

Distribuce pitné vody bez zbytkové chemické dezinfekce: zdůvodnění, strategie a případová studie

František Kožíšek, Andreas Korth, Hana Jeligová, Jaroslav Šašek, Petr Pumann, Reik Nitsche

Úvod

Zavedení chemické dezinfekce pitné vody v první polovině 20. století, spolu s úpravou pískovou filtrací a vybudováním kanalizací, výrazně přispělo v průmyslově vyspělých zemích k omezení výskytu vodou přenosných chorob. Jejimi dalšími pozitivy jsou jednak oxidace (destrukce, změna formy) nežádoucích látek v rámci úpravy vody, a dále inhibice sekundárního pomnožování bakterií v distribuční síti. Přidání chloru či jiného oxidantu do vody však vyvolává také řadu nežádoucích chemických i biologických reakcí:

- oxidaci zbytkového rozpuštěného železa a manganu v síti,
- vznik toxických vedlejších produktů oxidace (dezinfekce),
- pachové a chutové problémy (vliv samotného oxidantu nebo vzniklých sloučenin),
- přeměnu vysokomolekulárních přírodních organických látek na jednodušší látky s nižší molekulovou hmotností, které jsou využitelné bakteriemi jako zdroj potravy a energie – snižování biologické stability vody – podpora sekundárního pomnožování bakterií v distribuční síti,
- úplnou inaktivaci indikátorových, ale jen částečnou inaktivaci některých patogenních mikroorganismů, což poskytuje falešně negativní obraz o nezávadnosti vody.



Zástupce SZÚ s pracovníky TZW



Šetření na jednom ze zemních vodojemů

Zda a nakolik se tyto reakce v určitém systému zásobování skutečně projeví, záleží – vedle řady jiných faktorů – především na složení vody a dávce a místě dávkování oxidantu.

Z výše uvedeného je zřejmé, že je nutné pečlivě vyvažovat benefity a rizika chemické dezinfekce, zejména když víme, že místo ní můžeme k zabezpečení mikrobiologické nezávadnosti vody použít i jiné nástroje a že stížnosti týkající se chlorového pachu a chuti vody a obavy z jeho toxických účinků představují prioritní problém pitné vody v očích většiny spotřebitelů. Neznámé složení i toxicita směsi vedlejších produktů chlorování jsou zase noční můrou odpovědných hygieniků.

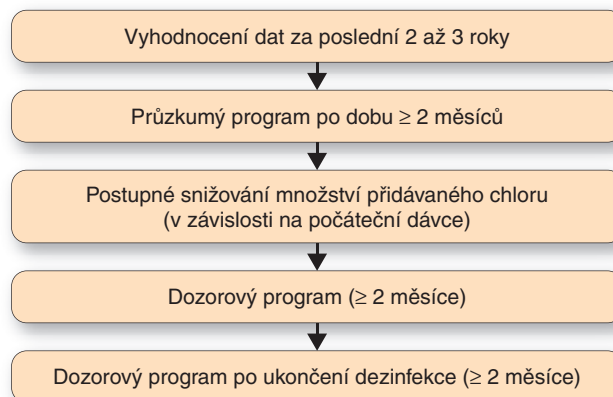
Z těchto důvodů Státní zdravotní ústav (SZÚ) již řadu let propaguje distribuci (a pokud to je možné i výrobu) pitné vody bez chloru, což je praxe široce rozšířená a mezi spotřebiteli velmi oblíbená v řadě zemí, např. v Nizozemí (kde je bez použití chloru či jiného oxidantu vyráběno více než 95 % pitné vody), Švýcarsku, Rakousku, Německu ad. V České republice se naopak ještě deset let poté, co legislativa již žádnou přítomnost chloru ve vodě nevyžaduje, stále setkáváme s překvapivými reakcemi provozovatelů, zda je to vůbec z právního hlediska možné.

Těto problematice již byly věnovány samostatné bloky na konferencích Pitná voda v Táboře v roce 2010 a 2014 [1– 6]. Zde je shrnut poslední vývoj a především představeny praktické zkušenosti z projektu „Ukončení či omezení dávkování chloru u vybraných vodovodů provozovaných společnostmi VaK Mladá Boleslav“.

Dezinfekce vody a její vliv na výskyt bakterií v potrubí

Dezinfekce na úpravě vody je zapotřebí provádět v případě, že má výrobce k dispozici mikrobiologicky znečištěnou surovou vodu. Většina vodárenských společností v ČR však vedle toho provádí ještě tzv. bezpečnostní chlorování vody. Dochází k němu po úpravě nebo v podobě následné dezinfekce v síti. Cílem má být usmrcení nežádoucích bakterií, které by mohly do vody proniknout např. při prasknutí potrubí a poklesu tlaku, a dále zamezit zvyšování počtů kolonií během distribuce vody.

Pokud se jedná o první účel, bylo již dříve [3] ukázáno, že kdyby skutečně došlo k masivnímu vniknutí znečištěné vody do potrubí, nemůže být používána koncentrace chloru (do 0,3 mg/l) v žádném případě účinná a zabezpečit potřebnou dezinfekci. Pokud se jedná o druhý účel, omezení druhotného pomnožování bakterií v rozvodné síti (připomínáme, že skutečné patogenní mikroorganismy se nemohou v pitné vodě pomnožovat, ale jen přežívat), německé výzkumné pracoviště DVGW Technologiezentrum Wasser Karlsruhe – pobočka Dráždany (dále jen TZW) v posledních letech řešilo rozsáhlé výzkumné projekty zabývající se právě procesy spojenými se změnami počtu kolonií během distribuce vody. Základní poznatky z výzkumu byly uveřejněny v bulletinu DVGW „Wasser-Information“ č. 81 [8]:



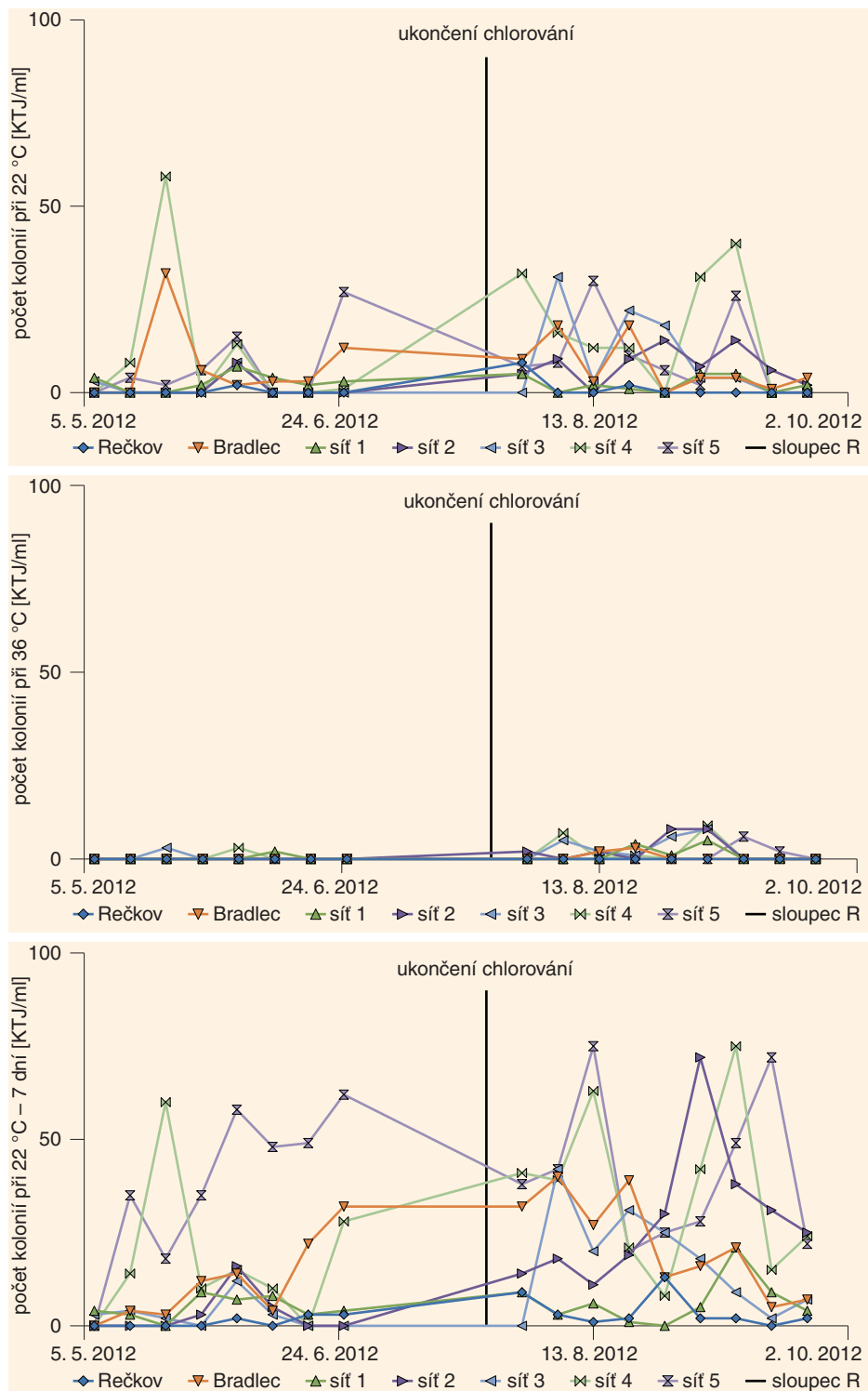
Obr. 1: Postup při ukončování bezpečnostní dezinfekce [5]

- Kvalita vody ve vodovodní síti je významně determinována procesy v biofilmu vytvořeného na vnitřních plochách sítě. Nárůst bakterií zachycovaných metodou stanovení počtu kolonií je ve volné vodě 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 počtů kolonií ve vodě je stav biofilmu – pokud je stabilní, uvolňují se z něj bakterie velmi málo.
- Teplotní výkyvy, k nimž dochází v síti, ovlivňují za jinak stabilních podmínek vývoj počtu kolonií jen nevýznamně. Rovněž změny v obsahu nutričních složek 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 či oxidem chloričitým. 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 organickými látkami může docházet k dodatečnému zvýšení asimilovatelného organického uhlíku (AOC), který tvoří tu část organického uhlíku ve vodě, kterou mohou využít bakterie v biomase jako potravu. Naopak při stabilních poměrech, stejně jako při provozování sítě bez dezinfekčního prostředku, je úroveň počtu kolonií stabilní.

Ukazuje se, že pokud je voda biologicky stabilní a potrubí je vyrobeno z vhodných materiálů nepodporujících růst bakterií, nemá délka zdržení vody významný vliv na pomnožování bakterií v síti.

Strategie přechodu na bezchlorovou distribuci pitné vody

Jestliže jde o ukončení bezpečnostní dezinfekce, 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. Následkem toho se po dobu několika týdnů, než se vytvoří stabilní biofilm, mohou z povrchů do vodní masy ve zvýšené míře uvolňovat bakterie a ve vodě je možné naměřit zvýšené počty kolonií. V některých případech z praxe v Německu byly také 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 [5].



Obr. 2: Výsledky stanovení počtu kolonií (nahore počet kolonií při 22 °C, uprostřed počet kolonií při 36 °C, dole počet kolonií při 22 °C po sedmidenní inkubaci)

Pracovníci TZW A. Korth a B. Wricke již v roce 2004 vypracovali obecnou strategii ukončení chemické dezinfekce [9], která sestává z následujících kroků (viz též obrázek 1):

1. Nejprve je nutné prověřit, zda je vůbec 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 úřadům (v ČR krajské hygienické stanici) a následuje diskuze 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 nutričních složek ve vodě a vyšetření tvorby biofilmu.
3. Pokud vyhodnocení dat a předběžný průzkumný program neukážou žádné abnormality, změní se režim dezinfekce. Při snižování množství dezinfekčního prostředku v krocích 0, 0,1 až 0,15 mg/l je riziko výskytu zvýšené-



Odběr vzorků na stanovení AOC

ho množství kolonií v síti v důsledku přebudování biofilmu nízké. Snížení dávek chloru je doprovázeno dozorovým programem, který trvá nejméně dva měsíce.

- 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 se trvale obejít bez dezinfekčních prostředků.



Prohlídka věžového vodojemu



Monitor tvorby biofilmu instalovaný na čerpací stanici



Zhlaví jednoho z vrtů

Počátek spolupráce s VaK Mladá Boleslav

Na počátku spolupráce byl dotaz vedení společnosti Vodovody a kanalizace Mladá Boleslav (VaK MB), jaký je názor SZÚ na nápad zlepšit kvalitu dodávané vody náhradou plynného chloru nebo chlornanu sodného jiným oxidantem. Po seznámení s místní situací (kvalitní podzemní zdroje, ochota provozovatele zlepšovat kvalitu vody nad rámec minimálních hygienických požadavků ad.) bylo navrženo, že by nejlepším opatřením bylo úplné vyloučení chemické dezinfekce tam, kde pro to existují vhodné podmínky. Zároveň byly vysvětleny, jaké jsou v tomto směru současné legislativní hygienické požadavky a co by pro to bylo potřeba udělat. Počáteční váhání a nedůvěru provozovatele vůči tomuto řešení pomohla překonat návštěva Berlínských vodáren, kde jsou tři miliony obyvatel zásobováni pitnou vodou bez jakéhokoli dezinfekčního přípravku již více než 25 let (ve východní části Berlína od roku 1990, v západní části již od konce 70. let), aniž by došlo k nějaké epidemii či ohrožení zdraví odběratelů.

Pro první fázi projektu navrhl VaK MB na jaře 2010 osm vodovodů zásobovaných z kvalitních podzemních zdrojů, včetně skupinového vodovodu Mladá Boleslav. Nejprve pracovníci SZÚ navštívili čtyři menší vodovody a na všech přístupných objektech provedli hygienické šetření. Následně SZÚ pro tyto vodovody zpracoval rizikovou analýzu s doporučením dalšího postupu – jaká nápravná opatření je třeba provést a za jakých dalších podmínek je možné chlorování ukončit, resp. oficiálně ukončit, protože na některých vodovodech již dříve probíhala dezinfekce ve velmi omezené míře co do dávky i četnosti dávkování. Výsledkem bylo doporučení, že u třech vodovodů je možné chlorování ukončit prakticky ihned. U čtvrtého vodovodu, jehož podzemní zdroj je zřejmě pod vlivem povrchové vody, bylo doporučeno instalování UV-lampy.

Do další etapy projektu měl být zahrnut velký vodovod v Mladé Boleslavi, zásobující cca 60 tisíc obyvatel. Vzhledem k nedostatku zkušeností pracovníků SZÚ s tak velkou distribuční sítí, bylo doporučeno přizvat k práci na projektu v Mladé Boleslavi i TZW, které se na mikrobiologický výzkum distribučních sítí specializuje, a to včetně sítí bez chemické dezinfekce, a má vypracovanou zmíněnou strategii přechodu z chlorové distribuce vody na bezchlorovou. VaK MB s nabídkou souhlasil, stejně jako TZW podílet se na této zakázce.

První pracovní schůzka s TZW v Mladé Boleslavi se konala počátkem roku 2012. Zástupci TZW na ní nastíhli jednotlivé etapy a principy strategie přechodu na bezchlorovou distribuci vody, byly dohodnuty role a úkoly všech subjektů a specifikována data potřebná pro úvodní zhodnocení situace a vypracování plánu strategie. V rámci otevřenosti a transparentnosti jednání byli na všechna jednání i terénní šetření zváni i pracovníci Krajské hygienické stanice (KHS) Středočeského kraje –

územního pracoviště Mladá Boleslav, kteří se také všech jednání a některých šetření osobně zúčastnili.

SZÚ v projektu zajišťoval koordinaci spolupráce s TZW (včetně tlumočení), odbornou záštitu akce vůči orgánu ochrany veřejného zdraví (KHS), přípravu dat o kvalitě vody, zdrojích a distribuční síti ve vhodném formátu pro TZW, provádění místního hygienického šetření na všech přístupných objektech vodovodu za účelem identifikace nebezpečí a hodnocení rizik (+ navržení nápravných opatření), konzultaci o dalším postupu v případě problémových situací, konzultaci úprav provozního řádu, aby mohl být schválen KHS.

Jednou z hlavních obav provozovatele bylo, jak v budoucnu provádět bezpečně zásahy do sítě (např. při opravách), když ve vodě nebude už žádné reziduum dezinfekce. Proto SZÚ na základě rešerše a konzultací s TZW zpracoval pro provozovatele zásady správné praxe při výstavbě a opravách vodovodní sítě z hlediska prevence mikrobiologické kontaminace vody, které pak bylo vydáno jako metodické doporučení SZÚ [7].

Aplikace postupu na skupinovém vodovodu Mladá Boleslav a jeho výsledky

Strategie znázorněná na obrázku 1 byla také použita v praxi při prověřování možnosti ukončení dezinfekce na vodovodu v Mladé Boleslavi. Město a přiléhající obce jsou zásobovány pitnou vodou ze dvou zdrojů. Na úpravě vody Rečkov se upravuje voda jímaná artézskými vrty z hloubky více než 100 m; úprava spočívá v aeraci a pískové filtraci, která odstraňuje železo a mangan. Voda procházející čerpací stanicí Bradlec se čerpá z několika vrtů o hloubce přibližně 30 m a přes akumulaci nádrží se po smíchání s vodou z Rečkova ve vodojemu dodává do vodovodní sítě. Protože kvalitní voda z Rečkova může pokrýt celou spotřebu, je prameniště Bradlec využíváno jen doplňkově jako záložní zdroj.

K analýze současného stavu byly detailně vyhodnoceny fyzikálně-chemické a mikrobiologické ukazatele z rutinních měření na úpravárnách a v síti za období 2008–2011. Nebyly zjištěny žádné abnormality, které by svědčily proti realizaci průzkumu za účelem změny dezinfekce. V následujícím kroku byla stanovena odběrová místa pro dozorový program a stanoven rozsah sledovaných ukazatelů, které byly stanovovány v 7–14 denních intervalech: základní fyzikálně-chemické ukazatele; počet kolonií při 22 °C a při 36 °C; počet kolonií při 22 °C po sedmidenní inkubaci (zvýšení senzitivity měření prodloužením doby inkubace); koliformní bakterie a *E. coli* (obě stanoveny metodou Colilert). 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. Všechny tyto odběry i rozbory zajišťovala laboratoř provozovatele (VaK MB). TZW provádělo jen speciální vyšetření na AOC a biofilm.

K charakteristice obsahu nutrientů byl vedle zmíněných ukazatelů ve vzorcích upravené vody před dezinfekcí a z jednoho odběrového místa v síti třikrát stanovován AOC. V průměru byla naměřena hodnota cca 15 µg, která je charakteristická pro vodu o nízkém obsahu biologicky snadno využitelného uhlíku. Podobně příznivé výsledky byly zjištěny i při rozborech biofilmu odebraných ze speciálních monitorovacích zařízení, vystavených vodě po 23 týdnů. Podrobnější výsledky byly již publikovány jinde [5].

Výsledky průzkumu počtu kolonií na úpravárnách a reprezentativních místech v síti během předběžných vyšetření a po ukončení chlorování jsou v přehledu uvedeny na obrázku 2. Při předběžných vyšetřeních byly počty kolonií při 36 °C a při 22 °C nízké. Vyšetření počtu kolonií po sedmidenní inkubaci ukázalo o něco vyšší hladinu hodnot, přičemž hodnoty se pohybovaly v relativně nízkém pásmu. Vzhledem k tomu, že počet kolonií v síti byl stabilní a v rámci předběžné fáze nebyly prokázány žádné hygienicky relevantní bakterie, následovalo po souhlasu KHS a SZÚ rozhodnutí ukončit chlorování.

Jak je patrné z obrázku 2, i po úplném ukončení dezinfekce zůstaly počty kolonií stabilní, podobně jako ve fázi předběžného průzkumu.

Objevil se však problém s nálezem koliformních bakterií. V srpnu a září 2012 se na odběrových místech v síti opakovaně vyskytly v nízké denzitě od 1 do 8 KTJ/100 ml. Zkoumání příčin a zdroje průniku těchto bakterií ukázalo netěsnosti ve dvou centrálních vodojemech, v důsledku čehož mohla stropem vodojemu pronikat do nádrží povrchová (dešťová) voda. Zjištěné závady nebylo možné vzhledem k roční době okamžitě odstranit, proto vodárenská společnost obnovila v nízké dávce chlorování na jednom vodojemu, zatímco druhý vodojem byl dočasně odstaven z provozu. Sanace obou postižených vodojemů podle současného technické-

ho standardu pak proběhla během jara 2013. 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 byl opět realizován dozorový program. Počty kolonií byly, stejně jako při měřeních v roce 2012, opět stabilně nízké. Zároveň se již nevyskytly nálezy koliformních bakterií, takže bylo možné předpokládat, že zdroje jejich průniku byly odstraněny.

Od prosince 2013 je vodovodní síť skupinovému vodovodu Mladá Boleslav provozována bez dezinfekčních prostředků.

Úloha hygienické služby v projektech přechodu na bezchlorovanou distribuci pitné vody

Pracovníci místní KHS by měli být vždy od počátku přivzváni k projektu, jak je pravidlem i v jiných zemích. Je potřeba jim proces na začátku transparentně vysvětlit, protože oni budou nakonec tím orgánem, který změnu schválí (tím, že schválí nutnou změnu provozního řádu) a v průběhu projektu budou mít porozumění pro případné vznikající nedostatky a problémy. U neprofesionálních provozovatelů malých vodovodů, kteří nemají často potřebné odborné a technické znalosti, by mohli pracovníci KHS pomoci s rizikovou analýzou, ať už v rámci hygienického (místního) šetření nebo s vyhodnocením rizik. Pod pojmem hygienické (místní) šetření rozumíme prohlídku všech částí systému zásobování, zaměřenou na odhalení poruch a závad představujících nebezpečí pro kvalitu dodávané vody.

Ministerstvo zdravotnictví ve spolupráci se SZÚ by měly pro tento nový přístup a proces vytvářet vhodné prostředí jak legislativní, tak informační. Z legislativní oblasti lze uvést např. vypuštění požadavku na minimální obsah chloru ve vodě (2004) nebo úpravu limitů pro počty kolonií (2014). Především bude potřeba seznámit s touto problematikou pracovníky KHS, aby jim nepřipadala cizí a a priori k ní nepřístupovali s nedůvěrou nebo předsudky. SZÚ může v případě potřeby poskytovat konzultace jak krajským hygienickým stanicím, tak provozovatelům, kteří takový projekt řeší. SZÚ také zpracovává obecné odborné podklady využitelné pro tyto projekty [7,10], nebo se jich může přímo účastnit jako v případě Mladé Boleslavi.

Závěr

Spolupráce s TZW na projektu v Mladé Boleslavi byla velkou školou porozumění procesům ve vodě v distribuční síti, a to i pro velmi zkušené pracovníky provozovatele i hygienické služby. Tato zkušenost by mohla přispět ke změně dosavadní představy o vodovodní síti, se kterou se u nás dosud převážně setkáváme: vodovodní síť je něco jako „černá skříňka“, do které nikdo nevidí a o které přesně neví, co se vlastně uvnitř děje a tedy co od ní lze (na výstupu) očekávat.

V předešlých letech však bylo realizováno několik výzkumných projektů, zejména v Německu, zaměřených na porozumění (mikro)biologickým procesům v distribučních sítích. Mnoho nových poznatků ověřených v praxi činí z distribuční sítě logický systém, který reaguje předvídatelně v závislosti na vstupech (podmínkách), které je možné kontrolovat. Představa „černé skříňky“ se zdá být překonaná, protože vodovodní síť se chová spíše podle známého přísloví „jak se do lesa volá, tak se z lesa ozývá“. Neboli, převedeno do vodárenské praxe, připravíme-li bakteriím v síti vhodné podmínky, „odvděčí“ se nám zvýšenými počty – a naopak. Praxe ukazuje, že udržování dezinfekčního rezidua v distribuované vodě má nejen nežádoucí dopad na senzorickou a chemickou kvalitu vody, ale často je paradoxně i kontraproduktivní z hlediska mikrobiologického. Podle zkušeností pracovníků berlínských vodáren došlo po několika týdnech po ukončení chlorování k trvalému snížení nalézáných počtů kolonií v distribuční síti.

Provádění místního šetření a posouzení závažnosti nalezených závad doporučujeme spojit se zpracováním plánů pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou (water safety plan – WSP), jejichž tvorba bude v blízké budoucnosti závazná. Metodika plánu jednak poskytuje vhodný nástroj pro posouzení a řízení rizik, jednak je pro provozovatele nejlepším a transparentním důkazem, jak orgán ochrany veřejného zdraví i veřejnost přesvědčit, že má situaci v zásobování vodou pod kontrolou [11].

Výrobu a distribuci vody bez chemické dezinfekce s vědomou kontrolou všech potenciálních rizik lze považovat za správnou provozní praxi, která naplňuje oficiálně deklarovaný cíl moderního vodárenství: „**Cílem je dobrá nezávadná pitná voda, která se těší důvěře spotřebitelů.**“

Voda, kterou lze nejen bez obav pít, ale u níž spotřebitel zároveň oceňuje její estetickou kvalitu.“ [12].

Skupinový vodovod Mladá Boleslav je se svými cca 60 tisíci spotřebiteli zatím největším tuzemským vodovodem, kde se při úpravě ani při distribuci nepoužívá chlor ani jiný dezinfekční prostředek. Může tak sloužit dalším zájemcům jako vhodný referenční objekt pro získání cenných zkušeností, kdyby se rozhodli orientovat svůj provoz stejným směrem.

Literatura

1. Kožíšek F. Proč voda s chlorem, proč voda bez chloru? In: Sborník z X. ročníku konference PITNÁ VODA 2010, konané v Táboře 17.–20. 5. 2010; str. 35–40. Vydal W&ET Team, České Budějovice 2010.
2. Jeligová H, Kožíšek F. Výhody a nevýhody zbytkového chloru z hlediska chemického. In: Sborník z X. ročníku konference PITNÁ VODA 2010, konané v Táboře 17.–20. 5. 2010; str. 47–52. Vydal W&ET Team, České Budějovice 2010.
3. Šašek J. Výhody a nevýhody zbytkového chloru z hlediska mikrobiologického. Sborník z X. ročníku konference „PITNÁ VODA 2010“, Tábor 17.–20. 5. 2010; str. 41–46. Vydal W&ET Team, České Budějovice 2010.
4. Kožíšek F, Jeligová H, Pumann P, Šašek J. Stanovisko a úloha hygienické služby při ukončení dezinfekce na skupinovém vodovodu v Mladé Boleslavi. In: Sborník z XII. ročníku konference PITNÁ VODA 2014, konané v Táboře 26.–29. 5. 2014; str. 145–149. Vydal W&ET Team, České Budějovice 2014.
5. Korth A, Nitsche R. Provozování vodovodní sítě města Mladá Boleslav bez chemické dezinfekce. In: Sborník z XII. ročníku konference PITNÁ VODA 2014, konané v Táboře 26.–29. 5. 2014; str. 151–158. Vydal W&ET Team, České Budějovice 2014.
6. Žitný T. Praktické zkušenosti provozovatele s ukončováním chemické dezinfekce. In: Sborník z XII. ročníku konference PITNÁ VODA 2014, konané v Táboře 26.–29. 5. 2014; str. 159–162. Vydal W&ET Team, České Budějovice 2014.
7. Kožíšek F, Šašek J, Pumann P, Jeligová H. Metodické doporučení NRC pro pitnou vodu „Zásady správné praxe při výstavbě a opravách vodovodní sítě z hlediska prevence mikrobiologické kontaminace vody“. SOVAK 2014;23(7–8): 234–239.
8. DVGW Wasser-Information 81 (2013): Planung, Bau und Betrieb von Wasser-Verteilungssystemen 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).
9. 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).
10. Kožíšek F, Kos J, Pumann P. Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství. Sovak, Praha 2006.
11. Plány pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou („water safety plans“). Dostupné on-line: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/plany-pro-zajisteni-bezpecneho-zasobovani-pitnou-vodou-water>.
12. IWA (International Water Association): Bonnská charta pro bezpečnou pitnou vodu. SOVAK 2005;14(7–8):20–23.

MUDr. František Kožíšek, CSc., MUDr. Hana Jeligová,
RNDr. Jaroslav Šašek, Mgr. Petr Pumann
Státní zdravotní ústav
e-mail: voda@szu.cz

Dr. Andreas Korth, Reik Nitsche
DVGW Technologiezentrum Wasser (TZW), Außenstelle Dresden
e-mail: andreas.korth@tzw.de