

SLOŽENÍ NÁROSTŮ A CHARAKTER SEDIMENTŮ VE VODOJEMECH

Jana Říhová Ambrožová¹⁾, Jana Hubáčková²⁾, Iva Čiháková³⁾

¹⁾ VŠCHT, Ústav technologie vody a prostředí

Technická 3, 166 28, Praha 6, e-mail: jana.rihova.ambrozova@vscht.cz

²⁾ Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. VVI

Podbabská 30, 160 62 Praha 6, e-mail: jana_hubackova@vuv.cz

³⁾ ČVUT Praha, Fakulta stavební, katedra zdravotního a ekologického inženýrství

Thákurova 7, 166 29 Praha 6, e-mail: cihakova@fsv.cvut.cz

Problematika, zmíněná v následujícím příspěvku, je součástí řešeného projektu 1G58052 „Výzkum řešení degradace jakosti pitné vody při její akumulaci“ podporovaného Národní agenturou zemědělského výzkumu (NAZV).

Úvod

Biologicky stabilní voda by měla obsahovat tak nízké koncentrace rozložitelných organických látek a minerálních živin, aby ani za příhodných podmínek nebyl umožněn růst a rozmnožování mikroorganismů. Tvorbu biofilmů (nárostů) v rozvodech pitné vody a sekundární pomnožování mikroorganismů ve vodě považujeme za projevy nedostatečné biologické stability v celém procesu vodárenské úpravy [1, 2]. Biofilmy mají značný vliv nejen na hygienickou nezávadnost dodávané vody, ale i na její organoleptické vlastnosti a korozní agresivitu. Závažnost mikrobiálních biofilmů ve vodárnách spočívá zejména v možném výskytu patogenních organismů (např. *Legionella*, *Mycobacterium* a *Aeromonas*) či pomnožení koliformních bakterií. Obvykle používané techniky dezinfekce jsou vůči bakteriím v biofilmu neúčinné. V případě biologické nestability pitné vody je významná i vzdušná kontaminace.

Z výše uvedených důvodů byla do projektu, vedle chemických, fyzikálně-chemických, technologických, stavebních a hydraulických charakteristik zařazena i biologická problematika, týkající se vzdušné kontaminace a tvorby biofilmů a nárostů na smáčených stěnách v akumulacích, které pocházejí z rozmnožovacích stadií transportovaných vodou či vzduchem [3, 4].

Metodika sledování

Problematika tvorby biofilmů a nárostů, jejich složení a charakteristika není legislativně ošetřena. Nejsou k dispozici jednoznačné jednoduché metody odběru nárostů a jednoduchý a nenáročný způsob jejich kvantifikace a interpretace údajů. Z toho důvodu byly v průběhu řešení projektu v roce 2006 posuzovány jednotlivé metody odběru vzorků (byla vypracována odborná rešerše) na vybraných vodojemech ve vytypovaných vodárenských společnostech.

Odběry vzorků

Odběry vzorků vody (popř. sedimentů) se řídily zásadami uvedenými v normách ČSN EN 25 667 [5, 6, 7] a ČSN ISO 5667. Odběry vzorků nárostů (biofilmů) byly pro následné hydrobiologické posuzování (mikroskopické posouzení) prováděny dle TNV 75 5941 pomocí molitanu [8]. V případě mikrobiologického (bakteriologického) posouzení byly prováděny stěry metodou otisku za použití pádlových testerů.

Pádlové testery slouží pro záchyt vždy dvou typů specifických skupin organismů (rubová a lící strana obsahuje jinou živnou půdu, např. na jedné ploše testeru lze kultivovat celkové aerobní bakterie a na druhé ploše např. koliformní bakterie, plísně a kvasinky či provádět kontrolu dezinfekce). Kromě toho, že testery lze přímo otisknout na jakýkoliv smáčený povrch (plocha nárůstu otisknutá na povrch testeru byla v přímém kontaktu s akumulovanou vodou ve vodojemu), lze je i ponořit do vzorku sledované vody. Toto lze hodnotit jako velmi pozitivní a přínosné pro praxi. Testery se kultivují ve tmě buď při laboratorní teplotě 22 °C či při 36 °C a po 24 h, 48 h až 5-7 dnech (dle stanovení) se plocha s narostlými koloniemi porovnává s ilustračními tabulkami udávajícími titr (10^X počtu mikroorganismů). Pádlové testery mají definované rozměry destičky, lze tedy přepočítat i na otisknutou plochu.

Výhodou metody, využívající pádlové testery, není jen způsob odběru, ale i fakt toho, že vzorek je nanesen přímo na plochu kultivačního média, ze kterého se po určité době kultivace odečítá přibližné množství mikroorganismů. *Do budoucna uvažujeme o dalších alternativních metodách odběru stěrů, nabízených komerčně různými výrobci. Na základě našeho sledování bude pak pro praxi doporučena nejvhodnější sada testerů [9].*

Metody stanovení

Odebrané vzorky volné vody či stěrů byly hydrobiologicky (stanovení mikroskopického obrazu dle ČSN 75 7712 a ČSN 75 7713) a mikrobiologicky posuzovány, viz příložený Protokol 1). Při mikroskopickém rozboru jsou často zaznamenávány hyfy mikromycet či vlákna železitých bakterií. Informaci o jejich vitalitě nám mikroskopický rozbor neposkytne, proto byly do testů zařazeny i testy biologické aktivity (pro biologickou stabilitu pitné vody podstatná informace). Proto byly v projektu byly použity BARTTM testy firmy Hach Lange pro stanovení železitých bakterií. Do výrobcem připravené sterilní zkumavky (50 ml) se odebere vzorek vody, 15 ml vzorku se přelije do další speciální zkumavky, ve které jsou v podobě prášku přítomny reagenty (dle indikátoru). Tato zkumavka se uzavře a dle návodu od výrobce se její obsah protřepe/neprotřepe a kultivuje se buď v horizontální/vertikální poloze ve tmě/na světle. Každý den se sleduje barva média a případné reakce, např. tvorba bublinek, sedimentu či barevných proužků. Výsledkem testu BARTTM je pak přibližný počet bakterií KTJ·ml⁻¹, který se odečte z diagramu či barevné reakce testu. *V průběhu řešeného projektu budou použity další sady dodávané firmami.*

Sledované lokality

V průběhu projektu jsou sledovány vodojemy, jejichž komory jsou vypuštěny těsně před provedením odběrů stěrů, vody a sedimentů. Sledování probíhá u vodojemů těsně před jejich vyčištěním, důležité je, aby byly stěny ještě vlhké a bylo možné provést stěr či otisk. V roce 2006 bylo zatím odsledováno 19 vodojemů, které jsou dále uváděny v kódech (benchmarking). Sledovanými lokalitami byly následující vodojemy, u kterých je v závorce uveden rozsah jejich velikosti (ZV ... zemní velký, ZS ... zemní střední, VM ... věžový malý, ZM ... zemní malý) a termín čištění (odběru vzorků): ZV4 (> 5000 m³; 12.9.06); ZV6 (> 5000 m³; 12.9.06); ZV5 (> 5000 m³; 3.10.06); ZV8 (> 5000 m³; 3.10.06); ZV7 (> 5000 m³; 10.10.06); ZS1-2 komory (1000 – 5000 m³; 10.10.06, 17.10.06); VM1 (< 1000 m³; 24.10.06); ZS3 (1000 – 5000 m³; 31.10.06); ZS4 (1000 – 5000 m³; 31.10.06); ZM4 (< 1000 m³; 31.10.06); VM2 (< 1000 m³; 7.11.06); ZV3 (> 5000 m³; 7.11.06); ZV11 (> 5000 m³; 14.11.06); ZM5 (< 1000 m³; 28.11.06); ZM6 (< 1000 m³; 28.11.06); ZM7 (< 1000 m³; 28.11.06); ZV9 (> 5000 m³; 5.12.06); ZV10 (> 5000 m³; 5.12.06); ZM8 (< 1000 m³; 5.12.06).

Současně byla pořizována dokumentace zajímavých biologických nálezů. Jelikož není vhodně řešena problematika vzdušné kontaminace vodojemů (např. osazení šestistupňové filtrace, apod.), byly exponovány do objektu vodojemů misky (na dobu cca 15 min) se selektivní půdou pro záchyt kvasinek a plísní.

Protokol 1. Výsledky hydrobiologického a mikrobiologického rozboru

Lokalita, VDJ, komora: ZS4		Datum odběru:	31.10.2006
HYDROBIOLOGICKÝ ROZBOR			
Specifikace vzorku: voda nad dnem objektu (cca 10 cm)			
Postup odběru vzorku: -			
Použitá metoda: stanovení mikroskopického obrazu dle ČSN 75 7712 a ČSN 75 7713			
Úprava vzorku: centrifugace 10 ml vzorku a vyhodnocení dle ČSN 75 7712 a 13			
Bioseston			
Typ biosestonu/Taxon		Počet org·ml ⁻¹	
chlorokokální řasy (<i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Stichococcus</i>)		800 (z toho 40 živých)	
rozsivky (<i>Fragilaria</i> , <i>Synedra</i> , <i>Tabellaria</i> , <i>Asterionella</i> , <i>Melosira</i>)		1 200	
celkový počet organismů: 2 000 org·ml ⁻¹	počet živých organismů: 40 org·ml ⁻¹	počet mrtvých organismů: 1 960 org·ml ⁻¹	
Do počtu biosestonu nezahrnuto:		Abundance	
železité bakterie, <i>Gallionella</i> , <i>Leptothrix</i>		2	
bakteriální shluky		2	
Abioseston			
Typ abiosestonu	Abundance	Typ abiosestonu	Abundance
korozní produkty, sraženiny železa	3	svlečka máloštětinatce	1
zbytky rostlinných pletiv	1	schránky penátních rozsivek	3
schránky obrněnek (<i>Ceratium</i>)	2	detritus	2
celková abundance vzorku: 10 %			
MIKROBIOLOGICKÝ ROZBOR			
Specifikace vzorku: voda přímo z objektu			
Odběr a úprava vzorku: do odebraného vzorku vody ponořen tester či naplněn BART™ tester a uložen do termostatu dle specifikovaného ukazatele			
Použitá metoda: pádlové testery, BART IRB tester, SBA agarové misky pro kontrolu spadu			
Sledovaný ukazatel	Počty kolonií, titr	Metoda	Doba kultivace
Celkové aerobní bakterie 36 °C	10 ¹	pádlový tester	24-48 h
Celkové aerobní bakterie 22 °C	10 ²	pádlový tester	72 h
Koliformní bakterie	0	pádlový tester	24-48 h
Kontrola dezinfekce	10 ¹	pádlový tester	24-48 h
Kvasinky a plísně	10 ²	pádlový tester	5 dní
Železité bakterie	neprokázána aktivita	IRB BART tester	9 dní

Výsledky

V Tabulce 1 a 2 jsou souhrnně uvedeny výsledky hydrobiologických a mikrobiologických rozborů. Z výsledků nelze zatím vyvozovat závěrečné výsledky, tyto budou použity pro srovnání analýz provedených v roce 2007 a 2008. Ze zjištěných počtů mikrobiální kontaminace bude pak určena kategorizace vodojemů a způsob vhodného ošetření, optimalizace provozu a čištění (harmonogram, způsob čištění, četnost).

Tabulka 1. Souhrnné výsledky z mikroskopických rozborů. ŽMO ... živé mikroorganismy, MMO ... mrtvé mikroorganismy, SUMA ... mikroorganismy celkem, ABUN ... abundance biosestonu nezahrnutého do celkového počtu mikroorganismů, AB ... abioseston

Ukazatel	Voda					Stěr				
	BIOSESTON				AB	BIOSESTON				AB
	Počet org·ml ⁻¹				%	Počet org·ml ⁻¹				%
Lokalita	ŽMO	MMO	SUMA	ABUN		ŽMO	MMO	SUMA	ABUN	
ZV6	-	-	-	3	20	0	56	56	7	> 40
ZV4	-	-	-	1	1-3	0	40	40	7	> 40
ZV8	0	70	70	-	20	0	150	150	2	40
ZV5	0	40	40	2; 7	5	0	30	30	1; 1	20
ZV7	-	-	-	-	3	-	-	-	-	> 40
ZS1-K1	10	60	70	2	5	0	440	440	3	> 40
ZS1-K2	4	20	24	3	10	20	100	120	3	40
ZM1	400	20	420	3; 2	5	600	0	600	3	20
VM2	-	-	-	7	20	-	-	-	3	20
ZV3	-	-	-	1	10	-	-	-	3	40
ZS3	80	2 600	2 680	2; 2	10	0	8 600	8 600	3	> 40
ZS4	40	1 960	2 000	2; 2	10	100	5 600	5 700	3	> 40
ZM4	20	17 000	17 020	1	10	8 000	29 000	37 000	1	40
ZV11-K1	10	3 380	3 390	3; 2; 2	20-40	0	72 100	72 100	1; 2; 2	20-40
ZV11-K2	0	120	120	7; 2	10-20	0	2 000	2 000	3; 2; 2	20-40
ZM5	0	56	56	-	10	0	120	120	-	> 40
ZM7	0	40	40	2	5	0	600	600	2	20
ZM6	0	80	80	2	5	0	900	900	3	40
ZV10	2	30	32	3	3	0	700	700	-	20
ZV9	0	94	94	2	10-20	0	108 000	108 000	2; 1	> 40
ZM8	0	60	60	3	10	0	4 000	4 000	3	40

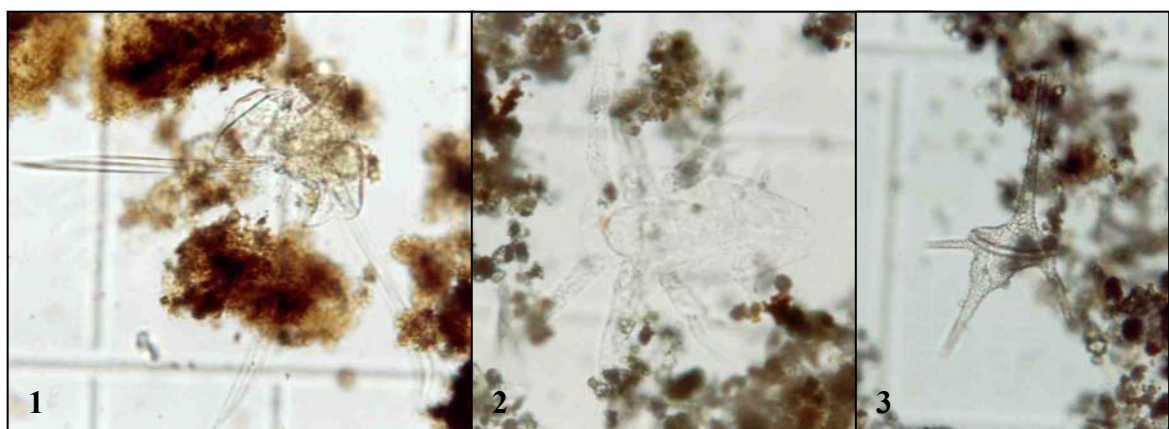
Příklady nacházeného abiosestonu: korozní produkty, sraženiny železa, konkrekce vápna, písek, detritus, celulóza, textilie, zbytky rostlinných pletiv, škrob, pylová zrna, schránky centrických a penátních rozsivek, schránky obrněnek (*Ceratium*), schránky krytének, zbytky schránek a krunýřů vířníků a korýšů, motýlí šupiny, štětiny a svlečky máloštětinatců.

Příklady nacházeného biosestonu: bakteriální shluky, železité bakterie (*Gallionella*, *Leptothrix*), hyfy a konidie mikromycet (spec. *Alternaria solani*, *Alternaria* sp.), obrněnky (*Peridiniopsis*), rozsivky (*Cyclotella*, *Navicula Fragilaria*, *Synedra*, *Tabellaria*, *Asterionella*, *Melosira*, *Aulacoseira*), chlorokokální řasy (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Stichococcus*), krásnoočka (*Trachelomonas* sp.), bezbarví bičíkovci, nálevníci, měňavky, nauplia a dospělci korýšů *Cyclops* sp., vířníci (*Cephalodella*, *Rotaria*, *Asplanchna*, apod.), háďátka, viz obr. 1.

V průběhu řešení projektu budou výsledky hydrobiologických a mikrobiologických ukazatelů postupně posuzovány a porovnávány. Výsledky budou pak použity jako podklady pro přepracování stávající normy ČSN 73 6650 Vodojemy.

Tabulka 2. Souhrnné výsledky z kultivačních rozborů (pádlové testery, BART testy). TB 36°C ... celkové aerobní organismy stanovené při 36 °C, TB 22°C ... celkové aerobní organismy stanovené při 22 °C, EC ... koliformní bakterie, DEZ ... kontrola dezinfekce, MI ... mikromycety (kvasinky, plísňe), FE BAKT ... železité bakterie

Ukazatel	Voda						Stěr				
	Titr					KTJ/ml	Titr				
Lokalita	TB 36°C	TB 22°C	EC	DEZ	MI	FE BAKT	TB 36°C	TB 22°C	EC	DEZ	MI
ZV6	10 ²	10 ⁵	0	10 ¹	10 ¹	9 000	10 ³	10 ⁵	0	10 ¹	10 ¹
ZV4	10 ²	10 ³	0	10 ²	0	neprok.	10 ²	10 ³	0	10 ²	0
ZV8	10 ²	10 ⁴	0	10 ²	0	500	10 ²	10 ⁵	0	10 ²	10 ⁴
ZV5	10 ²	10 ⁵	0	10 ¹	10 ¹	neprok.	10 ²	10 ⁵	0	10 ⁴	10 ⁵
ZV7	10 ³	10 ⁴	10 ¹	10 ⁵	10 ¹	neprok.	10 ³	10 ⁵	10 ²	10 ²	10 ⁴
ZS1-K1	10 ³	10 ⁴	0	10 ¹	10 ³	500	10 ³	10 ⁶	0	10 ²	10 ¹
ZS1-K2	10 ¹	10 ³	0	0	0	500	10 ³	10 ⁵	10	10 ³	0
ZM1	0	10 ¹	0	0	0	neprok.	10 ²	10 ³	0	10 ¹	10 ¹
VM2	0	10 ¹	0	0	0	neprok.	10 ¹	10 ¹	0	0	0
ZV3	0	0	0	0	0	neprok.	10 ³	10 ³	10 ¹	10 ⁴	10 ²
ZS3	10 ²	10 ³	0	10 ²	0	neprok.	10 ³	10 ⁶	10 ²	0	10 ¹
ZS4	10 ¹	10 ²	0	10 ¹	10 ²	neprok.	10 ⁴	10 ³	0	10 ²	10 ²
ZM4	10 ²	10 ³	0	10 ²	10 ⁴	500	10 ²	10 ⁴	0	10 ²	0
ZV11-K1	10 ¹	10 ²	0	10 ¹	10 ¹	2 300	10 ¹	10 ³	0	10 ¹	0
ZV11-K2	0	10 ²	0	0	0	500	0	10 ²	0	10 ¹	0
ZM5	0	10 ¹	0	0	0	2 300	0	10 ¹	0	10 ²	0
ZM7	10 ¹	10 ²	0	10 ¹	10 ¹	9 000	10 ¹	10 ³	0	0	10 ⁵
ZM6	0	10 ¹	0	0	0	25	10 ³	10 ⁴	0	10 ²	10 ²
ZV10	0	10 ¹	0	0	0	500	10 ¹	10 ³	0	0	10 ²
ZV9	0	10 ²	0	0	0	140 000	10 ¹	10 ³	0	10 ¹	0
ZM8	10 ¹	0	0	0	0	500	10 ¹	10 ⁴	0	10 ¹	10 ⁵



Obr. 1. Fotodokumentace nálezů vířníků (pol. 1), korýšů (pol. 2), schránek obrněnek (pol. 3)

Závěry a doporučení

Uzanění mikrobiologické metody stanovení indikátorových organismů dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. nelze v plném rozsahu nahradit rychlými screeningovými metodami. Běžně používané metody mikrobiologického rozboru jsou odkázány na laboratorní přípravu půd a růstových médií a dále pak na vlastní laboratorní zpracování vzorků. Provozy laboratoří mají rozsáhlé množství vzorků (dle harmonogramu odběrů) a nejsou na rozbor vzorků stěrů a sedimentů často zařízeny (počty replikátů, řady ředění, řady stanovení). Také není vhodně ošetřen odběr stěrů vyškoleným vzorkářem.

Pro provozy a obsluhu vodojemů a akumulací lze z mikrobiologických ukazatelů vybrat obecné indikátory, které lze monitorovat *na agarech pádlových testerů*. Tyto testery umožňují záchyt celkových aerobních bakterií (lze kultivovat při 22 °C a 36 °C), koliformních bakterií, plísní a kvasinek a monitorovat kontrolu dezinfekce. Doporučujeme provádět i *monitoring přítomnosti/nepřítomnosti fyziologických skupin bakterií* (např. železité, slizotvorné, sírany redukující, denitrifikační a nitrifikační, celkové aerobní, fluorescenční pseudomonády). Výhodou pádlových testerů je snadná manipulace a odběr vzorků vody a stěrů. Účelem použití těchto metod je orientační zjištění kontaminace vodojemů (akumulací) přímo na místě laikem (obsluha vodojemů, která nemá potřebné biologické vzdělání).

Výsledky z rozborů, provedených na základě pádlových testerů či testů biologické aktivity, mají informativní charakter a jsou naprosto dostačující pro následující manipulace v objektech vodojemů. Ze zjištěných výsledků stupně kontaminace bude na základě vícero výsledků v průběhu řešení projektu vytvořena škála hodnotící stupeň znečištění vodojemů a z toho vyplývající nápravné opatření a popř. i optimalizace čištění vodojemů.

Rychlé screeningové metody jsou námi postupně aplikovány při odběrech vzorků vody a stěrů ze smáčených ploch ve vodojemech (za provozu, při odstávce během čištění).

Autoři děkují za finanční podporu agentuře NAZV při řešení projektu IG58052 a dále MSM6046137308.

Použitá literatura

- [1] Sládečková, A. Biologická stabilita pitné vody. *Sborník semináře Aktuální otázky vodárenské biologie*. Praha, 1991, s. 83–86.
- [2] Sládečková, A., Ambrožová, J., Míka, J., Říha, J., Uhlík, J. a Kunz, V. Komplexní hydrobiologický průzkum vodárenského systému závodu Most. Závěrečná zpráva I. etapy, 1999. 53 s.
- [3] Hubáčková J., Ambrožová J., Čiháková I. Předběžné výsledky z řešeného projektu - Význam degradace jakosti pitné vody při její akumulaci.- Sbor. konf. Vodárenská biologie 2007, Praha 30.1.-31.1.2007, s. 37-41.
- [4] Hubáčková J., Ambrožová J., Čiháková I. Strategie sledování, hodnocení a konečného zabezpečení požadavků na jakost vody v akumulacích.- Sborník přednášek X. mezinárodní vodohospodářské konference, sborník sestavil Zlínská vodárenská, a.s., 16.-17.3.2006, s. 59-62.
- [5] ČSN EN 25667-1 (75 7051) Jakost vod - Odběr vzorků. Část 1: Pokyny pro návrh programu odběru vzorků
- [6] ČSN EN 25667-2 (75 7051) Jakost vod. Odběr vzorků. Část 2: Pokyny pro způsob odběru vzorků
- [7] ČSN ISO 5667-3 (75 7051) Jakost vod. Odběr vzorků. Část 3: Návod pro konzervaci vzorků a manipulaci s nimi
- [8] TNV 75 5941 Mikroskopické posuzování jakosti vody dopravované potrubím
- [9] Říhová Ambrožová, J. Rychlé screeningové metody hodnocení kvality vody a povrchů ve vodárenských provozech. Sbor. konf. Vodárenská biologie 2007, Praha 30.1.-31.1.2007: p. 42-46.