

Sinicové vodné kvety na rekreačných vodách Slovenska

Water blooms in recreational waters of Slovak Republic

Mária H o r e c k á, Viera N a g y o v á & Jana K o š ť á l o v á

Úrad verejného zdravotníctva SR (ÚVZ SR), Trnavská cesta 52, 826 45 Bratislava, e-mail: horecka@szusr.sk

Abstrakt

The recreational water quality in Slovakia has been monitored including the observation of water blooms occurrence, testing of their toxicity and the determination of microcystin content by HPLC method. At the same time the free water was tested on toxicity with *Thamnocephalus platyurus*, *Sinapis alba*, *Poecilia reticulata* and on the content of microcystins. The toxic water bloom was observed on 12 or 14 localities annually. The toxicity of water was confirmed in case of massive water blooms development in reservoirs Zemplínska Šírava, Liptovská Mara, Kanianka, Kuchajda and the others. The limit 100 000 cyanobacteria cells in 1 ml was discussed (CHORUS & BARTRAM 1999).

Úvod

Od roku 1997 sa na Slovensku v rezorte zdravotníctva v rámci projektu „Rekreačné vody“ monitorovalo približne 60 prírodných lokalít využívaných na rekreáciu. Sledovala sa kvalita prevádzky ale najmä kvalita vody v chemických, mikrobiologických a biologických ukazovateľoch. V priebehu riešenia projektu bolo vydané odborné usmernenie HH SR č. 24/2000 a v roku 2002 vošla do platnosti Vyhláška MZ SR č. 30/2002 o požiadavkách na vodu na kúpanie, kontrolu kvality vody na kúpanie a na kúpaliská. V súvislosti s týmito predpismi sa monitoroval výskyt sinicových vodných kvetov, toxicita vody a vodných kvetov s požiadavkou testovania na organizmoch v troch trofických úrovniach, pričom jedným z testovacích organizmov musí byť *Thamnocephalus platyurus* (MARŠÁLEK a kol. 1995, MARŠÁLEK 2002). Riešenie projektu bolo ukončené v roku 2003.

Materiál a metódy

Vodný kvet sa odoberal v mieste jeho najväčšej koncentrácie. Na kvantitatívny rozbor fytoplanktónu vody, analýzu toxicity vody a obsahu toxínov vo vode sa odoberali vzorky pomocou Friedingerovej fľaše (priemer 9 cm, výška 30 cm) od hladiny. Vzorky na stanovenie toxicity a obsahu toxínov vo vodnom kvete sa odoberali zahustením planktónovou sieťkou (40 µm).

Kvantitatívna analýza fytoplanktónu sa vykonávala stanovením počtov buniek rias a siníc bez aerotopov v Cyrusovej komôrke. Bunky siníc s aerotopmi sa počítali metódou membránovej filtrácie (HORECKÁ 1996). Vodný kvet a fytoplanktón sa analyzoval aj z hľadiska druhového zloženia a percentuálneho zastúpenia taxónov.

Testy toxicity vodných kvetov sa vykonávali na *Thamnocephalus platyurus*. Na testovanie sa použili extrakty z čerstvej alebo zamrzenej biomasy, prípadne z jej lyofilizátu, pripravené mechanickou deštrukciou a sonifikáciou v zriedovacej vode. Toxický účinok sa vyhodnocoval ako LC₅₀ a vyjadroval sa po prepočte ako TU.

Testy toxicity vody sa vykonávali na *Poecilia reticulata*, *Sinapis alba* a *Thamnocephalus platyurus*. Ekotoxicita sa vyjadrovala v % účinku.

Kvantifikácia mikrocystínov (LR,YR,RR), ktoré sa monitorovali, sa vykonávala metódou kvapalinovej chromatografie s diode-array detektorom po extrakcii z lyofilizovaného vodného kvetu do vodného roztoku metanolu s kyselinou trifluóroctovou (TFA). Výsledky sa vyjadrovali v mg/kg lyofilizátu. Obsah mikrocystínov vo vode sa stanovil po odparení známeho objemu vzorky a rozpustení vo vodnom roztoku metanolu s TFA. Výsledok sa vyjadroval v µg/l vody (MARŠÁLEK a kol., 1996).

Metóda stanovenia mikrocystínov vo voľnej vode sa používala až po jej zavedení od druhej polovice roku 2001. Obsah ostatných toxínov sa nestanovoval z dôvodu nedostupnosti ich štandardov na našom trhu.

Obsah chlorofylu *a* sa stanovoval podľa STN ISO 10 620 extrakciou do etanolu použitím varianty B. Obsah celkového dusíka a celkového fosforu sa stanovoval na spektrofotometri CARY SCAN 300 po oxidačnom rozklade v termoreaktore TR 300. Obsah celkového fosforu sa meral pri vlnovej dĺžke 650 nm a obsah dusíka pri vlnových dĺžkach 224, 230 a 245 nm.

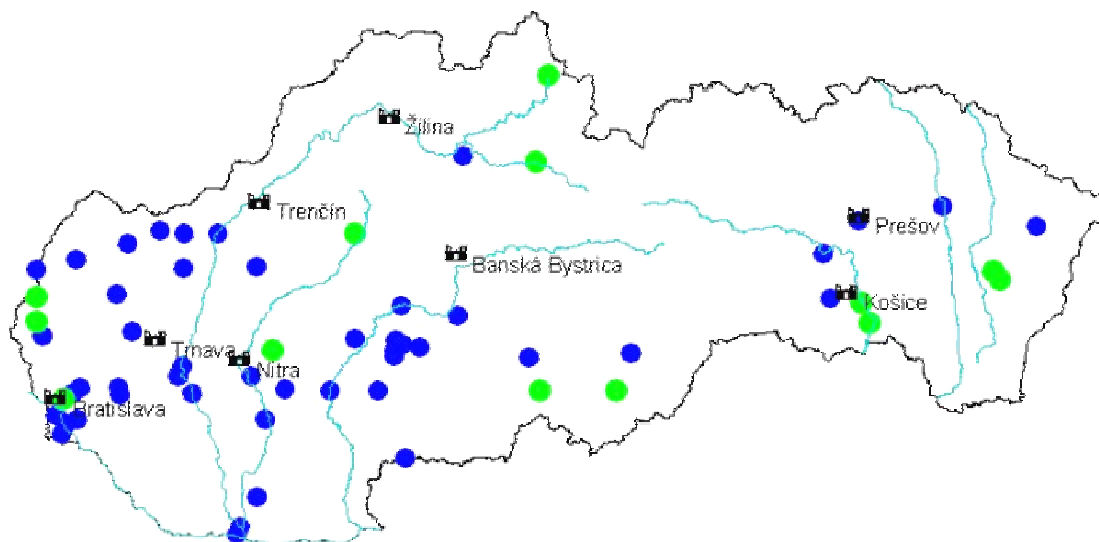
Všetky použité metódy má pracovisko ÚVZ SR akreditované Slovenskou národnou akreditačnou službou.

Výsledky

V sledovanom období rokov 1997-2003 sa zaznamenal výskyt sinicových vodných kvetov na 12-14 lokalitách ročne (Obr.1).

Počas monitoringu rekreačných vôd sa zistil výskyt sinicových vodných kvetov na lokalitách Zemplínska Šírava, Vinné, Jazero v Košiciach, na nádrži Liptovská Mara, Ladovo a Ružiná, vodný kvet sa vyskytol aj na štrkovisku Kuchajda v Bratislave, na nádržiach Kanianka, Suchá nad Parnou, Jelenec, Oravská priehrada, Teplý Vrch, Dubník, Šaštín-Stráže, Jakubov, Kozárovce.

- **Obr.1:** Sledované lokality v rokoch 2000-2003 / Fig. 1. Investigated sites
 ● lokality so sinicovým vodným kvetom / sites with water bloom
 ● lokality bez vodného kvetu / sites without water bloom



Tab.1: Najhojnejšie sa vyskytujúce taxóny siníc na vybraných lokalitách

Tab.1: Most frequent species

lokality	taxóny siníc	lokality	taxóny siníc
KUCHAJDA	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Microcystis flos-aquae</i> <i>Microcystis wesenbergii</i> <i>Microcystis viridis</i> <i>Woronichinia naegeliana</i> <i>Aphanocapsa incerta</i>	RUŽINÁ	<i>Microcystis flos-aquae</i> <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Microcystis wesenbergii</i> <i>Microcystis viridis</i> <i>Woronichinia naegeliana</i>
EADOVO	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Woronichinia naegeliana</i> <i>Anabaena spiroides</i> <i>Anabaena sp.</i>	LIPTOVSKÁ MARA	<i>Anabaena spiroides</i> <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> <i>Woronichinia naegeliana</i> <i>Microcystis viridis</i>
ZEMPLÍNSKA	<i>Microcystis flos-aquae</i>	JAZERO - KOŠICE	<i>Aphanizom. flos-aquae</i>
ŠÍRAVA	<i>Microcystis viridis</i> <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Anabaena sp.</i> <i>Aphanizomenon sp.</i>	ORAVSKÁ PRIEHRADA	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Woronichinia naegeliana</i>
VINNÉ	<i>Microcystis flos-aquae</i> <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Microcystis wesenbergii</i>	KANIANKA	<i>Planktothrix rubescens</i>
		SUCHÁ nad PARNOU	<i>Anabaena planctonica</i> <i>Aphanizomenon</i>

Vodné kvety boli tvorené väčšinou rodom *Microcystis*, ojedinele bol vodný kvet tvorený sinicami rodu *Aphanizomenon* a *Anabaena*. Prvý krát na území Slovenska sme zaznamenali aj červený sinicový vodný kvet tvorený druhom *Planktothrix rubescens* (Tab. č.1).

Najväčší rozvoj sinicových vodných kvetov sa zaznamenal v najvýznamnejšej rekreačnej nádrži Zemplínska Širava na východnom Slovensku, vo významnej vodohospodárskej nádrži Liptovská Mara využívanej aj na organizovanú rekreáciu a v hradenej nádrži Kanianka v okrese Prievidza využívanej na závlahy a neorganizovanú rekreáciu a Ľadovo v okrese Lučenec, na ktorej je kúpanie v dôsledku toho zakázané.

Zemplínska Širava s rozlohou 33 km², vybudovaná pre vodohospodárske a rekreačné účely významného rozsahu, s piatimi plážovými oblasťami a návštevnosťou 700 000 obyvateľov sa posledných šesť rokov borí počas letnej turistickej sezóny so sinicovými vodnými kvetmi. Premnožuje sa tu najmä *Microcystis aeruginosa*, *M. flos-aquae*, *M. viridis*, s prímiesou *M. wesenbergii* a *Woronichinia naegeliana*. Kvantitatívny rozvoj dosiahol v roku 2002 počty 6,5.10⁸ buniek/ml a chlorofyl *a* 5861 µg/l. Testy toxicity vodného kvetu na *Thamnocephalus platyurus* boli vysoko pozitívne s TU=138 a obsah mikrocystínov bol 325 mg/kg lyofilizátu vodného kvetu. Voda mala 100%-ný toxický účinok na *Thamnocephalus platyurus* a *Poecilia reticulata*; na *Sinapis alba* bol toxický účinok vody 90 %. Najvyšší obsah toxínov vo vodnom kvete bol zistený v októbri roku 2001 (1015 mg/kg sušiny) pri kvantitatívnom výskyte *Microcystis aeruginosa* a *M. viridis* 99 460 a toxicite vodného kvetu TU=68.

Nádrž Liptovská Mara má rozlohu 21,7 km² a je na nej jedna plážová oblasť s návštevnosťou 60 000 registrovaných rekreantov v letných horúcich dňoch. Výskyt sinicového vodného kvetu návštevnosť obmedzuje aj v peknom počasí, pretože v posledných rokoch musela byť rekreačná pláž označená výstražnými tabuľami o nevhodnosti vody na kúpanie zo zdravotných dôvodov. Vo vodnom kvete prevláda *Anabaena sp.* s *Microcystis aeruginosa*, *M. flos-aquae*, *Woronichinia naegeliana* a *Aphanizomenon flos-aquae* v najvyššom počte 6,53.10⁶ buniek/ml. Obsah chlorofylu *a* bol pri tomto odbere 1030 µg/l. Najvyšší obsah mikrocystínov vo vodnom kvete 774 mg/kg bol zistený v lete 2002, pri dominancii *Anabaena sp.* (obsah anatoxínu sa vzhľadom k nedostupnosti príslušného štandardu nezisťoval) s najvyššou zistenou toxicitou TU=148 na *Thamnocephalus platyurus*. Vo voľnej vode sa nameral obsah mikrocystínov 88-106 µg/l, toxický účinok na *Thamnocephalus platyurus* bol 100%, na *Poecilia reticulata* 0% a na *Sinapis alba* 52%. Obsah celkového fosforu 0,10-0,16 mg/l a celkového dusíka 3,24 poukazuje na vysoké zaťaženie nádrže organickým znečistením.

Na nádrži Kanianka s rozlohou 0,08 km² sa v januári 2001 objavil pri hladine a vo vodnom stĺpci červený vodný kvet tvorený sinicou *Planktothrix rubescens* v kvantite 9.10⁵ buniek/ml s obsahom mikrocystínov 4817 mg/kg a ekotoxicitou TU=20 na *Thamnocephalus platyurus*. Obsah chlorofylu *a* v čase

masívneho rozvoja bol 52,8 $\mu\text{g/l}$. V letných mesiacoch r. 2001 bola zistená najväčšia koncentrácia 739 buniek/ml v júni, vo vrstve vody 5-9 m, bez tvorby vodného kvetu. V priebehu roku 2002 bola červená voda na Kanianke opäť pozorovaná. Hlavným zdrojom znečistenia tejto nádrže sú potoky prinášajúce splašky z komunálneho odpadu.

Biosestón štrkoviskového jazero Kuchajda je zaujímavý hojným výskytom viacerých druhov siníc s drobnými bunkami s veľkosťou do 2 μm . Jazero sa nachádza v severozápadnej časti Bratislavy. Vzniklo bagrovaním štrku okolo roku 1950 a naplnením podpovrchovou vodou. Nie je zásobované žiadnym povrchovým prítokom vody, má rozlohu 0,08 km^2 , objem 215 600 m^3 a priemernú hĺbku 2,8 m s maximom 11 m. Za rekreačnú oblasť bolo vyhlásené v roku 1995. V areáli sú vybudované reštaurácie, športoviská a hygienické zariadenia odkanalizované do verejnej kanalizácie. Jazero sa využíva aj na športový rybolov a vodné športy. Prevádzka motorových člnov nie je povolená. Pláže majú kapacitu 10 000 návštevníkov. V údajoch o zložení fytoplanktónu (HINDÁK, 1996) sa uvádza prítomnosť siníc v letnom období bez tvorby vodného kvetu. Prvé pozorovania výskytu sinicového vodného kvetu sa uvádza v rokoch 1998 a 1999 (MAKOVINSKÁ a kol. 2000). V roku 1998 bolo jazero zarastené makrovegetáciou tvorenou druhmi *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton pectinalis*, a makroskopickými druhmi rias rodu *Chara* a *Nitella*. Rastliny hojne osídľovali vodné lastúrniky *Dreissena polymorpha*, v ktorých autori dokázali prítomnosť cerkáriových štádií motolíc, spôsobujúcich typické dermatitidy. V roku 1999 boli makrofytá z jazera zlikvidované pomocou bylinožravých rýb, čo v ďalšom vývoji kvality vody podporilo rozvoj sinicového vodného kvetu.

Vzhľadom k intenzívnemu využívaniu jazera Kuchajda obyvateľstvom na kúpanie a možným zdravotným rizikám pri výskyte sinicového vodného kvetu, bola táto lokalita od roku 2000 podrobne sledovaná. V tomto roku sa makroskopický vodný kvet vyskytol v polovici júna a bol tvorený druhmi *Microcystis aeruginosa*, *M. flos-aquae*, *M. wesenbergii* a *M. viridis*. Kritické hodnoty 98 980 buniek/ml pri obsahu 79,9 $\mu\text{g/l}$ chlorofylu *a* a priehľadnosti 1,05 m sa namerali v auguste, keď dominoval druh *Microcystis viridis*, sprevádzaný druhmi *M. aeruginosa* a *M. flos aquae*, ojedinele bol zastúpený druh *M. wesenbergii*. Koncom augusta vodný kvet pokrýval 1/5 hladiny jazera, pričom dominovali druhy *M. flos-aquae* (60%) a *M. aeruginosa* (30%) s obsahom 446,5 $\mu\text{g/l}$ chlorofylu *a* v mieste najhojnejšieho výskytu. Priehľadnosť vody bola len 0,5 m, teplota vody sa v týchto dňoch pohybovala od 24 do 27 $^{\circ}\text{C}$.

Vysoké počty siníc s aerotopmi, nízka priehľadnosť vody (0,6 m) a vysoký obsah chlorofylu *a* (288,4 $\mu\text{g/l}$) bol evidovaný až do konca septembra s dominanciou *M. aeruginosa* (80-100%). Od polovice októbra získal prevahu druh *M. flos-aquae*. Kašovitý vodný kvet na hladine jazera bol pozorovaný do 25. októbra. Toxicita na *Thamnocephalus platyurus* bola najvyššia v polovici augusta, v období kulminácie výskytu všetkých druhov siníc ($\text{TU}=83$). Obsah

celkového fosforu sa pohyboval v rozmedzí 0,014-0,154 mg/l, (pričom väčšinou prekračoval hodnotu 0,05 mg/l) a obsah celkového dusíka sa pohyboval v rozmedzí 1,18-3,56 mg/l.

Okrem siníc typického vodného kvetu sa vo vode Kuchajdy nachádzajú vo významnom množstve sinice s priemerom buniek $< 2 \mu\text{m}$ bez aerotopov s dominanciou *Aphanocapsa incerta*, *A. holsatica*, *A. delicatissima*, *Aphanothece* spp., *Cyanocatena planctonica*, *Cyanodictyon* cf. *planctonicum*, ktoré sa nehromadia na hladine. Ich počty prekračovali $1,1 \cdot 10^7$ buniek v mililitri a prispievali k zníženiu priehľadnosti vody a zvýšeniu obsahu chlorofylu *a*. Najväčší obsah microcystínov bol nameraný vo vzorke vodného kvetu z júna 2000 v hodnote 529,3 mg/kg sušiny a z augusta v hodnote 153,5 mg/kg. V ostatných vzorkách sa obsah toxínov pohyboval v rozmedzí 38,4-70 mg/kg.

Vodný kvet sa vyskytoval na Kuchajde aj v rokoch 2001 a 2002. Postupne do roku 2003 ustupovali veľké sinice s aerotopmi pred drobnými sinicami bez aerotopov. Celkové počty siníc stále dosahovali miliónové hodnoty. Vysoké počty buniek drobných siníc spôsobovali problémy pri hodnotení vhodnosti vody na kúpanie podľa smernice WHO, ktorej limit 100 tisíc buniek v 1 ml zahŕňa všetky sinice bez ohľadu na veľkosť biomasy, prítomnosť aerotopov alebo druhu. Pri dominancii drobných siníc počet presahoval limit WHO, aj keď priehľadnosť a obsah chlorofylu *a* boli ešte hlboko pod limitnými hodnotami. V kritických obdobiach však aj priehľadnosť vody a obsah chlorofylu *a* v Kuchajde presiahli povolené limity, obsah mikrocytínov bol v hodnote 52 mg/kg sušiny a toxicita vodného kvetu $TU=35$, preto bolo kúpanie zakázané.

Toxicita vodného kvetu na *Thamnocephalus platyurus* za sledované obdobie rokov 2000-2003 bola dokázaná vo všetkých testovaných vzorkách, okrem vodného kvetu v Suche nad Parnou, kde najväčší podiel siníc tvoril druh *Anabaena planctonica*. Najvyššia toxicita vodných kvetov na *Thamnocephalus platyurus* bola zistená na Jazere v Košiciach ($TU=283$), štrkoviskom jazere Kuchajda ($TU=276$), na jazere vo Vinnom ($TU=242$), na hradenej nádrži Ľadovo ($TU=172$), Liptovskej Mare ($TU=124$) a Zemplínskej Šírave ($TU=138$). Najvyšší obsah mikrocytínov vo vodných kvetoch sa počas monitorovania zistil vo vzorkách z nádrže Kanianka (4817 mg/kg sušiny), z jazera Vinné (3700 mg/kg), Ľadovo, Kuchajda a Zemplínska Šírava (1000 mg/kg sušiny).

Diskusia

K masívnemu rozvoju vodných kvetov dochádzalo v najčastejšie v auguste, okrem vodného kvetu na Kanianke (*Planktothrix rubescens*), ktorý sa vyskytol v zimných mesiacoch.

Vo vodných kvetoch tvorených rodmi *Microcystis*, *Anabaena* alebo *Planktothrix* bola toxicita a obsah mikrocytínov vždy zistená. V prípade vodného kvetu tvoreného sinicou *Aphanizomenon flos-aquae* v jazere v

Košiciach bola potvrdená toxicita vodného kvetu bez mikrocystínov, nakoľko ich tento druh neobsahuje. Vo vzorkách s dokázanou toxicitou voľnej vody, predovšetkým na *Thamnocephalus platyurus* bol zistený aj obsah toxínov v rozmedzí 8-106 µg/l a rozvoj vodného kvetu bol masívny. Vodný kvet z toho istého odberu bol taktiež toxický a boli v ňom dokázané mikrocystíny.

V prípade vodného kvetu tvoreného vláknitou sinicou *Planktothrix rubescens* bola zistená nízka toxicita vodného kvetu napriek dokázanému vysokému obsahu mikrocystínov, pravdepodobne preto, lebo pri príprave extraktu nedochádza k dostatočnej deštrukcii buniek a toxíny sa z buniek neuvoľnia. Ani spracovanie takejto vzorky lyofilizovaním významne neprispelo k uvoľňovaniu toxínov z buniek. Voľná voda, v ktorej sa bunky prirodzene rozpadali a toxíny sa uvoľňovali, bola toxická.

Vo vzorkách voľnej vody, v ktorej sa nepreukázala toxicita na *Thamnocephalus*, neboli zistené ani mikrocystíny, pričom ale vodný kvet bol aj v týchto prípadoch toxický a obsahoval toxíny. Toxíny sa pravdepodobne v tom čase do vody ešte neuvoľnili. Negatívny výsledok toxicity a toxínov vo voľnej vode v prípade, že sa toxický vodný kvet vyskytuje, by teda nemal znamenať nezávadnosť vody, ale naopak kontrola kvality vody by sa mala zvýšiť a kúpanie neodporúčať vždy, ak sa vodný kvet na lokalite vyskytuje. Len ak by sa včas a s istotou dokázalo, že vodný kvet nie je toxický, mohla by sa voda považovať za vhodnú na kúpanie. Nakoľko zatiaľ nie je reálne získať dôkazy o tom, či je vodný kvet netoxický, skôr ako za týždeň, treba pri posudzovaní vody s vodným kvetom uplatniť zásadu prezumpcie toxicity sinicových vodných kvetov, čo potvrdzujú aj naše výsledky, že zatiaľ každý sinicový vodný kvet, okrem prípadu Suchej nad Parnou, bol toxický. Zároveň treba brať do úvahy aj možné alergické účinky siníc.

V jazere Kuchajda bol vodný kvet tvorený rodom *Microcystis*, ktorý býva toxický a obsahuje mikrocystíny. Zvláštnosťou tejto lokality je, že súčasne s vodným kvetom tvoreným veľkými sinicami, vyskytujú sa hojne aj drobné sinice bez aerotopov, ako napr. *Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Cyanodictyon*, *Cyanocatena* a iné (HINDÁK 2001) v počtoch niekoľkých miliónov buniek v mililitri, výrazne prekračujúcich hygienický limit pre počty siníc. Aj napriek častému sledovaniu, toxicita voľnej vody na tejto lokalite nebola zistená, čo vedie k zamysleniu nad limitom prijatým aj WHO (100 000 buniek siníc v ml), ktorý neberie do úvahy veľkosti buniek a tým ani biomasu (CHORUS & BARTRAM 1999), (BARTRAM & RESS 2000) a vôbec neprihliada na druhové zastúpenie siníc. Zohľadnenie prítomnosti aerotopov a veľkosť buniek by pomohlo vyselektovať prípady premnoženia siníc, ktoré tvoria typické vodné kvety pretože limit 100 000 buniek/ml na vyjadrenie ich rozvoja je vhodný práve pre tieto druhy siníc.

Záver

Zo 60 lokalít sledovaných ročne úradmi verejného zdravotníctva na Slovensku sa v priebehu rokov 1997-2003 vyskytli vodné kvety na 12-14 lokalitách. Vodné kvety na všetkých lokalitách, okrem jednej, boli toxické a v prípade, že v nich boli prítomné sinice rodu *Microcystis*, zistil sa aj obsah mikrocystínov. V siedmich vzorkách voľnej vody bola dokázaná toxicita na *Thamnocephalus platyurus*. Jedna z týchto vzoriek nebola na prítomnosť toxínov analyzovaná, v ostatných šiestich vzorkách boli dokázané mikrocystíny.

Limit 100 000 buniek/ml je podľa našich sledovaní vhodný len pre kokálne alebo vláknité sinice s aerotopmi, s bunkami väčšími ako 2µm, ktoré sú schopné vytvárať na hladine kašovitú hmotu.

V prípade premnoženia siníc s drobnými bunkami bez aerotopov počet buniek siníc v mililitri je pri hodnotení vody na kúpanie zavádzajúci. Ich výskyt vo vode však nemožno opomenúť, vzhľadom k ich možnej toxicite a alergickým účinkom. Vhodnosť takejto vody na kúpanie treba posudzovať podľa iných ukazovateľov vyjadrujúcich rozvoj biomasy, napr. priehľadnosť, obsah chlorofylu *a*, pH, druhové zastúpenie siníc, toxicita, obsah toxínov a pod.

Pri výskyte vodného kvetu vo vodách na kúpanie treba naďalej uplatňovať zásadu prezumpcie toxicity siníc.

Literatúra

- BARTRAM, J. & RESS, G. (2000): Monitoring bathing waters. – pp. 337, E & FN Spon, Londýn
- HINDÁK, F. (2001): Atlas siníc. – 127 pp., Veda, Bratislava.
- HORECKÁ, M. (1996): Metodika kvantifikácie siníc vodného kvetu zavedená na Státnom zdravotnom ústave SR. – In: MARŠÁLEK, B., KERŠNER, V. & MARVAN, P.: Vodní květy sinic, 135 pp., Nadatio flos-aquae, Brno.
- CHORUS, I. & BARTRAM, J. (1999): Toxic Cyanobacteria in Water. – 416 pp., E & FN Spon, Londýn a New York.
- MAKOVINSKÁ, J., TÓTHOVÁ, L. & ELEXOVÁ, E. (2000): Problémy v jazere Kuchajda počas leta 1998 a 1999 spôsobené vodnými organizmami. – Vodohospodársky spravodajca 43 (4): 14–15.
- MARŠÁLEK, B., LE DU, A., TURÁNEK, J. & MACHALA, M. (1995): Selection of bioassays for cyanotoxin detection. – Proceedings of the 1st International Congress on Toxic Cyanobacteria, August 20–24, 1995, Ronne, Denmark, p. 42.
- MARŠÁLEK, B., KERŠNER, V. & MARVAN, P. (1996): Vodní květy sinic. – 135 pp., Nadatio flos-aquae, Brno.
- MARŠÁLEK, B. (2002): Sinice a jejich toxiny. <http://www.sinice.cz/>.
- ROVNÝ, I. (2000): Odborné usmernenie na sledovanie a posudzovanie kvality vôd prírodných kúpacích oblastí. – Vestník MZ SR 10–12:120–121.
- Vyhláška MZ SR č. 30/2002 Z.z. o požiadavkách na vodu na kúpanie, kontrolu kvality vody na kúpanie a na kúpaliská. – Zbierka zákonov SR, p. 253–261, Bratislava.