

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
ODJEL ZA BIOLOGIJU

Preddiplomski studij biologije

Valentina Šelja

ALGE TERMALNIH VODA

Završni rad

Mentor: Doc. dr. sc. Filip Stević

Osijek, 2017.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za biologiju

Završni rad

Preddiplomski sveučilišni studij Biologija

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

ALGE TERMALNIH VODA

Valentina Šelja

Rad je izrađen na Zavodu za ekologiju voda, Odjel za biologiju

Mentor: Doc. dr. sc. Filip Stević

Kratak sažetak završnog rada

Alge su organizmi koje ne možemo smatrati ubikvistima, već samo pojedine vrste okarakterizirati kao izuzetno sposobne za preživljavanje u ekstremnim uvjetima. Jedan od takvih neuobičajenih uvjeta je visoka temperatura koja posebice odgovara modrozelenim algama, a te uvjete pronalazimo u termalnim izvorima. Njihovoj ljekovitosti pridonosi najviše sastav minerala prirodne vode koja izvire iz dubine zemlje, no ujedno je moguće da jednim dijelom značajnu ulogu igra i ova mikrobiološka komponenta koju čine različite vrste algi.

Broj stranica: 14

Broj slika: 6

Broj literaturnih navoda: 15

Web izvor: 6

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: termalne vode, cijanobakterije, prilagodba, toksini

Rad je pohranjen u knjižnici Odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i u Nacionalnoj sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, u elektroničkom obliku, te je objavljen na web stranici Odjela za biologiju.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Department of Biology

Bachelor's thesis

Undergraduate university study programme in Biology

Scientific Area: Natural science

Scientific Field: Biology

THERMAL WATER ALGAE

Valentina Šelja

Thesis performed at the Subdepartment of Water Ecology, Department of Biology

Supervisor: Ph. D. Filip Stević, Assist. Prof.

Short abstract

Algae are organisms that can't be considered as ubiquitous, only certain species can be characterized as extremely capable to survive in extreme conditions. One of these unusual conditions are high temperatures and algae such as cyanobacteria can easily bear with it. We can find these conditions in thermal springs. Minerals which are found in water that rise from the depth of the earth most contribute to the salubrity of thermal springs, but it is also possible that microbiological component plays significant role in this part, which includes various types of algae.

Number of pages: 14

Number of figures: 6

Number of references: 15

Web source: 6

Original in: Croatian

Key words: thermal springs, Cyanobacteria, adaptation, toxins

Thesis deposited in the Library of Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek and in the National university library in Zagreb in electronic form. It is also disposable on the web site of Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
1.1. Općenito o algama.....	1
1.2. Značaj alga.....	2
1.3. „Cvjetanje“ i toksičnost alga.....	3
2. OSNOVNI DIO.....	6
2.1. Karakteristike termalnih izvora i alga.....	6
2.2. Alge termalnih izvora.....	7
3. ZAKLJUČAK.....	12
4. LITERATURA.....	13

1.UVOD

1.1. Općenito o algama

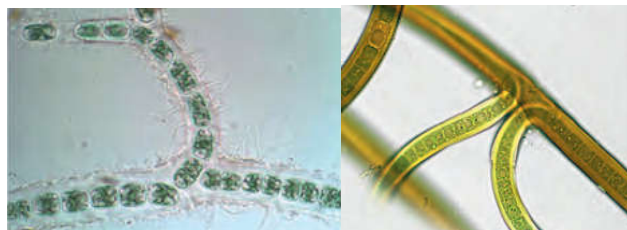
Alge čine skup fotosintetskih organizama koje proučava znanstvena disciplina pod nazivom algologija ili fikologija. U hranidbenom lancu pripadaju primarnim producentima radi sposobnosti stvaranja kisika i potrebnih organskih tvari, a nastanjuju sve vodene ekosustave, od slatkovodnih i morskih, pa sve do brakičnih voda čineći bentos, fitoplankton te obraštaj ili perifiton. Pripadaju nevaskularnim biljkama pošto je njihovo tijelo talus različite pigmentacije radi čega se uostalom i svrstavaju u različita koljena. Mogu se pojavljivati kao jednostanični solitarni organizmi s jednim ili više bičeva, ili čak bez njih (Slika 1). Također mogu tvoriti agregaciju pod nazivom pseudofilamenti gdje su stanice razmaknute i nalaze se unutar želatinoznog matriksa (Slika 2). Primjerice neke cijanobakterije čine pseudofilamente koji tvore koru na kamenju ili stijinama (Sheath i Wehr, 2015).



Slika 1. Jednostanična alga s dva biča (*Dunaliella* sp.)

(preuzeto: Sheath i Wehr, 2015)

Mogu tvoriti kolonijalne oblike gdje se stanice drže zajedno u jednom agregacijskom modelu te ovisno o vrsti alge sadrže manji ili veći broj stanica sa ili bez bičeva (Slika 3) (Wehr i Sheath, 2003).



Slika 2. *Chroodactylon* sp. – pseudofilamentozna alga i *Scytonema* sp. – filamentozna cijanobakterija

(preuzeto: Sheath i Wehr, 2015)

Možemo ih naći u obliku filamenata tj. niza stanica gdje susjedne stanice mogu dijeliti zajedničku staničnu stijenku (Slika 2). Pseudoparenhimsku strukturu je građena od lažnih ili prividnih tkiva, dok parenhimsku strukturu čine prava tkiva koja su karakteristična za alge makroskopskih veličina poput vrste *Ulva lactuca* L. Kokoidni tip algi je oblik u kojemu su stanice nepravilnog okruglog oblika (Slika 3), dok sifonalni tip morfološke organizacije algi je struktura bez poprečnih pregrada unutar talusa algi, koje nastanu samo prilikom nekakvih oštećenja ili razmnožavanja (Slika 3) (Sheath i Wehr, 2015).



Slika 3. *Merismopedia* sp. – cijanobakterija kokoidnog oblika koja čini koloniju i *Vaucheria geminata* Vaucher– alga sa sifonalnim talusom bez poprečnih pregrada između jezgre i kloroplasta.

(preuzeto: Sheath i Wehr, 2015)

1.2. Značaj alga

Pošto su alge dosta raširene u svim vrstama vodenih staništa širom svijeta, najbolji su pokazatelji okolišnih uvjeta u kojima obitavaju. Općenito, fitoplankton se smatra jednim od najznačajnijih pokazatelja mogućih promjena u slatkovodnim ekosustavima. Prema vrstama koje pronalazimo i njihovoj razini tolerancije vrlo lako možemo procijeniti ekološke uvjete poput temperature, količine hranjivih tvari, koncentracije kisika, promjeni pH pa čak ih smatrati i indikatorima organskog onečišćenja. Služe i kao pokazatelji trofičkog statusa vodenog ekosustava, odnosno procesa eutrofizacije koji se smatra velikim problemom današnjice (Wehr i Sheath, 2003). Količina algi koju možemo pronaći u nekom vodenom staništu može doprinijeti procjeni stupnja eutrofizacije, a to je proces koji će rezultirati povećanom

primarnom proizvodnjom radi toga što dolazi do obogaćivanja tih ekosustava hranjivim tvarima. Povećanje njihove biomase može upućivati na probleme poput cvjetanja algi, prisutnosti toksičnih tvari ili smanjene koncentracije kisika. Također, time se vide ujedno i potencijalni negativni učinci ljudskih aktivnosti na onečišćenje okoliša. Alge se koriste u procjeni okoliša jer su osnova ishrane, kao i stanište, većini organizama te su vrlo bitni u biogeokemijskim ciklusima (Wehr i Sheath, 2003).

1.3. „Cvjetanje“ i toksičnost alga

Određene vrste alga služe kao pokazatelji zagađenja i loših uvjeta života, dokazuju da vrlo često ispuštaju toksine štetne za cijelo njihovo okruženje, posebice organizme koji se nađu u takvom toksičnom vodenom staništu. Cvjetanje vode i ispuštanje toksina su dva najveća problema koja vežemo uz alge (bile slatkovodne ili morske), a ujedno su i međusobno povezani.

Ova pojava povezana je s procesom eutrofizacije vode koji se odvija tijekom proljeća i ljeta radi dovoljne količine svjetlosti. Alge na površini vode „cvjetaju“ zbog brzog rasta i razvoja tj. razmnožavanja na površini vode, a takvo njihovo prisustvo predstavlja ograničavajući faktor za rast ostalih vodenih organizama. Osim što tijekom takvog intenzivnog rasta i povećavanja biomase alge troše puno kisika, njihova uginula tijela će razlagati saprofiti također koristeći kisik iz vode što opet utječe na pad njegove koncentracije u vodi. Takva voda vrlo često može imati neugodan miris, no osim ovakve promjene kvalitete vode dolazi i do zamjene sastava vrsta organizama sa onima koje mogu živjeti i koje vrlo često nalazimo u onečišćenim vodama.

Cvjetanje vode najviše vežemo uz vrste iz skupine Dinoflagellata, Diatomeae i modrozelenih algi odnosno cijanobakterija (Web 1). U slatkovodnim ekosustavima posebice se povećava biomasa cijanobakterija pri čemu troše dosta kisika i dolazi do eutrofizacije (Slika 4). Nakon odumiranja dolazi do njihovog otpuštanja cijanotoksina u vodu što itekako utječe na živi svijet u tom ekosustavu (Pavić i sur., 2011). Cvjetanje alga može uzrokovati pomor riba, raznih beskralježnjaka i biljaka, kao i do trovanja ljudi ako se hrane otrovanim ribama zbog oslobađanja toksina u probavni trakt ili čak trovanja i smrti stoke zbog konzumacije vode sa cijanotoksinima.



Slika 4. Cvjetanje cijanobakterija.

(preuzeto: Web 2)

Cvjetanje ostalih algi i otpuštanje njihovih toksina može uzrokovati trovanja poput: ASP (Amnesic Shellfish Poisoning) za koje je odgovorno cvjetanje algi kremenjašica, zatim DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning), NSP (Neurotoxic Shellfish Poisoning), PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) za koje jesu odgovorni Dinoflagellata i njihovo cvjetanje (Web 1; Web 3).

Cijanobakterije spadaju u toksične alge jer izlučuju cijanotoksine, niz kemijskih spojeva tj. produkte sekundarnog biljnog metabolizma u kojima dominiraju peptidi i alkaloidi. Najčešći toksini ovih modrozelenih algi jesu hepatotoksini i neurotoksini (Pavić i sur., 2011). Pošto je njihova dominacija u slatkovodnim ekosustavima i više nego očigledna, isto tako je širok i njihov spektar proizvodnje toksina. *Dolichospermum sigmaideum* izlučuje saksitoksine, dok je cilindrospermopsis pronađen u vrsti *Cylindrospermopsis raciborskii*. Za rodove *Microcystis* i *Nodularia* su karakteristični toksini nazvani upravo po njima, mikrocistin i nodularin (Falconer, 2005). U neurotoksične alkaloide, osim saksitoksina, spadaju još i anatoksin-a te anatoksin-a(s). Takvi alkaloidi djeluju na neuromuskularnu vezu, a za anatoksin-a(s) je specifično ireverzibilno inhibiranje acetilkolin esteraze. Cilindrospermopsin spada u hepatotoksine i izaziva nekrozu hepatocita stvarajući prilično velike probleme s jetrom, no osim toga djeluje i na ostala tkiva i stanice pa se svrstava i u citotoksine. Mikrocistin također utječe na normalno funkcioniranje jetre jer inhibira serin i treonin protein fosfatazu (Falconer, 2005). Porastom cvjetanja cijanobakterija, povećava se i njihovo izlučivanje toksina i to sve zbog posljedica klimatskih promjena u slatkovodnim

ekosustavima od kojih je za takve vrste najbitnije povećanje temperature vode koje nam je donijelo globalno zatopljenje.

Osim nekih vrsta toksičnih modrozelenih algi, alge poput *Dinophysis acuta*, *D. novergica* i *D. fortii* izlučuju okadaičnu kiselinu i uzrokuju već spomenuti DSP. Za *Gymnodinium breve* i *G. cf. breve* su karakteristični brevetoksini uzrokujući NSP, dok je iz *Pseudo-nitzschia multiseriis*, *P. Australis* i *P. pseudodelicatissima* izolirana domoična kiselina koja može uzrokovati ASP. PSP uzrokuju *Alexandrium catenella*, *A. tamarense*, *A. minutum* i *Gymnodinium bahamense* izlučujući također već spomenute saksitoksine (Web 3).

2. OSNOVNI DIO

Termofilni organizam je naziv za jedinku (u ovom slučaju alga) sa sposobnošću naseljavanja vode s ekstremno visokim temperaturama, koje većina organizama ne može preživjeti. Time pokazuju da imaju visoke osnovne točke u odnosu na temperaturu, a najsposobnije i najdominantnije termofilne alge jesu cijanobakterije koje žive u termalnim izvorima i to čak pri temperaturi od 75 °C (Castenholz, 1969).

2.1. Karakteristike termalnih izvora i alga

Iako ih možemo naći u svim vodenim ekosustavima, na globalnu rasprostranjenost algi prvenstveno utječu vanjski uvjeti poput odgovarajuće temperature vode, osvjetljenosti, ali i dovoljne koncentracije potrebnih hranjivih tvari. Također ovise i o vrsti potrošača hranidbenog lanca. Termalne izvore karakteriziraju vrlo visoke temperature, ponekad čak od 110 °C i više koje ovise o udaljenosti od početnog izvora vode te količini vode koja nije termalna, a slučajno ulazi u njezin sustav (Wehr i Sheath, 2003). Voda iz termalnih izvora zagrijava se geotermalnom toplinom iz same unutrašnjosti Zemlje (Web 1). Osim temperature koja je ekstremna, karakteristika termalnih izvora je povišeni pH koji iznosi 8 – 10 i koncentracija anorganskih iona poput Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} koja je, također, najčešće povišena. Takvi uvjeti života ne odgovaraju svim organizmima, već samo dobro prilagođenim heterotrofnim organizmima poput nekih vrsta bakterija, dok od fotosintetskih organizama vrlo često možemo naći modrozeleno alge. Cijanobakterije su sposobne živjeti na visokoj temperaturi između 70 °C – 73 °C, te od svih vrsta algi one najviše dominiraju u termalnim vodama, dok maksimalna temperatura na kojoj eukariotske alge mogu preživjeti iznosi tek oko 55 °C (Wehr i Sheath, 2003). Osvjetljenje je potrebno zbog obavljanja procesa fotosinteze.

U ovakvim uvjetima od beskralježnjaka mogu preživjeti pripadnici ljuskara ili Ostracoda, kolnjaka ili Rotifera te neke vrste vodenog grinja ili Hydracarina, dok neke vrste muha roda *Epihydra* i *Paracoenia* mogu polegnuti jaja u termalnim izvorima sa rasponom temperature od 30°C do 40°C (Wehr i Sheath, 2003). Ostale vrste imaju problema sa opstankom na takvim područjima jer ne mogu sve vrste beskralježnjaka podnijeti temperaturu veću od 50 °C. Unatoč povišenom pH, neki termalni izvori znaju biti vrlo kiseli što može otežavati opstanak vrsta te ujedno utjecati na raznolikost kako algi, tako i potrošača. U takvim uvjetima često

možemo susresti neke crvene alge poput *Cyanidium caldarium* kojoj odgovara pH između 2 – 4 i temperatura oko 55°C, kao i *Cyanidioschyzon merolae* te *Galdiera sulphuraria* (Wehr i Sheath, 2003). Kokalne vrste cijanobakterija kao što su *Aphanocapsa*, *Cyanobacterium*, *Chroococcus* i *Synechococcus* su općenito dominantne cijanobakterije u termalnim vodama, a od filamentoznih cijanobakterija dominiraju vrste rodova *Oscillatoria*, *Mastigocladus* i *Phormidium*. U termalnim izvorima sa malo nižom temperaturom, točnije dalje od početnog izvora, tamo gdje je temperatura između 35 °C i 50 °C možemo pronaći neke vrste zelenih algi poput rodova *Spirogyra* i *Mougeotia* te vrste dijatomeja rodova *Pinnularia* i *Achnanthes*. Cijanobakterije koje najčešće nalazimo u ovakvim uvjetima imaju izuzetno visoku stopu primarne proizvodnje (Wehr i Sheath, 2003).

2.2. Alge termalnih izvora

Cijanobakterije su raznovrsna grupa prokariotskih organizama sa sposobnošću obavljanja procesa fotosinteze. Imaju specijalizirane proteinske komplekse pod nazivom fikobilisomi koji sadrže fikobiline, fikocijanine, alofikocijanine i biline. Fikocijanini skupa sa klorofilom-a su odgovorni za njihovu karakterističnu modro-zelenu boju radi koje su i dobili drugi naziv modrozelenih alge. Njihova boja, kao i oblik (nitaste ili filamentozne) ovise o vanjskim čimbenicima, a one su izuzetno prilagodljive pa ih možemo naći na staništima gdje bi ih najmanje očekivali. Radi izuzetno fleksibilnog metabolizma, nastanjuju arktičke i antartičke vode, dok ih opet možemo pronaći i u vrućim termalnim izvorima (Kunst, 2013).

Kao što je već u tekstu spomenuto, ove modrozelenih alge mogu preživjeti na temperaturi većoj od 70 °C dok je inače najgornja granica za preživljavanje algi i biljaka malo iznad 40 °C (Wehr i Sheath, 2003; Castenholz, 1969). Osim ekstremnih temperatura, mnogim vrstama ove skupine odgovara i izloženost UV zračenju te velike koncentracije sulfida. Najpoznatija mjesta gdje su pronađene neke vrste cijanobakterija jesu termalni izvori u Sjevernoj Americi. Kokoidni oblici poput vrste *Synechococcus lividus* i *S. vulcanus* te *Cyanobacterium minervae* pronađene su u nacionalnom parku Yellowstone (Slika 5) pri čemu se baš one smatraju jednim od glavnih predstavnika vrsta koje mogu podnijeti izuzetno visoke temperature. Također je u termalnim izvorima pronađen veliki broj filamentoznih cijanobakterija poput *Mastigocladus laminosus* te vrste rodova *Leptolyngbya* i *Phormidium* (Wehr i Sheath, 2003). Castenholz i Wickstrom (1975) su utvrdili kako upravo te vrste karakterizira povećanje vlastite biomase što može stvarati veliki problem ostalim

organizmima u vodenim ekosustavima. Inače se maksimalna brzina rasta na temperaturama iznad 45 °C može pripisati samo prokariotskim organizmima (Castenholz, 1969). Većina se termofilnih cijanobakterija neće razvijati ispod 30 do 35 °C, dok vrste roda *Synechococcus* neće rasti pak ispod 50 °C. Ipak rod *Synechococcus* odsutan je na području Islanda već pri temperaturi od 63 °C te prevladava *M. laminosus* koji tolerira tu temperaturu u termalnim izvorima diljem svijeta. Ta vrsta ima mogućnost rasta već od 29 °C (Castenholz, 1969). Donja granica rasta algi se smatra fleksibilnom i zapravo vrlo teško ju je za odrediti, za razliku od gornje granice. Prasad i Srivastava (1965) su istraživanjem 4 područja termalnih izvora Himalaje utvrdili da *M. laminosus* nije pronađen na tom području, dok je *Aphanothece saxicola* prilično dominantna na najvišim temperaturama. Prema njihovom istraživanju u termalnim izvorima Himalaje su dominantne cijanobakterije. *Microcystis pulverea*, *Chroococcus minor* i *Chroococcus minutus* pronađeni su na temperaturi od 49 °C.

Zajedno s njima pri istoj temperaturi, na području Himalaje pronađene su i *Aphanothece bullosa* i *Oscillatoria subbrevis*, dok je vrsti *Microcoleus acutissimus* odgovaralo i 83 °C za rast. *Oscillatoria jasorvensis* skupa s *O. limosa* pronađena je pri temperaturi od 58 °C i 59 °C na različitim termalnim lokalitetima (Badrinath i Tapovan). Osim ta dva termalna izvora čija temperatura doseže maksimalno 50 °C (Tapovan) i 60 °C (Badrinath), proučena su još dva izvora Manikaran gdje temperatura može doseći enormnih 97°C i Bashist s maksimalno izmjerenom temperaturom od 50 °C (Prasad i Srivastava, 1965). Osim već spomenute *M. acutissimus*, na području Manikaran pronađene su i dominantna *A. saxicola* i *Phormidium orientale* pri 68 °C. Pronađene su i neke druge vrste roda *Phormidium* poput *P. anomala* pri 65 °C, *P. frigidum* pri 49 °C te *P. incrustatum*, *P. subincrustatum*, *P. tenue* i *P. papyraceum* na području Badrinath pri 58 °C. Osim toga neke vrste tog roda pronađene su i na Tapovanu pri nižih 50 °C (Prasad i Srivastava, 1965). Rod *Phormidium* pronađen je i u termalnim izvorima u Coloradu pri temperaturi od 51.7 °C. Vrsta *P. laminosum* pronađena je čak na temperaturi od 75.5 °C na području nacionalnog parka Yellowstone (Mann, 1964). 45 °C odgovara *Scytonema stuposum* za rast, 50 °C *Tolypothrix tenuis* te *Microchaete uberrima* odgovara visokih 55 °C za razvoj (Prasad i Srivastava, 1965). U istraživanju termalnih izvora Indije, od cijanobakterija utvrđene su vrste poput *Oscillatoria* sp. dok su dijatomeje *Navicula* sp., *Cyclotella* sp. te *Tetraëdron* sp. pronađene na temperaturama do 51 °C (Jana, 1973). Donja granica na kojoj su pronađene navedene vrste bila je tek 26 °C što se smatra najnižom temperaturom za preživljavanje algi kremenjašica u ovakvim staništima. Za njih je općenito karakteristična nešto viša temperatura od 43 °C do 51

°C (Jana, 1973). Termalni izvori u Indiji u kojima su utvrđeni ovi rezultati imali su gotovo konstantnu temperaturu, a pH vode iznosio je između 7.4 i 9.2. Ujedno ih karakteriziraju parametri poput odsutnosti nitrita i CO₂ te tragova nitrata, kao i prisutnost planktona koja je varirala pri višim i nižim temperaturama (Jana, 1973).



Slika 5. Prikaz termalnog izvora nacionalnog parka Yellowstone u SAD-u, poznat po geotermalnim pojavama.

(preuzeto: Web 4)

Na već spomenutom području Yellowstonea (Slika 5) izvršena su brojna algološka ispitivanja termalnih izvora koja su većinom utvrdila prisutnost različitih vrsta roda *Synechococcus*. Također su Brock i Brock (1967) utvrdili određene parametre koji utječu na proces fotosinteze u stanicama alga. Utvrđen je pad stope fotosinteze s padom intenziteta sunčeve svjetlosti, a time i pad koncentracije klorofila. Alge se mogu bez problema prilagoditi manjem intenzitetu svjetlosti, no Yellowstone park ima dovoljno sunčeve svjetlosti tijekom cijele godine pa rast algi i stvaranje biomase uopće nije upitno. Cijanobakterije su i ovdje utvrđene kao dominantne vrste koje opet mogu rasti na temperaturama blizu svoje gornje granice. Također je uočeno da prirodno UV zračenje ne stimulira fotosintezu u stanicama alga, kao što ju, u drugu ruku, ni ne inhibira (Brock i Brock, 1967). Utvrđeno je da otprilike

73°C predstavlja najgornju temperaturu pri kojoj se može odvijati proces fotosinteze te da se biomasa algi na području parka održava tijekom cijele godine gotovo u istom stanju (Brock i Brock, 1967). Takve visoke temperature termalne vode na području Yellowstone parka koji predstavlja vulkansku zonu, moguće su jer se voda zagrijava dolaskom u kontakt s magmom (Web 5).

Na području Islanda, alge tijekom lipnja imaju 50 puta više sunčeve svjetlosti nego tijekom prosinca. Smatra se da otprilike dva mjeseca tokom zime neće biti dovoljne količine svjetlosti za izvršavanje procesa fotosinteze pa su Brock i Brock (1967) zaključili da se život u termalnim vodama na području Islanda zaustavlja na razdoblje između studenog pa sve do siječnja i do pojave prvih jačih zraka sunčeve svjetlosti koje će biti dostatne za odvijanje fotosinteze.

Jedno od područja istraživanja termalnih voda u Hrvatskoj su bile Bizovačke toplice koje se nalaze na području mjesta Bizovac u Osječko-baranjskoj županiji. Izvor tople, termalne vode u tom mjestu pronađen je slučajno te zbog visoke temperature, imaju veliku količinu otopljenih mineralnih soli radi čega se smatraju izrazito ljekovitima. U razdoblju između lipnja 1985. i sredine ožujka 1987. godine izvršena su algološka ispitivanja na navedenom području (Mihaljević, 1988). Uzrokovanje je izvedeno na ukupno 6 različitih postaja od kojih samo jedna nije u krugu toplica, no i u nju se puštao dio termalne vode. Najviša temperatura ovog termalnog izvora u zimi 1985. godine iznosila je čak 90 °C, a najniža je izmjerena iste godine u lipnju, kolovozu i prosincu te je iznosila čak 32 °C (Mihaljević, 1988). Utvrđeno je ukupno 24 različitih vrsta algi od toga 9 iz skupine Cyanophyta, 12 iz skupine Chrysophyta te 3 vrste koje pripadaju skupini Euglenophyta. Alge su utvrđene na postajama na kojima se temperatura vode kretala od 32 °C do 72 °C, dok na postajama na kojima je temperatura vode bila i do 90 °C nije utvrđena prisutnost alga već samo ponekad krpaste tvorevine s različitim bakterijama u talogu (Mihaljević, 1988). Općenito su se vrste iz razreda Bacillariophyceae pojavljivale pri nižim temperaturama vode (do 40 °C), cijanobakterije (posebno rod *Oscillatoria*, slika 6) pri temperaturama od 40 °C – 60 °C, dok se pri temperaturama vode višim od 60 °C (do 72 °C) pojavljivala jedino vrsta *Chroococcus sp.*

Osim u Bizovcu, alge u termalnim izvorima u Hrvatskoj istraživane su i na drugim lokalitetima poput Stubičkih toplica (Vouk, 1936). Također su istraživane alge termalnih izvora u Mađarskoj u toplicama Harkany (Felfoldy, 1972) te ih je Lazar (1960) pronašao i u Sloveniji u Rimskim toplicama, a dominirale su vrste iz roda *Oscillatoria*.



Slika 6. Vrsta roda *Oscillatoria* koji je vrlo često pronađen u Bizovačkim toplicama.

(preuzeto: Web 6)

3. ZAKLJUČAK

U skladu s dosadašnjim istraživanjima dokazano je da termalni izvori, osim što su izuzetno ljekoviti, predstavljaju stanište brojnim organizmima, s naglaskom na dominaciju cijanobakterija. Osim njih, među termofilne alge možemo ubrojiti i predstavnike skupina Chrysophyta, Chlorophyta, Charophyta i Dinophyta iako su vrste tih skupina nađeni u puno manjim količinama nego cijanobakterije. Moguće je da ljekovitosti termalnih izvora pridonosi i ova mikrobiološka komponenta. Vrste koje nalazimo na takvim područjima ipak značajno mogu utjecati na koncentraciju kisika, kao i količinu hranjivih tvari. Obogaćivanje takvih ekosustava uvelike bi mogla pridonijeti pozitivnim učincima liječenja. Ujedno, znanstvenici su ovakvim tipom istraživanja utvrdili da se još ne zna dovoljno o arealu algi i njihovim ekološkim karakteristikama i mogućim prilagodbama, pošto je za neke vrste iznenađujuće preživljavanje na temperaturi od 45 °C i više stupnjeva. Variranja su, naravno, uvijek prisutna, no unatoč tome bilo bi dobro u budućnosti usporediti pronađene alge kroz neki duži vremenski period zbog otkrivanja novih staništa. Ta staništa su pojedinim vrstama očito donekle prirodna zbog odgovarajućih uvjeta, ma koliko god oni ekstremni bili, baš kao što su cijanobakterijama upravo termalni izvori.

4. LITERATURA

Brock TD, Brock ML. 1967. Effect of light intensity on photosynthesis by thermal algae adapted to natural and reduced sunlight, 334-341.

Castenholz RW. 1969. Thermophilic Blue-Gree Algae and the Thermal Environment, *American Society for Microbiology*, 476-504.

Castenholz RW, Wickstrom CE. 1975. Thermal streams, *Blackwell Science*, Oxford, 264–285.

Falconer IR. 2005. Cyanobacterial Toxins of Drinking Water Supplies, *CRC Press*, Boca Raton London New York Washington, D.C.

Felföldy L. 1972. Kekalgak (Cyanophyta) Vidzok, Budapest.

Jana BB. 1973. The thermal springs od Bakreswar, India physico-chemical conditions, Flora and Fauna, *Springer*, 291-307.

Kunst A. 2013. Karakterizacija bentoskih i perifitonskih sojeva cijanobakterija vrste *Anabaena* spp. iz areala Sokolov (Češka). Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, 1-62.

Lazar J. 1960. Alge Slovenije, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana.

Mann JE. 1964. Benthic algae of selected thermal springs of Yellowstone National Park, Degree of Master of Arts, Texas .

Mihaljević M. 1988. Alge Bizovačkih toplica. Diplomski rad. Sveučilište u Osijeku, Pedagoški fakultet, 1-50.

Pavić V, Dalović D, Has-Schon E, Bogut I. 2011. Control of algae using barley straw, Međunarodni gospodarsko-znanstveni skup o ribarstvu, 21-22.

Prasad BN, Srivastava PN. 1965. Thermal algae from Himalayan hot springs, 45-53.

Sheath RG, Wehr JD. 2015. Introduction to the Freshwater Algae, 1-11.

Vouk V. 1936. Komparativno-biološke studije o termama, Rad JAZU, Zagreb, knjiga 256 (80).

Wehr JD, Sheath RG. 2003. Freshwater Algae of North America – Ecology and Classification, *Academic Press*, 1-11, 40-41.

WEB IZVORI

Web 1. <https://www.ekologija.com.hr/cvjetanje-mora/> - preuzeto: 16.09.2017.

Web 2. <http://www.haloarchaea.com/resources/cyanobacterialBloom2013/> - preuzeto: 17.09.2017.

Web 3. https://www.imp-du.com/Ekologija%20planktona_fitoplankton%20PDF.pdf – preuzeto: 16.09.2017.

Web 4. <https://www.britannica.com/science/hot-spring> – preuzeto: 17.09.2017.

Web 5. https://www.nps.gov/hosp/learn/education/upload/followthewater_final.pdf - preuzeto: 16.09.2017.

Web 6.

<http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/prokaryotes/oscillatoriaceae/oscillatoria/index.html> - preuzeto: 17.09.2017.