

Izvorni znanstveni članak | Original Scientific Paper | UDK 556.55(497.5 Rogoznica)
Primljeno (Received): 2. 7. 2013.; Prihvaćeno (Accepted): 14. 11. 2013.

ROGOZNIČKO JEZERO JEDINSTVENI ANOKSIČNI SUSTAV NA JADRANSKOJ OBALI

dr. sc. Irena Ciglenečki

Institut Ruđer Bošković,
Zavod za istraživanje mora i okoliša
Bijenička 54, 10000 Zagreb
irena@irb.hr

dr. sc. Elvira Bura-Nakić

Institut Ruđer Bošković,
Zavod za istraživanje mora i okoliša
Bijenička 54, 10000 Zagreb

Marija Marguš, dipl. ing. kem. teh.

Institut Ruđer Bošković,
Zavod za istraživanje mora i okoliša
Bijenička 54, 10000 Zagreb

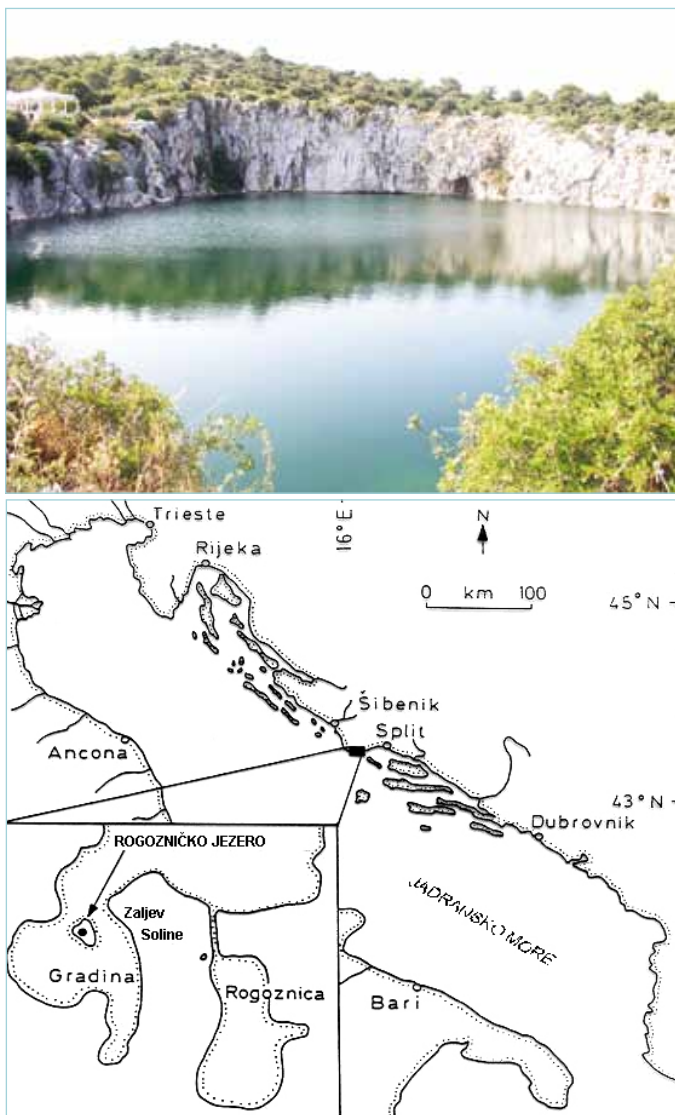
Rogozničko jezero (Zmajevsko oko) je malo, prirodno eutroficirano morsko jezero smješteno na poluotoku Gradina u blizini mjesta Rogoznica. Jezero predstavlja ekstremni, krški okoliš s tipičnim karakteristikama meromiktičkih i euksiničnih sredina. Glavna karakteristika Rogozničkog jezera je postojanje izražene sezonske stratifikacije vodenih slojeva te pojava euksiničnih uvjeta u vodenom stupcu na dubini većoj od 9 m. Miješanje vodenih slojeva ovisi o meteorološkim uvjetima te može biti polagano ili naglo. Pri naglom izmješavanju oksidacija milimolarne koncentracije sulfida može dovesti do nagle potrošnje kisika, taloženja koloidnog sumpora u površinskom sloju i pojave anoksije u cijelom vodenom stupcu jezera.

Od 1994. do danas sustavno se provode prirodnoznanstvena istraživanja Rogozničkog jezera koja pokazuju kako je jezero jedinstveni anoksični okoliš ne samo na obali Jadrana, već i cijelog Mediterana. Jezero je prirodni bioreaktor s procesima čija je ravnoteža i dinamika vrlo osjetljiva na vanjske okolišne utjecaje, pa tako i globalne klimatske promjene.

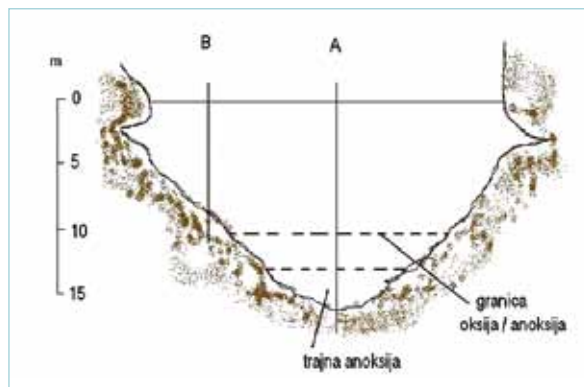
Ključne riječi: Rogozničko jezero, ekstremni sulfidni okoliš, anoksija, euksinija, koloidni sumpor, izmješavanje

1. UVOD

Rogozničko jezero, u narodu poznato kao Zmajevo oko, je malo (10276 m², najveća dubina 15 m), krško i prirodno eutroficirano morsko jezero smješteno na poluotoku Gradina između uvala Soline i Koprišće u blizini mjesta Rogoznica, 40 km južno od Šibenika, [slika 1](#). Jezero predstavlja ekstremni morski okoliš s tipičnim karakteristikama meromiktičkih (nepotpuno se miješa) i euksiničnih (anoksija uz prisutnost hidrogen sulfida u vodenom stupcu) sredina poput Crnog mora, Framvaren fjorda u Norveškoj i kraterskog jezera Pavin u Francuskoj (Ciglenečki et al., 2005.; Bura-Nakić et al., 2009.; Helz et al., 2011.). Glavna fizičko-kemijska karakteristika Rogozničkog jezera je postojanje izražene sezonske stratifikacije vodenih slojeva te pojava anoksičnih uvjeta u vodenom stupcu na dubini većoj od 9 m, [slika 2](#) (Ciglenečki, 1997.; Ciglenečki et al., 1996., 1998., 2006., 2005.; Stipaničev i Branica, 1996., 2006.; Bura-Nakić et al., 2009., 2012.; Helz et al., 2011.).



Slika 1: Rogozničko jezero; panoramski snimak i položaj na karti Jadrana



Slika 2: a) Profil Rogozničkog jezera s označenim dubinama oksije i anoksije; b) uzorci Rogozničkog jezera iz područja redoks kline.

Jezero je okruženo strmim, na nekim mjestima prevjesnim, vapnenačkim stijenama koje se na sjevernoj strani uzdižu do 4 m, a na južnoj i do 24 m iznad površine mora, te na taj način štite jezero od utjecaja vjetrova. Stijene se nastavljaju i pod vodom, gdje zaranjaju u sedimentno tlo na dubinama od 2 do 7 m koje se blago spušta do 15 m dubine, otprilike na sredini jezera, [slika 2](#) (Bakran-Petricioli i Petricioli, 1999.). Uzorkovanje jezerske vode i sedimenta se obično provodi na lokacijama A i B, koje iako su međusobno udaljene samo za 15 m, potpuno su drugačijih fizičko-kemijskih karakteristika u vodenom stupcu, ali i sedimentu. Sediment na lokaciji A je anoksičan (euksiničan) ([slika 3](#)) s jako izraženom akumulacijom redoks-osjetljivih metala poput Mo, koji služi kao indikator anoksičnih uvjeta. U sedimentu, na lokaciji A, određena je koncentracija Mo od 81 mg/kg, slično kao što su koncentracije Mo u anoksičnom sedimentu Crnog mora (Ciglenečki et al., 2006.).

Za vrijeme izražene termohaline stratifikacije, u jezeru se razlikuje gornji oksični te donji anoksični vodeni sloj. Ovisno o meteorološkim i termohalnim uvjetima, stratifikacija u jezeru je najstabilnija tijekom zime i proljeća kada se pri dnu akumulira topliji i sumpornim spojevima (do 10⁻³ M, uglavnom u obliku sulfida) bogat vodeni sloj. Granica između oksičnog i anoksičnog sloja, odnosno vrlo izražena redoks zona tada je obično smještena na dubini od 8-9 m. Za vrijeme kišnih, proljetnih mjeseci kada je i najviše izražena termohalina stratifikacija, redoks zona u jezeru je okarakterizirana jakom kemoklinom, gdje se ovisno o ekološkim uvjetima (svjetlo, kisik, temperatura, koncentracija H₂S) razvija gusti ljubičasto obojeni sloj s anaerobnim fotoautotrofnim



Slika 3: Snimka sedimentne jezgre s anoksičnim, muljevitim sedimentom iz Rogozničkog jezera uzorkovanog na točki A.

sumpornim bakterijama roda *Chromatium* (Ciglenečki et al., 1998.), slika 2. Debljina tog sloja obično varira od 0.1 do 0.5 m. U anoksičnom sloju također su povišene vrijednosti hranjivih soli: $[\text{NH}_4^+] = 150 \mu\text{M}$; $[\text{PO}_4^{3-}] = 22 \mu\text{M}$; $[\text{SiO}_4^{4-}] = 400 \mu\text{M}$ te otopljenog organskog ugljika $[\text{DOC}] = 6 \text{ mg/L}$, kao rezultat intenzivnih procesa remineralizacije organske tvari (Kršinić et al., 2000.; Čosović et al., 2000.; Ciglenečki et al., 2005.; Šestanović et al., 2005.; Žic et al., 2010.).

Nepotpuno miješanje vodenih slojeva u jezeru događa se uglavnom tijekom zimskih mjeseci (studeni, prosinac) kada ohlađena slana voda tone u dublje slojeve noseći sa sobom vodu obogaćenu kisikom. Kao rezultat miješanja do površine stiže pridrena voda obogaćena hranjivim solima koje su osnova za novi razvoj fitoplanktona i produkciju kisika. Mikrobna regeneracija hranjivih soli glavni je izvor prirodne eutrofikacije u Rogozničkom jezeru (Ciglenečki et al., 2005.).

Potkraj rujna 1997. godine u Rogozničkom jezeru došlo je do naglog miješanja vodenog stupca pri čemu se voda iz dubljih slojeva, bogata sulfidom, izmiješala s vodom bogatijom kisikom. Zbog nedovoljne količine kisika došlo je do nepotpune oksidacije reduciranih sumpornih spojeva (RSS) i pojave anoksičnih uvjeta s relativno visokom koncentracijom elementnog sumpora u cijelom vodenom stupcu Rogozničkog jezera (Kršinić et al., 2000.; Ciglenečki et al., 2005.). Anoksični uvjeti doveli su do masovnog pomora svih živih organizama. Slična situacija zabilježena je nedavno, u listopadu 2011. godine, kada je vodeni stupac Rogozničkog jezera ponovno bio anoksičan s prisutnošću relativno visokih koncentracija sumpornih spojeva u površinskom sloju (do 10^{-5}M) (Bura-Nakić et al., 2012.). Površina jezera je imala mliječno bijelu boju (slike 4a i 4c), kao rezultat taloženja koloidnog elementnog sumpora koji je nastao nepotpunom oksidacijom sulfida, a sama pojava je pobudila pažnju javnosti, znanstvene i akademske zajednice, medija i lokalne zajednice.

Zbog ekstremnih ekoloških uvjeta koji vladaju u Rogozničkom jezeru, fitoplankton i zooplankton je zastupljen s relativno malo vrsta od kojih neke razvijaju guste populacije (Ciglenečki et al., 1998., 2005.; Kršinić et al., 2000.; Čosović et al., 2000.; Burić et al., 2009.).

Nakon potpune anoksije vodenog stupca Rogozničkog jezera u 1997. godini promijenio se broj



Slika 4: Snimke površine Rogozničkog jezera za vrijeme stratifikacije u ožujku 2011. (a) i izmješavanja vodenih slojeva i pojave anoksičnih uvjeta u cijelom vodenom stupcu: (b) rujna 1997. i (c) listopad 2011. godine.

vrsta te njihova zastupljenost u odnosu na vrijeme prije anoksije. Od fitoplanktona dominirale su dijatomeje, dok je zooplankton (kopepodi) imao važnu ulogu u reguliranju biokemijskih procesa u jezeru, naročito poslije anoksije (Kršinić et al., 2000.).

Rogoznočko jezero sa svim svojim karakteristikama zaslužuje posebnu pažnju i zaštitu, te na inicijativu naše grupe istraživača iz 2004. godine, 13. 09. 2010. uredbom o proglašenju ekološke mreže konačno postaje dio zaštićene prirodne baštine o kojoj skrbi Javna ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim područjima i drugim zaštićenim prirodnim vrijednostima na području Šibensko-kninske županije.

Od 1994. do danas sustavno se provode prirodnoznanstvena istraživanja Rogozničkog jezera u suradnji s brojnim svjetskim i domaćim institucijama

u okviru kojih se prate sezonske promjene oksičnih i anoksičnih uvjeta te okomita raspodjela koncentracije kisika, hranjivih soli, otopljenog organskog ugljika (DOC), površinsko aktivnih tvari, reduciranih sumpornih spojeva (RSS), metala, fito i zooplanktona u vodenom stupcu jezera. U ovom radu prikazane su sezonske promjene oksično-anoksičnih uvjeta u vodenom stupcu Rogozničkog jezera s određenim koncentracijama reduciranih sumpornih vrsta u pridnenom sloju u periodu od 1994. do 2012. godine.

2 METODE RADA

Uzorci jezerske vode uzimani su s različitih dubina u sredini jezera, s točke A (slika 2) pomoću Niskinovog crpca. Uzorci za analizu sumpornih vrsta i kisika uvijek su uzimani prvi. Kako bi se očuvali anoksični uvjeti u uzorku, pretakanje uzorka iz crpca u staklene boce vršeno je pod strujom dušika preko silikonskog crijeva, uz ispiranje boce s nekoliko volumena uzorka prije zatvaranja s teflonskim čepom.

Temperatura i salinitet određivani su sa živinim termometrom i refraktometrom (Atago, Japan) ili CTD sondom (HACH, USA) kojom je određivan i sadržaj otopljenog kisika. U svim uzorcima sadržaj otopljenog kisika određivan i je Winklerovom metodom prema Stricklandu i Parsonsu (1972.).

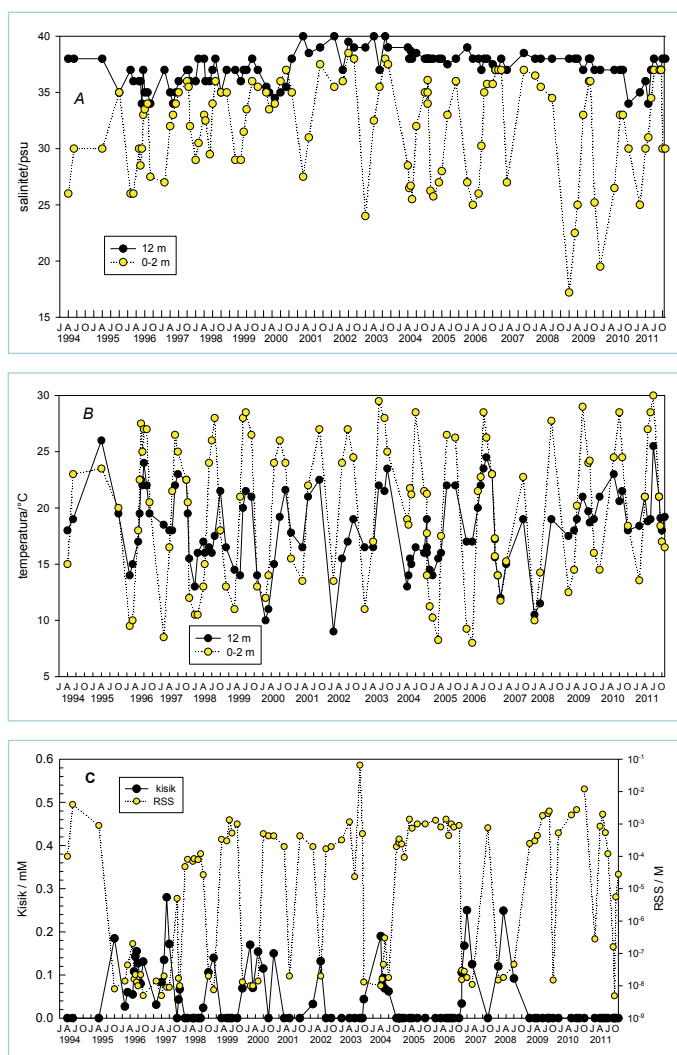
Za elektrokemijsko određivanje reduciranih sumpornih spojeva (RSS) (sulfida, polisulfida, elementnog sumpora, tiosulfata) koje se temelji na interakciji različitih sumpornih vrsta i živine elektrode, korištene su fazno-osjetljiva voltometrija izmjenične struje i voltometrija s linearnom promjenom potencijala (Ciglencečki, 1997.; Ciglencečki i Čosović, 1997.; Bura-Nakić et al., 2009.).

Uzorkovanje anoksičnog vodenog sloja, kao i sedimenta ispod tog sloja uvijek se provodilo na lokaciji A, prema slici 2, dok se na lokaciji B uzorkovao sediment ispod oksičnog vodenog sloja.

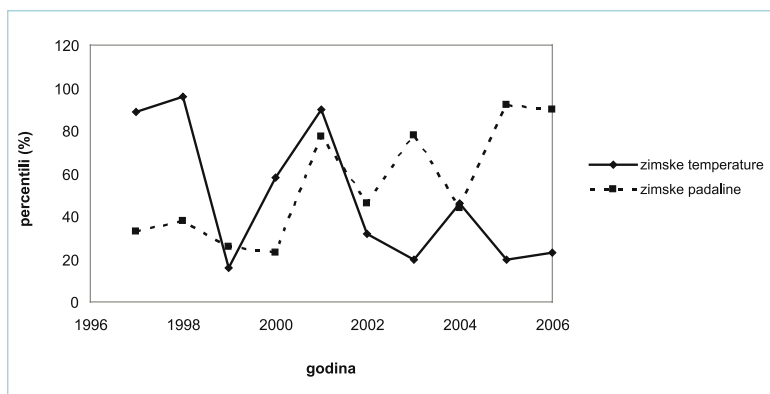
3. REZULTATI

Sezonske promjene oksično-anoksičnih uvjeta te temperature i saliniteta u pridnenom i površinskom vodenom sloju Rogozničkog jezera prikazane su na slikama 5a, 5b i 5c. Iz prikazanog je vidljivo kako se u proljetnim mjesecima jasno razlikuju površinski vodeni sloj s nižim salinitetom i temperaturom te pridneni vodeni sloj s izrazito visokim salinitetom i višom temperaturom.

U pridnenom vodenom sloju u ispitivanom razdoblju ustanovljene su stalno visoke vrijednosti saliniteta (više od 37 psu), dok su u površinskim sloju (0-2 m) promjene saliniteta bile između 17 i 37 psu. Na slici 5a uočljivo je povećanje saliniteta na dubini od 12 m, nakon 2001.



Slika 5: Sezonske promjene saliniteta (a) i temperature (b) u površinskom (0-2 m) i pridnenom vodenom sloju (12 m) u Rogozničkom jezeru od 1994. do 2011. godine. Sezonske promjene koncentracije ukupnih reduciranih sumpornih vrsta (RSS) i otopljenog kisika prikazane su samo za pridneni vodeni sloj (12m) (c).



Slika 6: Godišnje promjene temperature i padaline izražene u percentilima kao postotak od normalnih vrijednosti za razdoblje 1961.-1990. za šibensko-primoštensku regiju (preuzeto od DHMZ, <http://klima.hr>)

godine, što ukazuje na smanjeni utjecaj svježeg vode u dublje slojeve jezera.

U površinskom sloju (0–2 m) istovremeno je zabilježen pojačan utjecaj svježeg vode nakon 2001. godine. Oko 33% izmjerenih vrijednosti saliniteta nakon 2001. godine je manje od 30 psu, što je znatno veći postotak u odnosu na razdoblje prije 2001. godine kada je 23% izmjerenih vrijednosti saliniteta bilo manje od 30 psu. Važno je napomenuti kako je kiša jedini izvor svježeg vode u Rogozničkom jezeru, a uočene promjene su u skladu sa zabilježenim promjenama u temperaturi i količini padalina u jesenskim i posebno zimskim mjesecima na području Rogoznice, slika 6. Obično u kasnu jesen, zimi i u rano proljeće ima najviše padalina u tom području, s količinom od 180 mm mjesečno (prosječna godišnja količina padalina je od 700 to 900 mm) (Gajić-Čapka et al., 2003.).

Temperatura na dubini od 12 m za ispitivano razdoblje kreće se u rasponu od 9 do 26 °C. Prosječne temperaturne vrijednosti u površinskom sloju poslije 2001. bilježe uočljiv porast temperature vode površinskih slojeva Rogozničkog jezera za nekih 0.5 °C (s 19.5 na 20.01 °C).



Slika 7: Uzorci Rogozničkog jezera iz anoksičnog vodenog sloja nakon izlaganja kisiku.

Tijekom godine, uslijed evaporacije, sunčevog zagrijavanja i smanjene količine padalina dolazi do slabljenja stratifikacije i izjednačavanja gustoće, odnosno saliniteta i temperature u cijelom vodenom stupcu, posebno tijekom kasnog ljeta i jeseni. Učestalo pojavljivanje temperaturne inverzije prikazano je na slici 5b i podudara se s izjednačavanjem saliniteta u vodenom stupcu (miješanjem jezera), što se jako dobro podudara s promjenom hipoksično anoksičnih uvjeta i koncentracijom reduciranih sumpornih spojeva, posebno sulfida, slika 5c.

Miješanje vodenih slojeva ovisi o meteorološkim uvjetima te može biti polagano ili naglo. Uslijed oksidacije relativno visoke pridnene koncentracije sulfida može doći do nagle potrošnje kisika i pojave anoksije u cijelom vodenom stupcu. Obično se tada u cijelom vodenom stupcu može odrediti prisutnost polisulfida i koloidnog sumpora nastalih oksidacijom sulfida, slike 4a i 4c i slika 7. Ukoliko se miješanje odvija polaganom difuzijom površinske vode bogatom kisikom u pridnene slojeve, odnosno pridnene vode bogate sulfidom u površinske slojeve (kao što je bilo u rujnu 2003. te studenom 2006.), proces miješanja može trajati i do 7 dana, s time da je površinski vodeni sloj ostao obogaćen kisikom cijelo vrijeme. U takovim uvjetima taloženje koloidnog sumpora potvrđeno je samo u pridnenim vodenim slojevima (Bura-Nakić et al., 2009.).

Koncentracija otopljenog kisika u ispitivanom razdoblju varirala je od 0 do 0.30 mM i usko je povezana s promjenama koncentracije ukupnih RSS (10^{-9} do 10^{-2} M). U godinama kada su vrijednosti koncentracije kisika bile izrazito niske (1994., 1998., 1999., 2001., 2003., 2005., 2011.) koncentracije RSS-a bile su vrlo visoke (od 10^{-4} do 10^{-2} M) i obrnuto. U ispitivanom razdoblju u površinskim slojevima koncentracije RSS-a nisu prelazile vrijednosti od 10^{-8} M, a određeni RSS pripisan je prisutnosti nehlapivih RSS-a poput elementnog sumpora i organosumpornih vrsta (Bura-Nakić et al., 2009.).

4. ZAKLJUČAK

Dosadašnja istraživanja pokazuju kako je Rogozničko jezero jedinstveni anoksični okoliš ne samo na obali Jadranskog mora, već i cijelog Mediterana. Jezero je prirodni bioreaktor s biogeokemijskim procesima čija je ravnoteža i dinamika vrlo osjetljiva na vanjske utjecaje. Specifični ekološki čimbenici pogoduju razvoju endemske vrste kopepodnog račića *Acartia italica* (Kršinić et al., 2000.).

Rezultati dugoročnih istraživanja Rogozničkog jezera pokazuju kako je pojava anoksičnih uvjeta u vodenom stupcu jezera u rujnu 1997. uvjetovala određene promjene u sastavu fitoplanktona i zooplanktona, kao i biogeokemijskim procesima koji se tamo odvijaju. Sama pojava pripisana je naglom miješanju vodenih slojeva do kojeg je najvjerojatnije došlo uslijed miniranja okolnog terena u okviru izgradnje nautičko-turističkog centra, što je vezano za antropogenu eutrofikaciju. U listopadu 2011. naglo miješanje vodenog stupca pripisano je nagloj promjeni temperature atmosfere koja je u jednom danu (od 8. na 9. listopada 2011.) pala za 15 °C. Hlađenje površine otežalo je slani površinski sloj jezera koji je naglo počeo tonuti u dublje slojeve noseći sa sobom vodu obogaćenu kisikom. Navedeni događaj

doveo je do pojave anoksičnih uvjeta u cijelom jezeru, slično kao što je zabilježeno i u rujnu 1997. godine.

S obzirom na direktnu povezanost fizičko-kemijskih uvjeta u jezeru i meteoroloških prilika te ekstremnih i naglih promjena temperature i količine padalina, Rogozničko jezero, kao mali, zatvoreni i relativno izolirani morski sustav, može poslužiti kao idealan model za praćenje klimatskih prilika. S obzirom na svoje euksinične uvjete, jezero je istovremeno prirodan laboratorij za istraživanje anoksičnih uvjeta kakovi su bili zabilježeni u dalekoj prošlosti i kakovi se mogu razviti i razvijaju se u priobalnim morima uslijed nekontroliranog antropogenog unosa nutrienata i organske tvari.

ZAHVALA

Ovo istraživanje najvećim dijelom su financijski potpomogli temeljni projekt MZOŠ (098-0982934-2717), bilateralna suradnja (Francuska, Njemačka, Kina) i projekt HAZU.

Autori se zahvaljuju B. Čosović, dr. Z. Ljubešić, dr. D. Viličiću i dr. F. Kršiniću na diskusiji te anonimnim recenzentima koji su svojim sugestijama bitno doprinijeli kvaliteti rada. ■

LITERATURA

- Bakran-Petricioli, T., Petricioli, D. (1999.): Priča o Zmajevom oku. *Ekološki glasnik*, 7, 13-19.
- Bura-Nakić, E., Helz, G.R., Ciglencečki, I., Čosović, B. (2009.): Reduced sulfur species in a stratified seawater lake (Rogoznica Lake, Croatia); seasonal variations and argument for organic carriers of reactive sulfur. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73, 3738-3751.
- Bura-Nakić, E., Marguš, M., Orlić, S., Ciglencečki, I. (2012.): Zmajevoko – a unique example of anchialine system in the Adriatic coast (Croatia) during spring-summer stratification and autumn mixing period. *Natura Croatica*, 21, 17-20.
- Burić, Z., Caput, K., Mihalić, I., Cetinić, I., Ciglencečki, I., Carić, M., Viličić, D., Čosović, B. (2009.): Occurrence of the rare microflagellates *Prorocentrum arcuatum* Issel and *Hermesinum adriaticum* Zacharias in the marine Lake Rogoznica (eastern Adriatic coast). *Acta Adriatica*, 50, 31-44.
- Ciglencečki, I., Kodba, Z., Čosović, B. (1996.): Sulfur species in Rogoznica Lake, *Marine Chemistry*, 53, 101-110.
- Ciglencečki, I. (1997.): Specijacija sumpora u oksidnim i anoksičnim uvjetima u moru, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu.
- Ciglencečki, I., Čosović, B. (1997.): Electrochemical determination of thiosulfate in seawater in the presence of elemental sulfur and sulfide. *Electroanalysis*, 9, 1-17.
- Ciglencečki, I., Kodba, Z., Viličić, D., Čosović, B. (1998.): Seasonal variation of anoxic conditions in the Rogoznica Lake. *Croatica Chemica Acta*, 71, 217-232.
- Ciglencečki, I., Carić, M., Kršinić, F., Viličić, D., Čosović, B. (2005.): The extinction by sulfide – turnover and recovery of a naturally eutrophic, meromictic seawater lake. *Journal of Marine Systems*, 56, 29-44.
- Ciglencečki, I., Pichler, S., Prohić, E., Čosović, B. (2006.): Distribution of redox-sensitive elements in bottom waters, porewaters and sediments of Rogoznica Lake (Croatia) in both oxic and anoxic condition. *Water, Air and Soil Pollution*, 6, 537-545.
- Čosović, B., Ciglencečki, I., Viličić, D., Ahel, M. (2000.): Distribution and seasonal variability of organic matter in a small eutrophicated salt lake. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 51, 705-715.
- Gajić-Čapka, M., Patarčić, M., Perčec Tadić, M., Srnc, L., Zaninović, K., (2003.): Mean annual air temperature and precipitation spatial distribution in

- Croatia. *3rd Croatian conference on waters*.
Godišnje promjene temperature i padaline za šibensko-primoštensku regiju. *DHSM internet stranica*, http://klima.hr/ocjene_arhiva.php
- Helz, G.R. Bura-Nakić, E., Mikac, N., Ciglencečki, I., (2011.): New model for molybdenum behavior in euxinic basins, *Chemical Geology*, 284, 323-333.
- Kršinić, F., Carić, M., Viličić, D., Ciglencečki, I. (2000.): The calanoid copepod *Acartia italica* Steuer, phenomenon in the small saline Lake Rogoznica (Eastern Adriatic coast). *Journal of Plankton Research*, 22, 1441-1464.
- Stipaničev, V., Branica, M. (1996.): Iodine speciation in the water column of the Rogoznica Lake (Eastern Adriatic Coast), *Science of the Total Environment*, 182, 1-9.
- Stipaničev, V., Branica, M. (2006.): The distributions of iodate and iodide in Rogoznica Lake (East Adriatic coast). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66, 55-66.
- Šestanović, S., Šolić, M., Krstulović, N., Šegvić, D., Ciglencečki, I. (2005.): Vertical structure of microbial community in an eutrophic meromictic saline lake. *Fresenius Environmental Bulletin*, 14, 668-675.
- Žic, V., Carić, M., Viollier, E., Ciglencečki, I. (2010.): Intensive sampling of iodine and nutrient speciation in naturally eutrophicated anchialine pond (Rogoznica lake) during spring and summer seasons. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 87, 265-274.
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R. (1972.): A practical handbook of seawater analysis. *Fisheries Research Board of Canada*, 167, 1-310.

LAKE ROGOZNICA AS A UNIQUE ANOXIC SYSTEM ON THE ADRIATIC COAST

Abstract. Lake Rogoznica (Zmajevo oko) is a small, naturally eutrophicated marine lake. It is located on the Gradina peninsula near Rogoznica. The lake represents extreme karst with typical characteristics of meromictic and euxinic environments. The main characteristic of Lake Rogoznica is the existence of a marked seasonal stratification of water layers and the occurrence of euxinic conditions in the water gauge at the depths larger than 9 m. The mixing of water layers depends on meteorological conditions and can be gradual or sudden. At sudden mixing, the oxidation of millimolar sulfide concentration may lead to sudden oxygen consumption, sedimentation of colloidal sulphur in the surface layer and occurrence of anoxia in the whole water gauge of the lake.

From 1994 to the present day, science investigations of Lake Rogoznica have been systematically carried out, showing that the lake is not only a unique anoxic environment on the Adriatic coast, but also in the entire Mediterranean. The lake is a natural bioreactor, with processes whose balance and dynamics are very sensitive to external environmental influences, including the global climate change as well.

Key words: Lake Rogoznica, extreme sulfide environment, anoxia, euxinia, colloidal sulphur, mixing

DER SEE BEI ROGOZNICA – EIN EINMALIGES ANOXISCHES SYSTEM AN DER ADRIATISCHEN KÜSTE

Zusammenfassung. Der Drachenaugensee ist ein kleiner, natürlich eutrophierter mariner See auf der Halbinsel Gradina in der Nähe der Ortschaft Rogoznica. Der See, in dem sich meromiktische und euxinische Verhältnisse entwickelt haben, stellt eine extreme Karstbildung dar. Die Hauptmerkmale des Sees sind ausgeprägte saisonale Stratifikation, d.h. Aufeinanderfolge von Wasserschichten, sowie das Herrschen von euxinischen Verhältnissen in der Wassersäule in der Tiefe über 9 Meter. Die Vermischung von Wasserschichten hängt von meteorologischen Bedingungen ab und geht langsam oder schnell vor sich. Bei einer raschen Vermischung kann die Oxidation von Sulfiden in millimolarer Konzentration zum raschen Verbrauch an Sauerstoff, zur Ablagerung von kolloidalem Schwefel in der oberflächennahen Wasserschicht sowie zum Auftreten von Anoxie in der ganzen Wassersäule des Sees führen.

Seit 1994 werden im See naturwissenschaftliche Untersuchungen systematisch durchgeführt, die zeigen, dass der See ein einmaliges anoxisches Milieu nicht nur an der adriatischen Küste sondern auch im ganzen Mittelmeerraum ist. Der See ist ein natürlicher Bioreaktor, dessen Gleichgewicht und Dynamik sowohl gegenüber äußeren Umwelteinflüssen als auch klimabedingten Veränderungen auf globaler Ebene sehr empfindlich sind.

Schlüsselwörter: See bei Rogoznica, extremes Sulfid-Milieu, Anoxie, Euxinie, kolloidaler Schwefel, Vermischung