BIOLOGICKÉ HODNOCENÍ ZDROJŮ ZNEČIŠTĚNÍ A EUTROFIZACE VE VODÁRENSKÝCH POVODÍCH

Prof. RNDr. Alena Sládečková, CSc.[1)], Mgr. Gabriela Šťastná, Ph.D.[2)]

1) VŠCHT Praha a Poradenská činnost v oblasti ekologie, Praha 4
2) ČVUT Praha, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, gabriela.stastna@fsv.cvut.cz

Abstrakt

Součástí hydrobiologického auditu vodárenské soustavy je i zhodnocení stavu znečištění a eutrofizace zdroje surové vody pro vodárenskou úpravu. Ve spolupráci s příslušným státním podnikem Povodí je nutno posoudit výsledky jím prováděného monitoringu daného vodního útvaru z hlediska technologie úpravy vody a z hlediska hygienického. Takto získané údaje se v případě potřeby doplní vlastním sledováním. Příspěvek uvádí příklady významných bioindikátorů ze společenstev nárostu a bentosu, vyskytujících se ve vodárenských povodích a představujících potenciální riziko pro kvalitu surové vody ve zdroji, pro procesy její úpravy i pro distribuci upravené a dodávané pitné vody. Včasná nápravná a preventivní opatření mohou zabránit kalamitním situacím ve vodárenských provozech.

Úvod – nové trendy v monitoringu vodních útvarů

Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady [1], která ustavuje rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, je základním strategickým dokumentem v ochraně vodních ekosystémů. Mezi hlavní cíle Směrnice patří zamezení dalšímu zhoršování stavu všech útvarů povrchových (a podzemních) vod, dosažení dobrého chemického a ekologického stavu povrchových vod nejpozději do roku 2015, dosažení dobrého ekologického potenciálu a dobrého chemického stavu do r. 2015 u silně ovlivněných a umělých vodních útvarů a cílené snížení a postupné odstranění emisí a úniků prioritních látek. Stav povrchových vod je určen horším z jeho *ekologického*, nebo *chemického* stavu. *Chemický stav* je vyjádřen jednak všeobecnými podmínkami, které musí zabezpečit biologické funkce vodních útvarů, tak i specifickými ne/syntetickými znečišťujícími látkami, jejichž koncentrace nesmí překročit standardy ekologické kvality. *Ekologický stav* vyjadřuje kvalitu, strukturu a funkci vodních ekosystémů spojených s povrchovými vodami. Hodnocení ekologického stavu zahrnuje složky hydromorfologické, které podporují složky biologické.

Výsledným hodnocením stavu povrchových vod je jejich zařazení do pěti tříd kvality: velmi dobrý stav (žádné či minimální odchylky od přirozeného stavu), dobrý stav (slabé odchylky), střední stav (střední odchylky), poškozený stav (závažnější odchylky) a stav zničený (vážné odchylky).

Pro povrchové vody se stanovují vodní útvary „řeka“, „jezero“, (brakické vody a pobřežní vody), umělý útvar a silně ovlivněný útvar. Pro útvar řeka, jezero se hodnotí chemický a ekologický stav, pro umělé a silně ovlivněné útvary se hodnotí chemický stav a ekologický potenciál.

Vzhledem k tomu, že chemický stav i kvalita hydromorfologické složky podporují složky biologické, staly se tyto velmi důležitým ukazatelem kvality prostředí, neb v sobě integrují všechny dílčí vlivy. Mezi biologické ukazatele patří fytoplankton,

makrofyta, bentos a ryby. Samotné hodnocení se prování na základě porovnání stávajícího společenstva se společenstvem referenčním [1].

V povodích vodárenských zdrojů se musí pokud možno přednostně uplatňovat nároky a požadavky, vyplývající ze snahy zabezpečit optimální průběh a výsledek procesů úpravy vody a dopravy pitné vody. Z biologického hlediska je nutno zabránit vnosu nežádoucího oživení ze zdroje a jeho povodí do vodárenských provozů a rozvodných sítí. Výsledky monitoringu je proto třeba dát k dispozici vodárenským společnostem, které by je měly zadat k posouzení svému biologovi (pokud je jejich zaměstnancem) nebo si objednat hydrobiologický audit (HA) u nezávislého odborníka.

Znečištění a eutrofizace povrchových zdrojů surové vody pro vodárenskou úpravu

Hydrobiologické hodnocení bodových, difúzních a plošných zdrojů organického znečištění a eutrofizace povrchových zdrojů surové vody pro vodárenskou úpravu je jedním z hlavních tématických okruhů, zastoupených na všech vodárenských konferencích a seminářích, je obsahem mnoha článků v příslušných sbornících a pravidelně se vyskytuje v odborných vodohospodářských časopisech. Stalo se také u studentů oblíbeným tématem diplomových prací v průběhu uplynulého půlstoletí fungování aplikované hydrobiologie v rámci specializace technologie vody na VŠCHT v Praze. Jejich závažné a často i překvapivé výsledky byly vždy přínosem pro tehdejší místní vodohospodářské instituce a hygienické orgány a byly většinou publikovány – viz dva příklady ze Zlínska [3,4]. Komplexní hydrobiologický průzkum v povodích vodárenských nádrží byl prováděn také v rámci tzv. vedlejší hospodářské činnosti VŠCHT pro vodohospodářské organizace, které neměly vlastního biologa nebo kde sice byly k dispozici výsledky z příslušné správy Povodí, ale kde pravidelně sledované odběrové profily nepostihovaly veškeré zdroje znečištění a eutrofizace vodárenských zdrojů - např. [5]. Alarmující výsledky výše uvedených průzkumů vedly ke společným státním výzkumným a později grantovým úkolům, řešeným ve spolupráci VÚV TGM v Praze, VŠCHT Praha a později i ČVUT Praha [6-8]. V rámci této činnosti byl již plně respektován systémový přístup k hodnocení celých vodárenských soustav „od zdroje ke spotřebiteli“, který v celosvětovém měřítku propagoval H.Bernhardt [9]. U nás bylo toto pojetí vodárenského výzkumu i praxe začleněno P. Dolejšem do aktivity Československé asociace vodárenských expertů (ČSAVE) a prezentováno na pravidelných konferencích PITNÁ VODA (dříve Pitná voda z údolních nádrží) v Táboře. Hydrobiologické aspekty tohoto systémového přístupu jsou shrnuty v [10] a staly se pravidelnou součástí programu již tradičních zimních setkání vodárenské odborné veřejnosti v Praze – konferencí Vodárenská biologie, navazujících na semináře Aktuální otázky vodárenské biologie [11]. Dalším odborným fórem pro prezentaci výsledků sledování zdrojů znečištění a eutrofizace ve vodárenských zdrojích a jejich povodích se staly také již pravidelné konference VODA ZLÍN.

Využití bioindikace pro hydrobiologické audity vodárenských soustav

Již v prvním návrhu koncepce HA vodárenských soustav [12] bylo zařazeno hodnocení zdrojů znečištění a eutrofizace ve vodárenských povodích na základě mikroskopických rozborů a bioindikace a jeho význam stále trvá [13]. Ve formě metodické pomůcky pro vodárenské biology byl publikován výběr významných biologických nálezů, umožňující jejich vyhodnocení a interpretaci výsledků HA [14]. V následujícím přehledu bioindikátorů ze společenstva nárostů a bentosu jsou uvedeny vodní organismy, vyskytující se ve vodárenských nádržích a jejich přítocích. Jsou významné pro stanovení stupně saprobity a hodnocení procesu eutrofizace vody na sledovaných

lokalitách. Jako podklady pro jejich výběr byly použity již uveřejněné práce, např. [14,15]. Zdůrazněny jsou zejména druhy, které po zavlečení do vodárenských provozů se zde mohou uchytit, pomnožit a způsobit různé technologické a hygienické problémy v procesech úpravy vody. V rozvodných sítích se jejich živá i mrtvá biomasa stává živným substrátem pro sekundární pomnožování baktérií a prvoků ve vodě, podporuje tvorbu biofilmů a snižuje biologickou stabilitu vody.

Vybrané významné bioindikátory ze společenstva nárostu

Společenstvo (biocenóza) nárostu se skládá z vodních organismů, žijících přisedle na podkladech různého původu a na ně potravně vázaných pohyblivých organismů. Patří sem zástupci všech tří ekologických skupin: destruenti (baktérie a plísně – mikromycety), producenti (fotosyntetizující sinice, řasy, vodní mechy) a konzumenti (živočichové - prvoci, láčkovci, vodní houby, mechovky, vířníci). Další bezobratlí živočichové, žijící v nárostech, se vyskytují více v bentosu a bude o nich pojednáno v dalším odstavci.

Destruenti

Železité baktérie: zvýšený obsah železa ve vodě, podzemní vody a prameniště, zarůstání a ucpávání vrtů, přívodních řadů a technologických zařízení úpraven, v rozvodných sítích též indikace korozních procesů (Obr. 1).

Vláknité baktérie (zejména *Sphaerotilus natans*): přísun rozložitelného organického substrátu (vypouštění nečištěných splašků, odtoky z nefunkčních ČOV), intenzívní samočištění za aerobního stavu, alfa-mesosaprobita.

Sirné baktérie (vláknité, hlavně rody Beggiatoa a Thiothrix): hnilobné procesy s tvorbou sulfanu: mikroaerobie, polysaprobita, lokální zdroje organického znečištění, silně znečištěné přítoky do nádrží, drobné vody (tůňky) s rozkládající se biomasou řas, listí.

Mikromycety (plísně): v povrchových vodách na tlejícím listí, pod bodovými zdroji organického znečištění glycidické povahy (z potravinářského průmyslu apod.), výtrusy se šíří vzduchem (vzdušná kontaminace provozních zařízení úpraven, vodojemů).

Producenti

Sinice (cyanobaktérie, zejména rod Phormidium): tmavozelené kožovité povlaky na kamenech v potocích, na hrázích nádrží, na osvětlených smáčených plochách vodárenských objektů. Původci senzorických závad vody, uvolňování geosminu a cyanotoxinů do vody.

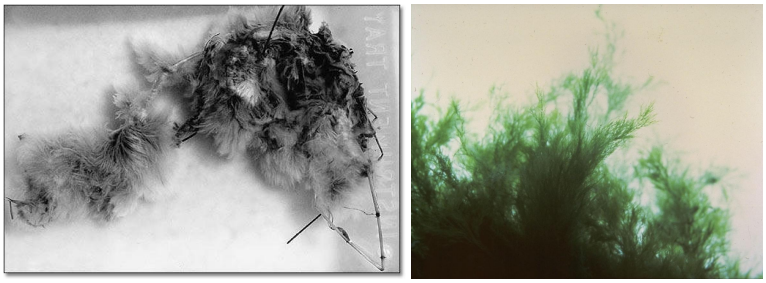
Rozsivky: křemičité schránky, hnědé nárosty a povlaky v povrchových vodách a na osvětlených plochách vodárenských objektů, senzorické závady vody z rozkládajících se olejovitých produktů fotosyntézy (rybí pach).

Vláknité zelené řasy a vodní mechy: nárosty na různých podkladech v přítocích do nádrží, (Obr. 1) eutrofizace vody (přísun živin) z plošných i bodových zdrojů, po zavlečení vodní i vzdušnou cestou do úpraven rostou na osvětlených plochách, slouží jako úkryt a potrava pro různé živočichy, po odumření tvoří živný substrát pro baktérie a prvoky.

Konzumenti

Prvoci: stopkatí nálevníci (zejména rody Epistylis, Opercularia, Carchesium) tvoří viditelné bělavé nárosty na různých podkladech, indikace obdobná jako u vláknitých baktérií.

Láčkovci – nezmaři (Hydra (Obr. 2), Pelmatohydra), nárosty na vodních rostlinách, hojné nálezy na jímacích objektech a v přívodech surové vody do úpraven [6], po úhynu živný substrát.



Obr. 1: Vlevo Sphaerotilus sp. (openlearn.open.ac.uk), vpravo zelená řasa Cladophora (http://www.mlswa.org)

Obr. 2: Vlevo Hydra sp. (www.limno-kosmos.de/info/benthos.htm), vpravo mlž *Dreissena polymorpha* (http://invasivespecies.nbii.gov/celebration.html)

Vodní (živočišné) houby (Porifera): makroskopické kolonie na vodních rostlinách, kořenech olší, dřevěných i betonových konstrukcích. Rozmnožovací tělíska (gemmule) se šíří vodou i na nohách a peří vodního ptactva. Gemmule a podpůrné křemičité útvary (spikuly) v kalu z praní filtrů upozorní na možný výskyt v pískových ložích, na mezidnech apod. Po úhynu působí senzorické závady vody.
Mechovky (Bryozoa): vzhled, ekologie a šíření rozmnožovacích tělísek (statoblastů) jako u vodních hub, obdobný význam nálezů ve vodárenských objektech. Za živa i po úhynu velmi odporný (hnilobný a nakyslý) pach vody, zejména po chloraci a zahřátí. V literatuře citovány četné kalamitní situace.
Měkkýši – mlži: slávka *Dreissena (Dreissensia) polymorpha* (Obr. 2) tvoří hroznovité kolonie, lasturky pevně vrůstají do podkladu byssálními vlákny. Šíří se lodní dopravou a pomocí vodního ptactva. Pohyblivé larvy (veligery) často pronikají do průmyslových chladicích okruhů a vodárenských soustav. U nás byla popsána kalamitní situace včetně možností nápravy a prevence [15]. Při dobrém monitoringu a údržbě přívodního řadu lze využít vynikající filtrační schopnosti slávek k omezování vodárenskou úpravou obtížně odstranitelného fytoplanktonu v surové vodě [17].

Vybrané významné bioindikátory ze společenstva bentosu

Společenstvo (biocenóza) bentosu se skládá z vodních organismů, žijících v sedimentech tekoucích i stojatých vod. Dělíme je obvykle na mikrobentos, ze kterého do vodárensky významného přehledu patří ploštěnky, hlístice, červi máloštětinatci a na makrozoobentos (vyšší korýši, měkkýši a larvy hmyzu). Jsou to vesměs konzumenti.
Hlístice a máloštětinatci (Nematoda a Oligochaeta (Obr. 3)): běžní v sedimentech a nárostech v povrchových vodách, vajíčka se šíří vodní i vzdušnou cestou, množí se v biofilmech a kalech nedostatečně udržovaných vodárenských zařízení, vodojemů, koncových hydrantů apod.[např. 6,10,14].
Makrozoobentos: běžné oživení sedimentů a nárostů povrchových vod, na němž je většinou založen biomonitoring a bioindikace jejich kvality. V celosvětovém měřítku jsou zaznamenány občasné nálezy vodních bezobratlých živočichů ve vodárenských

objektech a rozvodných sítích pitné vody, např. korýše *Asellus aquaticus* (berušky vodní) (Obr. 4), vodních plžů a ve vodě žijících larev hmyzu např. larvy chrostíka *Neureclipsis bimaculata* (Obr. 4), které tvoří lepkavé lapací sítě na přirozených a umělých podkladech v tekoucích vodách i vodárenských objektech [např. 10].
Často citované kalamitní situace působí pomnožení larev pakomárů (Chironomidae (Obr. 3), hmyz dvoukřídlý – Diptera) zejména ve vodojemech, kde létající dospělá samička po průniku ventilačním zařízením naklade vajíčka na otevřenou vodní hladinu. Z nich se pak partenogeneticky (bez oplození) masově líhnou larvy.

Obr. 3: Vlevo Máloštětinatý červ Stylaria (www.limno-kosmos.de/info/benthos.htm), v pravo larva pakomára Chironomus (www.natur.cuni.cz/ekologie/galleries)

Obr. 4: Vlevo *Asellus aquaticus* (www.kuleuven-kortrijk.be), vpravo síť chrostíků Neureclipsis sp. (www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de)

Závěr – potenciální rizika a možnosti prevence

Směrnice EU a z ní vyplývající implementovaná legislativa ukládá podnikům Povodí nové povinnosti, zejména v oblasti monitoringu kvality vodních útvarů. Biologové, pracující v Povodích a ve vodárenských společnostech by měli této situace využít a více než dříve spolupracovat. Předložený příspěvek shrnuje dosavadní zkušenosti s využitím výsledků monitoringu kvality vody v povrchových vodárenských zdrojích a jejich povodích pomocí bioindikace k včasnému odhalení potenciálních rizik ze zavlečení nežádoucího oživení do vodárenských soustav. Nápravná a preventivní opatření, řešící různé zdroje znečištění a eutrofizace ve vodárenských povodích, bývají většinou složitější a nákladnější, ale z hlediska vodárenského i hygienického jsou lepší a účinnější než likvidace již vzniklých kalamitních a havarijních situací. V řadě takových případů již pomohly výsledky dřívějších komplexních hydrobiologických průzkumů a novějších auditů [např. 5,6,12,13,16-18]. Do budoucna je nutno propracovat a ve vodárenské a hygienické praxi více využít možnosti začlenění HA do plánů pro zajištění bezpečnosti pitné vody (Water Safety Plans) [19] a zajistit další odborné vzdělávání a získání potřebné kvalifikace pro absolventy VŠ se specializací hydrobiologie a ochrana životního prostředí [20].

Literatura

1. SMĚRNICE 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, establishing a framework for Community action in the filed of water policy, MŽP, obor ochrany vod, Praha 2001.
2. Novák, J., 2006: Plánování v oblasti vod se zaměřením pro účely zásobování pitnou vodou. – Sbor. konf. VODA Zlín 2006: 67 – 72.
3. Sládečková, A. a Šilhák, J., 1982: Vliv povodí na jakost vody ve vodárenské nádrži Šanov. – Sbor. limnol.konf., Blansko: 138 – 143.
4. Sládečková, A. a Bernard, M., 1987: Znečištění a eutrofizace štěrkoviště Kvasice. – Sbor.sem. Akt.otázky vodáren.biol.. Praha 1987: 93 – 110.
5. Sládečková, A., Fedor, F. a Štefanová, V., 2001: Komplexní hydrobiologický průzkum vodárenských systémů závodu Chomutov. – Sbor.konf. PITNÁ VODA 2001, Tábor: 259 – 264.
6. Hubáčková, J., Matulová, D. a Sládečková, A., 1996: Prevence a odstraňování biologických závad ve vodárenských provozech. – Souhrnná závěr.zpráva VÚV TGM Praha, 17 str. + 16 příloh.
7. Hubáčková, J. a kol., 2005: Informace o dokončených projektech NAZV QD 1003 a QD 1004. – Sbor.konf. VODA Zlín 2005: 35 – 40.
8. Hubáčková, J., Říhová Ambrožová, J., Čiháková, I., 2009: Poznatky z ukončeného projektu zaměřeného na jakost akumulované vody. – Sbor.konf. Vodárenská biologie, Praha 2009: 40 – 43.
9. Bernhardt, H., 1981: Recent developments in the field of eutrophication prevention. – Z.Wasser Abwasser Forsch. 14 : 14 – 26.
10. Sládečková, A. a Sládeček, V., 1997: Integrovaný systém vodárenská nádrž – úpravna vody – rozvodná síť z hlediska hydrobiologie. – Vod.hosp. 47, 5: 134 – 138.
11. Říhová Ambrožová, J., 2009: 25 let problematiky aktuálních otázek vodárenské biologie. – Sbor.konf. Vodárenská biologie 2009, Praha: 5 – 12.
12. Sládečková, A., 1999: Význam hydrobiologického auditu pro hodnocení vodárenských zařízení. – Sbor.konf. Pitná voda, Trenčianske Teplice 1999: 126 – 131.
13. Sládečková, A. a Onderíková, V., 2009: Hydrobiologický audit ve vodárenství. – Sbor.konf. Modernizácia a optimalizácia úpravní vod v SR, Stará Lesná 2009, v tisku.
14. Sládečková, A. a Šťastná, G., 2006 : Biologické nálezy ve vodárenských objektech informují i varují. – Sbor.konf. PITNÁ VODA 2006, Tábor: 45 – 50.
15. Sládečková, A. and Sládeček, V., 1998: Microbenthos of running waters in water resources catchment basins. – In : G.Bretschko and J.Helešic (eds.): Advances in River Bottom Ecology, Backhuys Publ., Leiden, pp. 207 – 213.
16. Konečný, Z., 1989 : Mlž Dreissena polymorpha, potíže, které způsobuje ve vodárenství a zkušenosti s jeho potlačováním v přivaděči surové vody ze štěrkoviště Oplatil. Sbor.sem. Akt.otázky vodáren.biol., Praha 1989: 20 – 31.
17. Vágner, P., 1998 : Slávky (Dreissena polymorpha) způsobující komplikace při úpravě vody.- Sbor.sem. Akt.otázky vodáren.biol., Praha, 1998: 77 – 79.
18. Korabík, M. , Janík, V. a Oravcová, P., 2009: Nápravná opatření ve VH objektech ve společnosti Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s. – Sbor.konf. Vodárenská biologie 2009, Praha : 50 –55.
19. Pumann, P. a Sládečková, A., 2008: Využití hydrobiologického auditu v plánech pro zajištění bezpečnosti pitné vody. – Sbor.konf. PITNÁ VODA 2008, Tábor: 379 – 386.
20. Sládečková, A., 2008 : Návrh aktualizovaného výukového programu a vzdělávacího semináře v oblasti vodárenské biologie. – Sbor.konf. PITNÁ VODA 2008, Tábor: 391 – 394.