

# Hodnocení vlastností depozic v dálkovém přivaděči pitné vody

*Prof. Ing. Alexander Grünwald, CSc, Ing. Bohumil Šťastný, Ing. Kateřina Slavičková,  
Ing. Marek Slaviček, Ing. Karla Vlčková, Ing. Jitka Zeithammerová  
Katedra zdravotního inženýrství, FSv, ČVUT v Praze*

---

V každém distribučním systému pitné vody dochází k usazování částic, jejichž původ lze připsat např. sníženému efektu úpravy surové vody, vyplavování z náplně filtrů, srážení hydratovaných oxidů kovů, tvorbě uhličitánu vápenatého, dodatečné flokulaci, bakteriální rekontaminaci, korozi atd. O počtu částic v distribučním systému pitné vody referují Brazos a O'Connor (1). Podle jejich zjištění se počet částic větších než 3  $\mu\text{m}$  pohyboval v dopravované vodě od 293 do 1116 v 1 ml. Velmi podobné hodnoty zjistili uvedení autoři také v odtoku z úpravny vody – (186 až 1229 v 1 ml).

Často se uvádí, že počet částic v dopravované vodě postupně vzrůstá se vzdáleností od úpravní (1,2,3). Hodnocení přitom většinou vychází z hodnot zákalu, naměřeného v různých místech sítě. Woodward (4) naproti tomu zjistil, že počet částic v dopravované vodě klesá úměrně se změnami v jejich velikosti. Určitá část částic sedimentuje a tvoří depozice v místech s příznivými hydraulickými podmínkami (nízký průtok v nočních hodinách, mrtvá místa, vodojemy atd.).

Jak ukázal výzkum na dálkovém přivaděči Jihočeské vodárenské soustavy, mohou uvolněné částice z depozic zvyšovat v dopravované vodě spotřebu aktivního chloru, zhoršovat její senzorké vlastnosti a podporovat tvorbu vedlejších produktů dezinfekce, především trihalogenmethanů a halogenderivátů kyseliny octové (5).

K doplnění poznatků o charakteru depozic bylo rozhodnuto odebrat další vzorky z různých míst uvedeného dálkového přivaděče po celé jeho délce. Popis odběrových míst je uveden v tab. 1.

**Tab. 1. Popis vzorků depozic**

Vzorek č.	Popis místa odběru
1	Kalová šachta 14 na začátku trasy za VDJ Hosín
2	Kalová šachta III za VDJ Chotýčany
3	Kalová šachta 16 před VDJ Zlukov
4	Kalová šachta 42 na konci trasy před VDJ Sv. Anna

Dílčí vzorky byly odebírány průběžně po celou dobu odkalování v 15 s intervalech (1 litr) a slévány. Po promíchání byl směsný vzorek dopraven do laboratoře k fyzikálně-chemickému rozboru, sedimentačním zkouškám a pokusům zaměřeným na tvorbu vedlejších produktů chlorace a chloraminace.

Výsledky stanovení vybraných ukazatelů chemického složení slévaných vzorků depozic jsou uvedeny v tab. 2.

**Tab. 2. Chemické složení vzorků depozic**

Vzorek č.		1	2	3	4
<b>Veškeré látky</b>	mg.l <sup>-1</sup>	1103	535	630	833
<b>Ztráta žiháním</b>	mg.l <sup>-1</sup>	84	35	81	119
<b>Zbytek po žihání</b>	mg.l <sup>-1</sup>	1019	500	549	714
<b>Rozpuštěné látky</b>	mg.l <sup>-1</sup>	211	182	191	206
<b>Ztráta žiháním</b>	mg.l <sup>-1</sup>	19	24	50	48
<b>Zbytek po žihání</b>	mg.l <sup>-1</sup>	192	158	141	158
<b>Nerозpuštěné látky</b>	mg.l <sup>-1</sup>	892	353	439	627
<b>Ztráta žiháním</b>	mg.l <sup>-1</sup>	65	11	31	71
<b>Zbytek po žihání</b>	mg.l <sup>-1</sup>	827	342	408	556
<b>CHSK<sub>Mn</sub> směs</b>	mg.l <sup>-1</sup>	21	5,8	7,4	19
<b>odsaz. vzorek</b>	mg.l <sup>-1</sup>	4,9	4,4	4,4	12
<b>NL</b>	mg.l <sup>-1</sup>	16,1	1,4	3,0	7
<b>Fe</b>	mg.g <sup>-1</sup>	215,4	214,1	153	84,5
	%	21,5	21,4	15,3	8,45
<b>Mn</b>	mg.g <sup>-1</sup>	3,0	2,8	4,2	6,7
	%	0,3	0,28	0,42	0,67
<b>Ni</b>	mg.g <sup>-1</sup>	0,16	0,10	0,18	0,39
	%	0,016	0,01	0,02	0,04
<b>TC (uhlík celkový)</b>	%	4,81	7,85	8,50	7,02
<b>IC (uhlík anorganický)</b>	%	1,72	7,77	7,62	3,81
<b>TOC (uhlík organický)</b>	%	3,09	0,08	0,88	3,21

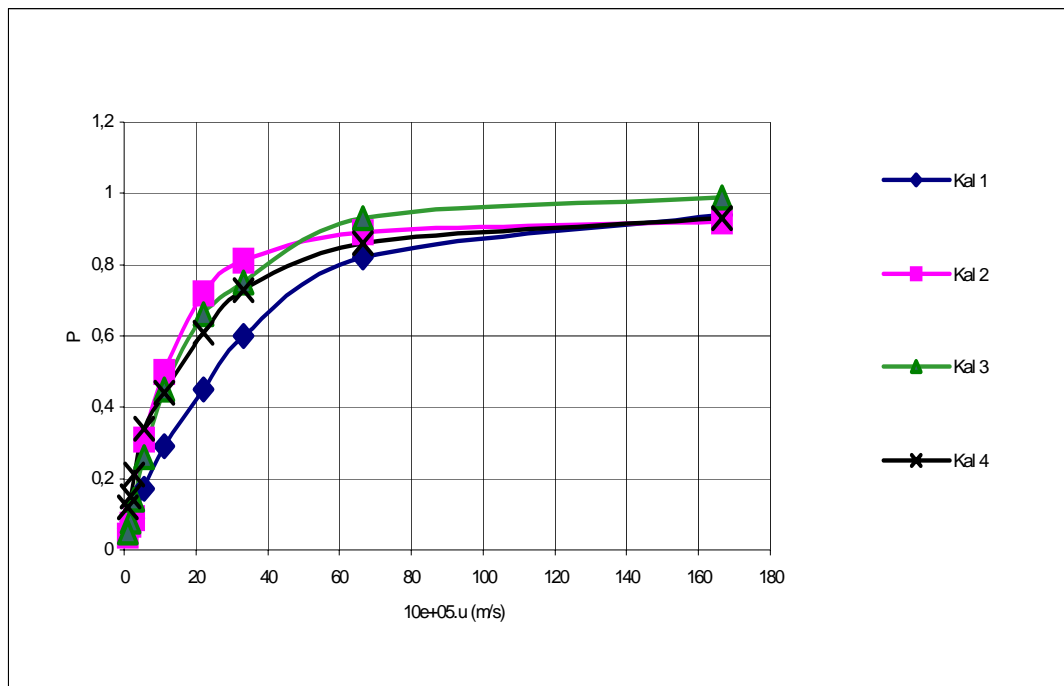
Jak vyplývá z hodnot sledovaných ukazatelů, nelze obecně definovat vztah mezi složením depozic a místem jejich odběru. Všechny depozice vykazovaly poměrně nízký obsah nerozpuštěných látek při čemž v rozsahu hodnot 353 – 892 mg.l<sup>-1</sup> bylo mezi jednotlivými vzorky pořadí: 1, 4, 3 a 2. U ztrát žiháním NL, které se pohybovaly od 11,3 do 3,1% bylo pořadí vzorků jiné: 4, 1, 3, 2. Zde bylo možno usuzovat na vyšší organický podíl v depozici odebrané na konci přivaděče. Tento předpoklad částečně potvrzuje i hodnota C<sub>org</sub> (TOC), která byla ve vzorku 4 nejvyšší. Ve vztahu ke vzorku 1 se však nejedná o výraznější přírůstek. Uvedené konstatování je v souladu i se stanovenými hodnotami CHSK<sub>Mn</sub>, vztaženými na nerozpuštěné látky.

Významný podíl v nerozpuštěných látkách všech vzorků depozic mělo železo. Jeho obsah se pohyboval od 84,5 do 215,4 mg.g<sup>-1</sup>. Nejvyšší hodnoty byly proti očekávání zjištěny ve vzorcích 1 a 2. Výrazně nižší byl obsah manganu (0,28 – 0,67%), niklu (0,01 – 0,04 %) a zinku (0,005 – 0,007%). U manganu se splnil předpoklad o zvyšování jeho obsahu v depozicích odebíraných podél přivaděče.

Obsah anorganického uhlíku (IC) se u jednotlivých vzorků pohyboval v rozsahu 1,72 – 7,77%.

Výsledky sedimentační analýzy jednotlivých vzorků depozic jsou vyjádřeny na obr.1.

**Obr. 1. Grafické vyjádření sedimentačních křivek**



Z obr. 1. je zřejmé, že největší podíl částic, sedimentujících vyššími rychlostmi obsahoval vzorek, odebraný z místa dálkového přivaděče nejbliže k úpravně vody Plav. Jedním z důvodů by mohl být poměrně vysoký obsah železa v tomto vzorku. Vzorky 2, 3 a 4 se tvarem sedimentační křivky dost podobají i když větší podíl rychleji sedimentujících částic byl zaznamenán u vzorku 4. V tomto vzorku byl zjištěn druhý nejvyšší obsah nerozpuštěných látek a vůbec nejvyšší obsah organického uhlíku ze všech vzorků.

Jak naznačuje průběh sedimentačních křivek, převládaly ve vzorcích depozic částice, sedimentující malými rychlostmi, schopné uvolnit se z depozic do proudící vody při hydraulických změnách v systému. Tyto částice jsou potenciálním zdrojem znečištění, které může negativně ovlivnit kvalitu dopravované pitné vody jak přímo (zhoršením jejích sensorických vlastností) tak nepřímo (zvýšenou tvorbou haloformů). Potvrzením tohoto předpokladu jsou výsledky pokusů v jejichž průběhu byl vzorek depozice, odebraný z kalové šachty před VDJ Sv. Anna, podroben chloraci a chloraminaci za definovaných podmínek ( $t$  20° C, doba zdržení 72 h, dávky  $\text{Cl}_2$  0,5 – 4,0  $\text{mg.l}^{-1}$ , u chloraminace přídavek  $\text{NH}_4^+$  0,5  $\text{mg.l}^{-1}$  a dávky  $\text{Cl}_2$  0,5 – 4,0  $\text{mg.l}^{-1}$ ). Složení vzorku depozice je uvedeno v tab. 3.

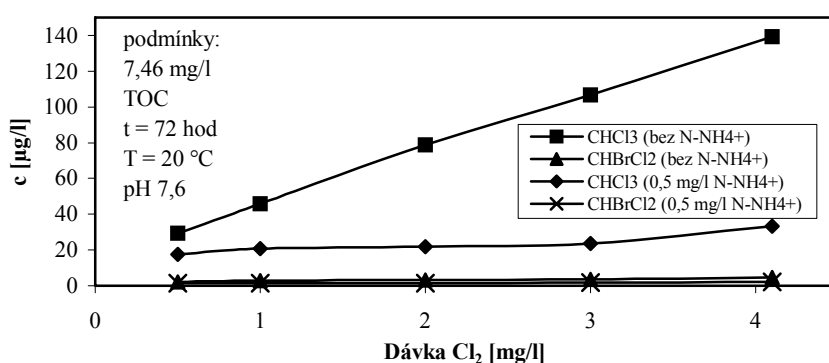
**Tab.3. Složení depozice z dálkového přivaděče UV Plav – Tábor**  
Obsah NL 346 mg.l<sup>-1</sup>

Ukazatel	Vztaženo na celkový odparek		Vztaženo na NL	
	(mg.g <sup>-1</sup> )	(%)	(mg.g <sup>-1</sup> )	(%)
Fe	398	39,8	274	27,4
Mn	2,43	0,24	2,89	0,29
Ni	0,069	0,01	1,48	0,15
Zn	0,413	0,04	4,74	0,47
C <sub>celk.</sub> (TC)	-	3,50	-	0,2
C <sub>anorg.</sub> (IC)	-	1,05	-	0,04
C <sub>org.</sub> (TOC)	-	2,45	-	0,0002

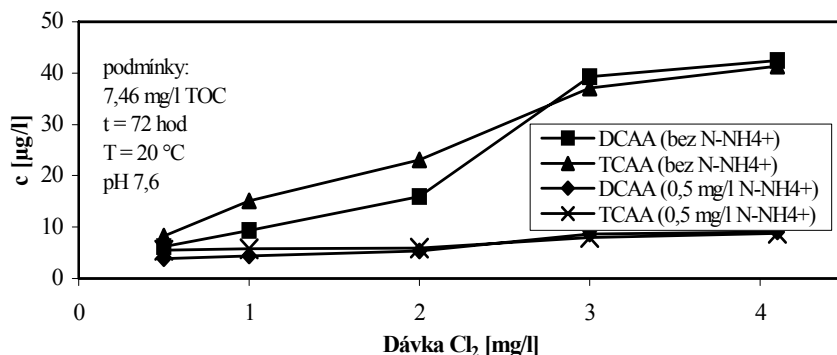
Jak vyplývá z tab. 3, z kovů bylo ve vzorku nejvíce zastoupeno železo (39,8% sušiny, 27,4% NL) a mangan (0,24% sušiny, 0,29% NL). Celkový obsah uhlíku v odparku činil 3,5%, z toho 2,4% připadalo na uhlík organického původu. Obsah anorganického uhlíku činil 1,1% NL.

Pokusy byly provedeny jak s homogenizovaným vzorkem depozice (suspenze) tak s jeho filtrátem, aby bylo možno posoudit, do jaké míry se na tvorbě THM a halogenderivátů kyseliny octové podílejí samotné nerozpuštěné látky. Výsledky pokusů s chlorací a chloraminací suspenze jsou uvedeny na obr. 2 a 3.

**Obr. 2. Porovnání tvorby THM v kalové suspenzi při chloraci a chloraminaci**



**Obr. 3. Porovnání tvorby halogenderivátů kyseliny octové v kalové suspenzi při chloraci a chloraminaci**



Z obr. 2 a 3 je zřejmé, že při chloraci suspenze vzrůstal s dávkou chloru jak obsah THM tak obsah halogenderivátů kyseliny octové. Již s dávkou chloru 0,5 mg.l<sup>-1</sup>, byla po 72 h zjištěna koncentrace CHCl<sub>3</sub>, přibližně odpovídající NMH pro pitnou vodu 30 µg.l<sup>-1</sup> (ČSN 75 7111) a s dávkou chloru 4,0 mg.l<sup>-1</sup> se koncentrace zvýšila až na 139 µg.l<sup>-1</sup>. Obdobný efekt byl pozorován u CHBrCl<sub>2</sub>, DCAA a TCAA. Výrazně vzrůstal také obsah halogenderivátů kyseliny octové, zejména kyseliny dichloroaceticé a trichloroaceticé.

V porovnání s chlorací, byla při chloraminaci kalové suspenze tvorba uvedených látek podstatně nižší. Tak např. obsah CHCl<sub>3</sub> nepřekročil v kalové suspenzi NHM 30 µg.l<sup>-1</sup> s přidaným N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 0,5 mg.l<sup>-1</sup> ani při dávce chloru 3,0 mg.l<sup>-1</sup>. K jejímu překročení došlo za jinak shodných podmínek až s dávkou chloru 4,0 mg.l<sup>-1</sup>.

S ohledem na tvorbu vedlejších produktů dezinfekce, provedené pokusy plně potvrzují obecně známé závěry o přednosti chloraminace před chlorací pitné vody a rozšiřují je o poznání, že použitím chloraminace místo chlorace lze podstatně omezit tvorbu uvedených rizikových látek i z částic, uvolněných z depozic do rozváděné pitné vody.

## Závěr

Výzkum potvrdil, že částice, uvolněné do proudící vody v distribuční síti pitné vody z depozic, mohou být za určitých podmínek potenciálním zdrojem trihalogenmethanů a halogenderivátů kyseliny octové. Tvorba těchto látek závisí zejména na obsahu resuspendovaných částic ve vodě, druhu a koncentraci dezinfekčního činidla a době, po kterou jsou částice ve styku s dezinfekčním činidlem.

## Literatura

1. Brazos B.J., O'Connor J.T.: Seasonal effects on the generation of particle-associated bacteria during distribution. Proc. Water Qual. Technol. Conf., Am. Water Wks Assoc., San Diego, CA, 1990, 1073 – 1101
2. Goshko M.A., Minnigh H.A., Pipes W.O., Christian R.R.: Relationships between standard plate counts and other parameters in distribution systems. J. Am. Wat. Wks Assoc. 75, 1983, 568 – 571
3. Cappelier M., Picoche C., Deguin A.: Devenir du CODB dans les réseaux de distribution: étude de deux cas. Revue Sci. L.Eau 5, 1992, 51 – 67
4. Woodward C.A., Ta C.T., Colbourne J., Holt D.: Behaviour of particles in a large scale experimental pipe system. Proc. Water Qual. Technol. Conf. Am. Water Works Assoc., New Orleans, LA, USA, 641 – 658
5. Výzkum možnosti ekologické a ekonomické úpravy a dopravy pitných vod. Výroční zpráva projektu NAZV EPO960006655, ČVUT v Praze, FSv, Praha 2000