

Faktory ovlivňující biologickou stabilitu vody při úpravě a distribuci

Prof. RNDr. Alena Sládečková, CSc.
Poradenská činnost v oblasti ekologie, Praha

Vývoj problematiky biologické stability vody

Biologická stabilita vody znamená její odolnost proti rozvoji mikroorganismů a tvorbě biofilmů při její vodárenské úpravě, akumulaci a distribuci. Biologicky stabilní voda má obsahovat tak nízké koncentrace rozložitelných organických látek, že ani za příhodných hydraulických a teplotních podmínek neumožňuje růst a rozmnožování mikroorganismů. Uvedené definice byly převzaty ze zahraniční literatury, citované v (1,2,7-10,15).

Tato problematika je celosvětově aktuální, o čemž svědčí velký nárůst publikací ve vodárenské odborné literatuře v průběhu posledních dvou desetiletí. Na kongresech mezinárodní vodárenské asociace IWSA (nyní již sdružené s asociací IAWQ jako IWA) je biologická aktivita v rozvodných sítích již trvale jedním z hlavních odborných témat. U nás byl první referát o biologické stabilitě vody přednesen na semináři Aktuální otázky vodárenské biologie 1991 (1), a to na základě literárních údajů (2), zkušeností s analogickou problematikou chladicích systémů i prvních nahodilých výsledků biologických rozborů z VDJ (3).

Dobré výsledky přinesla aplikace limnologických metod, zejména expozice umělých podkladů pro studium nárostů v povrchových vodách. Byla vypracována a v řadě ÚV otestována jednoduchá metoda pro orientační screening projevů nízké biologické stability vody v procesu její úpravy a akumulace (4-6). Bylo to zavěšování betonových destiček nebo disků do různých vodárenských objektů a mikroskopické hodnocení usazenin, biofilmů nebo i vláknitých nárostů na nich utvořených. Tam, kde byly takto zjištěny závažné příznaky nežádoucí biologické aktivity, byl pak proveden komplexní hydrobiologický i technologický průzkum včetně návrhů nápravných opatření (5).

Ve VÚV TGM Praha byla pak uspořádána série diskusních seminářů k uvedené problematice a byly provedeny a posléze stručně publikovány literární rešerše, zaměřené zejména na metody stanovení biologické stability vody (7,8).

První originální výsledky testování biologické stability vody v ČR pocházejí z vodárenského komplexu Želivka (9,10), kde bylo použito modifikované zahraniční metody na stanovení biodegradabilního podílu rozpuštěného organického uhlíku (BDOC). Další významné literární údaje a nové poznatky ze sledování vlivu biologicky rozložitelných organických látek z vodárenské nádrže na vodu z ní upravovanou byly předneseny na konferenci Pitná voda 1999 v Táboře (11).

O výsledcích výzkumu, zaměřeného na změny jakosti upravené a dodávané pitné vody v procesu její distribuce a probíhajícího v rámci grantu NAZV „Výzkum možností ekologické a ekonomické úpravy a dopravy pitných vod“ od r.1996 na několika pracovištích koordinovaných z VÚV TGM Praha, bylo již vícekrát referováno na různých vodárenských akcích (např. 12-14). V rámci tohoto úkolu se věnuje pozornost i biologické stabilitě vody, stanovované zejména mikrobiologickými metodami. Ve sledovaném úseku rozvodného systému však významná biologická aktivita zjištěna nebyla.

V SR se v posledních letech věnuje velká pozornost testování různých metod na stanovení biologické stability vody hlavně ve VÚVH Bratislava. Přehled nové

literatury a první pozoruhodné originální výsledky z lokalit na dálkovodu Stakčín - Starina byly předneseny na konferenci Pitná voda, Trenčianske Teplice 1999 (15).

Faktory ovlivňující biologickou stabilitu vody

V posledním citovaném příspěvku (15) je uvedena celá řada ekologických, fyzikálně-chemických, technologických, provozních a dalších faktorů, které mohou mít zásadní vliv na výslednou jakost upravené pitné vody z hlediska její biologické stability. Tyto zde vyjmenované faktory a ještě některé další je možno seřadit do skupin podle stupňů úpravy a rozvodu vody, a to od zdroje surové vody včetně povodí přes celou technologickou linku ÚV až do distribuční sítě, na základě integrovaného přístupu k vodárenským systémům (16).

Vodárenský zdroj a jeho povodí

Zásadní vliv na biologickou stabilitu vody v procesu její úpravy a distribuce má obsah rozložitelných organických látek a živin v surové vodě. U povrchových zdrojů - vodárenských nádrží a toků - je to z biologického hlediska stupeň jejich saprobity a trofie, stanovitelný pomocí mikroskopických indikátorů a laboratorních biotestů (17,18). Podrobně byly důsledky eutrofizace vodárenských zdrojů pro jakost upravené vody probrány na konferenci Pitná voda, Spišská Nová Ves 1998 (19). Z technologického i hygienického hlediska jsou nejzávažnějšími důsledky vodní květy sinic a masové rozvoje různých planktonních organismů, působících sensorické závady vody. Jejich průniky do upravené vody a postupný rozklad této biomasy v rozvodné síti zvyšují obsah rozložitelného substrátu. Preventivně je možno tyto faktory omezit pouze včasnou a účinnou likvidací bodových a plošných zdrojů znečištění a eutrofizace ve vodárenských povodích.

Technologické stupně vodárenské úpravy

V průběhu řešení výzkumného úkolu VÚV TGM Praha a VŠCHT Praha „Prevence a odstraňování biologických závad ve vodárenských provozech“ (6) jsme opakovaně zjišťovali, že jedním z hlavních faktorů ovlivňujících biologickou stabilitu upravované vody bylo bujení nárostů na smáčených plochách různých zařízení od vtokových objektů přes různé jímky na trase surové vody až do úpravárenských objektů vlastní ÚV (20). Ze živých i rozkládajících se mikroorganismů se do vody dostávají různé extracelulární produkty, většinou snadno rozložitelné organické látky, využitelné jako substrát pro destruenty - bakterie a mikromycety. Další přísun organického substrátu do objektů vlastní ÚV může být ze vzdušné kontaminace (rostlinné a živočišné zbytky, pylová zrna, různé výtrusy, spóry atd.). Četné mikroorganismy se mohou pomnožovat i v nánosech vloček koagulantu, v nedokonale vypíraných pískových ložích vodárenských filtrů, v sedimentech vznikajících v obtížně odkalitelných prostorech různých objektů a pod. Uvedené faktory, významně snižující biologickou stabilitu vody, je možno omezit správným provozováním a pravidelnou údržbou vodárenských zařízení.(6). Zvýšenou pozornost je třeba věnovat i provozním vodárenským chemikáliím, zejména organickým pomocným flokulantům. Právě z důvodu ohrožení biologické stability pitné vody bylo hygienickými orgány ČR zakázáno používání flokulantů na bázi škrobu. Ze stejných důvodů nebylo povoleno ani zavedení korozního inhibitoru na bázi fosforu.

Objekty na distribuční síti

Známým faktorem, snižujícím biologickou stabilitu pitné vody, je vyluhování rozložitelných organických látek z různých konstrukčních materiálů, nátěrů, tmelů a pod. Dalším a dosud podceňovaným faktorem je i zde vzdušná kontaminace, přicházející v úvahu zejména u VDJ a přerušovacích komor. Možnosti mikroskopické

indikace tohoto znečištění podle nálezů mikroorganismů a charakteristických částic abiosestonu byly zhodnoceny na konferenci VODA Zlín 1998 (21).

Příklad ovlivnění biologické stability vody v ÚV Tlumačov

V průběhu hydrobiologického auditu uvedené ÚV v r.1999 (22) byly vyhodnoceny dopady závad, vyskytujících se zde již od 60.let, kdy ÚV původně projektovaná i vybudovaná pro úpravu podzemní železité vody zahájila odběr surové vody ze štěrkoviště v Kvasicích (23). S postupující eutrofizací tohoto zdroje se v ÚV stále více projevuje negativní vliv hlavní složky jeho zooplanktonu - korýšů buchank rodů Cyclops

Obr.tab. I. Korýš buchanka - Cyclops strenuus, dospělí jedinci a vývojová stadia
(podle různých autorů)

- 1.... dospělá samička, pohled shora, po bocích vaječné váčky, celková délka asi 2,5 mm
- 2.... orthonauplius - první vývojové stadium po vylíhnutí z vajíčka
(štetinky na končetinách zakresleny přesně jen na jedné straně)
- 3.... metanauplius - jedno z dalších vývojových stadií
- 4.... metanauplius jiného druhu rodu Cyclops pro porovnání
- 5.... kopepodit (cyclopid) - další vývojové stadium, břišní strana
(přesně zakresleny jen některé končetiny)
- 6.... sameček buchanky s chápavými tykadly, délka 2 až 2,5 mm

Dospělí jedinci i vývojová stadia buchanek se dostávají do ÚV přímým odběrem surové vody ze štěrkoviště a dále se pomnožují v sedimentačních nádržích zejména proto, že z úsporných důvodů se odsazená prací voda většinou zavádí zpět před tyto nádrže. Uvedený problém se zde občas vyskytoval i v dřívějších letech a havarijní situace byly řešeny svépomocí zaměstnanců ÚV, a to záchytem buchanek do sítí instalovaných do nátoků na filtry nebo skrápěním hladiny sedimentačních nádrží roztokem chlornanu sodného (24). Tyto zásahy však měly jen krátkodobý efekt a navíc při chloraci nádrží biomasa koryšů a její rozkladné produkty představovaly nežádoucí prekurzory THM. O případném snižování biologické stability upravené vody se ještě nevědělo ani neuvažovalo. V listopadu 1999 opět nastalo období zvýšeného rozvoje buchanek ve štěrkovišti, jejich dalšího pomnožení v ÚV a vážná situace se projevila u všech filtrů ve staré i nové části provozu. Ve vzorcích stěrů z jejich smáčených stěn i přelivů byly nalezeny četné zbytky mrtvých těl buchanek, obalené bakteriálními slizovými ložisky. V tomto biofilmu, připomínajícím aktivovaný kal z ČOV, se pomnožovali i prvoci (bezbarví bičíkovci). Mikroskopický vzhled těchto vzorků je znázorněn na obr. tab. II. Z provozního hlediska však bylo podstatné to, že tento biofilm se vytvořil v průběhu zhruba deseti dnů od důkladného vyčištění filtrů.

Obr. tab. II. Mikroskopický obraz stěru ze stěn a přelivů filtrů v ÚV Tlumačov (orig.)

- 1.... biofilm složený ze zbytků těl koryšů buchanek a jejich vývojových stadií, bakteriálních slizových ložisek a živých prvoků (bezbarvých bičíkovců)
- 2.... mrtvé tělo buchanky, ze kterého vyrůstají houbová vlákna (hyfy) mikromycet
- 3.... detaily zbytků těl uhynulých buchanek, uvnitř rozkládající se biomasa, množství volných pohyblivých bakterií a pomnožujících se prvoků (bezbarvých bičíkovců)

Vliv intenzivní tvorby biofilmů na stěnách vodárenských objektů na jakost vyrobené pitné vody však nebylo možno prokázat běžně prováděnými kontrolními rozbory vzorků surové a upravené vody. Žádné podstatné vybočení hodnot základních ukazatelů (zejména CHSK-Mn) z limitů daných normou na pitnou vodu nebylo zjištěno. Přesto však bylo možno zjistit projevy snížené biologické stability upravené pitné vody na několika lokalitách v rozvodné síti. Ve VDJ nedávno čištěných i v hydrantech po odkalení byly nálezy mikromycet a živých bezbarvých bičíkovců nepřímým důkazem přítomnosti rozložitelného substrátu ve vodě.

Přímým důkazem by mohlo být stanovení biodegradabilního podílu organického uhlíku (BDOC), případně jiné stanovení snížené biologické stability vody z vybraných lokalit v ÚV i rozvodné síti. Přesvědčivé výsledky by přinesly i speciální mikrobiologické rozbory biofilmu ze stěn filtrů., doplněné o nově navrhované kritérium - výsledky stanovení proteinů ve vzorcích stěrů (25).

Z výše uvedených důvodů by ÚV Tlumačov mohla být velmi vhodnou lokalitou pro otestování a případnou budoucí standardizaci metod na stanovení biologické stability vody i metod vhodných pro kvalitativní a kvantitativní stanovení biofilmů ve vodárenských provozech a rozvodných sítích. Úsek rozvodné sítě, sledovaný v rámci citovaného grantu NAZV, se pro tyto účely příliš nehodí, protože se v něm tvoří převážně anorganické úsady s nepatrným podílem skutečného biofilmu. Tato okolnost však, pochopitelně, nemohla být na počátku výzkumu známa (14,26) . Pro VaK Zlín, a.s. by mohlo být důležité i získání konkrétních údajů o biologické stabilitě vody vyráběné v ÚV Tlumačov ještě před výměnou běžné chlorace za již připravovanou aplikaci chlordioxidu jako dezinfekčního prostředku. Opětovné stanovení biologické stability pitné vody po této výměně by bylo neméně významným důkazem správnosti této investice.

Zavedení chlordioxidu však nebude zcela účinné, pokud se současně nevyřeší neúnosná situace s přímým odběrem oživené vody ze šterkoviště a vracením odsazené prací vody do provozu ÚV. Pokud by nebylo možné nahradit přímý odběr surové povrchové vody zprovozněním vrtů z prameniště, poškozených při povodni v r..1997, bylo by potřeba zvážit instalaci nějakého vhodného zařízení na mechanickou předúpravu šterkovištní vody (mikrosíta, bubnové síťové filtry a pod.) V období zvýšeného rozvoje planktonu ve šterkovišti by se měla prací voda po vyprání filtrů zásadně vypouštět na odkaliště (22,23).

ÚV Tlumačov se za léta své existence stala nejen klasickou lokalitou vodárenské hydrobiologie, ale i provozem, kde byly vždy k vidění různé perspektivní novinky technologie úpravy vody (23). Úspěšné vyřešení problému negativního vlivu oživení surové vody na biologickou stabilitu vody upravené zároveň s ověřením vhodných metod pro plánovanou TNV tohoto zaměření by jistě k uvedené dobré tradici přispělo.

Závěry

Pro lepší informovanost pracovníků z vodárenského výzkumu i praxe byl předložen stručný přehled vývoje problematiky biologické stability vody v procesu její úpravy a distribuce v ČR i SR.

Faktory, ovlivňující biologickou stabilitu vody, byly rozděleny do skupin na základě integrovaného přístupu k vodárenským systémům takto :

1. Faktory, vznikající a působící již v oblasti vodárenského zdroje a jeho povodí,
2. faktory, působící v oblasti technologické linky úpravy vody a
3. faktory, působící v oblasti rozvodné sítě upravené a dodávané pitné vody.

Na příkladu z ÚV Tlumačov byl demonstrován vliv oživení z eutrofizovaného zdroje surové vody na snížení biologické stability vody v procesu úpravy i distribuce. V provozu ÚV se tento vliv projevil tvorbou biofilmů na smáčeném povrchu stěn rychlofiltrů, v rozvodné síti byl prokázán zatím jen nepřímo pomocí mikroskopických indikátorů přítomnosti rozložitelných organických látek v prostředí.

Na základě dlouholeté tradice byla ÚV Tlumačov doporučena jako vhodná lokalita nejen k příkladnému vyřešení stávajících problémů s biologickou stabilitou vody, ale i k ověření a standardizaci metod, vhodných pro tuto stále aktuálnější problematiku ve vodárenství.

Tato publikace je součástí prací, prováděných v rámci grantu NAZV „Výzkum možnosti ekologické a ekonomické úpravy a dopravy pitných vod“. Autorka děkuje vedení VaK Zlín, a.s. za zadání auditu ÚV Tlumačov a za umožnění zveřejnit některé jeho výsledky ve prospěch vodárenského výzkumu i praxe.

Literatura

1. Sládečková, A. : Biologická stabilita pitné vody. - Sbor.sem.Akt.ot.vodáren.biol. 1991 : 83 - 86
2. Rittmann, B.E. and Snoeyink, V.L. : Achieving biologically stable drinking water. - Jour. AWWA : 106 - 114, 1984
3. Sládečková, A. : Sledování sekundární kontaminace vodojemů. - Metod.pokyn MLVH ČSR 58 : IO3-IO8
4. Sládečková, A. : Biofilm and periphyton formation in storage tanks. - 19th IWSA Congress, Budapest 1993, preprint SS 1 : 12 - 15
5. Sládečková, A. and Voláková, P. : Periphyton assays in situ for the assessment of reservoir eutrophication and of the resulting water treatment problems.- Arch.Hydrobiol.,Beih.Ergebn.Limnol. 40 : 275 - 281, 1994
6. Hubáčková, J., Matulová, D. a Sládečková, A. : Prevence a odstraňování biologických závad ve vodárenských provozech. - Závěr.zpráva VÚV TGM Praha, 17 str.+ 16 příloh, 1996
7. Sládečková, A. Biologická aktivita v rozvodných sítích. - Sbor.sem.Akt.ot.vodáren.biol. 1997 : 91 - 94
8. Matulová, D. : Laboratorní metody stanovení biologické stability vody. - Sbor.sem.Akt.ot.vodáren.biol. 1997 : 95 - 100
9. Kavalír, P. : Metodika stanovení koncentrace biodegradabilního podílu rozpuštěného organického uhlíku v povrchových a pitných vodách. - MZe ČR, Praha, 34 str., 1995
10. Kavalír, P. : Stanovení biologické stability vody v rozvodné síti. - Sbor.sem.Akt.ot.vodáren.biol. 1996 : 46 - 51
11. Hamsová, K. a Hejzlar, J. : Biologicky rozložitelné organické látky ve vodárenské nádrži Římov. - Sbor.konf. Pitná voda 1999, Tábor : 71 - 76
12. Hubáčková, J. : Změny kvality pitné vody při její dopravě. - Sbor.konf. VODA Zlín 1998 : 141 - 145

13. Hubáčková, J. : Biofilmy a kvalita vody v rozvodné síti. - Sbor.konf. Pitná voda, Spišská Nová Ves : 61- 66, 1998
14. Hubáčková, J. : Změny kvality pitné vody při její dopravě. - Sbor.konf. Pitná voda, Trenčianske Teplice : 120 - 124, 1999
15. Karácsonyová, M. a Buchlerová, E. : Hodnotenie biologickej stability vody. - Sbor.konf. Pitná voda, Trenč. Teplice : 68 - 73, 1999
16. Sládečková, A. a Sládeček, V. : Integrovaný systém vodárenská nádrž - úpravna vody - rozvodná síť z hlediska hydrobiologie. - Vod.hosp. 47 (5) : 134 - 138, 1997
17. Sládečková, A. : Systémový přístup k eutrofizaci vodárenských nádrží, biologické aspekty. - Sbor.konf. 24.priehradné dni 94, Banská Štiavnica : 111 - 113, 1994
18. Sládečková, A. : Biological methods in the system approach to the eutrophication problem. - 20th IWSA Congress, Durban, preprint SS 8 : 10 - 14
19. Sládečková, A. a Sládeček, V. : Vliv eutrofizace vodárenských zdrojů na jakost pitné vody. - Sbor.konf. Pitná voda, Spiš.Nová Ves : 42 - 49
20. Sládečková, A. : Hydrobiologická kontrola vodárenských provozů. - Sbor.konf. VODA Zlín 1997 : 93 - 99
21. Sládečková, A. : Mikroskopická indikace změn jakosti dopravované pitné vody. - Sbor.konf.VODA Zlín 1998 : 83 - 89
22. Sládečková, A. : Hydrobiologický audit úpravny vody Tlumačov. - Zpráva pro VaK Zlín,a.s., 18 str. + 2 příl.,1999
23. Adler, P., Sládečková, A. a Adler, T. : Komplexní posouzení účinnosti ÚV Tlumačov po rekonstrukci. – Sbor. XI.Mezinár.věd.konf. VUT Brno, FAST : 189 - 194, 1999
24. Sládečková, A., Sládeček, V., Musilová, J. a Pantlíková, J. : Praktické zkušenosti s likvidací obtížných organismů ve vodárenských provozech. - Sbor.sem.Akt.ot.vodáren.biol. 1988 : 51 - 56
25. Rulík, M., Trulleyová, Š., Koutný, J., Spáčil, R. a Medková, J. : Provozní využití metody měření proteinů. - Sbor.sem.Akt.ot.vodáren.biol. 2000 : 12 - 14
26. Hubáčková, J., Fuksa, J.K., Baudišová, D. a Jindra, J. : Informace o výzkumu změn kvality pitné vody při její dopravě. - Sbor.sem.Akt.ot.vodáren.biol. 2000 : 127 - 133

Texty k obrázkovým tabulkám (jejich umístění je vyznačeno ve vytištěném textu příspěvku)

Obr.tab. I. Korýš buchanka - Cyclops strenuus, dospělí jedinci a vývojová stadia
(podle různých autorů)

- 1.... dospělá samička, pohled shora, po bocích vaječné vāčky, celková délka asi 2,5 mm
- 2.... orthonauplius - první vývojové stadium po vylíhnutí z vajíčka
(štetinky na končetinách zakresleny přesně jen na jedné straně)
- 3.... metanauplius - jedno z dalších vývojových stadií
- 4.... metanauplius jiného druhu rodu Cyclops pro porovnání
- 5.... kopepodit (cyclopid) - další vývojové stadium, břišní strana
(přesně zakresleny jen některé končetiny)
- 6.... sameček buchanky s chápavými tykadly, délka 2 až 2,5 mm

Obr.tab. II. Mikroskopický obraz stěru ze stěn a přelivů filtrů v ÚV Tlumačov (orig.)

- 1.... biofilm složený ze zbytků těl korýšů buchanek a jejich vývojových stadií, bakteriálních slizových ložisek a živých prvoků (bezbarvých bičíkovců)
- 2.... mrtvé tělo buchanky, ze kterého vyrůstají houbová vlákna (hyfy) mikromycet
- 3.... detaily zbytků těl uhynulých buchanek, uvnitř rozkládající se biomasa, množství volných pohyblivých bakterií a pomnožujících se prvoků (bezbarvých bičíkovců)