease in lake depth. Thereby, favorable conditions for macrophytes are created.

Eutrophication is enhanced by semi-aquatic vegetation (reed, sedge, etc.), which uses air carbon and not water carbon and its organic products are delivered into the lake, so there is no circulation of matter at the hydroecosystem level (Ćirković et al, 2002). Consequently, the mud layer increases and finally causes the water

повећава што води коначном нестанку водног екосистема.

Кад језеро достигне еутрофно стање његов повратак у мезотрофно тешко је оствариво, чак и након елиминације главних спољашњих узрока еутрофизације, нарочито нутријената (фосфора и азота). Наиме, фосфор нагомилан у седименту постепено се ослобађа и постаје саставни дио језерске воде, чиме омогућава несметан развој примарних продуцентата (Gajin et al, 2004).

У цјелини посматрано, а и у контексту утицаја на процес еутрофизације, квалитет површинских вода представља резултанту сложеног међудејства низа фактора. Праћење само једне групе параметара не даје реалну слику о стању посматраног водног екосистема. Уствари, за утврђивање стања и квалитета површинских вода користе се различити физичко-хемијски, микробиолошки и биолошки параметри (Chapman, 1996).

Микробиолошки индикатори квалитета воде могу се сагледати са три аспекта: бактериолошког, сапробиолошког и биохемијског. За комплексну и вјеродостојну анализу квалитета површинских вода препоручљиво је вршити испитивања истовремено на сва три нивоа (Petrović et al, 1998).

У оквиру овог рада презентовани су резултати истраживања еколошког статуса Црног језера, што је од посебног научног и практичног значаја, тим прије јер се ради о језеру изузетне туристичке вриједности чија је одрживост доведена у питање.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Црно језеро се налази на централном дијелу планине Зеленгора на око 1450 m надморске висине, има облик елипсе, дугачко је 140 m, широко 74 m и дубоко до 6 m. Храни се падавинским водама, те водом из неколико слабијих извора. Воду губи слабијом отоком и испаравањем. Непосредно уз језеро је развијена шумска вегетација коју чини заједница букве, јеле и смрче.

ecosystem to disappear.

Once the lake turns eutrophic, it is difficult to regain the mesotrophic state despite the elimination of main outer agents of eutrophication, especially nutrients such as phosphorus and nitrogen. Namely, phosphorus that aggregates in sediments gradually discharges and becomes a water lake component, which provides an easy growth of primary producers (Gajin et al, 2004).

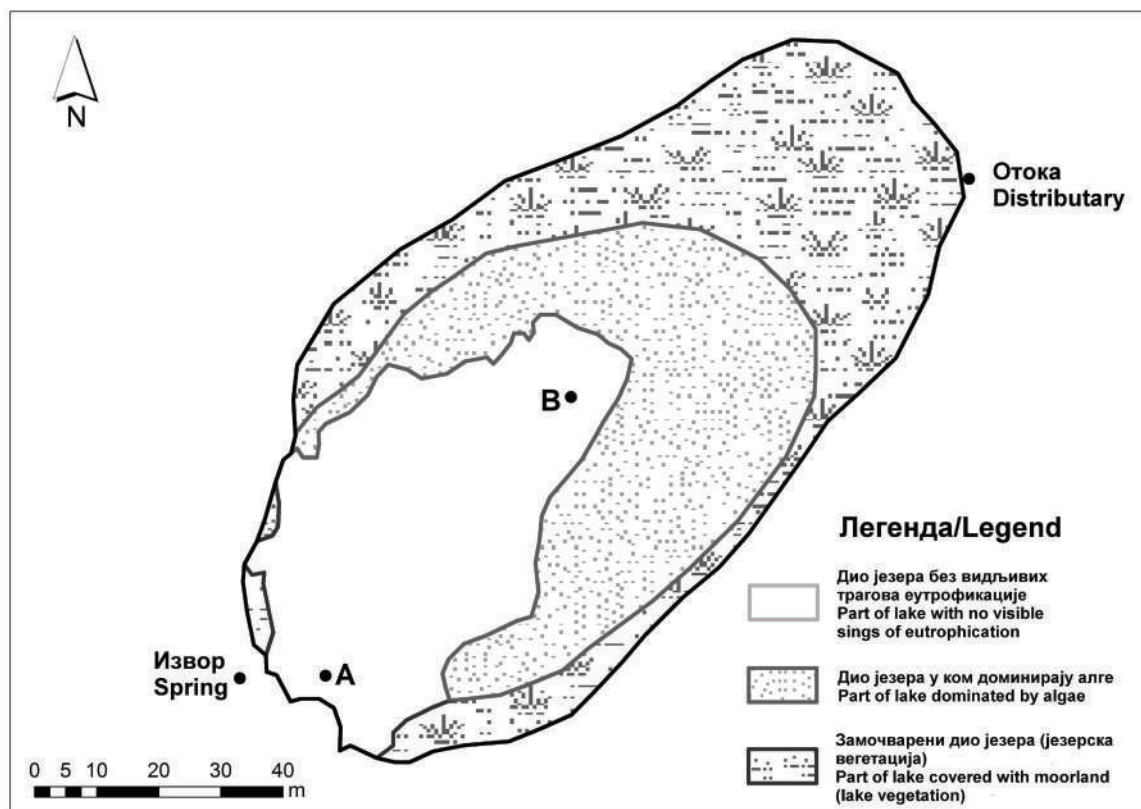
The surface water quality results from an interaction of a whole range of factors, both generally and within the context of eutrophication. In order to gain a clear idea of the condition of an observed water ecosystem, it is not sufficient to monitor only one group of parameters. Actually, the estimation of condition and quality of surface water demands usage of different physical and chemical, microbiological and biological parameters (Chapman, 1996).

Microbiological indicators of water quality may be regarded from three different aspects as follows: bacteriological, saprobiological and biochemical. A complex and reliable analysis of surface water quality requires testing from all three aspects (Petrović et al, 1998).

In this paper, we present results of a study on ecological status of Black Lake, which are relevant both scientifically and practically as it is a lake of extreme touristic value and its sustainability is being threatened.

MATERIALS AND METHODS

Black Lake is located at the central part of the Zelengora mountain at around 1450 m altitude. It is ellipse-shaped, 140 m long, 74 m wide and up to 6 m deep. It is fed on rainfalls and water from several poor water springs. The water loss is a result of one lake tributary and evaporation. Right next to the lake, there is a rich forest vegetation comprising beech, fir trees and spruce.



Карта 1. Црно језеро – стање еутрофикације
Map 1. Black Lake – eutrophication condition

Узорци воде за анализу узети су у 01. 8. 2015. године. За физичко-хемијску и бактериолошку анализу узорци су сакупљени у стерилне стаклене бочице у асептичним условима, при чему је узето по 0,2 литра воде из површинског слоја, као и из слоја 30-50 cm изнад дна. Узети су узорци на два различита локалитета језера (локалитети А и В), те са извора којим се језеро напаја водом, као и из отоке којом језеро губи воду. За анализу фитопланктона језерска вода је профилирана кроз планктонску мрежицу пречника окаца 20 μm и фиксирана је киселим луголовим раствором. Сакупљени су и узорци фитобентоса. Паралелно са узорковањем извршено је и мјерење температуре воде са исте дубине, а такође су одређене и вриједности рН, електропроводљивост, концентрације раствореног кисеоника, сатурација и турбидитет. Након тога, узорци су транспортовани на леду на температури до +4° C и у року од 24 сата извршена је

Water samples were collected on August 1, 2015. For the purpose of physical, chemical and bacteria analyses, the samples were collected in sterile glass bottles under aseptic conditions. In addition, 0.2 litres of water were collected from lake surface and 30-50 cm above the lake bottom respectively. The samples originated from two locations (locations A and B) at the lake, from the water source that fed the lake, and from the lake distributary. In order to analyze phytoplankton, the lake water was filtered through a 20 μm mesh plankton net and fixed by acidic Lugol solution. Samples of phyto-benthos were also collected. Simultaneously, water temperature was measured at the same depth and pH value electroconductivity, dissolved oxygen concentration, saturation and turbidity were determined. Afterwards, the samples were transported in ice at +4°C temperature and were analyzed in laboratories at the Banja Luka

њихова анализа у лабораторијама Природно-математичког факултета у Бањој Луци. Помоћу спектрофотометра HACH DR2800 одређене су концентрације раствореног амонијака, нитрата, нитрита, ортофосфата и сулфата, као и укупне суспендоване материје (DR 2800, User Manual). Бројност појединих група бактерија је одређена индиректним одгајивачким методама (Benson, 1998; McKane & Kandel, 1996; Škunca-Milovanović et al, 1990; Wistreich, 2003) при чему су кориштене храњиве подлоге произвођача BioMérieux и HiMedia. Идентификација алги је извршена помоћу следећих кључева: Hindak (1978, 2005 i 2008), John et al (2005), Lazar (1960) и www.algaebase.org. Степен сапробности одређен је на основу релативне бројности индикаторских организама, при чему је кориштена мађарска модификација Pantle-Buck методе (MSZ-12749, 1993).

РЕЗУЛТАТИ РАДА И ДИСКУСИЈА

Вода извора којим се Црно језеро напаја веома је хладна (6,4°C) и релативно добро zasiћена раствореним кисеоником (Табела 1). Сви параметри кисеоничног режима према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока (Службени гласник Републике Српске 42/01) указују на I класу квалитета. Вода је благо алкална (pH 8,13) са повишеном вриједношћу електропроводљивости од 608 $\mu\text{S}/\text{cm}$, што је показатељ III класе квалитета. Висока вриједност електропроводљивости указује на повећано присуство јона у води. Истраживања су показала да вриједности електропроводљивости воде извора, нарочито када је ријеч о карстним изворима, знатно варирају у току године, и то у зависности од нивоа воде у аквиферима. Подземне воде често садрже високу концентрацију јона услед слабе zasiћености ових базена кисеоником што доводи до финих литолошких промјена и на последицу до раста концентрације јона у води самог извора (Ravbar et al, 2011). Што се тиче основних нутријената у води од којих

Faculty of Natural Sciences and Mathematics within 24 hours. The HACH DR2800 spectrophotometer was used to determine concentrations of dissolved ammonia, nitrate, nitrite, orthophosphate and sulphate as well as the total suspended matter (DR 2800, User Manual). The amount of specific bacteria was determined by using indirect breeding methods (Benson, 1998; McKane & Kandel, 1996; Škunca-Milovanović i sar., 1990; Wistreich, 2003) and BioMérieux and HiMedia nutrient bases were applied. The identification of algae was performed by using the following keys: Hindak (1978, 2005 and 2008), John et al (2005), Lazar (1960) and www.algaebase.org. The degree of saprobity was determined in line with the relative number of indicator organisms and Hungarian modification of Pantle-Buck method (MSZ-12749, 1993) was used.

RESULTS AND DISCUSSION

Water from the Black Lake tributary is very cold (6,4°C) and relatively well-saturated with dissolved oxygen (Table 1). All parameters of oxygen regime in line with the Regulation on Water Classification and Waterstream Categorization (Official Gazette of the Republic of Srpska, No. 42/2001) indicated 1st class water quality. The water is slightly alkaline (pH 8,13) and electroconductivity increases up to 608 $\mu\text{S}/\text{cm}$, which suggests 3rd class water quality. High values of electroconductivity are a sign of the increased ion presence. Studies have shown that values of electroconductivity of source water, particularly in karst watersources, largely vary during the year, depending on water level in the aquifer. Underground water often contains high ion concentration due to poor oxygen saturation, which causes fine lithologic changes and finally results in increased ion concentration in the source water (Ravbar et al, 2011). Speaking of basic water nutrients that affect the primary

зависи примарна продукција водног базена, концентрације свих азотних једињења у води су ниске, док је концентрација ортофосфата повишена. До повећане концентрације ортофосфата може доћи услед интензивних падавина, спирања околног земљишта, ако водоток пролази кроз подлогу богату фосфатима или ослобађањем наталожених фосфата из седимента (Dalmacija i Ivančev-Tumbas, 2004).

Микробиолошка анализа воде извора којим се Црно језеро напаја водом показала је њен одличн квалитет. Бројност свих изолованих група бактерија одговара I класи површинских вода (Табела 2) што указује да вода извора није оптерећена органском материјом нити је у контакту са комуналним отпадним водама.

production of water basin, concentration of all nitrogen compounds was low but orthophosphate concentration was high. The increased orthophosphate concentration may be caused by intense precipitation and rinsing of the surrounding soil if the water runs through a surface rich in phosphates or the aggregated phosphates are released from sediments (Dalmacija i Ivančev-Tumbas, 2004).

Microbiological analyses of water source that feeds Black Lake suggested an excellent water quality. The amount of all isolated bacteria suggested 1st class surface water (Table 2), which helped us infer that the source water was neither burdened by organic substance nor in contact with waste water.

Табела 1. Физичко-хемијске карактеристике воде Црног језера
 Table 1. Physical and chemical characteristics of Black Lake water

	Извор Spring	локалитет А location A	локалитет А дно location A bottom	локалитет В location B	локалитет В дно location B bottom	Отока Distributary
temperatura vode (°C) water temperature (°C)	6,4	20,8	17,1	22,1	20,2	23,1
конц. rastvorenog O ₂ (mg/l) dissolved O ₂ concentration (mg/l)	9,19	7,29	7,38	6,97	7,45	6,26
сатурација (%) saturation (%)	88,5	97,0	91,0	95,1	98,2	87,5
ВПК ₅ (mg/l) BOD ₅ (mg/l)	0,42	1,31	2,29	1,66	-	2,01
pH	8,13	7,88	7,78	7,79	7,61	7,62
електропроводљивост (μS/cm) electroconductivity (μS/cm)	608	277	323	267	331	260
турбидитет (NTU) turbidity (NTU)	0,47	2,56	209,02	1,96	131,16	3,24
суспендоване материје (mg/l) suspended matter (mg/l)	0	1	79	1	52	1
амонијачни азот (mg/l) ammonia nitrogen (mg/l)	0,06	0,00	0,61	0,00	1,12	0,00
нитратни азот (mg/l) nitrate nitrogen (mg/l)	0,7	0,3	0,6	0,3	0,3	0,3
нитритни азот (mg/l) nitrite nitrogen (mg/l)	0,003	0,003	0,007	0,003	0,014	0,003
сулфати (mg/l) sulphate (mg/l)	20	14	24	13	25	11
ортофосфати (mg/l) orthophosphate (mg/l)	0,46	0,60	0,39	0,15	0,13	0,09

Физичко-хемијска и микробиолошка анализа воде Црног језера извршена је на два локалитета (локалитет А и локалитет В) и са двије дубине (површински слој и слој изнад дна). На локалитету А измјерена је дубина од 6 метара, а провидност, мјерена помоћу Сеџци диска, износила је 4 метра, док је на локалитету В измјерена дубина од 3 метра и вода је била провидна до самог дна. Добра провидност воде последица је ниске концентрације нерастворених органских и минералних материја, на што указују и измјерене ниске концентрације суспендованих материја, као и вриједности турбидитета на оба локалитета. У узорцима који су прикупљени изнад дна на оба локалитета забиљежене су изразито високе вриједности ова два параметра, што је последица дизања муља приликом узорковања. Висока провидност ипак указује да вода у читавом водном стубу није оптерећена угнулом органском материјом нити фитопланктоном, чије повећање бројности спречава продирање свјетлости и смањује вриједност овог параметра (Dalmacija i Ivančev-Tumbas, 2004).

Температура воде, како у површинском слоју, тако и при самом дну, на оба локалитета била је релативно висока. На плићем локалитету, дакле на локалитету В, температура површинског слоја износила је 22,1 °C, а при дну 20,2 °C, док је на другој узоркованој тачки температура воде површинског слоја износила 20,8 °C. Овако висока температура воде омогућава брже процесе разградње органске материје и погодује умножавању бактерија и интензивнијем развоју фитопланктона. Међутим, до интензивније оксидације органских материја долази само у слоју воде изнад дна будући да је само ту измјерена нешто виша вриједност биохемијске потрошње кисеоника од 2,29 mg O₂/l. У слоју изнад дна на оба локалитета изолован је највећи број аеробних хетеротрофних бактерија, што је и очекивано јер муљ садржи знатно већи број бактерија од слободне воде (Sigeo, 2004). Интензивна продукција органске материје лимитирана је ниском концентрацијом

Physical, chemical and microbiological water analyses of Black Lake were performed at two locations (location A and location B) at two different depths (water surface and the layer directly above the lake bottom). Depth at location A was 6 meters and transparency measured by the Secchi disc was 4 meters whereas depth at location B was 3 meters and water was transparent down to the bottom. Good water transparency is a result of low concentration of dissolved organic substances. This fact is also supported by low concentration of suspended matter and turbidity values at both locations. The samples collected at both locations within the bottom layer register extremely high values of both these parameters, which is a consequence of mud appearance during the sampling. Still, high transparency suggests that water within the whole water level is not burdened by organic substance or phytoplankton, large amounts of which would affect transparency and decrease the value of this parameter (Dalmacija i Ivančev-Tumbas, 2004).

Water temperature at both locations and at both depths was relatively high. At location B, which was a more shallow location, water surface temperature was 22,1 °C and bottom water temperature was 20,2 °C. In addition, at second location, surface water temperature was 20,8 °C. Such a high water temperature enhances process of organic substance decomposition and increases number of bacteria and phytoplanktons. Nevertheless, the intensive oxidation of organic substances was registered only within the layer direct above the lake bottom where the measured value of biochemical oxygen consumption was 2,29 mg O₂/l. Furthermore, the largest number of aerobic heterotrophic bacteria was isolated within the layer above the lake bottom, which was no surprize as mud contained more bacteria in comparison with free water (Sigeo, 2004). An intensive production of organic substances is limited due to low concentrations of nitrogen compounds in water: ammonia nitrogen was not registered

азотних једињења у води: амонијачни азот у слободној води уопште није регистрован, док су концентрације нитратног и нитритног азота ниске. Амонијак је присутан само при дну гдје се ослобађа у процесу микробиолошке разградње органске материје. Фосфор је присутан у знатној количини у свим испитиваним узорцима и то у фитопланктону доступној форми ортофосфата. Код сва четири испитивана узорка вода Црног језера била је добро сатурисана кисеоником, благо алкална са максимално измјереном рН вриједности 7,88 и са ниским вриједностима електропроводљивости. У узорцима прикупљеним на дну, због замућења, измјерене су нешто више вриједности електропроводљивости у односу на узорке прикупљене на површини, али су утврђене двоструко ниже вриједности у односу на електропроводљивост забиљежену у води извора којом се језеро напаја. Уствари, Црно језеро се напаја водом и из више извора али испитивани има највећи проток, а измјерене вриједности електропроводљивости на сва четири локалитета у језеру су ниске. Ово говори у прилог тези да се електропроводљивост карстних извора мијења у зависности од нивоа воде у аквиферима.

Вриједности свих праћених физичко-хемијских параметара су указале да вода Црног језера припада првој класи површинских вода (Службени гласник 42/01). Што се тиче санитарно-микробиолошких параметара квалитета, вода Црног језера, на основу бројности аеробних хетеротрофних психрофилних бактерија и бројности укупних колиформних бактерија, одговара II класи површинских вода, тј. води умјерено оптерећеној органским материјама. Однос бројности аеробних психрофилних и мезофилних бактерија у свим узорцима указује на доминацију аутохтоне водне бактериофлоре. Међу укупним колиформима нису изоловане фекалне стрептококе, док су фекални колиформи, и то у веома малом броју (10 kol/100 ml), изоловани само на дну локалитета В, што указује да вода није оптерећена фекалним материјама.

in free water at all, whereas concentrations of nitrate and nitrite nitrogen were low. Ammonia was registered only in the lake bottom where it was released in the process of microbiological decomposition of organic substances. Phosphorus was abundant in all the samples, particularly in phytoplankton available in form of orthophosphates. All four samples of Black Lake water were well oxygen-saturated, lightly alkaline, with maximum pH values of 7,88 and low electroconductivity. Due to mud, samples collected at the lake bottom had somewhat higher electroconductivity values in comparison with the surface water samples. Still, the electroconductivity values were two times lower when compared with water from the source that fed the lake. Actually, Black Lake feeds on several water springs but our target spring had a largest water flow and the measured values suggested poor electroconductivity at all four locations. This supports the thesis that electroconductivity of karst water sources changes in line with water level in aquifers.

Values of all monitored physical and chemical parameters suggested that Black Lake water was 1st class surface water (Official Gazette of the Republic of Srpska, No. 42/2001). Speaking of sanitary-microbiological parameters, based on the amount of aerobic heterotrophic psychrophilic bacteria and total coliform bacteria, Black Lake water is ranked as 2nd class surface water, i.e. the water is moderately burdened by organic substances. The ratio of aerobic psychrophilic and mesophilic bacteria in all samples indicated domination of the indigenous water bacterioflora. Among the total coliform, no fecal streptococcus were isolated. Still, few fecal coliforms (10 CFU/100 ml) were isolated at the bottom of location B, which suggested that water was not burdened by fecal substances.

ЦРНО ЈЕЗЕРО НА ЗЕЛЕНГОРИ – ПРОБЛЕМИ ОДРЖИВОСТИ
BLACK LAKE OF THE ZELENGORA MOUNTAIN – SUSTAINABILITY PROBLEMS

*Табела 2. Микробиолошке карактеристике воде Црног језера
Table 2. Microbiological characteristics of Black Lake water*

	Извор Spring	локалитет А location A	локалитет А дно location A bottom	локалитет В location B	локалитет В дно location B bottom	Отока Distrib utary
аеробне хетеротрофне психрофилне бактерије (kol/ml) aerobic heterotrophic psychrophilic bacteria (CFU/ml)	955	1480	3980	1840	4333	1640
класа воде* water class**	I	II	II	II	II	II
аеробне мезофилне бактерије (kol/ ml) aerobic mesophilic bacteria (CFU/ ml)	335	760	175	730	530	980
укупне колиформне бактерије (kol/100 ml) total coliform bacteria (CFU/100 ml)	850	110	10	85	110	290
класа воде* water class**	II	II	I	II	II	II
фекалне колиформне бактерије (kol/100 ml) fecal coliform bacteria (CFU/100 ml)	<1	<1	<1	<1	10	<1
класа воде* water class**	I	I	I	I	I	I
фекалне стрептококе (kol/100 ml) fecal streptococcus (CFU/100 ml)	<1	<1	<1	<1	<1	10
класа воде* water class**	I	I	I	I	I	I

* Класификација воде је извршена према Уредби о класификацији вода и категоризацији водотока Републике Српске (Службени гласник Републике Српске, бр. 42/2001)

**Water was classified in line with the Regulation on Water Classification and Waterstream Categorization (Official Gazette of the Republic of Srpska, No. 42/2001)

Вода отоке Црног језера имала је релативно високу температуру од 23,1 °C и нешто нижу концентрацију раствореног кисеоника (6,26 mg O₂/l) у односу на воду језерског базена. Имајући у виду чињеницу да растворљивост кисеоника у води опада са растом њене температуре (Dalmacija i Ivančev-Tumbas, 2004) вода језерске отоке релативно добро је засићена кисеоником.

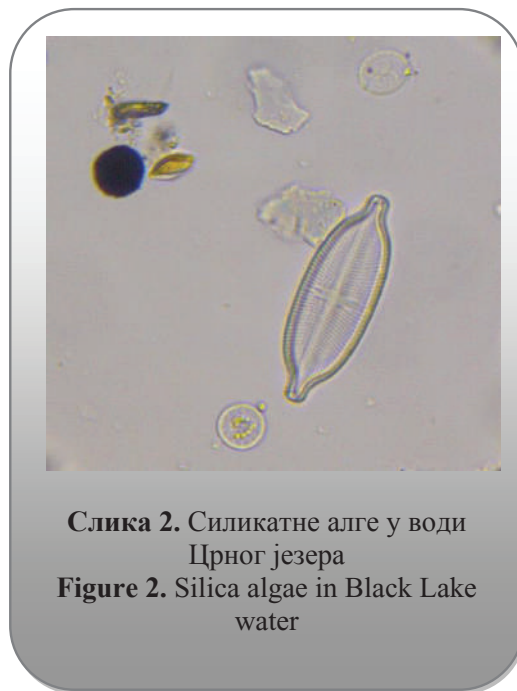
Као и вода језера, и вода отоке је благо алкална са ниском електропроводљивошћу и са ниским концентрацијама основних нутријената. У узорку воде отоке није забиљежено присуство амонијачног азота, док су концентрације нитратног и нитритног азота као и ортофосфата и сулфата биле ниске и одговарале су I класи површинских вода. Бројност изолованих аеробних психрофилних (Слика 1) и укупних

Water temperature in Black Lake distributary was relatively high (23,1 °C) and the concentration of dissolved oxygen was somewhat lower (6,26 mg O₂/l) in comparison with the lake basin water. If we bear in mind the fact that oxygen solubility in water decreases as its temperature rises (Dalmacija i Ivančev-Tumbas, 2004), the water of the lake distributary was well oxygen-saturated.

The distributary water was slightly alkaline with low electroconductivity and low concentration of basic nutrients as it was the case with the lake water. The distributary water sample did not mark presence of ammonia nitrogen, whereas concentrations of nitrate and nitrite nitrogen, orthophosphate and sulphate were low and matched 1st class surface water. The

колиформних бактерија указала је слабију оптерећеност органским материјама која одговара II класи квалитета. Међу укупним колиформима нису изоловани фекални колиформи, док су фекалне стрептококе, које су индикатор старијег фекалног загађења, изоловане у малом броју (10 kol/100 ml).

amount of isolated aerobic psychrophilic (Figure 1) and total coliform bacteria indicated poor load of organic substances, which matched 2nd class quality. No fecal coliforms were isolated among the total coliforms, whereas fecal Streptococci that indicated earlier fecal pollution were isolated in minor degree (10 CFU/100 ml).



У води Црног језера на идентификована су 32 различита таксона алги заједно са цијанобактеријама, у оквиру 4 раздјела (Табела 3).

There were 32 algae taxa identified in Black Lake water along with Cyanobacteria in four divisions (Table 3).

ЦРНО ЈЕЗЕРО НА ЗЕЛЕНГОРИ – ПРОБЛЕМИ ОДРЖИВОСТИ
BLACK LAKE OF THE ZELENGORA MOUNTAIN – SUSTAINABILITY PROBLEMS

Табела 3. Квалитативни састав алги Црног језера
Table 3. Qualitative composition of Black Lake algae

Таксон taxon			локалитет А location A	локалитет В location B
	s	G	h _A	h _B
Cynobacteria				
<i>Chroococcus sp.</i>	1,60	3	3	3
<i>Microcystis sp.</i>	2,00	3	2	
<i>Lyngbya sp.</i>	2,00		7	7
Bacillariophyta				
<i>Caloneis sp.</i>	1,40			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	1,60	1	5	5
<i>Cyclotella sp.</i>	1,50	3	5	5
<i>Cymbella ehrenbergii</i> Kütz.	1,50	2	5	5
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) V. Heurck	1,60	5	3	3
<i>Cymbella turgidula</i> Grunow	1,70		3	3
<i>Diatoma sp.</i>	1,90	2	3	3
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Schaar.	1,20		1	
<i>Fragillaria capucina</i> Desm.	1,60	3	3	3
<i>Fragillaria crotonensis</i> Kitton	1,70	3	3	3
<i>Gomphonema sp.</i>	2,20	3	2	
<i>Melosira varians</i> Ag.	2,00	2	3	2
<i>Meridion sp.</i>	1,10			1
<i>Navicula sp.</i>	2,00	3	5	5
<i>Navicula sp.</i>	2,00	3	5	3
<i>Pinullaria sp.</i>	1,20		2	3
<i>Stauroneis phoenicentron</i> Welheim	1,80		2	1
<i>Stephanodiscus sp.</i>			1	1
<i>Surirella elegans</i> Ehr.	1,40			1
<i>Synedra acus</i> Kütz.	1,70	3	3	3
<i>Synedra ulna</i> Ehr.	2,00	1	3	3
Chlorophyta				
<i>Carteria sp.</i>	2,40		3	3
<i>Chlamidomonas sp.</i>	2,80			2
<i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn	2,00	2	5	3
<i>Cosmarium sp.</i>	1,80			
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchner) Kütz	2,10	2	3	3
<i>Oedogonium sp.</i>	1,40		3	3
<i>Sphaerocystis sp.</i>	1,40		1	
Pyrrophyta				
<i>Peridinium sp.</i>	1,40	3	2	2
Индекс сапробности Saprobity index			1,78	1,73

*s-сапробна вриједност врсте; G-индикаторска тежина; h-релативна бројност таксона

** s-saprobic values of the species; G-indicated weight; h-relative amount of taxon

На основу квалитативног и квантитативног састава алги израчунат је индекс сапробности који је на локалитету А износио 1,78 а на локалитету В 1,73, а добијене вриједности указују на воду која се налази на прелазу између олигосапробних и β -мезосапробних (MSZ-12749, 1993).

Квалитативно, највише је било силикатних алги (Слика 2), са 21 различитим таксоном. Цијанобактерије су биле заступљене са 3, зелене са 7 и ватрене са 1 таксоном. Највећи број силикатних алги детерминисан је у слоју непосредно изнад језерског дна, поријеклом из муља. Претежно, ради се о типичним бентоским алгама. Међу њима доминирају представници рода *Navicula* врсте *Cocconeis placentula* и *Cymbella ehrenbergii*. У површинском слоју доминирају накупине цијанобактерије *Phormidium* sp. Фитопланктон је заступљен са малим бројем врста и карактерише га одсуство неких типичних родова као што су *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Ceratium* и други који доминирају у језерима Републике Српске. Мали број заступљених врста и њихова релативно ниска бројност указују на воду која није у знатној мјери оптерећена органском материјом. У хладнијим планинским језерима очекује се доминација представника Ругорphyта, али су у Црном језеру заступљене су само са једним представником. Будући да се неке врсте алги могу у планктону наћи искључиво у хладнијем периоду године, док су друге карактеристичне за љетне мјесеце (Sigeo, 2004) да би се прецизније утврдио састав фитопланктона, узорковање би требало вршити током читаве године.

ЗАКЉУЧАК

На основу извршених физичко-хемијских, микробиолошких и сапробиолошких анализа може се закључити да Црно језеро има воду задовољавајућег квалитета. Сви физичко-хемијски параметри показали су висок квалитет воде. Микробиолошки параметри указују да језеро нема континуиран контакт са отпадним

Based on the qualitative and quantitative algae composition, the saprobity index was calculated and it was 1,78 at location A and 1,73 at location B 1,73. These values indicated transition state between oligosaprobic and β -mesosaprobic water (MSZ-12749, 1993).

Qualitatively, silica algae were most frequent (Figure 2) with 21 different taxa. Cyanobacteria had 3 taxa, the green had 7 and pyrophyta had 1 taxon. A largest number of silica algae was determined in the layer directly above the lake bottom and they originated from the mud. These were mostly typical benthos algae. The majority belonged to genera *Navicula* and species *Cocconeis placentula* and *Cymbella ehrenbergii*. The surface layer was dominated by *Lyngbya* sp. cyanobacteria. There were few species of phytoplankton and some typical genera such as *Pediastrum*, *Scenedesmus*, and *Ceratium*, which were characteristic of other lakes in the Republic of Srpska, were absent. Few species and relatively small number of these indicated that the water was not loaded with organic substances. Pyrrophyta specimen is expected to prevail in cold mountain lakes, but in Black Lake it had only one specimen. In order to determine a more precise composition of phytoplankton, the sampling should take place all year round because some algae species in plankton may be reached only in winter and other are typical of summer (Sigeo, 2004).

CONCLUSION

Based on the physical and chemical, microbiological and saprobic analyses, we may infer that Black Lake water quality is highly agreeable. Microbiological parameters indicate that the lake does not maintain a continuous contact with fecal waste substances. The number of aerobic

фекалним материјама. Бројност аеробних психрофилних и мезофилних хетеротрофних бактерија указује на присуство органске материје у води. Будући да је у водном стубу забиљежен релативно низак диверзитет и мала бројност фитопланктона, може се закључити да органска материја у језерски базен доспијева углавном спирањем околног земљишта и декомпозицијом макрофита. Распадањем водних биљака постепено се ствара слој муља који је погодна подлога за развој емерзних биљака, што убрзава процес старења овог водног екосистема. Вриједности сапробног индекса, добијене на основу квалитативног и квантитативног састава фитопланктона и фитобентоса, указују на воду која се налази на прелазу између олигосапробних и β -мезосапробних.

psychrophilic and mesophilic heterotrophic bacteria suggests the presence of organic substances. As the diversity and abundance are relatively low and phytoplankton is rare within the water level, we may infer that the organic substances reach the lake mostly due to rinsing of neighboring soil and decomposition of macrophyte. Decomposition of water plants gradually results in mud layers that favor growth of emersed plants, which further improve the process of aging of the water ecosystem. Values of saprobic indices reached from the qualitative and quantitative content of phytoplankton and phytobenthos indicated transition state between oligosaprobic and β -mesosaprobic water.

ЛИТЕРАТУРА И ИЗВОРИ/REFERENCES

- Benson, H., J. (1998). *Microbiological applications*. New York: McGraw-Hill
- Gajin, S., Matavulj, M., Petrović, O., Svirčev, Z. (2004). Problemi upravljanja eutrofikacijom vode u hidroakumulacijama. *Zbornik radova Prve konferencije „Sistemi upravljanja zaštitom životne sredine“*, Novi Sad, Zora-XXI, (1) str.: 261–274.
- Dalmacija, B., Ivančev-Tumbas, I. (2004). *Analiza vode – kontrola kvaliteta, tumačenje rezultata*. Katedra za hemijsku tehnologiju i zaštitu životne sredine, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad: Budućnost
- DR2800 (2009). *User Manual, HACH lange GMBH*, Düsseldorf.
- John, D., M., Whitton, B., A., Brook, A., J. (2002). *The Freshwater Algal Flora of the British Isles – An identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. Cambridge, London: Natural History Museum
- Lazar, J. (1960). *Alge Slovenije. Seznam sladkovodnih vrst in ključ za določanje*. Ljubljana: Slovenska akademija znanosti in umetnosti
- McKane, L., Kandel, J. (1996). *Microbiology, essentials and applications*. New York: McGraw-Hill
- MZS 12749 (1993). *Mađarski standardi kvaliteta vode*. U: Nemeš, K. (2005): Sezonska dinamika fitoplanktona hidrosistema Dunav-Tisa-Dunav u Banatu. Magistarska teza, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu.
- Petrović, O., Gajin, S., Matavulj, M., Radnović, D., Svirčev, Z. (1998). *Mikrobiološko ispitivanje kvaliteta površinskih voda*. (Monografija). Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu: Institut za biologiju
- Ravbar, N., Engelhardt, I., Goldscheider, N. (2011). Anomalous behaviour of specific electrical conductivity at a karst spring induced by variable catchment boundaries: the case of the Podstenjšek spring, Slovenia. *Hydrological Processes*, vol 25/13, pp 2130-2140.
- Sigeo, D. (2004). *Freshwater microbiology: biodiversity and dynamic interactions of microorganisms in the aquatic environment*. Chichester, England: John Wiley & sons
- Службени гласник Републике Српске, бр. 42 (2001). *Уредба о класификацији вода и водотока*.
- Ćirković, M., Jovanović, B., Maletin, S. (2002). *Ribarstvo*. Novi Sad: Poljoprivredni fakultet
- Hindák, F. (1978). *Sladkovodné riasy*. Bratislava: Slovenské pedagogické nakladateľstvo

Hindák, F. (2005). *Zelene kokalne riasy (Chlorococcales, Chlorophyta)*. Bratislava: Botanický ústav SAV

Hindák, F. (2008). *Colour atlas of Cyanophytes*. Bratislava: VEDA, Publishing House of Slovak Academy of Science

Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments – A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. E & FN Spon, Cambridge: University Press

Škunca-Milovanović, S., Feliks, R., Đurović, B. (1990). *Voda za piće, standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti*. Savezni zavod za zdravstvenu zaštitu, Beograd: NIP „Privredni pregled“

Wistreich, G., A. (2003). *Microbiology laboratory, fundamentals and applications*. New Jersey: Prentice Hall