

PROVOZOVÁNÍ VODOVODNÍ SÍTĚ MĚSTA MLADÁ BOLESLAV BEZ CHEMICKÉ DEZINFEKCE

Dr. Andreas Korth, Reik Nitsche

DVGW Technologiezentrum Wasser (TZW), Außenstelle Dresden, Wasserwerkstr. 2,
01326 Dresden (Germany), e-mail: andreas.korth@tzw.de

Úvod

Město Mladá Boleslav a přiléhající obce jsou zásobovány pitnou vodou z úpravny vody Rečkov a čerpací stanice Bradlec. Na úpravně vody Rečkov se upravuje voda jímaná artézskými vrty z hloubky více než 100 m. Voda procházející čerpací stanicí Bradlec se čerpá z hloubky přibližně 30 m a přes akumulární nádrž se dodává do vodovodní sítě. V obou těchto zařízeních se donedávna z bezpečnostních důvodů provádělo chlorování. Vodárenská společnost Vodovody a kanalizace Mladá Boleslav došla k názoru, že má k dispozici chráněnou podzemní vodu a tak se může bez této bezpečnostní dezinfekce obejít. Hledala vhodnou instituci, která by jí při změně režimu dezinfekce poskytla odbornou oporu a pomoc. Díky přispění Státního zdravotního ústavu (SZÚ) navázala kontakt s dislokovaným pracovištěm Technologického centra voda (TZW) Německého sdružení pro plynárenství a vodárenství (DVGW) v Drážďanech (Německo).

TZW řešilo v uplynulých letech několik výzkumných projektů a na základě jejich výsledků vypracovalo koncepci, která umožňuje zjistit, zda je v nějaké vodovodní soustavě možné ukončit bezpečnostní dezinfekci. Tato koncepce byla již úspěšně použita několika vodárenskými společnostmi v Německu. Bylo tedy dohodnuto, že pracovníci TZW pomocí této koncepce prověří, zda vodovodní síť Mladé Boleslavi může být provozována bez dezinfekce.

Stav poznání a přístup

Dezinfekci na úpravně vody je zapotřebí provádět v případě, že má výrobce k dispozici znečištěnou surovou vodu. Požadavky a doporučení ohledně používání dezinfekčních prostředků jsou v Německu stanoveny mimo jiné v normách a doporučeních DVGW.

Některé vodárenské společnosti v Německu provádějí bezpečnostní chlorování vody. Dochází k němu po úpravě nebo v podobě následné dezinfekce v síti. Často je cílem zamezit zvyšování počtů kolonií během distribuce vody.

TZW v posledních letech řešilo rozsáhlé výzkumné projekty zabývající se procesy spojenými se změnami počtu kolonií během distribuce vody. Tyto projekty byly realizovány mimo jiné s podporou DVGW a Spolkového ministerstva pro vzdělání a výzkum. Základní poznatky, které byly nedávno uveřejněny v bulletinu DVGW „Wasser-Information“ č. 81 [1], je možné shrnout do následujících bodů:

- Kvalita vody ve vodovodní síti je významně determinována procesy v biofilmu vytvořeného na vnitřních plochách sítě [2], [3], [4]. Nárůst bakterií zachycovaných metodou stanovení počtu kolonií podle metody analýzy pitné

vody, je ve vodní mase velmi nízký a za normálních okolností neměřitelný.

- Pokud je kvalita vody stabilní, vytváří se rovnováha mezi procesy „nárůst bakterií v biofilmu“, „uvolňování bakterií do vody“ a „ukládání bakterií z vody na povrchy“. Rozhodující pro vývoj kvality je stav biofilmu. Při stabilním biofilmu je uvolňování bakterií z biofilmu velmi nízké.
- Teplotní výkyvy, k nimž dochází v síti, ovlivňují za jinak stabilních podmínek vývoj počtu kolonií jen nevýznamně. Rovněž změny v obsahu nutrientů jsou v síti dobře „utlumeny“, aniž by se vyskytla významná zvýšení počtu kolonií.
- Nejvýznamnější vliv na vývoj počtu kolonií ve vodě má ukazatel zbytkové koncentrace dezinfekčního prostředku, a to v případě, že tato koncentrace kolísá nebo se provádí dočasná dezinfekce chlorem. Příčinou je změna aktivity bakterií v biofilmu. Jestliže se chlor používá jen dočasně, vede to v důsledku chemických reakcí oxidačního činidla mimo jiné také k vyšší aktivitě bakterií, pokud nejsou zcela usmrceny. Tím se mohou ve větší míře uvolňovat bakterie z biofilmu do vodní masy, což může vést k nárůstu počtu kolonií ve vodě. Stejný účinek na aktivitu bakterií mohou mít také výkyvy v koncentraci chloru. Kromě toho, v důsledku reakce dezinfekčního prostředku s celkovým organickým uhlíkem (Total Organic Carbon, TOC) může docházet k dodatečné tvorbě nutrientů. Naopak při stabilních poměrech, stejně jako při provozování sítě bez dezinfekčního prostředku, je úroveň počtu kolonií stabilní.

Jestliže jde o to, ukončit bezpečnostní dezinfekci, je vhodné doprovodit tento proces dozorovým programem, protože v důsledku změny kvality vody může docházet ke změnám v biofilmu. Je tomu tak proto, že v těch částech vodovodní soustavy, v nichž se až dosud ve vodě nacházel volný dezinfekční prostředek, dochází po ukončení chlorování k přebudování biofilmu. To má za následek, že se po dobu několika týdnů, než se vytvoří stabilní biofilm, mohou z povrchů do vodní masy ve zvýšené míře uvolňovat bakterie. V závislosti na panujících rámcových podmínkách je tak možné ve vodě naměřit zvýšené počty kolonií.

V některých případech z praxe v Německu byly po snížení množství přidávaného dezinfekčního prostředku nebo po úplném ukončení dezinfekce naměřeny ve vzorcích vody odebrané v síti koliformní bakterie. Příčinou tohoto jevu je, že v důsledku chlorování docházelo k zastírání technických problémů, např. závad na vodojemech, ventilačních systémech atd. Po odstranění technických problémů bylo následně možné dezinfekci ukončit.

Korth a Wricke [5] vypracovali strategii ukončení chemické dezinfekce, která sestává z následujících kroků (viz též obrázek ¹):

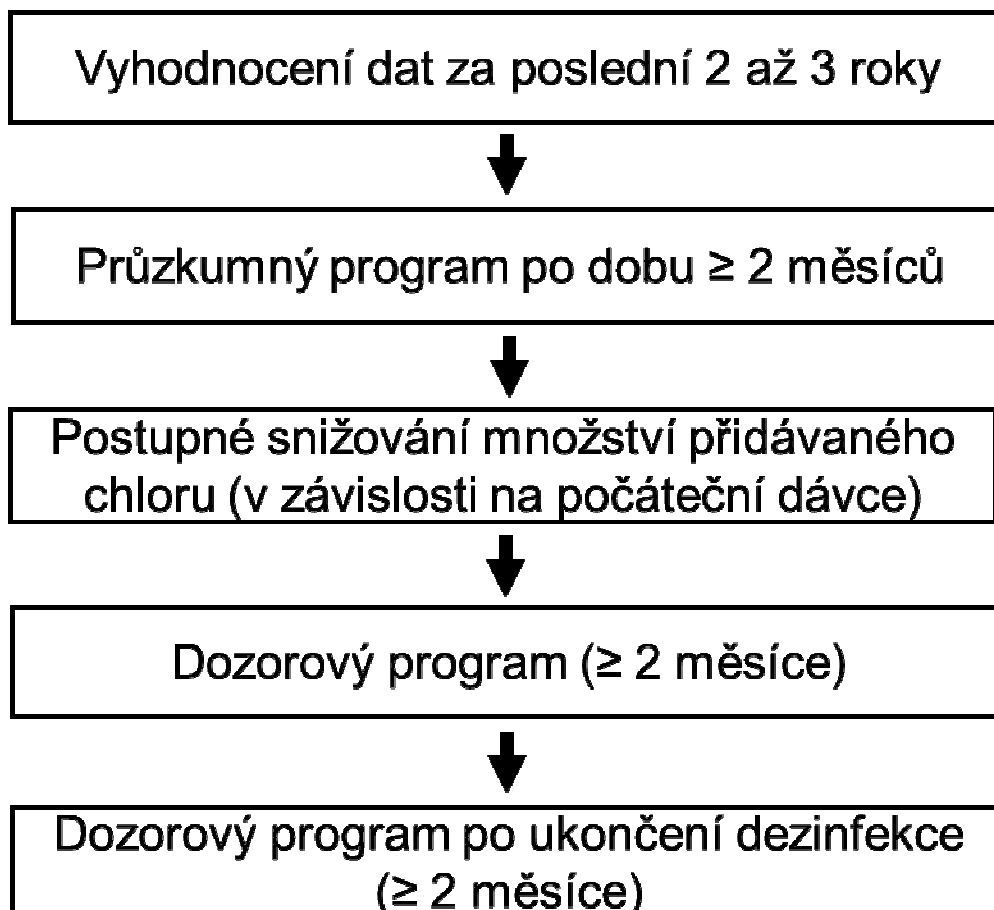
1. Nejprve je nutné prověřit, zda je v zásadě možné chlorování ukončit. To se provede vyhodnocením dat z rutinních vyšetření surové vody, z úpravy a ze sítě za poslední roky. Poté se výsledky tohoto vyhodnocení prezentují kompetentním zdravotním úřadům¹ a následuje diskuse o dalším postupu.

2. Před jakoukoli změnou režimu dezinfekce se po dobu nejméně dvou měsíců provádí průzkumný program, jehož cílem je zachytit skutečný stav vodovodní soustavy. V jeho rámci se stanoví reprezentativní odběrová místa a prověří se mikrobiologická situace včetně vyšetření obsahu nutrientů ve vodě a vyšetření tvorby biofilmu.

¹ V našich podmínkách krajské hygienické stanici – pozn. překl.

3. Pokud vyhodnocení dat a předběžný průzkumný program neukážou žádné abnormality, změní se režim dezinfekce. Zde se ukázalo, že při snižování množství dezinfekčního prostředku v krocích o 0,1 až 0,15 mg/l je riziko výskytu zvýšeného množství kolonií v síti v důsledku přebudování biofilmu nízké. Snižování dávek chloru je doprovázeno dozorovým programem, který trvá nejméně dva měsíce.

4. Po úplném ukončení dezinfekce se dále provádí dozorový program po dobu nejméně dvou měsíců. Pokud se nevyskytnou žádné negativní jevy, dá se předpokládat, že je možné trvale se obejít bez dezinfekčních prostředků.



Obr. 1. Postup při ukončování bezpečnostní dezinfekce

Výsledky

Koncepce znázorněná na obrázku 1 byla použita v praxi při prověřování možnosti ukončení dezinfekce na úpravně vody Rečkov a čerpací stanici Bradlec. Níže jsou uvedeny a objasněny základní výsledky.

Vyhodnocení dat

K analýze současného stavu byly detailně vyhodnoceny fyzikálně-chemické a mikrobiologické ukazatele z rutinních měření na úpravnách a v síti za období 2008 – 2011. Nebyly zjištěny žádné abnormality, které by svědčily proti realizaci průzkumu za

účelem změny dezinfekce.

Dozorový program

V následujícím kroku byla po odsouhlasení krajskou hygienickou stanicí a SZÚ stanovena odběrová místa pro dozorový program a stanoven rozsah sledovaných ukazatelů. Následující ukazatele byly stanovovány v 7 – 14ti denních intervalech resp. jednorázově:

- základní fyzikálně-chemické ukazatele
- počet kolonií² (KTJ při 22 °C a KTJ při 36 °C)
- počet kolonií při 22 °C po sedmidenní inkubaci (zvýšení senzitivity měření prodloužením doby inkubace)
- koliformní bakterie a *E. coli*
- AOC podle van der Kooije (jednotlivá měření na úpravnách a na jednom odběrném místě v síti)
- tvorba biofilmu (na úpravnách a na jednom odběrovém místě v síti).

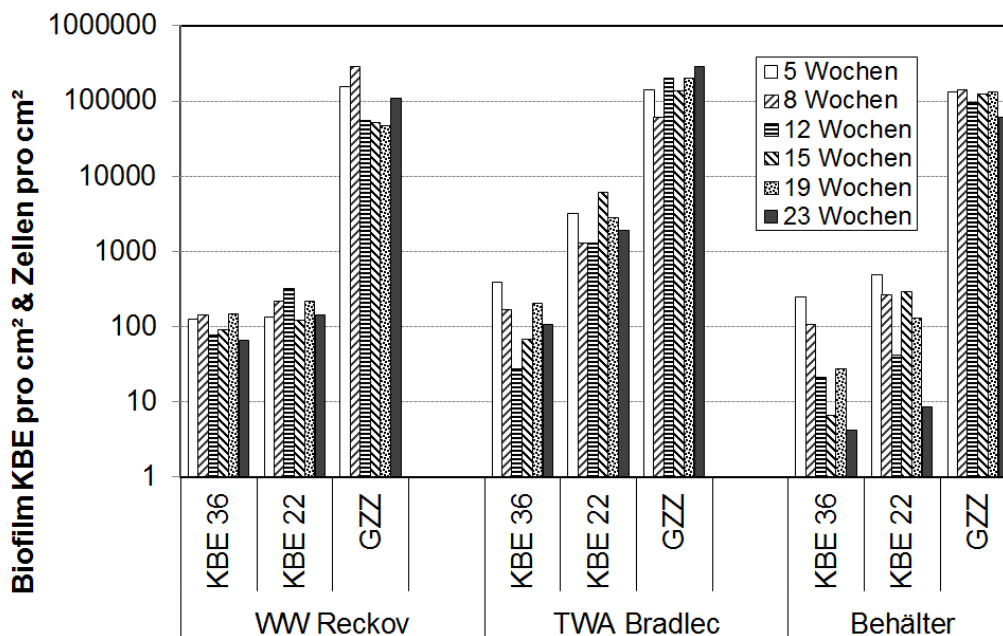
K odběru vzorků byla zvolena následující místa vodovodní soustavy:

- surová voda
- upravená voda před dezinfekcí
- upravená voda po dezinfekci
- 7 reprezentativních míst v různých oblastech rozvodné vodovodní sítě s různým stářím vody.

K charakteristice obsahu nutrientů byl ve vzorcích upravené vody před dezinfekcí a z jednoho odběrového místa v síti třikrát stanovován asimilovatelný organický uhlíkový (AOC), který tvoří tu část organického uhlíku ve vodě, kterou mohou využít bakterie v biomase. Byla naměřena v průměru hodnota cca 15 µg, která je charakteristická pro vodu o nízkém obsahu biologicky snadno využitelného organického uhlíku.

Rozhodující význam pro kvalitu pitné vody má biofilm tvořený bakteriemi usazenými na vnitřních plochách sítě. K prověření tvorby biofilmu byly na čerpacích stanicích Rečkov a Bradlec na výtoku z centrálních vodojemů instalovány monitory biofilmu a provozovány po dobu 23 týdnů. Monitor biofilmu obsahuje kusy potrubí, které se za účelem zkoumání biofilmu dají odebírat. Výsledky zkoumání biofilmu ukazuje obrázek 2. Hodnoty ukazatelů KTJ při 36 °C a KTJ při 22 °C byly na třech odběrových místech ve srovnání s jinými vodami v Německu na nízké úrovni, pohybovaly se převážně od cca 10 do 1000 KTJ/cm². Mikroskopicky určený celkový počet buněk byl při hodnotách kolem 100 000 buněk/cm² také poměrně nízký. Výsledky ukázaly nízký obsah nutrientů ve vodě a byly v souladu s výsledky stanovení AOC. Bylo jasné, že při této kvalitě biofilmu se nedá očekávat, že by docházelo ke zvýšenému uvolňování bakterií z biofilmu spojenému s výskytem bakterií ve vodě.

² Metoda uvedená ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., která je obdobná německému Nařízení o pitné vodě (Trinkwasserverordnung 2001) – pozn. překl.

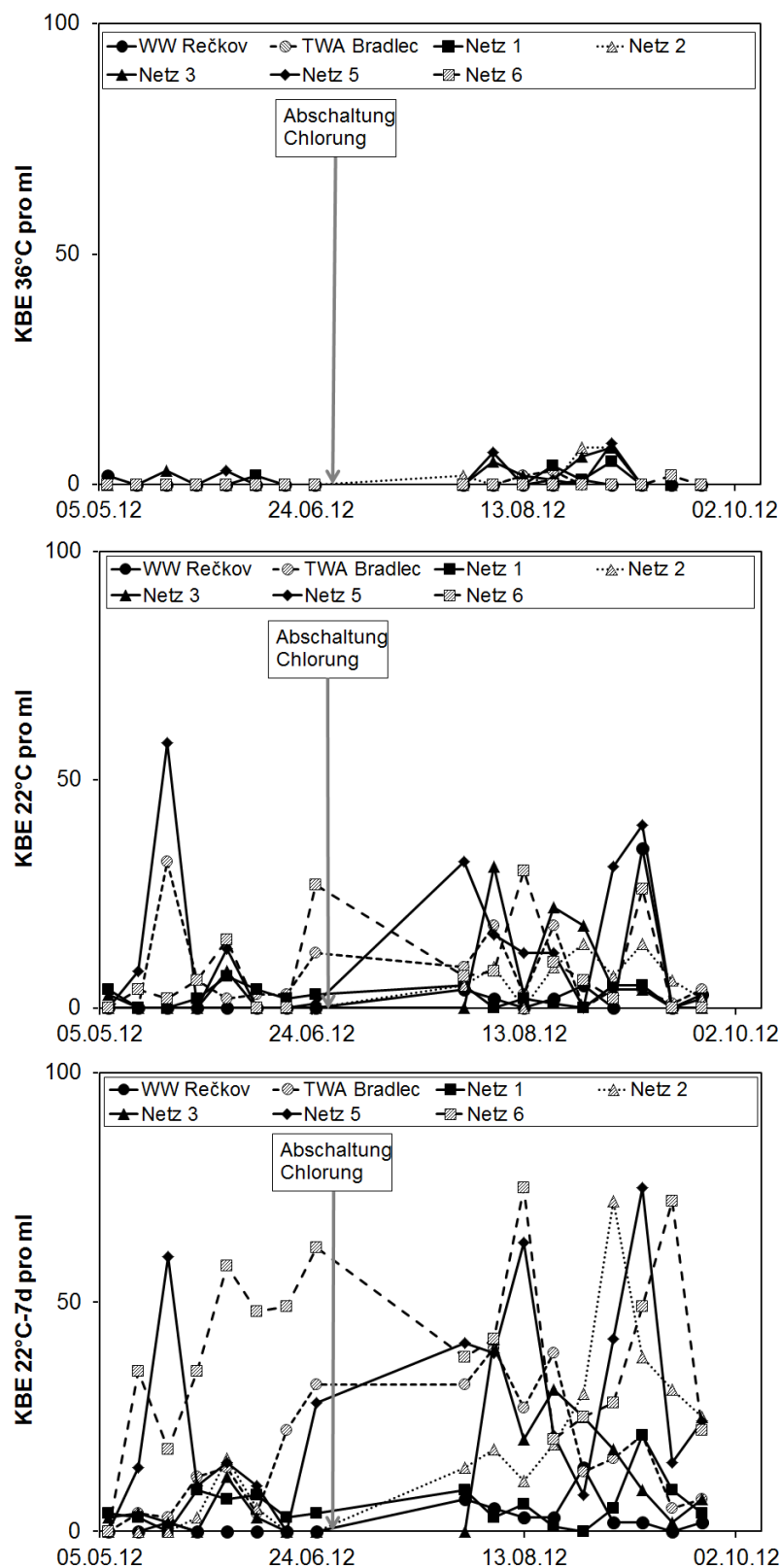


Obr. 2. Výsledky vyšetření biofilmu: počet kolonií při 22 a 36 °C (KBE22, KBE36) a celkový počet buněk (GZZ) na 1 cm² biofilmu. Legenda: WW=úpravna vody; TWA=čerpací stanice; Behälter=vodojem; Wochen=týdny

Výsledky průzkumu počtu kolonií na úpravkách a reprezentativních místech v síti (sít' 1, sít' 2, sít' 3, sít' 5, sít' 6) během předběžných vyšetření a po ukončení chlorování jsou uvedeny na obrázku 3. Při předběžných vyšetřeních byly počty kolonií při 36 °C a při 22 °C nízké. Vyšetření počtu kolonií po sedmidenní inkubaci (KTJ 22 °C-7d) ukázalo o něco vyšší hladinu hodnot, přičemž hodnoty se pohybovaly v relativně nízkém pásmu.

Vzhledem k tomu, že situace v síti, pokud jde o počet kolonií, byla stabilní a v rámci předběžné fáze nebyly prokázány žádné hygienicky relevantní bakterie, následovalo po souhlasu zúčastněné krajské hygienické stanice a SZÚ rozhodnutí ukončit chlorování. Jak je patrné z obrázku 3, změna režimu dezinfekce neměla vliv na stav kolonií. Hodnoty byly stabilně podobné jako ve fázi předběžného průzkumu.

Na rozdíl od počtu kolonií byla zaznamenána změna u koliformních bakterií. V období srpna a září 2012 se na odběrových místech v síti opakovaně vyskytly nálezy koliformních bakterií v nízké koncentraci od 1 do 8 KTJ/100 ml. Zkoumání příčin a zdroje průniku těchto bakterií ukázalo netěsnosti ve dvou centrálních vodojemech v rozvodné vodovodní soustavě. Těmito netěsnostmi mohla stropem vodojemu pronikat do nádrží povrchová (dešťová) voda. Vzhledem k tomu, že netěsnosti nebylo možné okamžitě odstranit, přistoupila vodárenská společnost na výstupu z jednoho vodojemu k chlorování a druhý vodojem byl dočasně odstaven z provozu.



Obr. 3. Výsledky stanovení počtu kolonií (nahore počet kolonií při 36 °C, uprostřed počet kolonií při 22 °C, dole počet kolonií při 22 °C po sedmidenní inkubaci). Legenda: WW = úpravná vody; TWA = čerpací stanice; Netz 1-6 = odběrová místa v síti; Abschaltung Chlorung – ukončení chlorování

Tabulka 1. Výsledky vyšetření koliformních bakterií v síti po zastavení chlorování (hodnoty: KTJ/100 ml)

Datum	Odběrová místa v síti					
	Sít' 1	Sít' 2	Sít' 3	Sít' 4	Sít' 5	Sít' 7
06.08.2012	0	0	3	3	0	8
13.08.2012	0	0	0	0	0	1
20.08.2012	1	0	0	0	0	0
27.08.2012	2	0	0	0	0	0
3.09.2012	1	1	4	3	0	1
10.09.2012	0	0	0	0	0	1
19.09.2012	0	0	0	0	0	0
24.09.2012	0	0	0	0	1	1

Vodárenská společnost VaK Mladá Boleslav se rozhodla odstranit netěsnosti a do srpna 2013 provést sanaci obou postižených vodojemů podle nejnovějších technických poznatků. K prověření vlivu sanace na kvalitu vody byly vodojemy v létě 2013 uvedeny do provozu, chlorování bylo zastaveno a v období od září do listopadu 2013 bylo opět přistoupeno k realizaci dozorového programu. Počty kolonií byly znovu stabilně nízké, stejně jako při měřeních v roce 2012. Jak je zřejmé z tabulky 2, již se nevyskytly nálezy koliformních bakterií, takže je možné předpokládat, že zdroje průniku bakterií byly odstraněny.

Tabulka 2. Výsledky vyšetření koliformních bakterií v síti po sanaci vodojemů (hodnoty: KTJ/100 ml)

Datum	Odběrová místa v síti						
	Sít' 1	Sít' 2	Sít' 3	Sít' 4	Sít' 5	Sít' 6	Sít' 7
09.09.2013	0	0	0	0	0	0	0
16.09.2013	0	0	0	0	0	0	0
23.09.2013	0	0	0	0	0	0	0
30.09.2013	0	0	0	0	0	0	0
07.10.2013	0	0	0	0	0	0	0
14.10.2013	0	0	0	0	0	0	0
21.10.2013	0	0	0	0	0	0	0
29.10.2013	0	0	0	0	0	0	0
04.11.2013	0	0	0	0	0	0	0
11.11.2013	0	0	0	0	0	0	0
18.11.2013	0	0	0	0	0	0	0
25.11.2013	0	0	0	0	0	0	0

Shrnutí

Předmětem zkoumání bylo zjistit, zda je možné ukončit bezpečnostní dezinfekci vodovodní soustavy, která zásobuje pitnou vodou Mladou Boleslav. K tomu posloužila strategie, kterou vyvinulo Technologické centrum voda při DVGW v Německu.

Z vyhodnocení dat rutinních vyšetření vody za uplynulé roky a z výsledků provedeného předběžného programu vyplynulo, že dezinfekce není nutná. Kromě toho pitná voda vykazovala nízký obsah nutrientů.

Po předběžné průzkumné fázi byla dezinfekce ukončena. Následně se neprokázal žádný vliv na stav počtu kolonií v rozvodné vodovodní soustavě. Hodnoty byly na stejné úrovni jako během provozování dezinfekce. V síti ovšem byly zjištěny koliformní bakterie. Ty byly vnášeny do soustavy netěsnostmi dvou centrálních vodojemů. Za účelem zamezení dalšího negativního hygienického ovlivňování vody bylo přistoupeno k opětovnému chlorování resp. k odstavení jednoho z vodojemů.

Po sanaci vodojemů bylo chlorování opět ukončeno a kvalita vody kontrolována v rámci dozorového programu. Nebyly již zjištěny žádné abnormální jevy, takže vodárenská společnost VaK Mladá Boleslav ukončila trvale dezinfekci vody a provozuje vodovodní síť města Mladá Boleslav bez dezinfekčních prostředků.

Literatura

- [1] DVGW Wasser-Information 81 (2013): Planung, Bau und Betrieb von Wasserverteilungssystemen unter dem Blickwinkel der Bewertung und Vermeidung von Aufkeimungserscheinungen (Plánování, výstavba a provozování rozvodných vodovodních soustav se zřetelem k hodnocení a eliminaci výskytu zvýšeného množství mikroorganismů).
- [2] Korth, A., Wricke, B. (2009): Qualitätssicherung bei der Wasserverteilung (Zajištění kvality při distribuci vody). Jubiläumsausgabe GWF 2009. S. 118-123.
- [3] Korth, A., Wricke, B. (2004): Stagnation – Veränderung der Trinkwassergüte (Stagnace – změna kvality vody). bbr 4/2004, S. 26-33.
- [4] Korth, A., Henning, L., Wricke, B. (2007): Erhöhte Koloniezahlen im Trinkwasserverteilungssystem – Ursachen und Gegenmaßnahmen (Zvýšené počty kolonií v rozvodné vodovodní soustavě – příčiny a nápravná opatření). bbr Jahremagazin 12/2007, S. 78 – 83.
- [5] Korth, A., Wricke, B. (2004): Entwicklung und Überprüfung einer Strategie zur Ablösung der chemischen Desinfektion bei Sicherung mikrobiologisch stabiler Verhältnisse im Leitungsnetz. Abschlussbericht zum DVGW-Forschungsvorhaben W 18/00 (Vypracování a prověření strategie k ukončení chemické dezinfekce při zajišťování mikrobiologicky stabilních poměrů ve vodovodní síti. Závěrečná zpráva k výzkumnému záměru DVGW W 18/00).