

# TOKSIČNE CIANOBAKTERIJE: PREBIVALSTVO PROTI VODI – MEDSEBOJNA PRETNJA

## Toxic cyanobacteria: Population against water – a mutual threat

Bojan Sedmak \* UDK 582.232

Povzetek Abstract

Toksični rodovi cianobakterij, ki so sposobni tvoriti obsežna cvetenja, in cianotoksini so navzoči v večini površinskih voda Republike Slovenije. Takšna vodna telesa predstavljajo grožnjo za zdravje ljudi in okolja, saj učinkujejo toksično na različne živalske in rastlinske vrste. V članku so opisana ogrožena območja v Sloveniji, in cianotoksini, ki jih lahko na takšnih mestih pričakujemo. Poseben poudarek je na nepravilnem upravljanju s površinskimi vodnimi telesi, ki vodi v vse večjo evtrofikacijo voda. Zakonodaja ES namenja posebno skrb toksičnim cvetenjem, saj povzročajo velike ekonomske izgube za narodno gospodarstvo. Vode, v katerih se prekomerno namnožijo cianobakterije, so neuporabne celo v industrijske namene. Prepoznavanje tega, sicer naravnega pojava, je tako za civilno prebivalstvo kakor tudi za pripadnike oboroženih sil izredno pomembno. Vodni viri z visoko vsebnostjo toksičnih cianobakterij ne predstavljajo samo tveganja za javno zdravje in okoljsko grožnjo, temveč se lahko uporabijo tudi kot biološko orožje.

Bloom forming toxic cyanobacterial genera and their cyanotoxins are present in the majority of surface water bodies in the Republic of Slovenia. These water bodies represent a permanent threat to human and environmental health, since they accumulate substances that are highly toxic to both animal and plant species. Endangered areas and the expected groups of toxins originating from cyanobacteria are described. Special emphasis is given to inappropriate management of surface water bodies, which leads to increased eutrophication. EU legislation devotes particular attention to harmful blooms, since they are responsible for substantial economic losses. Surface waters with high cyanobacterial counts are unsuitable even for industrial purposes. Identification of this natural phenomenon is of significant importance for both civilians and the armed forces. Waters with a highly toxic cyanobacterial content are not merely a risk to public health and an ecological threat, but can also be as biological weapons.

## Uvod

Cianobakterije so izredno majhni organizmi, ki so običajno navzoči v vseh vodah, najdemo jih tudi v najbolj ekstremnih okoljih, kakor so puščave in vulkanski vrelci. Kako je mogoče, da so ti organizmi navzoči praktično vsepovsod? Odgovor je v njihovem ustroju. V sebi namreč združujejo lastnosti bakterij in rastlin, tako za svojo rast in razvoj sposobne izrabljati svetlobo, za hrano pa lahko uporabljajo vse od zelo preprostih soli do zapletenih organskih molekul. Stare so vsaj 3,5 milijarde let in v tem času so marsikaj prestale in se mnogo »naučile«. So med najstarejšimi živimi bitji našega planeta in so odgovorne za nastanek zemeljske atmosfere. Ob ugodnih pogojih se lahko nekatere vrste

cianobakterij tako namnožijo, da popolnoma prevladajo v vodnem telesu in povzročijo množične pomore rib in številnih drugih organizmov. Temu pojavu pravimo cvetenje. Ob neugodnih življenjskih razmerah upočasnijo presnovo in se spremenijo v oblike, ki so sposobne preživeti izjemno neugodne pogoje. Podobno kakor vsi bakterijski organizmi so sposobne tvoriti za višje organizme nenavadne snovi in to v neobičajnih oblikah. Le-te so biološko aktivne, kar pomeni, da se vpletajo v normalno presnovo mnogih drugih organizmov. Kadar je ta motnja tako velika, da se odraža v večjih nepravilnostih delovanja, govorimo o strupenosti oziroma toksičnosti. Toksičnost je največkrat usmerjena na natančno določene organske sisteme. Snovi, ki povzročajo motnje pri prenosu živčnih dražljajev, so nevrotoksini; kadar je motnja zaznati na natančno določenem organu, na primer jetrih, govorimo o hepatotoksičnosti oziroma hepatotoksičnih, ipd. Ti dve temeljni značilnosti nekaterih vrst cianobakterij, občasno pojavljanje v izredno velikem številu in sposobnost tvorbe biološko aktivnih snovi, sta

\* Dr. znan., Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, Ljubljana, bojan.sedmak@nib.si



Slika 1. Mikroskopski posnetek kolonijske cianobakterije *Microcystis aeruginosa*  
 Figure 1. Photomicrograph of a colony of the cyanobacteria *Microcystis aeruginosa*.

V letih 1994 in 1995 smo spremljali cianobakterijska cvetenja in njihove toksine (Sedmak in Kosi, 1997a, b) ter ugotovili, da so cvetenja obsežna, navzočnost toksinov pa smo dokazali v več kakor 60 odstotkih primerov, kar je popolnoma v skladu z ugotovitvami v svetu (WHO, 2003).

Med gradnjo avtocestnega mariborskega križa je prišlo do motenj pri toku podtalnice. Po naročilu ZZV Maribor smo analizirali vzorce iz različnih lokalnih črpališč, ter ugotovili navzočnost mikrocistinov in njihovih derivatov v pitni vodi (Kolar in sod., 1995). Možnost prenosa mikrocistinov s podtalnico in ogroženost črpališč pitne vode smo potrdili tudi z laboratorijskimi raziskavami (Bricelj in Sedmak, 2001).

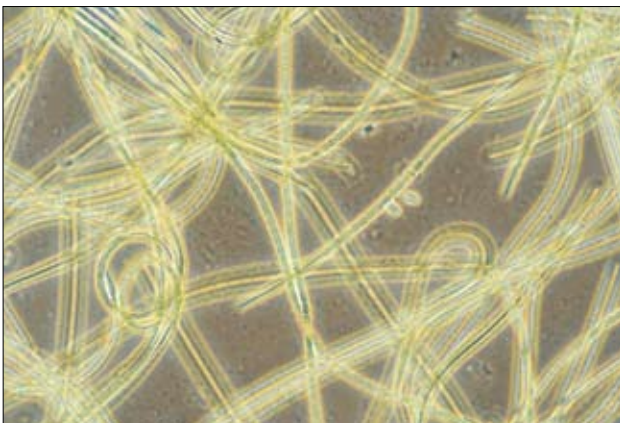
## Nastanek cianobakterijskih cvetenj

tisti, ki naredita iz izredno majhnih organizmov veliko grožnjo za zdravje ljudi, živali in okolja.

S pripravami na raziskovanje cianobakterijskih toksinov v naših vodah smo začeli na podlagi podatkov o navzočnosti potencialno toksičnih vrst pri nas (Vrhovšek in sod., 1981). Našo pozornost je vzbudilo predvsem obilno cvetenje cianobakterije *Aphanizomenon flos-aquae* leta 1990 v Blejskem jezeru (Sedmak in Kosi, 1991). Možna navzočnost nevrotoksinov, ki jih je ta cianobakterijska vrsta sposobna proizvajati, bi namreč predstavljala grožnjo za zdravje kopalcev ter rekreativcev na in ob jezeru. Navzočnost toksičnih cvetov smo potrdili leta 1994 v raziskavi, ki je obsegala 56 različnih lokacij z različnih območij Republike Slovenije. Istega leta je prišlo do pogina srnjadi v bližini vodnega telesa, kjer smo potrdili obsežno cvetenje toksične vrste *Microcystis aeruginosa* (Sedmak in sod., 1994). Pogine rib, ki so bili prav tako posledica masovnega razmnoževanja cianobakterij, težko neposredno pripišemo samo navzočnosti toksinov. Vpletene so namreč še mnoge druge okoliščine, ki spremljajo množičen pojav cianobakterij.

Izraza »cvet« oziroma »cvetenje« sta še vedno slabo opredeljena. Običajno taki izrazi opisujejo »pomembno visoko koncentracijo fitoplanktona, pri kateri so organizmi neobičajno zgoščeni, običajno ene same vrste«. O škodljivih cvetenjih (angleško harmful blooms) govorimo takrat, ko ti organizmi proizvajajo za okolje in njegove prebivalce škodljive snovi. Opis takšnih pojavov v naši državi, vključno z nekoliko popravljeno definicijo škodljivih cianobakterijskih cvetenj, smo nedavno tudi predstavili (Sedmak in Kosi, 2002). Cvetenja lahko tvorijo toksični predstavniki kolonijskih in nitastih cianobakterij (sliki 1 in 2).

Cianobakterijsko cvetenje težko opazimo s prostim očesom, razen kadar se pojavi na površini (sliki 3 in 4). Za razliko od alg imajo številne vrste planktonskih cianobakterij v svojih celicah posebne plinske vezikle, s katerimi lahko uravnavajo svoje lebdenje v vodnem stolpcu. Ob ugodnih vremenskih pogojih prihaja do izredno visokih koncentracij cianobakterij na površini



Slika 2. Mikroskopski posnetek nitaste cianobakterije *Anabaena flos-aquae*  
 Figure 2. Photomicrograph of the filamentous representative *Anabaena flos-aquae*



Slika 3. Površinski cvet strupenih cianobakterij  
 Figure 3. Surface toxic cyanobacterial bloom





Slika 4. Bližnji posnetek cianobakterijskih agregacij  
Figure 4. A close up picture of cyanobacterial aggregations

vodnih teles. Migracija cianobakterij na površino vodnega telesa povzroči do 100-kratno koncentracijo organizmov in njihovih strupenih produktov. Dodatno zgoščevanje lahko povzroči veter, tako da se ob obali nabere cianobakterijska gošča, ki je lahko do 1000-krat bolj nasičena od njihove običajne navzočnosti v vodi (WHO, 2003). Površinski cianobakterijski cvet in cianobakterijska gošča sta zelo dobro opazna s prostim očesom in sta v relativno čistem okolju značilne modro-zelene ali rdeče barve (slike 5, 6, 7 in 8).



Slika 5. Značilna rdeča barva zaradi navzočnosti cianobakterije *Planktothrix rubescens*  
Figure 5. Typical red colour given by the mass appearance of *Planktothrix rubescens*



Slika 6. Mešani cvet *Planktothrix rubescens* in *Anabaena flos-aquae* na površini Blejskega jezera

Figure 6. *Planktothrix rubescens* and *Anabaena flos-aquae* mixed surface cyanobacterial bloom on Lake Bled

Cianobakterijsko cvetenje težko opazimo s prostim očesom, razen kadar se pojavi na površini (slike 3 in 4). Za razliko od alg imajo številne vrste planktonskih cianobakterij v svojih celicah posebne plinske vezikle, s katerimi lahko uravnavajo svoje lebdenje v vodnem stolpcu. Ob ugodnih vremenskih pogojih prihaja do izredno visokih koncentracij cianobakterij na površini vodnih teles. Migracija cianobakterij na površino vodnega telesa povzroči do 100-kratno koncentracijo organizmov in njihovih strupenih produktov. Dodatno zgoščevanje lahko povzroči veter, tako da se ob obali nabere cianobakterijska gošča, ki je lahko do 1000-krat bolj nasičena od njihove običajne navzočnosti v vodi (WHO, 2003). Površinski cianobakterijski cvet in cianobakterijska gošča sta zelo dobro opazna s prostim očesom in sta v relativno čistem okolju značilne modro-zelene ali rdeče barve (slike 5, 6, 7 in 8).

V močnejše onesnaženi vodi je ta pojav lahko zelo različno obarvan. Za prepoznavanje je zato potreben



Slika 7. Ribnik v Hotinji vasi, prekrit z goščo *Microcystis aeruginosa*

Figure 7. Fish pond in Hotinja village covered with *Microcystis aeruginosa* scum



Slika 8. Površinska gošča, ki jo tvori *Microcystis aeruginosa*

Figure 8. Surface scum made up of *Microcystis aeruginosa*

Povzročitelj	Toksičnost (1/LD <sub>50</sub> )	Izvor
Botulinum toxin	1000	bakterijski
Tetanus toxin	500	bakterijski
Ricin	0,33	rastlinski
Saksitoxin	0,1	dinoflagelatski, cianobakterijski
Anatoxin-a (s)	0,02	cianobakterijski
Mikrocistin	0,02	cianobakterijski
Soman	0,016	bojni strup, sintetični
Sarin	0,01	bojni strup, sintetični

Preglednica 1. Primerjava strupenosti nekaterih biološko aktivnih snovi različnega izvora

Table 1. Comparison of poisonness of some biologically active substances of various origins

Opomba: LD<sub>50</sub> = polovična letalna doza, običajno v µg/kg telesne teže

mikroskop oziroma kar nekaj izkušenj. Cvetijo lahko tudi drugi fitoplanktonski organizmi, kakor so različne alge, mnogokrat so to diatomeje, ali celo višje rastline, kakor je vodna leča. Pojav vodne leče na površini lahko zelo preprosto določimo z makroskopskim pregledom, saj imajo korenine, ki so vidne s prostim očesom.

Cvetenja lahko pričakujemo v vodah z visoko vsebnostjo hranil, še posebej fosforja. Povišane vrednosti hranil, čemur pravimo eutrofikacija voda, je posledica spiranja ali luženja iz različnih virov, kakor so polja, gnojena z umetnimi ali naravnimi gnojili, travniki, neprimerno speljana kanalizacija in drenažni jarki, vnos zemlje in usedlin, površinsko odtekača voda, itd.

## Cianobakterije in cianotoksini

Vrste cianobakterij, ki so sposobne tvoriti toksine in povzročati cvetenja, so kozmopolitske. To pomeni, da jih najdemo v vodah po vsem svetu. Toksini, ki jih proizvajajo, uvrščamo med najbolj strupene snovi, ki jih danes poznamo. V glavnem so najbolj učinkovite snovi naravnega izvora, kar prikazuje preglednica 1. Cianobakterijski toksini so tudi do desetkrat bolj učinkoviti od klasičnih bojnih strupov. Seveda je to odvisno tudi od načina vnosa v organizem. Učinki cikličnih peptidov, ki so najbolj pogosti toksini cianobakterij in ki jih tvorijo v največjih količinah, se v telesu seštevajo, tako da se njihovo škodljivo delovanje

Skupina toksinov	Ciljni organ (sesalci)	Cianobakterijski rodovi – proizvajalci
<b>Ciklični peptidi (hepatotoksini)</b>		
Mikrocistini	jetra	<i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Planktothrix (Oscillatoria)</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Hapalasiphon</i> , <i>Anabaenopsis</i> ,
Nodularin	jetra	<i>Nodularia</i>
<b>Alkaloidi (nevrotoksini)</b>		
Anatoksin-a	živčevje	<i>Anabaena</i> , <i>Planktothrix (Oscillatoria)</i> , <i>Aphanizomenon</i>
Anatoksin-a(s)	živčevje	<i>Anabaena</i>
Aplysiatokain	koža	<i>Lyngbya</i> , <i>Schizotrix</i> , <i>Planktothrix (Oscillatoria)</i>
Lyngbyatoksin-a	koža, prebavni trakt	<i>Lyngbya</i>
Saksitoksini	živčevje	<i>Anabaena</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Cylindrospermopsis</i>
<b>(citotoksini)</b>		
Cylindrospermopsin	jetra	<i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Umezakia</i>
<b>Lipopolisaharidi (LPS)</b>		
	dražijo vse izpostavljene dele telesa	vse cianobakterije

Preglednica 2. Cianotoksini, rodovi cianobakterij, ki jih proizvajajo, in primarni organi, na katere so usmerjeni

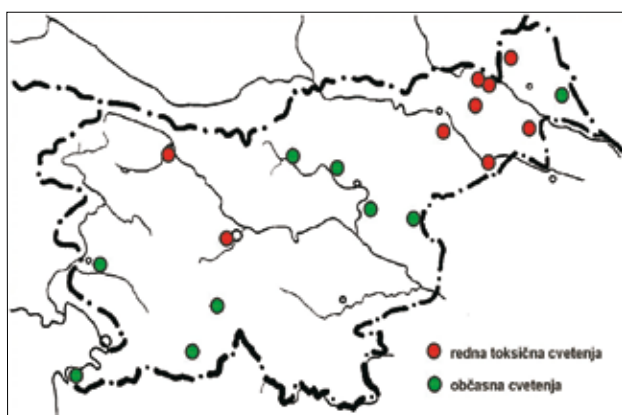
Table 2. Cyanotoxins, genera cyanobacteria and primary bodies at which they are targeted

pri večkratni izpostavitvi stopnjuje. Razen zastrupitve povzročajo tudi pospeševanje in nastanek tumorjev.

Cianotoksine lahko razdelimo na tri osnovne kategorije: ciklične peptide mikrociostinskega tipa, ki so v svojem delovanju usmerjeni na jetra, alkaloide, ki delujejo na živčni sistem in so nevrotoksični, in na lipopolisaharide, ki so dermatotoksični, imajo neželene učinke na kožo (preglednica 2). Poleg naštetih rodov cianobakterij ne smemo izključiti še vrsto drugih, saj raziskave na tem področju še potekajo. Tudi toksini, naštetih v tabeli 2, so samo nekateri reprezentativni predstavniki številnih različic. Danes poznamo že več kakor 70 različnih mikrociostinov. Podobno je tudi z nevrotoksini, kjer odkrivamo vedno nove oblike (Chorus in Bartram, 1999). Z gotovostjo lahko trdimo, da je končno število teh snovi še mnogo večje.

## Stanje v svetu

V zadnjih nekaj letih se je število škodljivih cvetenj na globalni ravni močno povečalo, tako glede na pogostost in trajanje kakor tudi obseg pojava. To velja za cvetenja v morjih, kjer se masovno pojavljajo predvsem dinoflagelati, kakor tudi za površinske vode, kjer nastopajo v podobni vlogi predvsem cianobakterije (Chorus in Bartram, 1999). Ekonomske izgube, ki so posledica cvetenj v oceanih, so samo v ZDA v milijonih dolarjev. Cvetenja v površinskih vodah povzročajo podobne izgube, ki še niso podrobneje opredeljene. Pri slednjih moramo dodatno prišteti še stroške, ki jih lahko cianobakterije povzročajo na virih pitne vode. Nekateri države, vključno z Avstralijo, Kanado, ZDA in nekaterimi državami ES, so že uvedle državno spremljanje toksinov in načrte upravljanja z vodnimi viri. Nekateri članice ES so že uvedle zakonske predpise, s katerimi urejajo količine ene skupine cianotoksinov pri oskrbi s pitno vodo. Prav tako ES pripravlja še zaostreno zakonodajo o vsebnosti cianobakterij in njihovih toksinov v vodnih telesih glede na njihovo namembnost (COM (2002) 581).



Slika 9. Pojavljanja cianobakterijskih cvetenj v Sloveniji  
Figure 9. Appearances of bloom forming cyanobacteria in the Republic of Slovenia

V svetu beležimo številne zastrupitve različnih živalskih vrst, ki se napajajo na virih z nakopičenimi cianobakterijami. Prvi opisani masovni pogin sega v leto 1878 (Francis, 1878). Od takrat je prišlo do pogina številnih živalskih vrst, od domačih živali do najbolj nenavadnih divjih živali, kakor so netopirji, zebre in nosorogi (Codd in sod., 1989).

Cianobakterijski toksini so povzročili tudi več smrti med prebivalstvom. Najbolj odmevna je bila smrt večjega števila dializnih pacientov v Braziliji, znana so tudi območja, kjer so zastrupitve s cianotoksini endemične (Jochimsen in sod., 1998; Teixeira in sod., 1993).

Najbolj razširjeni cianotoksini so mikrociostini in cianobakterijski nevrotoksini. Nekateri vrste lahko hkrati proizvajajo mikrociostine in nevrotoksine. Populacije najbolj običajnega rodu *Microcystis*, ki povzročata obsežna cvetenja, so skoraj vedno toksične, vendar so tudi pri tem rodu kakor pri vseh drugih prisotni tudi sevi, ki niso zmožni sinteze toksinov. Dokaz toksičnosti cianobakterijske populacije v določenem vodnem telesu še ne pomeni večjo ogroženost ljudi ali okolja, dokler je le-ta maloštevilna in enakomerno razpršena. Resnična grožnja nastopi šele ob masovnem pojavljanju, predvsem v obliki površinskih cvetov in gošč.

## Stanje v Republiki Sloveniji

Cianobakterijska cvetenja in toksične cianobakterijske vrste najdemo praktično v vseh vodnih telesih z izjemo visokogorski jezer. Najbolj ogrožena je SV Slovenija, kjer so cvetenja masovna in vsakoletna. Dve drugi lokaciji, kjer so bila cvetenja redna, to sta Blejsko jezero in Koseški bajer, sta že v veliki meri sanirani in tako obsežnih cvetenj ni več. Redno pojavljanje cianobakterij na Bledu je bilo posebej nevarno zaradi razvitega turizma in različnih rekreativnih dejavnosti. Opuščeni glinokop v Kosezah je predstavljal grožnjo predvsem zaradi neposredne bližine mesta in ker je priljubljena rekreativna točka za prebivalce našega glavnega mesta (slika 9).

Do cvetenj prihaja predvsem v poletnih in jesenskih mesecih, pogosta so tudi pozimi, saj lahko cianobakterije preživijo celo pod ledom. Naši viri pitne vode na srečo niso površinski, temveč se v ta namen uporablja podtalnica. Črpališča zato niso posebej ogrožena, čeprav je v izjemnih primerih možno potovanje cianobakterij in njihovih strupenih produktov tudi v podtalju. Do tega je že prišlo, ko je bil zaradi izgradnje avtoceste začasno odrezan tok podtalnice in se je le-ta napajala neposredno iz evtrofnih vodnih teles.

Imamo večje število manjših vodnih teles in nekaj zadrževalnikov, na katerih potekajo različne rekreativne dejavnosti in so priljubljene izletniške točke, kjer so navzoče cianobakterije.



## Cianobakterije in civilno prebivalstvo

Prebivalstvo je slabo ozaveščeno in z neustreznim odnosom do okolja povečuje evtrofnost vodnih teles. To se kaže v nezakonito speljanih odtokih, neodgovornem hranjenju rib z različnimi odpadki, s katerimi želijo razne ribiške družine povečati ribji zarod, in v nepremišljenih posegih, s katerimi želijo odpraviti cianobakterije. Biološko aktivne snovi, ki jih proizvajajo cianobakterije, se namreč večino njihovega življenja zadržujejo v celicah. Kadar takšno vodno telo obdelamo z bakrovim sulfatom, cianobakterije sicer razgradimo, vsi toksini pa se v trenutku sprostijo v okolje. Takšno vodno telo je dlje časa izredno nevarno za zdravje.

Treba bi bilo vzpostaviti primerno upravljanje vodnih teles. Področja, kjer so cvetenja redna, bi morali, po vzoru številnih evropskih držav, posebej označiti z opozorilnimi tablami, ki prepovedujejo kopanje in druge dejavnosti.

## Cianobakterija in vojska

Alergične in vnetne reakcije, ki jih povzročajo številne cianobakterijske vrste, so samo najbolj blagi negativni učinki, ki jih lahko ugotovimo ob različnih načinih stika s cianobakterijami. Mnogo resnejše so posledice pri vdihavanju ali zaužitju cianobakterij, kar največkrat vodi do dokumentiranih primerov zastrupitve pri ljudeh. Takšen primer zastrupitve so zabeležili pri desetih od dvajsetih osebkih pri vojaškem urjenju na vodnem telesu z obsežnim cvetenjem cianobakterij iz rodu *Microcystis* (Turner in sod., 1990).

Vojska se z različnimi nevarnimi okoliščinami, kjer so vpletene cianobakterije, ne srečuje samo pri vadbah ali ob vojaških posredovanjih na vodnih telesih. V izrednih primerih mora biti vojak sposoben oceniti, katero vodo iz okolja bodo uporabili za pitje in kako jo mora pripraviti, da bo primerna za zaužitje. Pri vodnem viru, ki lahko potencialno služi za pitje, je izredno pomembno oceniti varnost tega vira s stališča morebitne navzočnosti cianotoksinov. Preprost način za ugotavljanje cvetenja v vodnem viru je njena motnost. Če v vodi, ki seže do kolen, ne vidimo lastnih stopal, je verjetnost navzočnosti cianobakterijskega cveta visoka. Iz take vode moramo najprej odstraniti cianobakterijske celice na način, ki ne bo sprostil njihove vsebine. To lahko dosežemo z različnimi koagulantami, kakor je aluminijev sulfat, in šele nato vodo razkužimo. Prekuhanje namreč ne uniči cianotoksinov, močno kloriranje pa še dodatno prispeva k tvorbi nevarnih halogeniranih ogljikovodikov, ki so kancerogeni.

Takšna znanja so še posebej pomembna pri posredovanjih v manj razvitih državah v toplejših predelih sveta, kjer je evtrofikacija voda praviloma zelo visoka in s tem navzočnost cianobakterij zelo verjetna in neodvisna od letnega časa.

Vodna telesa, v katerem cvetijo toksične cianobakterije, se lahko zlorabijo tudi kot biološko orožje. Namerna liza cianobakterij, ki jo lahko preprosto induciramo z bakrovim sulfatom, sprosti cianotoksine v okolje in je tako vodno telo popolnoma neuporabno kot vir pitne vode, hkrati pa ogroža zdravje in počutje vseh, ki pridejo z njim v stik.

## Sklepne misli

Vse večja evtrofikacija voda tudi v Sloveniji povzroča redna in obsežna cvetenja cianobakterij, ki ogrožajo zdravje ljudi in okolja. Ugotovili smo, da je gospodarjenje predvsem z manjšimi vodnimi telesi neprimerno in obveščanje o njihovem stanju pomanjkljivo. Svetovna zdravstvena organizacija priporoča različne varnostne ukrepe, kakor je v prvi vrsti spremljanje in nadzorovanje vodnih teles, ki vključuje tudi cianobakterijska cvetenja, s katerimi lahko ugotovimo dejansko stanje. To je pomembno predvsem v kritičnih obdobjih, ko lahko pričakujemo obsežna cvetenja. Bistven ukrep je tudi dvigovanje javne zavesti in obveščanje širše javnosti (WHO, 2003). Podobno predpisuje tudi zakonodaja ES, ki se nanaša na kakovost kopalnih voda. Predlog nove direktive Evropskega parlamenta in Sveta Evrope prinaša kot posebno prednostno nalogo skrb za javno zdravje in varovanje naravnih virov. V 14. členu posebej izpostavlja ugotavljanje navzočnosti fitoplanktonskih cvetenj (COM(2002)581; 2002/0254 (COD)). V prilogi 1 med metodami analize določa tudi testiranje toksičnosti fitoplanktona.

Pravico javnosti do dostopa do okoljskih informacij predpisuje Direktiva Sveta iz leta 1990 (Council Directive 90/313/EEC, 7. 6. 1990, UL ES L158, 23. 6. 1990). Posebno pozornost moramo posvetiti preprečevanju fitoplanktonskih cvetenj, ki mora temeljiti predvsem na zmanjševanju in preprečitvi evtrofikacije voda, saj imajo nekateri drugi ukrepi mnogokrat ekološko škodljive stranske učinke.

Evropska direktiva 2000/60/EC, ki vzpostavlja okvir za delovanje skupnosti na področju upravljanja z vodami, predvideva nadzor in zaščito vseh vodnih virov in vzpostavitev »dobrega stanja« v 15 letih. V točki 4.5 Vzpostavljane standardov in metode analize, posebej opozarja na dejstvo, da so toksična cvetenja pojav, ki narašča. Fitoplankton, njegova toksičnost, ekotoksičnost in toksičnost za ljudi so eden izmed osrednjih parametrov pri ugotavljanju primernosti voda.

Del mednarodnega hidrološkega programa UNESCO je tudi CYANONET, globalna mreža, kjer se zbirajo vsi podatki o toksičnih cianobakterijah, o njihovih cvetenjih, o upravljanju z ogroženimi vodnimi viri in o načinih obveščanja in ozaveščanja prebivalstva. Vzpostavljena je tudi mreža nacionalnih stikov, med katerimi Slovenijo pokriva avtor prispevka (Codd in sod., 2005).

Strokovno spremljanje stanja naših vodnih teles s stališča fitoplanktonskih cvetenj in pojavljanja toksinov v njih ter obveščanje javnosti so tako le uresničevanje evropske zakonodaje v skrbi za ohranjanje zdravja ljudi in okolja.

## Viri in literatura

1. Bricelj, M., Sedmak, B., 2001. Transport of biologically active substances through gravel strata. V: Seiler, K-P (ur.), Wohnlich, S (ur.). New approaches characterizing groundwater flow: Proceedings of the XXXI International Association of hydrogeologists Congress, Munich, Germany, Balkema, 25–29.
2. Chorus, I., Bartram, J., 1999. Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. World Health Organization, E&FN Spon, Routledge, London, pp. 416.
3. Codd, G., A., Bell, S., G., Brooks, W., P., 1989. Cyanobacterial toxins in water. *Water Sci. Technol.* 21: 1–13.
4. Codd, G., A., Azevedo, S., M., F., O., in sod., 2005. CYANONET A global network for cyanobacterial bloom and toxin risk management. Initial situation assessment and recommendations. IHP-VI, Technical documents in hydrology, No. 76, UNESCO, Paris, pp. 138.
5. Francis, G., 1878. Poisonous Australian lake. *Nature* 18: 11–12.
6. Jochimsen, E., M., Carmichael, W., W. in sod., 1998. Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialysis center in Brazil. *New England J. Med.* 338: 873–878.
7. Kolar, B., Štajnbaher, D., Babič, M., Sedmak, B., Kosi, G., Povž, M., 1995. Pojavljanje strupenih cianobakterij in poginjanje rib v ponikovalnikih v Hotinji vasi. *Maribor: ZZV.*
8. Sedmak, B., Kosi, G., 1991. Alge i njihovi toksini u našim vodama. [Povodom masovne pojave modrozelenih algi *Aphanizomenon flos-aquae* u Bledskom jezeru]. *Vodoprivreda* 23: 265–272 (English abstract).
9. Sedmak, B., Kosi, G., Kolar, B. 1994. Cyanobacteria and their relevance. *Period. Biol.* 96: 428–430.
10. Sedmak, B., Kosi, G., 1997a. Cvetenje cianobakterij v ribnikih Republike Slovenije in njihova toksičnost. *Ichthyos* 14: 9–21 (English abstract).
11. Sedmak, B., Kosi, G., 1997b. Microcystins in Slovene freshwaters (Central Europe) – First report. *Nat. Toxins* 5: 64–73.
12. Sedmak, B., Kosi, G., 2002. Harmful cyanobacterial blooms in Slovenia – Bloom types and microcystin producers. *Acta Biol. Slovenica* 45: 17–30.
13. Teixeira, M., G., L., C., Costa, M., N., C., Carvalho, V., L., P., Hage, E., 1993. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica Dam, Bahia, Brazil. *Bull. Pan. Am. Health Org.* 27: 244:253.
14. Turner, P., C., Gammie, A., J., Hollinrake, K., Codd, G., A., 1990. Pneumonia associated with cyanobacteria. *Brit. Med. J.* 300: 1440–1441.
15. Vrhovšek, D., Kosi, G., Jošt, K., Bukanovski, A., 1981. Limnološka istraživanja na akumulacijama u okolini Celje (Šmartinsko jezero i Slivniško jezero). *Ekologija, [Acta biologica Iugoslavica]* 16: 141–165.
16. WHO, 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters, World Health Organization, Geneva, pp. 219.