



## NIEKTORÉ ASPEKTY FYZIKÁLNEHO PÔSOBENIA NA KVALITATÍVNE VLASTNOSTI VODY

Alena PAULIKOVÁ – Daniela CVELIHÁROVÁ

### SOME ASPECTS OF PHYSICAL INFLUENCE ON QUALITATIVE WATER CHARACTERISTICS



ENVIRONMENTAL POLICY TOOLS '2018

#### **ABSTRAKT**

*Technológia úpravy vody pomocou magnetického pôsobenia je technológia, ktorá je známa viac ako pol storočia, a princíp účinku sa stále pomaly objasňuje. Rovnako sa objasňujú aj uplatňujúce faktory, ktoré ovplyvňujú účinnosť tejto technológie. Pri magnetickej úprave vody nedochádza k bezprostrednému ovplyvneniu chemického zloženia vody (po určitej dobe je možné pozorovať zníženie tvrdosti vody v dôsledku tvorby a rozpadu nerozpustných foriem vápnika). Pri magnetickej úprave vody dochádza k zmene fyzikálnych vlastností vody (napríklad polarizácie molekúl) a k zmene fyzikálno-chemických foriem látok, ktoré sú v nej obsiahnuté. Molekuly uhličitanu vápenatého menia svoju štruktúru, neusadzujú sa na stenách potrubia, ale rozpadávajú sa vo forme jemnej suspenzie (kalu). Účinok závisí na mnohých faktoroch, čo sa týka vody, tak ide predovšetkým o obsah minerálnych látok, potom na intenzite a orientácii magnetického poľa, rýchlosti prietoku vody, atď.*

**Kľúčové slová:** voda, vodný kameň, fyzikálna úprava vody, vlastnosti vody.

#### **ABSTRACT**

*Water treatment technology by magnetic action is a technology that has been known for over half a century, and the principle of effect is still slowly being elucidated. The same applies to the factors that affect the efficiency of this technology. Magnetic water treatment does not directly affect the chemical composition of water (after a certain period of time it is possible to observe the reduction in water hardness due to formation and disintegration of insoluble forms of calcium). Magnetic water treatment results in a change in the physical properties of water (for example polarization of molecules) and in the change of the physicochemical forms of the substances contained therein. Calcium carbonate molecules change their structure, do not settle on the walls of the pipeline, but break down in the form of a fine slurry (sludge). The effect depends on many factors in terms of water, in particular the content of minerals, then the intensity and orientation of the magnetic field, the rate of water flow, etc.*

**Key words:** water, limescale, physical water treatment, water characteristics.

#### **1. ÚVOD**

Tvorba vodného kameňa vo vodovodných zásobovacích potrubných systémoch je častým problémom, ktorý sa vyskytuje v rôznych municipalitách a regiónoch. Ovplyvňuje obytné budovy, verejné budovy ako aj priemyselné prevádzky. Vytváranie zárodkov a rast kryštálov anorganických častíc, ktoré spôsobujú tvrdosť vo vode ako aj vo vodných roztokoch, zapríčiňujú tvorbu vodného kameňa. Spúšťačom procesu kryštalizácie je presýtenie, tzn. zvýšenie skutočnej koncentrácie kryštalizujúcej látky nad jej rovnovážnu rozpustnosť v danom roztoku [1].



Technológovia úpravy vody vyvinuli prístroje založené na magnetickom princípe alebo elektromagnetickom princípe, ktoré majú „ochrániť“ vodovodné potrubie od usadzovania vápenatých usadenín (vodného kameňa), prípadne od korózie (čo sa však dosiaľ nepodarilo objektívne preukázať). Niektorí technológovia deklarujú aj schopnosť odstrániť pomocou magnetickej úpravy už vytvorené inkrusty vodného kameňa. Ide najčastejšie o prístroje na báze permanentných magnetov, ktoré sa môže osadzovať do vnútra potrubia, aby boli v priamom kontakte s vodou alebo na vonkajšom obvode vodovodného potrubia. Iný typ prístroja je zostavený z rôznych kovových zliatin, ktoré vytvárajú elektrický článok a takto majú podobnú funkciu.

## 2. PROCESY kryštalizácie $\text{CaCO}_3$

Hlavnou a prvou príčinou tvorby vodného kameňa s tzv. spätnou rozpustnosťou je uhličitan vápenatý,  $\text{CaCO}_3$ . V menovateli rovnice (1) je vyjadrená jeho rozpustnosť, pričom platí, že so stúpajúcou teplotou rozpustnosť  $R_{\text{CaCO}_3}$  klesá. Ak uvažujeme o tvorbe vodného kameňa vo výmenníku, v prípade potreby, že je nutné zohriať istý objem vody pre momentálne použitie, jeznáma skutočnosť, že na povrchu výmenníka je teplota vyššia ako v objeme kvapaliny a to znamená aj vyššie nasýtenie, ktoré môžeme vyjadriť pomocou už spomenutej závislosti (1), [1]:

(1)

pričom:

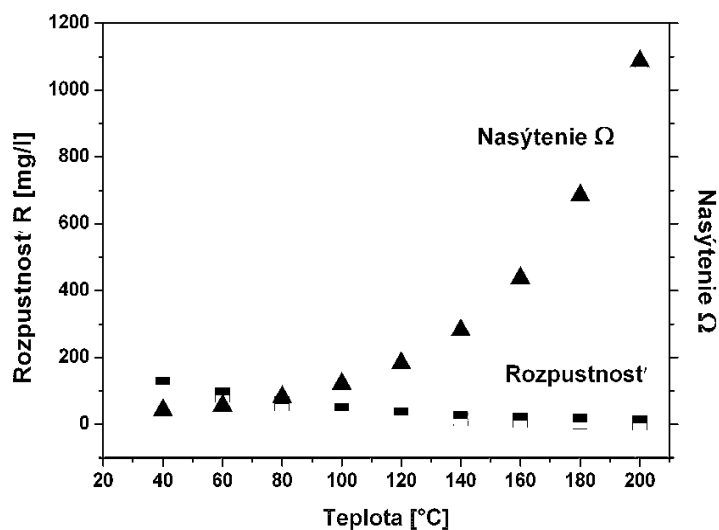
$\Omega$  - nasýtenie, [bezrozmerná veličina],

$C_{\text{CaCO}_3}$  - skutočná koncentrácia v roztoku, [mg/l]

$t$  - teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ],

Uhličitan vápenatý kryštalizuje v najčastejšie sa vyskytujúcich kryštalografických modifikáciách, napr. ako kalcit, aragonit a vaterit. Ohrevom vody za žiaľ znižuje rozpustnosť  $R_{\text{CaCO}_3}$  uhličitanu vápenatého, ktorý spôsobuje tvrdosť vody, ale nasýtenie  $\Omega$  narastá, ako je názorne ilustrované v Obr.1.

Pre výpočet nasýtenia je potrebné poznať počiatočnú koncentráciu uhličitanu vápenatého vo vode, ktorá sa môže rôzniť napr. v závislosti od geologického podložia vodného zdroja. Avšak, ak posudzujeme proces kryštalizácie komplexne je nutné uvažovať o ďalších faktoroch, ktoré vplývajú na tvorbu vodného kameňa.



Obr.1 Porovnanie rozpustnosti a nasýtenia  $\text{CaCO}_3$  vo vode vzhľadom na teplotu



### 3. FAKTORY KRYŠTALIZÁCIE OVPLYVŇUJÚCE VYTVÁRANIE VODNÉHO KAMEŇA

I. Hydrodynamický faktor je jedným z hlavných faktorov vplývajúcich na proces kryštalizácie. S týmto faktorom úzko súvisí hrúbka vrstvy kryštalických zárodokov vodného kameňa, ktoré sú vytvorené vo vnútri potrubného systému. Nultý, tzv. ideálny stav je potrubie bez vrstvy kryštalických zárodokov, pretože táto vrstva bráni prestupu tepla medzi objemom vody a vnútornou stenou potrubia. Prietok vody cez potrubie iniciuje vznik hydrodynamického pulzovania s frekvenciou podľa rovnice (2):

$$f_{hp} = 0.103 \cdot Re^{0.515} \cdot \left( \frac{v_{pt}}{d} \right) \quad (2)$$

pričom:

$f_{hp}$  – frekvencia hydrodynamického pulzovania, [1/s]

Re – Reynoldsovo číslo,

$v_{pt}$  – rýchlosť pohybu média, [m/s]

d – priemer potrubia, v ktorom preteká médium, [m].

Frekvencia hydrodynamického pulzovania je priamoúmerná od rýchlosti prúdenia vody a pulzovanie bráni zachytávaniu kryštálikov na vnútornom povrchu potrubia **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**

II. Ďalším dôležitým je povrchový faktor. Na povrchu potrubia musia byť aktívne centrá, tvorené energeticky rôznorodými časticami. V kryštalickej mriežke sa objavujú poruchy materiálu. Na prvom mieste sú to dislokácie. Parametre kryštalických mriežok materiálu povrchu a látky, ktorá na ňom kryštalizuje sa nesmú odlišovať o viac ako o 20 % na základe princípu štruktúrno-geometrickej podobnosti. Heterogénny povrch môže slúžiť ako matrica, ktorá formuje kryštálik soli. Hlavným spúšťačom je nasýtenie roztoku. So zvyšujúcou sa koncentráciou začína povrchová kryštalizácia soli, [3]. Povrchový faktor sa podieľa na kvalite aktivity vnútorného povrchu potrubia charakterizovaný parametrom kryštalografickej nerovnomernosti v rovnici (3):

$$p = \frac{|p_{MP} - p_{CaCO_3}|}{p_{CaCO_3}} = \left| \frac{p_{MP}}{p_{CaCO_3}} - 1 \right| = \left| 1 - \frac{p_{CaCO_3}}{p_{MP}} \right|, \quad (3)$$

pričom:

$p_{MP}$  – je parameter „a“ kryštalickej mriežky podložia (vnútorný povrch potrubia),

$p_{CaCO_3}$  – parameter „a“ kryštalickej mriežky kryštalizujúcej látky ( $CaCO_3$ ).

III. Tretí faktor, ktorý má vplyv na tvorbu zárodokov, je samotný materiál potrubia distribučného systému. Pre kvapalinové médium nehrá takú dôležitú rolu ako predchádzajúce dva faktory, ale ak je jeho potrubný konštrukčný materiál oceľ, potom sa môže jeho vnútorný povrch pokrývať vrstvou  $FeCO_3$ ,  $Fe_2O_3$  a  $Fe(OH)_3$ . Ak distribučné médium je voda, (ako to je v našom prípade) potom sa môžu vyskytnúť na povrchu aj  $CaCO_3$  a  $CaSO_4$ , ktoré môže kryštalizovať vo forme anhydridu,  $CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$  alebo ako  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .

### 4. minimalizovanie tvorby VODNÉHO KAMEŇA

Na vstupe do distribučného potrubia je účinné aplikovať opatrenia na zabránenie tvorby sedimentov čo najskôr. To je možné pomocou:

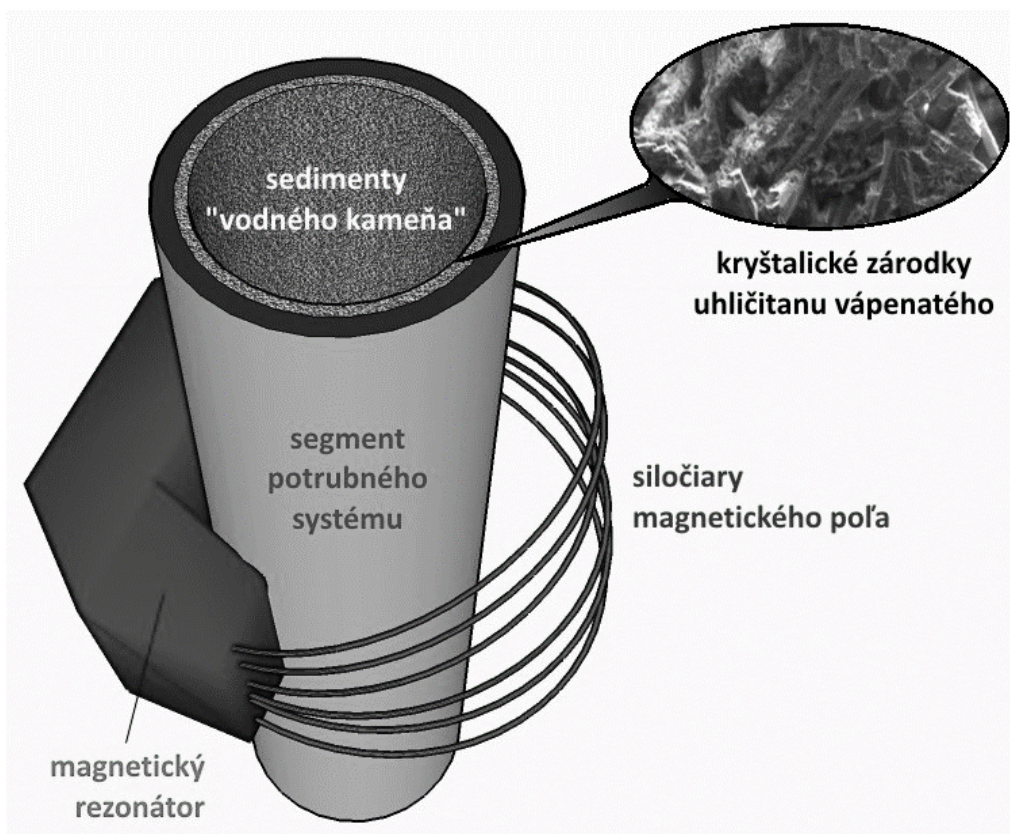
- zabezpečenia kryštalizácie  $CaCO_3$  vo forme aragonitu,
- zvýšenia frekvencie hydrodynamických pulzov, čím sa zväčší pravdepodobnosť odstránenia mikrokryštálikov  $CaCO_3$  z vnútorného povrchu potrubia,



- znižovania koncentrácie iónov  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  pomocou chemického čistenia vody alebo iónovou výmenou,
- odplyňovania, tzn. odstránenie  $\text{CO}_2$ , napr. metódou stripovania vzduchom,
- pokrytia vnútorného povrchu potrubia látkou, ktorá je inertná k  $\text{CO}_2$  a  $\text{O}_2$  alebo takou, ktorá má veľkú kryštalografickú diskordanciu voči kalcitu.

## 5. pôsobenie REZONANCIE NA BÁZE MAGNETICKO-HYDRODYNAMICKÉHO princípu

Vplyvom riadeného magnetického poľa sa v potrubnom systéme kvapalina štruktúrne reorganizuje, pričom je nutné zohľadniť určité podmienky. Magnetický rezonátor, Obr.2, musí byť navrhnutý individuálne pre konkrétne prevádzkové vstupy ako sú: vnútorný priemer potrubia, teplota pretekajúceho média, tlak a prietok. Najmä v priemyselných organizáciách s dvadsaťštyrihodinovou prevádzkou je nutné udržiavať musíme udržiavať potrebnú rýchlosť pretekajúceho média v operačnom priestore zariadenia. Siločiar magnetickeho poľa, ktoré vyvinie rezonátor musia byť kolmé na kvapalinový tok v potrubí a intenzita magnetickeho poľa v pracovnej zóne prístroja je nastavená na presnú hodnotu. Magnetický rezonátor zapojený spolu s ionexovými filtermi môže dokonca predĺžiť dobu medzi jednotlivými regeneráciami filtrov.



Obr. 2 Prierez vodovodného potrubného systému so schematickým znázornením magnetického rezonátora

Prostredníctvom magnetického rezonátora je možné meniť štruktúru kvapaliny. Táto zmena štruktúry následne umožňuje zrýchliť odplynenie kvapaliny, čo vedie k zníženiu korózie na povrchu výmenníka ako aj zníženiu intenzity tvorby kryštálov. Rovnako zmena štruktúry kvapaliny usmerňuje kryštalizáciu  $\text{CaCO}_3$  vo forme aragonitu, ktorý má 3,5 násobne vyššiu diskordanciu k sideritu. To nie je možné zabezpečiť ani jednou z používaných technológií. Výhodou rýchlejšej kryštalizácie  $\text{CaCO}_3$  je zníženie jeho nasýtenia.





## 6. ZÁVER A DISKUSIA

Hlavným cieľom článku bolo informovať o technologickej aplikácii úpravy vody pomocou magnetického rezonátora. Rezonátor nepotrebuje zdroj napájania, ďalej konštrukcia je pomerne jednoduchá, teda bez kinematických uzlov. Aplikácia a údržba je veľmi jednoduchá, nevyžaduje sa regenerácia zariadenia počas používania. Rezonátor je možné používať s inými spôsobmi úpravy vody. Pre priemyselné podniky ako aj domácnosti je zníženie tvorby vodného kameňa neustálou výzvou. Jednou z technológií, ktoré sú schopné efektívne pomôcť, môže byť aj aplikácia magneticko-hydrodynamickej rezonancie pre úpravu H<sub>2</sub>O a jej roztokov.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Prisjažnjuk, V.A.: Vedecko technická správa na tém „Zdokonaľovať a aplikovať technologickú schému a prístrojové vybavenie procesu chemického čistenia vody“. - Charkov: ISÚ UAS, 1994. - 96 s.
- [2] <https://www.orion.com.ua/magnitnaya-obrabotka-vody/obshchie-svedeniya>, prezerané dňa 15.január 2019 o 17:00.
- [3] Kapalo, Peter: Analýza procesov výmeny tepla v systémoch distribúcie teplej vody. In: Plynár. Vodár. Kúrenár + Klimatizácia. roč. 7, č. 3 (2009), s. 26-28. ISSN 1335-9614.
- [4] Jian-ming Zheng - Adam Wexler - Gerald H. Pollack.: Effect of buffers on aqueous solute-exclusion zones around ion-exchange resins. Journal of Colloid and Interface Science, Vol:332, Issue 2, 2009, p.511-514.

## ADRESY AUTORIEK

**doc. Ing. Alena PAULIKOVÁ, PhD.**

STU MTF Jána Bottu 25, 917 24 TRNAVA, Slovenská republika  
e-mail: alena.paulikova@stuba.sk

**Ing. Daniela CVELIHÁROVÁ**

TUKE SvF Vysokoškolská 4, 04200 KOŠICE, e-mail: daniela.cveliharova@gmail.com

### **RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU**

*Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.*

### **REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS**

*Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*