

# Využitie biologických rozborov na hodnotenie účinnosti technológie úpravy vody

Milan Búgel<sup>1</sup>

## Use of biological analysis for evaluating effectiveness of water treatment technology

Biological analysis provides data needed for determining instantaneous state of water quality. Together with other analyses, it is an important base for managing water treatment plants.

**Key words:** biological analysis, raw water, treated water, drinking water, effectiveness of technology.

## Úvod

Okrem podzemných vôd sa pre pitné účely stále viac využívajú aj povrchové vody, najmä vody zadržané vo vodárenských nádržiach. Voda vo vodárenských nádržiach, v porovnaní s vodou v toku, na ktorom je nádrž vybudovaná, mení svoju kvalitu. Príčinou kvalitatívnych zmien vody v nádržiach sú osobitné podmienky tak z hľadiska hydrologického, biologického, ako aj fyzikálno-chemického (Onderíková, 1980).

Až na malé výnimky je každá voda na zemskom povrchu oživená. Organizmy, žijúce vo vode, svojou látkovou výmenou ovplyvňujú kvalitu vody. Príčinou zmien kvality vody nie sú len živé organizmy, ale aj tie, ktoré v procese úpravy alebo predúpravy vody uhynuli a ich protoplazma sa vyliala z rozrušených buniek a obohatila vodu o organické látky. Preto je pri hodnotení vodných zdrojov a pri kontrole kvality vôd spolu s ostatnými používanými metódami potrebný aj biologický rozbor (Moravcová, 1987). Biologický rozbor má rozhodujúci význam pri posudzovaní výslednej kvality pitnej vody, ale aj pri posudzovaní prvotnej požiadavky upraviteľnosti vody, t.j. požadovanej kvalite surovej (neupravenej) vody.

## Biologický rozbor vody

Pre biologický rozbor povrchovej vody platí STN 830532 - Biologický rozbor povrchovej vody.

Biologickým rozborom sa určujú druhy organizmov, žijúce v lokalite, z ktorej boli odobrané vzorky. Kvalitatívnym biologickým rozborom sa určuje *druhové zloženie biocenózy*. Okrem kvality sa zisťujú aj kvantitatívne pomery.

Metódy stanovenia *biosestonu* a *abiosestonu* sa používajú na zistenie okamžitého stavu kvality vody. Metódy stanovenia *bentosu* sa používajú na zistenie priemerného stavu kvality vody (Moravcová, 1989).

Živá časť sestónu – biosestón, je rozdelená na drobný biosestón veľkosti približne do 500  $\mu\text{m}$  a väčší biosestón veľkosti nad 500  $\mu\text{m}$ . Neživá časť sestónu – abiosestón, obsahuje odumreté časti živého sestónu, spolu s organickými a anorganickými látkami rôzneho pôvodu. Stanovenie bentosu stojatých alebo pomaly tečúcich vôd je vlastne stanovením makrofauny. Metóda jeho určenia spočíva v oddelení organizmov od kalových a hlinito-piesčitých usadenín, ich roztriedenia a zaradenia.

Z ďalších metód biologického rozboru povrchových vôd je potrebné uviesť *stanovenie nárastov, prognózu vodného kvetu a stanovenie biogénnej produkcie kyslíka*.

Požiadavky na kvalitu pitnej vody určuje norma STN 75 7111 - Pitná voda. Z hľadiska bakterio-logických a biologických vlastností pitnej vody je podmienkou, že pitná voda nesmie obsahovať žiadne choroboplodné zárodky.

<sup>1</sup> Ing. Milan Búgel, CSc., Katedra mineralurgie a environmentálnych technológií Fakulty BERG Technickej univerzity, 042 00 Košice, Park Komenského 19  
(Recenzovali: Doc. Ing. Michal Leško, CSc. a RNDr. Zdeňka Maťašová. Revidovaná verzia doručená 22.12.1998)

V pitnej vode, upravenej z povrchového zdroja a hygienicky zabezpečenej, dodávanej do vodo-vodnej siete, povoľuje norma ako medznú hodnotu *50 mŕtvych organizmov v 1 mililitri vody. Prítomnosť živých organizmov sa nepripúšťa.*

Biologický rozbor - stanovenie mikroskopického obrazu sa robí podľa STN 757711. *Mikroskopický obraz* vyjadruje početnosť výskytu a špecifikácie mikroskopických organizmov s upresnením ich biologického stavu, t.j. rozlíšením živých a mŕtvych organizmov.

### Hodnotenie účinnosti vodárenskej technológie z biologického hľadiska

Účinnosť odstránenia biosestónu technológiou úpravy je možné hodnotiť na základe počtu organizmov prenikajúcich do upravenej vody, a to stanovením počtu organizmov v surovej vode pred technologickým stupňom úpravy a po ňom v upravenej vode. Percentuálny rozdiel dáva účinnosť technologického stupňa úpravy z hľadiska určených organizmov. Počty prenikajúcich organizmov sú závislé na biologickom oživení surovej vody (Havel, 1987).

Pre potrebné maximálne zachytenie a odstránenie organizmov vodárenskými technologickými postupmi je potrebné poznať hodnotenie zdroja vody za 3 - 5 ročné obdobie:

- sezónne zmeny kvality a kvantity,
- kolísanie období maximálneho výskytu organizmov v jednotlivých rokoch,
- odstrániteľnosť jednotlivých prevládajúcich organizmov najvhodnejšími koagulantami,
- účinnosť jednotlivých technologických stupňov úpravy vody, vplyv zdravotného zabezpečenia výslednej upravenej vody s ohľadom na stav akumuláčnych nádrží, vodojemov a dĺžku vodovodnej siete (Moravcová, 1989).

V prevádzke ÚV Bukovec je voda upravovaná jednostupňovou úpravou čírením, s využitím koagulantu Novaflok (polychlorid hlinitý).

Metóda je založená na stanovení druhov, prípadne vyšších taxonomických skupín a počtu mikroskopických organizmov vo vzorke, vyšetrením zahustenej vzorky pod mikroskopom, so súbežným použitím osvetlenia fluorescenčnou lampou. Skúška sa používa na zistenie kvality pitnej vody počas jej úpravy a po úprave, pri akumulácii a distribúcii vody. Živé bunky sú pri osvetlení fluorescenčnou lampou zafarbené na červeno, mŕtve sú zelenomodré.

Zároveň so stanovením mikroskopického obrazu sa vo vzorkách upravovanej i upravenej vody uskutočňuje kvalitatívne a kvantitatívne *hodnotenie vložiek koagulanta*. Výsledky názorne ukazujú účinnosť úpravy.

Pri hodnotení koagulovateľnosti jednotlivých druhov alebo skupín organizmov sú počítané organizmy zachytené vo vložkách a mimo vložiek. Počet vložiek na celej mriežke, vynásobený 100, je výsledná hodnota v 1 ml vzorky (Sládečková, 1991).

### Informácie poskytované biologickou kontrolou

Priebežná prevádzková biologická kontrola poskytuje kontinuálne niektoré dôležité informácie:

- o okamžitom stave oživenia nádrže s možnosťou priebežného sledovania dynamiky vývoja tohto oživenia a tým i s možnosťou vypracovania včasnej prognózy prípadne nastupujúcich kalamitných stavov (premnoženie organizmov), čo umožní včasnú prípravu úpravne na túto mimoriadnu situáciu;
- o stave a funkcii číriaceho a filtračného procesu, s možnosťou zhodnotenia percenta účinnosti úpravárenského procesu; vzhľadom na to, že rôzne druhy rias majú rôzne percento zachytenia vo filtroch, je možné podľa druhového zloženia riasového spoločenstva v surovej vode do istej miery predpovedať percento prechodu riasových buniek filtráciou, porovnaním počtu organizmov v surovej a v upravenej vode;
- o nedostatočnej účinnosti následnej dezinfekcie, zistením výskytu živých organizmov v upravenej vode.

Biologický rozbor je najrýchlejšou komplexnou metódou, pretože napr. pri kontrole účinnosti prevádzky úpravne vody dáva spoľahlivý obraz o prípadnom prieniku organizmov, a teda o skutočnom efekte úpravy už počas 10 –15 minút po odbere vzorky (Lhotský, 1986).

## Výsledky a diskusia

V rámci diplomovej práce (Hiščáková, 1998) boli vyhodnotené biologické rozborov v úpravni vody Bukovec za obdobie rokov 1995 - 1997.

V úpravni vody Bukovec biológovia robia pravidelne denné biologické rozborov vzoriek surovej (neupravenej) vody z vodárenskej nádrže Bukovec, odobratých z prítoku do úpravne, ako aj rozborov vzoriek upravenej pitnej vody pred jej distribúciou do vodovodnej siete.

Tab.1. Vyhodnotenie biologických rozborov vody v roku 1995.

Mesiac	Počet organizmov v 1 ml vzorky [org.ml <sup>-1</sup> ]				Abiosestón [%]		Priemerná denná účinnosť technológie [%]
	Surová voda			Upravená voda	Surová voda	Upravená voda	
	priemer	max.	min.	priemer	priemer	priemer	
Január	16	38	8	0	1 - 2	1 - 2	95,8
Február	106	260	8	0	1	1	97,0
Marec	759	3100	190	14	1 - 2	1 - 2	97,2
Apríl	1954	5170	520	12	2	1	99,4
Máj	745	1500	28	0	1 - 2	2	99,9
Jún	74	580	0	0	4	3	96,8
Júl	20	56	2	0	3	4	96,1
August	38	74	8	0	1 - 2	1 - 2	99,8
September	51	170	16	2	3 - 4	3 - 4	97,8
Október	92	202	24	0	4 - 5	3 - 4	99,4
November	189	500	44	1	4 - 5	4	99,5
December	144	256	38	0	4	3 - 4	99,9

Tab.2. Vyhodnotenie biologických rozborov vody v roku 1996.

Mesiac	Počet organizmov v 1 ml vzorky [org. ml <sup>-1</sup> ]				Abiosestón [%]		Priemerná denná účinnosť technológie [%]
	Surová voda			Upravená voda	Surová voda	Upravená voda	
	priemer	max.	min.	priemer	priemer	priemer	
Január	48	168	20	0	4	3 - 4	99,7
Február	92	420	22	0	4	5	99,0
Marec	415	1140	48	0	4	3 - 4	100,0
Apríl	4574	13060	250	23	4 - 5	3 - 4	99,5
Máj	6472	11640	2460	75	4 - 5	2 - 3	98,3
Jún	761	1360	302	9	4 - 5	2 - 3	98,1
Júl	1284	3980	190	52	3 - 4	3	94,8
August	1549	3840	120	6	3 - 4	2	99,6
September	152	240	32	8	3 - 4	2	93,3
Október	384	920	104	0	2 - 3	1	99,7
November	546	1100	180	2	6 - 7	2	99,1
December	433	920	170	5	6	2	93,3

Na základe denných biologických rozborov bolo zistené priemerné biologické oživenie vo vodárenskej nádrži v jednotlivých mesiacoch roka, ako aj priemerný počet organizmov v 1 ml upravenej vody. Z vyhodnotenia je možné určiť kvantitatívne a kvalitatívne zmeny biocenózy počas roka, výskyt dominantných druhov organizmov, ako aj účinnosť použitej technológie úpravy vody z biologického hľadiska.

Jedným z faktorov, ktoré určujú kvalitu vody sú kvalitatívne a kvantitatívne zmeny biocenózy. Množstvo a kvalita biosestónu vo vode neodráža len momentálnu situáciu pri odbere, ale je súčasne odrazom spolupôsobenia faktorov, podieľajúcich sa na jeho rozvoji a zložení za určité časové obdobie. Z týchto faktorov sú to najmä lokálne klimatické zmeny a prísun biogénnych prvkov z povodia nádrže. Nezanedbateľným faktorom sú aj dlhodobé zmeny v manipulácii s optimálnym prevádzkovým režimom nádrže (Lhotský, 1986).

Z tabuľky 1 vidieť, že najvyššie biologické oživenie je možné pozorovať v jarných mesiacoch marec - apríl - máj, pričom maximum dosiahlo priemerné biologické oživenie v apríli (1954 org.ml<sup>-1</sup>). Nízke biologické oživenie bolo zaznamenané v zimných (január) a letných mesiacoch (júl).

Z tabuľky 1 vyplýva, že priemerné počty prechádzajúcich organizmov sa v roku 1995 pohybovali v rozmedzí 0 - 2 org.ml<sup>-1</sup>.

Najvyšší priemerný počet organizmov bol  $14 \text{ org.ml}^{-1}$ . Priemerný abiosestón sa pohyboval v rozsahu 1 - 4 % pokryvnosti. Priemerná denná účinnosť úpravy sa pohybovala v rozsahu 95 - 100 %.

Z tabuľky 2 vyplýva, že priemerné počty prechádzajúcich organizmov v roku 1996 sa pohybovali v rozsahu 0 -  $8 \text{ org.ml}^{-1}$ . Najvyšší priemerný počet organizmov bol  $75 \text{ org.ml}^{-1}$  v máji. Vysoký priemerný počet organizmov bol aj v júli. Priemerný abiosestón sa pohyboval v rozsahu 1 - 5 % pokryvnosti. Priemerná denná účinnosť úpravy sa pohybovala v rozsahu 93 - 100 %.

Z tabuľky 3 vyplýva, že priemerné počty prechádzajúcich organizmov v roku 1997 sa pohybovali v rozsahu 0 -  $1 \text{ org.ml}^{-1}$ . Najvyšší priemerný počet organizmov bol v marci. Priemerný abiosestón sa pohyboval v rozsahu 2 - 5 % pokryvnosti. Priemerná denná účinnosť úpravy sa pohybovala v rozsahu 92 - 100 %.

Tab.3. Vyhodnotenie biologických rozborov vody v roku 1997.

Mesiac	Počet organizmov v 1 ml vzorky [org. ml <sup>-1</sup> ]				Abiosestón [%]		Priemerná denná účinnosť technológie [%]
	Surová voda			Upravená voda	Surová voda	Upravená voda	
	priemer	max.	min.	priemer	priemer	priemer	
Január	338	500	100	0	5 - 6	3 - 4	99,7
Február	263	540	40	1	4 - 5	5	99,3
Marec	2235	5140	300	57	4 - 5	2 - 3	97,2
Apríl	1914	5160	680	25	5 - 6	5	99,0
Máj	579	1680	160	16	4	2 - 3	92,8
Jún	441	820	160	0	3 - 4	2	99,8
Júl	140	340	22	0	6	3 - 4	100,0
August	138	380	48	0	4 - 5	3	99,6
September	215	560	50	0	6 - 7	3 - 4	99,6
Október	249	520	80	0	5 - 6	3 - 4	99,7
November	115	224	48	1	3 - 4	3 - 4	99,1
December	131	320	56	0	6	5	99,2

Počas sledovaného obdobia najviac organizmov prechádzalo do upravenej vody v jarných mesiacoch marec - apríl - máj, pričom aj biologické oživenie v surovej vode bolo najvyššie v týchto mesiacoch. Z toho je zrejme, že počty prechádzajúcich organizmov sú závislé na biologickom oživení surovej vody. Zvýšený počet prechádzajúcich organizmov mohol byť zaznamenaný aj po regenerácii (praní) filtrov, keď bol biologický rozbor urobený ešte počas doby zafiltrovania. Z výsledkov uvedených v tabuľkách 1 - 3 je možné konštatovať, že účinnosť technológie úpravy vody v prevádzke ÚV Bukovec je vysoká a pohybuje sa v rozmedzí 92 - 100 %. Zvýšené počty prechádzajúcich organizmov je možné odstrániť zvýšením dávky koagulantu. Sledované biologické ukazovatele vyhovujú požiadavkám STN 72 7111 - Pitná voda, a teda proces úpravy vody je na požadovanej úrovni.

### Záver

Biologické rozbor v procese úpravy vody poskytujú údaje, ktoré slúžia nielen na zisťovanie okamžitého stavu kvality vody, ale spolu s ostatnými rozborami sú dôležitým podkladom pre riadenie prevádzky úpravne vody. Môžu napr. spolurozhodovať o spôsobe prevádzkovania jednotlivých technologických prvkov (dávka koagulantu a iných chemikálií, interval regenerácie - prania filtrov, dezinfekcie a pod.).

Z hľadiska prognóz a riadenia technologických postupov úpravy sú nevhodné krátkodobé pozorovania, ktoré nemôžu zachytiť kolísanie zmien kvality v jednotlivých po sebe idúcich rokoch. Kvôli zachyteniu maximálneho a minimálneho oživenia sú potrebné denné biologické rozbor. Len z takého podrobného hodnotenia môžeme posudzovať priemerné oživenie, dosiahnutie maxím, upresniť obdobie a zväziť dĺžku trvania maximálneho oživenia.

Dlhodobé vyhodnotenie je možné využiť pri zostavovaní prognózy kvality vody v ďalšom období, ktorá sa potom včas využije v technológii úpravy vody.

Biologický rozbor je metódou kontroly účinnosti prevádzky úpravne vody, a tým aj vhodným prostriedkom, umožňujúcim operatívne riadenie procesov súvisiacich s úpravou vody.

Výsledky biologického rozboru vody sú spoľahlivým, názorným a pritom pomerne veľmi rýchlym a lacným spôsobom kontroly kvality vody v zdroji a v celom procese jej úpravy.

### Literatúra

- Havel, L.: Pronikání organismů do pitní vody. *Sborník přednášek „Aktuální otázky vodárenské biologie“*. Praha, 1987.
- Hiščáková, S.: Biologické oživenie v závislosti na technológii úpravy povrchovej vody. *Diplomová práca F BERG TU Košice*, 1998.
- Lhotský, O.: Vodárenské nádrže a biologická kontrola kvality vody. *Sborník ze semináře „Aktuální otázky vodárenské biologie“*. Praha, 1986.
- Moravcová, V.: Principy biologického rozboru a hodnocení vzhledem k ČSN Pitná voda. *Sborník ze semináře „Aktuální otázky vodárenské biologie“*. Praha, 1987.
- Moravcová, V.: Sezonní změny biocenózy vodárenských zdrojů. *Zborník prednášok „Biologické hodnotenie povrchových zdrojov pitných vôd“*. VÚVH Bratislava, 1989.
- Onderíková, V.: Problémy súvisiace s kvalitou vody vo vodárenských nádržiach. *Časopis Vodní hospodářství*. B 3, 1980.
- Sládečková, A.: Biologická kontrola jakosti pitné vody. *Sborník ze semináře „Kontrola jakosti pitné vody“*. Praha, 1991.