



voda

ZLÍN 2014

XVIII. MEZINÁRODNÍ
VODOHOSPODÁŘSKÁ
K O N F E R E N C E
13. - 14. 3. 2014
HOTEL MOSKVA

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ



voding
Hranice spol. s r.o.

NATURAL

PAM

Trubky a tvarovky z tvárné litiny
pro vodovodní a požární systémy



TRUBKY NATURAL – BioZinalium

Vnější povrch:

400 g/m² žárově nanášené slitiny Zn/Al (Cu)
s krycím vodou ředitelným nátěrem Aquacoat®

Vnitřní potvrch:

odstředivě nanášená cementová výstýlka

Úhlové vychýlení:

spoj STANDARD – 5° (DN 60-300)
– 4° (DN 350-1000)

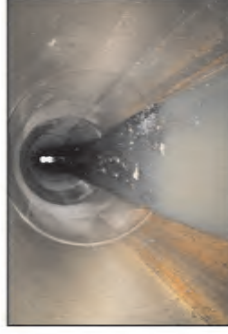
TVAROVKY NATURAL

Vnější a vnitřní povrch:

modrý epoxid nanášený katarforézou

ČSN EN 545

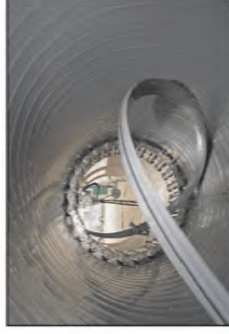
PAM
SAINT-GOBAIN



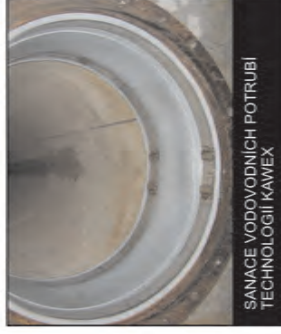
TRUBNÍ VEDENÍ PO SANACI
BEZVÝKOPOVOU TECHNOLOGIÍ KAWO



PROCES POLYMERACE VÝSTÝLKY
KAWO



SANACE PRŮLEZNÝCH PROFILŮ
NAVJENOU TECHNOLOGIÍ SPR - SYSTÉM



SANACE VODOVODNÍCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ KAWEX



SANACE POTRUBÍ EPOXIDOVÝM
NÁSTRÍKEM - TECHNOLOGIE M SYSTÉM



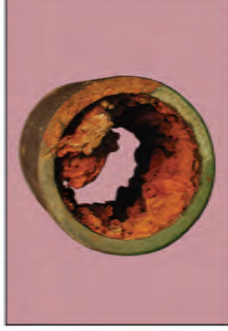
DIAGNOSTIKA PODZEMNÍCH TRUBNÍCH
VEDENÍ TV - KAMEROU



PRÁCE KANALIZAČNÍM ROBOTEM KAWO
PRO LOKÁLNÍ OPRAVY POTRUBÍ



ÚPRAVA NÁPOJENÍ DOMOVNÍCH KANALIZAČNÍCH
PŘÍPOJEK NA HLAVNÍ ŘAD - TZV KAWO - KLOBOUK



VODOVODNÍ POTRUBÍ S NECHRÁNĚNÝM
VNITŘNÍM POKRÝVEM



ČIŠTĚNÍ KANALIZAČNÍCH SBĚRAČŮ
KOMBINOVANÝMI VOZY AQUATECH



SCHEMA INSTALACE VÝSTÝLKY
KAWO DO PORUŠENÉHO POTRUBÍ



SANACE BEZVÝKOPOVOU TECHNOLOGIÍ
OMEGA LINER



SANACE LOKÁLNÍCH PORUCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ KAWO - LOCAL



SANACE POTRUBÍ NÁSTRÍKEM
TECHNOLOGIE SS SYSTÉM

Sborník příspěvků
VODA ZLÍN 2014

Vydal: Moravská vodárenská, a.s., Tovární 41, 779 00 Olomouc

Grafická úprava a litografie: Bořek Procházka – Produkce, Zlín

Tisk: Tigris, spol. s r. o., Zlín

1. vydání, březen 2014

Náklad: 250 ks

ISBN 978-80-905716-0-0

Aktuální situace v českém vodárenství a jeho budoucí směřování	
Barák František	5
Kontrola kvality pitné vody z pohledu praxe	
Kyncl Miroslav, Kučerová Tereza, Žižková Veronika	13
Moderní trendy v hospodaření s vodou vs. vodohospodářské společnosti	
Beneš Ondřej, Chudoba Pavel, Král Pavel	19
Zásobovanie pitnou vodou v období krízovej situácie v SR	
Kriš Jozef, Galík Matúš	25
Problematika zásobování vodou v nestandardních situacích	
Novák Jiří, Látal Milan	31
Faktory ovlivňující denní potřebu vody Brněnské vodárenské soustavy	
Višcor Pavel	37
Trubní materiály používané pro výstavbu vodovodů v historii	
Coufal Marek	43
Systémová integrácia a automatizácia v oblasti odpočtu, kontroly rozvodu a kvality vody	
Gáboríková Boleslava	49
Zkušenosti z přípravy a realizace násoskových a výtlačných potrubí v jímacím území a zásobních řadů skupinového vodovodu	
Barborik Juraj	55
Legionely ve vodovodním distribučním systému	
Javoříková Eva	61
Prevence v oblasti prodloužení životnosti potrubí z tvárné litiny	
Pfleger Miroslav	65
ÚV Káraný – posouzení technického vybavení 1. a 2. výtlačného řadu pro zpětný proplach. Technická opatření.	
Berka Jan, Vožeh Arnošt, Herčík Ladislav	69
Intenzifikace úpravy vody Březovice	
Písek Lukáš, Břicháček Antonín	75
Využitie oxidu ceričitého (READ-As) v úprave vody	
Ilavský Ján, Barloková Danko, Munka Karol	81
Úprava vody Lomnička	
Látal Milan, Jedličková Zdeňka	87
Možnosti využitia rôznych typov nitrifikačných reaktorov pri úprave vody	
Munka Karol, Karácsonyová Monika, Slovinská Margita, Varga Stanislav	91
Vodárenské poklopy – opomíjená problematika	
Janský Josef	97
Biocidní účinek nanočástic kovů ve filtrační náplni vzduchových filtrů	
Říhová Ambrožová Jana, Říha Jaroslav, Adámková Pavlína, Škopová Vladimíra	101
Oprava vodárenské nádrže Stanovnice a její dopad na úpravnu vody Karolinka	
Korabík Michal, Jurenka Milan	107

Porovnanie účinnosti modifikovaných zeolitov z rôznych lokalít v úprave vody	
Barloková Danka, Ilavský Ján	111
Technický audit čerpacích staníc pitné vody	
Tuhovčák Ladislav, Tauš Miloslav, Marčík Miroslav	117
ÚV Hradec Králové – návrh, dodávka, montáž a zprovoznění drenážního systému Triton	
Boráň Jaroslav, Novotný Václav, Humený Dušan, Adler Pavel, Král Pavel	121
Aktualizácia účinných pesticídnych látok vo vodách	
Bratská Zuzana	125
Zvýšení kapacity zdroje Ivančice umělou infiltrací	
Baránek Petr	129
Rekonstrukce ÚV Kroměříž – nové technologické postupy – vyhodnocení 1. etapy zkušebního provozu	
Adler Pavel, Darmovzal Oldřich, Lejsal Ladislav, Vedra Petr	135
Porovnání konvenčního a jednosměrného proplachování vodovodní sítě	
Macek Lubomír, Škripko Jan	147
Aktualizované stanovisko Státního zdravotního ústavu k zdravotnímu riziku azbestocementového potrubí	
Kožíšek František, Pumann Petr	157
V čem spočívá chystaná novela směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu?	
Kožíšek František	163
Nanostříbro jako účinný biocidní prostředek	
Adámková Pavlína, Říhová Ambrožová Jana, Škopová Vladimíra	167
Možnosti řízení vodárenské soustavy Svitavsko	
Lindovský Milan, Kročová Šárka, Hurych Jaromír	173
Metodika hodnocení stavu objektů pro jímání podzemní vody s využitím vícekritériální analýzy	
Slavičková Kateřina, Ježková Blanka	181
Vodárenský dispečink z pohledu počítačové bezpečnosti	
Fojtů Josef	187
Měření kvality elektrické sítě	
Obdržálek Přemysl	191
Agresivní vlastnosti vody v distribuční síti	
Skalický Michal, Buriánek Pavel	193
Zkušenosti v odlad'ování automatizovaných systému řízení technologie	
Tomek Miroslav, Širotek Karel	199
Inzerát M Plast, spol. s r.o.	205
Inzerát Eurowater, spol. s r.o.	206
Inzerát JAKO spol. s r.o.	207
Inzerát GRUNDFOS	210
Poznámky	208



Aktuální situace v českém vodárenství a jeho budoucí směrování

František Barák
předseda představenstva SOVAK ČR

VODA ZLÍN 2014



Cíl a poslání oboru vodovodů a kanalizací

- Zásobování obyvatel a průmyslu pitnou vodou
- Odkanalizování a vyčištění odpadních vod
a návrat zpět přírodě

Předpoklady pro zásobování obyvatel pitnou vodou

■ Dostatečné zdroje surové vody

(Vodní zákon, role státu v ochraně povrchové
a podzemní vody, hospodárné využívání vodních zdrojů)

■ Provozoschopný vodárenský majetek

(Zákon o vodovodech a kanalizacích, 85 % majetku patří
obcím)

Vodárenský majetek v ČR (2012)

Vodovodní síť	75 000 km
Kanalizační síť	42 000 km
Stavby pro úpravu vody a zdroje bez úpravy	3 600 ks
Čistírny odpadních vod	2 600 ks

Vodárenský infrastrukturní majetek v ČR (rok 2011)

Hodnota	1 bilion Kč (1 000 mld. Kč)
Hodnota vodárenského majetku na 1 obyvatele ČR:	100 000 Kč
Výdaj za vodné a stočné za rok na průměrného obyvatele	2 800 Kč

Cena vodného a stočného v ČR (2014)

- Cca 80 Kč za m³
- 1 litr vody stojí 8 haléřů
- Denní komfortní spotřeba 100 l stojí 8 Kč
- Roční spotřeba 36 m³/osoba stojí 2880 Kč

Vodné a stočné ČR - příjmy (rok 2013)

27 miliard Kč

Z toho:

Vodné	14 miliard Kč
Stočné	13 miliard Kč

Odhad směřování zdrojů (rok 2013 – miliardy Kč)

Tržby:	27
Z toho:	
Stát (daně a poplatky)	9
Obnova	7- 8
Vodárenské služby	9
Zisk vodárenských společností	1,5

VSUVKA

Výroční zpráva SFŽP a Modrá zpráva MZE za rok 2012:

... ze strany zahraničních vlastníků vodárenských subjektů dochází k drancování zdrojů podzemní vody v ČR a její využívání k činnostem, pro které by zcela i postačovalo využívání povrchové vody.

Hlavní cíl SFŽP stanoví Výroční zpráva za rok 2012:

požadavek na zvýšení ceny podzemní vody na trojnásobek (z 2 Kč na 6 Kč za m³) na financování činnosti SFŽP

V ČR je zhruba 50 % pitné vody vyráběno z podzemních zdrojů vody.

DPH na vodné a stočné

ČR	15%
Velká Británie, Malta	0%
Většina zemí EU	5-9%
Poznámka:	
Rakousko – Salcbursko – surová voda k veřejné potřebě	zdarma

Obnova vodárenského majetku v ČR

- Od 2009 povinnost vlastníků realizovat plán obnovy
- Průměrná délka odpisu vodárenského majetku
60 let
- Ročně potřeba v ČR na řádnou obnovu 1,6%
z hodnoty majetku : 16 mld. Kč
- (realita: cca 7 - 8 mld. Kč za rok)

Obnova vodárenské majetku v ČR

- Zastaralý majetek – nejhorší stav u malých vlastníků a tam, kde cena vody velmi nízká
- Současné roční investice nekryjí ani polovinu reálných potřeb na obnovu, rozvoj infrastruktury zanedbatelný

Zdroje na financování obnovy vodárenské infrastruktury

Hlavním zdrojem: cena vodného a stočného

Dodatkové zdroje: municipální rozpočty
dotace (státní a evropské)
investice provozovatelů
dary

Význam evropských dotací na financování obnovy vodárenské infrastruktury

Dotace EU 2007 – 2013 pro plnění směrnice 91/EHS
(předpoklad 40 miliard Kč):

skutečnost 10 miliard Kč

Roční potřeba zdrojů na obnovu:

16 miliard Kč

Problematika dotovaných projektů

Nemožnost odpisů

Povinnost vytvářet zdroje na obnovu

(příklad na 100 mil. Kč nového majetku pořízeného za dotace za 15 let potřeba vytvořit 30 mil. Kč zdrojů – řešení pouze z čistého zisku)

Hlavní zdroj na obnovu vodárenského majetku

Cena vodného a stočného

Při financování mohou být využity:

- vlastní zdroje
- komerční úvěry
- obecní zdroje
- dotace
- předplacené nájemné

Úkoly oboru vodovody a kanalizace

- Udržení vody v krajině – omezení betonových a asfaltových ploch, výstavba přehradních nádrží pro dotaci podzemní vody, retenčních nádrží a jímacích systémů dešťové vody
- Čištění malých obcí - malé čistírny pro 20-50 lidí.
- Dotací směřovat do rozšiřování a ochrany zdrojů vody a jejich ochrany, do nových technologií a recyklace vody
- Definovat krizová opatření proti suchu

Regulace oboru vodovody a kanalizace

- Zajištění kontinuální provozuschopnost vodárenského majetku
- Zajištění zdrojů vody potřebné k výrobě pitné vody, opatření vedoucí k zachování a posílení vodních zdrojů
- Řádné dodávky kvalitní pitné vody a čištění odpadních vod
- Respektování právních a technické prostředí oboru, případně kroky k jejich nápravě. To je regulace vodárenství

Regulace oboru vodovody a kanalizace

- Stát se musí postarat o zdroje vody a vodárny a obce musí udržovat provozuschopné sítě umožňující kontinuální zásobování obyvatel pitnou vodou
- Role regulátora: nutit vlastníky zanedbané infrastruktury podstatně zvýšit cenu v+s a umožnit obnovu majetku (cenu v+s stanovují vlastníci – obce)
- To tu je, k tomu regulátora nepotřebujeme. Stačí kontrolovat plán obnovy v reálných cenách a vymáhat na vlastních vodárenského majetku zodpovědnost za jeho stav

Regulace oboru vodovody a kanalizace

- EK nejde o zřízení regulátora oboru v ČR. Trvá na plnění regulačních opatření, což je plněno. Tak důsledně jako v ČR není tento obor v Evropě regulován
- Nejasné kompetence mezi 5 ministerstvy, kde je problematika oboru v ČR řešena, komplikují práci a provoz zdražují
- SOVAK ČR stejně jako EK usiluje v regulaci vodárenství o jednoho partnera, jeden obor na určeném ministerstvu nebo vládního koordinátora

Kontrola kvality pitné vody z pohledu praxe

prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl, Ing. Tereza Kučerová, Ing. Veronika Žižková

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta
17. listopadu 15/2172, 708 00 Ostrava – Poruba, miroslav.kyncl@vsb.cz

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou kontroly kvality pitné vody z pohledu praktické činnosti vodárenské společnosti. Hodnotí vývoj rozsahu a četnosti kontroly jakosti vody v celém řetězci od zdrojů přes úpravu vody, dopravu ke spotřebiteli včetně kontroly zdravotní nezávadnosti u spotřebitele. Navrhuje dosáhnout vyšší míry sjednocení legislativního přístupu ke kontrole kvality. Rozsah a četnost kontroly kvality lépe přizpůsobit stavu a charakteru jednotlivých vodárenských systémů, a to i s přihlédnutím k ekonomické náročnosti kontroly. Doporučuje se také rozšířit využívání kontinuální kontroly pomocí automatických analyzátorů.

Úvod

Kontrola kvality pitné vody je nedílnou a nezbytnou součástí systému veřejných vodovodů. Toto je zdůrazněno i legislativními požadavky na systém kontroly jakosti vody. Legislativní rámec pokrývá celý proces od kontroly zdrojů, přes kontrolu technologického procesu, což se řídí zákony a vyhláškami, které jsou v gesci ministerstva zemědělství. Na to navazuje kontrola kvality a zdravotní nezávadnosti vody jako oblast spadající pod kontrolu ministerstva zdravotnictví. Legislativně je řešena i otázka radioaktivních látek ve vodách. Vedle systému kontroly jakosti jsou definovány rovněž technologické postupy, které se mohou použít pro úpravu vody, včetně chemických přípravků používaných v technologickém procesu, a požadavky na materiály, které přicházejí do styku s pitnou vodou.

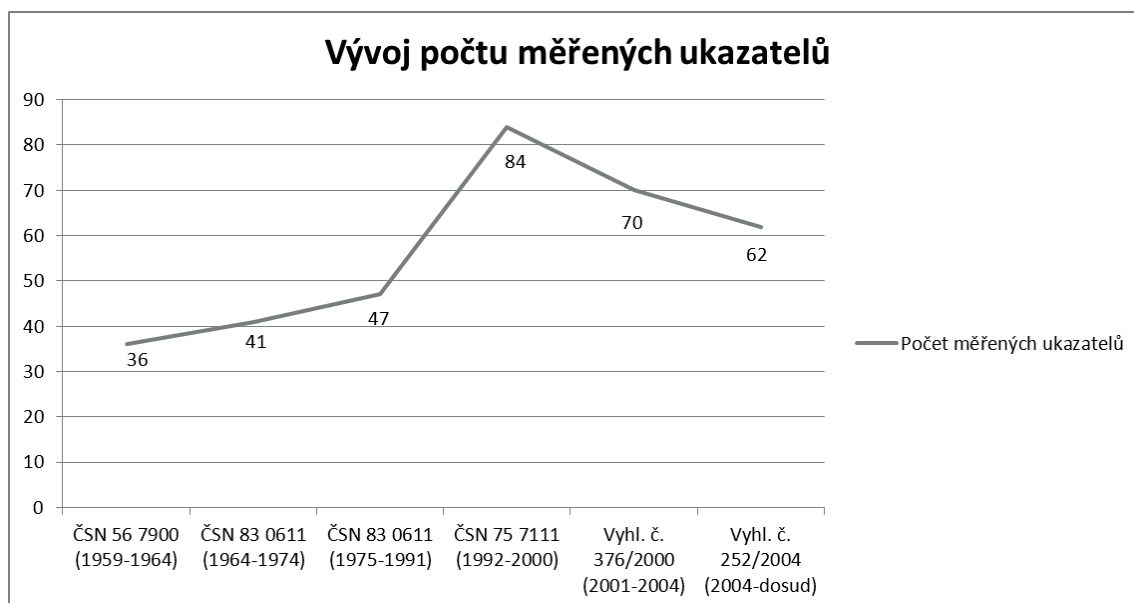
Jak se v minulosti rozvíjely a rozšiřovaly veřejné vodovody, přicházely nové technologické postupy, docházelo také k prohlubování kontroly kvality vody. Přispěl k tomu i rozvoj analytické chemie, který umožňoval sledovat nové ukazatele a stále nižší koncentrace některých látek. Na rozsah a četnost kvality kontroly vody měl vliv rovněž růst znečištění povrchových a podzemních zdrojů. Zjišťování stále většího rozsahu cizorodých látek ve vodách mělo odezvu i v kontrole jakosti vody. Například v sedmdesátých letech jsou ve vodách analyzovány zbytky pesticidů, později se objevují polycyklické aromatické uhlovodíky a chlorované uhlovodíky. Rozsah sledovaných ukazatelů se jistě bude dále rozšiřovat o některé ukazatele ze skupiny látek nazývaných „emerging pollutants“.

Vývoj kontroly kvality vody

V roce 1959 (starší období nebylo zjišťováno) vstupuje v platnost norma ČSN 56 7900, která obsahovala 36 ukazatelů kvality pitné vody. V praxi to znamenalo, že například v úpravně vody v Podhradí, uvedené do provozu v roce 1958, se denně sledovalo 5 fyzikálně-chemických ukazatelů a 3 mikrobiologické. Jedenkrát týdně bylo sledováno 11 ukazatelů a ostatní byly sledovány v delším časovém období. V roce 1964 je tato norma nahrazena normou ČSN 83 0611, která rozšiřuje počet ukazatelů na 41. Platí až

do roku 1974, kdy je aktualizována a počet ukazatelů je rozšířen na 47 s platností do roku 1991. Od roku 1992 vstupuje v platnost ČSN 75 7111 zahrnující 84 kvalitativních ukazatelů. V roce 2001 se přechází od normované jakosti pitné vody na vyšší právní úroveň, kdy je jakost vody a její kontrola uvedena ve vyhlášce č. 376/2000 Sb., v níž je počet ukazatelů jakosti stanoven na 70.

Vstupem do Evropské unie převzala Česká republika do svého právního systému směrnici 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou potřebu, která změnila definici pitné vody obsažené v zákoně o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. Od 1. května 2004 platí vyhláška 252/2004 Sb. novelizující předchozí vyhlášku a stanovující jak hygienické požadavky na pitnou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, tak i požadavky na teplou vodu. Tato vyhláška má 62 ukazatelů, přičemž tyto mohou být v některých případech dále rozšířeny.



Tab. č. 1 Vývoj počtu měřených ukazatelů jakosti pitné vody

Vedle jakosti kvality vody je normován také rozsah a četnost kontroly. Od roku 1966 platila ON 83 0612, která podrobně stanovovala rozsah a četnost míst a způsob odběru vzorků vody. Tuto normu předcházely směrnice Ústřední správy vodního hospodářství z roku 1954 a 1956. V roce 1978 vstupuje v platnost norma ČSN 83 0612, která dále rozšiřuje rozsah a četnost kontroly. V současné době platná vyhláška v sobě zahrnuje jak požadavky na jakost, tak i rozsah a četnost kontroly kvality upravené pitné vody. Kontrola kvality vody ve zdrojích, monitorovací a provozní rozborů z hlediska rozsahu i četnosti sledování jsou podchyceny v příloze vyhlášky č. 408/2001 Sb., která vychází ze zákona o vodovodech a kanalizacích.

Vedle těchto legislativních povinností se provozovatelé musí dále řídit příslušnými provozními řády pro jednotlivé vodovody, případně dalšími interními směrnici, které rozsah a četnost kontroly podle potřeby ještě rozšiřují.

Praktická aplikace kontroly kvality vody

Jak je systém kontroly kvality vody zabezpečován v praxi, uvádíme na příkladu Ostravského oblastního vodovodu, který jako jeden vzájemně propojený celek upravuje povrchovou vodu ze tří vodárenských zdrojů: z nádrže Kružberk na řece Moravici v úpravně vody v Podhradí, z nádrže Šance na Ostravici v úpravně Nová Ves u Frýdlantu n. O. a z nádrže Morávka na Morávce v úpravně Vyšní Lhoty. Tyto zdroje tvoří 95 % kapacity, zbytek jsou malé lokální úpravní v okrajových částech systému. Celková kapacita zdrojů dosahuje 5 000 l/s a současná roční výroba se pohybuje kolem 65 mil. m³/rok. Zásobováno je celkem více než 1,2 mil. obyvatel. Kvalita upravovaných vod je velmi dobrá. Jako úprava stačí jednostupňová koagulační filtrace.

Vlastní systém kontroly vychází z legislativních požadavků a je rozdělen na kontrolu jakosti surové a pitné vody a kontrolu pitné vody u spotřebitelů.

Kontrola jakosti pitné a surové vody se dělí na rozborů stanovené legislativou, kdy se v rámci kontroly jakosti surové a pitné vody provádějí odběry vzorků v rozsahu provozního, monitorovacího, úplného a radiometrického rozboru.

Provozní rozborů pak slouží k ověření stálosti jakosti surové a vyrobené pitné vody. U centrálních zdrojů se provádí denně, u menších zdrojů je četnost dána počtem zásobovaných obyvatel v konkrétní oblasti.

Rozšířený rozsah analýz představují monitorovací rozborů, které zahrnují větší rozsah ukazatelů a provádějí se podle velikosti zdroje týdně až 4 – 8 x ročně. Dále je předepsán úplný rozbor, který zahrnuje 49 – 66 ukazatelů podle druhu zdroje. Ročně se provádí radiometrický rozbor z každého zdroje.

Pro danou oblast legislativa vyžaduje ročně 2 208 vzorků pitné a surové vody.

Z toho je	1 779 provozních rozborů	62 úplných rozborů
	327 monitorovacích rozborů	40 radiometrických rozborů.

Vedle tohoto systému je nutno provádět další kontroly, jako jsou zónční odběry ve vodárenských nádržích pro sledování kvality surové vody z jednotlivých odběrových horizontů. Dále vlastní kontrolu výrobního procesu včetně mezioperační kontroly, což znamená kontrolu jednotlivých technologických stupňů. Nutno kontrolovat také kvalitu vody na vodojemech, a to jak pravidelně, tak po čištění, a kontrolu na síti po různých zákrocích (porucha, odkalování).

Celkem to představuje 14 698 provozně-technologických vzorků.

Z toho je	290 rozborů z nádrží
	12 600 technologických rozborů
	1 677 kontrolních rozborů z vodojemů
	130 rozborů ze sítě

Vedle toho existuje ještě systém tzv. „biologické kontroly“, kdy jsou v průtočných akváriích automaticky monitorovány únikové reakce ryb v případě obsahu toxických látek v přitékané vodě.

Ze zákona o ochraně veřejného zdraví vycházejí předpisy, které se týkají kontroly kvality a zdravotní nezávadnosti vody přímo na kohoutku u spotřebitele. Rozsah i četnost jsou stanoveny příslušnou vyhláškou (252/2004 Sb.) Provádějí se krácené a úplné rozborů. Krácený rozbor zahrnuje 23 ukazatelů, úplný pak 62 ukazatelů. Předepsaná četnost se pohybuje u krácených rozborů od 1 x ročně do 300 x a u úplného rozboru od 1 x za 2 roky do cca 15 x ročně.

V uváděné oblasti to znamená celkem 810 rozborů. To je 88 úplných rozborů, 722 krácených rozborů.

Bylo také odebíráno 19 opakovaných rozborů. Když vezmeme v úvahu všechny sledované ukazatele, tak jich je cca 22 000. Z toho nevyhovělo 34 ukazatelů, což představuje 0,14 %. Nebyl mezi nimi žádný ukazatel se stanovenou nejvyšší mezní hodnotou.

Nutno se také zabývat ekonomickou stránkou kontroly kvality vody, neboť se jedná o nemalé částky.

Celkové náklady na analýzy vody v roce 2012 činily 15 518 tis. Kč.

Z toho rozborů dle vyhl. MZe ČR č. 428/2001 Sb.	4 185 tis. Kč
provozně-technologické rozborů	6 578 tis. Kč
na rozborů dle vyhl. MZe č. 252/2004 Sb.	4 755 tis. Kč

Jedná se o značnou částku, která o třetinu překračuje veškeré náklady na chemikálie pro úpravu vody.

Doporučení na základě zkušeností z praxe

Aktuální systém kontroly kvality vody jak v procesu úpravy, tak i u spotřebitele zajišťuje dostatečnou zdravotní nezávadnost vyrobené a dopravované vody.

Je vhodné se zamýšlet nad možnostmi, jak daný systém zefektivnit, případně zjednodušit. Neboť legislativní předpisy nezohledňují jednotlivé konkrétní případy a stanoví pro všechny hodnoty stejné povinnosti.

Stejně podmínky jsou pro zdroje při odběrech v tocích, kde může docházet k výrazným změnám kvality, tak při odběrech z velkých vodárenských nádrží, kde je dlouhodobě stabilní kvalita odebírané vody. Týká se to zejména větších zdrojů, kde je četnost stanovení některých ukazatelů vysoká. Příkladem může být týdně sledovaný obsah Mn, který se ve zdroji po desetiletí vyskytuje ve stopových hodnotách. Většina zdrojů vody má za sebou dlouhou historii a jsou známy kvalitativní limity surové vody. Zde by bylo vhodné umožnit širší individuální úpravu rozsahu a četnosti sledování některých ukazatelů bez jakéhokoliv zdravotního hlediska. Formalizováno by to mohlo být ve schválených provozních řádech.

U denní provozní kontroly by bylo vhodné v širší míře využívat automatické analyzátory. Již norma ČSN 83 0612 z roku 1978 doporučovala zavádění registračních analyzátorů pro průběžné záznamy hodnot jakosti vody.

Odběr vzorků vody a jejich analýza je v principu přenos informací. Proto je na místě větší rozšíření automatických analyzátorů, které mohou být v nepřetržitém provozu. Vhodná skladba těchto přístrojů, např. zákaloměr, pH metry, měření adsorbce a redox potenciálu, dobře zaznamenává případné změny v jakosti vody. To umožní omezit provádění rutinních klasických analýz. Bylo by vhodné v tomto směru upravit legislativu.

Úplné rozbory, které se provádějí s menší četností, by se měly ponechat, ale bylo by vhodné sjednotit legislativní předpisy v rozsahu a četnosti, aby mohly být odebírány souvztažné vzorky zachycující pokud možno jakost vody od zdrojů ke spotřebiteli.

Přesun kontroly kvality na kohoutek neměl prakticky žádný vliv na sledovanou kvalitu vody. Problémem mohou být některé rozsáhlé areály vnitřních vodovodů. Potíže působí provozovateli povinnost náhodného výběru objektů, v nich bude odběr vody proveden, a jeho každoroční 50 % obměna. Zejména v malých obcích je problém najít dostatek veřejně přístupných objektů k odběru a odběry v rodinných domcích jsou problematické.

Závěr

V současné době je systém kontroly kvality vody důkladně propracován a nejsou zaznamenány problémy způsobené nedostatkem kontroly. Také většina zdrojů vody má důkladně prozkoumanou kvalitu vody, známa je rovněž účinnost jednotlivých technologických postupů. Bylo by proto vhodné umožnit flexibilnější modifikaci systému kontroly kvality podle jednotlivých zdrojů a technologických postupů s cílem tento systém zjednodušit a dále zefektivnit. Nezanedbatelná je i stránka ekonomická, neboť systém kontroly kvality vody je značně nákladný. Také by bylo vhodné ve větší míře zahrnout do kontrolních systémů automatické analyzátory ukazatelů kvality vody.

Moderní trendy v hospodaření s vodou vs. vodohospodářské společnosti

Ing. Ondřej Beneš, Ph.D. MBA LL.M.; Dr. Pavel Chudoba¹⁾;
Ing. Pavel Král, Ph.D.²⁾,

¹⁾ VEOLIA VODA ČESKÁ REPUBLIKA a.s., Pařížská 11, 110 00 Praha 1
ondrej.benes@veoliavoda.cz, pavel.chudoba@veoliavoda.cz

²⁾ Královohradecká provozní, a.s., pavel.kral@khp.cz

Anotace: příspěvek se věnuje trendům v mezinárodním kontextu, které ovlivňují vodohospodářské společnosti; strategiím, jaké jsou pro přizpůsobení měnícím se podmínkám aplikovány v oboru i výzvám, kterým budou vodohospodáři čelit v následujících letech.

Abstract: the following article analyses in depth some key trend on international level that affect the water industry; mitigation strategies that are applied by individual entities, active in public water supply and wastewater collection&treatment and challenges that the whole sector will face in the forthcoming years.

1. Úvod

Vodní hospodářství je velmi široký pojem. Pro účely tohoto příspěvku proto bude zúžena analyzovaná oblast na trendy a strategie, aktuální pro vodohospodářské společnosti, které poskytují veřejnou službu výroby a distribuci pitných vod a zajištění odkanalizování a čištění odpadních vod.

2. Trendy v oboru

1.1. Právní rámec a pozice v EU

Určení pozice vodohospodářských služeb v EU je zakotveno jak ve smlouvě o EU (např. články 49-55, 174-176), tak i v řadě dalších směrnic (např. 2004/17/ES a 2004/18/ES) a regulativů. Výklad [1] zařazuje vodohospodářské služby mezi služby ekonomické v obecném hospodářském zájmu. Z tohoto pohledu se na ně váží specifická pravidla pro veřejnou podporu, ale zároveň i určitá míra ochrany a specifické regulace v úrovni členských států.

Zatímco pro období před vstupem do EU bylo hlavním cílem v České republice zajištění transpozice *acquis communautaire* do národní legislativy (např. novelizací zákona č. 254/2001 Sb. či zákona č. 274/2001 Sb.), v návazném období docházelo k plné implementaci dílčích směrnic (např. Rámcová směrnice o vodách 2000/60/ES – viz. zpracování příslušných plánů povodí s programy opatření k dosažení dobrého stavu vod do roku 2015; směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod s přechodným obdobím do roku 2010; směrnice 91/676/EHS o ochraně před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů; směrnice 98/83/ES o jakosti pitné vody ad.)

Vlastní působnost resortních ministerstev k oblasti vodního hospodářství je vymezena zejména kompetenčním zákonem č. 2/1969 Sb. a dále vymezena v konkrétních zákonných úpravách. Vlastní pilíře vodohospodářské politiky jsou zakotveny Ministerstvem zemědělství jako hlavním regulačním orgánem oboru v aktuálním materiálu "Koncepte vodohospodářské politiky Ministerstva zemědělství do roku 2015" [2].

Česká republika se i díky přispění některých zájmových skupin historicky působících jako konzultanti na straně Ministerstva životního prostředí dostala do hledáčku Evropské komise při čerpání z fondů EU (předvstupních i kohézních). Evropská komise požadovala např. zavést co nejdříve odpovídající úpravy ve vodohospodářské legislativě směrem k regulaci oblasti PPP a institucionalizovat regulační autoritu, nahrazující v monopolizovaném odvětví vodárenství veřejnou soutěže. Od 1.7.2006 tak nabyl účinnosti zákon č. 139/2006 Sb., o koncesních smlouvách a koncesním řízení (koncesní zákon), který institucionalizoval PPP/koncese v českém právním řádu. Od roku 2006 jsou tedy všechny vodohospodářské provozní smlouvy s charakterem koncesí povinně soutěženy v režimu tohoto zákona, přičemž závazné postupy se uplatní již od finančního limitu ve výši 0.8 mil. € předpokládaného příjmu koncesionáře a od roku 2006 tak bylo soutěženo téměř 100 projektů v hodnotě přes 100 miliard Kč, přičemž více jak polovinu představovaly vodohospodářské koncese. Funkci dozoru vykonává Úřad pro hospodářskou soutěž, který také opakovaně v koncesních řízeních aktivně vystupoval a sankcionoval i některé soutěžitele. Dále Evropská komise požadovala zavedení kontroly výkonnosti a aplikaci sankcí. I v této oblasti Česká republika rychle reagovala a to jak opakovanou novelizací zákona č. 274/2001 Sb. (např. rozšiřující oblast regulace a sankcí, doplněním požadavků na podrobnou provozní a nákladovou evidenci), jeho prováděcí vyhlášky č. 428/2001 Sb., zákona č. 254/2001 Sb. V oblasti financování vodohospodářské infrastruktury byl určen požadavek na použití jiných modelů výpočtu cen vodného a stočného než *cost plus fee*. Od roku 2011 tak platí v rámci cenových výměrů Ministerstva financí ČR, (rozpracování zákona o cenách) pro oblast přiměřeného zisku nová metodika výpočtu dle výše vloženého kapitálu. Tento výpočet tak stropuje celkově i meziročně výši zisku a zároveň řeší potřeby zvýšených prostředků na obnovu u vlastníků bez specializovaného provozovatele. V oblasti délky provozních vodohospodářských smluv je od roku zakomponován koncept zákazu podstatných změn smluv na plnění veřejných zakázek ve smyslu judikátu ESD Pressetext Nachrichtung z 19.6.2008 a zákonem č. 139/2006. Sb. byly vyloučeny smlouvy s trváním na dobu neurčitou. V oblasti požadavků Evropské komise na sledování výkonnosti, zavedení monitoringu a sankce je možné odkázat na každoroční porovnání cen vodného a stočného a technických parametrů jednotlivých vodohospodářských společností v publikaci Ministerstva zemědělství [3].

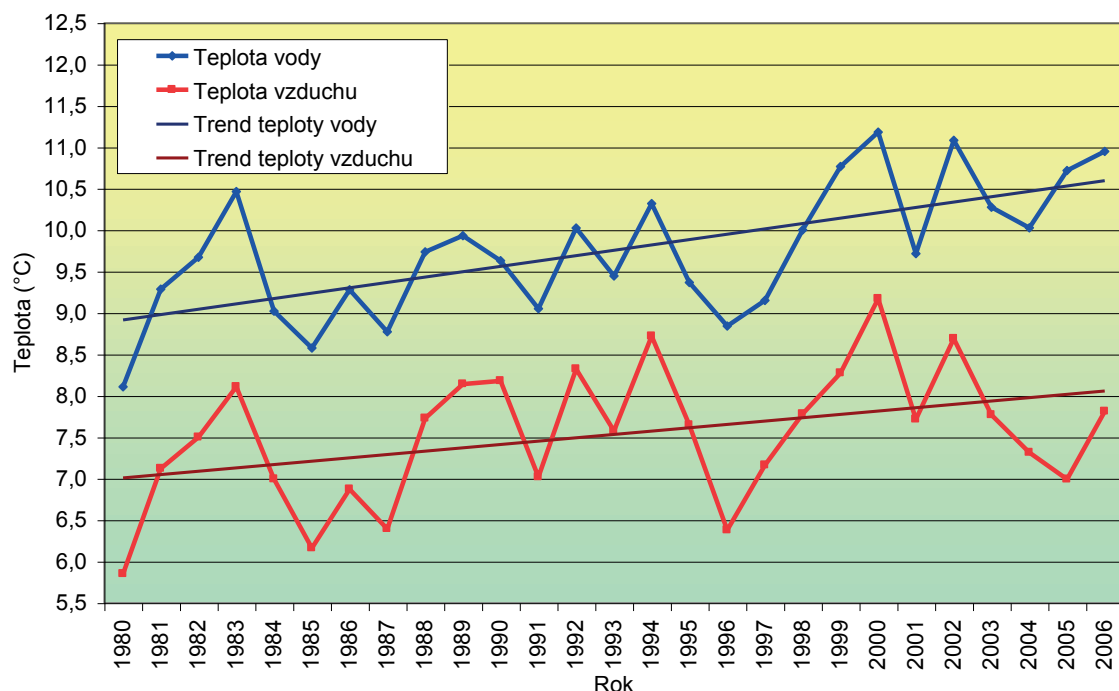
Posledním, ale velmi závažným tématem s širokým právním přesahem je diskuze o domnělém požadavku Evropské komise na zřízení nového a nezávislého regulačního úřadu pro vodárenství. Jedná se o tzv. *ex ante* kondicionalitu (tedy předběžnou podmínku, jejímž splněním je podmíněno schválení prostředků do dalšího programového období Operačního programu životního prostředí. Zde je však naprosto jasné ze znění podmínky, že bud' bude zřízena nezávislá regulační instituce nebo bude pokračováno v implementaci principů, zakotvených v Příloze č. 7 Operačního programu životní prostředí 2007-13. Aktualizace a zjednodušení stávající dokumentace, rozvádějící Přílohu č. 7 (zejména zrovnoprávnění všech žadatelů, odstranění byrokratických požadavků a povinná aplikace nástrojů, které jdou výrazně nad rámec vlastní Přílohy č. 7) je vzhledem k řadě důvodů realističtější formou naplnění

podmínky. I formální výstup z projednání podmínek pro další programovací období v lednu 2014 tento fakt jednoznačně potvrzuje a je tedy zjevné, že komunikace o nezbytnosti zřízení dalšího regulátora oboru je čistě účelový argument, sloužící k naplnění mocenských aspirací konkrétních osob.

Závěrem této kapitoly je možné konstatovat, že pro vodohospodářské subjekty by opravdu bylo optimální, pokud by byly sjednoceny veškeré stávající regulační povinnosti pod jeden subjekt - nicméně takový proces je v podmínkách ČR časově i technicky nereálný. Stávající kompetence jednotlivých oborových regulátorů (např. Ministerstva zemědělství, financí, životního prostředí, zdravotnictví, průmyslu a obchodu, pro místní rozvoj....) a požadované odbornosti na jejich straně a ohromný počet subjektů, které by byly centrálně regulovány (více jak 2500 provozovatelů a 5700 vlastníků veřejných vodovodů a kanalizací oproti např. 19 regulovaným vodohospodářským podnikům ve Velké Británii), jsou pro tyto úvahy zcela zásadní.

1.2. Klimatické změny, dopady do hospodaření s vodou

Vodní hospodářství je zásadním způsobem závislé na dostupnosti vodních zdrojů [4]. Nejenom kolísání hydrologické bilance povodí ČR v souvislosti se změnou klimatu, ale i zvýšená frekvence extrémních hydrologických jevů jsou hlavní problémy, které obor v České republice zasahuje. Zejména více urbanizované oblasti či zdrojově nevyrovnané regiony jsou vlivem kolísání četnosti, ale i intenzity srážkových událostí významně zasahovány. Zvýšený podíl zemědělsky využívané orné půdy pro pěstování energetických surovin (např. řepka olejná, kukuřice) a dobudování centrálních systému odvádění odpadních i často dešťových vod společně se zrychlením odtoku ze sídel a krajiny vedou k dlouhodobému snižování retenční schopnosti krajiny. Zde sehrává důležitou roli proces plánování v oblasti vod (určen zákonem č. 254/2001 Sb.) s cílem vymezit a vzájemně harmonizovat veřejné zájmy v ochraně vod podle požadavků rámcové směrnice 2000/60/ES (tedy dosáhnout ve třech plánovacích obdobích do roku 2027 dobrého stavu vod), v ochraně před povodněmi a dalšími škodlivými účinky vod a pro udržitelné užívání vodních zdrojů, zejména pro účely zásobování pitnou vodou. Proces plánování v oblasti vod je zajišťován Ministerstvem zemědělství a Ministerstvem životního prostředí a obsahuje mimo aktivit ke zlepšení stavu vodních ekosystémů i návrhy protipovodňových opatření a plán rozvoje vodovodů a kanalizací. Majetkové problémy ve vztahu k vodním dílům a např. ochranným pásmům dnes doznaly multiplikace, způsobené novou úpravou zákonem č. 89/2012. Přestože inženýrské sítě jsou vyňaty z působnosti "splnutí", zůstává problém u řady vodních děl zejména protipovodňového charakteru.



Obrázek č. 1 Trend v teplotě vzduchu a vody v ČR

Zdroj: VÚV Praha

Je zjevné, že frekvence povodní na přelomu 20-21. století vzrůstá a od roku 1997 postihují území České republiky povodně, z nichž řada měla velmi závažné následky, přičemž škody na majetku veřejných i soukromých subjektů ve vodohospodářské oblasti překročily 180 mld. Kč. Z dotačních titulů pro odstranění povodňových škod bylo do vodního hospodářství směřováno více jak 10 mld. Kč. Postupná realizace protipovodňových opatření na nejvíce exponovaných místech snižuje pravděpodobnost negativního efektu povodní, ovšem chrání nejčastěji do běžných povodňových stavů, které se neustále posouvají směrem nahoru.

Dalším efektem, který naopak v celkové bilanci zdrojů působí pozitivně, je trend snižování spotřeby vody a to jak u obyvatelstva, tak i v průmyslu. Dokladem je následující tabulka:

Tabulka č. 1 Průměrná spotřeba pitné vody v České republice

Rok	1989	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012
Prům. spotřeba l/os.den	171	159	129	116	110	107	103	102	97,5	94,2	89,5	88,1

Zdroj: MZe

V roce 2012 tak bylo v České republice fakturováno 481 000 000 m³ pitné vody veřejnými vodovody s celkovými příjmy za tuto vodu 30 mld. Kč. Zarážející je stálý pokles spotřeby domácností, který dosáhl v roce 2012 87,9 l/os.den. S rozšiřováním úsporných spotřebičů a zaváděním praxe ve firemním sektoru v oblasti úspor vody je

možné očekávat další prohlubování tohoto trendu i v dalších letech a to jak s dopadem na zajištění provozu veřejných vodovodů (které se stává na řadech s malými odběry čím dál tím více obtížné, zejména z pohledu kvality), tak i kanalizací a čištění odpadních vod, kde je možné sledovat trend "zahušťování" odpadních vod a nárůst některých problémových ukazatelů v odp. vodách (např. celkový dusík).

V mezinárodním kontextu je hodnocení dopadů činnosti do vodního prostředí věnována velká pozornost. Asi nejkomplexnějším způsobem hodnocení je stanovování tzv. Water footprint, kdy je pro každý výrobek/činnost zpracována náročnost z pohledu zdrojů a využití vody. Velké nadnárodní společnosti, jako je např. Coca Cola či společnost Veolia tento index sledují a dlouhodobě vyhodnocují vč. cílování pro snižování této stopy. Nejznámější je metodika výpočtu doporučovaná tzv. Water Footprint Network (založen 2008, v současnosti 150 členů), kdy je koncept založen na myšlence "virtuální vody" [7], tedy vody přímo či nepřímo využitě pro výrobu určitého produktu či poskytování služby. Z pohledu komplexnosti metody je ovšem výrazně výhodnější a přesnější výpočet dopadu provádět komplexně tak, jak je tomu například u metody LCA [8].



Obrázek č. 2 Přepočtená spotřeba pitné vody na výrobu produktu

3. Strategie vodohospodářských společností

Strategická odpověď vodohospodářských společností je do značné míry závislá na jejich velikosti a oblasti působnosti. Pro menší obce, města či malé vodohospodářské společnosti jsou zásadní problémy povětšinou místního rázu, zatímco velká města či regionální společnosti i díky solidárnímu plánování cen a dostatečné tvorbě zdrojů mohou dlouhodobě a strategicky investovat. Právě vyváženost mezi obnovou stávajícího majetku a investicemi do jeho rozšiřování je základním prvkem know-how odborných vlastníků a provozovatelů majetku. Výborným příkladem uplatňování systematického přístupu v oblasti dlouhodobých investic je např. Severočeská vodárenská společnost, která dlouhodobě stanovuje a také komunikuje jak investiční priority, připravenost, tak i zdroje financování.

Dalším aspektem strategie je činnost v oblasti výzkumu a inovací. Právě stálé hledání inovativních řešení v tak stabilním oboru, jako je vodohospodářství, je možností jak se s okolními trendy vyrovnat. Na posledním ročníku konference Voda Zlín 2013 zazněla ostrá kritika toho, že zahraniční firmy v českém vodárenství nepodporují výzkum a inovace. Ovšem opak je pravdou, například skupina Veolia Environnement centrálně provádí výzkum v oblasti životního prostředí v 6 vlastních výzkumných centrech a 7 testovacích zařízeních na čtyřech kontinentech s každoročním rozpočtem přes 1 mld. Kč. V roce 2012 bylo navázáno více než 200 smluvních partnerství s univerzitami, veřejnými institucemi, malými a středními firmami, stejně jako velkými podniky. Příkladem, jak nápady dostávat do práce je například i program Veolia Innovation Accelerator, který umožňuje zavádění technologií šetrných k životnímu prostředí všude na světě. Během prvních 3 let se programu se svými technologiemi zúčastnilo přes 400 interních i externích inovátorů. Výsledky inovací reprezentuje i program Water2Energy [9], který umožňuje průběžně snižovat energetickou náročnost provozovaného vodohospodářského majetku.

4. Závěry

Z uvedeného je možné konstatovat, že trendy v legislativní oblasti vodního hospodářství v České republice historicky směřovaly k velmi detailní a přísné regulaci. Stávající regulační rámec je tak již velmi vyspělý a v mnoha aspektech převyšující úroveň v okolních státech EU. V oblasti klimatických změn je naopak zřejmé, že dopady na vodohospodáře se budou i nadále prohlubovat a díky klimatickým změnám je nutné připravovat adaptační scénáře pro zejména pro zdrojově deficitní oblasti. Průběžné vyhodnocování dopadů činnosti vodohospodářských společností je možné s výhodou provádět systémem tzv. water footprint či lépe metodikou LCA.

5. Literatura

- [1] Manuál služeb obecného hospodářského zájmu (2013). Ministerstvo pro místní rozvoj.
- [2] Koncepce vodohospodářské politiky Ministerstva zemědělství do roku 2015 (2011), Ministerstvo zemědělství.
- [3] Vodovody a kanalizace ČR 2012 - Ekonomika, ceny a finance (2013). Ministerstvo zemědělství.
- [4] Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření - technické shrnutí výsledků projektu 2007-2011 (2012). Český hydrometeorologický ústav.
- [5] Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2012 (2013). Ministerstvo zemědělství.
- [6] Beneš, O., Vlček, L. a Chudoba, P. (2012). Vodní stopa/Water footprint jako nástroj environmentální politiky ve vodním hospodářství (2012). Konference Průmyslová ekologie, Hustopeče.
- [7] Allan, J.A. (1998). Watersheds and problemsheds: Explaining the absence of Armed Conflict over water in the Middle East. MERIA 2 (1).
- [8] Beneš, O., Todt, V., Novotná, L. and Kočí, V. (2010). Possibilities of LCA analysis use for optimization of waste water treatment plants and sludge management. International conference „6th conference Wastewater - ACE CR“, Štrbské Pleso, 20-22.10.2010, Slovensko.
- [9] Chudoba, P., Beneš, O., Sardet, C., Palkó, G. (2013). Water2Energy – an innovative concept to reach high level of energy efficiency, International IWA conference, 22.10.2013, Paris.

Zásobovanie pitnou vodou v období krízovej situácie v SR

Prof. Ing. Jozef Kriš, PhD.; Ing. Matúš Galík

¹⁾ Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, *jozef.kris@stuba.sk*, *matus.galik@stuba.sk*

Abstrakt

Mimoriadne situácie môžu zapríčiniť zastavenie prevádzky celého verejného vodovodu alebo niektorých jeho objektov (čistenie, opravy a revízie) a to v súlade s plánom, alebo mimoriadne – zo zvláštnych dôvodov. Bežné automatické zastavenie chodu strojov a plavákovkej regulácie prítoku vody do vodojemu a pod. sa nepovažuje za zastavenie prevádzky. Pri mimoriadnych situáciách môžu nastať prípady, kedy sa zastaví celá prevádzka a nastane zastavenie dodávky vody na určité obdobie alebo nastane prípad obmedzenia dodávky vody, vyvolá veľmi vážny stav narušenia dodávky vody pre spotrebiteľa.

Úvod

Zabezpečenie dodávky pitnej vody v mimoriadnych situáciách sa rozhoduje pri zabezpečení vody pre výrobu potravín, prevádzky zdravotníckych zariadení, ubytovacích, stravovacích služieb a domácností. K vzniku takýchto situácií môže dôjsť v prípade kontaminácie vodárenského zdroja (najmä pri záplavách) alebo havárií na prírodnom potrubí do distribučného systému (obr. 1).

Havária, odstavenie prevádzky a s ňou spojené zníženie alebo odstavenie dodávky vody do spotrebiska musí vedenie prevádzky bezpodmienečne tiež oznámiť príslušnému vodohospodárskemu orgánu hygienickej služby a miestnemu úradu v zásobovanej oblasti, kde dochádza k výluke alebo obmedzeniu dodávky vody.

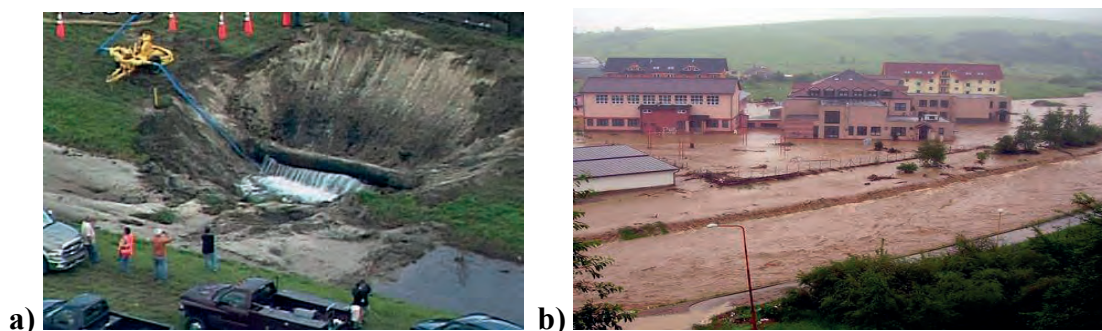
Dôvody pre zastavenie a obmedzenie prevádzky môžu byť nasledujúce:

1. havária na hlavných technologických potrubíach,
2. havária na prírodných potrubíach,
3. havária významných objektov (vodojemov, upravovacích staníc, čerpacích staníc atď.),
4. enormné zhoršenie kvality vody (v zdroji, resp. pri transporte).

Zvláštna (obmedzená – krízová) prevádzka môže nastať v nasledovných prípadoch:

1. v čase dlhotrvajúceho sucha,
2. v čase intenzívnych a dlhotrvajúcich dažďov (záplavy),
3. v zimnom období pri silných mrazoch a pri veľkom množstve snehu,
4. pri prerušení dodávky elektrickej energie,
5. pri epidémií zapríčinennej zhoršením kvality vody,
6. pri poruchách niektorého zariadenia vodovodu,
7. pri zväčšenom odbere vody pri požari,
8. pri veľkom čistení alebo pri opravách zariadení vodovodu.

Prevádzkový personál hlási zhoršenie kvality vody vedeniu prevádzky, ktoré urobí potrebné opatrenia. Pomocou kontrolných rozborov sa zistí príčina zhoršenia kvality vody a urobia sa opatrenia na odstránenie príčin zhoršenia kvality vody.



Obr. 1 Havarijné situácie na vodovodnom potrubí a) spôsobené poruchou, b) vyvolané záplavami

Zásady pre zásobovanie vodou na obdobie havarijnej a krízovej situácie

Príprava na zásobovanie pitnou vodou a úžitkovou vodou na obdobie havarijnej a krízovej situácie pozostáva z plánovania a prijímania preventívnych opatrení na zabezpečenie dodávky pitnej vody pre obyvateľstvo, ozbrojené sily, ozbrojené bezpečnostné zbory a záchranné zložky pri prerušení jej dodávky z verejného vodovodu. Ide o zabezpečenie pitnej vody a úžitkovej vody pre subjekty hospodárskej mobilizácie na zabezpečenie ich minimálnych prevádzkových potrieb alebo potrieb nevyhnutných na utlmenie, alebo odstavenie prevádzky.

Subjekt hospodárskej mobilizácie, ktorý zabezpečuje zásobovanie pitnou vodou na základe rozhodnutia alebo v období krízovej situácie vypracúva analýzu súčasného stavu zásobovania vodou. Zároveň vypracováva vyhodnotenie bezpečnostných rizík a ohrození, ktoré sú podkladom na vykonávanie opatrení hospodárskej mobilizácie určeného subjektu hospodárskej mobilizácie.

Analýzy zásobovania vodou sa vykonávajú najmä hodnotením:

- a) oblasti zásobovania vodou z hľadiska fyzikálno–geografických pomerov, demografických pomerov, ako aj mikrobiologických analýz,
- b) stavu a spôsobu zásobovania vodou na základe údajov o odberoch pitnej vody z verejného vodovodu a povrchovej vody v odberných miestach,
- c) vplyvu výpadku energetického systému na núdzové zásobovanie vodou a možnosti zabezpečenia núdzového zásobovania vodou,
- d) možnosti použitia náhradných zdrojov elektriny na zabezpečenie výroby a dodávky vody.

Vyhodnotenie bezpečnostných rizík a ohrození obsahuje najmä údaje o:

- a) možnom ohrození alebo kontaminácií vodárenských zdrojov, alebo verejného vodovodu škodlivými a nebezpečnými látkami,
- b) nebezpečenstve vyradenia kľúčových vodárenských zdrojov a vodárenských objektov z prevádzky,
- c) dôsledkoch výpadku elektriny alebo iného energetického zdroja na zabezpečenie výroby a dodávky pitnej vody.

Vodný zdroj na zásobovanie vodou v období krízovej situácie určuje subjekt hospodárskej mobilizácie zabezpečujúci núdzové zásobovanie vodou, ktorý zároveň spracováva krízový plán na základe výsledkov analýzy a zhodnotenia bezpečnostných rizík a ohrozenia. Pri určovaní vodných zdrojov a plánovaných variant na núdzové zásobovanie vodou sa prihliada hlavne na:

- a) minimalizáciu nákladov na núdzové zásobovanie pitnou vodou, najmä na miesto lokalizácie a vzdialenosť vodárenského zdroja od miesta zásobovania,
- b) výdatnosť vodárenského zdroja, kvalitu vody z hľadiska potreby jej úpravy, možnosť zabezpečenia ochrany vodárenských zdrojov,
- c) energetickú náročnosť výroby pitnej vody,

V období krízových situácií sa zdroje navrhujú tak, že sa využívajú strategický významné zdroje podzemných vôd (ak sú vyhovujúce) a výnimočne zdroje povrchových vôd.

Stupne obmedzenia dodávky vody v období havarijných a krízových situácií

V prípade naliehavých stavov subjekt hospodárskej mobilizácie vyhlasuje stupne obmedzenia dodávky vody pre obdobie havarijných a krízových situácií, ktoré sú:

1. obmedzenie dodávky,
2. náhradné zásobovanie,
3. núdzové zásobovanie.

Obmedzenie dodávky

Obmedziť alebo prerušiť dodávku vody z verejného vodovodu možno pri vyhlásení regulačných stupňov. Pri obmedzení dodávky vody sa realizujú opatrenia na obmedzenie nepretržitej dodávky pitnej vody z verejného vodovodu v dôsledku poklesu výdatnosti vodných zdrojov, najmä vplyvom nepriaznivých klimatických podmienok alebo v dôsledku zničenia dôležitých úsekov verejného vodovodu. Dodávka pitnej vody z verejného vodovodu sa zabezpečuje v zníženom množstve a to vtedy, ak:

- Dôjde k poklesu výdatnosti vodárenských zdrojov o viac ako 30 % oproti priemernej spotrebe vody. Vyhlasuje sa regulačný stupeň č. 1. a dodávka pitnej vody sa zabezpečuje verejným vodovodom v zníženom množstve dosahujúcom 70 % priemernej spotreby vody.
- Dôjde k poklesu výdatnosti vodárenských zdrojov o viac ako 50 % oproti priemernej spotrebe vody. Vyhlasuje sa regulačný stupeň č. 2. a dodávka pitnej vody sa zabezpečuje verejným vodovodom v zníženom množstve dosahujúcom 50 % priemernej spotreby vody.
- Dôjde k poklesu výdatnosti vodárenských zdrojov o viac ako 70 % oproti priemernej spotrebe vody. Vyhlasuje sa regulačný stupeň č. 3. a dodávka pitnej vody sa verejným vodovodom zabezpečuje v zníženom množstve dosahujúcom 30 % priemernej spotreby vody.

Výnimku z obmedzenia dodávok pitnej vody v krízovej situácii si môže uplatniť subjekt hospodárskej mobilizácie, ktorý zabezpečuje výrobu balenej pitnej vody a súčasne zabezpečuje jej dopravu pri núdzovom zásobovaní pitnou vodou.

Náhradné zásobovanie

Náhradné zásobovanie sa robí v prípade, ak nemožno zabezpečiť dodávku pitnej vody verejným vodovodom do miest distribúcie pitnej vody určených obcou.

Prevádzkovateľ zabezpečujúci zásobovanie vodou je povinný zaistiť náhradné zásobovanie vodou v medziach technických možností a miestnych podmienok, a to pri havárii vodovodu a pri plánovaných opravách, udržiavacích i revízijských prácach. Medzi najbežnejšie využívané prostriedky na náhradné zásobovanie vodou patria:

- výtokové stojany (hydrantové nástavce),
- cisternové prívesné vozy a kontajnerové cisterny,
- automobilové cisterny,
- dodávky balenej pitnej vody.

Hydrantové výtokové stojany sa využívajú na núdzový odber vody pri haváriách vodovodných prípojk alebo pri haváriách lokálneho charakteru, keď v blízkosti nehnuteľností s prerušenou dodávkou vody je v prevádzke požiarny hydrant vhodný na osadenie stojanu na odber vody. Výtokové stojany na náhradné zásobovanie vodou nevyžadujú žiadnu mimoriadnu údržbu, musia byť funkčné a je potrebné dbať iba o to, aby boli udržiavané v čistote pri ich uskladňovaní a preprave nemohli do nich vniknúť nežiaduce látky a po osadení stojanu na hydrant je nutné ich dobre prepláchnuť.

Pri prerušení dodávky vody v miestach, kde osadenie stojana v prijateľnej vzdialenosti nie je možné, zaistuje sa náhradné zásobovanie pristavením cisternového voza s pitnou vodou alebo kontajnerovej cisterny (obvykle s objemom 2,5 až 3 m³).

Automobilové cisterny majú univerzálne využitie. Dajú sa využiť tak na rozvoz, ako i doplňovanie vody do vozov alebo kontajnerových cisterien na ich stanovištiach, ako i na priamy rozvoz vody na náhradné zásobovanie. Pre priamy výdaj sú predovšetkým vhodné v miestach, kde potreba vody pre náhradné zásobovanie je vysoká (napr. sídlisková zástavba) a nepredpokladá sa, že náhradné zásobovanie bude dlhodobé, ktoré by blokovalo autocisternu na jednom výdajnom stanovišti.

Využívané cisterny musia mať vnútorný povrch z materiálu atestovaného na styk s pitnou vodou (najlepšia je nerezová oceľ) a nesmú byť využívané na dopravu žiadnych iných tekutín.

Každá cisterna musí byť pred prvým použitím alebo odstavením z prevádzky (asi dlhšie ako 5 dní) riadne prepláchnutá a vydezinfikovaná. Nakoľko možnosť kontaminácie vody dovážanej v cisternách je relatívne vyššia, než pri vode dodávanej potrubím, odporúča sa vodu v cisterne zdravotne zabezpečiť až k hornej prípustnej hranici pre pitnú vodu, t. j. 0,3 mg.l⁻¹ voľného Cl₂ v slovenských podmienkach. Voda v cisterne by nemala byť na stanovišti na zásobovanie bez výmeny dlhšie než 3 dni. V teplom letnom počasí je potrebné vodu vymieňať denne. Kvalitu vody v cisternách je nutné aspoň náhodne kontrolovať krátkym rozborom vzorky vody. V prípade zistenia závad v kvalite, musí byť cisterna vypustená, vydezinfikovaná, prepláchnutá a až potom môže byť znovu použitá na náhradné zásobovanie. Poklopy vstupných otvorov do cisterny musia byť zaistené spoľahlivým zámkom na zabránenie možnej kontaminácie vody nežiadanou činnosťou cudzích osôb.

V čase pravidelnej dodávky vody sa robí údržba, kontrola a čistenie cisterien aspoň 2x za rok. Na cisternách sa vyžadujú nasledujúce informačné nápisy:

- označenie prevádzkovateľa cisterny,
- tel. číslo, kam volať na doplnenie cisterny,
- označenie kvality vody „Pitná voda“ alebo „Pitná voda len po prevarení“.

Ďalším spôsobom náhradného zásobovania obyvateľstva v prípade možnosti sú dodávky balenej pitnej vody. Rozvoz balenej pitnej vody v krízových situáciách zabezpečujú ozbrojené sily a záchranné zložky.

Núdzové zásobovanie

Núdzové zásobovanie pitnou vodou rieši spôsob dodávky pitnej vody, ktorým sa zabezpečuje dodávka pitnej vody len na úrovni minimálnej potreby pitnej vody.

Núdzové zásobovanie pitnou vodou sa vyhlasuje najmä pri:

- a) prerušení dodávky pitnej vody z verejného vodovodu v dôsledku zničenia časti verejného vodovodu alebo pri vyradení niektorých vodárenských objektov z prevádzky,
- b) nemožnosti dodávky pitnej vody verejným vodovodom z rôznych iných príčin.

Dodávka pitnej vody pri núdzovom zásobovaní sa zabezpečuje z vodných zdrojov určených na núdzové zásobovanie pitnou vodou, zo zariadení verejného vodovodu, ktorými sú najmä úpravňa pitnej vody, vodojem a hydrant. Dodávka pitnej vody sa zabezpečuje rozvozom cisternami alebo inými prepravnými prostriedkami. Za vodné zdroje na núdzové zásobovanie pitnou vodou sa určujú najmä vodné zdroje podzemných vôd s gravitačnou dopravou vody, ktoré sú bez nároku na energetické zdroje a úpravu vody, okrem hygienického zabezpečenia pitnej vody. Ak to prírodné podmienky neumožňujú, za vodné zdroje na núdzové zásobovanie pitnou vodou možno určiť aj zdroje povrchových vôd s prenosným (mobilným) zariadením na úpravu pitnej vody. Prednostné zabezpečenie dodávky pitnej vody je zabezpečené pre obyvateľstvo, subjekty hospodárskej mobilizácie, ozbrojené sily, ozbrojené bezpečnostné zbory a ostatné zložky.

Minimálna potreba pitnej vody na núdzové zásobovanie obyvateľov pitnou vodou je 10 litrov na osobu denne, v mimoriadne nepriaznivých podmienkach 5 litrov na osobu denne, najviac počas troch po sebe nasledujúcich dní. Subjekty hospodárskej mobilizácie, ktoré zabezpečujú chov hospodárskych zvierat zároveň zabezpečujú minimálnu potrebu pitnej vody uvedenú v tab. 1.

Tab. 1. Minimálna potreba pitnej vody na zabezpečenie chovu hospodárskych zvierat v závislosti na druhu v období krízovej situácie.

Druh	Optimálna potreba vody l/ks/deň	Minimálna potreba vody l/ks/deň
Hovädzí dobytok - teľa, jalovice, dojnice v laktácii, býk	od 2 do 115	od 1 do 50
Ošípané - odstavčatá, prasnice, kance	od 0,3 do 35	od 0,2 do 15
Ovce a kozy	od 3 do 10	od 1 do 3
Kone - žriebä, plemeno malé, stredné, veľké	od 10 do 50	od 5 do 20
Hydina - sliepky, kačice, husi	od 0,2 do 0,7	od 0,2 do 3

Na zachovanie produkčnej schopnosti a celkového fyziologického stavu hospodárskych zvierat pri núdzovom zásobovaní pitnou vodou je zásobovanie pitnou vodou vykonávané v objemoch podľa optimálnej potreby. V mimoriadne nepriaznivých podmienkach je zásobovanie hospodárskych zvierat pitnou vodou vykonávané v objemoch podľa minimálnej potreby vody. Pre organizácie zdravotníckeho zabezpečenia je núdzová potreba pitnej vody 30 litrov na lôžko a deň alebo vo výške minimálnej potreby určenej na uchovanie zdravotníckeho zabezpečenia. Celková núdzová potreba vody je určená súčtom núdzovej potreby vody pre obyvateľov a núdzovej potreby vody pre všetky subjekty hospodárskej mobilizácie. Na jednotlivé varianty treba určiť aj spôsob stabilizácie kvality pitnej vody vo verejnom vodovode a možné varianty zásobovania, ktoré sa dajú predpokladať.

Subjekty (vodárenské spoločnosti), ktoré zabezpečujú zásobovanie vodou v období havarijných a krízových situáciách, majú mať vypracované plány a pripravený súbor preventívnych opatrení na zabezpečenie dodávky pitnej vody v týchto situáciách. Tieto opatrenia treba vykonávať na možné predpokladané stavy a treba ich riešiť už v stave bezpečnosti. Kolekcia plánovaných navrhovaných opatrení sa bude operatívne riešiť na základe reálne vzniknutej situácie.

Záver

Voda ako základná požívatina hrá významnú úlohu v živote človeka. Je preto nutné ju dodávať, aj keď v obmedzenom množstve i v čase havarijných a krízových situácií. Havarijné situácie sú často vyvolané záplavami, veľkými mrazmi, suchými obdobiami a okrem iného aj nesprávnou prevádzkou a údržbou vodárenských zariadení. Nesprávna prevádzka zapríčiňuje častejšie poruchy a vyvoláva krízové stavy v zásobovaní vodou. Treba vykonávať intenzívnu údržbu všetkých zariadení, ako aj sledovať zdroje, ktoré sa pri bežnej prevádzke nevyužívajú, aby v prípade takto vzniknutej situácie, sa dali využiť ako náhradné vodné zdroje. Pri zásobovaní vodou môžu nastať aj zložitejšie situácie v prípade dlhodobého výpadku kľúčových zdrojov, výpadku elektrickej energie alebo v období vážnych krízových (vojnových) situácií. Keďže takéto stavy nemôžeme celkom vylúčiť, treba sa ale na ne vopred pripraviť, aby sme ich vedeli čo s najmenšími ťažkosťami prekonať.

PodĎakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APW-0372-12

Literatúra

- [1] Kriš, J. a kol.: *Vodárenstvo I (Zásobovanie vodou)*, Bratislava, Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2006, 816 s., ISBN 80-227-2426-2
- [2] KROČOVÁ, Š., LINDOVSKÝ, M.: *Zabezpečení obyvatelstva a subjektů kritické infrastruktury pitnou vodou za krizových situací v ČR*, Sborník Voda Zlín 2012, s. 21-30, ISBN 978-80-260-1468-3
- [3] Zákon č. 442/2002 Z.z. o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách a o zmene a doplnení zákona č. 276/2001 Z.z. o regulácii v sieťových odvetviach v znení neskorších predpisov
- [4] Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 220/2012 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zásobovaní vodou na obdobie krízovej situácie.

Problematika zásobování vodou v nestandardních situacích

Ing. Jiří Novák; doc. Ing. Milan Látal, CSc.

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s., Soběšická 820/156, 638 01 Brno, tel.: 545 532 111
novak@vasgr.cz, 603 828 903; latal@vasgr.cz, 731 193 996

Abstrakt

Provozovatel vodovodu se musí vedle běžných podmínek, kdy zajišťuje provozování vodovodů pro veřejnou potřebu, umět vypořádat i s nestandardními podmínkami. Těch je celá řada, jako např. pokles vydatností zdrojů podzemní vody, havárie ovlivňující kvalitu vody ve zdrojích, případně množství vody ve zdroji apod. Vedle toho hrozí další krizové situace nebo mimořádné události a některé se v posledních letech objevují s větší intenzitou nebo četností, např. extrémní klimatické podmínky, výskyt povodní nebo sucha atd.

Úvod

Provozování vodovodů a kanalizací pro veřejnou potřebu se řídí především speciálním zákonem č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (dále jen ZVaK), v platném znění. Zde je třeba připomenout současnou poslední novelu provedenou zákonem č. 275/2013 Sb., účinnou od 1. 1. 2014.

Dále je potřeba vnímat i jeden z nejvýznamnějších nových zákonů – občanský zákoník, který zrušil celou řadu dosavadních právních předpisů, mj. i původní občanský zákoník a obchodní zákoník a od počátku letošního roku je třeba postupovat podle této nové právní úpravy – zákon č. 89/2012 Sb.

Pojem „provozování“ je vymezen v ZVaK (beze změny poslední novelou). Provozováním vodovodů nebo kanalizací je souhrn činností, kterými se zajišťuje dodávka pitné vody nebo odvádění a čištění odpadních vod. Dále je v ZVaK uvedena řada takových činností jmenovitě, z nichž pro účel tohoto příspěvku především zdůrazňujeme: dodržování technologických postupů při odběru, úpravě a dopravě pitné vody, dodržování provozních nebo manipulačních řádů, nebo dohled nad provozuschopností vodovodů. V souvislosti s krizovými nebo mimořádnými situacemi během provozování vodovodů je třeba zmínit některá další ustanovení ZVaK, např.:

- § 9, odst. 5, umožňuje provozovateli vodovodu přerušit nebo omezit dodávku vody bez předchozího upozornění jen v případech živelní pohromy, při havárii vodovodu, vodovodní přípojky nebo při možném ohrožení zdraví lidí nebo majetku. Současně je provozovatel povinen přerušení nebo omezení dodávky vody bezprostředně oznámit územně příslušnému orgánu veřejného zdraví, vodoprávnímu úřadu, nemocnicím, operačnímu středisku hasičského záchranného sboru kraje a dotčeným obcím
- § 9, odst. 8 uvádí, že ve výše uvedeném případě přerušení nebo omezení dodávky vody je provozovatel oprávněn stanovit podmínky tohoto přerušení nebo omezení a je povinen zajistit náhradní zásobování pitnou vodou (dále jen NZV) v mezích technických možností a místních podmínek

- § 21, odst. 1 pojednává o krizové situaci a říká, že podmínky nouzového zásobování pitnou vodou za krizové situace upravují zvláštní právní předpisy, v jejichž rámci provozovatelé vodovodů podle svých možností zabezpečují odborné služby. Zvláštními právními předpisy v současnosti jsou: zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), zákon č. 241/2000 Sb., o hospodářských opatřeních pro krizové stavy a o změně některých souvisejících zákonů, všechny v platném znění
- § 21, odst. 2 ukládá, že za krizové situace je provozovatel povinen informovat na vyžádání ministerstvo a orgány krizového řízení o stavu v zásobování pitnou vodou
- § 21, odst. 3, nově po poslední novele stanovuje, že krajské úřady připravují systémové zajištění nouzového zásobování pitnou vodou za krizových situací u vybraných provozovatelů vodovodů pro území kraje

Praktický pohled provozovatele na nestandardní situace

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s. (dále jen VAS) jako jedna z velkých provozních společností v rámci ČR byla v minulosti zařazena mezi subjekty uvedené v příslušných krizových plánech krajů Jihomoravského a Vysočina (*poznámka: v obou krajích zajišťuje provozování infrastruktury ve třech okresech*). Krizové plány krajů zpracovávají hasičské záchranné sbory krajů (dále jen HZS) v součinnosti s krajskými úřady. Po novelách výše uvedených zvláštních (krizových) zákonů v letech 2012 a 2013 byla naše společnost vyzvána k aktualizaci dříve zpracovaných plánů krizové připravenosti [2].

Plány krizové připravenosti mj. obsahují i vytipování konkrétních krizových situací a mimořádných událostí, které jsou potom následně podrobně rozpracovány dle osnovy připravené HZS (dopady jak na vlastní provozní společnost, tak i na provozovanou infrastrukturu a na problematiku nouzového zásobování vodou, jejich riziková analýza, krizové řízení, součinnost mezi orgány apod.). I při zpracování plánu krizové připravenosti VAS byla nutná spolupráce s HZS krajů a krajskými úřady. Nezbytná byla znalost místních podmínek, provozované infrastruktury, provozní zkušenosti a poznatky z minulosti.

Krizové situace a mimořádné události (dále jen rizika) lze rozdělit z mnoha pohledů, jako např.:

- Bezprostředně související s provozovanou infrastrukturou – v podstatě havárie na provozovaném majetku, včetně havarijních stavů na vodních zdrojích (ohrožení nebo ovlivnění vydatnosti i jakosti vody ve zdrojích). Příčiny mohou být různé – jednak opět přímo související s tímto majetkem, tedy jeho poruchy, havárie apod., jednak vnější, které mají konkrétní dopad na jmenovitý majetek, zdroj apod. (např. havárie na silnici a vyřazení vodního zdroje z funkce, poškození jiných částí infrastruktury formou cizího zavinění atd.)
- Rizika širšího rozsahu, významu i dopadu, především související s dlouhotrvajícími extrémními meteorologickými podmínkami (povodně, sucho, vichřice, přívalové srážky, sněhové kalamity apod.), ale mohou mít i technický původ – havárie různých zařízení a sítí (radiační ohrožení, poškození elektrorozvodné sítě, ropovodu aj.), antropogenní původ – může se jednat o různé sabotáže apod., případně epidemie, šíření nález, nemocí atd.

Mnohá z uvedených rizik jsou spíše teoretická, i když ani ta nemohou být podceňována (například havárie jaderné elektrárny – v případě VAS jde o nedalekou JE Dukovany).

Řada rizik je však již prakticky známa a je třeba vnímat skutečnost, že se mnohá v poslední době vyskytují se stále větší četností. Především jde o dopady meteorologických situací, jako jsou povodně, přívalové srážky nebo náhlé tání sněhové pokrývky, v posledních letech však i opačný problém – sucho. K některým rizikům podrobněji.

Povodně

- Jedná se o dopad extrémní meteorologické situace, ale rovněž o technickou havárii na vodním díle (poškozená, prasklá hráz vodní nádrže apod.), případně i o dopad nevhodné manipulace na vodním díle
- Pokud existují technické možnosti (nádrže na tocích s dostatečným zásobním prostorem) a vhodná manipulace, včasná a správná meteorologická předpověď, varování, činnost krizových, povodňových orgánů aj., mohou být dopady na provozování vodovodů menší. V opačném případě jde o katastrofální dopady
- Povodeň může zasáhnout (poškodit, ovlivnit) především vodní zdroje (kvalitu vody v nich, možnost jímání, odběru vody), ale i veškeré další vodárenské objekty
- Povodňové orgány řídí činnosti v době povodní, nařizují opatření, včetně zajištění NZV – vše dle konkrétní situace
- Povodním, resp. jejich dopadům, lze do určité míry předcházet. Především jde o hospodaření s vodou v krajině (v případě ČR téměř veškeré vody odtékají z našeho území a jen minimum jich k nám přitéká od sousedů – tedy zadržování vody, její využití a současně zmírnění negativních vlivů), budování zařízení jako vodních nádrží, poldrů apod. Mnohá vodárenská zařízení se nachází v záplavových územích (jímací území, úpravní vody) a na základě odborných studií i praktických zkušeností je třeba budovat protipovodňovou ochranu. Nezbytné je poučení z minulosti, znalost místních podmínek, ale i dalších souvislostí a okolností jako množství vody ve sněhu v povodí, meteorologická situace, předpověď, spolupráce se správcem povodí, vodních děl a návazně řízená manipulace na vodních dílech apod.
- Pokud nelze povodni, jejímu působení i následkům zabránit, musí být připraven scénář na řešení konkrétní situace a likvidaci dopadů. V takových případech je téměř pravidlem přistoupit k NZV a současně provádět veškeré sanační práce, aby byla funkčnost vodního zdroje, ale i celá infrastruktura příslušného vodovodu, co nejrychleji obnovena v co nejstabilnějším stupni (v množství i kvalitě pitné vody pro spotřebiště). Toto vše je mj. zpracováno i v plánu krizové připravenosti

Sucho

- Jde o opačný extrém, rovněž však související s meteorologickou situací. Je to v podstatě dlouhodobý nedostatek srážek, zpravidla související i s vysokými teplotami vzduchu, s dopadem na různé cílové skupiny
- Jedna z možností kategorizace sucha:
 - Meteorologické sucho – zpravidla jde o množství a intenzitu **spadlých srážek** vztahených k dlouhodobým srážkovým normálům pro dané místo a roční dobu. Závisí i na dalších meteorologických prvcích, a to hlavně na výparu, teplotě vzduchu, rychlosti větru, vlhkosti vzduchu aj.
 - Hydrologické sucho – definované pro povrchové toky určitým počtem za sebou jdoucích dní, týdnů, měsíců i roků s výskytem relativně velmi **nízkých průtoků** vzhledem k dlouhodobým měsíčním či ročním normálům, obdobně u podzemních vod – zřetelný až kritický **pokles hladiny podzemní vody** (neovlivněný např. odběrem, čerpáním), mnohdy až „vysycháním studní“. Často se vlivem retardačních účinků vyskytuje i v době, kdy již sucho meteorologické dávno odeznělo. Naopak při výskytu meteorologického sucha se ještě vůbec nemusí hydrologické sucho projevit

- Zemědělské sucho - je závislé na **množství vody v půdě dostupné pro rostliny**. Udává se jako podíl využitelné vodní kapacity, tedy hodnoty maximálního množství vody, které je schopna rostlina z půdy využít. Sucho fyziologické je nedostatek vody z hlediska potřeb jednotlivých druhů rostlin
- Sucho sociálně-ekonomické – vhodněji nedostatek pitné vody pro obyvatele, užitkové vody pro průmysl, nemožnost využívat hydroelektrárny apod.
- Výskyty sucha mají v podstatě jen negativní dopady a jen výjimečně lze dopadům sucha předcházet. Obdobně jako u povodní jde o vhodné hospodaření s vodou v krajině – její zadržování a následné využívání
- Sucho je typickým přírodním fenoménem naší krajiny, s jehož výskytem musíme počítat. Současné poznatky dokládají jeho rostoucí výskyt (četnost, opakování). Opatření snižující dopady sucha jsou velmi rozsáhlá a nákladná. S ohledem na současnou situaci související s výskyty a četností sucha by mělo být prvním krokem stanovení strategie „SUCHO“. S tím souvisí odpovídající legislativa, vyhodnocování poznatků a poučení z minulosti.

Radiační havárie

- S ohledem na působnost VAS – blízkost jaderné elektrárny Dukovany a dále i na situace, kdy riziko sabotáží různého rozsahu není pouhou teorií, zpracovávala VAS v rámci plánu krizové připravenosti i tuto krizovou situaci
- Probíhala úzká spolupráce s hasičským záchranným sborem Jihomoravského kraje, který podle svých dokumentů zpracoval mapy ohrožení objektů jak provozních, tak i infrastruktury vodovodů provozovaných VAS

Narušení dodávek energetických soustav: elektřina, plyn, zásobování PHM, telefony a komunikace obecně

- I tato rizika je třeba vnímat, pojmenovat a připravit se na situace, jak zajistit vlastní provoz a současně zásobování pitnou vodou obyvatelstva. Převážná většina vodárenských zařízení (vodovodů, vodárenských soustav) je prioritně závislá na elektřině, neboť jen výjimečně se jedná o gravitační vodovody, jinak je voda v průběhu celého procesu – jímání, doprava, úprava, případně zajištění dostatečného tlaku – čerpána a pohonným médiem je elektřina. U významných provozních zařízení jsou instalovány záložní zdroje (např. diesलगregáty), jedná se však pouze o náhradní a krátkodobé řešení, které je využíváno při náhlých výpadcích dodávky elektřiny (bouřky, poškození vedení např. při sněhových kalamitách, vichřici apod.). V případech dodávky elektřiny se nelze „předzásobit“, proto je třeba zmíněné riziko nepodceňovat
- Obdobně jsou veškeré mechanizační prostředky provozovatele závislé na dostatku pohonných hmot. Ten se může projevit spíše v celostátním měřítku z různých příčin (např. i politických, při mezistátních sporech apod.), určité zásoby jsou rovněž řešeny z celostátního pohledu a drobné předzásobení provozovatele je možné. Řešení tohoto rizika je bezesporu na orgánech krizového řízení vyššího stupně, které by měly zásobování pitnou vodou zařadit na přední místa (jde o veřejný zájem, s dopadem na široké vrstvy obyvatelstva i většiny resortů)
- Narušení komunikace je rovněž zásahem do činnosti provozovatele vodovodů pro veřejnou potřebu, zvláště v souvislosti s jinou závažnou krizovou situací a je třeba připravit (dle situace a možností) náhradní způsob řešení

Plošný požár

- Jakýkoliv požár ničí majetek, případně ohrožuje lidské životy. Plošný požár může zasáhnout i objekty infrastruktury, provozní objekty provozovatele, komunikační spojení, a proto je třeba vnímat i toto riziko v plánu krizové připravenosti

- Vedle pomoci „vlastními silami“ je provozovatel vodovodu v takových případech závislý na spolupráci s hasičským záchranným sborem a orgány krizového řízení

Řada krizových situací si vyžaduje, stejně jako o tom hovoří ZVaK, zajištění nouzového zásobování vodou. Jde o povinnost provozovatele vodovodu, na kterou tedy musí být připraven. Jednak musí být k dispozici vhodné vodovody nebo vodní zdroje pro zajištění NZV, jednak jde o dostatek mobilních prostředků. Provozovatel má většinou vlastní prostředky pro zajištění NZV v rozsahu odpovídajícím podmínkám „běžných odstávek nebo poruch“ na provozovaném vodovodu. Větší provozní společnosti mají při krizových situacích menšího plošného rozsahu možnost vnitrofiremní výpomoci (ve VAS mezi jednotlivými divizemi ve dvou krajích s rozdílnými geografickými, hydrologickými a dalšími podmínkami). V regionu jsou zpravidla určité možnosti spolupráce s jinými vhodnými organizacemi, resp. lze využít prostředky z hmotných rezerv (pokud existují). Pro krizová řešení je potřeba znát možnosti „cizí pomoci“, opět odpovídající dané situaci, a samozřejmě vazby na orgány krizového řízení.

Krizových situací, které vybočují ze standardní provozní činnosti provozovatele vodovodů pro veřejnou potřebu, je určitě více a každý region může mít své odlišnosti. Cílem příspěvku není vyjmenovat jich co nejvíce a popsat je do největších podrobností, ale pouze upozornit na existující rizika, připomenout zákonné povinnosti a případně předat některé vlastní zkušenosti.

Současně je třeba vnímat, že právní předpisy pro provozování vodovodů, včetně hygienických požadavků na pitnou vodu, jsou stále přísnější a kladou na provozovatele vyšší nároky. Tím se vlastní provozování stává náročnější a rovněž ekonomicky nákladnější. Je třeba opakovaně zdůraznit, že provozovatel je povinen zajistit plynulé zásobování pitnou vodou v potřebném množství a odpovídající kvalitě. Vedle preventivních opatření, jako jsou např. ochrana vodních zdrojů nebo výše zmíněná opatření proti dopadům krizových situací, existují opatření technická a technologická. Zde se však provozovatel neobejde bez spolupráce s vlastníkem infrastruktury, neboť většinou jde o akce investičního charakteru, jako např.: budování vodárenských soustav, propojení zdrojů a vodovodů tak, aby existovala možnost alespoň určité zastupitelnosti, udržování záložních vodních zdrojů apod. Velmi častými a nutnými jsou opatření technologická, spočívající v budování, resp. modernizaci technologií úpravy vod.

Příklady některých základních technicko-technologických opatření při likvidaci nestandardních situací

- Havárie distribuční sítě je dle rozsahu řešena vlastními kapacitami nebo při velkém objemu prací pomocí dodavatelských montážních firem tak, aby případné náhradní zásobování pitnou vodou obyvatelstva bylo co možná nejkratší.
- Havárie na úpravárenských zařízeních se řeší:
 - U úpravárenské techniky jako např. čerpadla, armatury, elektropohony atd. se řeší skladovými rezervami nebo servisní smlouvou s účinností nástupu na opravu do dvou hodin. Dále je odvislá podle akumulované zásoby pitné vody, aby dodávka vody nebyla přerušena.
 - U úpravárenských zařízení jsou to především adekvátní servisní smlouvy a dále se snažíme např. již při návrhu technologických zařízení splňovat zásadu, aby každý úpravárenský stupeň byl realizován minimálně jako dvojče – každé zařízení aby jelo na výkon 50%. Tím je zajištěn aspoň havarijní chod celé úpravy vody na poloviční výkon.

- Havárie v zásobování výpadkem elektrické energie. Zde máme pouze jedinou možnost a to zajišťovat náhradní zdroje el. energie pro chod a kontrolu nejdůležitějších řídicích zařízení, tak aby nenastaly další škody na provozním majetku a byly maximálně využity akumulární objem nádrže s gravitačním nátokem do spotřebiště.
- V případě extrémních klimatických podmínek – sucho. Díky klimatickému suchu, to je nedostatku surové vody pro výrobu pitné vody provádíme:
 - Kombinaci podzemních a povrchových zdrojů vod, pokud nám to dovoluje morfologie a hydrogeologické podmínky v dané lokalitě.
 - Při rekonstrukcích úpravárenských technologií doplňujeme úpravárenská zařízení o další separační stupně tak, aby bylo možno upravovat surovou vodu s výrazně horší kvalitou (v některých případech až mnohonásobně horší) a zásobování obyvatel nebylo z těchto důvodů narušeno.
 - Pro významné (velké) sídelní celky v rámci ekonomických možností výrazně zvyšujeme celkový objem pitné vody v akumulaci, pokud možno s gravitačním nátokem do spotřebiště.
- V případě extrémních klimatických podmínek – povodeň je situace obdobná v opatřeních:
 - Při rekonstrukcích pramenišť zvyšujeme úroveň zhlaví vrtů až na úroveň hladiny stoleté vody, aby zdroje podzemní vody nebyly povodní vůbec zasaženy a výrobu pitné vody nám tím neovlivnily.
 - U povrchových zdrojů surové vody zdokonalujeme technologická zařízení na nejvyšší možnou technickou úroveň tak, aby technologické zařízení bylo schopno upravit výrazně zhoršenou kvalitu surové povrchové vody při okalových stavech, zvláště když tyto stavy trvají déle než dva a více dnů.
 - V důsledku zhoršené kvality surové vody v povrchovém zdroji se snaží opět zvyšovat akumulární objem pitné vody a také tak hledáme ekonomickou mez mezi úpravou surové vody v době jejího nejvyššího znečištění a snažíme se tak hledat případně optimální časovou prodlevu v jímání surové vody, kdy její úprava na vodu pitnou je již za hranicí únosných provozních nákladů.

Závěr

Zásobování pitnou vodou je veřejným zájmem. Provozovatelé vodovodů pro veřejnou potřebu musí plnit zákonné povinnosti, smluvní vztahy s vlastníky infrastruktury i s odběrateli a vedle technických vlastností infrastruktury a svých odborných znalostí a zkušeností jsou značně závislí na přírodních, geografických a dalších místních podmínkách. Tím se standardní situace zásobování pitnou vodou často mění na neobvyklou, náročnou, někdy i krizovou. I s tím je potřeba se umět, alespoň úměrně okolnostem, vypořádat.

Pro zmíněné situace je potřeba vedle odbornosti v rámci prevence připravit scénáře, součinnost v příslušném regionu, zdokonalit vlastní provozní podmínky a vnímat zkušenosti z minulých obdobných případů.

Literatura

- [1] Zákon č. 274/2001 Sb., v platném znění, dále jen vodní zákon
- [2] Plán krizové připravenosti VAS a další provozní dokumenty

Faktory ovlivňující denní potřebu vody Brněnské vodárenské soustavy

Pavel Višcor

Brněnské vodárny a kanalizace, a.s., Hybešova 254/16, 657 33 Brno, pviscor@bvk.cz

Anotace

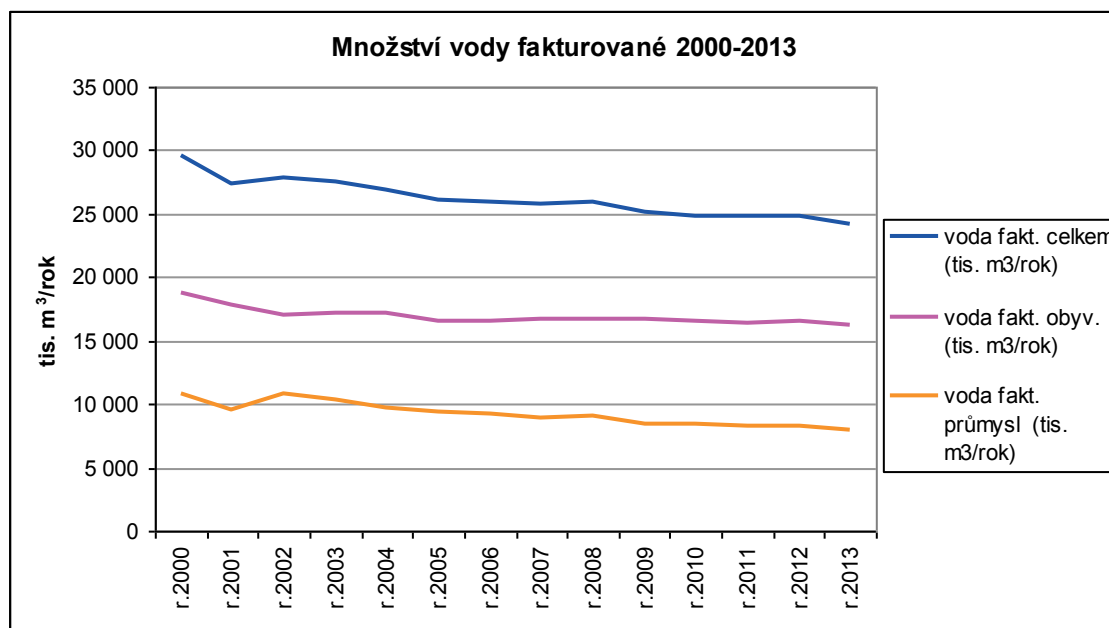
V textu jsou vyjmenovány faktory ovlivňující celkovou denní potřebu vody provozované vodárenské soustavy s hlavním spotřebištěm městem Brnem. Popsán je především vliv průměrné denní teploty, vliv množství denního úhrnu srážek a vliv dne v týdnu. Analyzována jsou data z let 2012 a 2013. Stručně jsou popsány vlivy na potřebu vody z dlouhodobého hlediska. Součástí textu je graf ukazující pokles množství fakturované vody za rok, graf časových řad denních spotřeb vody a průměrných denních teplot. Další grafy zobrazují závislost celkové spotřeby vody na průměrné denní teplotě. Popsána je současná průměrná, minimální a maximální denní spotřeba vody.

1. Úvod

V létě roku 2013 byly v rámci provozu Brněnské vodárenské soustavy zaznamenány relativně vysoké hodnoty denních spotřeb vody. Dny, ve kterých se tyto vysoké hodnoty vyskytly, se subjektivně kryly s dny s nejvyššími venkovními teplotami vzduchu. Vliv teploty vzduchu na celkovou potřebu vody pro zásobování vodovodů především v létě je obecně znám a diskutován. Otázkou bylo, jak velký tento vliv je a jaké další faktory ovlivňují denní potřebu vody vodárenské soustavy. Jako významný faktor kromě teploty vzduchu byl vytipován i denní úhrn srážek.

2. Vlivy dlouhodobého charakteru

Od roku 1989 průběžně klesá ve vodovodech provozovaných Brněnskými vodárnami a kanalizacemi, a.s. celkové množství vody fakturované odběratelům (viz obr. 1), stejně jako ve většině vodovodů nejen v České republice.



Obr. 1 Pokles množství vody fakturované v letech 2000-2013

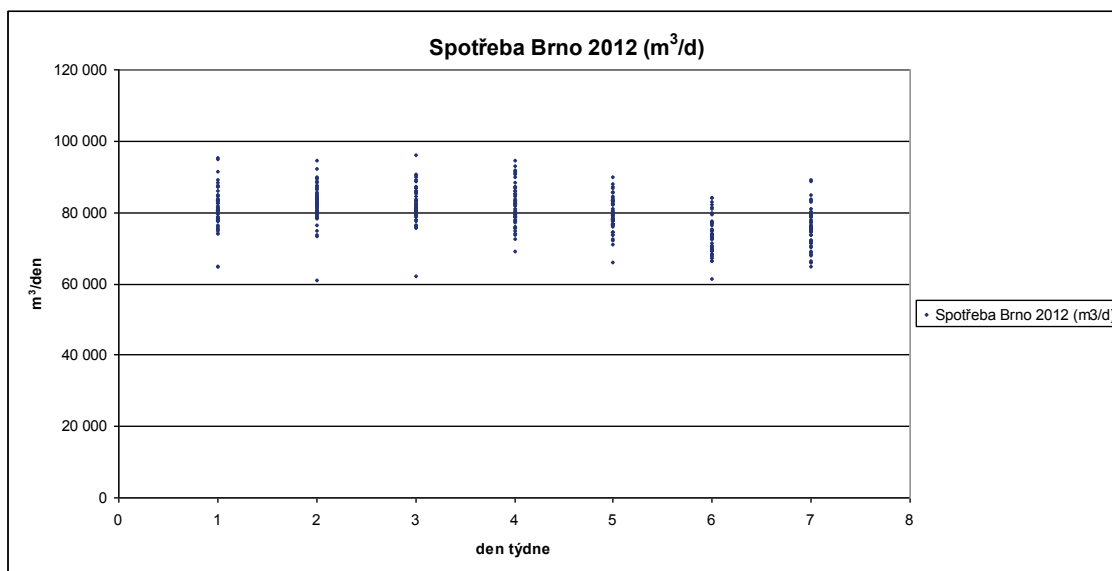
Z dlouhodobého hlediska je potřeba vody ovlivněna cenou vody, celkovou modernizací domácností použitím úsporných domácích spotřebičů a zařizovacích předmětů i snižováním potřeby vody u ostatních odběratelů. Především velké průmyslové podniky hledají vlastní zdroje vody nebo modernizují své technologie s cílem co nejvíce snížit spotřebu vody. Zároveň je v provozované vodovodní síti průběžně snižováno množství ztrát vody.

3. Zkoumané veličiny

Denní spotřeba vody (m^3/den) – dlouhodobě sledovaná hodnota denního množství vody, kterým je zásobována hlavní část spotřebiště provozované vodárenské soustavy. Ta je tvořena z většiny vodovodní sítě města Brna. V této hodnotě je tak zahrnuto především množství vody odebírané odběrateli v Brně, Kuřimi, Modřicích a v dalších městech a obcích. Velmi malá část tohoto množství vody směřuje z provozovaného vodovodu do vodovodů jiného provozovatele jako voda předaná. Součástí popisované denní potřeby vody je i množství vody, které připadá na ztráty vody. Denní spotřeba vody je dále též nazývána dle zvyklostí jako „Spotřeba Brno“. Počítána je z dálkově odečítaných údajů průtokoměrů na úrovni koncových vodojemů hlavních přivaděčů vodárenské soustavy, tj. na úrovni vodojemů Čebín a Holé hory II s tím, že je započten i vliv změny hladin ve velkých brněnských vodojemech.

Dle ČSN 75 0150 Vodní hospodářství – Terminologie vodárenství je **potřeba vody** návrhová hodnota požadovaného množství vody za jednotku času. **Spotřeba vody** je množství vody skutečně odebrané za určité časové období.

Průměrná denní teplota ($^{\circ}\text{C}$) – venkovní teplota vzduchu. Jedná se o kombinaci vlastního měření na objektech Brněnských vodáren a kanalizací, a.s. a veřejně dostupných dat. Použita byla vždy hodnota vypočtená z 24 hodnot s intervalem 1 h a dále jako průměr ze všech objektů. I když se průměrné denní teploty v zásobovaném území mírně liší, charakter růstu a poklesu v čase je u všech měření velice podobný. Křivky časových řad průměrných, minimálních a maximálních denních teplot probíhají většinou souběžně v odpovídajícím rozestupu.



Obr. 2 Denní spotřeba vody v roce 2012 v jednotlivých dnech týdne

Denní úhrn srážek (mm/den) – průměr denních úhrnů srážek získaný ze sedmi srážkoměrných stanic umístěných v Brně a okolí na objektech provozovaných Brněnskými vodárnami a kanalizacemi, a.s. Jedná se o tyto stanice: vodojem Řečkovice, vodojem Palackého vrch, vodojem Lesná, vodojem Líšeň, vodojem Moravany, vodojem Kohoutovice a retenční nádrž Černovické terasy.

Zkoumány nebyly další klimatické vlivy jako vlhkost vzduchu, tlak, rychlost nebo směr větru. Analyzovány nebyly ani odvozené veličiny jako arktické dny, tropické noci a podobně.

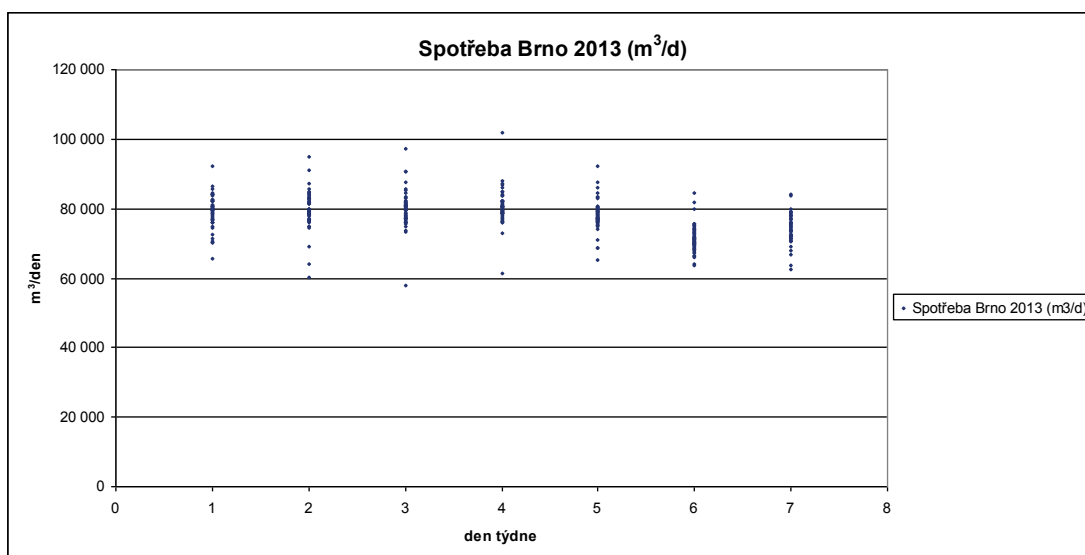
3. Analýza denních spotřeb vody 2012 a 2013

Hodnoty průměrné denní spotřeby vody každým rokem mírně klesají v návaznosti na snižující se odběry vody ze sítí. Maximální denní spotřeba vody v roce 2013 však byla vyšší, tomu odpovídá i vypočtený koeficient denní nerovnoměrnosti k_d – viz tab. 1.

Tab. 1 Průměrné denní spotřeby vody 2012 a 2013

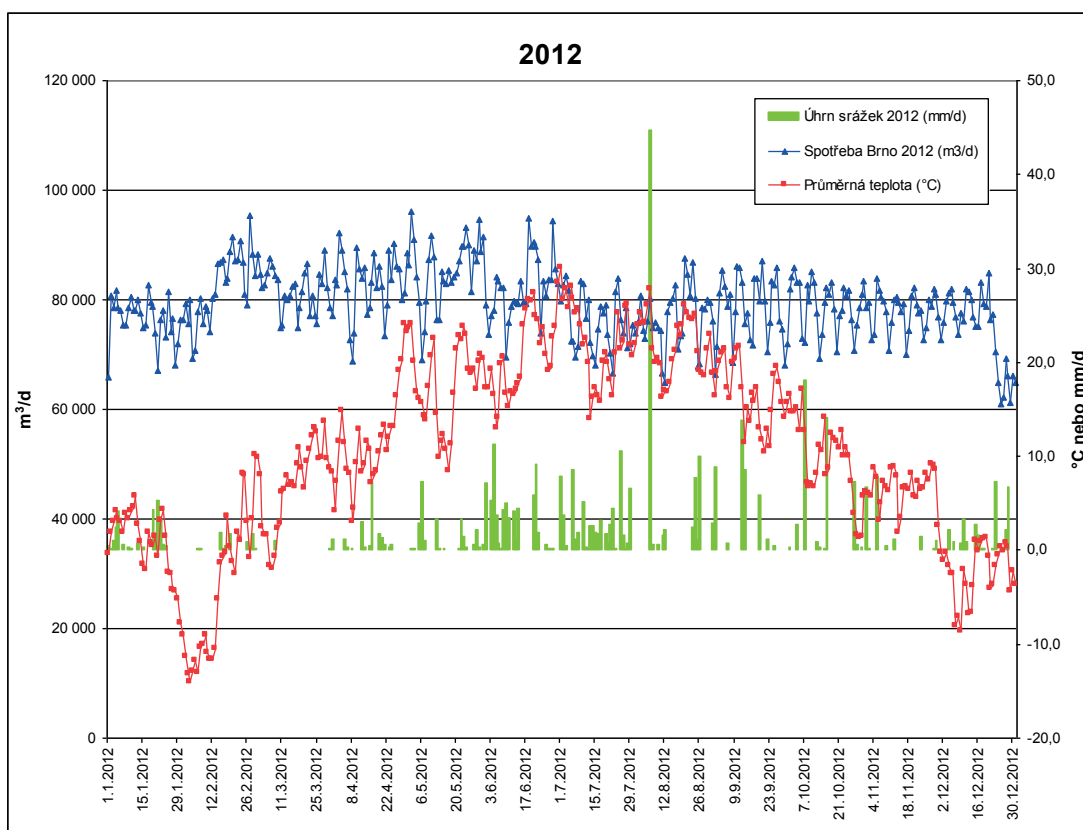
	2012	2013
Průměrná denní spotřeba vody (m^3/den)	79 479	77 622
Maximální denní spotřeba vody (m^3/den)	96 183	102 056
Minimální denní spotřeba vody (m^3/den)	60 924	57 862
Koeficient denní nerovnoměrnosti k_d (-)	1,21	1,31

Maximální hodnota denní spotřeby vody roku 2012 byla zaznamenána 2. 5. 2012, minimální 25. 12. 2012. Maximální hodnota denní spotřeby vody roku 2013 byla zaznamenána 20. 6. 2013, minimální 25. 12. 2013. V posledních několika letech je nejnižších hodnot denních spotřeb dosahováno v závěru roku v době vánočních svátků. Rozložení hodnot spotřeby vody v jednotlivých dnech týdne je zobrazeno v grafech na obr. 2 a obr. 3. Z obou těchto grafů vyplývá, že spotřeba vody se uskutečňuje v poměrně pravidelných týdenních cyklech, které jsou narušovány státními svátky, prázdninami, případně i jinými pracovními dny, které svým časovým umístěním mají charakter víkendů nebo svátků. Nejvyšších hodnot je dosahováno v úterý, ve středu a ve čtvrtek. Nejnižších hodnot naopak v sobotu.

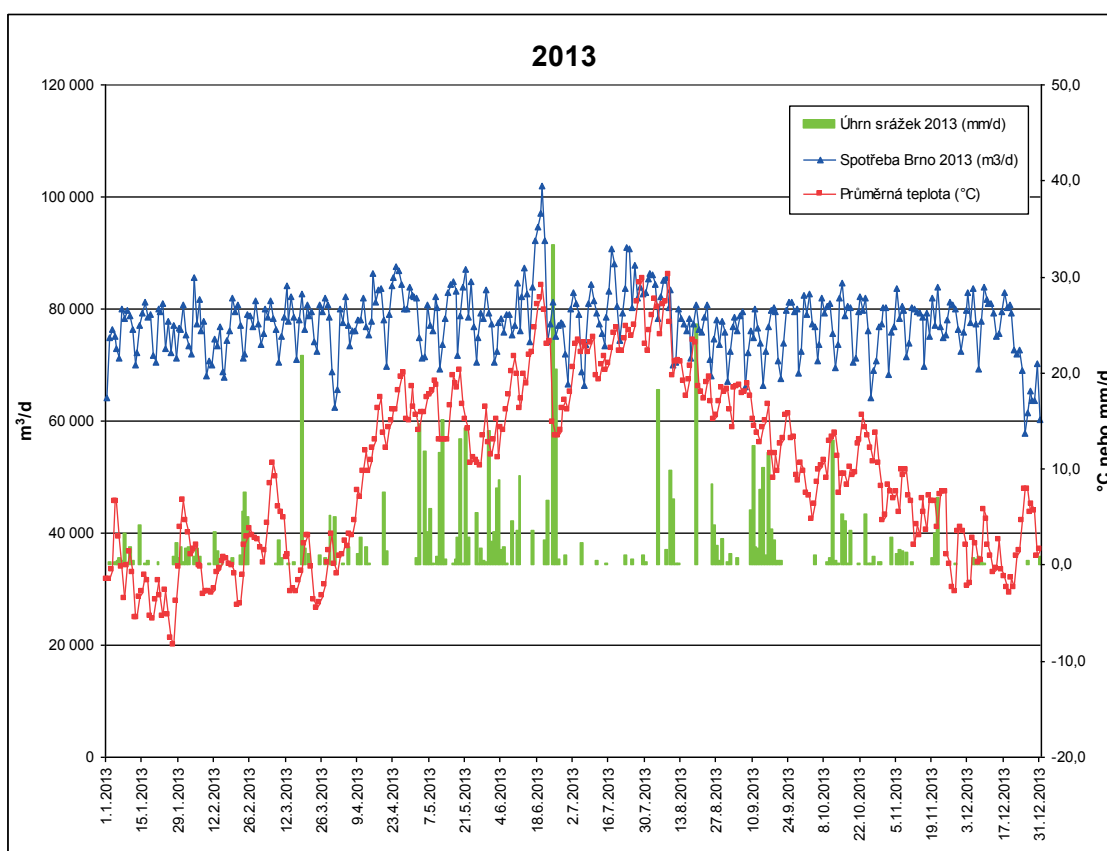


Obr. 3 Denní spotřeba vody v roce 2013 v jednotlivých dnech týdne

Zkoumán byl i vliv denních úhrnů srážek na spotřebu vody. Výrazný přímý vliv však prokázán nebyl. Dosud nebylo na popisovaných datech provedeno ověření vlivu bezdeštného období v kombinaci s vysokými průměrnými denními teplotami.

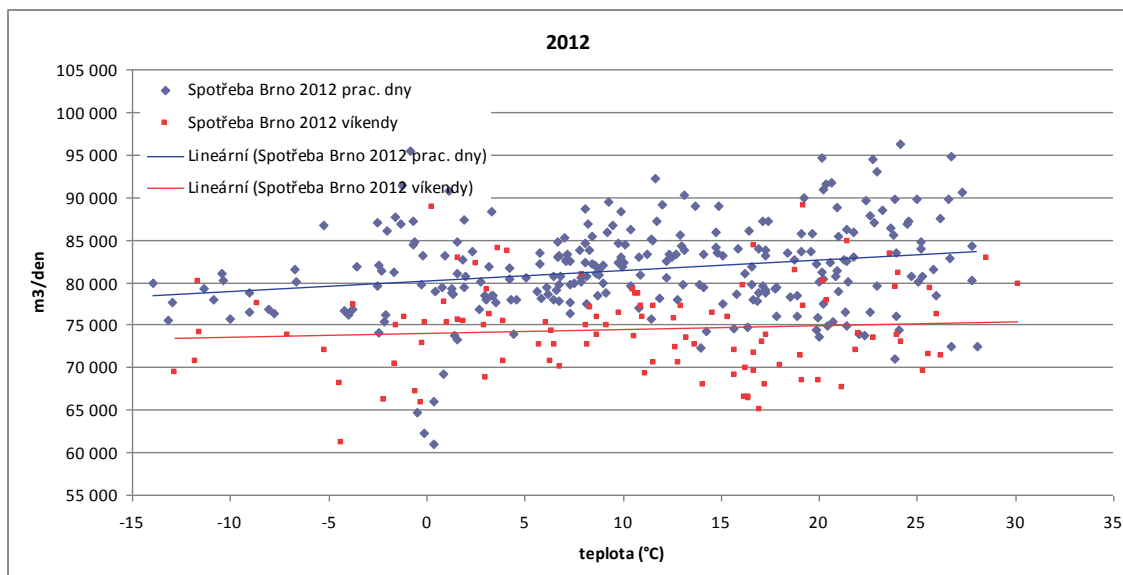


Obr. 4 Spotřeba vody, průměrné denní teploty a denní úhrny srážek v roce 2012

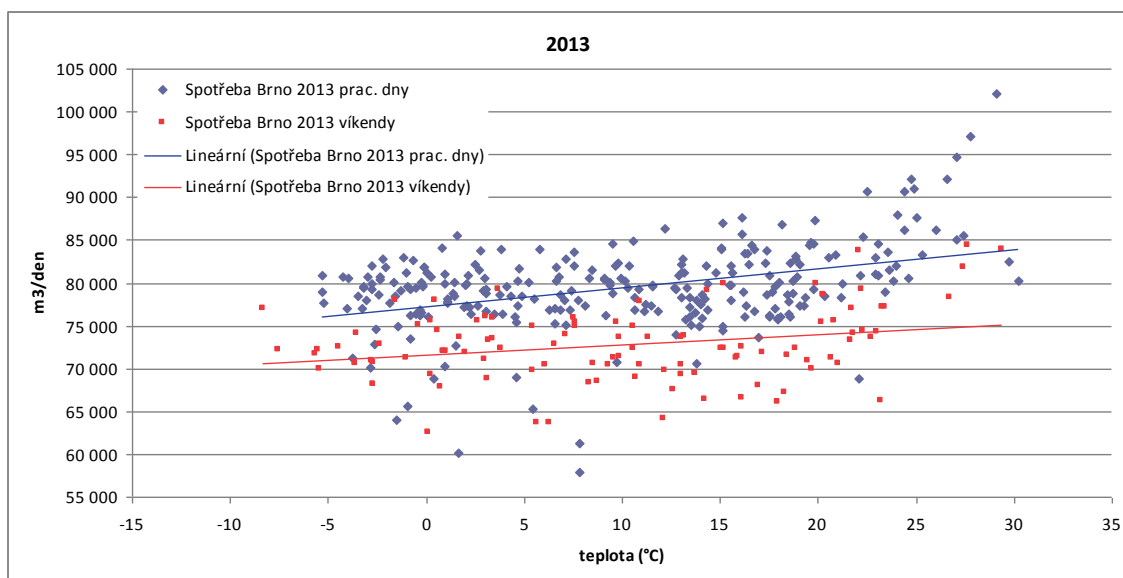


Obr. 5 Spotřeba vody, průměrné denní teploty a denní úhrny srážek v roce 2013

Na obr. 4 a obr. 5 je provedeno přímé srovnání časových řad spotřeb vody, průměrných denních teplot a denních úhrnů srážek v letech 2012 a 2013. Lze říci, že vysokých hodnot denní spotřeby je dosahováno při prvních překročeních průměrné denní teploty 20 °C v roce. Vliv průměrných teplot přesahujících 20 °C je poměrně silný i v dalších dnech. Naopak vliv průměrné denní teploty slábne při poklesu pod asi 10 °C.



Obr. 6 Závislost denní spotřeby vody na průměrné denní teplotě v roce 2012



Obr. 7 Závislost denní spotřeby vody na průměrné denní teplotě v roce 2013

7. Závěr

Denní potřeba vody se používá při návrhu kapacity zdrojů vodovodů, při návrhu přivaděčů nebo při plánování výluk přivaděčů a při podobných činnostech. Znalost faktorů, které tuto hodnotu ovlivňují, umožňuje odhadnout denní potřebu v určitý den nebo v zadaném časovém rozpětí. Největší vliv na denní spotřebu vody Brněnské vodárenské soustavy dle provedené analýzy za roky 2012 a 2013 má časové určení dne v týdnu i skutečnost, zda se jedná o státní svátek. Poměrně výrazný vliv byl zaznamenán u průměrné denní teploty, a to především v letních měsících roku 2013.

Literatura

- [1] Hlaváč, J., Šenkapoulová, J., Tungli, L.: Faktorová analýza spotřeby vody, časopis SOVAK č. 3/2010,
- [2] Materiály a data Brněnských vodáren a kanalizací, a.s.,
- [3] Králová, H., Zvěřina, Z.: Vodohospodářská meteorologie a klimatologie, CERM Brno, 2002,
- [4] Rožnovský, J.: Klimatologie, MZLU Brno, 1999.

Trubní materiály používané pro výstavbu vodovodů v historii

Ing. Marek Coufal

VODING HRANICE, spol. s r.o., marek.coufal@voding.cz, marek.coufal@centrum.cz

Abstrakt

Doprava vody od zdroje ke spotřebiteli byla v historii vždy řešena s ohledem na technické a ekonomické možnosti budovatele díla. V důsledku technického rozvoje lidstva se zdokonalovala i technologie výroby trub a dříve používané trubní systémy byly nahrazovány systémy modernějšími. Příspěvek se zabývá některými dnes už nepoužívanými trubními systémy, které byly využívány k dopravě vody v historii.

Dřevěné vrtané potrubí

Dřevo bylo pro výrobu potrubí používáno díky dostupnosti a lehké opracovatelnosti. Prvním dřevěným potrubím používaným pro dopravu vody bylo potrubí vrtané, jehož výroba se dala zvládnout i poměrně primitivními nástroji. Dřevěné vrtané potrubí bylo vyráběno z oloupaných kmenů z borového nebo modřínového dřeva, které měly zpravidla průměr 20-30 cm. Do těchto kmenů byly speciálními nebozezy vrtány otvory o průměru 4-6 cm. Spojování dřevěných trub bylo prováděno buď tupým srázem spojeným ocelovou zděří, nebo pomocí čepování. Čepovaná spojení se vyztužovaly pomocí železných obručí, které se narážely na vyztužované potrubí za horka. Odbočení se připojovaly šikmými čepy. Na dřevěném vrtaném potrubí byly shora prováděny čistící otvory, které se utěšňovaly klínovými vložkami. Dřevěné potrubí nesmělo vyschnout, proto bývaly roury, které nebyly ihned použity, skladovány ve vodě. Používání dřevěných vrtaných trub se potýkalo se spoustou nevýhod. Mezi hlavní nevýhody patřily malý průtočný profil budovaného potrubí, netěsnost trub a spojů, nemožnost použití potrubí pro vyšší provozní tlaky a ovlivňování kvality dopravované vody. S nástupem nových materiálů tyto nevýhody velmi rychle vyloučily dřevěné vrtané potrubí z vodárenské praxe a na přelomu 19. a 20. století byly dřevěné vrtané trouby využívány pouze výjimečně, např. pro provizorní převedení vody.



Obr. 1: Výřez z dřevěného vrtaného potrubí



Obr. 2: Detail průtočného profilu dřevěného vrtaného potrubí

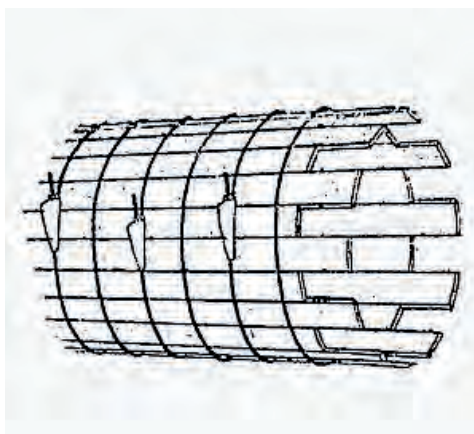
Dřevěné dužinové potrubí

Podstatně vyspělejším materiálem bylo dřevěné dužinové potrubí. Dužinové potrubí bylo možno vyrábět v rozpětí od relativně malých profilů až do profilů překračujících průměr 4 m. Na rozdíl od dřevěného vrtaného potrubí šlo dužinové potrubí použít i pro vyšší tlaky potrubí (dobová literatura uvádí až 10 atmofér; 1 technická atmosféra = cca 0,1 MPa). Do průměru cca 500 mm se dužinové potrubí vyrábělo v dílnách jako trubní dílce dlouhé 5-6 m, které se pak na místě montáže spojovaly přeplátováním nebo tupým stykem s objímkou. Potrubí větších průměrů se sestavovalo přímo na místě stavby. Pro malé průměry a malé tlaky v potrubí se trouby sestavovaly z jedné vrstvy dužin, které byly sraženy na tupý styk. Potrubí velkých průměrů a tlaků bylo sestavováno ze dvou vrstev dužin, které byly spojeny pomocí drážek. Tuhost celé konstrukce byla zajištěna pomocí plochých pásových ocelových obručí, které byly osazeny ve vzdálenosti cca 250 mm od sebe. Na obručích byla na jedné straně nanýtována stahovací hlava, na druhé straně byla obruč opatřena závitem a maticí, kterou se obruče stahovaly. Ve své době bylo sestavování dřevěného dužinového potrubí považováno za jednodušší práci než bednění dřevěných sudů, protože u potrubí se neprovádělo zakřivení podle podélné osy.

Pravděpodobně nejznámějším využitím dřevěného dužinového potrubí u nás byla část trubního přivaděče DN 2000 přivádějícího vodu z vodního díla Seč pro přilehlou vodní elektrárnu. Vlastní dřevěné potrubí bylo vybudováno v letech 1941-1943 a je v délce cca 854 m vyrobeno z dužin silných 8 cm stažených ocelovými obručemi. Jako důvod použití dřevěného dužinového potrubí je uváděna neúnosnost podloží v místě stavby; jiné zdroje však uvádí jako důvod výstavby dřevěného potrubí úřední zákaz použití oceli kvůli nucené preferenci říšské válečné výroby. V roce 2010 proběhla rekonstrukce celého přivaděče, v rámci které bylo dřevěné potrubí nahrazeno za potrubí ocelové. Jako technická zajímavost byl zachován pouze cca 2 m dlouhý kus původního dřevěného dužinového potrubí, který je vystaven u elektrárny Seč.



Obr. 3: Dřevěné dužinové potrubí DN 2000, které sloužilo jako přívod z VD Seč pro vodní elektrárnu



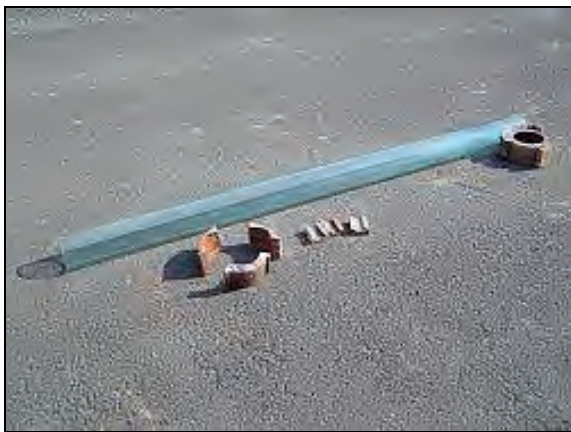
Obr. 4: Skladba dřevěného dužinového potrubí

Potrubí ze šedé litiny

Potrubí ze šedé litiny (v dobové literatuře nazýváno potrubí ze železné litiny) bylo na začátku 20. století jedním z nejčastěji využívaných trubních materiálů ve vodárenství. Výroba litinových trub byla známa už ve středověku, ranná litinová potrubí však byla velmi primitivní. Odlitky prvních trub byly těžké, nepřesné, s délkami jednotlivých trub jen přibližně 1-1,5 m a vzhledem k používaným výrobním technologiím velmi drahé. Potrubí z litiny proto bylo zprvu využíváno jen řídce. Velmi známé je využití potrubí z litiny pro výstavbu přívodu vody pro zámecký komplex Versailles ve Francii. Král Slunce Ludvík XIV. nechal v roce 1664 vybudovat vodovodní síť, která měla celkovou délku cca 35 km. Pro výstavbu byly využity 1 m dlouhé přírubové litinové trouby. Příruby měly zalité šroubové otvory a byly utěsněny pomocí vložených podložek z olova a mědi. Navzdory pokročilému věku zůstává přibližně 80% tohoto unikátního systému pro dopravu vody funkční dodnes. Rychlý rozvoj litinových trubních systémů začal v druhé polovině 19. století, kdy se společně s rozvojem vodárenství a plynárenství postupně zdokonalila také výroba litinových trub. Na přelomu 19. a 20. století se v Čechách litinové trouby vyráběly podle tzv. německého normálu, který v roce 1875 sestavil spolek německých vodárenských a plynárenských odborníků. Účelem tohoto předpisu bylo sjednocení parametrů trub vyráběných různými hutěmi. Vzhledem k tehdejšímu politickému rozdělení kontinentu s nepříliš přátelskými vztahy mezi jednotlivými politickými bloky však byl tento normativ pochopitelně rozeznáván jen v některých státech tehdejší Evropy. Např. v roce 1910 byl německý normál pro výrobu litinových trub využíván v Německu, Rakousko-Uhersku, Rusku, Švédsku a Norsku. Základem německého normálu byla definice pro silnostěnné litinové potrubí pro provozní tlak 10 atmosfér a pro zkoušku jednotlivých trub prováděnou v hutích na tlak 20 atmosfér. Dále byly vyráběny tzv. slabostěnné litinové potrubí, které se v hutích zkoušely na tlak 10 atmosfér; tyto trouby se však používaly na odvedení odpadních vod. Kvůli shodnosti tvaru pro spojování potrubí byly u německého normálu vnější průměr trouby a vnitřní průměr hrdla konstantní, tzn. že pokud bylo potřeba kvůli abnormálním tlakům potrubí se silnější stěnou, dělo se tak na úkor světlosti potrubí.

Skleněné potrubí

Prakticky nevyužívaným materiálem pro dopravu pitné vody zůstalo skleněné potrubí, ačkoliv se mu v 50. letech minulého předpovídalo rychlé rozšíření. Očekávalo se, že skleněné trubní systémy budou postupně nahrazovat ocelová a litinová potrubí, které bylo nutno vyrábět z dovážených surovin. Jako výhody skleněného potrubí se uváděly hladkost vnitřních stěn, odolnost vůči agresivním vlivům vody a půdy a netěčnost vůči bludným proudům. Nevýhody byly malá pevnost v tahu, malá pevnost v tlaku za ohybu a citlivost na otřesy. Jako velké riziko bylo u skleněných trub uváděno vnitřní pnutí, které vznikalo následkem nestejnomyšerného a nedokonalého chlazení. Skleněné potrubí bylo vyráběno vertikálním tažným ve jmenovitých světlostech Js 80, 100, 125 a 150. Jednotlivé trouby měly délku 1,60-2,00 m. Skleněné potrubí bylo spojováno pomocí Černíkových nebo Vymerových vodotěsnících spojek. Černíkova spojka se skládala z pryžové vložky, pryžové manžety, pásu dřevěných dvojklínků nalepených na pruh papíru a dvou stahovacích litinových prstenců. Vymerova spojka se skládala z měkké gumové manžety, která byla souměrně přetažena přes hladké konce trub, a z kovového krytu, který způsoboval mírné stažení manžety k potrubí a bránil jejímu roztažení tlakem vody. Manžeta měla uprostřed speciální žebro, které bránilo dosednutí konců trub na sebe.

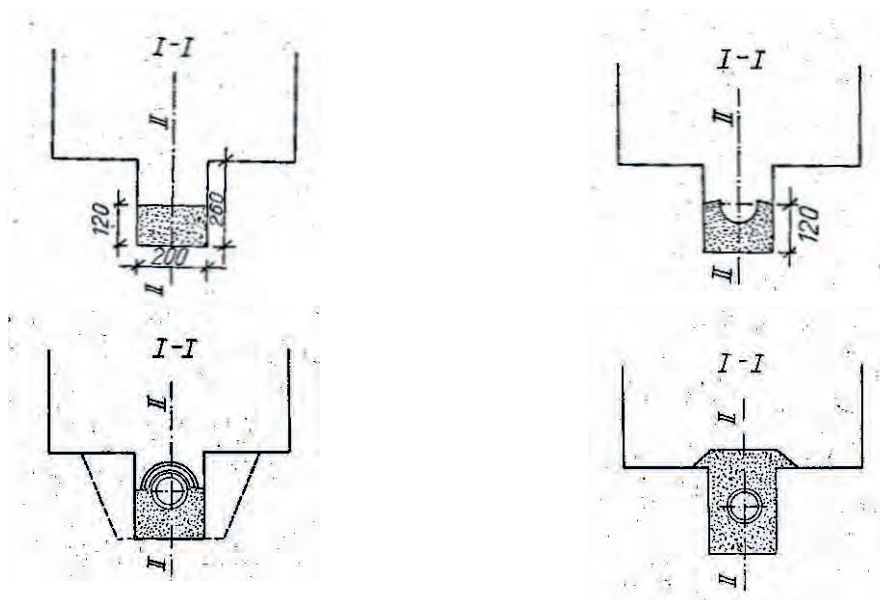


Obr. 5: Skleněné potrubí a Vymerovy vodotěsnící spojky (bez těsnění)



Obr. 6: Detail Vymerovy vodotěsnící spojky pro skleněná potrubí

Pro pokládku potrubí byl doporučován způsob navržený Ing. Černíkem. Vodovodní rýha se vykopala obvyklým způsobem, avšak jen do hloubky asi o 10 cm menší, než je zámrazná hloubka. Ve středu rýhy se vyhloubil žlábek přiměřených rozměrů (např. žlábek cca 25 cm hluboký a 20 cm široký pro potrubí Js 80). Žlábek se asi do poloviny vyplnil pískem nebo prohozeným hlinitým materiálem. V podélné ose žlábků se litinovou nebo ocelovou troubou stejné velikosti jako pokládané potrubí vydusalo poloválčové lože. V místech pro budoucí spoje se provedlo vybrání materiálu. Do takto připraveného podloží se provedla montáž potrubí. Smontované potrubí bylo zasypáno vrstvou písku do výšky nejméně 10 cm, na kterou pak byla provedena další vrstva záhozu v mocnosti nejméně 30 cm. Tato vrstva nesměla obsahovat větší kameny a musela být velmi opatrně dusána.



Obr. 7: Pokládka skleněného potrubí dle Ing. Černíka

Azbestocementové potrubí

Azbestocementové potrubí se začalo vyrábět začátkem 20. století v Itálii a jeho výroba a využívání pro dopravu vody se rychle rozšířilo do celého světa. Mezi výhody azbestocementového potrubí patřila nízká drsnost, odolnost proti chemické korozi, odolnost vůči elektrochemické korozi a v porovnání s kovovými potrubími menší hmotnost. Nevýhodou potrubí byla nízká pevnost v ohybu a částečná propustnost pro určité organické látky. Potrubí bylo spojováno speciálními spojkami Gibault, Simplex, OVP-Nitra nebo Reka. Z azbestocementu byly vyráběny pouze rovné trouby. Pro změny směru, sklonu a připojení armatur byly azbestocementových řadech používány tvarovky z litiny, které byly vyráběny speciálně pro tento účel.



Obr. 8: Azbestocementové potrubí



Obr. 9: Spojky OVP pro spojování azbestocementových potrubí (bez těsnění)

Potrubí bylo vyráběno z řídké směsi cementu a azbestu v poměru 7:1 až 8:1 a plstěného pásu. Cementové mléko se s azbestem mísilo v holendrech, ze kterých byla směs vedena do otáčejícího se válce, jehož plášť byl tvořen jemnou měděnou síťovinou. Na povrchu válce se usazovala vrstva azbestových vláken spojená cementem, přičemž přebytečná voda odtékla. Usazená vrstva byla odebírána nekonečným plstěným pásem, kterým byla dopravována na ocelový hlazený válec, kde se navíjela na potřebnou tloušťku stěny. Navíjení se provádělo za současného válcování s tlakem 4-15 barů (dle průměru vyráběných trub), čímž se dosáhlo velmi hutné a stejnorodé tloušťky stěny. Po odebrání trouby z ocelového válce se trouba nasazovala na dřevěné jádro, aby se zabránilo nechtěným deformacím nových trub. Po částečném zatuhnutí se po přibližně jednom dni dřevěné jádro odstranilo a trouby se ukládaly do vodní lázně, kde zůstávaly cca 8 dní až do úplného zatvrdnutí. Vnitřní povrch se následně opatřoval asfaltovým nátěrem. Životnost potrubí z azbestocementu byla udávána na přibližně 50-70 let.

Na území současné České republiky byl azbest zařazen mezi prokázané karcinogeny pro člověka v roce 1984 (směrnice ministerstva zdravotnictví ČSR – hlavního hygienika ČSR 64/1984 Sb. hygienické předpisy, o hygienických zásadách pro práce s chemickými karcinogeny). Ačkoliv se od začátku 80. let 20. století potrubí z azbestocementu nepoužívá, v současné době je stále v provozu část dříve vybudovaných vodovodů z azbestocementových trub. Problematické jsou při rekonstrukcích azbestocementových vodovodů zejména demontáže a likvidace azbestocementových trub, kdy může dojít uvolnění a vdechnutí azbestových vláken. Odpady obsahující azbest jsou ve smyslu

zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, klasifikovány jako odpady nebezpečné, prokazatelně karcinogenní pro člověka. Pro demontáže a likvidace azbestocementových potrubí je proto nutno dodržovat speciální postupy, jejichž cílem je maximální možné snížení zdravotních rizik, které manipulací a uskladněním těchto odpadů obsahujících azbest vznikají.

Trubní materiály uvedené v tomto příspěvku již nejsou pro budování nových vodovodních sítí využívány. S některými zde zmíněnými druhy potrubí se ale stále můžeme setkat v provozu u části dříve vybudovaných systémů zásobování vodou. Tyto trubní materiály jsou však zpravidla na konci své životnosti a postupně jsou při rekonstrukcích nahrazovány materiály moderními.

Seznam použitých zdrojů

- [1] HRÁSKÝ, Jan Vladimír. Přednášky o vodárenství: Zásobování měst a krajín vodou. Praha: Spolek posluchačů kulturního inženýrství na c.k. české vysoké škole technické v Praze, 1911.
- [2] ČERVENÝ, František a ŘEHOŘOVSKÝ, Václav Karel. Technický průvodce pro inženýry a stavitele: Stavitelství vodní, II. část - vodárenství. Praha: Česká matice technická, 1923.
- [3] Přehrada Seč. Povodí Labe [online]. [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: http://www.pla.cz/planet/public/vodnidila/prehrada_sec.htm
- [4] DOLEJŠÍ, Antonín a ZAVJALOV, Lev. Vodovodní potrubí a vodojemy. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955.
- [5] ŠTÍCHA, Václav. *Vodárenství: Zásobování obyvatelstva, průmyslu a zemědělství pitnou a užitkovou vodou*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960.
- [6] ROTH, Jaroslav a KROUPA, Pavel. *Vodárenství I*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1970.
- [7] SAINT GOBAIN PAM. At the Heart of Natural Resources - Cast Iron and the Fountains of Versailles

Obrázky použité v textu

Obr. 1, 2, 8 a 9: Archiv autora

Obr. 3: JIRÁSEK, Pavel. Dostupný pod licencí Creative Commons na WWW: <
http://picasaweb.google.com/lh/photo/m1nBqdjvp3j_ZgALSJQbFw>

Obr. 4: ČERVENÝ, František a ŘEHOŘOVSKÝ, Václav Karel. Technický průvodce pro inženýry a stavitele: Stavitelství vodní, II. část - vodárenství. Praha: Česká matice technická, 1923.

Obr. 7: DOLEJŠÍ, Antonín a ZAVJALOV, Lev. Vodovodní potrubí a vodojemy. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955.

Obr. 5 a 6: Tomáš Hájek

Systémová integrácia a automatizácia v oblasti odpočtu, kontroly rozvodu a kvality vody

Ing. Boleslava Gáboríková, riaditeľka spoločnosti

Macro Components, s.r.o., ako dodávateľ uceleného riešenia pre potreby vodárenských spoločností

Spoločnosť Macro Components, s.r.o. so sídlom v Žiline, sa začala zaoberať technológiou pre odpočty energií v roku 2005. Firma je na trhu od roku 1992, oblasť podnikania – IT, elektrotechnika.

V roku 2004 sme uzavreli zmluvu o distribúcii so spoločnosťou CORONIS, Francúzsko v súčasnosti člen skupiny ELSTER. Spoločnosť má na trhu umiestených viac ako 5 miliónov rádiových modulov, pre aplikáciu smart metering, v oblasti plynu, vody.

V roku 2013 sme sa rozhodli rozšíriť ponuku technológií pre odpočty.

Sme autorizovaným partnerom spoločnosti HOMERIDER SYSTEMS, ktorá je členom skupiny VEOLIA. V súčasnosti má tento výrobca najväčší trhový podiel v Európe v oblasti vodárenstva. Špecifikum toho výrobcu je úzka spolupráca s výrobcami senzorov, aj u nás známych PRIMAYER, ENDETEC/VEOLIA, IJINUS. V strategických plánoch firmy je v nasledujúcich rokoch začleniť do svojich rádiových sietí 250 typov senzorov, preto sme sa rozhodli s nimi spolupracovať.

Sme aktívny na trhu Slovenskej aj Českej republiky.

Stručná charakteristika toho, čo vieme ponúknuť vodárenským spoločnostiam:

- univerzálne technológie pre odpočty vody, nie sme viazaní na žiadneho dodávateľa vodomero
- jednotný systém pre zber údajov s výjazdom do terénu pre manuálny odpočet, súčasný stav, výjazd do terénu s rádiovým odpočtom a cez GSM sieť, vrátane zberu dát zo senzorov
- senzory s rádiovým modulom kompatibilným s technológiou pre odpočet vody pre meranie tlaku, teploty, chemických veličín, hladiny vody, únikov vody, ktorých hodnoty sú prenášané cez jednotnú rádiovú sieť
- riešenie pre automatické odovzdávanie a preberanie údajov z existujúceho informačného systému spoločnosti a systémov SCADA
- programové moduly pre spracovanie získaných dát pred ich zaslaním do konečnej fázy použitia
- program pre analýzu stavu vodárenskej siete, nameraných veličín zo senzorov
- ľubovoľné riešenie na zákazku, maximálne prispôbenie sa existujúcemu stavu v spoločnosti

Komplexné rádiové siete pre riešenie odpočtov vody, monitoring rozvodov, prenos údajov zo senzorov.

Komplexnosť našej ponuky je možné definovať 3 spôsobmi.

- 1/ Používaná technológia dokáže odčítať okrem vody aj plyn, alebo elektrickú energiu. Jeden rádiový modul s viacerými vstupmi môže byť použitý napríklad v šachte bytového domu na odpočet plynu, vody, elektriky resp. viacerých vodomero.

2/ Jednotný systém práce s odbernými miestami bez ohľadu, či je miesto vybavené rádiom, snímané v teréne alebo cez GSM alebo, či zostáva v pôvodnom režime – odpočet vizuálny.

V procese implementácie systémov pre diaľkový odpočet, sa do existujúcej databázy odberných miest /OM/ zapíše údaj, či má OM osadený rádiový modul, či je možné ho odčítať cez GSM sieť alebo má byť zaradený do plánovanej odpočtovej trasy pre výjazd do terénu, kde bude odčítaný cez mobilné zariadenie.

Pri generovaní požiadavky na odpočet OM je spôsob získania stavu vodomera v ďalšom automaticky primerane spracovaný a to:

- pre GSM prenos údajov, je odpočet inicializovaný automaticky cez správcu systému GSM pevnej rádiovéj siete
- pre odpočet s výjazdom do terénu, sa do mobilného zariadenia prenáša úplná trasa, s informáciou o statuse OM, dáta sú získané v terénne cez rádio alebo manuálnym, klasickým odpočtom. Pri výjazde sa spracuje celá lokalita naraz. Tie, ktoré sú vybavené rádiom sa snímajú diaľkovo, ostatné ako doposiaľ, odpisom stavu merača do mobilného terminálu

3/ Novinkou v riešení je dodávka senzorov pre monitorovanie sietí s rádiovým modulom, ktorý je kompatibilný s rádiovým modulom pre odpočty vody, inými slovami cez vybudovanú GSM sieť alebo mobilné terminály je okrem vodomerov možné snímať údaje o tlaku, teplote, chemických vlastnostiach vody, únikoch vody a stav kanalizácie z inštalovaných senzorov v terénne.

Zbierané dáta je možné koncentrovať do jednej databázy a následne spracovať podľa potrieb vodárenskej spoločnosti.

Jednotný systém pre manuálne aj rádiové odpočty.

Sme autorom a dodávateľom programu pre odpočty v terénne s názvom WnetWalkBy.

Program pracuje pod operačným systémom Windows CE V5.0 a vyšším.

Odpočtár načíta komplexnú odpočtovú trasu do zariadenia, v terénne sníma údaje rádiom alebo zapíše stav vodomera ako doposiaľ do mobilného zariadenia. Odpočtár získava pokyny, údaje, odpočtové trasy cez GSM sieť, nie je nutný návrat do materskej spoločnosti. Podobne zasiela spracované dávkky cez GSM operátora z terminálu.

Uvedená filozofia riešenia výrazne šetrí náklady v procese odpočtov.

Dávka je spracovaná buď priamo zápisom do IS alebo prechádza cez validačný modul, kde na základe nastavených požiadaviek zadávateľa je možné realizovať kontroly hlavne podozrivých udalostí.

Dáta z trasy sa zasielajú elektronicky do nadradeného IS, ako jedna dávka bez ohľadu na spôsob získania dát.

Jednotný programový balík dáva VS možnosť postupného prechodu z manuálneho odpočtu na rádiový, prípadne aj opak, návrat do pôvodného stavu.

V súčasnosti sa používa naše SW riešenie pre viac ako 250 000 odberných miest.

Nami ponúkané riešenie je maximálne flexibilné, počas celej doby životnosti technológie pre jednotlivé odberné miesta sa môže meniť spôsob odpočtu – napr. vrátené do manuálneho režimu alebo zaradené do GSM siete a naopak. Externý rádiový modul sa môže inštalovať na iný vodomer, v prípade zmeny.

Prepojenie údajov na informačný systém.

Doposiaľ sme realizovali automatický prenos údajov pre systémy USYS, a.s. a SAP, pre systém NAVISON v pilotnej prevádzke.

Spôsob komunikácie medzi automatickým systémom pre odpočet dát a používaným IS spoločnosti, je vždy daný nadradeným IS, t.j. nakoľko je otvorený pre posielanie, načítanie štandardných súborov dát alebo či systém povolí priamy zápis, čítanie údajov z databáz.

Sme zmluvným partnerom spoločnosti USYS, a.s. Praha. Pre Západoslovenskú vodárenskú spoločnosť NITRA, a.s. sme realizovali projekt pre komplexný zber dát v terénne s priamym prepojením na používaný systém IS-USYS.net. Dáta sú vyčítavané z databázy odberných miest v podobe odpočtových dávok a následne po realizácii odpočtu zapísané do databázy. Validácia údajov prebieha priamo v IS-USYS.net.

Z hľadiska úspory nákladov je to veľký krok vpred – odpočtári zostávajú v terénne, nie je nutný návrat na stredisko. Distribúciu odpočtových dávok, dokonca textovú komunikáciu medzi terénom a strediskom realizuje poverený pracovník VS na vyčlenenom serverovom pracovisku.

Množina údajov, ktoré dostáva odpočtár do mobilného zariadenia alebo prechádza do systému pre správu GSM siete, je vecou požiadaviek VS. Nakoľko všetky SW prostriedky sú nami vyvíjané, sme schopní sa maximálnej miere prispôsobiť všetkým požiadavkám zákazníka.

Východoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s. Košice používa systém SAP. Výmena údajov medzi mobilnými zariadeniami a IS SAP prebieha na úrovni súborov v textovom formáte. Mobilné zariadenie komunikuje s nadradeným PC štandardnými prostriedkami.

Množina informácií, ktorá je k dispozícii odpočtárovi, je určená požiadavkami užívateľa, sme schopní sa maximálne prispôsobiť.

Ako príklad uvádzame:

- odpočtové trasy / dominantné kritérium, spôsob odpočtu nie je významný/
- história odberov
- kontaktné informácie na odberateľa
- prípustná tolerancia, voči predchádzajúcemu stavu
- GPS súradnice odberného miesta
- používané textové poznámky
- interný kód odberateľa

Kontrola odpočtov, pred ich prenosom do fakturačného modulu prebieha mimo SAP, sme dodávateľom tohto programového modulu. Kritériá, kedy je získaná hodnota označená za kritickú sú vecou prednastavených parametrov, v správe užívateľa.

Skúsenosti so zavedením komplexných systémov vo vodárenských spoločnostiach.

Nasadzujeme technológie pre odpočty od roku 2005. Našimi zákazníkmi sú dodávatelia plynu, vody, a to menovite:

- SPP distribúcia a.s. Bratislava
- RWE, a.s. Praha
- MDP, a.s. Praha / dcérska spoločnosť Pražská plynárenská, a.s. /

- VVS, a.s. Košice
- ZSVS, a.s. Nitra
- PBVS, a.s. Považská Bystrica
- VSR, a.s. Ružomberok
- BVS, a.s. Bratislava – pilotný projekt

Prvý pilotný projekt, ktorý sme realizovali vo VVS, a.s. Košice na sídlisku Furča v Košiciach, v roku 2005, bola rádiová sieť s prenosom údajov cez GSM. Sieť je v prevádzke do dnešného dňa, bez zmeny, automatický prenos údajov z 38 odberných miest denne, na server VVS a.s. V pevnej GSM sieti sú v súčasnosti zaradené ďalšie 2 mestá, je snímaných celkom 480 vodomeroch. Pre mobilný odpočet je osadených 6 000 vodomeroch.

V prípade hromadného nasadenia je našou filozofiou spolupráce:

- akceptovanie existujúceho stavu vo vodárenskej spoločnosti z hľadiska používaných vodomeroch, informačných systémov, odpočtových trás
- nastavenie procesov pre postupné investície a možnosť kontinuálneho prechodu medzi manuálnym odpočtom – odpočet cez rádio v teréne a odpočet cez GSM a zároveň aj možnosť zmeny, návratu na iný typ získania údajov kedykoľvek v čase používania technológie

Vstupné nároky pre vodárenskú spoločnosť

- vodomery s impulzným výstupom ľubovoľného výrobcu, v prípade použitia externých modulov alebo inštalácia vodomeroch so zabudovaným rádiom.
Naša firma Macro Components, s.r.o. vie pracovať s bežne používanými typmi vodomeroch s rádiom značky SENSUS, ELSTER, SAPPEL, ITRON, v prípade potreby i dodávať
- zadanie dodatočných 5 údajov k údajom o odbernom mieste do databázy IS
- mobilné zariadenie pre zber údajov v teréne, k dispozícii jeden programový balík pre manuálne zadávanie hodnoty aj odčítanie na diaľku
- dohodu s GSM operátorom, v prípade pevných sietí
- plán umiestnenia opakovačov a GSM brány /nutná prípojka na 230V / podľa terénnych podmienok

Postup pri nasadzovaní

Každá spoločnosť, s ktorou sme spolupracovali – plynárenské, vodárenské spoločnosti testovali nami dodávané technológie v pilotných projektoch, išlo o kombináciu zberu dát manuálne, rádiom v teréne a GSM prenos údajov, z viacerých lokalít, bez prenosu údajov do IS.

Získané údaje boli porovnávané so stavom na vodomery, plynomery vizuálne. Testovaná bola presnosť údajov a dosah, kvalita signálu, spoľahlivosť rádiovkej trasy. Pre pilotné projekty vieme zapožičať rádiové moduly a programové vybavenie na odpočty, server pre inštaláciu správcu GSM komunikácie.

V ďalšom kroku riešime prepojenie na IS spoločnosti, každá inštalácia je prispôbena požiadavkám, zvyklostiam zákazníka.

Veľkou výhodou technológie je možnosť postupného zavádzania odpočtov a výber/zmena spôsobu získavania údajov, kedykoľvek počas životnosti projektu.

Kritérium pre zaradenie OM do automatických odpočtov je viacero

- početnosť fakturácie
- dostupnosť odberného miesta / napr. budovy špeciálneho určenia
- terénna nedostupnosť
- podozrivé správanie odberateľa
- monitorovanie únikov vody / lacný spôsob kontroly tohto problému, iné využitie technológie/

Ako príklad uvádzame napr. VS v Považskej Bystrici, ktorá každý rok nasadila technológiu v inom meste – postupne Považská Bystrica, Púchov, Nová Dubnica, Dubnica, primárne na riešenie únikov vody v sieti.

Iným model bol zvolený vo VVS, a.s. Košice, kde sa diaľkové odpočty nasadzovali pri individuálnych klientoch:

- pri nových prípojkách, kedy odberateľ sa viazanosť k odberom v dĺžke 2 roky dostal rádiový modul zdarma
- pri existujúcich zákazníkoch dostal odberateľ možnosť zakúpiť si rádiový modul za komerčných podmienok

Vo VVS a.s. v prípade priemyselných, komerčných objektoch s mesačným, kvartálnym odpočtom je technológia nasadzovaná na náklady VS, prevažne zber cez GSM sieť.

Základné pojmy

Základné typy diaľkových odpočtov

- zber dát v teréne, do mobilného zariadenia – PC, notebook v aute, mobilný telefón. Počítač sa vybaví komunikačnou kartou a cez kartu sa rádiovou cestou načítajú údaje. Nami ponúkané technológie dokážu odčítať dáta na vzdialenosť 200-300 m z vodovodnej šachty. Jednoduchá inštalácia, údržba. Šetrenie nákladov v rýchlosti realizovaného odpočtu
- zber dát cez sieť GSM, údaje prichádzajú na server vodárenskej spoločnosti. Vybudovanie siete, údržba vyžaduje vyššie náklady na druhej strane výrazná úspora nákladov pri realizácii odpočtov, okamžitá informácia o podozrivých udalostiach – úniky vody, podvody,...

Častá je kombinácia oboch spôsobov, je možné v dobe životnosti projektu tieto spôsoby na jednotlivých OM meniť.

Z pohľadu nákladov – komunikácia rádiových modulov je zdarma, pre GSM koncentrátor je nutná SIM karta s najnižším dátovým paušálom.

Prvky pre systémy diaľkových odpočtov

Rádiový modul

Základný prvok systémov pre diaľkové odpočty. Z hľadiska pripojenie k vodomeru môže byť externý, pripája sa cez REED alebo HRI snímač káblom alebo v ponuke od výrobcov vodomeroch sú integrované riešenia na vodomery.

Je batériovo napájaný, životnosť 8-12 rokov, v krytí IP68. Macro Components, s.r.o. má v ponuke 2 typy modulov – s pravidelným odpočtom prednastaveným z výroby alebo je interval odpočtov nastavený pri inštalácii.

Interval odpočtov je rádovo minúty až po mesiace, týždne. Technológie ponúkajú prácu s plánovanými odpočtami, so zachovaním histórie, a mimoriadnym odpočtom. Uchované údaje, napr. odpočet stavu vody vždy 1. dňa v mesiaci počas celého zúčtovacieho obdobia, sa z rádiového modulu preniesú do IS, v prípade záujmu. Komunikácia s modulom je zdarma, je vo voľno pásme.

GSM koncentrátor

Zariadenie, ktoré z okruhu s priemerom 24 kilometrov dokáže zberať údaje z OM a preniesť na server vodárenskej spoločnosti. Vyžaduje prípojku 230V.

Opakovač signálu

Mostík medzi GSM bránou a koncovým bodom, zosilňuje signál, predlžuje rádiovú cestu. Batériovo napájaný, krytie IP68, vo vývoji modul s výmennou batériou.

Senzory s rádiom

Macro Components, s.r.o. vie ponúknuť senzory chemických a fyzikálnych veličín – tlak, teplota, chemické zloženie, merač hladiny, ktoré majú integrovaný rádiový modul kompatibilný s rádiom pre diaľkový odpočet, t.j. okrem odpočtov vody dostanem cez vybudovanú rádiovú sieť aj iné monitorované veličiny z vodovodnej sústavy. Senzory sa stávajú integračnou súčasťou technológie diaľkových odpočtov.

Príklady senzor dostupných na trhu:

- senzor výrobcu **Endetec** /člen Veolia/ obchodný názov **Kapta**, je určený pre kontinuálne meranie obsahu chlóru, viskozity, tlaku a teploty vo vodárenských rozvodoch, umožňuje on-line monitorovanie kontaminácie vody
- senzor výrobcu **Ijinus** – hladinomer pre odpadové vody, pracuje na báze ultrazvuku
- **Primayer** – výrobca známy aj na našom trhu, zmluvný partner spoločnosti Homerider implementoval rádiový modul spoločnosti Homerider System do senzoru, ktorý detekuje úniky vody, typ senzoru **Phocus.hr**.

Spoločnosť HOMERIDER SYSTEMS má v pláne v priebehu 5 rokov ponúknuť 250 typov senzorov, ktoré budú súčasťou sietí pre odpočet vody, čo pri ich používaní výrazne zlacní proces monitorovania rozvodnej siete.

Z **programových modulov** pre realizáciu komplexných systémov pre odpočty vody, snímanie údajov zo senzorov uvedieme:

- **WnetManager** – správca GSM sietí
- **Wnet Monitor** – program pre inštaláciu modulov v terénne, pre výstavbu GSM sietí
- **WnetWalkBy** – program pre manuálne a rádiové odpočty v terénne
- **WnetGPRS** – program pre komunikáciu s mobilnými zariadeniami v terénne
- **WnetKonzola** – pracovisko dispečera pre prácu s nameranými údajmi mimo IS spoločnosti
- **myWnet** – internetová aplikácia pre koncového odberateľa pre zobrazenie údajov, generovanie grafov z vlastných vodomeroch
- **myWnetLite** – internetová aplikácia pre manažment spoločnosti /obdoba myWnet/ pričom vedenie spoločnosti má prehľad o všetkých vodomeroch vo svojej správe

Zkušenosti z přípravy a realizace násoskových a výtlačných potrubí v jímacím území a zásobních řadů skupinového vodovodu

Ing. Juraj Barborik

technický manažer, autorizovaný inženýr v oboru vodohospodářské stavby

SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.

juraj.barborik@saint-gobain.com, mobil: +420 606 938 254

Príspevek se zaměřuje na zkušenosti z přípravy a realizace stavebních objektů potrubních řadů, které jsou součástí stavby Břeclav – Úpravna vody Kančí obora.

Hodnotí výběr trubního materiálu pro různá použití, jak na dopravu surové vody násoskovým potrubím z vrtů v jímacím území do čerpacích stanic, tak na dopravu surové vody výtlačným potrubím z prameniště na úpravnu vody, včetně zásobních a výtlačných řadů upravené pitné vody do vodojemu. Potrubní systém v jímacím území je podtlakový i přetlakový a dopravuje surovou vodu na úpravnu. Výtlačné a zásobní potrubí z úpravní vody dopravuje již upravenou pitnou vodu do vodojemů a vodovodní sítě. Potrubí v jímacím území je uloženo pod trvalou hladinou spodní vody a v těžkých geologických podmínkách lesního prostředí jímacího území. Výtlačné a zásobní potrubí přechází z jímacího území a úpravní vody do městské části. Kříží vodní toky jako mostní potrubí a při křížení komunikací a železnic je uloženo v chráničkách. Příspěvek posuzuje praktické zkušenosti přípravy a realizace rekonstrukce skupinového vodovodu ze spolehlivého, variabilního a flexibilního výrobního sortimentu trub z tvárné litiny podle ČSN EN 545 pro všechny uvedené typy potrubí a způsoby pokládky.

Příprava investice, cílový stav, popis technického řešení stavby

Komplex zdrojové části Skupinového vodovodu Břeclav byl uveden do provozu v 70. a 80. letech. Jeho součástí je prameniště (Jímací území I. a II.) tvořené větvemi násosek se studnami, ukončenými v areálu úpravní vody a Skupinový vodovod Břeclav byl rozšířen o výtlačný řad a věžový vodojem Poštorná.

Upravená voda je čerpána z akumulace úpravní vody do spotřebiště přes věžové vodojemy Břeclav a vodojemy Poštorná. Vrtů ve starším jímacím území I. jsou vlivem stáří zakolmatované, násosky jsou zainkrustované a neumožňují přivedení potřebného množství vody do úpravní. Výtlaky do vodojemů Poštorná a vodojemu Břeclav jsou také staré, zainkrustované a netěsné. Jímací území II. je mladší a jímací vrtů jsou v poměrně dobrém stavu. Litinové potrubí násosek a výtlaku je však částečně zainkrustované a je spojováno temovanými spoji, které nezaručují dlouhodobě těsnost.

Z důvodu špatného technického stavu a stáří stávajících potrubí a výskytu poruch se realizují nové výtlačné řady z jímacího území, výtlačné a zásobovací řady surové a upravené vody.

V zájmové lokalitě je zvýšená hladina podzemní vody, především v areálu úpravní vody a v jímacích územích, proto je nutné její snižování po dobu výstavby.

Vzhledem ke složitým geologickým a hydraulickým zadávacím podmínkám byl vybrán pro všechny typy potrubí (tlakové, podtlakové, pod hladinou spodní vody, mostní potrubí, potrubí v chráničkách apod.) jednotný trubní materiál z tvárné litiny podle ČSN EN 545.

V jímacím území I. byly provedeny nové jímací a pozorovací vrtý, nové potrubí násosk přivádějící vodu do sběrné studny na úpravně vody.

V jímacím území II. je vzhledem k nižšímu stáří vrtů a potrubí navržena jen sanace násosk a výtlačného potrubí do úpravně vody.

V rámci této akce byly z důvodu stáří potrubí navrženy také nové výtlačné řady upravené vody do vodojemů Poštorná a do vodojemu Břeclav. V úseku pod VDJ Poštorná byl rekonstruován i zásobovací řad. Příspěvek se věnuje potrubním řadům v jímacím území, výtlačným a zásobovacím řadům obnovovaných potrubím z tvárné litiny.



Výběr trubního materiálu a zpracování technických standardů

V rámci zadávací dokumentace byl proveden výběr trubního materiálu. Na základě výběru kvalitativních, technických a užitných parametrů jednotlivých potrubních materiálů byly zpracovány technické a uživatelské standardy. Tyto standardy zajistily, aby pro všechny stavební objekty a provozní potrubní soubory byly použity trubní materiály nejvyšší kvality. Všechna potrubí použita na stavbě musela podle standardů vyhovovat požadavkům příslušných ČSN EN včetně pokládky a uložení.

Na základě výběru byl pro realizaci navržen trubní materiál z tvárné litiny podle ČSN EN 545, který zajišťuje nejvyšší kvalitu a bezporuchový provoz nově navrhovaných řadů, zejména konstrukcí stěny litinové trouby, vnitřní a vnější ochranou, pružnými automatickými násuvnými a zámkovými spoji, jednoduchým uložením a rychlou montáží potrubí i v těžkých geologických podmínkách. Hrdlové spoje zajišťující těsnost nejenom na vnitřní přetlak, ale i vnitřní podtlak v nestabilním podloží i pod trvalou hladinou spodní vody.

U hrdlových spojů trub z tvárné litiny byla využita variabilita a flexibilita pružných násuvných hrdlových spojů STANDARD[®] a v místech změn směru (kolen), změn profilů (redukce), odbočení, uložení potrubí v chráničkách, na mostech, křížení potrubí s vodními toky a v nestabilním podloží byly použity jednokomorové STANDARD Vi[®] a dvoukomorové UNIVERSAL[®] zámkové spoje s jištěním proti axiálnímu posunu.

Všechno hrdlové litinové potrubí vodovodních řadů systém NATURAL[®] se spojem STANDARD[®] bylo navrženo a realizuje se normou ČSN EN 545 stanovených preferovaných tlakových třídách CLASS 40 pro DN 80-300 a CLASS 30 pro DN 350-600.

Vnitřní povrchová ochrana vodovodního potrubí systém NATURAL[®] byla navržena podle ČSN EN 545 z cementové vystýlky z vysokopecního cementu odolného síranům pro dopravu pitné vody a z polyuretanové vrstvy pro surovou vodu systém NATURAL PUR[®].

Vnější povrchová ochrana byla podle korozního průzkumu stanovena v souladu s ČSN EN 545 a to žárovým pokovením ZINALIUM[®] vrstvou slitiny zinku (85%) a hliníku (15%) s minimální hmotností 400 g/m² s krycí modrou epoxidovou vrstvou. Jedná se o potrubní systém se zesílenou základní ochranou NATURAL[®].



Tvarovky z tvárné litiny jsou s vnější a vnitřní povrchovou ochranou modrým práškovým epoxidem o síle min. 250 µm podle ČSN EN 545 a ČSN EN 14901 a fosfatizací zinkem s krycím modrým epoxidem nanášeným kataforézou o síle min. 70 µm podle ČSN EN 545. Potrubí v místech, kde je ohroženo mrazem je opatřeno tepelnou izolační vrstvou. Vnější tepelně izolační ochrana je u trub z tvárné litiny tvořena polyuretanovou izolační pěnou o hustotě 80 kg/m³ s krycím pláštěm z trubky z polyetylénu (PE-HD) realizované na místě stavby.

Těsnost hrdlových spojů litinového potrubí je zajištěna pryžovým těsnícím kroužkem STANDARD z pryže EPDM.

Závaznost norem

Uvedení přímého odkazu na normu ČSN EN 545 a další výrobní ČSN EN normy v projektové dokumentaci se staly tyto normy závazné pro dodání trubního materiálu. Pro investora tím byla zajištěna realizace stavby kvalitním trubním materiálem garantovaným evropskými normami.

Realizace

Při pokládce litinového potrubí nejen v běžných podmínkách, ale zejména v těžkých podmínkách jímacího území, byla využita jednoduchá a rychlá montáž hrdlových spojů. Stavba byla zahájena v dubnu 2013 a díky rychlé a spolehlivé pokládce potrubí z tvárné litiny bude dokončena pokládka potrubních řadů v dubnu 2014. Jedná se o realizaci vodovodních řadů v následujícím rozsahu jmenovitých světlostí a délek:

Popis řadů	Materiál	DN	Délka	
Výtlačný řad Poštorná	TLT	300	2 701 m	2 731 m
	TLT tep. izol.	300	30 m	
Propojovací řady VDJ Poštorná	TLT	300	148 m	
Zásobovací řad VDJ Poštorná		400	333 m	
Celkem řady z tvárné litiny			3 212 m	

Popis řadů	Materiál	DN	Délka	
Výtlačný řad Břeclav	TLT	400	901 m	954 m
	TLT tep.izol.	400	53 m	
Propojovací řady u Billy	TLT	400	8 m	
		250	8 m	
Celkem řady z tvárné litiny			970 m	

Popis řadů	Materiál	DN	Délka
Násoska	TLT PUR*	150	374 m
		200	173 m
		250	434 m
		300	602 m
Celkem řady z tvárné litiny			1 583 m

**potrubí z tvárné litiny s vnitřní polyuretanovou vystýlkou systém NATURAL PUR®*

Potrubí násosek vzhledem k parametrům surové vody bylo realizováno s potrubím z tvárné litiny systém NATURAL PUR® s vnitřní polyuretanovou ochranou a s automatickým pružným násuvným hrdlovým spojem STANDARD® a zámkovým jednokomorovým spojem STANDARD Vi® s jmenovitým průměrem DN 150-300.

Potrubí výtlačných a zásobních řadů upravené pitné vody bylo navrženo a realizováno s potrubím z tvárné litiny NATURAL® s vnitřním vyložením cementovou maltou z vysokopecního síranům odolného cementu s automatickým pružným násuvným hrdlovým spojem STANDARD®, zámkovým jednokomorovým spojem STANDARD Vi® a dvoukomorovým zámkovým zakusovacím a návarkovým spojem UNIVERSAL® s jmenovitým průměrem DN 300-400.

Objekty v trase potrubí a v jímacím území

V trase pokládky potrubí byly i četné objekty:

- přechod potrubí po mostní konstrukci: osazením tepelně izolovaného potrubí se zámkovými spoji na kluzné podpěry
- uložení potrubí pod vodními toky: vložení a zatažením shybky se zámkovými spoji
- podchody pod silnicemi a železnicí: zatažením litinového potrubí se zámkovými spoji do chráničky na distančních objímkách
- potrubní vystrojení armaturních a rozdělovacích šachet, kalníků, vzdušníků, hydrantů: tvarovkami z tvárné litiny dle ČSN EN 545 s těžkou protikorozií ochranou z práškového epoxidu dle ČSN EN 14901.

V jímacím území I. a II. byly vyměněny násoskové řady a obnoveny i jímací vrtvy vyvrtáním nových vrtů v blízkosti stávajících.



Závěr

Při výstavbě vodovodních řadů podle projektové dokumentace zhotovitel postupoval podle platných ČSN EN norem. Před zahájením výstavby uzavřel zhotovitel smlouvu s dodavatelem trubního materiálu SAINT-GOBAIN PAM, který svým komplexním výrobním programem pokryl technicky náročné potřeby stavby na potrubní materiál z tvárné litiny:

- vnitřním vyložením cementovou maltou
- vnitřním vyložením polyuretanem
- vnější zesílenou základní povrchovou ochranou slitinou zinku a hliníku
- konstrukcí automatických pružných násuvných a zámkových spojů.

Výběr potrubí s vyšším stupněm základní vnější aktivní povrchové ochrany žárovým povlakem slitinou zinku a hliníku umožnilo použití trub z tvárné litiny pro všechny typy půdní agresivity v průběhu celé trasy stavby.

Použití evropských norem v projektové dokumentaci potvrdilo, že jsou vynikajícím nástrojem pro investory, odběratele, provozovatele k dosažení nejvyšší kvality budovaného díla. Normy ČSN EN definují sjednocenou specifikaci trub a tvarovek z tvárné litiny jednotlivých výrobců pro vodovodní systémy z hlediska technických parametrů, povrchových ochranných a zajištění kvality. Normy podporují konkurenceschopnost a inovace. Jejich požadavky jsou stanoveny s ohledem na kvalitu, ochranu životního prostředí, šetření zdrojů a úspory investičních prostředků a energií.

Potrubí z tvárné litiny potvrzuje, že je ideálním materiálem spojujícím pružnost s pevností. Výjimečné mechanické vlastnosti trubek z tvárné litiny, zejména pružnost, pevnost v tahu, kruhová a podélná tuhost a k tomu životnost přesahující 100 let, umožnily použití trubek z tvárné litiny do všech terénů v trase rekonstruovaných tlakových

a podtlakových násoskových potrubí, výtlačných a zásobních řadů jak v těžkých geologických podmínkách lesního prostředí pod trvalou hladinou spodní vody v jímacím území, tak ve složitých podmínkách intravilánu města a při křížení toků a komunikací se schopností snášet statické a dynamické namáhání bez porušení stěny trubky a těsnosti spoje.

Pokládka potrubí je náročná investice na velmi dlouhou dobu. Změny veškerých provozních podmínek není možné předem stanovit. Proto byl při výběru trubního materiálu zvolen systém potrubí, který vykazuje vysokou míru bezpečnosti a zaručuje provozní spolehlivost.

Tvárná litina plní konkrétní náročné technické požadavky daného projektu v celém rozsahu a pro investora a provozovatele nabízí praktickou bezporuchovost rekonstruovaných řadů. Šetří provozní finanční prostředky po celou dobu životnosti.

Potrubní systém z tvárné litiny svou odolností proti prasknutí bude po celou dobu životnosti odolávat provozním rizikům (rázy, pohyby půdy atd.), zvládat změny při a po pokládce z důvodů změny statického a dynamického zatížení.



Použita literatura

- 1) Projektová dokumentace stavby: Břeclav – Úpravna vody Kančí obora, zpracovaná projektovou a inženýrsko společností AQUA PROCON s.r.o. Brno
- 2) Katalog vodovodní systémy z tvárné litiny společnosti SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.
- 3) ČSN EN 545 (13 2070) vydání 2011: Trubky, tvarovky a příslušenství z tvárné litiny a jejich spojování pro vodovodní potrubí – Požadavky a zkušební metody

Legionely ve vodovodním distribučním systému

Ing. Eva Javoříková

Krajská hygienická stanice Zlínského kraje se sídlem ve Zlíně

Legionely se vyskytují běžně v prostředí kolem nás – ve vlhké půdě, v přírodních vodách – povrchových i podzemních, zaznamenán byl i výskyt legionel dokonce ve sněhu. Z hlediska lidského zdraví je však nejvýznamnější výskyt v různých zařízeních souvisejících s potrubními sítěmi obsahujícími vodu, popřípadě zařízeními, které tvoří aerosol. Legionely mohou být přítomny ve veřejných vodovodech, v rozvodech teplé i studené vody, v klimatizačních zařízeních, chladicích věžích, vzduchotechnice, fontánkách a kašnách, inhalátorech, pračkách vzduchu, zvhčovacích zařízeních, plaveckých bazénech provozovaných při teplotě vyšší než 23°C, ve veškerých technologiích produkujících aerosoly apod. Ochranu legionelám zde poskytují zejména sedimenty, inkrusty, kaly, sliz. Odstranění legionel ze systémů je velmi technicky a tedy i finančně náročné a nebývá trvalé.

Bakterie legionely byly poprvé zaregistrovány v roce 1976 na sjezdu amerických legionářů v hotelu Bellevue - Stradford ve Philadelphii. Onemocnělo zde 5% účastníků /221 osob/ tehdy ještě neidentifikovanou nákazou pojmenovanou později legionářskou nemocí. Vysoká úmrtnost cca 15 % /34 osob/ byla důvodem počátku intenzivního výzkumu příčin choroby. Zdrojem nákazy byl aerosol z chladicí vody z klimatizačního systému hotelu.

Postupný vývoj kultivačních technik umožnil identifikaci dalších druhů *Legionella* sp. Bylo popsáno 54 druhů, přičemž minimálně 24 z nich může vyvolat onemocnění člověka. Nejzávažnějším druhem je však *Legionella pneumophila*, kterou lze rozdělit do 16 serologických skupin. Všechny tyto skupiny mají klinický význam i když ne stejně velký, infekční dávka má velmi široké rozmezí od jednotek legionel až po 10⁵ bakterií.



Kolonie bakterie druhu *Legionella pneumophila* na GVPC agaru.

Legionelóza je zodpovědná za cca 13 % všech pneumonií a v ČR patří mezi povinně hlášená onemocnění.

Klinicky se legionelóza projevuje jako závažný zápal plic, atypická pneumonie. Další formou nákazy může být pontiacká horečka, která má příznaky podobné chřipce nepostihuje však plíce, ale jen horní cesty dýchací a obvykle vede ke spontánnímu uzdravení.

Hygienické požadavky na teplou vodu z pohledu zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví

- Dle znění § 3 odstavce 3, které stanoví požadavky na teplou vodu – teplá voda dodávaná jako součást podnikatelské činnosti nebo jiné činnosti právnické osoby musí splňovat hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti – **zodpovědnost výrobce teplé vody**
- § 41 a, odst. 2, odst. 3 – Teplá voda pro osobní hygienu zaměstnanců

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

- Příloha č. 2 – rozsah rozboru teplé vody (veřejná potřeba)
Limit pro *Legionella pneumophila* - NMH, MH, DH
- Příloha č. 3 - rozsah rozboru teplé vody vyráběné pro osobní hygienu zaměstnanců (§41a)

V roce 2012 byl pracovníky Krajské hygienické stanice Zlínského kraje se sídlem ve Zlíně realizován regionální úkol, jehož cílem bylo sledování výskytu legionel v teplovodním potrubí objektů vytípaných z hlediska případné rizikovosti provozu z důvodu účelu využití či technického stavu teplovodních rozvodů.

Výsledky monitoringu výskytu legionel v teplovodních rozvodech vybraných zařízení typu:



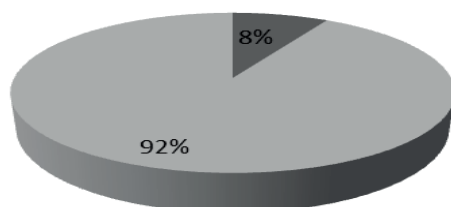
ubytovací zařízení 11 vzorků

■ nadlimitní hodnoty ■ podlimitní hodnoty



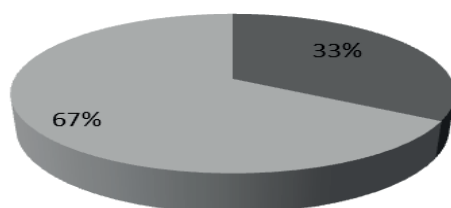
wellness a plavecké areály 12 vzorků

■ nadlimitní hodnoty ■ podlimitní hodnoty



byty v bytových domech 9 vzorků

■ nadlimitní hodnoty ■ podlimitní hodnoty



Výsledky monitoringu výskytu legionel byly projednány s provozovateli zařízení, byla realizována nápravná opatření a postupně dokladován požadovaný stav v jakosti teplé vody. V případě zásobování bytových domů teplou vodou byla v nevyhovujících případech situace projednána s dodavateli teplé vody a se společenstvími vlastníků a doporučena realizace nápravných opatření.

Ke kontaminaci vodovodních systémů legionelou přispívá

- Teplota mezi 20-45 °C, nízký tlak vody
- Stagnující a málo průtočné úseky sítě /např. v důsledku změny vnitřní dispozice objektu/
- Těžko přístupné vodní armatury /zásobníky, ohřívače, slepá ramena vodovodních rozvodů/
- Velké objemy zásobníků horké vody – tendence ke stagnaci vody v důsledku malého odběru, tvorba sedimentů
- Nízká teplota v odběrových místech
- Stáří ohřívačů /inkrusty, biofilmy, sediment, kaly/
- Velikost objektu a tím i délka instalací
- Nedostatečná údržba, ošetření rozvodů

Opatření vedoucí k zamezení kontaminace či stagnaci kontaminace rozvodů legionelami

- Dobrý technický stav rozvodů a zařízení, vhodné materiály
- Dostatečná průtočnost, eliminace stagnace vody např. ve slepých místech bez odběru
- Dodržení dostatečné teploty /zahřátí na 60 °C, v místě spotřeby alespoň na 50 °C/
- Preventivní termická desinfekce tj. nárazové zahřátí na vyšší teplotu 70-80 °C a následné propláchnutí rozvodů, periodicita termické desinfekce
- UV záření – působí však pouze v místě instalace přístroje na ozařované medium nikoliv na kontaminovaný potrubní systém
- Chemická desinfekce – nejčastěji používané prostředky na bázi chloru – chlordioxid, chloraminy, dále ozón a peroxid vodíku či manganistan draselný – poslední dva méně účinné

Závěr

- Současná legislativa řeší limitní hodnoty legionel v teplých vodách, ale neřeší však dostatečně povinnosti týkající se četnosti kontrol kvality teplých vod zajišťovaných provozovatelem.
- Větší informovanost veřejnosti o riziku výskytu legionel v teplovodních rozvodech, vyvolání větší zodpovědnosti formou informačních zpráv v médiích, předání informací na setkáních s laickou a odbornou veřejností, informační leták /www.szú.cz/.
- Každý člověk může ve své domácnosti provést preventivní opatření ke snížení výskytu legionely v teplovodních rozvodech a to preventivním odstraňováním usazenin ze sprchových růžic a výtokových kohoutů – perlátorů a následně provedenou desinfekcí (Savem nebo Chloraminem dle návodu) či jinými biocidními přípravky.

Literatura

- Legionelóza a její prevence – RNDr. Jaroslav Šášek, SZÚ Praha, NRC pro pitnou vodu
- Sekvenční identifikace a typizace Legionella sp. A její využití v epidemiologii – Bc. Andrea Cignová, diplomová práce
- Souhrnná kvalita teplé vody z hlediska uživatele (mikrobiologické, fyzikální a chemické parametry) - článek Dr. Ing. Zdeňka Pospíchala (qzp s.r.o.) uveřejněný v časopise Energie kolem nás 2006/3
- Metodické doporučení ke kontrole jakosti teplé vody (zvláště s ohledem na riziko přítomnosti legionel)
- RNDr. Jaroslav Šášek, MUDr. František Kožíšek, CSc.

Prevence v oblasti prodloužení životnosti potrubí z tvárné litiny

Ing. Miroslav Pfleger

SAINT-GOBAIN PAM CZ s.r.o.

V rámci dalšího navyšování životnosti vnější ochrany litinových potrubí se objevuje na trhu další úroveň pozinkování. Dochází tak na jedné straně k dalšímu navýšení bezpečnosti a životnosti a na straně druhé i přispění ke snížení vlivu na životní prostředí.

ÚVOD

Již před 2. světovou válkou začalo výzkumné oddělení SAINT-GOBAIN PAM vypracovávat plán na zvýšení ochrany potrubí pokovením povrchu. Po počátečních zkouškách jak v laboratoři, tak in situ se přistoupilo k pozinkování trub, tehdy ještě z šedé litiny. Původní vrstva pozinkování byla 120 μm a tato používaná mocnost ochranné vrstvy se používala beze změny až do konce 90. let minulého století. Za posledních více jak deset let se hodnota základního pozinkování stále navyšovala, dle poslední normy ČSN EN 545 je základního pozinkování charakterizováno hodnotou 200 g/m^2 .

VÝVOJ OCHRAN

Od 2. světové války vývoj v oblasti tvárné litiny směřoval ke změně výroby z šedé na tvárnou litinu, což bylo hlavní náplní výzkumu a výroby na více jak 20 let. Od 70. let, kdy PAM již vyrábí 100% svých výrobků z litiny tvárné, se výzkumné oddělení zaměřilo zpět na vývoj v oblasti ochrany potrubí. Od roku 1972 se vyrábí trubky s ochranou z extrudovaného polyetylénu, určeného do těch nejtěžších agresivních půdních podmínek. Vedle této ochrany se přišla do výroby druhá „těžká“ vnější ochrana stříkaným polyuretanem. Na začátku osmdesátých let přichází na trh tepelně izolované trubky, určené pro přechody mostů, instalaci na povrchu nebo do země s malým krytím atd.

OCHRANA SLITINOU Zn/Al

Na konci 60. let došlo v rámci plánování dlouhodobých cílů k rozhodnutí výrazně posílit odolnost vnější ochrany trub. Tzv. akcelerační testy prokázaly, že zvýšení mocnosti vrstvy pozinkování má smysl a posouvá hranici životnosti. V rámci výzkumu v laboratořích výzkumného centra se provedly testy na vzorcích trubek, které byly ošetřeny různou tloušťkou pozinkování (testovali se hmotnosti 200, 400, 600 a 800 g/m^2). Zkoušelo se pokovení jak čistým zinkem, tak i různými slitinami zinku s dalšími kovy. Už u těchto testů se ukázalo, že použití slitiny zinku a hliníku Zn/Al k pokovení povrchu trubky přináší výrazně lepší výsledky z hlediska předpokládané životnosti.

V roce 1972 se přistoupilo k velkému testu ochrany potrubí, kdy na zkušebním koridoru v opatství Mont Saint-Michel (které používá PAM od roku 1932) se do země zakopalo několik sad vzorků trub (celkově více než 120 vzorků). Zvolili se různé kombinace pokovení a jeho mocnosti, různé typy krycích povlaků apod. Proč právě zde? V této oblasti se vyskytují těžké jílovité půdy, měrný odpor se zde pohybuje okolo hodnoty 100 $\Omega\cdot\text{cm}$. Navíc je zde velký příliv a odliv, kdy se pravidelně mění poloha



hladiny podzemní slané vody, což v kombinaci z hlediska agresivity jde o jedno z nejhorších prostředí. Dle přílohy D normy ČSN EN 545 jde o prostředí, kdy při návrhu potrubí by již bylo nutné použít systém s nejvyšší ochranou. Je to ale nejlepší prostředí pro opravdu intenzivní zkoušení ochrany potrubí a jeho životnosti.

Ještě před uložením byly vzorky na daných a evidovaných místech úmyslně porušeny různým typem poškození (naříznutí, bodové poškození apod.). Toto poškození trubek byl důvod pro zjištění funkčnosti aktivní ochrany pozinkování, kdy na porušeném místě (v reálu vzniklém např. při dopravě, při manipulaci, při zásypání zeminou apod.) vzniká ochranná vrstva zinkových solí a povrch je tak ochráněn.



Trubky byly zakopány do země a to na výšku, aby nejvyšší hladina podzemní vody dosahovala do půlky vzorku. Díky tomu bylo možno sledovat i přímý vliv mořské vody na životnost ochrany. Jednalo se o dlouhodobý test a k vyjmutí vzorků došlo nejdříve v roce 1978, podruhé v roce 1982 a nakonec v roce 1986 (po 14ti letech). Následné rozbory v laboratořích posoudili životnost a odolnost jednotlivých ochrany v závislosti na



čase. Po provedení posledních testů se mohl určit další směr laboratorních zkoušek již na menších vzorcích a zároveň se mohl připravovat plán na zavedení do výroby. Po vyřešení

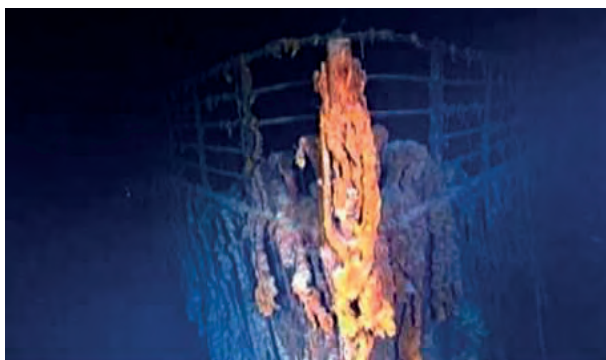


všech technických detailů a technologicko-výrobních změn bylo možno na začátku tohoto tisíciletí představit trubku se zcela novou ochranou vnějšího povrchu.

Nová ochrana byla dle normy ČSN EN 545 definována jako pokovení slitinou zinku a hliníku Zn/Al o hmotnosti 400 g/m² s nebo bez jiných kovů, s krycím nátěrem. Tato ochrana postupně nahradila klasické pozinkování, dnes se trubky s tímto povrchem standardně nabízí až do profilu DN 1000. PAM nabízí tuto ochranu na vodovodních trubkách Natural[®] od roku 2000 pod názvem Zinalium[®]. Od roku 2009 je aplikována tato ochrana na trubkách Blutop[®] a od roku 2011 i na kanalizačních trubkách Integral[®].

BIOKOROZE

V rámci dalšího rozvoje navýšení životnosti trubky z tvárné litiny a posílení stability jejího ochranného povlaku začalo technické oddělení řešit několik dalších úkolů. Na základě zkušeností, hlavně z přímořských zemí, se zaměřilo na biokorozi a její vliv na ochranné vrstvy. **Biokoroze** je v zásadě elektrochemický proces,



který může být způsoben nebo urychlen bakteriemi nebo jinými mikroorganismy. Obecně se odhaduje, že biokoroze je zodpovědná za 30 až 50% všech případů koroze. Klasický projev biokoroze byl viděn např. při objevení potopeného Titaniku. Ačkoliv jsou biochemické procesy a jejich dopady vnímány hlavně negativně, mohou být ale využity v prospěch, příkladem je např. použití bakterií při ropných haváriích k eliminaci této ekologické zátěže. Biokoroze může být problémem pro všechny materiály, nejvíce je diskutována u betonových nebo železobetonových konstrukcí. Z hlediska vodovodních nebo kanalizačních trubek je evidováno napadení jak u kovových, tak i u nekovových materiálů.

Mezi půdní prostředí, které je potenciaálně nebezpečné z hlediska možného napadení biokorozí, patří **anaerobní půdy** (těžké půdy, mokré jíly – tyto půdy jsou charakteristické svým modrým až zeleným zabarvením) a **půdy bohaté na SO_4^{2-} nebo na organické látky**. Tento typ půd se může vyskytovat ve větším měřítku a geologický průzkum ho dokáže identifikovat. Je ale daleko pravděpodobnější, že výskyt půd s možným mikrobiologickým dopadem je lokální a při základním průzkumu prakticky nezjistitelný.



BIOZINALIUM®

Na základě laboratorních zkoušek bylo rozhodnuto vylepšit ochrannou vrstvu pokovení. **Pro toto vylepšení slitiny Zn/Al byla zvolena měď Cu**. Měď je díky své schopnosti ničit bakterie aktivní součástí látek, které mají za úkol zahubit patogenní bakterie a virusy nebo alespoň snížit efekt jejich vlivu. Tyto látky se používají např. v zemědělství, v potravinářství nebo obecně jako součást hygienických opatření. Je používána např. v nemocnicích na exponovaných místech k eliminaci infekcí a jejich šíření.

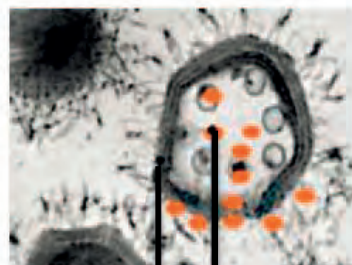


Měď postupuje vůči bakteriím ve dvou krocích:

- nejdříve perforuje membránu bakterie Cu^+ ionty
- následně vniká dovnitř, blokuje enzymy, čímž napadá metabolismus bakterie a tím ji zabíjí



Měď, která je nyní součástí slitiny Zn/Al (Cu), zůstává po tomto procesu stále na místě, není spotřebována bakteriálním metabolismem, pouze mění elektrochemický proces. Popisovaný antibakteriální účinek iontů mědi začne okamžitě s úplným odstraněním bakterií během několika hodin. **Vývojový pracovníci PAM určili jako správné množství mědi Cu pro optimální antibakteriální účinek 0,5%.**



ionty Cu^+
membrána bakterie

Výzkumné centrum vyvinulo testovací metodu s podporou antibakteriální laboratoře na univerzitě v Clermont - Ferrand (Francie). Testy byly prováděny na vzorcích z tvárné litiny potažené slitinou Zn/Al (dále Zinalium®) nebo slitinou Zn/Al (Cu) (dále BioZinalium®).

Tyto vzorky byly vystaveny vlivu dvou různých bakterií:

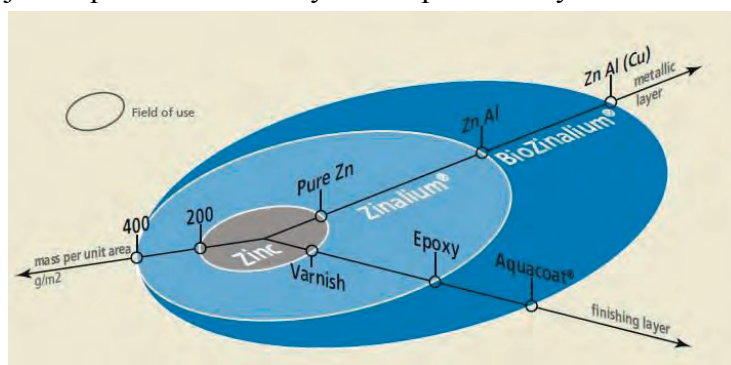
- aerobní kmen *Pseudomonas aeruginosa*
- anaerobní kmen *Desulfovibrio desulfuricans*

Každý vzorek byl vystaven vlivu na 4, 8 a 24 hodin při teplotě 35° C. Vzniklý biofilm na povrchu byl poté sundán a inkubován v živném agaru (živné médium pro kultivaci mikroorganismů). Na obrázku je patrný rozdíl



mezi koloniemi vzniklými na povrchových vrstvách s aplikovanou ochranou Zinalium® nebo BioZinalium®. Zatímco u vzorků v řadě B (vzorky kultivarů, které vznikly na povrchu Zinalium®) vidíme, že ochranný mechanismus pokovení začal účinkovat později (bráno v pořadí zleva doprava, tmavé vzorky obsahují bakterie), u vzorků A je patrné, že ochranná vrstva BioZinalium® resp. složka mědi v ní, pracovala ihned od začátku.

Je důležité zdůraznit, že dopad elektrochemických procesů v půdě není plošný, ale podmínkou pro jejich „zaktivnění“ na pozinkovaném povrchu je právě jeho porušení. Proto po jakémkoliv odření či jiném poškrábání trubky začne pracovat systém aktivní ochrany, rána je zanášena zinkovými solemi a během tohoto procesu měď ochraňuje odhalená místa před účinkem bakterií v půdě. Trubka je tak daleko lépe vybavena, ochrana je lepší a celková životnost je opět prodloužena.



SNÍŽENÍ EKOLOGICKÉ ZÁTĚŽE, OCHRANA ZDRAVÍ

Při změně typu pokovení na BioZinalium® se technicky prosadil i inovativní pohled na krycí vrstvu. V rámci nových trendů přichází PAM s ochranným nátěrem AQUACOAT®, který je ekologický a při jeho aplikaci nehrozí nadýchání se zdraví škodlivých výparů. Jedná se o vodou ředitelnou akrylátovou barvu, při práci s ní a při jejím zasychání se do ovzduší uvolňuje pouze voda. Neobsahuje zdraví škodlivé látky jako bisfenoly, toluen atd. Její výhodou při použití ve výrobě nebo přímo na stavbě je, že nepotřebujeme ředidlo, lépe se s ní pracuje (lépe se roztírá a lépe zasychá), na rozdíl od epoxidů je jednosložková a je nehořlavá.

ZÁVĚR

Z hlediska dlouhodobé obnovy vodovodních sítí nedosahujeme takových investic, které by umožňovaly použití materiálů s životností pod 100 let. Výhodou je, že „hlavní pilíře“ ochrany trubek z tvárné litiny byly vyřešeny a PAM díky svým vývojářům přináší vlastně takové další bonusy, které se projevují v podobě navýšení životnosti, zvýšení bezpečnosti a funkčnosti a zároveň i jako další snížení ekologické zátěže jak při výrobě, tak při používání tvárné litiny. Dělají toto pro Vás i ostatní výrobci trubních materiálů?

ÚV Káraný – Posouzení technického vybavení 1. a 2. výtlačného řadu pro zpětný proplach – Technická opatření

Ing. Jan Berka¹⁾, Ing. Arnošt Vožeh²⁾, Ing. Ladislav Herčík³⁾

¹⁾ VRV a.s., Nábřeží 4, 150 56 Praha 5, tel.: 257 110 278, Berka@vrv.cz

²⁾ Sweco Hydroprojekt a.s., Tábořská 31, 140 16 Praha 4, tel.: 261 102 253, Arnost.Vozeh@sweco.cz

³⁾ PVK a.s., Hlavní 22, 250 75 Káraný, tel.: 326 990 906, ladislav.hercik@pvk.cz

Úvod

Vodní zdroj Káraný a také stejnojmenná úpravná vody se nachází ve Středočeském kraji na území české křídové pánve, nedaleko soutoku Labe a Jizery. Vodárna v Káraném je nejstarší ze tří současných zdrojů pitné vody, zásobující hlavní město Prahu a jejího okolí. Stavba vodárenského komplexu byla zahájena na sklonku roku 1906 a 1. ledna 1914 byla oficiálně puštěna pitná voda do pražské vodovodní sítě prvním výtlačným řadem DN 1100, který měl délku 23,3 km.

Na trase Káraný – Praha byly vybudovány dvě shybky pod Labem, odvětrávací věž, čerpací stanice, administrativní a obytná budova, sedm shybek pod Jizerou, sběrný vody, odvětrávací potrubí, vstupní šachty, 651 trubních studní a 7 artézských studní. V současnosti je voda v ÚV Káraný získávána ze tří zdrojů. Přírozené infiltrace, umělé infiltrace a artézské vody. V areálu úpravní vody dojde ke smíchání vody ze všech tří výše uvedených zdrojů, poté je voda hygienicky zabezpečena dávkou chlóru a čerpána 1. a 2. výtlačným řadem DN 1100 do vodojemu Flora a 3. výtlačným řadem DN 1600 do vodojemu Ládví. Maximální současný výkon vodárny je 1800 l/s.

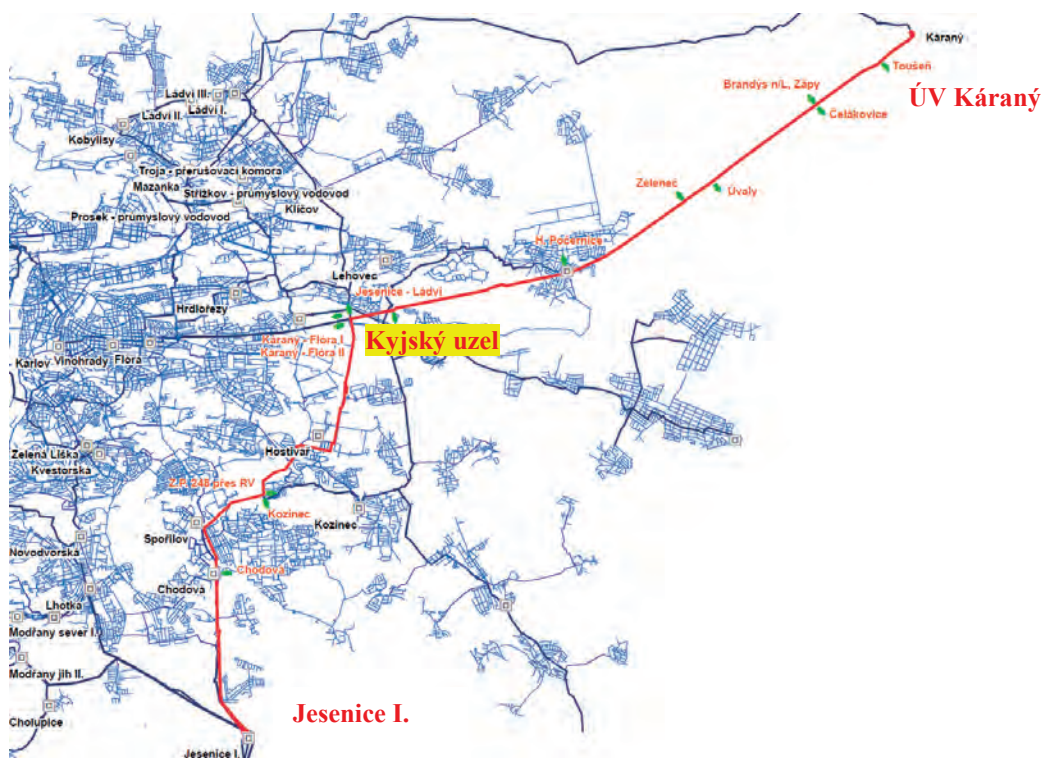
V posledních letech bylo provozovatelem – Pražskými vodovody a kanalizacemi (PVK) zaznamenáno kolísání zákalu ve všech zmiňovaných výtlačných řadech, zvláště při změně výroby vody a tím rychlosti proudění vody v potrubí. Ve třetím výtlačném řadu ÚV Káraný – Ládví byl tento problém odstraněn odkalením řadu v roce 2006 zpětným gravitačním proplachem do Labe. Na základě této zkušenosti bylo rozhodnuto, že se provede zpětný proplach i u dvou zbylých výtlačných řadů DN 1100 vedoucích z ÚV Káraný do vodojemu Flora.

Cíl projektu „ÚV Káraný – Posouzení technického vybavení 1. A 2. Výtlačného řadu pro zpětný proplach – technická opatření“

Cílem projektu byla konzultační činnost spojená s matematickým modelováním a výpočtem vodního rázu pro účely posouzení technického vybavení 1. a 2. Káranského výtlačného řadu při zpětném proplachu z vodojemu Jesenice I. přes Kyjský uzel do Labe přes výpusť DN 700 v ÚV Káraným.

Předkládaný projekt měl za cíl aplikaci základních výstupů matematického modelu pro následující úlohy:

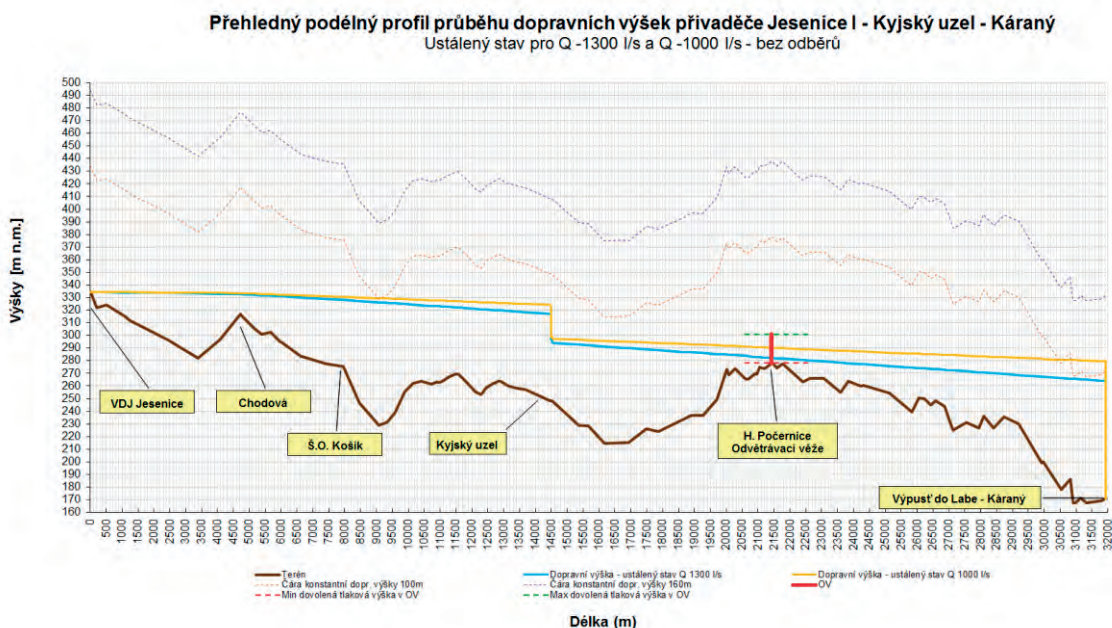
- posouzení stávajícího stavu technického vybavení obou výtlačných řadů
- návrh opatření, která by proplach umožnila
- vyhodnocení výpočtů z hlediska umístění regulačních uzávěrů, průtokové charakteristiky systému, kavitace, vypouštěcího uzávěru a hydraulického rázu
- návrh úprav na řadech – osazení regulačních uzávěrů, clon apod.



Obr. 1 – Zvýrazněný zájmového vodovodního přivaděče Jesenice I. – Kyjský uzel – ÚV Káraný

Matematický model ustáleného stavu

Model ustáleného proudění přivaděče Jesenice I. – Kyjský uzel - Káraný sloužil k návrhu optimálních charakteristik regulačních uzávěru FCV v Kyjském uzlu a PSV v Káraným. Dále pomocí ustáleného stavu byl vypočítán maximální možný průtok pro proplach 1300 l/s. Pomocí simulací ustáleného stavu byl také určen názor na časové změny zdvihů uzávěrů při jejich otvírání a uzavírání před a po proplachu. Během výpočtů ustáleného stavu pro různé hodnoty průtoku se udržovala hladina ve středu odvětrávací věže v Horních Počernicích viz obr. 2.



Obr. 2 – Přehledný podélný profil průběhu kóty tlakové čáry pro $Q = 1000 \text{ l/s}$ a $Q = 1300 \text{ l/s}$

Hlavní aspekty ovlivňující postup proplachu řadů

Zdroj vody

Jediný dostupný zdroj vody s dostatečnou výškou umožňující proplach průtoky nad 1 m³/s je VDJ Jesenice I (328,60-336,00 m n.m.). VDJ Jesenice I byl tudíž zvolen za zdroj vody při proplachu. Tlak z tohoto zdroje ovšem přesahuje maximální dovolený provozní tlak v proplachovaném řadu stanovený dále. To zásadně komplikuje proces proplachu a potřebné vybavení, neboť řešení této situace vyžaduje instalaci regulačních uzávěrů ve dvou místech systému a udržování tlaku v relativně úzkém rozmezí.

Maximální dovolený provozní tlak (MDPT) v řadech mezi Káraným a uzlem Kyje

MDPT řadů mezi Káraným a uzlem Kyje není známo. Jako MDPT byly proto vzaty tlaky omezené výšky přelivné hrany odvětrávacích věží, a to i pro nestacionární stavy regulace průtoku a tlaku, které omezují tlaky i v současnosti při normálním provozu čerpáním z Káraného do VDJ Flora.

Minimální dovolený provozní tlak (MinDPT) v řadech.

MinDPT nesmí klesnout pod úroveň vrchu potrubí řadů. V místě odvětrávacích věží nesmí čára dopravních výšek klesnout pod kótu 280,00 m n.m. (kóta řadu, na níž je odvětrávací věž napojena), pod níž by došlo k zavzdušnění řadu.

Maximální provozní tlak (MPT) při proplachu z VDJ Jesenice I

Pokud by byl při proplachu průtok regulován pouze v Káraném potom by MPT při proplachu z VDJ Jesenice I (328,60-336,00 m n.m.) přesáhl MDPT odvozený výše z kóty přelivné hrany vrcholu věže 300,85 m n.m. Z tohoto důvodu jsou v systému navrženy dva regulační uzávěry, jeden v uzlu Kyje a druhý na konci řadu v šachtě vypouštění do Labe v Káraném, které budou ovládány tak, aby dopravní výška v řadu mezi Káraným a uzlem Kyje nepřesáhla kótu 300,85 m n.m.

„Dopravní“ zpoždění přenosu dynamické změny stavu

Jedná se o zpoždění, se kterým se dynamická změna hydraulického stavu provedená v jednom místě projeví v jiném místě řadu. Například změna průtoku provedená regulačním uzávěrem PSV Labe např. za účelem snížení hladiny ve věži, se projeví ve věži až za cca 17 s. Tento aspekt je nutno při řízení proplachu vzít v úvahu a to především při komunikaci mezi řídícím operátorem a operátory v jednotlivých místech.

Rychlost přestavování regulačních uzávěrů.

Rychlost pohonů regulačních uzávěrů by měla být nastavitelná a umožňovat velmi pomalé otevírání a zavírání v řadu tisíců sekund, aby odchylka průtoku a tlaku od stacionárních hodnot byla minimální. Současně by však, pro případ vzniku situace vyžadující rychlou reakci, například rychlé uzavření FCV Kyje při nebezpečí přetečení věží, by mělo být možné rychlé uzavření tohoto regulačního uzávěru plnou rychlostí pohonu.

Regulační uzávěr PSV Labe

Regulační uzávěr PSV Labe je určený pro regulaci vstupního tlaku a hladiny v odvětrávací věži při vypouštění proplachové vody do Labe v Káraném. Uzávěr je stávající plunžrový profilu DN 700 od firmy PAM.

Regulační uzávěr v uzlu Kyje určené pro regulaci průtoku

V tomto článku je tento uzávěr označován, jako FCV Kyje, příp. pouze FCV. Pro návrh hlavních parametrů tohoto uzávěru (kvs, tlaky pro kontrolu kavitace, průtoková charakteristika kv-zdvih) se uplatňují obdobná kritéria, jako pro regulační uzávěr PSV v odstavci výše. V současnosti jsou osazeny 2 paralelně řazené uzavírací klapky DN350

s elektropohonem. Při kontrole těchto klapek provedené v rámci tohoto projektu bylo ověřeno, že uzávěry pro regulaci nelze využít, neboť při normálních provozních podmínkách proplachu jsou v kavitaci a pohon není pro regulaci vhodný (jde o pohon pro uzavírací klapku),

Stanovení principů řízení proplachu, návrh regulačních uzávěrů PSV a FCV

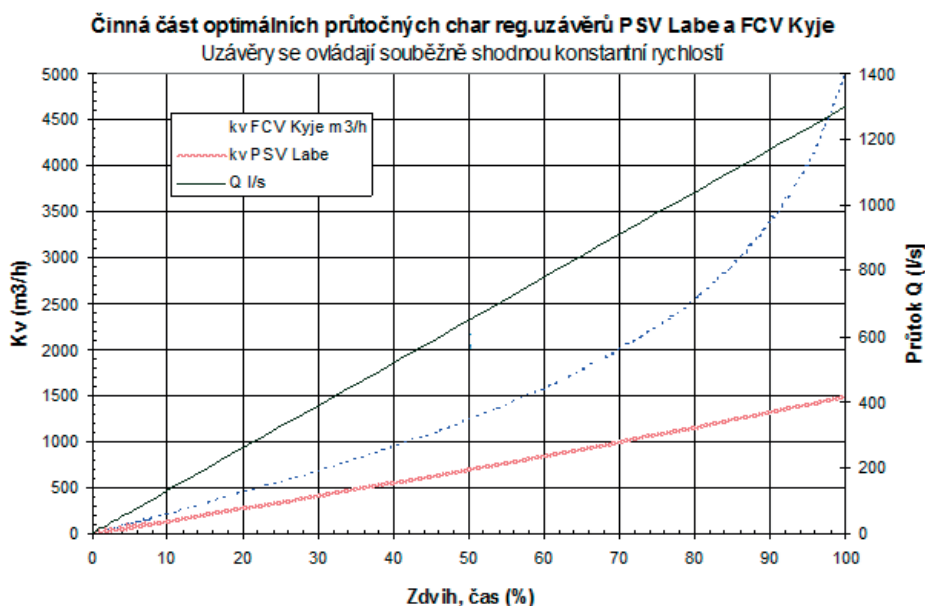
Z hlediska nepřekročení MDPT a MinDPT a omezení úrovně čáry dopravních výšek v úseku Uzel Kyje – Výpust Labe na úroveň odvozenou od výšky mezi dnem a vrcholem věže je nutno vedle regulačního uzávěru PSV ve výpusti Labe škrtnit ještě regulačním uzávěrem v uzlu Kyje. Z hlediska funkce lze uzávěr v uzlu Kyje klasifikovat jako uzávěr regulace průtoku FCV a uzávěr ve výpusti Labe jako uzávěr regulace vstupního tlaku PSV. Tato klasifikace pomůže k rychlé orientaci a rozhodnutí obsluhy při řízení procesu regulace průtoku a tlaku resp. hladiny ve věži a to následovně:

- Při poklesu hladiny ve věži pod předpokládanou hodnotu se přiškrtí PSV Labe (stoupne úroveň čáry dopravní výšky a tím i hladina ve věži) a naopak.
- Při poklesu průtoku pod předpokládanou hodnotu odškrtí se PSV Labe a naopak.

Optimální průtočná charakteristika regulačních uzávěrů FCV Kyje a PSV Labe

Optimální průtočná charakteristika kv-z (průtočný koeficient-zdvih) uzávěrů je taková charakteristika, která zajistí lineární průběh regulované veličiny (např. průtoku) na zdvihu, v celém rozsahu provozních podmínek hydraulického systému (obecně může jít i o jiné regulované veličiny např. tlak, hladina, apod.). Tím jsou ze strany regulačních uzávěrů (akčních členů regulace) zajištěny optimální podmínky pro dosažení kvalitní (stabilní) regulace. V našem případě je regulovanou veličinou průtok za současného respektování požadavku na udržení hladiny ve věži v jedné polovině její výšky.

Při regulaci se předpokládá souběžné přestavování PSV Labe a FCV Kyje konstantní rychlostí tak, aby výsledná závislost průtok – čas byla lineární. Tuto lineární závislost zajišťují optimální charakteristiky viz obr. 3, kdy u PSV je charakteristika přibližně lineární u FCV ekviprocentní.



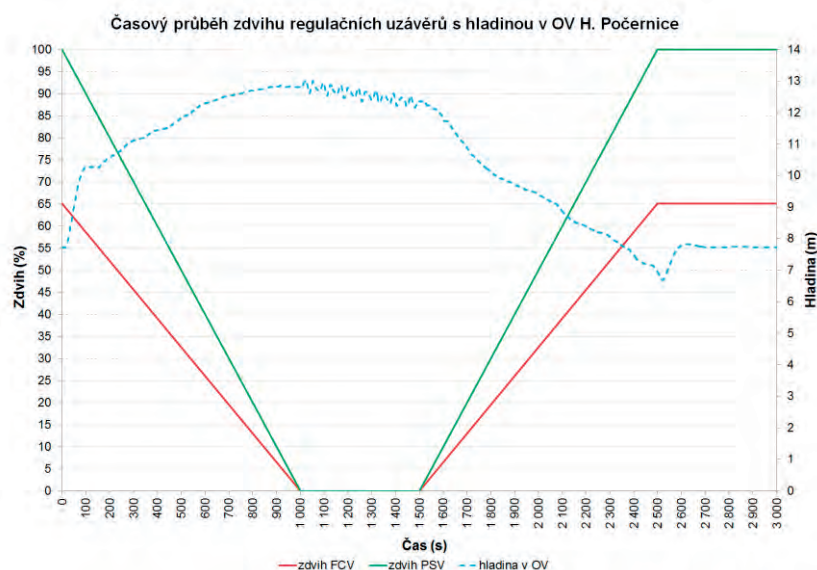
Obr. 3 – Navržená optimální charakteristika regulačních uzávěrů FCV a PSV

Dynamické výpočty proplachu

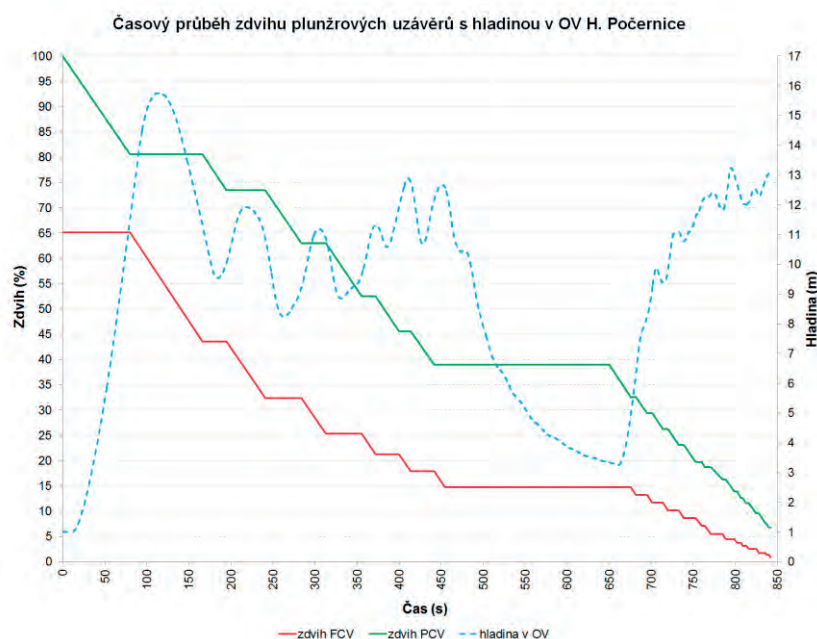
Výpočty byly provedeny pro systém v nestacionárním stavu a byly posouzeny dvě základní alternativy řízení proplachu:

- Alternativa A-kdy regulační uzávěry mají optimální průtočné charakteristiky a uzávěry jsou ovládány souběžně
- Alternativa B-kdy regulační uzávěry nemají optimální průtočné charakteristiky a uzávěry jsou ovládány postupně (krok po kroku)

Výstupy alternativy B prokazují ve srovnání s alternativou A velkou mírou nepřesností a nejistoty ve spojení s ostrými a velkými změnami průtoků a to i ve věži (až 80 l/s oproti 10 l/s u alternativy A) vyžadující neustálé zásahy operátora, z nichž některé neuspokojivý stav mohou dále zhoršovat. Z tohoto důvodu byla k realizaci doporučena pouze alternativa A.



Obr. 4 – Časový průběh zdvihu regulačních uzávěrů FCV a PSV – alternativa A



Obr. 5 – Časový průběh zdvihu plunžrových uzávěrů – alternativa B

Závěry a doporučení

- Vypočítaný maximální možný průtok pro proplach 1. A 2. Káranského výtláčného řadu DN 1100 je $Q = 1300$ l/s.
- Výstupy alternativy B vyžadují časté opravné zásahy operátora, jejichž dopad lze ve skutečných provozních podmínkách, kdy nemusí být ani dostatek času, obtížně predikovat. O tom svědčí i velké změny průtoku ve věži až 80 l/s oproti 10 l/s u alternativy A a fakt, že některé z regulačních zásahů vyžadovaly změnu zdvihu pod 0,5%. To je z hlediska minimálních vůlí v elektropohonu, převodovce a mechanismu interního převodu pohybu na plunžrovém uzávěru realizovatelné. Alternativa B proto nemůže být pro řízení proplachu použita a není s ní pro proplach uvažováno.
- Pro řešení alternativy A se doporučuje navrhnout nový uzávěr FCV v souladu s principy dle alternativy A a ponechat stávající uzávěr PSV s tím, že jeho stávající průtočná charakteristika bude modifikována v určitých oblastech zdvihu snížením (prodloužením) resp. zvýšením (zkrácením) rychlosti přestavování, tak, aby bylo dosaženo optimální charakteristiky i pro PSV. Úprava bude vyžadovat spolupráci dodavatele uzávěru i pohonu.
- Uzávěry FCV a PSV by měly mít nastavitelnou rychlost pohonu (např. frekvenčním měničem v rozsahu 500-2000 s. Dále by měla být možnost rychlého uzavření plnou rychlostí pohonu při situacích, kdy je nutno FCV rychle uzavřít a tím zabránit vytečení odvzdušňovací věže v Horních Počernicích.
- Doporučená dovybavení řadů a objektů pro potřeby proplachu:
 - Zajistit, aby všechna měřidla tlaků a průtoků byla překalibrována (ověřena jejich přesnost měření) a v měrných kalibračních profilech s měřením tlaku nebo hladiny ověřit geodetickým zaměřením jejich nadmořské výšky.
 - Doplnit objekty záložními zdroji elektrické energie pro pohony a měření ve všech místech měření a ovládání.
 - Zajištění on-line spojení mezi všemi místy ovládání a měření
 - Doplnění malých regulačních uzávěrů v obtoku FCV a PSV, které budou využity při zahájení a ukončení proplachu v oblasti minimálního průtoků (do cca 10-20 l/s)

Intenzifikace úpravný vody Březovice

Ing. Lukáš Písek¹⁾; Ing. Antonín Břicháček²⁾

¹⁾ Sweco Hydroprojekt a.s.; ²⁾ VOS Jičín a.s.

Předmětem příspěvku je představení projektové dokumentace pro stavbu Intenzifikace úpravný vody Březovice.



Obr. 1 Budova úpravný vody Březovice

Popis stávajícího stavu

Úpravna vody Březovice u Jičína je jedním ze dvou hlavních zdrojů výroby pitné vody v rámci skupinového vodovodu Hořice a zásobení přilehlých obcí. Areál úpravný vody byl vybudován v šedesátých letech minulého století na okraji obce Březovice. Zdrojem surové vody jsou podzemní vrtý umístěné v areálu úpravný vody. Z důvodu navýšení kapacity výroby upravené vody (dnešní celkový výkon úpravný vody je 30 l/s) byla v rámci intenzifikace v sedmdesátých letech ke stávající budově úpravný vody přistavena nová budova úpravný vody a samostatný objekt chlorovny. Při spuštění nové úpravný vody do provozu byla stará technologická linka odpojena, zachována byla pouze čerpací stanice upravené vody. V areálu úpravný vody je dále umístěn zdroj surové vody – 2 funkční vrtý, objekt akumulace upravené vody (400 m³) a dvě kalové laguny.

Jedná se o jednostupňovou technologickou linku s otevřenými pískovými filtry. Úpravna vody je provozována v přerušovaném provozu s konstantním výkonem. Surová voda je jímána ze dvou vrtů o max. vydatnosti 30 l/s ponornými čerpadly. Samostatnými výtlačnými řady je voda dopravována do dvou provzdušňovacích věží ERBO s nucenou ventilací, kde dochází k mísení surové vody z obou vrtů. Věže jsou provozovány ve střídavém režimu. Do potrubí přivádějícího vodu na pískovou filtraci, která následuje po provzdušnění, jsou dávkovány uhličitán sodný, manganistan draselný a chlór. Dávkované množství chemikálií se nemění, je nastaveno stabilně. Před filtrací je umístěna plastová nádrž, v které dochází k hydraulickému rozdělení nátoky vody na pískové filtry. Do nádrže je nárazově ručně dávkován vápenný hydrát. Písková filtrace je tvořena čtyřmi otevřenými pískovými filtry s mezidny a středovými betonovými žlaby, o celkové filtrační ploše 47 m². Upravená voda je odváděna do akumulace upravené vody o objemu 400 m³. Voda pro praní pískových filtrů je čerpána z této akumulace. Pro praní filtrů vzduchem jsou v budově osazena dvě dmychadla. Ve staré

budově ÚV je umístěna čerpací stanice upravené vody (1+1, 30 l/s), která dopravují vodu do 1,7 km vzdáleného vodojemu Gothard (800 m³) a vodojemu Březovice (30 m³). Prací vody a ostatní odpadní vody z technologické linky jsou odváděny do kalových lagun o celkovém objemu 280 m³. Odsazená voda je vypouštěna do recipientu.

Stávající režim provozu úpravně vody je přerušovaný a je řízen od úrovně hladiny v akumulaci upravené vody. Vzhledem k tomu, že čerpadla surové vody ve vrtech nejsou opatřena regulací výkonu, úpravna vody je provozována na plný výkon 30 l/s. V rámci jednodenního cyklu úpravna vody doplní vodojem Gothard a Březovice, jsou vyprány pískové filtry a doplněna akumulace upravené vody v areálu úpravně vody. Z provedené bilance vyplývá, že úpravna vody v dlouhodobém průměru odebírá denně 955 m³ surové vody, z které pro vlastní spotřebu odebere 320 m³ a zbylých 635 m³ je vyrobená upravená voda.



Obr. 2, 3, 4 Přítok surové vody, provzdušnění, písková filtrace

Zhodnocení stávajícího stavu technologické linky, důvody k rekonstrukci úpravní vody

V rámci projekční přípravy bylo provedeno posouzení kvality surové a upravené vody a posouzení provozní náročnosti stávající technologické linky. Zásadním problémem na této úpravě vody je koncepce stávající technologické linky úpravy vody ve vztahu ke kvalitě surové vody. Surová podzemní voda je značně zatížena nadlimitními obsahy železa a manganu, dosahujících hodnot Mn (min 0,27; prům 0,36; max. 0,43 mg/l) a Fe (min 3,3; prům 8,27; max 23,0 mg/l). Na základě této skutečnosti dochází k vysokému zatěžování pískové filtrace, které vyvolává časté praní filtrační náplně a způsobuje nadměrnou spotřebu technologické vody (cca 30% surové vody).

Jakost upravené vody ze stávající technologie úpravní vody Březovice byla posuzována podle dodaných údajů na výstupu z úpravní vody. Posouzení bylo provedeno podle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví 252/2004 Sb. ve znění vyhlášky č. 187/2005 Sb. a vyhlášky č. 293/2006 Sb. Z rozboru vyplynulo, že na výstupu z úpravní vody v minulosti docházelo k opakovanému překročení koncentrace železa. Toto zvýšení může být důsledkem změny koncentrací problematických prvků v surové vodě a faktu, že stávající technologická linka na tuto změnu nemůže rychle reagovat.

Přerušovaný provoz technologické linky úpravní vody na maximální výkon se jeví jako nevhodný.

Technologická linka úpravní vody Březovice je více než 40 let stará a neprošla za tu dobu významnější rekonstrukcí nebo úpravou. Stav linek chemického hospodářství neumožňuje správné dávkování chemikálií, stav většiny prvků technologie úpravy lze popsat jako neuspokojivý. To má samozřejmě negativní důsledky na výslednou kvalitu upravené vody. Kalové laguny fungují v omezeném režimu. Z celkového pohledu na úpravnu vody Březovice je možné konstatovat, že je technologické vybavení úpravní vody zastaralé, značně opotřebované a vyžaduje komplexní výměnu. Stavební konstrukce jsou v řadě případů ve velmi špatném technickém stavu.

Volba koncepce rekonstrukce

Při návrhu řešení rekonstrukce úpravní vody byly stanoveny následující klíčové body:

- je třeba provést celkovou rekonstrukci technologie úpravy vody a doplnit technologickou linku o první separační stupeň. Nová technologická linka bude navržena jako dvoustupňová,
- je nutné obnovit dávkování vápenného hydrátu, manganistanu draselného a chloru,
- na základě požadavku investora rozšířit akumulaci upravené vody,
- s rekonstrukcí technologické linky úpravy vody pak úzce souvisí rekonstrukce kalového hospodářství, která musí zajistit odvedení a likvidaci odpadních vod, které vznikají při provozu technologické linky,
- vybavit úpravnu vody prvky automatizace a SŘTP,
- provést komplexní rekonstrukci stavebních konstrukcí objektů úpravní vody, vybudování nových inženýrských sítí v areálu úpravní vody.

Stanovení výkonových parametrů úpravní vody

Pro návrh nové technologické linky bude uvažováno nově s kontinuálním provozem. Na základě bilance průměrné roční výroby upravené vody od roku 2008 do r. 2012 a požadavku investora na max. výkon technologické linky byly stanoveny následující výkonové parametry technologické linky úpravní vody (surová voda): max. 30 l/s, prům. 15 l/s, min. 8 l/s.

Popis návrhu rekonstrukce

Je navržena rekonstrukce obou zdrojů podzemní vody. V každém vrtu bude vyměněno čerpadlo, nově budou řízena frekvenčními měniči. Budou vybudovány nové výtlačné řady přítoku surové vody do budovy úpravní vody.

K předoxidaci železa v surové vodě je na začátku technologického procesu úpravy vody navržena aerace vzdušným kyslíkem, samostatně pro každý přítok surové vody. Pro provzdušnění jsou navrženy tři paralelní injektory, každý o výkonu 10 l/s. Pro odvedení přebytečného vzduchu, agresivního CO_2 a dalších plynů budou za injektory umístěny dvě odvětrávací věže. Za nimi budou přítoky surové vody spojeny.

Do společného potrubí před nátokem na nově navrhovaný první separační stupeň je pro předalkalizaci navrženo dávkování vápenného hydrátu ve formě vápenné vody. Pro případ dlouhodobé odstávky provzdušnění je možné havarijně dávkovat chlór.

Pro první separační stupeň byly navrženy dvě paralelní linky sedimentačních nádrží, každá pro výkon 15 l/s. Z důvodu omezeného prostoru uvnitř haly budovy byly zvoleny sedimentační nádrže s lamelovými vestavbami a předřazenými flokulačními komorami. Surová voda bude přivedena potrubím zespodu do flokulační nádrže, kde se smísí s dávkovaným polymerním flokulantem. Míchání ve flokulačních nádržích je uvažováno pádlovými míchadly. Z flokulační nádrže bude surová voda s vytvořenými vločkami natékat potrubím do sedimentační nádrže, kde bude docházet k usazování vytvořených agregátů. V sedimentačních nádržích se předpokládá separace především železa. Odsazená voda bude odtékat žlabem do potrubí směrem na filtraci.

Do společného potrubí na odtoku z prvního separačního stupně, před nátokem na pískovou filtraci, je navrženo, vzhledem k výskytu manganu v surové vodě, dávkování manganistanu draselného. Pro zajištění vápennouhličitanové rovnováhy bude dávkován vápenný hydrát ve formě vápenné vody.

Jako druhý separační stupeň je navržena rekonstrukce stávající pískové filtrace. Pro návrhový průtok 30 l/s je současná plocha filtrace s filtrační rychlostí 2,5 m/hod zcela vyhovující. Z toho důvodu bude v rámci rekonstrukce zachována koncepce stávajících čtyř jednovrstvých pískových filtrů. Rekonstrukce nádrží filtrů bude spočívat především v nahrazení meziden moderním drenážním systémem, který umožní dokonalé rozdělení pracích médií po celé ploše dna filtru. Stávající betonové žlaby budou nahrazeny ocelovými středovými žlaby pro přívod surové vody a současně pro odvedení pracích vod. Vnitřní líce nádrží budou sanovány vyplastováním. Náplň filtrů bude filtračním pískem FP 10/16. Demolicí betonových středových žlabů dojde k navýšení plochy jednotlivých filtrů na 15,8 m², celková plocha filtrace na 63,2 m². Nově bude filtrační rychlost při průměrném výkonu 15 l/s a provozu všech 4 pískových filtrů 0,9 m/hod. Při maximálním výkonu 30 l/s a praní jednoho filtru, bude filtrační rychlost ve zbývajících třech filtrech 2,3 m/hod. Praní filtrů je navrženo ve třech fázích a to vzduch / vzduch + voda / voda. Celková spotřeba vody na jedno praní je uvažována při maximálním výkonu úpravní vody 30 l/s - 107 m³. Voda pro praní bude odebírána z akumulace upravené vody a pracími čerpadly umístěnými v nové armaturní komoře čerpací stanice dopravována na filtraci. Dmychadla pracího vzduchu budou umístěna v suterénu haly filtrace.

Do odtokového potrubí upravené vody z filtrace bude pro zajištění hygienického zabezpečení dávkován chlór.

Upravená voda je z budovy úpravní vody dopravována do akumulace upravené vody. V rámci intenzifikace úpravní vody je navržena výstavba nové nádrže akumulace upravené vody o objemu 500 m³. Stávající akumulace 400 m³ bude zachována a celkově

zrekonstruována. Nová akumulace 500 m³ bude vybudována v bezprostřední blízkosti stávající, mezi oběma nádržemi bude vybudována společná armaturní komora s čerpací stanicí upravené vody a čerpadly prací vody. Obě nádrže budou hydraulicky propojeny sacím potrubím. V čerpací stanici jsou navržena dvě vertikální čerpadla (1+1, Q = 30 l/s, H = 70 m) pro dopravu upravené vody do vodojemu Gothard a vodojemu Hořice. Za čerpadly bude umístěna protirázová ochrana. Pro čerpání pracích vod jsou navržena dvě horizontální čerpadla (1+1, Q = 160 l/s, H = 8 m). Sání čerpadel je společné, čerpadla budou řízena frekvenčními měniči.

V současné době jsou veškeré odpadní vody z technologické linky odváděny do jedné funkční kalové laguny. Při návrhu rekonstrukce byla, i s ohledem na v budoucnu možné zpřísnující se požadavky na kvalitu vypouštění odpadních vod do recipientu, zvolena linka kalového hospodářství se strojním odvodněním kalu. Hlavními prvky technologické linky kalového hospodářství jsou: vyrovnávací nádrž, kontinuální zahušťovací nádrž, nádrž kalu, šnekový lis a retenční nádrž.

Odpadní vody z odkalení jednotek prvního separačního stupně, prací vody z praní pískových filtrů a bezpečnostního přelivu jsou odvedeny do vyrovnávací nádrže o objemu 180 m³, která je navržena v místě staré budovy úpravní vody určené k demolici. Z vyrovnávací nádrže budou kalové vody čerpány do sedimentační nádrže s kontinuálním zahušťováním kalu, kde se předpokládá zahuštění kalu na 2%. Zahuštěný kal bude odebírán do nádrže kalu, odsazená voda bude odváděna do retenční nádrže. Na přítoku do nádrže kalu je navrženo dávkování vápenného hydrátu (vápenné mléko) a polymerního flokulantu. Z nádrže kalu bude kal čerpán vřetenovým čerpadlem na šnekový lis. Do šnekového lisu bude dávkován polymerní flokulant. Filtrát bude odváděn zpět do vyrovnávací nádrže. Kal ze šnekového lisu s uvažovanou 20 % sušinou kalu bude dopravován šnekovým dopravníkem do kontejneru.

V místě jedné ze stávajících kalových lagun je navržena retenční nádrž o objemu 220 m³. Do retenční nádrže budou svedeny veškeré odpadní vody, včetně dešťových vod, před odtokem z areálu úpravní vody. Jedná se především o vody z vypouštění prvního separačního stupně (po odkalení do vyrovnávací nádrže), bezpečnostní přelivy z prvního separačního stupně a vyrovnávací nádrže, odpady z analyzátorů a odsazená voda z vápenné jímky. Hlavní funkce nádrže je jednak zachycení špičkových průtoků z bezpečnostních přelivů technologické linky a následné zajištění vyrovnaného odtoku do kanalizace, tak v případě odstavení strojního odvodnění kalu jako pojistky pro odvedení pracích vod z praní pískových filtrů. Na odtoku z nádrže je navrženo hrazení, které jednak bude zajišťovat minimální odtok stálého nadržení, jednak určovat maximální hladinu retenčního prostoru.

Stávající sklad a místnost chlorovny umístěných v samostatném objektu budou zdemolovány a nově vybudovány uvnitř budovy úpravní vody. Z chlorovny bude veden podtlakový rozvod chloru k místu dávkování. Dávkování pro předoxidaci bude řízeno podle průtoku surové vody, pro hygienické zabezpečení podle průtoku upravené vody s doregulací podle obsahu chloru v upravené vodě.

Je navržena kompletní rekonstrukce vápenného hospodářství. Pro předalkalizaci a stabilizaci bude dávkována vápenná voda s řízením dle průtoku a doregulací dle pH. Pro potřeby kalového hospodářství bude dávkováno vápenné mléko s regulací dle průtoku kalové vody. Vápenný hydrát bude dovážen v pytlích. Ze dvou navržených výklopníků bude vápno sypáno do dvou kontinuálně míchaných rozpouštěcích nádrží pro přípravu vápenného mléka. Je navrženo vyrábět vápenné mléko o koncentraci 2-4%. Pro přípravu vápenné vody bude mléko přečerpáváno vřetenovými čerpadly (2+1) do dvou sytičů. Ze sytičů bude vápenná voda (koncentrace 0,1%) vedena do nádrže vápenné vody. Vápenná voda bude k místu dávkování čerpána hadicovými čerpadly

(1+1). Vápenné mléko pro kalové hospodářství bude čerpáno vřetenovými čerpadly (1+1). Odpadní vody z vápenného hospodářství budou odváděny do vápenné jímky.

Pro dávkování manganistanu draselného bude používán 1 % roztok, připravovaný ve dvou rozmíchávacích nádržích a pomocí dávkovací stanice dopravován do místa dávkování.

K dávkování polymerního flokulantu do flokulačních nádrží prvního separačního stupně je navržena automatická flokulační stanice. Polymerní flokulant bude dodáván v pytlích, flokulační stanice bude zajišťovat přípravu 0,1% roztoku.

Úprava vody je vybavena sledováním technologických procesů na úrovni odpovídající době, kdy byla postavena. Součástí rekonstrukce úpravy vody proto bude její kompletní vybavení měřením a regulací a řídicím a informačním systémem. Řešení automatizace provozu vychází z požadavku, aby technologie rozhodujících částí úpravy vody byla provozována automaticky, bez nutnosti trvalého dohledu obsluhy, a požadavku zajištění možnosti sledování klíčových parametrů ze vzdáleného dispečerského pracoviště VOS Jičín a.s. Základním požadavkem pro návrh systému řízení úpravy vody Březovice je, aby bylo možné i při výpadku řídicího systému zajistit provoz úpravy vody obsluhou z místních programovatelných automatů nebo ručně přímo z místa. Výpadkem řídicího systému nesmí být zabráněno tomu, aby bylo možné prát pískové filtry, provozovat jednotlivá čerpadla apod. Provoz ÚV bude v maximální míře automatizován. Pro automatizaci procesů je navrženo použití programovatelných automatů PLC ve spojení s počítačem PC v dozorně. PLC automaty budou řídit a monitorovat jednotlivé technologické celky úpravy (přívod surové vody, flokulace, usazování, písková filtrace, dávkování chemikálií, čerpání upravené vody do vodojemu Gothard). Úprava bude vybavena měřicí technikou (měření hladin, průtoků, zákalu, pH, koncentrace volného chloru), která umožní optimální řízení a vyhodnocování provozu. Komunikační propojení počítače PC v úpravě s dispečinkem v Jičíně bude zajištěno pronájmem datového satelitního přenosu. Spojení s vodojemem Gothard bude řešeno prostřednictvím vlastního radiového spoje nebo využitím přenosu dat pomocí mobilní sítě GSM-GPRS.

Součástí rekonstrukce úpravy vody bylo dále vybudování nové stožárové trafostanice s transformátorem 250 kVA, přeřešení vnitřní dispozice administrativní části budovy úpravy vody, rekonstrukce střech a opláštění budovy úpravy vody, návrh vytápění a vzduchotechniky s jednotkami ohřevu do haly prvního a druhého separačního stupně, rekonstrukce veřejného osvětlení, zpevněných ploch a oplocení areálu.

Závěr

Návrh koncepce rekonstrukce a intenzifikace úpravy vody Březovice byl podmíněn nutností rekonstrukci provádět za co nejméně stavbou ovlivněného provozu výroby pitné vody. Tento úkol se mimo jiné podařilo splnit efektivním využitím stávajících objektů a prostor a návrhu postupné rekonstrukce včetně provizorních úprav na stávající technologické lince.

Cílem rekonstrukce byl návrh nové efektivně pracující technologické linky úpravy vody, která do budoucna zajistí dostatečnou výrobu pitné vody pro zásobenou oblast.

Literatura

P 1 Intenzifikace úpravy vody Březovice – ZDS, 11/2013, zpracovatel Sweco Hydroprojekt a.s.

Pozn: V době přípravy tohoto příspěvku bohužel nebylo ukončeno řízení pro výběr zhotovitele, není tedy možné uvádět detailní popis konkrétních technolog. zařízení.

Využitie oxidu ceričitého (READ-As) v úprave vody

doc. Ing. Ján Ilavský, PhD.¹⁾, doc. Ing. Danko Barloková, PhD.¹⁾,
Ing. Karol Munka, PhD.²⁾

¹⁾ Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU,
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, jan.ilavsky@stuba.sk, danka.barlokova@stuba.sk

²⁾ Výskumný ústav vodného hospodárstva,
Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava, Munka@yuvh.sk

Abstrakt:

V príspevku sú prezentované výsledky odstraňovania antimónu z vody na VZ Dúbrava použitím adsorpčných materiálov READ-As a GEH. Na základe experimentov bol materiál READ-As účinnejší ako GEH. V príspevku sú uvedené adsorpčné kapacity a pomery V/V_0 (bed volume) obidvoch materiálov vypočítané pre koncentrácie antimónu $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ na odtokoch z filtračných náplní, t.j. pre limitnú koncentráciu antimónu v pitnej vode, pričom priemerná koncentrácia antimónu v surovej vode bola $27,73 \mu\text{g.l}^{-1}$.

ÚVOD

Skupinový vodovod Dúbrava bol vybudovaný v súvislosti s výstavbou vodnej nádrže Liptovská Mara. Zdrojom skupinového vodovodu bol VZ Dúbrava s výdatnosťou cca 40 l/s. Vodný zdroj tvorili tri pramene (Brdáre, Močidlo, Škripen), v súčasnosti sa využíva na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou (obce Dúbrava, Ľubela, Gótoľany) iba prameň Škripen, ktorý neobsahuje antimón. Ostatné pramene sú kontaminované antimónom.

Za hlavnú príčinu zvýšených koncentrácií antimónu v prameňoch Močidlo a Brdáre sa považuje existencia ložiska Dúbrava, ako aj vysoká koncentrácia antimónu v banských vodách, premývanie haldy hlušiny ako aj odkaliska, v ktorých sú vysoko antimónom obohatené horniny, dažďovou vodou, ktorá dotovala podzemné vody alebo povrchový tok Križianky [1,2].

Antimón sa v závislosti od pH vody, oxidačno-redukčného potenciálu (pomery $\text{Sb}^{+3}/\text{Sb}^{+5}$) a obsahu kyslíka vyskytuje vo vodách ako Sb^{-3} , Sb^0 , Sb^{+3} a Sb^{+5} (Sb^{+3} je desaťkrát toxický ako Sb^{+5}), najčastejšie vo forme antimonitnanu - ako oxoanión $(\text{H}_2\text{SbO}_4)^-$ resp. $(\text{HSbO}_4)^{2-}$, alebo môže byť prítomný tiež vo forme antimonitanu (H_3SbO_3) [3].

Antimón je toxický ťažký kov [4], ktorý sa svojimi účinkami prirovnáva k arzenu a k olovu. Svetové zdravotnícke organizácie a inštitúcie zaoberajúce sa sledovaním karcinogenity zatiaľ neklasifikujú antimón ako karcinogén.

Obsah antimónu v pitnej vode je podľa WHO a smernice EU limitovaný hodnotou $6 \mu\text{g.l}^{-1}$ [5,6], na Slovensku je prípustná hodnota antimónu v pitnej vode stanovená na $0,005 \text{ mg.l}^{-1}$ (Nariadenie vlády Slovenskej republiky č.496/2010 Z.z.).

Potreba vody na pitie je v súčasnosti zabezpečená, avšak vzhľadom na nedostatok kvalitnej pitnej vody v danej lokalite je snaha využívať uvedené vodné zdroje aj v budúcnosti, čo si vyžaduje úpravu vody a návrh jej technológie.

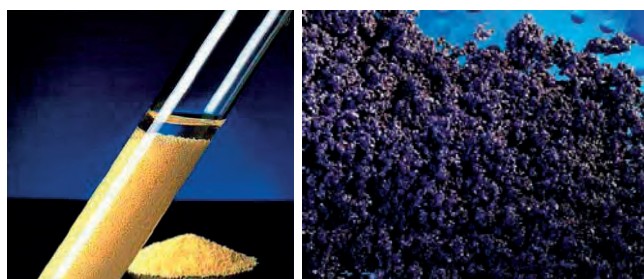
EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Modelové skúšky odstraňovania antimónu sa uskutočnili v objekte chlóravacej stanice Dúbrava (**obr.1**).



Obr. 1 Pohľad na vodárenský objekt v Dúbrave, použité zariadenie a odber vzoriek

Cieľom modelových skúšok bolo na VZ Dúbrava porovnať účinnosť odstraňovania antimónu z vody použitím sorpčných materiálov READ-As a GEH (**obr. 2**). Ide o sorpčné materiály, ktoré sa podľa literatúry používajú pri odstraňovaní arzenu z vody. V **tab. 1** sú uvedené fyzikálno-chemické vlastnosti použitých sorpčných materiálov.



Obr. 2 Sorpčný materiál READ-As (vľavo) a GEH (vpravo)

Tabuľka 1 Fyzikálno-chemické vlastnosti vybraných sorpčných materiálov

Parameter	READ-As	GEH
Základný materiál/ aktívna zložka	Oxid ceričitý >98%	hydroxid železitý + kryšt. β -FeOOH
Popis materiálu	vlhký, zrnitý	vlhký, zrnitý
Farba	žltá	tmavohnedá
Sypná (objemová hmotnosť) [g.cm ⁻³]	0,76	1,25
Špecifický adsorpčný povrch [m ² g ⁻¹]	195	250-300
Zrnitosť [mm]	0,3-1,0	0,3-2,0

Materiál GEH bol získaný od spoločnosti GEH Wasserchemie, Nemecko. Ide o sorpčný materiál, vyvinutý na Berlínskej univerzite na odbore Kontroly kvality vody za účelom odstraňovania arzénu z vody. Pozostáva z hydroxidu železitého a oxyhydroxidu β -FeOOH s obsahom sušiny 57 hmotn.% ($\pm 10\%$). Obsah železa je 610 g / kg ($\pm 10\%$) v suchom stave [7- 9]. GEH je vysoko selektívny voči arzeničnanom (Sb^{5+}), preto vyžaduje počiatočnú oxidáciu v prítomnosti arzenitanu [10]. Zvyšovaním koncentrácie fosforečnanov a síranov v upravovanej vode sa značne znižuje účinnosť odstraňovania arzénu [7].

READ-As bol poskytnutý spoločnosťou Global Water KFT. Materiál bol vyvinutý firmou Nihon Kaisui Co Ltd v Japonsku. Ide o granulovaný oxid cérichtý. READ-As je vhodný pre odstraňovanie arzénu z vody v širokom rozmedzí podmienok a účinne sorbuje aj arzenitan a arzeničnan. Oxidácia arzenitanu na arzeničnan nie je potrebná. Nevyžaduje sa ani úprava pH vody pred a po sorpcii. Tento materiál je možné regenerovať prídavkom hydroxidu sodného, potom chlórnanu sodného a nakoniec premytím vodou. Regenerovaný materiál potrebujú neutralizáciu s HCl a premytie vodou pred ďalším použitím. V závislosti na množstve sorbentu a chemického zloženia vody by sa regenerácia mala vykonávať po 4 až 12 hodinách. Po 7 až 10 rokoch je potrebné celú náplň filtra vymeniť, pričom takýto materiál nie je nebezpečný [11,12].

Postup úpravy vody vychádzal zo schémy:

surová voda → filtrácia a adsorpcia (bez regenerácie a prania filtrov).

Surová voda bez akejkoľvek predúpravy prechádzala filtračným zariadením, pričom bola sledovaná koncentrácia antimónu v surovej a upravenej vode na odtoku z jednotlivých filtračných kolón. Zároveň bol sledovaný prietok vody na odtoku z každej kolóny. Technologické skúšky boli zamerané na overenie možnosti využitia uvedených sorpčných materiálov v procese úpravy vody – odstraňovanie Sb.

Z výsledkov modelových skúšok boli vyhodnotené priebehy koncentrácií antimónu v závislosti na odtoku z kolón od doby prevádzkovania modelových zariadení a na pomere V/V_0 , kde V predstavuje pretečený objem upravenej vody v danom čase a V_0 je objem náplne (v zahraničnej literatúre sa pomer V/V_0 označuje ako „bed volume“). Na základe materiálovej bilancie antimónu v modelových zariadeniach boli vypočítané množstvá adsorbovaného antimónu, z týchto údajov boli vypočítané adsorpčné kapacity materiálov pre doby prevádzkovania modelových zariadení resp. pre pomery V/V_0 , keď koncentrácie antimónu na odtokoch z náplní práve dosahovali limitnú koncentráciu pre pitnú vodu t.j. $5 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Modelové zariadenie

Na overenie účinnosti eliminácie antimónu boli použité dve adsorpčné kolóny naplnené sorpčným materiálom READ-As a GEH. Adsorpčná kolóna bola vyrobená zo skla, priemer kolóny bol 5,0 cm, výška náplne bola 48 cm v prípade materiálu READ-As a 49 cm v prípade materiálu GEH. Surová voda prechádzala filtračným zariadením v smere zdola nahor.

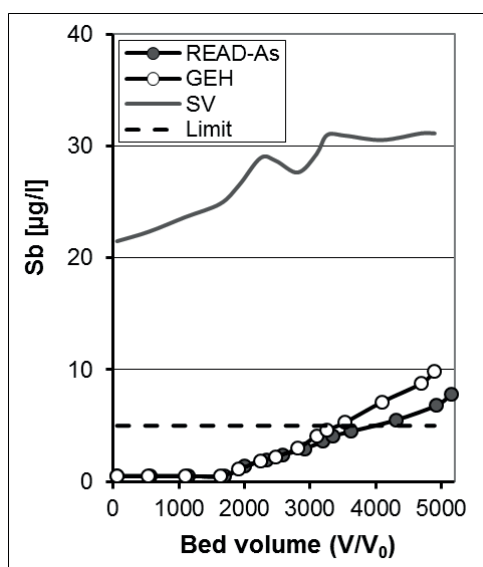
VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rámci uvedených modelových skúšok sa koncentrácie antimónu v surovej vode pohybovali v rozmedzí 21,5-31,8 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (priemer 27,73 $\mu\text{g.l}^{-1}$). V prípade kolóny s materiálom READ-As sa filtračné rýchlosti pohybovali v rozmedzí 5,44-5,68 m.h^{-1} (priemer 5,579 m.h^{-1}), v kolóne s materiálom GEH boli filtračné rýchlosti 5,44-5,81 m.h^{-1} (priemer 5,557 m.h^{-1}). Podmienky filtrácie sú uvedené v **tab. 2**.

Tabuľka 2 Podmienky filtrácie (priemerné hodnoty)

Parameter	READ-As	GEH
Zrinitosť [mm]	0,3 -1,0	0,32 – 2,0
Výška filtračnej náplne [cm]	48	49
Hmotnosť náplne [g]	717,5	1204,8
Priem. prietok kolónou [ml.min^{-1}]	182,57	181,86
Priem. filtračná rýchlosť [m.h^{-1}]	5,579	5,557
Doba zdržania v kolóne [min]	5,163	5,292

Na **obr. 3** je znázornený priebeh koncentrácií antimónu v závislosti od času prevádzky modelového zariadenia a od pomeru V/V_0 . Do obrázkov sú zahrnuté koncentrácie antimónu surovej (SV) a prefiltrovanej vody, ako aj limitná hodnota antimónu v pitnej vode podľa Nariadenia vlády č. 496/2010 Zb.z. (5 $\mu\text{g.l}^{-1}$).



Obr. 3 Porovnanie účinnosti odstraňovania antimónu z vody sorpčnými materiálmi READ-As a GEH v závislosti od času a pomeru V/V_0 (bed volume)

Na základe dosiahnutých výsledkov je možné konštatovať, že sledované filtračné materiály sú vhodné na odstraňovanie antimónu z vody. Účinnosť odstraňovania S_b vyjadruje **tab. 3**.

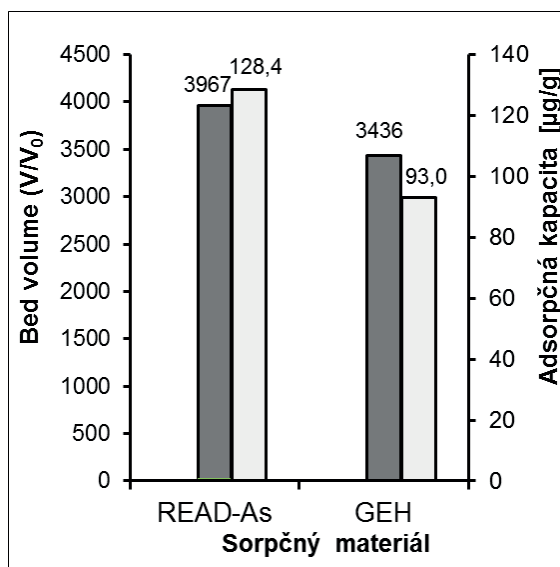
V prípade sorpčného materiálu GEH bola prekročená hodnota 5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ S_b po 285,5 hodinách prevádzky filtračného zariadenia. Množstvo vody, ktoré preteklo týmto filtračným zariadením za toto obdobie predstavuje 3,11 m^3 , t.j. 3236 násobok objemu náplne. Kapacita adsorpčnej náplne nebola úplne vyčerpaná ani po pretečení 4,71 m^3 vody (t.j. 4896 násobok objemu náplne).

Tabuľka 3 Výsledky odstraňovania antimónu z vody

Parameter	READ-As	GEH
Celkový čas filtrácie [hod]	433	433
Čas filtrácie [hod] po prekročení limitu $5 \mu\text{g.l}^{-1}$	336,3	285,5
Celkové množstvo pretečenej vody [m^3]	4,85	4,71
Množstvo pretečenej vody [m^3] po limit $5 \mu\text{g.l}^{-1}$	3,74	3,11
Pomer objemu pretečenej vody k objemu náplne kolóny (po limit $5 \mu\text{g.l}^{-1}$) – bed volume	3967	3236

V prípade sorpčného materiálu READ-As bola prekročená medzná hodnota po 336 hodinách prevádzky, množstvo vody, ktoré pretieklo filtračným zariadením za toto časové obdobie predstavuje $3,74 \text{ m}^3$, t.j. 3967 násobok objemu filtračnej náplne. Kapacita adsorpčnej náplne nebola úplne vyčerpaná ani po pretečení $4,85 \text{ m}^3$ vody (t.j. 5146 násobok objemu náplne).

Na základe materiállovej bilancie bolo vypočítané množstvo adsorbovaného antimónu v jednotlivých sorpčných materiáloch jednak pre celú dobu trvania modelových skúšok, ale predovšetkým pre doby, počas ktorých koncentrácie antimónu na odtoku z filtrov ešte spĺňali požiadavku na kvalitu pitnej vody (NV č.496/2010). Na **obr. 4** sú znázornené adsorpčné kapacity a bed volume (V/V_0) materiálov READ-As a GEH (v $\mu\text{g.g}^{-1}$) pre koncentráciu antimónu na odtoku z adsorpčných náplní $5 \mu\text{g.l}^{-1}$.



Obr. 4 Pomer V/V_0 (bed volume) a adsorpčná kapacita použitých materiálov pre koncentráciu $5 \mu\text{g/l}$ Sb na odtoku z adsorpčných náplní

Pri daných prevádzkových podmienkach (koncentrácia antimónu v surovej vode $27,73 \mu\text{g.l}^{-1}$, filtračná rýchlosť $5,58 \text{ m.h}^{-1}$ v kolóne s materiálom READ-As, resp. $5,56 \text{ m.h}^{-1}$ s materiálom GEH) bolo v náplni READ-As o hmotnosti $717,5 \text{ g}$ adsorbovaných $92165 \mu\text{g}$ antimónu a v náplni GEH o hmotnosti $1204,9 \text{ g}$ bolo adsorbovaných $75945 \mu\text{g}$ antimónu. Z výsledkov vyplynulo, že adsorpčná kapacita READ-As bola $128,4 \mu\text{g.g}^{-1}$ a GEH $63,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ (**obr. 4**).

ZÁVER

Vykonané technologické skúšky s podzemnou vodou z prameňa v lokalite Dúbrava preukázali, že pomocou sledovaných sorpčných materiálov je možné znížiť obsah antimónu vo vode na hodnoty, ktoré limituje Nariadenie vlády č.496/2010 pre pitnú vodu.

Prvýkrát na Slovensku bol odskúšaný materiál READ-As pre odstraňovanie antimónu z vody, ide o nový materiál vyrobený v Japonsku, dodaný maďarskou firmou Global Water Filter, ktorý sa v súčasnosti používa hlavne na odstraňovanie arzenu z vody, jeho výhodou je, že tento materiál je regenerovateľný. Vykonané modelové skúšky mali za cieľ sledovať účinnosť odstraňovania antimónu z vody a porovnať adsorpčné materiály READ-As a GEH (na základe našich výsledkov z predchádzajúcich experimentov bol GEH najúčinnnejší zo všetkých testovaných materiálov pre odstraňovanie Sb z vody).

Z výsledkov vyplýva, že materiál AsMet bol účinnejší ako GEH, pre priemerné koncentrácie antimónu v surovej vode $27,73 \mu\text{g.l}^{-1}$, filtračné rýchlosti $5,579 \text{ m/h}$ dosiahla koncentrácia antimónu $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ na odtoku z náplne s výškou 48 cm hodnotu $V/V_0 = 3967$ a adsorpčnú kapacitu $128,4 \mu\text{g/g}$. Limitná koncentrácia antimónu $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ bola prekročená po 336 hodinách prevádzky modelového zariadenia. V prípade materiálu GEH bola zistená nižšia účinnosť odstraňovania antimónu z vody. Na uvedené hodnoty môže vplývať zmena kvality vody (napr. pH 8,2), čo je potrebné overiť ďalšími experimentami.

PodĎakovanie

Experimentálne merania boli uskutočnené za finančnej podpory projektu VEGA 01/1243/12.

Literatúra

- [1] Cahlíková Z., Cahlík A.: Dúbrava – režimní sledování vod. Vodní zdroje Holešov a.s., Závěrečná správa, 1993.
- [2] Munka K. a kol.: Návrh technológie odstraňovania antimónu z vodných zdrojov SKV Dúbrava a Partizánska Ľupča. Závěrečná správa, VÚVH Bratislava, 1999
- [3] Pitter P.: Hydrochemie, Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009.
- [4] Water Quality and Treatment. A Handbook of Community Water Suppliers. AWWA, 1990
- [5] Drinking Water Directive 80/778/EEC, COM(94) 612 Final.
- [6] WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. 4th ed. WHO Press: Geneva.
- [7] Driehaus, W., Jekel, M., Hildebrandt, U. 1998 Granular Ferric Hydroxide – A New Adsorbent for the Removal of Arsenic from Natural Water. J. Water Supply: Res. and Technol.-Aqua, 47, 30-35.
- [8] Westerhoff, P., Highfield, D., Badruzzaman, M., Yoon, Y. 2005 Rapid small scale column tests for arsenate removal in iron oxide packed bed columns. J. Environ. Eng. 131, 262-271.
- [9] http://www.geh-wasserchemie.de/files/datenblatt_geh101_en_web.pdf, 2014.
- [10] Bissen, M., Frimmel F.H. 2003 Arsenic- A Review; Part II: Oxidation of Arsenic and its removal in water treatment. Acta hydrochim. Hydrobiol. 31, 97-107.
- [11] <http://globalwater.hu/index.php/globalwater/oldal/termekek.html>
- [12] BCSIR (Bangladesh Council of Scientific and Industrial Research). Performance Evaluation and Verification of Five Arsenic Removal Technologies. Environmental Technology Verification: Arsenic Migration Program, Phase 1. 2003.

Úpravna vody Lomnička

doc. Ing. Milan Látal, CSc., Ing. Zdeňka Jedličková

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.

Soběšická 820/156, PSČ 638 01, Brno, latal@vasgr.cz, jedlickova@vasgr.cz

Abstrakt: V roce 2012 byla do stávajícího objektu osazena nová technologie na úpravu podzemní vody v obci Lomnička. Jedná se o úpravnu vody tzv. kontejnerového typu, na které je odstraňováno železo, mangan a uran. Rekonstrukcí ÚV se zvýšila její kapacita. Při vyhodnocení provozu po celkové rekonstrukci bylo potvrzeno i snížení energetické náročnosti ÚV oproti původní ÚV.

Jedním ze základních cílů moderního vodárenství je dodávat vodu v požadované kvalitě, dostatečném množství, bez přerušení dodávky a za přijatelnou cenu. V souvislosti se zvyšujícími požadavky na kvalitu pitné vody rostou i nároky na technologii úpravy surové vody. Proto některé úpravny vody (dále též ÚV) postavené v minulém století v současné době procházejí rekonstrukcí. Technické řešení technologie úpravy vody závisí na jakosti a množství upravované vody.

Na přelomu šedesátých a sedmdesátých let minulého století bylo z důvodů nedostatku pitné vody pro vodovod Lomnička - Tišnov rozhodnuto o využití tří vrtů v k. ú. Lomnička se zvýšeným obsahem železa a manganu. V první polovině sedmdesátých let minulého století byla pro tuto oblast postavena úpravna vody o kapacitě 12 l/s. Úprava surové vody spočívala v provzdušnění tlakovým vzduchem v množství 30 l na m³ upravované vody ve dvou provzdušňovacích kotlicích. Po provzdušnění byla voda čerpána ze sběrné nádrže na tři tlakové filtry s náplní vodárenského filtračního písku VP 10/18. Objem filtrační náplně každého filtru byl cca 4,6 m³. Filtry byly dimenzovány na lineární filtrační rychlost do 8 m/h. Praní filtrů bylo prováděno v režimu vzduch, vzduch + voda a voda, na závěr regeneračního procesu bylo prováděno zafiltrování. Prací voda z filtrů byla odvedena do kanalizace. Upravená voda z filtrů byla po dezinfekci vody chlorem svedena do akumulární nádrže, z níž byla dodávána dále do zásobované oblasti.



Obr. 1 Původní ÚV – tlakové filtry

Z důvodu rozšiřující se zástavby v zájmové oblasti a zastaralosti celého vodárenského zařízení ÚV bylo rozhodnuto o kompletní rekonstrukci úpravny vody. Požadavkem pro rekonstrukci bylo zvýšení její kapacity na 20 l/s a instalace technologie na snížení množství uranu u vrtu s nadlimitní koncentrací tohoto ukazatele.

V roce 2011 byla zpracována projektová dokumentace na kompletní rekonstrukci úpravny vody, v roce 2012 proběhla vlastní rekonstrukce úpravny vody, a to po stránce stavební, strojné- a elektro- technologické.

V průběhu rekonstrukce ÚV byl vybudován nový vrt s podzemní vodou, v němž byla stanovena vysoká hodnota celkové objemové aktivity alfa a následně vysoká koncentrace uranu. Z tohoto důvodu se od využití nového vrtu upustilo.

V současné době je oblast zásobována upravenou vodou z původních tří vrtů. Do budoucna je uvažováno s provedením podrobného hydrogeologického průzkumu pro stanovení vhodné lokality na vybudování nového vrtu s požadovanou kvalitou vody.

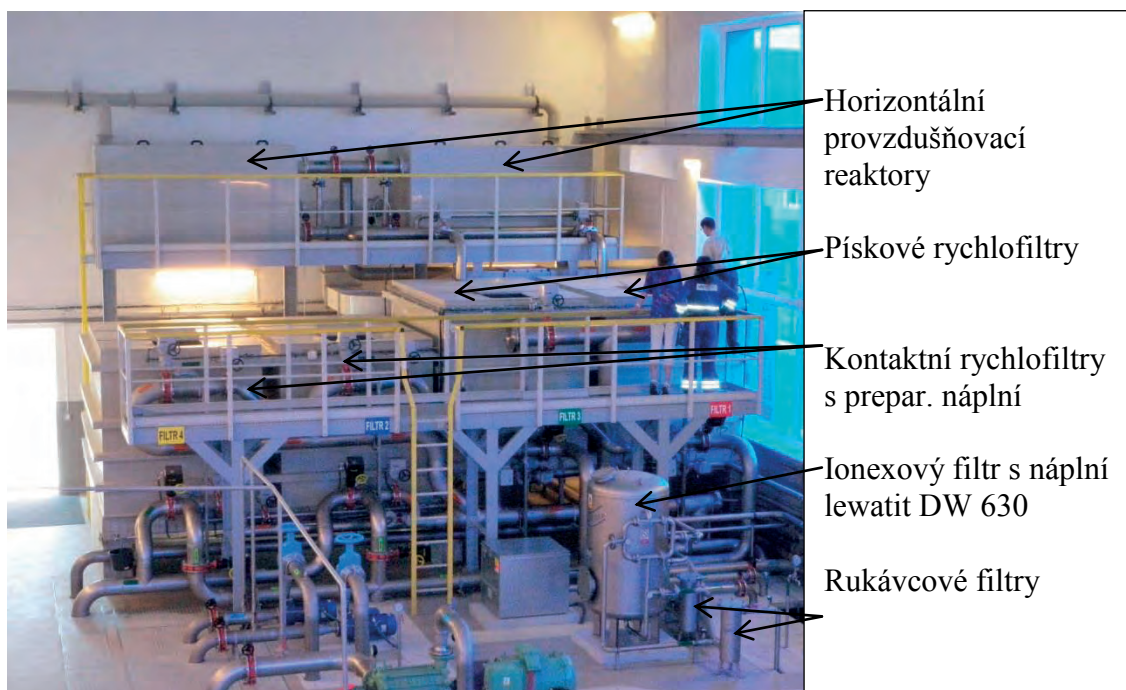
Surová voda z jednotlivých vrtů je čerpána samostatnými větvemi, na nichž je osazen vodoměr a vzorkovací kohout. Je možné postupně vypínat vrty s horší kvalitou vody v závislosti na výšce hladin v akumulacích nádrží, což je využíváno. V současné době je snaha čerpat surovou vodu především ze dvou vrtů, ve kterých se nenachází nadlimitní koncentrace uranu. Voda z vrtu s vysokým obsahem uranu je čerpána v co nejmenším množství a je předupravována. Následně prochází voda ze všech vrtů společně technologickou linkou s cílem odstranění nadlimitní koncentrace železa a manganu.

Předúprava vrtu s vyšším obsahem uranu:

Pro odstraňování případných hrubých nečistot je osazen nerezový mechanický rukávcový filtr s výměnnou filtrační náplní 20 mikronů. Za ním následuje technologie na snížení množství uranu v upravované vodě, čímž je tlakový nerezový **ionexový filtr** s náplní silně bazického ionexu lewatis DW 630 o objemu 500 m³. Tento ionex nesorbuje ostatní standardní anionty obsažené v pitné vodě (např. Cl⁻, HCO³⁻, NO³⁻), neboť má vyšší afinitu k síranové skupině. Sorbuje tedy hlavně síranové a uhličitánové komplexy uranu, kromě sorpce uranu jen velmi málo mění složení upravované vody.

Spolu s uranem se v náplních obvykle zachycují také další prvky (např. radium, thorium, protaktinium a další). Protože tyto prvky jsou radioaktivní (jedná se o přírodní radionuklidy), zvyšuje se jejich hromadění v náplni filtru nezanedbatelně i radioaktivní kontaminace této náplně. Z tohoto důvodu na provoz těchto technologií a na nakládání s náplněmi filtrů se vztahují požadavky zákona č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a prováděcí vyhlášky k tomuto zákonu č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně.

Praní ionexového filtru není prováděno. Za ionexem je opět osazen mechanický rukávcový filtr s výměnnou filtrační náplní 20 mikronů proti případnému vyplavení náplně z ionexu do systému ÚV.



Obr. 2 ÚV po celkové rekonstrukci

Další technologické části ÚV jsou umístěny na ocelové a ŽB konstrukci s pevnými deskami tak, aby byl zajištěn gravitační průtok úpravářskou linkou. Oproti původnímu sestavení technologické linky došlo k vyřazení čerpání upravované vody mezi provzdušněním vody a rychlofiltry.

Výtlačná potrubí z jednotlivých vrtů a vrtu po předúpravě, jsou spojena do jednoho potrubí, ze kterého je voda čerpána na dva horizontální **provzdušňovací reaktory** každý s výkonem $Q_{\max}=20$ l/s (běžný provoz $Q=10$ l/s). Na společném sání obou provzdušňovacích reaktorů je osazena filtrační jednotka s průtokem vzduchu $1500 \text{ m}^3/\text{h}$. V reaktoru zajišťuje výměnu vzduchu elektrický ventilátor s celkovým výkonem cca $750 \text{ m}^3/\text{h}$. Chod ventilátorů nuceného odtahu provzdušnění je spřažen s chodem ponorných čerpadel ve vrtech.

Za provzdušňovacími reaktory je voda opět spojena. Do společného nátokového potrubí na pískové rychlofiltry je zaústěno dávkování chemikálie hydroxidu sodného pro korekci pH. Jelikož se daří smíchat podzemní vodu z jednotlivých vrtů tak, že pH se pohybuje v mírně alkalické oblasti, není v současné době prováděna úprava pH. Voda po případném nadávkování hydroxidu sodného je rovnoměrně distribuována na **dva otevřené pískové rychlofiltry**.

Za pískovými rychlofiltry je upravovaná voda opět spojena s možností dávkování roztoku manganistanu draselného před dva otevřené kontaktní rychlofiltry **s preparovanou náplní**. Každý z filtrů je vybaven odnímatelným víkem, má max. výkon 10 l/s, náplň tvoří filtrační písek FP2 - 4000 kg.

Konstrukce všech otevřených filtrů je s filtračním mezidnem se scezovacími hlavicemi a s materiálovým provedením polypropylén. Filtrační rychlost 4-8 m/h, praní filtrů je prováděno v režimu vzduch, vzduch + voda a voda, na závěr regeneračního procesu je prováděno zafiltrování. Při praní jednoho z filtrů jsou současně vypínána čerpadla ve vrtech tak, aby se dočasně snížil výkon úpravy až na 10 l/s. Jako zdroj pracího vzduchu je instalované dmychadlo, prací voda je čerpána z akumulace ÚV čerpadlem

prací vody. Odpadní voda z praní rychlofiltrů je odváděna do kalové jímky. Z ní je po odsazení kalů voda vrácena zpět do procesu recirkulačním čerpadlem. Odpadní voda ze dna jímky je řízeně vypouštěna prostřednictvím kanalizace pro veřejnou potřebu na obecní ČOV.

Dle požadavku SÚJB byl proveden odběr vzorku odpadní vody vypouštěné do kanalizace pro veřejnou potřebu pro stanovení obsahu celkové objemové aktivity alfa a celkové objemové aktivity beta po odečtení K40. Rozborem stanovené hodnoty vyhovovaly požadavkům vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně pro vypouštění odpadních vod do kanalizace.

Upravená voda dezinfikovaná dávkováním chlornanu sodného natéká do dvou **akumulačních nádrží** ÚV (2x 250 m³). Odtud je upravená voda dodávána do obce Lomnička, Šerkovice a skupinového vodovodu Tišnov.

Rekonstrukcí úpravny vody došlo k instalaci nového technologického zařízení, a to technologie na snížení množství radionuklidů, v tomto případě hlavně uranu. Další princip úpravy surové vody, která obsahuje zvýšený obsah železa a manganu je v porovnání úpravy před a po rekonstrukci shodný. Rekonstrukcí došlo k odstranění jednoho čerpání upravované vody, a to na trase z provzdušňovacích kotlíků do tlakových rychlofiltrů. Rekonstrukcí ÚV došlo i ke vracení prací vody po odsazení zpět do procesu úpravy vody, čímž došlo ke snížení množství vypouštěných odpadních vod. Přebudováním ÚV nevznikly nároky na zvýšený odběr elektrické energie, celkové provozní náklady jsou závislé rovněž na době filtračního cyklu.

Přehled ročních spotřeb elektrické energie, množství odebrané surové vody a upravené vody dodávané do vodovodu pro veřejnou potřebu před a **po celkové rekonstrukci ÚV (rok 2013)**.

Rok	2009	2010	2013
Spotřeba el. energie (kWh)	233 607	242 189	194 400
Množství dodané vody spotřebitelům m ³	228 590	242 929	196 008
Náročnost kWh/ m ³	1,021	0,996	0,991

Závěr

V dnešní době lze kvalitativně upravit skoro každá surová voda na vodu pitnou. Čím je však surová voda více znečištěna, tím složitější bývá její úprava a technologická zařízení jsou investičně nákladnější a provozně dražší.

U menších až středních úpraven vod lze vhodným technologickým návrhem úpraven vod snížit jejich celkovou energetickou náročnost, což se podařilo u rekonstrukce ÚV Lomnička.

Je však nutno zdůraznit skutečnost, že čím je surová voda více znečištěna, tím má více úpravárenských stupňů a přečerpávání vody do některých úpravárenských stupňů se nevyhne.

Možnosti využitia rôznych typov nitrifikačných reaktorov pri úprave vody

Ing. Karol Munka, Ph.D.; Ing. Monika Karácsonyová, Ph.D.;
Ing. Margita Slovinská; Dpt. Stanislav Varga

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava

1. Úvod

Na hodnotenie procesu nitrifikácie pri úprave vody boli z hľadiska rôzneho obsahu amónnych iónov v surovej vode vybrané nasledujúce technologické postupy:

- jednostupňová nitrifikácia
- nitrifikácia s recirkuláciou upravenej vody.

Pri jednostupňovej nitrifikácii sa sledoval priebeh procesu v rotačnom diskovom reaktore (RDR) a v otvorenom filtri s náplňou filtračného piesku bez preparácie (F-P) a v otvorenom filtri s náplňou preparovaného filtračného piesku vyššími oxidmi mangánu (F-PB). Nitrifikácia s recirkuláciou upravenej vody bola sledovaná v otvorenom filtri s náplňou filtračného piesku preparovaného vyššími oxidmi mangánu (FR-PB).

2. Jednostupňová nitrifikácia

Táto technológia je zameraná predovšetkým na odstraňovanie nižších koncentrácií amónnych iónov, pričom ich koncentrácia v surovej vode by nemala prekročiť hodnotu 2,5-3,0 mg.l⁻¹. Pri jednostupňovej nitrifikácii sme použili dva typy laboratórnych zariadení:

- a) rotačný diskový reaktor b) otvorený pieskový filter s náplňou filtračného piesku.

2.1. Rotačný diskový reaktor

RDR tvorili disky upevnené na otáčajúcej sa horizontálnej hriadeli. Rotačný pohyb diskov spôsoboval, že biofilm bol striedavo v styku s upravovanou vodou a so vzduchom. RDR predstavoval skĺbenie dvoch technologických stupňov (prevzdušenie vody, nitrifikačný reaktor) do jedného technologického zariadenia (rotačným pohybom diskov sa prevzdušňuje voda a disky súčasne plnia aj funkciu nosiča biofilmu). RDR bol rozdelený do štyroch sekcií, pričom v každej sekcii bolo 5 diskov. V prvej sekcii bol povrch diskov preparovaný granulovaným aktívnym uhlím HYS-N a v ďalších 3 sekciách vodárenským filtračným pieskom FP-2. RDR sa skladal zo žľabu polkruhového profilu s priemerom 8 cm a 20-tich diskov priemeru 72 mm. Hĺbka ponoru diskov v žľabe bola 40 % ich priemeru. Vzdialenosť medzi jednotlivými diskami v sekcii bola 18 mm, dĺžka žľabu bola 46 cm a dĺžka sekcie 10 cm. Celkový objem vodnej časti RDR bol 850 cm³ (vrátane prítokového a odtokového priestoru), pričom objem vodnej časti sekcie bol 185 cm³. Účinná geometrická plocha diskov v jednej sekcii bola 402 cm². Stupeň pozdĺžnej disperzie v žľabe bol do značnej miery eliminovaný zabudovaním prepážok (norných stien) v jednotlivých sekciách striedavo umiestnených pri hladine vody a na dne žľabu.

2.1.1. Vplyv frekvencie otáčania diskov RDR na proces nitrifikácie

Vplyv frekvencie otáčania diskov na proces nitrifikácie bol sledovaný pri prietoku vody 890 ml.h⁻¹ (teoretická doba zdržania 57 minút) pri nasledujúcich hodnotách frekvencie otáčania: $f = 3, 6, 10, 15, 20 \text{ ot.min}^{-1}$.

Pri rovnakých vstupných koncentráciách NH₄⁺ iónov v surovej vode 5,5-5,8 mg.l⁻¹, čomu pri vyššie uvedených podmienkach odpovedalo látkové povrchové zaťaženie

30,3-32,0 mg.m⁻².h⁻¹ (zaťaženie sa vzťahuje na povrch všetkých diskov RDR), sa koncentrácie NO₂⁻ na odtoku z prvej sekcie pohybovali v rozpätí 0,70-1,40 mg.l⁻¹ v závislosti od frekvencie otáčania. So zvyšujúcou sa frekvenciou otáčania klesala koncentrácia NO₂⁻ na odtoku z prvej sekcie, pričom pri 6 ot.min⁻¹ bola 1,40 mg.l⁻¹ a pri zvýšení frekvencie otáčania na 15-20 ot.min⁻¹ poklesla na polovičnú hodnotu t.j. 0,65-0,70 mg.l⁻¹. Rovnaký trend bolo možné pozorovať pre koncentráciu NO₂⁻ aj na odtoku z druhej sekcie, z ktorej pri frekvencii otáčania 6 ot.min⁻¹ dosahovala 0,45 mg.l⁻¹, ale pri zvýšení frekvencie otáčok na 15-20 ot.min⁻¹ poklesla na 0,15-0,20 mg.l⁻¹. Pri uvedených technologických parametroch (látkové povrchové zaťaženie 30,3-32,0 mg.m⁻².h⁻¹, doba zdržania 57 minút, frekvencia otáčania 6-20 ot.min⁻¹) upravovaná voda na odtoku už z prvej sekcie dosahovala v ukazovateli NH₄⁺ kvalitu pitnej vody (koncentrácia NH₄⁺ sa pohybovala v rozsahu 0,05-0,20 mg.l⁻¹). Kvalita pitnej vody v ukazovateľoch NH₄⁺, NO₂⁻ a NO₃⁻ dosahovala na odtoku z tretej sekcie (koncentrácie NH₄⁺ boli nižšie ako 0,05 mg.l⁻¹ a NO₂⁻ nižšie ako 0,08 mg.l⁻¹).

Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že zvyšovaním frekvencie otáčania diskov dochádzalo k intenzívnejšej oxidácii NH₄⁺ iónov na dusitaný, ale súčasne aj k oxidácii dusitanov na dusičnany už v prvej sekcii RDR, v ktorej povrch diskov bol preparovaný granulovaným aktívnym uhlím. Zvyšovanie frekvencie otáčania až po hodnotu 15 ot.min⁻¹ sa prejavilo znižovaním koncentrácie dusitanov na odtoku z prvej a druhej sekcie. Pokles koncentrácie dusitanov na odtoku z ďalších dvoch sekcií už nebol taký výrazný, pretože ich koncentrácia bola nižšia ako 0,1 mg.l⁻¹. Ďalším zvyšovaním frekvencie otáčania na hodnotu 20 ot.min⁻¹ už nedochádzalo k znižovaniu koncentrácie dusitanov na odtoku z jednotlivých sekcií v porovnaní s frekvenciou otáčania 15 ot.min⁻¹. Na základe zhodnotenia vplyvu frekvencie otáčania diskov na priebeh nitrifikácie v RDR možno uviesť, že optimálna frekvencia otáčania diskov pre nitrítáciu je 10-15 ot.min⁻¹ a pre nitrátáciu 15-20 ot.min⁻¹. Z toho vyplýva, že optimálna frekvencia otáčania diskov na priebeh nitrifikácie v RDR je 15 ot.min⁻¹.

2.1.2. Sledovanie nitrifikácie v závislosti od hĺbky ponoru diskov pri optimálnej frekvencii otáčania

Pre RDR bol overovaný aj vplyv hĺbky ponoru diskov pri optimálnej frekvencii otáčania diskov (15 ot.min⁻¹). Zo získaných výsledkov vyplýva, že znížením ponoru diskov zo 40% na 25% ich priemeru pri optimálnej frekvencii otáčania, dochádzalo k podstatnému zníženiu účinnosti nitrifikácie. Pri rovnakých technologických parametroch (hydraulické povrchové zaťaženie 12,7-12,9 l.m⁻².h⁻¹ a látkové povrchové zaťaženie 21,5-21,7 mg.m⁻².h⁻¹) bola pri teplote 8,8°C a 40% ponore diskov dosahovaná účinnosť odstránenia NH₄⁺ iónov 94,0%, pokiaľ pri teplote 18,5°C a 25% ponore diskov bola účinnosť len 70,2%. Pri vyšších hodnotách látkového povrchového zaťaženia (25,6-26,0 mg.m⁻².h⁻¹) pri 40% ponore a pri teplote 9,3°C upravená voda z RDR spĺňala v ukazovateľoch NH₄⁺, NO₂⁻ a NO₃⁻ limity pre pitnú vodu, ale pri ponore diskov 25% a ani pri zvýšení teploty vody o 10°C na 19,4°C odtok z RDR nespĺňal limity pre kvalitu pitnej vody v sledovaných ukazovateľoch. Účinnosť odstránenia NH₄⁺ iónov z 98,0% pri ponore 40% poklesla len na 69,6% pri ponore 25%. Pri rovnakej teplote vody 22°C a látkovom povrchovom zaťažení 35,3-38,5 mg.m⁻².h⁻¹ bola účinnosť odstránenia NH₄⁺ iónov pri 40% ponore diskov 93,8%, kým pri 25% ponore len 65,7% a navyše pri tomto ponore diskov upravená voda nespĺňala v ukazovateľoch NH₄⁺, NO₂⁻ a NO₃⁻ limity pre pitnú vodu. Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že znížením ponoru diskov zo 40% ich priemeru na 25% sa vo výraznej miere znižuje účinnosť nitrifikácie.

2.1.3. Určenie maximálneho látkového povrchového zaťaženia RDR v závislosti od kvality upravenej vody

Pri nižších teplotách vody (8,8-10,5°C), dobe zdržania 20-22 minút bolo možné RDR zaťažiť maximálne do 25-27 mg.m⁻².h⁻¹ (upravená voda v ukazovateľoch NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ spĺňala limity pre pitnú vodu). Pri vyšších teplotách vody 10-16°C a dobách zdržania 10-20 minút sa hranica maximálneho látkového povrchového zaťaženia posunula na 33-38 mg.m⁻².h⁻¹. Pri rovnakej teplote vody, ale dobe zdržania vody 30-40 minút sa maximálne zaťaženie zvýšilo na 40-55 mg.m⁻².h⁻¹. Pri výraznejšie vyšších teplotách vody (20-24,5°C) a dobe zdržania 20 minút bolo možné RDR zaťažiť až na 60 mg.m⁻².h⁻¹. V RDR je možné, pri optimálne prevádzkovanom procese, odstraňovať aj vysoké koncentrácie NH₄⁺ iónov (na úrovni 11 mg.l⁻¹), ktoré sa môžu vyskytovať najmä v prípade havárii v kontaminovanej vode. Pri odstraňovaní vyšších koncentrácií NH₄⁺ iónov (9,2-11,6 mg.l⁻¹) je potrebné navrhovať nižšie látkové povrchové zaťaženie (32-42 mg.m⁻².h⁻¹) znížením hydraulického povrchového zaťaženia (3,4-4,0 l.m⁻².h⁻¹), čím sa dosiahne, že doba zdržania v RDR potrebná na úplný priebeh nitrifikácie sa bude pohybovať na úrovni 70-80 minút (teplota vody 7-10,5°C). Pri takto vedenom procese sa dosahovali vysoké účinnosti odstraňovania NH₄⁺ iónov (99,7-99,9 %).

2.2. Otvorený filter

Laboratórne zariadenie pozostávalo z nasledujúcich technologických stupňov:

- prevzdušnenie vody
- nitrifikačný reaktor (pieskový filter).

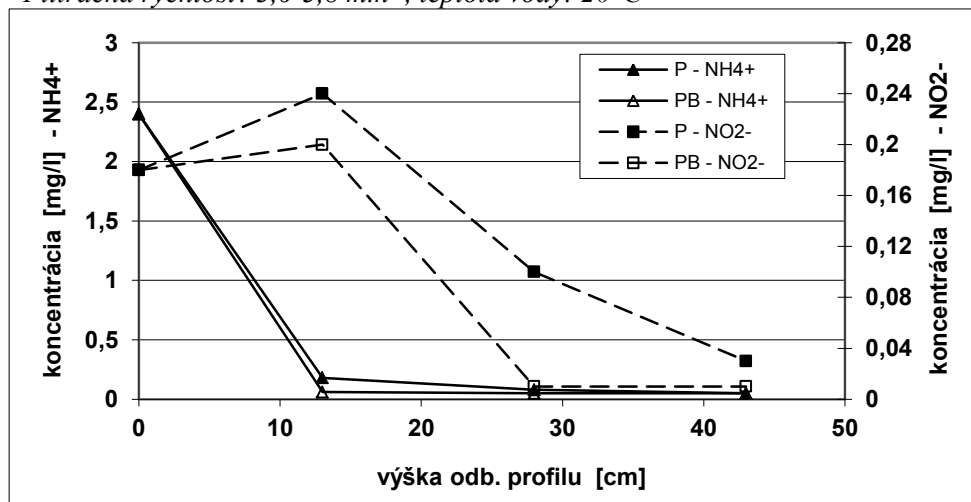
Proces nitrifikácie v otvorenom pieskovom filtri bol sledovaný pre dva nosiče biomasy:

- filtračný piesok bez preparácie
- filtračný piesok s preparáciou vyššími oxidmi mangánu.

Proces nitrifikácie v obidvoch otvorených filtroch (P) a (PB) bol sledovaný pri rovnakých technologických parametroch. Vnútny priemer filtrov bol 32 mm a celková výška 240 cm. Filtračnú náplň filtra (P) tvoril vytriedený kremičitý piesok so zrnitosťou 0,8-1,2 mm a pre filter (PB) filtračný piesok preparovaný vyššími oxidmi mangánu z ÚV Holíč, pričom výšky filtračných náplní boli 185 cm. Po výške filtračných náplní bolo umiestnených 11 odberných profilov a prietok vody filterami bol orientovaný zdola smerom hore.

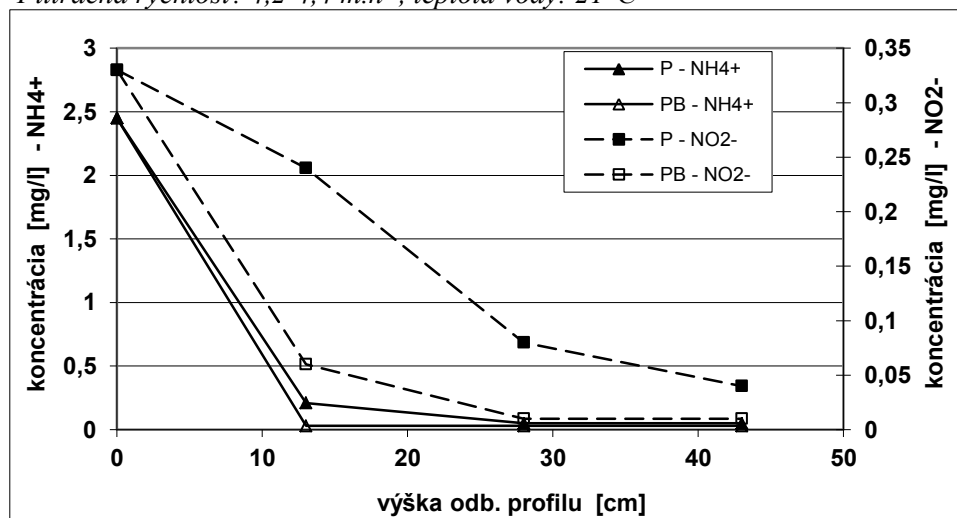
Koncentrácie NH₄⁺ iónov sa pohybovali v rozmedzí 2,5-3,7 mg.l⁻¹, filtračné rýchlosti 2,5-5,1 m.h⁻¹ a teplota upravovanej vody v rozmedzí 15-21°C. Pri týchto laboratórnych skúškach surová voda bola pred prítokom do filtrov aerovaná vzduchom. Pri koncentracii NH₄⁺ iónov 2,30-2,45 mg.l⁻¹ a 0,18-0,53 mg.l⁻¹ NO₂⁻ v surovej vode a pri filtračných rýchlostiach 3,1-4,4 m.h⁻¹ bola vo vzorkách vody odobratých už z prvého odberného profilu po výške filtračnej náplne (0-13 cm) stanovovaná koncentrácia NH₄⁺ iónov nižšia ako 0,05 mg.l⁻¹. Pri týchto podmienkach nebol badateľný rozdiel v účinnosti odstraňovania NH₄⁺ iónov medzi otvorenými filterami (P) a (PB). Výraznejšie rozdiely sa prejavovali v ukazovateli NO₂⁻, predovšetkým pri vyšších zaťaženiach filtrov. Pokiaľ pri filtračnej rýchlosti 3,1 m.h⁻¹, koncentracii 2,30 mg.l⁻¹ NH₄⁺ iónov a 0,53 mg.l⁻¹ NO₂⁻ v surovej vode, bola koncentrácia NO₂⁻ nižšia ako 0,05 mg.l⁻¹ už po výške náplne 28 cm v obidvoch filtroch, pri filtračnej rýchlosti 3,6-3,8 m.h⁻¹ bola koncentrácia NO₂⁻ vo filtri (P) 0,10 mg.l⁻¹, ale vo filtri (PB) sa pohybovala na úrovni 0,02 mg.l⁻¹ (obr.1).

Obr. 1. Jednostupňová nitrifikácia: aerácia vzduchom - otvorené filtre
 Filtračná rýchlosť: 3,6-3,8 m.h⁻¹, teplota vody: 20°C



Pri dobre zapracovaných filtroch bol rozdiel v nitrácii ešte výraznejší. Pri koncentrácii 2,45 mg.l⁻¹ NH₄⁺ iónov a 0,33 mg.l⁻¹ NO₂⁻ v surovej vode a filtračnej rýchlosti 4,2-4,4 m.h⁻¹ bola koncentrácia NO₂⁻ vo filtri (PB) po výške filtračnej náplne 13 cm len 0,06 mg.l⁻¹, kým vo filtri (P) až 0,25 mg.l⁻¹. Koncentrácia NO₂⁻ v upravovanej vode v tomto filtri klesla pod 0,10 mg.l⁻¹ po výške náplne 28 cm, kedy dosahovala hodnotu 0,08 mg.l⁻¹ (obr.2).

Obr. 2. Jednostupňová nitrifikácia: aerácia vzduchom - otvorené filtre
 Filtračná rýchlosť: 4,2-4,4 m.h⁻¹, teplota vody: 21°C



Zvyšovaním zaťaženia filtrov (koncentrácia 3,20 mg.l⁻¹ NH₄⁺; 0,30 mg.l⁻¹ NO₂⁻; filtračná rýchlosť 5,0-5,2 m.h⁻¹, teplota vody 15°C) bol pozorovaný rozdiel nielen pri odstraňovaní NO₂⁻ ako pri nižších zaťaženiach, ale už aj v účinnosti odstraňovania NH₄⁺ iónov. Vo filtri (P) bola koncentrácia NH₄⁺ iónov 0,75 mg.l⁻¹ (výška náplne 13 cm), kým vo filtri (PB) len 0,40 mg.l⁻¹. V dôsledku zvýšeného zaťaženia filtrov sa výška filtračnej náplne, po pretečení ktorej koncentrácia NO₂⁻ poklesla pod hodnotu 0,10 mg.l⁻¹, zväčšila sa na 43 cm.

Na základe uvedených výsledkov možno konštatovať, že pokiaľ pri odstraňovaní NH₄⁺ iónov v otvorených filtroch s pieskovou náplňou a s náplňou preparovaného piesku nebol pri nižších zaťaženiach filtrov (2,30-2,40 mg.l⁻¹ NH₄⁺; 0,18-0,50 mg.l⁻¹ NO₂⁻; filtračná

rýchlosť 3,0-4,5 m.h⁻¹) pozorovaný výraznejší rozdiel, pri zvýšení zaťaženia (3,20 mg.l⁻¹ NH₄⁺; 0,30 mg.l⁻¹ NO₂⁻; filtračná rýchlosť 5,0-5,2 m.h⁻¹) dochádzalo k rozdielom aj v účinnosti odstraňovania NH₄⁺ iónov (76% resp. 88% pre výšku náplne 13 cm). Oxidácia NO₂⁻ na NO₃⁻ na preparovaných pieskoch prebiehala podstatne rýchlejšie ako na pieskoch bez preparácie. Túto skutočnosť možno vysvetliť podstatne lepším osídlením povrchu preparovaného piesku nitrifikačnými baktériami, predovšetkým však baktériami oxidujúcimi NO₂⁻ ako na filtračných pieskoch bez preparácie.

Limitujúcim faktorom pri biologickom odstraňovaní predovšetkým vyšších koncentrácií NH₄⁺ iónov pri úprave vody je koncentrácia rozpusteného kyslíka vo vode. Pri vyššie uvedených podmienkach sa koncentrácia kyslíka už po výške filtračnej náplne 13 cm znížila na 1-3 mg.l⁻¹, pričom koncentrácia v prítoku do filtra bola 8-11 mg.l⁻¹. Koncentrácia kyslíka po výške filtračnej náplne klesala, pričom na odtoku z filtra boli namerané koncentrácie 0,5-1,0 mg.l⁻¹. Tento kyslíkový deficit sa prejavoval najmä pri vyšších zaťaženiach filtrov. Na základe experimentálnych prác vyplynulo, že maximálne zaťaženie, ktoré je filter ešte schopný upraviť (prevzdušnenie vody vzduchom), pri filtračnej rýchlosti 5 m.h⁻¹ sa pohybuje na úrovni 3,2-3,5 mg.l⁻¹ NH₄⁺ iónov pri teplote vody 15-21°C. Zaťaženie filtra bude možné zvýšiť, ak sa zvýši koncentrácia rozpusteného kyslíka vo vode napr. aeráciou vody samotným kyslíkom.

3. Nitrifikácia s recirkuláciou upravenej vody

Nitrifikácia s recirkuláciou upravenej vody je zameraná na odstraňovanie vyšších koncentrácií amónnych iónov (koncentrácie vyššie ako 3,5 mg.l⁻¹). Zariadenie pozostávalo z nasledujúcich technologických stupňov:

- prevzdušnenie vody
- nitrifikačný reaktor (otvorený filter s náplňou piesku preparovaného vyššími oxidmi mangánu)
- recirkulácia upravenej vody so zaústením do prítoku surovej vody pred prevzdušňovacie zariadenie.

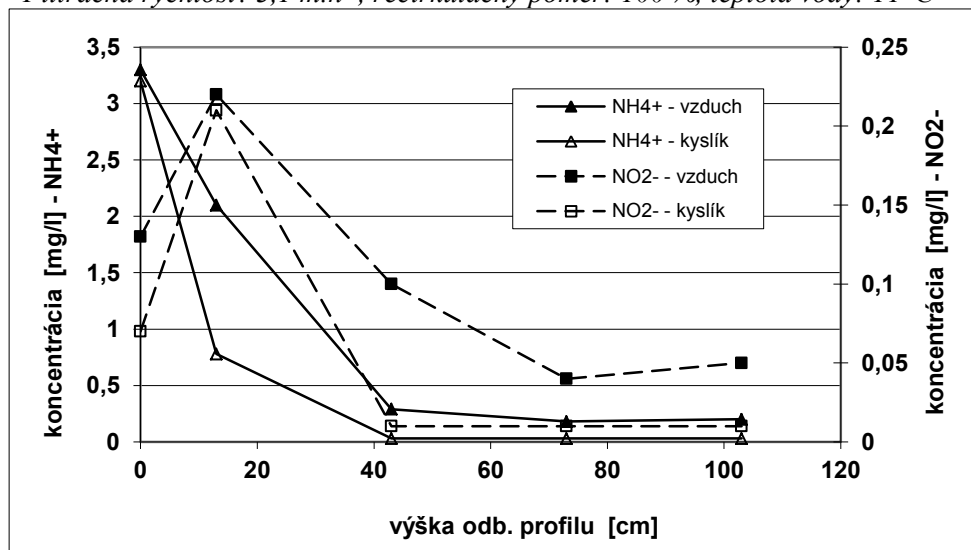
V laboratórnych podmienkach boli odskúšané dve technologické zostavy:

- otvorený filter s recirkuláciou upravenej vody do prítokového priestoru aeračného zariadenia s aeráciou vody vzduchom
- otvorený filter s recirkuláciou upravenej vody do prítokového priestoru aeračného zariadenia s aeráciou vody kyslíkom.

Na obr.3 je znázornený priebeh nitrifikácie pri recirkulačnom pomere 100 % a pre koncentráciu NH₄⁺ iónov v surovej vode 6,90 mg.l⁻¹. Po zmiešaní vôd v prevzdušňovacom zariadení bola koncentrácia NH₄⁺ iónov v prítoku do filtra 3,30 mg.l⁻¹. Zvýšené koncentrácie kyslíka v prítoku do filtra, ktoré sa dosiahli aeráciou vody kyslíkom (až 32 mg.l⁻¹), pozitívne sa prejavili na priebehu nitrifikácie. V porovnaní s aeráciou vody vzduchom, keď v prítoku do filtra boli koncentrácie kyslíka 9-10 mg.l⁻¹, dochádzalo pri použití aerácie k výraznej oxidácii NH₄⁺ iónov už vo vrstve filtračnej náplne 13 cm (pokles z 3,30 mg.l⁻¹ na 0,80 mg.l⁻¹, kým pri použití vzduchu len na 2,1 mg.l⁻¹). Pri filtračnej rýchlosti 3,1 m.h⁻¹, teplote vody 11°C a použití kyslíka prebehla úplná nitrifikácia po výške filtračnej náplne cca 40 cm, pokiaľ pri použití vzduchu až po výške cca 70 cm. Uvedené zaťaženie filtra (NH₄⁺ 6,90 mg.l⁻¹; recirkulačný pomer 100 %) pri daných podmienkach možno pri aerácii vzduchom považovať za maximálne zaťaženie, ktoré bol filter schopný upraviť, aby upravená voda v ukazovateľoch NH₄⁺ a NO₂⁻ spĺňala limity pre pitnú vodu.

Obr. 3. Nitrifikácia s recirkuláciou upravenej vody, otvorené filtre

Filtračná rýchlosť: $3,1 \text{ m.h}^{-1}$, recirkulačný pomer: 100 %, teplota vody: 11°C



Nahradením aerácie vzduchom za kyslík sa okamžite zmenili kyslíkové pomery po výške filtračnej náplne, čo sa následne prejavilo aj na priebehu nitrifikácie. V závislosti od zaťaženia filtra sa menila aj koncentrácia kyslíka po výške filtračnej náplne. Pri filtračnej rýchlosti $3,1 \text{ m.h}^{-1}$, recirkulačnom pomere 100 % a koncentráciách NH_4^+ iónov v surovej vode $6,6 \text{ mg.l}^{-1}$, $12,6 \text{ mg.l}^{-1}$ a $19,0 \text{ mg.l}^{-1}$ prebehla nitrifikácia po výškach filtračnej náplne cca 30 cm, 40 cm a 100 cm. Po oxidácii NH_4^+ a NO_2^- iónov koncentrácie kyslíka v týchto odberných profiloch dosahovali hodnoty $21,9 \text{ mg.l}^{-1}$, $11,3 \text{ mg.l}^{-1}$ a $3,9 \text{ mg.l}^{-1}$. Koncentrácie NH_4^+ iónov $19\text{--}20 \text{ mg.l}^{-1}$, pri recirkulačnom pomere 100 %, pri teplote vody 8°C a aerácii vody kyslíkom možno považovať za maximálne zaťaženie otvoreného filtra s náplňou preparovaného piesku, ktoré je takýto filter schopný upraviť na kvalitu pitnej vody pre ukazovatele NH_4^+ a NO_2^- . Na základe výsledkov dosiahnutých pre otvorené filtre s recirkuláciou upravenej vody pri aerácii vody kyslíkom pri rovnakých podmienkach (filtračná rýchlosť, teplota vody) je možné odstraňovať približne 3-násobne vyššie koncentrácie NH_4^+ iónov ako pri porovnaní s aeráciou vody vzduchom.

4. Záver

Jednostupňová nitrifikácia pozostávajúca z aerácie vody vzduchom a otvoreného filtra s náplňou filtračného piesku je vhodná na odstraňovanie amónnych iónov maximálne do koncentrácie $3\text{--}3,5 \text{ mg.l}^{-1}$. Odstraňovať vyššie koncentrácie amónnych iónov jednostupňovou technológiou je možné v rotačnom diskovom reaktore, v ktorom z hľadiska koncentrácie kyslíka v upravovanej vode pretekajúcej týmto zariadením, dosahuje sa prakticky stav nasýtenia kyslíkom po celej jeho dĺžke. Výraznejší pokles koncentrácie kyslíka nebol zaznamenaný ani pri vyšších látkových povrchových zaťaženiach a pri vyšších teplotách vody. V modelovom zariadení RDR boli odstraňované koncentrácie amónnych iónov na úrovni $11\text{--}12 \text{ mg.l}^{-1}$. Pri odstraňovaní takýchto vysokých koncentrácií amónnych iónov je potrebné vzhľadom na požadované odstránené látkové povrchové zaťaženie, prevádzkovať RDR pri nižšom zaťažení resp. pri dlhšej dobe zdržania. V laboratórnych podmienkach s modelovou vodou boli technológiou nitrifikácie s recirkuláciou upravenej vody v otvorených filtroch pri filtračnej rýchlosti 3 m.h^{-1} , teplote vody 11°C , recirkulačnom pomere 100% a pri prevzdušnení vody vzduchom odstraňované zo surovej vody amónne ióny s koncentraciou $6,5 \text{ mg.l}^{-1}$ a pri aerácii vody kyslíkom až 19 mg.l^{-1} .

Vodárenské poklopy – opomíjená problematika

Ing. Josef Janský

HAWLE armatury spol. s r.o.

Zkušenosti s poklopy, zejména v komunikacích, má každý občan této republiky neprávě pozitivní. Poskakování po silnici přes poklopy není nic příjemného pro žádného řidiče.

Vodárenské poklopy jsou sice v malém profilu, takže nehrozí propadnutí kola do chybějícího víka, ale poklop není určen jen k tomu, aby nezpůsobil hmotnou škodu nebo újmu na zdraví, ale aby chránil zařízení pod ním. A na to se dost zapomíná.

U vodárenských poklopů se jedná o zpřístupnění ovládání armatur v zemi – sekční nebo přípojkové uzávěry nebo přístup k podzemnímu hydrantu.

Vezmeme-li v úvahu, že armatura musí být funkční po celou dobu životnosti, tak pod slovem funkční není pouze její schopnost odolávat požadavkům na provozní podmínky, ale také schopnost jejího ovládání. Jak ale může být armatura ovládaná, když zemní souprava není přístupná, je ohnutá, nebo dokonce je natolik zanesena nečistotou, že s ní nelze manipulovat. Tyto negativní vlastnosti jsou ve větší míře způsobeny provozními podmínkami na komunikaci, poškozením poklopu apod.

Již jsme si zvykli, že máme armatury pro výběrové řízení s podmínkou nejnižší ceny a armatury splňující požadavky provozovatele.

U poklopů se jedná zásadně o nejnižší cenu. Tlak na nejnižší cenu působí na dodavatele – výrobce vyrobit co nejlevněji. Tak se dostáváme k příkladu špekáčků za 35,- Kč za 1 kg. (Zde maso nenajdete, ale ušetřili jste a někomu ta chemie i chutná.)

Poklop je vizitkou provozovatele.

I vodárenské poklopy musí splňovat základní normu, a tou je ČSN EN 124.

- Pevnost poklopu – podle třídy zatížení, pro vozovky se jedná o D400
- Vůle víčka v poklopu – součet mezer max. 7 mm
- Výška víčka - min. 50 mm

Každý poklop musí být označen podle normy:

- Č. normy
- Výrobce
- Třída zatížení
- Identifikace
- Případně popis

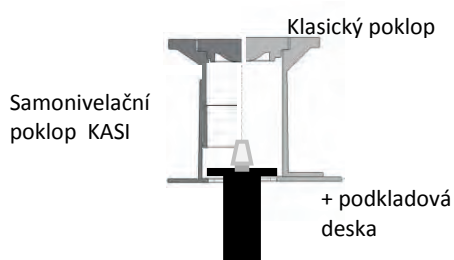
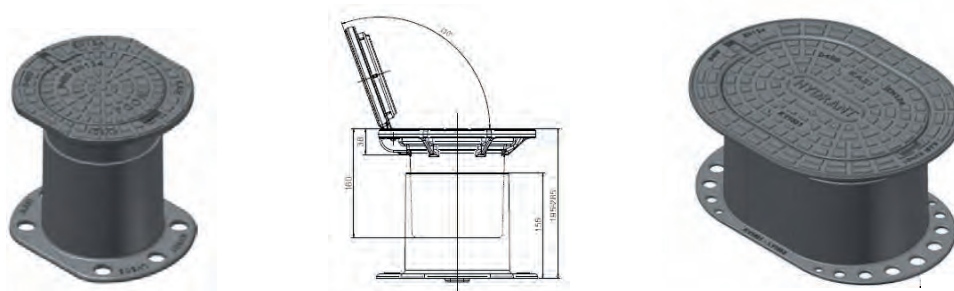
Otázka: Kolik poklopů v komunikacích splňuje tato normová kritéria?

Jediné, na co se výrobci soustředí, je pevnost. A tak prasklá nebo chybějící víčka nejsou výjimkou. Poskakující víčka v poklopu se při menším provozu časem zanesou nebo se prostě podlijí asfaltem. Propadlé, vystupující nebo nakloněné poklopy jsou téměř standardem.



Společnost KASI s.r.o. se sídlem v Přelouči je známá poklopy kanalizačními. Od roku 2013 přišla na trh i s vodárenskými poklopy, které nejen splňují základní požadavky normy EN 124, ale nabízejí i vysoké uživatelské hodnoty.

Samonivelační poklopy KASI, typ KVP01 – pro přípojky, KVS 01, 02 – pro šoupátka a KVH01 - pro hydranty nabízí vysokou užžitnou hodnotu, která vychází ze zkušeností z kanalizačních poklopů.



Poklopy jsou dělené – spodní část je pevně usazena na podloží a má integrovanou podkladovou desku, která kromě toho, že drží teleskopickou zemní soupravu, zvyšuje roznášecí plochu a tím se snižuje pravděpodobnost sedání. Vrchní díl je zcela nezávislý na spodním dílu a teleskopicky prodlužuje stavební výšku. Zároveň je konstruován tak, že je prakticky zavěšen na konečné vrstvě vozovky. Tento princip má řadu nesporných výhod:

- Zaválcováním do poslední vrstvy vozovky je zajištěna dokonalá niveleta s okolím.

- Zaválcováním dochází k dokonalému zhutnění pod nosnou deskou horního dílu poklopu a tím k úplné minimalizaci zatékání vody kolem poklopu a následné drcení vlivem mrazu.
- Při válcování nedochází k neúměrným tlakům na spodní díl poklopu.
- Usazení poklopu je vždy s niveletou vozovky, a to i při mírném úhlovém sklonu.
- Dynamické vlivy při provozu vozovky nepůsobí na spodní díl ani na zemní soupravu.
- Tento poklop nezatěžuje zemní soupravu vertikálními ani horizontálním posunem, tím není zatížena ani armatura v zemi.
- Víčko v poklopu není posazeno volně na dosedací plochu, ale je usazeno do tlumicí vložky z PUR (do března 2014 je podložka pryžová) a je připevněno výklopným pantem, takže nemůže dojít k samovolnému vyskočení.

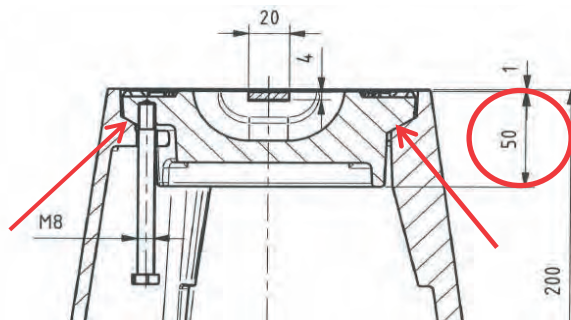
Instalace je vhodná jak při stavbě nové vozovky, pokládání živice finišerem, tak i při výměně propadlého nebo poškozeného poklopu.

Současné zkušenosti z testovacích instalací jsou všeobecně pozitivní a zákazníci si poklopy chválí.

Společnost HAWLE je ráda, že může spolupracovat se společností KASI formou marketingu a uvádění výrobků na trh s exkluzivitou pro Českou a Slovenskou republiku.

Ne vždy je potřeba instalovat samonivelační poklopy, prostě je jen zvykem používat poklopy tuhé. Společnost HAWLE proto nabízí ve spolupráci se společností KASI tuhé vodárenské poklopy přípojkové a šoupátkové se speciálním usazením víčka, kde dosedací plocha je sešikmená. Tím je zajištěno dokonalé dosednutí víčka do poklopu.

Samozřejmostí je požadovaná kvalita na litinu a povrchovou úpravu.



Tyto poklopy samozřejmě splňují beze zbytku normu ČSN EN 124.

Poklopy jsou totiž vizitkou provozovatele.

Biocidní účinek nanočástic kovů ve filtrační náplni vzduchových filtrů

Jana Říhová Ambrožová¹⁾, Jaroslav Říha²⁾, Pavlína Adámková¹⁾,
Vladimíra Škopová¹⁾

¹⁾ VŠCHT FTOP ÚTVP Praha,

Technická 5, 166 28 Praha 6, jana.ambrozova@vscht.cz, adamkovp@vscht.cz, skopovav@vscht.cz

²⁾ Severočeské vodovody a kanalizace, a.s., závod Teplice,

Přítkovská 1689, 415 50 Teplice, jaroslav.riha@scvk.cz

Abstrakt

Metodika výluhů materiálu z filtračních náplní vzduchových filtrů. Výběr ukazatelů a jejich hodnocení. Zohlednění typu vzduchové náplně, doby provozu a úrovně kontaminace pro návrh standardu bezpečného provozu filtrační náplně vzhledem k její účinnosti. Případné zvýšení účinnosti filtrační náplně impregnací vrstvou nanočástic kovů (různých velikostí a vlastností). Testování v reálném prostředí.

Klíčová slova: nanočástice stříbra; kontaminace; filtrace vzduchu; biologické hodnocení; biologické riziko

Summary

The paper summarized leaching procedure of filter materials used in air filters, indicators selection and evaluation of contamination. Into account there have been taken air filter materials, time of running and contamination levels for standard proposal of safe operation of filter refills. Appropriate increasing of air filter filling efficiency by metal nanoparticles impregnation (different size and property) and testing procedure in environment are shown.

Keywords: silver nanoparticles; contamination; air filtration; biological evaluation; biological risks

Nanotechnologie

Nanotechnologie vychází z předpokladu, že každý povrch má své specifické vlastnosti a prostřednictvím nanovrstev je možné tyto vlastnosti modifikovat. Pokud se aplikuje nanotechnologie do přípravků a materiálů, prodlouží se jejich životnost a usnadní i údržba. Povrchy materiálů se tak stávají mechanicky i chemicky odolné, snižuje se sací schopnost materiálu a nebo jsou chráněny proti korozi. Ošetřený povrch nedovoluje bakteriím a plísním jejich usazování a plochy jsou tak čisté a hygienicky nezávadné. Při aplikaci zvolených kovových částic se uvažuje oligodynamický efekt, který je vlastností kovů bránit růstu a množení virů, bakterií, řas, mikromycet a parazitů. Nanočástice je útvar, jehož alespoň 1 rozměr leží pod hranicí 100 nanometrů („nano“ je obecně označení pro 10^{-9} . Nanometr je tedy 10^{-9} m, nebo jinak 1 miliontina milimetru.) Množství nanočástic se obvykle udává v ppm (tj. „parts per million“), což znamená, že 1 díl připadá na milion dílů (roztoku, vody, apod.), např. 1 ppm stříbra je tedy 1 mg v jednom kg vody. Současné nanotechnologie využívají různé prvky a sloučeniny, často jsou využívány kovové částice (stříbro, zlato, měď, zinek, titan), které se jako nanočástice aplikují v nanovrstvě na povrch ošetřovaného materiálu, nebo se aplikují ve formě částic rozptýlených v roztoku. Nanočástice kovů, v porovnání s běžnými částicemi kovů, mají větší inhibiční účinek a potenciál na odstranění chemického

a mikrobiálního znečištění. Nanočástice mají zajímavé vlastnosti závislé na jejich velikosti, mají extrémně velkou plochu, která poskytuje lepší kontakt s mikroorganismy. Čím jsou částice menší, tím silnější je jejich katalytická aktivita. Přesto se mnoho studií příliš nezabývá vztahem mezi velikostí nanočástic a jejich působením na eukaryotické buňky.

Nanočástice kovů (stříbra) v denním životě

Účinná biocidní činidla jsou většinou na bázi nanočástic hořčíku, stříbra, oxidu zinečnatého a oxidu titaničitého. Trendem současnosti je používání nanočástic stříbra, které se aplikují v nanovrstvě na povrch ošetřovaného materiálu. Toxicita stříbra je jiná pro jednobuněčné a jiná pro mnohobuněčné organismy, což je dáno specifickým jeho působením, navíc toxicita je neselektivní. Není známa odolnost mikroorganismů vůči kovům stříbra.

Nanočástice stříbra lze použít v **medicině, zdravotní péči, ve farmakologii** na výrobu antibakteriálních látek a dezinfekčních činidel. Nanočástice fungují jako chemické katalyzátory, mají vysoký antivirový a antibakteriální potenciál, v mnoha zemích se nanočástice stříbra používají i při léčbě AIDS ve směsi s oxidem zinečnatým. Materiály s 0,1 % nanočástic stříbra inhibují mnoho patogenních mikroorganismů, jako je *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* apod. Široké uplatnění nanočástic stříbra je díky tomu, že organismy nejsou vůči stříbru rezistentní, ani úprava pH nemá významný vliv na snížení účinnosti eliminovat mikroorganismy, navíc přípravky jsou trvanlivé.

S nanostříbrem se setkáváme v našich **domácnostech**, a to poměrně běžně. Nanostříbro se přidává do komponent, které jsou součástí praček, ledniček, robotických vysavačů a klimatizačních zařízení. Nanostříbro je v dětských hračkách a dudlíkách. Nanostříbro máme v oděvech (funkční prádlo, ponožky), je součástí potravinových dóz na uchovávání potravin, čisticích a pracích prostředků a v neposlední řadě i ochranných obličejových masek.

Nanostříbro se používá v **elektronice**, při instalaci vedení (přípojky v mikroelektronice) a minimalizaci elektronických zařízení a obvodů.

Jako **katalyzátory** se podílejí na značném urychlení reakcí (oxidace ethylenu).

V **biologických studiích** se nanostříbro používá při barvení buněk a nebo při genových analýzách.

Toxických vlastností a inhibičního účinku nanočástic stříbra se využívá pro **likvidaci mikroorganismů ve vodě**.

Nanočástice stříbra se úspěšně přidávají v podobě prášku do barev a materiálů ve **stavebnictví**, čímž se prodlužuje životnost materiálu a často se oddaluje působení koroze. Tento způsob aplikací lze využít i v ochraně památek.

Nanočástice stříbra jsou součástí klimatizačních jednotek, některých HEPA **filtrů**, které jsou určené pro provozy s vysokými nároky na čistotu vzduchu. (Jejich uplatnění je ve zdravotnictví. Původně byly vyvinuty pro případný záchyt nukleární kontaminace, zvířeného azbestu, apod.) Na našem domácím trhu je dostupná **čistička vzduchu**, Avair OXYGEN mini, která je vybavená několikastupňovou filtrací ovzduší, předfiltr obsahuje nanočástice stříbra, doplněná je ionizátorem (viz <http://www.avair.cz/cisticky-vzduchu-avair.php>). Nanočástice jsou součástí filtrů osazených v kabinách **dopravních prostředků** (letadla, auta), známý je US Patent 8172925 (Air filter with antimicrobial nanoparticles, viz <http://www.freepatentsonline.com/8172925.html>).

Účinek nanočástic stříbra na organismy přítomné ve vzduchu

Pracoviště VŠCHT Praha se ve spolupráci s pracovištěm Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i. Praha, podílí na řešení projektu č. DF11P01OVV012, který je zaměřený na *Materiály a technologie pro záchranu a zachování kulturního dědictví Programu NAKI*. Jedním z cílů projektu je vývoj nových materiálů a nanotechnologií, které by byly na bázi biocidních prostředků o zvýšené účinnosti a zároveň byly šetrné k ošetřovanému materiálu i k životnímu prostředí. Pracoviště ÚFCH J. Heyrovského AV ČR, v.v.i. Praha se zaměřuje na přípravu nanočástic kovů (primárně stříbra, dále pak mědi), pracoviště Ústavu technologie vody a prostředí VŠCHT Praha následně zjišťuje účinnost a působení vyvinutých roztoků s nanočásticemi na zkušebních organismech. Jelikož je projekt č. DF11P01OVV012 směřovaný na ochranu stavebních památek před jejich biodeteriorací, jsou prováděny akvatické testy zejména na řasách (chlorokokálních a vláknitých). Dalším stupněm v testování účinnosti nanočástic by měly být logicky další trofické úrovně a více složitější organismy, například mechorosty, lišejníky a plísňe. A právě posledně jmenované organismy se významně uplatňují nejen v biodeterioraci konstrukcí a staveb, ale také tkanin, textilií, papíru apod. Nanočástice vhodně aplikované na povrch tkanin a textilií jsou jednou z možností, jak zamezit působení mikromycet (plísňí) na jejich deterioraci. Aplikace nanočástic stříbra specifikovaných rozměrů jsou i jednou z možností účinnější eliminace mikroorganismů v technologických provozech v proudícím vzduchu přes filtrační náplně (např. v objektech vodojemů), a také možností prodloužení jejich účinnosti a doby provozu.

Možné využití nanočástic kovů ve filtračních náplních

Článek 11.4 normy ČSN 75 5355 Vodojemý specifikuje vhodné filtrační zařízení, které se skládá ze šesti filtračních segmentů (bariér) a četnost výměny filtračních vložek se doporučuje upravit dle provozních podmínek objektu vodojemu. V odůvodněných případech, v blízkosti průmyslových aglomerací, nebo větší dopravní zátěže, kde je možnost zvýšeného přísunu částic vzduchem do objektu vodojemu, lze přistoupit i k přísnějšímu omezení vstupujícího větracího vzduchu a větrací průduch opatřit další filtrační bariérou (další vrstvou ochranného filtračního materiálu). Například lze zvolit zdvojenou sorpční vložku s náplní aktivního uhlí zachycující pachy, nebo aplikovat nanočástice kovů (stříbra) ve vrstvě na filtrační materiál. Jak se tato skutečnost projeví na účinnosti filtrace vzduchu, je zcela speciální a je potřeba ji při osazování filtračních náplní spolu s jejich provozuschopností, zvážit.

Hodnocení účinnosti filtračních náplní s nanesenými nanočásticemi

Jakým způsobem zjistit, zda je preparát s nanočásticemi účinný v eliminaci mikromycet, aniž by musely být použity čisté kultury a spory mikromycet při testování v laboratoři (riziko a nebezpečí kontaminace, apod.)?

Řešením je testování v reálných podmínkách s krátkou dobou expozice s pomocí zařízení regulující průchod vzduchu textilií. Při řešení projektu NAZV č. 1G58052 byla vypracována metodika odběru vzorků vzduchu (spadů), jejímž principem je přímé nasávání vzduchu přes hodnocený filtrační materiál po dobu maximálně 30 minut. Částice a organismy, pronikající přes filtrační materiál, jsou *in situ* zachycovány na miskách s kultivačním médiem (SBA, Sabouraudův agar) určené pro kultivaci mikromycet. Filtrační materiál se po ukončení filtrace vzduchu uloží do sterilního obalu a následně v laboratoři se metodou výluhu zachycené částice a mikroorganismy analyzují.

Přípravu nanočástic, pomocí Tollensovy metody, o velikosti v rozsahu od 5 nm do 70 nm zajistilo pracoviště Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR, v.v.i. Praha, které je nositelem projektu č. DF11P01OVV012 programu NAKI (viz tabulka 1).

Z geotextilie, používané jako filtrační náplň vzduchových filtrů, byly nastříhány čtverce 30×30 cm, které byly ošetřeny nástřikem preparátů obsahující nanočástice stříbra (popř. mědi) definovaných rozměrů. Nástřik byl proveden pomocí rozprašovače, kterým se na povrch geotextilie ve 3 opakováních aplikoval objem 10 ml. Po každém nástřiku se ponechal preparát do textilie zaschnout.

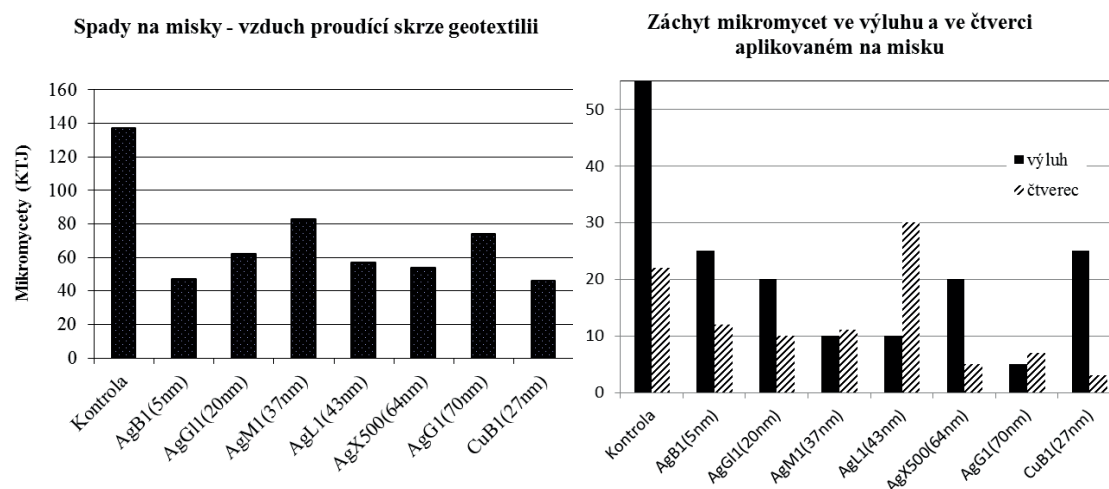
Tabulka 1. Velikosti nanočástic jednotlivých přípravků

Vzorek	CuB1	AgB1	AgG1	AgG1l	AgL1	AgM1	AgX500
Velikost [nm]	27	5	70	20	43	37	64

Geotextilie impregnované zkoušenými preparáty byly, po biologické stránce, hodnoceny třemi způsoby. Zpracovány byly tzv. spady vzduchu, který byl nasáván z reálného prostředí a následně procházel přes impregnovanou (či kontrolní) geotextilii na misky s médiem (exponované po dobu 15 a 30 minut). Druhým typem vzorku byl výluh z geotextilie s cílem zjistit přítomnost a životaschopnost zárodků mikromycet. Třetím vzorkem byl výstřížek textilie aplikovaný přímo na misku s médiem za účelem zjištění nárůstu mikromycet. (Důvodem bylo zjištění účinnosti nanočástic nanesených přímo na filtrační materiál, použit byl čtverec o ploše 25 cm².)

Mikromycety, které procházely přes kontrolní vzorek geotextilie (bez nástřiku) a byly následně zachyceny na agarovém médiu, měly výrazně větší záchyt a nárůst. Na jednotlivých agarových miskách byly vykultivovány následující taxony: kontrola (*Alternaria*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*), CuB1 (*Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*), AgB1 (*Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*), AgG1 (*Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*), AgG1l (*Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*), AgL1 (*Fusarium*, *Penicillium*, *Rhodotorula*), AgM1 (*Alternaria*, *Fusarium*), AgX500 (*Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*).

V literatuře často uváděná informace o zvyšující se účinnosti nanočástice s její snižující se velikostí nebyla našim testováním dostatečně potvrzena. Trend nárůstu plísní byl zjištěn pouze u vzorků spadů vzduchu proudícího přes geotextilii na misku u přípravků s velikostí nanočástic od 5 nm do 37 nm (viz obr. 1).



Obr. 1. Počty KTJ mikromycet vykultivovaných ze spadů (vlevo). Porovnání výsledků vykultivovaných kolonií mikromycet z výluhu a ze čtverce aplikovaného přímo na médium (vpravo).

V porovnání s kontrolním vzorkem, tj. geotextilií bez povrchové úpravy nástřikem, byly všechny aplikované přípravky s nanočásticemi účinné. Prokazatelnou účinnost eliminace mikromycet, u typu vzorku čtverce aplikovaného na agarové SBA médium, vykazoval přípravek AgX500 s velikostí nanočástic stříbra 64 nm a AgG1 s velikostí nanočástic stříbra 70 nm. Měď měla, pro zajímavost, u tohoto typu vzorku nejvyšší inhibiční účinek. U typu vzorku výluhu z geotextilie byla zaznamenána vysoká účinnost u AgG1 s velikostí nanočástic stříbra 70 nm, dále pak u AgL1 (43 nm) a AgM1 (37 nm).

Z výsledků lze usoudit, že pro případnou eliminaci mikromycet by byla vhodná kombinace velikostního spektra nanočástic, než se zaměřit pouze na jednu velikost nanočástice, jak např. uvádí některé literární zdroje a studie prováděné většinou na bakteriích.

Prvotní zjištěné výsledky biologických rozborů vedou k několika spekulacím a možným zamyšlením.

Lze předpokládat, že se nanočástice uvolňují z geotextilie a působí inhibičně i v roztoku, proto byla kultivace výluhu materiálu z geotextilie prováděna v několika opakováních (1 a 10 ml). Geotextilie opatřené nástřikem zřejmě působí inhibičně na mikroorganismy vyskytující se v proudícím vzduchu. Nutné je zvážit i fakt, že nanosená vrstva nanočástic je, do určité míry, další bariérou, kterou musí nasávaný vzduch spolu s částicemi a organismy překonat. Dalším předpokladem je možnost navázání se nanočástice na procházející partikule a mikroorganismy, možnost inhibovat je a znemožnit jejich kultivaci na agarovém médiu. Je samozřejmě možné, že jsou částice i organismy přítomné, ale ne v tzv. kultivovatelném stavu (přítomnost nebyla mikroskopicky potvrzena). Další spekulací je účinnost nanočástic v aplikované vrstvě, jak dokládají např. výsledky z výluhů nebo na médium přímo aplikovaný výstřížek geotextilie.

Závěry a diskuse

Naše pracoviště se zabývá pouze **zjištěním účinku nanočástic** na vybrané zkušební mikroorganismy, nikoliv technologií aplikace nanočástic na povrch materiálu nebo přímo do materiálu. Uvedené výsledky se týkají zjištění účinku laboratorně připravených nanočástic, následně aplikovaných nástřikem na geotextilii (hedvábí, tkanina) v laboratoři (nikoliv speciální technologií a postupem nanášení). Smyslem prováděných zkoušek je možné využití nástřiků pro případnou ochranu tkanin před biodeteriací. Jednou z dalších možností, v případě vyřešení vhodné technologie aplikace nanočástic na povrch materiálu, jsou filtrační náplně vzduchových filtrů v provozech, zjm. pak ve vodojemech, čerpacích stanicích, úpravnách vody atd. Do testování byly zahrnuty všechny laboratorně připravené roztoky s nanočásticemi, které byly dosud pro potřeby projektu připraveny. V testování dalších typů roztoků s nanočásticemi budeme samozřejmě pokračovat.

Nanomateriály mají preference v technologiích, jejich používání je tzv. „in“, nicméně je potřeba zvážit i daň, kterou s sebou jejich časté používání v běžném životě nese. Nanomateriály se dostávají vymýváním do prostředí, ovlivňují ekosystémy a jsou v budoucnu i potenciálním rizikem pro člověka, stejně jako je tomu v případě pesticidů, farmak, disruptorů. Nevhodným a bezhlavým používáním nanočástic může vést k zásadnímu ovlivnění biocenóz, které se projevuje už na čistírnách odpadních vod.

V zahraničí se v současné době významně zabývají vhodnou technologií aplikace nanočástic na povrch materiálů, zajištění stability a zabránění jejich případnému uvolňování a vymývání do prostředí. Není opravdu jednoduché zajistit, aby byly nanočástice aplikované na povrch materiálu fixně a natrvalo.

Pokud jde o technologii nanášení nanočástic na materiály, nebo přímé využívání ošetřených materiálů ve vzduchotechnice, filtračních a klimatizačních zařízení, jsou zajímavé prvotní výsledky studie testů na myších, které byly vystavené nanočásticím stříbra. U vzorku testovaných myší se projevilo malé zanícení plic a při subakutním vystavení byl pozorován cytotoxický účinek. Jestli případně nedochází k přesunu toxického účinku i na další orgány, nebylo z uspořádání testu zjištěno, protože pro zjištění chronického účinku je potřeba zvolit vyšší zátěž plicních laloků a delší doba vystavení stříbru. Právě tyto výsledky budou nepochybně důležité pro bezpečnost obsluhy, která bude provádět aplikace nanočástic na materiály například formou nástřiku.

Poděkování: Publikace byla vytvořena v rámci projektu č. DF11P01OVV012 programu NAKI.

Použitá literatura

- Adámková P., Říhová Ambrožová J. 2012: Biocidní účinnost prostředků na bázi nanočástic stříbra. Zpravodaj STOP, svazek 14, No. 3 (2012), 29-37, ISSN 1212-4168
- Adámková, P., Říhová Ambrožová J., Škopová, V. Budoucnost a perspektiva využití nanočástic stříbra v technologiích úpravy a čištění vod. Vodovod.info - vodárenský informační portál[online]. 8.11.2013, 11/2013, [cit. 2013-11-08]. Dostupný z WWW: <<http://vodovod.info>>. ISSN 1804-7157.
- Adámková P., Říhová Ambrožová, J., 2013: Inhibiční účinek nanočástic kovů na kulturu řas. Sbor. konf. *Vodárenská biologie 2013*, Praha 6.-7.2. 2013, s. 106-111, ISBN 978-80-86832-70-8
- Adámková P., Říhová Ambrožová J., Škopová V., 2013 Mikrobiální znečištění a jeho eliminace pomocí nanočástic kovů.: Zborník přednášok z XV. konferencie s medzinárodnou účasťou, *Pitná Voda 2013*, Trenčianské Teplice, 8. - 10. 10. 2013, s. 135 - 142, ISBN 978-80-971272-1-3
- ČSN 75 5355 (87610) Vodojemy. Vydal Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2011, 20 str.
- Panyala, N.R., Peña-Méndez, E.M., Havel, J., 2008. Silver or silver nanoparticles: a hazardous threat to the environment and human health?, *Journal of applied biomedicine*, roč. 6, č. 3, 117-129
- Stebounova et al. 2011. Nanosilver induces minimal lung toxicity or inflammation in a subacute murine inhalation model, *Particle and Fibre Toxicology* 2011, 8:5,<http://www.particleandfibretoxicology.com/content/8/1/5>
- Říhová Ambrožová J., Hubáčková J., Čiháková I. 2008. Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů. *Technické doporučení* (I-D-48), Hydroprojekt CZ, a.s.: 60 s., AA 4,8.
- Říhová Ambrožová J., 2009. Zajištění zdravotně nezávadné a bezpečné pitné vody v distribuční síti. *Chemické Listy* 103 (12), 1041-1046, ISSN 0009-2770.
- Říhová Ambrožová J., Hubáčková J., Čiháková I. 2009. Possible negative consequences of the secondary air contamination on the quality of accumulated drinking water.- *Acta Facultatis Ecologiae*, Vol. 19, 11-20, Zvolen (2009), ISSN 1336-300X
- Říhová Ambrožová J., Říha J. 2008. Provozně odzkoušené filtrační jednotky – řešení eliminace sekundární kontaminace vzduchem. *SOVAK*, roč.17, č.9/2008, s. 14-17.
- Říhová Ambrožová J., Říha J., Hubáčková J., Čiháková I. 2010. Risk Analysis for Accumulation of Drinking Water. *Czech J. Food Sci.* Vol. 28, 2010, N. 6: 557-563, ISSN 1212-1800
- Říhová Ambrožová J., Říha J., Martínek R. 2011. Kapacita filtračních náplní vzduchových filtrů. Sbor. konf. *Pitná voda 2011*, Trenčianske Teplice 4.-6.10.2011, XV. ročník, 83-90, ISBN 978-80-969974-5-9
- Říhová Ambrožová, J., Říha J., Adámková P., Škopová V., Karásková M., Kubáč L., Lev J., Palčík J., 2013: Perspektivní využití fotokatalyticky aktivních nátěrů a nanotechnologií k ošetření povrchů v provozu úpraven vody- *SOVAK* roč.22, č.10, 7/315-11/319, ISSN 1210-3039

Oprava vodárenské nádrže Stanovnice a její dopad na úpravnu vody Karolinka

Ing. Michal Korabík, Milan Jurenka

Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s.,
Jasenická 1106, 755 11 Vsetín, vakvs@vakvs.cz

1. Úvod

Příspěvek se zabývá problematikou unikátní opravy vodárenské nádrže Stanovnice a vlivu této opravy na úpravnu vody Karolinka.

Obr. 1: VN Stanovnice v Karolince



2. Problematika

Přehrada Stanovnice (Povodí Moravy s.p.) byla vybudována pro zásobování Vsetínska a okolí kvalitní vodou a nachází se na severních svazích Javorníků, v údolí říčky Stanovnice. Postavili ji v roce 1985 na jednom z nejlepších a nejčistších přítoků v povodí řeky Moravy. Zajišťuje dodávku surové vody v průměrném množství 150 litrů za sekundu pro úpravnu vody Karolinka (společnost Vodovody a kanalizace Vsetín a.s.). Hráz je 35,5 metru nad terénem, v koruně má délku 391,5 metru a nádrž o objemu 7,65 milionu krychlových metrů zatopila plochu 51 hektarů. Výpustné a odběrné zařízení je umístěno v kruhové odběrné věži, která je přístupná pouze štolou v hrázi a umožňuje odběr vody pro vodárnu ze tří výškových úrovní v nádrži.

3. Informace o rekonstrukci

- VD Karolinka – rekonstrukce hráze
- *Investor:* Povodí Moravy, s.p.
- *Cena díla:* 94,5 miliónu Kč
- *Zahájení výstavby:* 10/2012
- *Ukončení výstavby:* 10/2013

Stavbu na Karolince, která se týkala hráze a odpadní štol, připravil správce přehrady na základě zhodnocení stavu hráze a provedených průzkumů. Průzkum prokázal nekázeň zhotovitele při výstavbě díla, což přineslo zvýšené průsaky tělesem hráze a ohrozilo její stabilitu. Přes 10 let byla voda v nádrži držena při snížené hladině.

Rekonstrukce zahrnovala kompletní rekonstrukci mezipatra odpadní štoly a kolenového vtoku do odpadní štoly, dále provedení těsnicí clony zemní hráze i rekonstrukci koruny hráze včetně vozovky. Vypracovaná projektová dokumentace počítala se zajištěním současných standardů, tedy bezpečné převedení kontrolní povodňové vlny.

Pro zvýšení bezpečnosti díla byly zajištěny některé základní kroky, například drenážní systém na vzdušném líci hráze. Kvůli rekonstrukci pak vodohospodáři snížili hladinu asi o 8,5 metru oproti současnému stavu.

Hlavním cílem stavebních prací bylo zamezení průsaků přes těleso hráze provedením nového těsnicího jádra proměnné hloubky až do 19,3 metru a o šířce 0,6 metru z cementobentonitové samotvrdnoucí suspenze. Dle požadavků objednatele byla těsnicí clona provedena jako kopaná a v místech navázání nad injekční štolou tryskovou injektáží. Vše završeno vybudováním nových pozorovacích vrtů a automatického monitoringu, který nyní přenáší data on-line z Karolinky na centrální dispečink státního podniku Povodí Moravy.

Šlo o unikátní opravu přehradní nádrže s opravou těsnicího jádra.

Obr. 2: Oprava nádrže-těsnicí jádro



4. Ovlivnění odběru surové vody a úprava vody

Snížená hladina v přehradě způsobovala hlavně problémy v jakosti. Při nižším objemu se voda prohřívala a při jarním tání a podzimním míchání se vyskytly problémy s mikrobiologickým oživením. V samotném průběhu rekonstrukce pak nastaly problémy s přítokem vody do ÚV, takže vodu z přehrady jsme museli čerpat a tím vznikly vícenáklady na elektrickou energii. Dále pak bylo nutno zvýšit objem chemikálií nutných na úpravu, zejména pak dávky síranu hlinitého pro koagulaci, zvýšená četnost praní filtrů (technologická voda - souvislost se zvýšeným výskytem řas *Stichococcus sp.* A centrických rozsivek *Cyclotella*) jak pískových tak GAU filtrů. Zvýšil se náklad na dezinfekci pitné vody. Zvýšené náklady roku 2012 oproti roku 2011 byly cca 900 000 Kč a v roce 2013 oproti roku 2011 cca 800 000 Kč. Jedná se o nezanedbatelné náklady na úpravu vody.

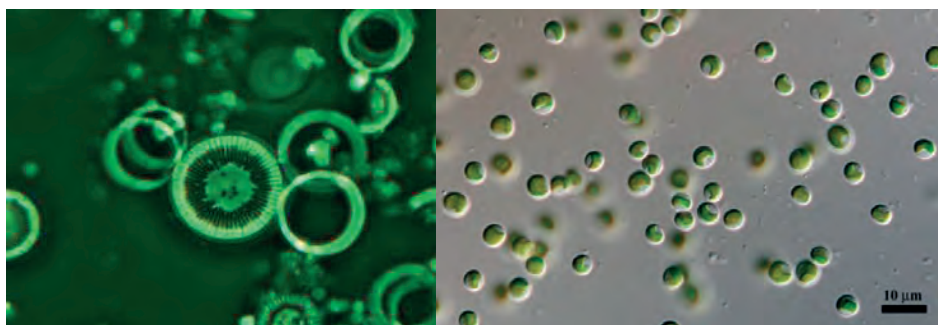
Tab. 1: Výšky hladin v přehradě v průběhu roku 2013

Měsíc	1 den v měsíci	15 den v měsíci	poslední den v měsíci
Leden	514,95	514,95	515,00
Únor	514,91	514,13	513,85
Březen	513,89	513,97	513,96
Duben	513,98	513,48	513,31
Květen	513,31	512,94	510,71
Červen	510,71	510,06	509,96
Červenec	509,96	509,71	509,07
Srpen	509,03	508,48	507,93
Září	507,89	507,94	508,86
Říjen	508,85	508,52	508,31
Listopad	508,28	508,43	508,57
Prosinec	508,59	509,67	511,55

5. Kvalita vody

Voda z vodního díla patří mezi nejkvalitnější v povodí Moravy. Stanovnice v Karolince je vodárenská horská nádrž a postavili ji v roce 1985 na jednom z nejlepších a nejčistších přítoků, které se v povodí Moravy nachází. Stanovnice pramení přímo na úbočí Javorníků a natéká do hluboké nádrže, kde se zdržuje dlouhou dobu a voda se zde neprohřívá. V povodí nejsou téměř žádné vesnice, které by do přítoků produkovaly znečištění či nadbytečné živiny, vyskytuje se zde vlastně pouze roztroušená zástavba. V místě samém pak není téměř žádný průmysl a velké zemědělské podniky zde nejsou. To co zhoršovalo (nárůst sinic) kvalitu surové vody byla právě trvale snížená hladina a prohřívání a pomnožení mikroorganismů v přehradě. V surové vodě bylo až 6-7000 jedinci/ml. V průběhu rekonstrukce došlo pouze k jednomu případu možné zhoršené kvality vody a to když se na hladině u hráze objevil velký kalový mrak šířící se směrem k odběrné věži, laboratorní rozbory však zhoršení kvality vody neprokázaly (spekulace o vytlačení těsnící suspenze skrz hráz až do vody). Jinak průhlednost, změny chemismu, koncentrace chlorofylu a složení biomasy fytoplanktonu nebyly výrazně zhoršeny. Dřívější výskyt sinic v epilimniu je možno vysvětlit výrazně teplejším a sušším létem (4).

Obr. 2: Centrická rozsivka *Cyclotella costei* (4) a *Stichococcus* sp.[5]



6. Závěr

Na opravu vodárenské nádrže se čekalo řadu let. Povodí Moravy s.p. dokázalo zajistit prostředky na tuto rekonstrukci a po dlouhých letech odkladů se podařilo vodárenskou nádrž opravit. Rekonstrukce byla provedena v období 11/2012-10/2013 v ceně 94,5 mil Kč za finanční pomoci Ministerstva zemědělství. Zvýšené náklady naší společnosti byly v nutnosti čerpání surové vody na úpravnu vody, dále ve spotřebě chemikálií, zvýšených technologických krocích jako je praní filtrů a dezinfekci. Konečně je však vše vyřešeno a přehrada může být po tak dlouhé době opět naplněna a tím nesnižována kvalita surové vody. Slavnostní ukončení této rekonstrukce se slavnostním přestřižením pásy bylo 13.11.2013. Od té doby je přehrada plněna a probíhá zkušební provoz. Po určitou dobu bylo nutno ještě vodu z nádrže do ÚV čerpat dokud nedosáhla hladina kóty 509,65 dne 13.12.2013 a voda začala přitékat na ÚV v dostatečném množství gravitačně. Na úpravu vody tedy není nutných dalších zvýšených nákladů.

8. Použitá literatura

- [1] <http://www.vakvs.cz/>
- [2] Rekonstrukce vodní nádrže v Karolince, Informační leták, Eurovia CS a.s., Povodí Moravy s.p. 2013.
- [3] Korabík, Orság: Historie vodárenské nádrže Stanovnice a úpravny vody Karolinka: Soustava a Fenomém II, Voda Zlín 2009.
- [4] Geriš, Kosour: Vliv snížení hladiny na kvalitu vody v nádrži Karolinka, Vodárenská biologie 2013.
- [5] http://ccala.butbn.cas.cz/col_images/809.jpg

Porovnanie účinnosti modifikovaných zeolitov z rôznych lokalít v úprave vody

Ing. Danka Barloková, PhD.; doc. Ing. Ján Ilavský, PhD.

Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU,
Radlinského 11, 813 68 Bratislava, danka.barloкова@stuba.sk, jan.ilavsky@stuba.sk

Abstrakt:

V príspevku sú porovnávané výsledky odstraňovania železa a mangánu z podzemnej vody v ÚV Kúty kontaktnou filtráciou použitím filtračných materiálov Klinopur Mn (zeolit z lokality Nižný Hrabovec) a Klinomangán (zeolit z lokality Rátka v Maďarsku), pre rôznu kvalitu surovej vody (2 odberné miesta).

ÚVOD

Experimenty uskutočnené v úpravni vody Kúty sú pokračovaním prác urobených v predchádzajúcich rokoch, kedy sme porovnávali rôzne materiály dovážané zo zahraničia vyvinuté pre kontaktnú filtráciu na odstraňovanie železa a mangánu z vody - Greensand, Birm, Culsorb M, Everzit Mn a MTM s domácim materiálom – upraveným zeolitom – Klinopur Mn [1-5].

V úpravni vody je upravovaná podzemná voda, ktorá nevyhovuje požiadavkám Nariadenia vlády č.496/2010 Z.z. v obsahu železa, mangánu, amónnych iónov a agresívneho oxidu uhličitého. Z úpravne je voda distribuovaná do vodovodnej siete Senického skupinového vodovodu.

Cieľom práce bolo na základe poloprevádzkových skúšok porovnať účinnosť zeolitov z dvoch lokalít pri odstraňovaní železa a mangánu z vody v ÚV Kúty.

ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI POUŽITÝCH MATERIÁLOV

Klinopur-Mn - aktivovaný zeolit – klinoptilolit je vyrábaný na Slovensku. Na zrnách klinoptilolitu je priemyselne vytvorená vrstvička z oxidov mangánu, ktorá umožňuje tento materiál používať pri kontaktnej filtrácii. Tento filtračný materiál je opäť súčasťou výrobného programu Zeocem Bystré. Na základe doterajších experimentov (poloprevádzkových skúšok) uskutočnených pracovníkmi Katedry zdravotného a environmentálneho inžinierstva na Stavebnej fakulte STU v Bratislave možno konštatovať, že povrch klinoptilolitu aktivovaný oxidmi mangánu je svojimi vlastnosťami porovnateľný so zahraničnými materiálmi a je vhodný pri odstraňovaní Fe a Mn z vody.

Klinoptilolit $(\text{Na,K})^{6+}(\text{Al}_6\text{Si}_3\text{O}_{72})\cdot 20\text{H}_2\text{O}$ je jeden z najviac používaných prírodných zeolitov, v súčasnosti sa využíva aj pri úprave vody. Dostatočná mechanická pevnosť, chemická stálosť i hodnoty oteru, ktoré ho síce zaraďujú medzi mäkké filtračné materiály, dovoľujú využiť klinoptilolit ako filtračný materiál. (naša práca)

Klinomangán – priemyselne aktivovaný zeolit - $(\text{K,Na,Mn})^{6+}[(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30}]\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ z ložiska Rátka v Maďarsku. Povrchová vrstvička z oxidov mangánu rovnako ako v prípade Klinopuru-Mn umožňuje použiť tento materiál v kontaktnej filtrácii na odstraňovanie železa a mangánu z vody. V závislosti od kvality upravovanej vody je

potrebné po určitom filtračnom čase náplň regenerovať roztokom manganistanu draselného alebo sodného.

V **tab. 1** je uvedený obsah základných minerálov tvoriacich klinoptilolit z ložiska Nižný Hrabovec a klinoptilolit z ložiska Rátka v Maďarsku. V **tab. 2** je chemické zloženie klinoptilolitu z ložiska Nižný Hrabovec a klinoptilolitu z ložiska Rátka. V **tab. 3** je uvedená zrnitosť a hustota použitých materiálov v úpravni vody Kúty.

Tabuľka 1 Mineralogické zloženie zeolitu z ložiska Nižný Hrabovec a z ložiska Rátka

	Klinoptilolit - Nižný Hrabovec	Klinoptilolit - Rátka
Minerál	Obsah [%]	Obsah [%]
Klinoptilolit	84	55
Cristobalit	8	15
Živec	3-4	10
Ilit	4	
Montmorillonit		10

Tabuľka 2 Chemické zloženie zeolitu z ložiska Nižný Hrabovec a z ložiska Rátka

Materiál	Obsah [%]							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	TiO ₂
Klinoptilolit – Nižný Hrabovec, Slovensko	66,4	12,2	3,33	3,04	1,45	0,56	0,29	0,15
Klinoptilolit – Rátka Maďarsko	72,15	12,86	3,72	1,84	1,22	0,53	0,26	0,10

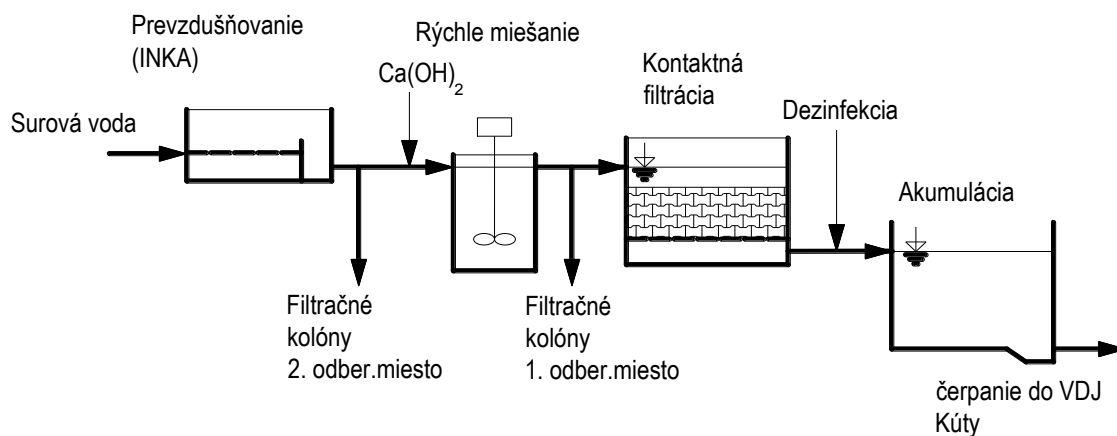
Tabuľka 3 Zrnitosť a sypná hmotnosť v suchom stave sledovaných materiálov

Materiál	Klinopur-Mn	Klinomangán
Zrnitosť [mm]	0,6 – 1,6	0,5 – 1,2
Sypná hmotnosť [g.cm ⁻³]	0,84	1,04

EXPERIMENTÁLNE MERANIA V ÚPRAVNI VODY KÚTY

Cieľom poloprevádzkových skúšok v ÚV Kúty bolo porovnanie dvoch materiálov - chemicky modifikovaného prírodného zeolitu (Klinopur-Mn) s chemicky upraveným zeolitom - Klinomangán z Maďarska pri odstraňovaní železa a mangánu z vody.

V 1. časti experimentu (1. odberné miesto) bola do filtračného zariadenia privedená podzemná voda po prevzdušnení a prídavku vápna, t.j. za zariadením na rýchle miešanie, čím boli dodržané optimálne podmienky – zvýšený obsah kyslíka a pH nad 8, v 2. časti experimentu (2. odberné miesto) voda za prevzdušňovacím zariadením INKA, t.j. bez úpravy pH, surová voda prechádzala filtračným zariadením, čo znamená, že odstraňovanie Fe²⁺ a Mn²⁺ iónov prebiehalo priamo v náplni filtračných kolón. Umiestnenie filtračných kolón a schéma technologickej linky ÚV Kúty je na **obr. 1**.



Obr. 1 Schéma ÚV Kúty a umiestnenie filtračných kolón

Počas experimentov bola sledovaná kvalita surovej a upravenej vody na odtoku z jednotlivých filtračných kolón (obsah Fe a Mn, obsah kyslíka, pH). Zároveň bol sledovaný prietok vody na odtoku z každej kolóny. Surová voda prechádzala cez filtračné kolóny v smere zhora nadol. Pri praní sa používala upravená voda bez obsahu Fe a Mn.

Na overenie účinnosti eliminácie železa a mangánu z podzemnej vody v lokalite Kúty boli použité dve filtračné kolóny zo skla naplnené Klinomangánom a Klinopurom-Mn, priemer kolóny bol 5,0 cm a výška kolóny 2 m, plocha kolóny 19,635 cm², výška filtračného média 110,0 cm.

V **tab. 4** sú uvedené hodnoty sledovaných parametrov v priebehu experimentálnych meraní.

Tabuľka 4 Hodnoty sledovaných parametrov počas experimentov

Parameter	odberné miesto č.1	odberné miesto č.2
Fe [mg.l ⁻¹]	2,28 – 5,72	1,04 – 5,96
Mn [mg.l ⁻¹]	0,256 – 1,068	1,054 – 1,412
pH	8,26 – 8,68	6,81 – 6,95
O ₂ [%]	56 – 58	62 – 65

VÝSLEDKY

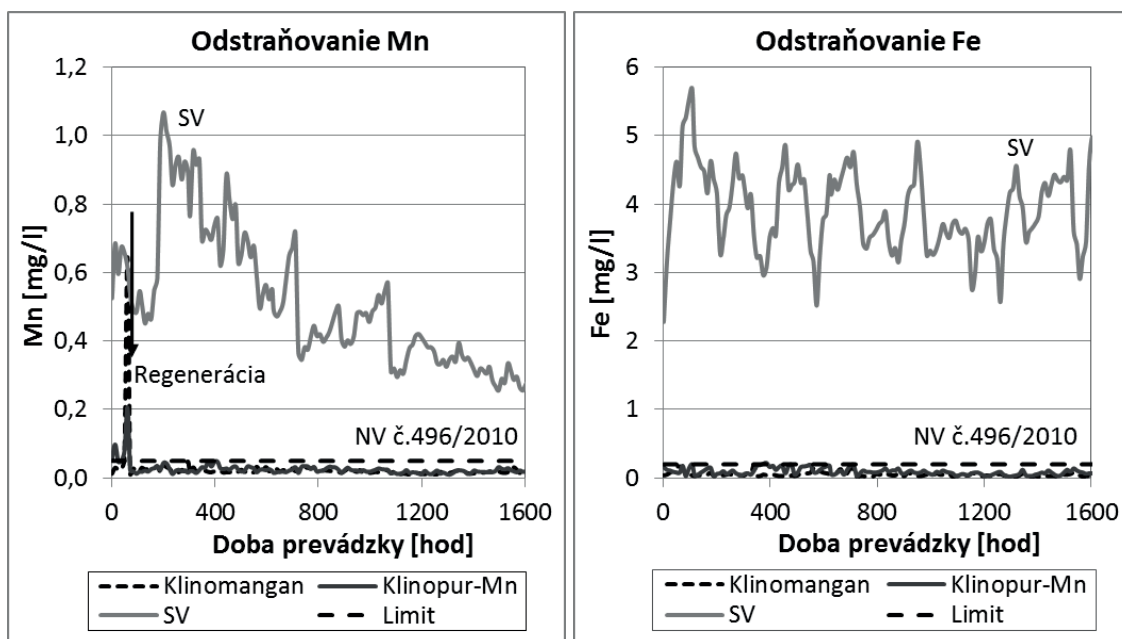
Experiment č. 1

Počas trvania modelových skúšok boli priemerné koncentrácie mangánu a železa vo vode 0,506 mg.l⁻¹ a 3,92 mg.l⁻¹. Podmienky filtrácie (priemerné hodnoty) sú uvedené v **tab. 5**.

Výsledky odstraňovania mangánu a železa pre **surovú vodu po prevzdušení a alkalizácii** najlepšie dokumentujú **obr. 2** a **3**, na ktorých sú porovnané priebehy koncentrácie mangánu a železa v surovej vode (SV) a hodnoty namerané po prechode cez sledované filtračné materiály v závislosti od doby prevádzky (hod), na obrázkoch je zároveň ukázaná limitná hodnota mangánu (0,05 mg.l⁻¹), resp. železa (0,2 mg.l⁻¹) v pitnej vode daná NV č.496/2010 Zb.z. Materiály boli pred spustením experimentu regenerované roztokom KMnO₄.

Tabuľka 5 Podmienky filtrácie pre surovú vodu po prevzdušnení a alkalizácii

Parameter	Klinomangán	Klinopur-Mn
Zrnitosť [mm]	0,5 – 1,2	0,6 – 1,6
Výška filtračnej náplne [cm]	110	110
Priem. prietok kolónou [ml.min ⁻¹]	155,07	168,95
Priem. filtračná rýchlosť [m.hod ⁻¹]	4,74	5,16
Celkový čas filtrácie [hod]	1644	1644
Priemerný čas zdržania v kolóne [min]	13,93	12,78



Obr. 2 a 3 Pribeh koncentrácie Mn a Fe v surovej a upravenej vode

Pri dodržaní optimálnych podmienok pre kontaktnú filtráciu (hodnota pH 8,26 až 8,68; obsah O₂ 56-58%) materiály Klinopur-Mn a Klinomangán dosahovali vysokú účinnosť odstraňovania mangánu z vody (obr. 2), po regenerácii na začiatku experimentu (po 60,5 hodinách prevádzky modelového zariadenia) neprekročili hodnoty Mn v upravenej vode limitnú hodnotu 0,05 mg.l⁻¹ ani po 1644 hodinách prevádzky filtračného zariadenia. Filtračné náplne boli prané (raz za 4 dni) spätným prúdom vody, bez ďalšej regenerácie s KMnO₄.

Pri odstraňovaní železa z vody (obr. 3) sa hodnota železa v surovej vode menila podľa toho, z ktorej studne bola voda čerpaná.

Použitím materiálov Klinopur-Mn a Klinomangán boli v upravenej vode stanovené nižšie koncentrácie ako je limit 0,20 mg.l⁻¹.

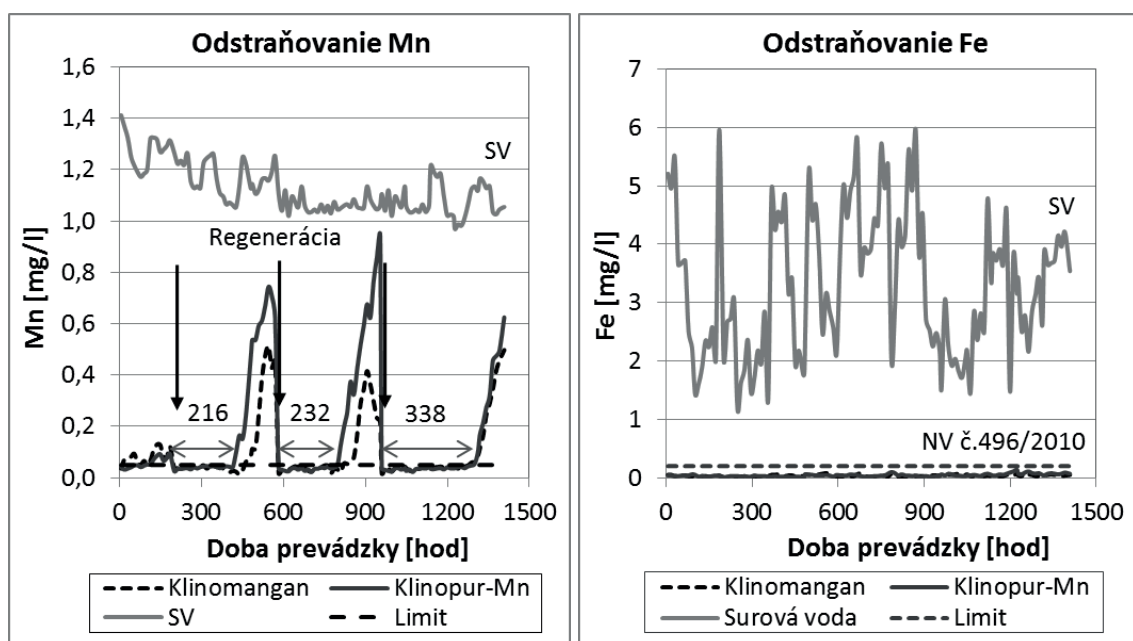
Experiment č. 2

Počas trvania modelových skúšok boli priemerné koncentrácie mangánu a železa vo vode 1,124 mg.l⁻¹ a 3,28 mg.l⁻¹. Podmienky filtrácie (priemerné hodnoty) sú uvedené v **tab. 6**.

Tabuľka 6 Podmienky filtrácie pre surovú vodu po prevzdušnení

Parameter	Klinomangan	Klinopur-Mn
Zrornosť [mm]	0,5 – 1,2	0,6 – 1,6
Výška filtračnej náplne [cm]	110	110
Priem. prietok kolónou [ml.min ⁻¹]	150,64	155,94
Priem. filtračná rýchlosť [m.hod ⁻¹]	4,60	4,76
Celkový čas filtrácie [hod]	1408	1408
Priemerný čas zdržania v kolóne [min]	14,34	13,85

Výsledky odstraňovania mangánu a železa pre **surovú vodu po prevzdušnení** najlepšie dokumentujú **obr. 4 a 5**, na ktorých sú porovnané priebehy koncentrácie mangánu a železa v surovej vode (SV) a hodnoty namerané po prechode cez sledované filtračné materiály.



Obr. 4 a 5 Priebeh koncentrácie Mn a Fe v surovej a upravenej vode

Vplyvom zmeny kvality surovej vody (hodnota pH 6,81-6,95; obsah kyslíka 62-65%, koncentrácia Mn a Fe na vstupe do kolón) účinnosť odstraňovania mangánu z vody pre sledované filtračné materiály Klinopur-Mn a Klinomangan sa znížila (obr. 7), hlavne v prvom filtračnom cykle, z tohto dôvodu bola urobená regenerácia s KMnO_4 po 194 hodinách prevádzky filtračných kolón. Po regenerácii s KMnO_4 v 2. filtračnom cykle obidva materiály vyhovovali norme pre pitnú vodu ($0,05 \text{ mg.l}^{-1}$), v prípade Klinopuru-Mn 216 hodín, v prípade Klinomanganu 268 hodín prevádzky. V ďalšom filtračnom cykle to bolo pre Klinopur-Mn 232 hodín a pre Klinomangan 280 hodín. Vo 4. filtračnom cykle bola účinnosť odstraňovania Mn z vody do prekročenia limitnej hodnoty pre obidva materiály 338 hodín, dá sa očakávať, že po „zapracovaní“ filtrov sa dĺžka filtračných cyklov (účinnosť odstraňovania Mn) bude predlžovať. To znamená, že aj priemyselne aktivovaný klinoptilolit (Klinopur-Mn, Klinomangan) je potrebné „zapracovať“ priamo na mieste úpravy.

Filtračné náplne boli prané rovnako ako v predchádzajúcom prípade približne raz za 4 dni spätným prúdom upravenej vody. Na regeneráciu filtračných médií bol použitý 2,5% roztok KMnO_4 .

Na **obr. 5** je zobrazený priebeh odstraňovania železa z vody pre 2. odberné miesto. Hodnota železa v surovej vode sa menila podľa toho, ktorá studňa bola použitá na čerpanie. Z **obr. 5** vidieť, že použitím uvedených materiálov boli v upravenej vode stanovené výrazne nižšie koncentrácie železa ako je limit $0,20 \text{ mg.l}^{-1}$ daný NV č. 496/2010 Z.z.

V rámci týchto experimentov boli urobené i Rtg analýzy obidvoch materiálov, z ktorých sme získali aj obsah MnO, Klinopur obsahoval 6,92% a Klinomangán 15,6% MnO.

ZÁVER

Sledované materiály vykazovali rôznu účinnosť odstraňovania mangánu z vody, nakoľko veľkú úlohu zohráva kvalita surovej vody (obsah kyslíka a hodnota pH) a obsah oxidačnej vrstvy MnO_2 na povrchu filtračného materiálu, čo potvrdili i analýzy obsahu MnO. Obsah MnO má vplyv nielen na účinnosť odstraňovania rozpusteného mangánu z vody kontaktnou filtráciou, ale i na potrebu regenerácie náplne v priebehu prevádzky a „zapracovanie“ filtračných materiálov priamo na mieste úpravy.

V prípade odstraňovania železa z vody kvalita surovej vody nie je limitujúcim faktorom, všetky materiály odstraňovali Fe z vody na hodnotu nižšiu ako je limitná hodnota ($0,20 \text{ mg.l}^{-1}$).

Kontaktná filtrácia cez vhodný materiál predstavuje ekonomicky prijateľnú a nenáročnú technológiu na odstraňovanie železa a mangánu z vody. Na Slovensku existuje významné ložisko prírodného zeolitu, ktorý vzhľadom na svoje vlastnosti je porovnateľný s dovážanými filtračnými materiálmi a je možné ho použiť ako filtračný materiál pre tento spôsob úpravy.

PodĎakovanie

Experimentálne merania boli uskutočnené za finančnej podpory projektu VEGA 01/1243/12.

LITERATÚRA

- [1] Barloková D., Ilavský J.: Prírodné zeolity v úprave vody. Vodní hospodařství 57/6, 2007, s. 213-215, ISSN 0862-5549
- [2] Barloková D., Ilavský J.: Odstraňovanie železa a mangánu z malých vodných zdrojov. In: SOVAK 4/2009, str. 13-16. ISSN 1210-3039.
- [3] Barloková D., Ilavský J.: Removal of Iron and Manganese from Water Using Filtration by Natural Materials. Polish J. of Environ. Studies, 19(6), 2010, 1117-1122. ISSN 1230-1485.
- [4] Barloková D., Ilavský J.: Modified Clinoptilolite in the Removal of Iron and Manganese from water. J. of Civil Engineering 2012/3, pp.1-8. ISSN 1210-3896.
- [5] Barloková D., Ilavský J., Molnár, T: Modifikovaný zeolit v odstraňovaní železa a mangánu z vody. In: Voda Zlín 2013, XVII. mezinárodní vodohospodářská konference. Sborník příspěvků. Zlín, ČR, 14.-15.3.2013. - Olomouc : Moravská vodárenská, 2013. - ISBN 978-80-260-3739-2. - p. 77-82.

Technický audit čerpacích stanic pitné vody

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák¹⁾, CSc.; Ing. Miloslav Tauš¹⁾; Ing. Miroslav Marčík²⁾

¹⁾ Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Žižkova 17, Brno, tel.: 541 147 721, tuhovcak.l@fce.vutbr.cz

²⁾ MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a. s.,
Třída T. Bati 383, Zlín-Louky

Abstrakt

Příspěvek představuje metodiku hodnocení technického stavu vodárenských čerpacích stanic. Metodika byla navržena v rámci společné aktivity Vysokého učení technického v Brně a společnosti Moravská vodárenská, a.s. za podpory Inovačního voucheru Zlínského kraje.

1 Úvod

Ústav vodního hospodářství obcí se dlouhodobě věnuje problematice hodnocení technického stavu systémů zásobování pitnou vodou. V současné době je ve vývoji metodika umožňující ohodnocení technického stavu celých vodárenských systémů.

V rámci spolupráce společností Vodovody a kanalizace Zlín, Moravská vodárenská a Ústavu vodního hospodářství obcí byla za podpory Inovačního voucheru Zlínského kraje navržena metodika technického auditu vodárenských čerpacích stanic.

Prezentovaná metodika je součástí komplexního přístupu hodnocení technického stavu vodárenských systémů. Metodika je založena na tzv. technických ukazatelích a faktorech, které byly navrženy na základě poznatků z odborné literatury, odborné zkušenosti a také na základě provozní praxe. Agregací bodového skóre faktorů a ukazatelů dospějeme k celkovému hodnocení čerpací stanice. Jedná se o kategorizační metodu – ukazatele, stavební část objektu, technologická část objektu a čerpací stanice jako celek jsou zařazeny na základě skóre do kategorie, která reprezentuje jejich technický stav a udává příslušnou doporučenou akci.

Navržená metodika byla testována na řadě čerpacích stanic. Prokázala se dobrá schopnost metodiky popsat a prezentovat aktuální technický stav celé čerpací stanice. Tato metodika může být užitečným podkladem pro plánování objektů k obnově a dalším rozhodovacím procesům v oblasti údržby a provozu.

2 Navržená metodika

Problematice hodnocení technického stavu vodovodů se Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně (UVHO) věnuje dlouhodobě, jak dokládají např. publikace [1-4] a dále některé bakalářské a diplomové práce [5, 6].

V současné době probíhá na UVHO vývoj komplexní metodiky technického auditu vodovodních systémů. Ve spolupráci s VaK Zlín a.s. a Moravskou vodárenskou a.s. byla v rámci inovačního voucheru Zlínského kraje zpracována metodika hodnocení technického stavu čerpacích stanic pitné vody (ČS). Metodika je založena na multikriteriálním hodnocení ČS pomocí navržených technických ukazatelů, které využívají historická, environmentální a provozní data a informace o fyzickém stavu ČS zjištěné na místě. Jednotlivým ukazatelům je přiřazena relativní důležitost – váha. Pomocí váhového součtu se provede výpočet skóre, na jehož základě se stanoví výsledná kategorie hodnocení příslušné ČS.

2.1 Navržené ukazatele

Z charakteru objektu vodárenské čerpací stanice vyplývá rozdělení na stavební a technologickou část. Pro každou část byly navrženy technické ukazatele, viz tabulka 1.

Pro stavební část čerpací stanice jsou to ukazatele:

- TS1 Stav stavebního objektu,
- TS2 Stav akumulční nádrže,
- TS3 Prostředí na ČS.

Pro technologickou část čerpací stanice byly navrženy čtyři ukazatele:

- TT1 Stav čerpacích jednotek,
- TT2 Pracovní charakteristiky čerpadel,
- TT3 Stav technologické části (mimo čerpadel), T
- T4 Protirázová ochrana.

Návrh vah jednotlivých ukazatelů na celkovém hodnocení stavební a technologické části a celkovém hodnocení ČS prezentuje Tab.1.

Ukazatel	Váha [-]	
Stavební část ČS		0,35
TS1 Stav stavebního objektu	0,40	
TS2 Stav akumulční nádrže	0,40	
TS3 Prostředí na ČS	0,20	
Technologická část ČS		0,65
TT1 Stav čerpacích jednotek	0,30	
TT2 Pracovní charakteristiky čerpadel	0,25	
TT3 Stav technologické části (mimo čerpadel)	0,25	
T4 Protirázová ochrana	0,20	

Tab. 1 Navržené ukazatele

2.2 Softwarová aplikace

Na základě navržené metodiky hodnocení technického stavu čerpacích stanic byla vytvořena jednoduchá excelovská aplikace umožňující provedení hodnocení ČS dle zpracované metodiky. Po zadání vstupních dat v jednotlivých listech aplikace se automaticky provádí výpočet skóre a stanovení kategorií technického stavu jednotlivých ukazatelů, částí ČS a celé ČS.

3 Testování metodiky

Navržená metodika byla otestována na řadě vodárenských čerpacích stanic provozovaných v České republice. Metodika vyžaduje jak vizuální prohlídku ČS, tak i získání dat z provozu resp. dispečinku. Testování metodiky bylo prováděno ve spolupráci s vybranými vodárenskými společnostmi. Jako příklad uvádíme hodnocení dvou vybraných čerpacích stanic.

3.1 Čerpací stanice č. 1

Tato ČS, vybudovaná roku 1987, je zásobena z hlavního zásobovacího řadu profilu DN 200 a čerpá vodu do vodojemu potrubím profilu DN 250. Čerpané množství je přibližně 17 l/s, dopravní výška přes 200 metrů. Čerpací stanice je po částečné rekonstrukci trubních rozvodů v roce 1997.

Výsledek hodnocení čerpací stanice je prezentován v Tabulce 2. ČS byla na škále K1 až K5 zařazena do kategorie K4, tj. druhé nejhorší kategorie. Při provedené rekonstrukci byla ponechána původní čerpadla. Tato dnes již zastaralá čerpadla s nevhodnými pracovními parametry se negativně projevila na výsledném hodnocení.

3.2 Čerpací stanice č. 2

Tato ČS, vybudovaná roku 1996, je zásobena gravitačním přítokem z vodojemu potrubím profilu DN 100 a čerpá vodu do věžového vodojemu potrubím profilu DN 100. Čerpané množství je přibližně 1,5 l/s, dopravní výška 70 metrů.

Výsledek hodnocení čerpací stanice je prezentován v Tabulce 3. ČS byla zařazena do kategorie K3 (průměr). Hodnocení bylo ovlivněno zejména horším stavem technologické části čerpací stanice.



Obr. 1 Technologická část ČS č. 1



Obr. 2 Technologická část ČS č. 2

Celkové hodnocení ČS		K4
Stav stavební části ČS		K2
TS1 - Stav stavebního objektu	K2	
TS2 - Stav akumulční nádrže	N	
TS3 - Prostředí na ČS	K1	
Stav technologické části ČS		K4
TT1 - Stav čerpacích jednotek	K4	
TT2 - Pracovní charakteristiky čerpadel	K4	
TT3 - Stav technologické části (mimo čerpadla)	K1	
TT4 - Protirázová ochrana	K3	

Tab. 2 Výsledné hodnocení ČS č. 1

Celkové hodnocení ČS		K3
Stav stavební části ČS		K2
TS1 - Stav stavebního objektu		K2
TS2 - Stav akumulární nádrže		K2
TS3 - Prostředí na ČS		K2
Stav technologické části ČS		K3
TT1 - Stav čerpacích jednotek		K3
TT2 - Pracovní charakteristiky čerpadel		K3
TT3 - Stav technologické části (mimo čerpadel)		K3
TT4 - Protirázová ochrana		K3

Tab. 3 Výsledné hodnocení ČS č. 2

Závěr

Vzájemnou spolupráci vysokoškolského pracoviště VUT v Brně a vodárenské společnosti lze považovat za oboustranně výhodnou. Navržená metodika je schopná interpretovat technický stav čerpací stanice, odhalit kritická místa a provozované čerpací stanice v pořadí podle stanoveného technického stavu. Nevýhodou může být zdánlivá náročnost získání a zpracování vstupních dat.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za podpory Inovačního voucheru Zlínského kraje.

Literatura

- [1] TUHOVČÁK, L.; TAUŠ, M. „Hodnocení technického stavu vodovodů“. Sborník příspěvků XVII. mezinárodní vodohospodářská konference VODA ZLÍN 2013, Moravská vodárenská, a.s., Olomouc, 14. 3. 2013, ISBN 978-80-260-3739-2.
- [2] TUHOVČÁK, L. and KUČERA, T., 2011. Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury a tvorba plánů její obnovy. FAST, ÚVHO, Brno.
- [3] TUHOVČÁK, L., KUČERA, T., RUČKA, J., SVOBODA, M. and SVITÁK, Z., 2006. Technical audit of the water distribution network. Water Science & Technology: Water Supply, 6(5), pp. 129-138.
- [4] TUHOVČÁK, L., KUČERA, T., SVOBODA, M. and ŠEBESTA, M., 2007. Technický audit vodárenských distribučních systémů. Voda Zlín 2007: sborník příspěvků konference, pp. 173-179.
- [5] MÍKA, P., 2012. Metodika hodnocení technického stavu vodovodních příváděcích řadů. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí.
- [6] ŠEBESTA, M., 2006. Metodika hodnocení technického stavu vodárenských distribučních systémů. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí.

ÚV Hradec Králové – návrh, dodávka, montáž a zprovoznění drenážního systému Triton

Ing. Jaroslav Boráň, Ph.D.¹⁾; Václav Novotný¹⁾; Ing. Dušan Humený, MBA¹⁾;
Ing. Pavel Adler, CSc.²⁾; Ing. Pavel Král, Ph.D.³⁾

¹⁾ KUNST, spol. s r. o., Palackého 1906, 753 01, Hranice, kunst@kunst.cz

²⁾ VODING Hranice, spol. s r. o., Zborovská 583, 753 01 Hranice, voding@voding.cz

³⁾ Královéhradecká provozní a.s., Víta Nejedlého 893, 500 03 Hradec Králové, pavel.kral@khp.cz

Abstrakt

Příspěvek pojednává o návrhu, dodávce, montáži a zprovoznění drenážního systému TRITON na úpravně vody (ÚV) Hradec Králové. V rámci příspěvku jsou prezentovány návrhové parametry, technická data drenážního systému, průběh montáže, nastavení řídicích algoritmů a uvedení stupně filtrace do provozu.

ÚV Hradec Králové – základní informace

Úpravna vody Hradec Králové byla uvedena do provozu v roce 1963. Zdrojem surové vody je řeka Orlice, přičemž úpravna vody je situována na jejím pravém břehu, v její bezprostřední blízkosti. Původní projektovaný a realizovaný výkon úpravní vody byl 300 l.s⁻¹. V průběhu let jejího provozování výkon úpravní postupně klesal. Po vybudování vodního zdroje Litá a vodárenského soustavy Východní Čechy byl povolený odběr vody z řeky Orlice snížen na 150 l.s⁻¹ a úpravna pitné vody se stala záložním vodárenským zdrojem pro případ sucha na podzemních zdrojích. Na výkon 150 l.s⁻¹ je také prováděna současná rekonstrukce a modernizace úpravní s tím, že do budoucna se spíše počítá s jejím trvalým užíváním.

Surová voda je odebírána odběrným objektem přímo z řeky Orlice a vede se přes dvoje česle (hrubé a jemné) do jímky surové vody, odkud se čerpá do úpravní vody. Parametry surové vody doznávají velkých výkyvů a to zejména s ohledem na biologické a mikrobiologické parametry, teplotu a organické zatížení, přičemž platí, že s narůstající teplotou se kvalita surové vody zhoršuje. Druhým problémem kvality surové vody jsou poměrně časté okalové stavy na řece Orlici.

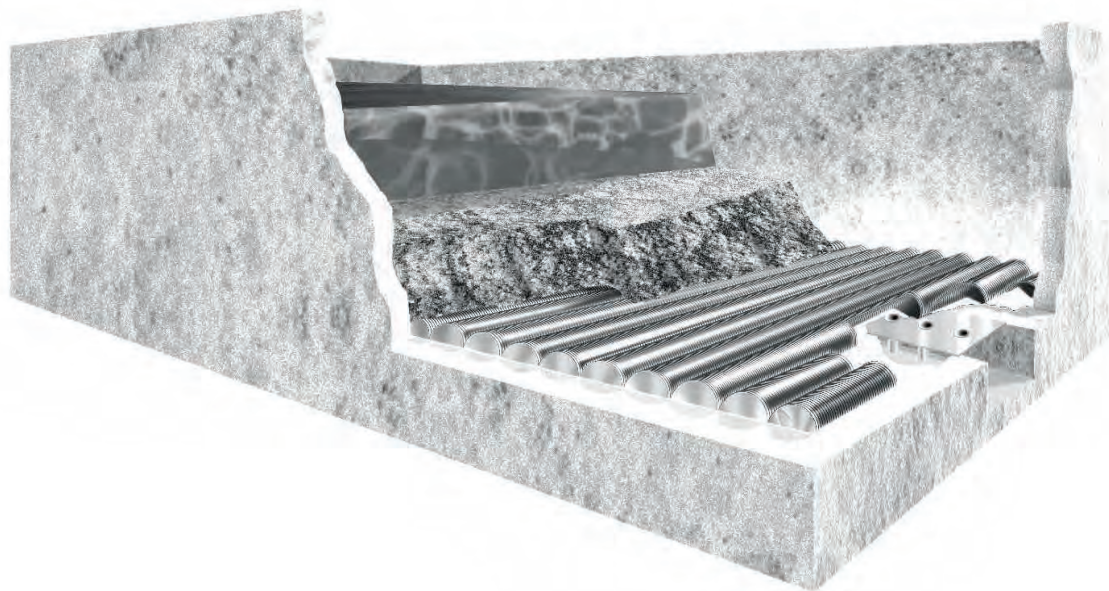
Technologická část ÚV se skládá z předozonizace, dávkování koagulantu, alkalizace, dávkování POF, flokulace, flotace, filtrace, doozonizace, tlakové GAU filtrace a dezinfekce vody plynným Cl₂.

Rekonstrukce ÚV Hradec Králové je realizována sdružením společností KUNST, spol. s r.o. a VCES, a.s., se zahájením prací v 08/2012, plánovaným ukončením prací v 11/2014, přičemž objem prací převyšuje 100 mil. Kč, projektantem je společnost Voding Hranice, spol. s r.o.

Úvod - technická data drenážního systému TRITON

Při úvahách o rekonstrukci provozního souboru filtrace byl investorem zvolen progresivní nerezový drenážní systém TRITONTM, jehož výrobcem je společnost Johnson Screens, Francie (dnes součást skupiny Bilfinger). Systém je charakteristický nízkou stavební výškou, robustní nerezovou konstrukcí, speciální patentovanou technologií použití vinutého V drátu, rovnoměrnou distribucí médií a krátkou dobou montáže.

System je uložen na stavebně připraveném centrálním distribučním kanále, který slouží jak k odvodu vyfiltrované vody ve fázi filtrace, tak k přívodu prací vody a vzduchu ve fázi praní. Tento centrální distribuční kanál je při realizaci technologické dodávky zakryt nerezovým krytem s distributory, které zajišťují přívod a odvod médií z jednotlivých elementů a které jsou fixovány kolmo na centrální distribuční kanál. Tyto drenážní elementy jsou vyráběny přímo na rozměr odpovídající šířce filtru.



Distribuce médií během procesu:

Proces filtrace: voda prochází přes filtrační vrstvu, pak přes štěrby segmentů Triton, podél výztužných U-profilů, přes otvory v U-profilech, přes rozváděcí trubky do centrálního distribučního kanálu.

Proces zpětného praní vzduchem/vodou: vzduch/voda prochází centrálním distribučním kanálem, pak prochází přes rozváděcí trubky do jednotlivých sekcí segmentů Triton v celé ploše filtru, přes otvory v U-profilech a proniká přes štěrby segmentů Triton do filtrační vrstvy.

Doporučená výška filtrační vrstvy nad segmenty Triton: 1 až 2 metry

Hmotnost systému Triton: cca 12 - 14 kg/m

Jakost materiálu systému Triton a rozvodných trubek: nerezová ocel 304L nebo 316L

Hydraulická a hydrodynamická data (doporučení fy Johnson Screens):

Fáze filtrace:

Doporučená a max. průtočnost filtrů: standardní rychlost toku surové vody je 4-6 m/h, konstrukce systému Triton umožňuje rychlosti až 15 m/h při výšce filtrační vrstvy 1,2 m.

Fáze praní při odděleném praní vzduchem a vodou zvlášť:

Doporučený průtok při praní vzduchem: 35 - 40 m³/h/m² (9,7 – 11,1 l/s/m²), 1 max. 4 minuty.

Doporučený průtok při praní vodou: 25 - 35 m³/h/m² (6,9 – 9,7 l/s/m²), 5 max. 10 minut.

Fáze praní při kombinaci vzduch a voda:

doporučený průtok při praní vzduchem a vodou: vzduch 35 - 55 m³/h/m² (9,7 – 15,3 l/s/m²), voda 7 - 12 m³/h/m² (1,9 – 3,3 l/s/m²), 5 minut

Uvedené hodnoty průtoků ve fázi filtrace a praní závisí na druhu a skladbě filtrační vrstvy, přičemž je nutné je ověřit v konkrétních podmínkách filtru.

ÚV Hradec Králové – návrh a dodávka drenážního systému TRITON™

Při rekonstrukci ÚV Hradec Králové byl s ohledem na požadavky investora a parametry upravované vody drenážní systém projektantem (Voding, spol. s r.o.) navrhnut následujícím způsobem:

- Maximální výkon $Q=150$ l/s, minimální výkon $Q=90$ l/s
- Počet rekonstruovaných filtrů – 4 ks
- Plocha jednoho filtru cca 25 m²
- Celková plocha filtrů cca 100 m²
- Filtrační médium – Filtralite MonoMulti
- Šířka štěrby filtračního elementu – 0,3 mm
- Rozměr filtru 4880 mm x 4880 mm
- Rozměr centrálního distribučního kanálu – 500 x 500 mm
- Počet elementů na jeden filtr 15 ks, délka 4830 mm až 4860 mm
- Materiál drenážního systému – 304/304L

Vlastní dodávce a montáži drenážního systému TRITON předcházela stavební příprava jednotlivých filtrů spočívající ve vybetonování centrálního distribučního kanálu a celkové sanaci filtrů. Po těchto pracích bylo provedeno precizní zaměření jednotlivých filtrů, které sloužilo jako podklad pro výrobu jednotlivých elementů. Doba, potřebná pro výrobu a dodávku drenážního systému se pohybovala na úrovni cca 10 týdnů.

Dodávka vlastního drenážního systému byla zahájena v měsíci říjnu 2013, přičemž montáž první dvojice filtru probíhala za účasti supervizorů ze společnosti Johnson Screens. Montážní práce kompletní čtveřice filtrů byly ukončeny po třech týdnech od zahájení montáže, tj. v prvním týdnu měsíce listopadu 2013. Celková doba montáže čtyř filtrů činila 15 pracovních dní, vč. bublinkového testu.

Jako filtrační médium byl navrhnut a použit expandovaný hlinitokřemičitan v následujících frakcích:

- expandovaný hlinitokřemičitan dle ČSN EN 12905 o vel. částic 0,8-1,5, typ FILTRALITE HC 0,8 - 1,6 v množství 15 m³/filtr, filtrační výška cca 0,6 m;
- expandovaný hlinitokřemičitan dle ČSN EN 12905 o vel. částic 1,5-2,5, typ FILTRALITE NC 1,5 - 2,5 v množství 15 m³/filtr, filtrační výška cca 0,6 m;

Nastavení řídicích algoritmů stupně filtrace, uvedení filtrů do provozu

Prací čerpadla

Pro praní v režimu voda, resp. voda/vzduch slouží 1ks stávajícího vertikálního čerpadla s prodlouženou hřídelí $Q = 200$ l.s⁻¹, $H = 16,2$ m, s elmotorem 75 kW a dvě menší čerpadla $Q = 30 - 125$ l.s⁻¹, $H = 12$ m s el. motorem 18,5 kW upraveným pro provoz s frekvenčním měničem.

Prací dmychadla

Zdrojem vzduchu pro praní v režimu vzduch, resp. voda/vzduch jsou v budově nové strojovny osazena dvě dmychadla, každé pro $Q_{\max} = 1800 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, 600 mbar s elektromotorem 45 kW, opatřeným frekvenčními měniči pro možnost regulace dodávaného množství vzduchu.

Nastavené doby a intenzity pracího cyklu:

Praní filtru řídí řídicí systém, který kontroluje snížení průtoku u daného filtru, množství přefiltrované vody, zákal – nastavitelné hodnoty technologem a maximální dobu provozu. Vyhodnotí se také, zda je k dispozici dostatek vody v akumulaci. Praní je navrženo automaticky, ale spuštění je vždy potvrzeno obsluhou. Celý algoritmus praní dále postupuje automaticky, dle nastavených veličin, nebo lze cyklus krokovat – přístupem technologa. Pro start provozu navrhl projektant společně s dodavatelem drenážního systému spol. KUNST spol. s r.o. následující nastavení dob a intenzit pracího cyklu. Tyto výchozí parametry cyklů budou ještě optimalizovány během plánovaného provozu úpravný v létě 2014.

- praní vzduchem cca 5 min. (maximální možná intenzita vzduchu) - dmychadlo 43 Hz, $1480 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- praní vzduchem a vodou cca 5 - 10 min – intenzita 1 (končí v okamžiku nastoupení hladiny na úroveň odtokového žlabu prací vody – vypíná hladina 0,65 m) - vzduch 1 – 40 Hz, $1330 \text{ Nm}^3/\text{h}$, voda 1 – 38/32,3 Hz, 80 l/s
- praní vzduchem a vodou cca 5 - 10 min – intenzita 2 (intenzita vzduchu a vody tak, aby nedocházelo k vyplavování filtrační náplně – vypíná hladina 0,85 m) - vzduch 2 - 26 Hz, $830 \text{ Nm}^3/\text{h}$, voda 2 - 28,1 Hz, 50 l/s
- praní vodou, cca 5 – 10 min. (intenzita nastavena tak, aby došlo k vypláchnutí filtru, bez úniku filtrační náplně) prioritu ukončení praní má hodnota zákalu prací vody – 30 NTU, voda 2x 38 Hz, 200 l/s
- zafiltrování, cca 5-20 min. (možno zcela vypustit při dostatečné kvalitě vody)
- po dokončení pracího cyklu přechází filtr do normálního provozního stavu.

Komplexní zkoušky filtrů byly úspěšně ukončeny dne 22. 1. 2014. Krátký zkušební provoz úpravný v lednu 2014 ukázal, že praní filtrů s drenážním systémem TRITON je rovnoměrné a plně funkční. Další testy a zkušenosti s touto aplikací budou získávány během provozu v létě 2014.

Závěr

Systém TRITON™ je v současné době nainstalován a úspěšně provozován na ÚV Štítná nad Vláří (2 ks filtrů v roce 2010) a ÚV Kroměříž (2 ks filtrů v roce 2012, 2 ks filtrů v roce 2013) a po prvních testech ÚV Hradec Králové (4 ks filtrů říjen 2013).

Aktualizácia účinných pesticídnych látok vo vodách

Ing. Zuzana Bratská

RÚVZ so sídlom v Košiciach, Ipeľská 1, 040 11 Košice, bratska@ruvzke.sk

Úvod:

Pesticídne látky tvoria širokú a chemicky veľmi rôznorodú skupinu látok, určených na ničenie škodcov, burín a pod. Pre účely sledovania kvality pitnej vody sa sledujú hlavne herbicídy a im podobné látky. Zatiaľ čo v počiatkoch ich využívania boli pesticídne látky veľmi perzistentné (DDT, heptachlór, lindan), ktoré aj dnes môžu napriek ich dlhodobému zákazu predstavovať problémy zo starých záťaží, nová generácia pesticídnych látok je už pomerne ľahko odbúrateľná.

Hlavné oblasti použitia:

poľnohospodárstvo, lesníctvo, sladovníctvo, zdravotníctvo (HŽP), golfové ihriská, rozličné priemyselné odvetvia a pod. Ich používanie má za cieľ kvalitatívne a kvantitatívne vylepšiť kvalitu potravín, krmív atď. a ich ochranu pred škodcami a chorobami v čase ich uskladňovania.

Ide o rôzne druhy týchto látok, medzi ktorými sa vyskytujú látky vysoko toxické a tiež netoxické (pozri priloženú tabuľku) a podľa toho je ich účinok na zdravie veľmi rôznorodý (poškodenie pečene, obličiek, vplyv na krvotvorbu, karcinogénny účinok, narušenie hormonálneho a reprodukčného systému a pod.)

Rozdelenie pesticídnych látok podľa ich účinnosti:

- 1.) **zoocídy** – prípravky proti živočíšnym škodcom, tu patria insekticídy, akaricídy, rodenticídy, nematocídy, moluskocídy, repelenty, atraktanty
- 2.) **fungicídy** – prípravky proti fytopatogénnym hubám – anorganické, organické, antibiotiká
- 3.) **herbicídy** – proti burine

Ďalej sa delia podľa účinku, napr. kontaktné, hĺbkové, systémové, atď., podľa pôvodu na prírodné, syntetické, biopreparáty, delenie podľa toxicity a pod.

Opatrenia na ochranu zdrojov pitnej vody:

V súvislosti s aktuálnym využívaním registrovaných prípravkov na ochranu rastlín zverejňuje ÚKSUP každoročne Zoznam a rozsah registrovaných prípravkov na ochranu rastlín a iných prípravkov, ktorého súčasťou sú aj opatrenia na ochranu zdrojov pitnej vody.

V 1. ochrannom pásme sú z používania vylúčené všetky prípravky na ochranu rastlín.

V 2. ochrannom pásme sú prípravky vylúčené z použitia vo vnútornej časti zdrojov podzemných aj povrchových vôd, v prípade ak nie je 2. ochranné pásmo rozdelené na vnútornú a vonkajšiu časť, platí zákaz ich aplikácie pre celé ochranné pásmo.

Vo vnútornej časti 2. ochranného pásma povrchových zdrojov môžu byť tieto prípravky použité len za nasledovných podmienok:

Nemôžu sa použiť ak sa do 24 hod. očakávajú dažďové zrážky, nesmú sa použiť, ak vo vnútornej časti OP povrchový zdroj slúži na priamy odber na pitné účely. Prípravky sa môžu použiť vo vnútornej časti OP 2.stupňa povrchových vôd za predpokladu, že bude dodržaný 50 m široký neošetrený pás smerom k vodnému toku, alebo 10 m smerom k najbližšiemu odvodňovaciemu kanálu a vylučuje sa ich použitie na svažitých pozemkoch nad 15°.

Prípravky sa nesmú aplikovať v blízkosti miest zásobovaných studničnou vodou. Prípravky sú vylúčené z celého 2. a 3. ochranného pásma vodárenských nádrží. Prípravky sa nesmú použiť na pozemkoch pre pestovanie surovín, ktoré budú použité pre výrobu detskej výživy. Ich aplikáciu možno podľa daných podmienok povoliť v dávke na dolnej hranici. Ich aplikáciu nemožno povoliť na pozemkoch, ktoré sú spádované k vodným tokom.

Legislatíva:

V poslednom období platia také legislatívne požiadavky na kvalitu pitnej vody, ktoré priniesli významné zmeny nielen v sledovaní ukazovateľov kvality pitnej vody, ale tiež v jej hodnotení z hľadiska ochrany zdravia obyvateľstva. V konkrétnom prípade objektivizácie výskytu pesticídnych látok vo vzorkách vôd by nemalo ísť o rutinné analýzy, ale o ciele stanovenia zamerané na tie pesticídne látky, ktoré sa môžu v konkrétnom vodárenskom zdroji vyskytovať. Pokiaľ sa podľa STN 75 7111 Pitná voda sledovalo povinne 7 pesticídnych látok (2,4-D, DDT, hexachlórbenzén, heptachlór, lindan, methoxychlór, pentachlórfenol), v NV SR 496/2010, ktorým sa mení a dopĺňa NV SR č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu sa zisťujú iba tie pesticídy, ktorých prítomnosť vo vode možno predpokladať. Limit 0,1 µg (NMH) sa vzťahuje na každý stanovený pesticíd. Pre aldrin, dieldrin, heptachlór a heptachlórepoxid platí limit 0,03 µg/l. k Zohľadnené sú kritéria EÚ smernice 98/83/EC z r. 1998 pre vodu určenú na ľudskú spotrebu.

Aplikácia pesticídov:

V SR evidujeme množstvo používaných pesticídnych látok, o ktorých nevieme získať presnú informáciu o tom, ktorá látka sa v príslušnom území aplikovala. V posledných rokoch sa na základe odborných informácií v Európe najviac používali nasledovné pesticídne látky triazínové herbicídy, ako sú napr. atrazín a príbuzné produkty, simazín, mecoprop benzatón, diuron, isoproturon a ďalšie. Ide o látky, ktoré boli zaradené do zoznamu podľa Rámцovej vodnej smernice.

V nadväznosti na aktuálne výskumné úlohy Výskumného ústavu vodného hospodárstva (VÚVH) Bratislava a laboratórne analýzy Západoslovenskej vodárenskej spoločnosti, a. s. boli pri aktualizácii látok určených na ničenie hmyzu, burín a pod. vytypované nasledovné reziduá pesticídov, vyskytujúcich sa vo vodách v SR: atrazín, simazín, terbutylazín, chlórtoluron, izoproturón.

Ide o triazínové herbicídy, ktoré uvádza Ústredný skúšobný ústav poľnohospodársky v Bratislave v Zozname a rozsahu použitia registrovaných prípravkov na ochranu rastlín a iných prípravkov. VÚVH Bratislava už vykonáva pravidelné testovanie týchto látok, pričom používa metódy ako sú: (GC) plynová a (HPLC) kvapalná chromatografia a hmotnostná spektrofotometria.

Záver:

V rámci zúčastnených orgánov zodpovedných za kvalitu pitnej vody, dodávanej systémom verejných vodovodov obyvateľstvu SR, sa v súčasnosti žiada prijať také opatrenia, ktoré by objektivizovali aktuálny stav výskytu predpokladaných reziduí pesticídnych látok vo vodárenských zdrojoch.

Žiada sa realizovať tzv. screeningový monitoring, nakoľko Európska komisia si tieto údaje môže kedykoľvek od nás vyžiadať. Je treba vytypovať významné zdroje pitnej vody, ktoré sa nachádzajú v poľnohospodársky intenzívne využívaných územiach.

Príklady spotreby prípravkov na ochranu rastlín v SR udáva nasledovná tabuľka.

**Spotreba prípravkov na ochranu rastlín v Slovenskej republike v roku 2011
podľa členenia FAO (v kg).**

Pesticidy spolu	Total pesticides	3 552 760
1. Insekticidy	1. Insecticides	
1.1 chlórované ohľovodíky	1.1 Chlorinated hydrocarbons	0
1.2 organické zlúčeniny fosforu	1.2 Organo-phosphates	66 136
1.3 karbamátové insekticidy	1.3 Carbamates-insecticides	8 717
1.4 pyretróidy	1.4 Pyrethroids	52 502
1.5 biologické prípravky	1.5 Botanical products and biologicals	2 344
1.6 ostatné insekticidy	1.6 Others	66 306
Insekticidy spolu	Total insecticides	196 005
insekticídne minerálne oleje	Mineral oils	0
2. Herbicidy	2. Herbicides	
2.1 fenoxysyseliny	2.1 Phenoxy hormone products	198 904
2.2 triazíny	2.2 Triazines	93 366
2.3 amidy	2.3 Amides	470 691
2.4 karbamátové herbicidy	2.4 Carbamates-herbicides	53 052
2.5 dinitroanilíny	2.5 Dinitroanilines	84 061
2.6 substituované močoviny	2.6 Urea derivatives	59 182
2.7 sulfonylmočoviny	2.7 Sulfonyl ureas	62 878
2.8 bipiridily	2.8 Bipiridils	8 885
2.9 uracily	2.9 Uracil	1 578
2.10 ostatné herbicidy	2.10 Others	962 554
2.11 herbicídne minerálne oleje	2.11 Herbicides oils	96 909
Herbicidy spolu	Total herbicides	2 092 060
3. Fungicidy a baktericidy	3. Fungicides and bactericides	
3.1 anorganické fungicidy	3.1 Inorganics	84 019
3.2 ditiokarbamáty	3.2 Dithiocarbamates	38 460
3.3 benzimidazoly	3.3 Benzimidazoles	44 865
3.4 triazoly, diazoly	3.4 Triazoles, diazoles	365 678
3.5 diazíny, morfolíny	3.5 Diazines, morpholines	32 269
3.6 ostatné fungicidy	3.6 Others	164 338
Fungicidy a baktericidy spolu	Total fungicides and bactericides	729 629
4. Fungicídne moridlá	4. Seed treatments – fungicides	
4.1 ditiokarbamáty	4.1 Dithiocarbamates	11 057
4.2 benzimidazoly	4.2 Benzimidazoles	341
4.3 triazoly, diazoly	4.3 Triazoles, diazoles	30 418
4.4 biologické fungicídne moridlá	4.4 Botanical products and biologicals	1 053
4.5 ostatné fungicídne moridlá	4.5 Others	38 793
Fungicídne moridlá spolu	Total seed treatments – fungicides	81 662
5. Insekticídne moridlá	5. Seed treatments – insecticides	
5.1 organické zlúčeniny fosforu	5.1 Organo-phosphates	0
5.2 karbamátové insekticidy	5.2 Carbamates-insecticides	0
5.3 pyretróidy	5.3 Pyrethroids	49 825
5.4 ostatné insekticídne moridlá	5.4 Others	2 313
Insekticídne moridlá spolu	Total seed treatments - insecticides	52 138
6. Morforegulačné prípravky	6. Plant growth regulators	195 452

7. Rodenticidy	7. Rodenticides	
7.1 antikoagulanty	7.1 Anti-coagulants	0
7.2 kyanidy	7.2 Cyanide Generators	0
7.3 hypercalcaemics	7.3 Hypercalcaemics	0
7.4 narkotiká	7.4 Narcotics	0
7.5 ostatné rodenticidy	7.5 Others	2 446
Rodenticidy spolu	Total rodenticides	2 446
8. Iné prípravky	8. Other preparations	
8.1 desikanty a defolianty	8.1 Desiccants	112 862
8.2 prípravky na obmedzenie strát pri zbere	8.2 Losses limitation	27 529
8.3 repelenty	8.3 Repellents	465
8.4 tenzidy	8.4 Tensides	9 032
8.5 aditíva, špeciálne látky	8.5 Aditives, special agents	51 338
8.6 antitranspiranty	8.6 Anti-transpirants	0
8.7 prípravky na asanáciu pôdy	8.7 Soil disinfectants	0
8.8 prípravky na ochranu skladov	8.8 Product to control store pests	2 142
8.9 atraktanty hmyzu	8.9 Insect attractants	0
8.10 štepárske vosky	8.10 Grafting waxes	0
8.11 dezinfekčné a konzervačné prostriedky	8.11 Disinfectants and preservatives	0
8.12 prípravky proti fyziologickým chorobám	8.12 Products for nutrition insufficiency remedy	0
Iné prípravky spolu	Total other preparations	203 368

Celkove v rámci Slovenska bolo vytypovaných 13 vodárenských lokalít, kde sa predpokladá vplyv poľnohospodárskej činnosti na kvalitu vody. Disponujeme údajmi obdržanými od Ústredného, kontrolného a skúšobného ústavu poľnohospodárskeho (ÚKSUP) Bratislava o prehľade spotreby prípravkov na ochranu rastlín podľa krajov.

V nasledujúcom období je treba vytypovať účinné reziduá pesticídnych látok, ktoré sa najviac vyskytujú na území v SR a zväžiť laboratórne možnosti a vývoj laboratórnej metodiky pre ich objektivizáciu v zdrojoch pitnej vody. Zároveň bude treba upozorniť prevádzkovateľov verejných vodovodov, aby laboratórnu kontrolu pesticídnych látok vo vodárenských lokalitách nezanedbávali.

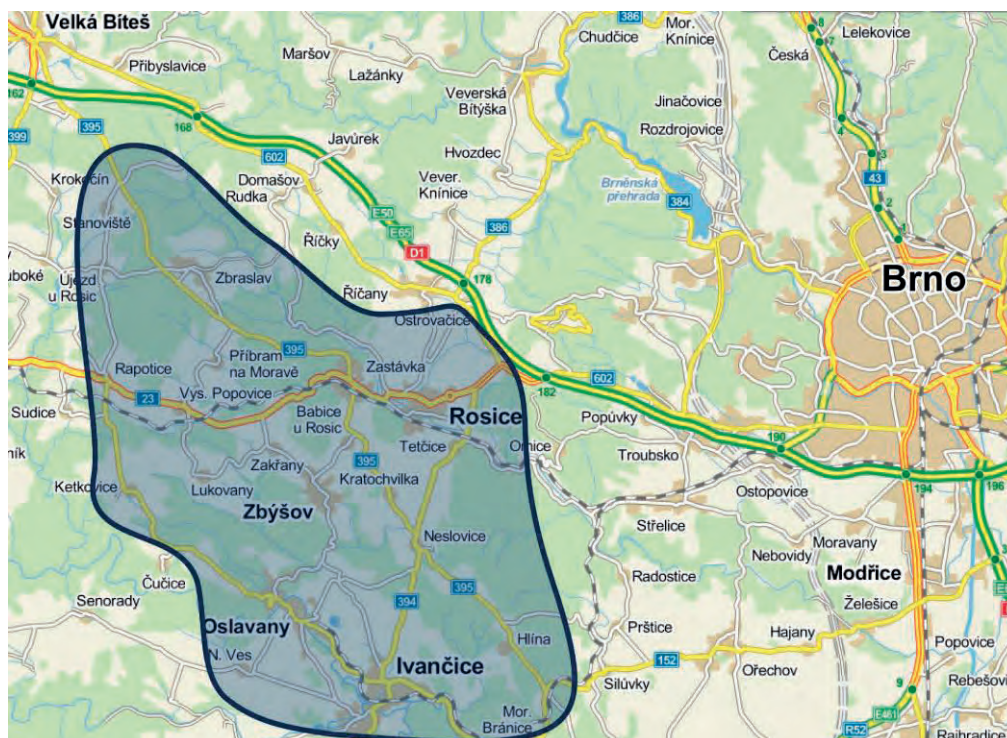
Zvýšení kapacity zdroje Ivančice umělou infiltrací

Ing. Petr Baránek

AQUA PROCON s.r.o.

ÚVOD

Vodní zdroj Ivančice je jeden ze tří hlavních zdrojů Skupinového vodovodu Ivančice – Rosice, jejichž vydatnosti se pohybují v rozmezí 15-30l/s. Do jeho systému jsou připojeny ještě další čtyři drobné zdroje s vydatností řádově l/s. Tyto drobné zdroje však mají význam pouze pro zásobení nejbližších spotřebišť a pro systém skupinového vodovodu jsou nevýznamné.



Obr. 1 Situace zájmové oblasti SV Rosice-Ivančice

Ze skupinového vodovodu situovaného v oblasti západně od Brna je v současnosti zásobeno ve třiceti městech a obcích téměř 35 000 obyvatel.

Po roce 2000 se začaly zvyšovat nároky na zdroje skupinového vodovodu a to z těchto důvodů:

- Napojování nových spotřebišť obcí, ale též např. věznice v Rapoticích
- Odpojení některých místních zdrojů se zhoršenou kvalitou vody
- Zvýšením počtu obyvatel v některých obcích z důvodů migrace z blízkého Brna

Situace dospěla až tak daleko, že provozovatel vodovodu na pokyn jeho vlastníka začal omezovat připojování větších obytných celků na vodovod. Již však před tímto opatřením se začala scházet skupina zodpovědných pracovníků vlastníka vodovodu Svazku VaK Ivančice a provozovatele vodovodu Vodárenské a.s. divize Brno – venkov k řešení zvýšení kapacity zdrojů vody. Na tato jednání byli od počátku zváni též pracovníci naší firmy jako dlouholetí regionální partneři v oboru vodovodů a kanalizací.

První období přípravy bylo věnováno zmapování dalších možných zdrojů vody spočívající ve vyhledávání nových zdrojů v zájmovém území nebo přivedení vody ze zdrojů externích. V obou případech bylo zjištění negativní a to z celé řady důvodů. Následně byla pozornost věnována možností intenzifikace vhodných současných zdrojů, původně způsobem prostého přidání dalších jímacích objektů – vrtů. Toto řešení přicházelo v úvahu u zdrojů Moravské Bránice a Ivančice, protože poslední ze tří hlavních zdrojů skupinového vodovodu Tetčice je ve stálém hledáčku aktivistů zamezujících jeho plnému využití. Oba prvně jmenované zdroje mají podobnou charakteristiku, jímají z mělké štěrkové zvodně o hloubce do 10 m kryté hlínami o mocnosti 2-3 m nacházející se v bezprostřední blízkosti koryta řeky Jihlavy. Porovnáním vlastností obou zdrojů byl nakonec k další přípravě vybrán vodní zdroj Ivančice a to z následujících důvodů:

- Kvalita jímání vody, kdy mangan obsažený v surové vodě v ivančickém zdroji je snadněji odstranitelný než dusičnany nacházející se ve zdroji Moravské Bránice v sice podlimitním, ale nemalém obsahu, který by zvýšenými odběry mohl dále stoupat
- Vyřešené kalové hospodářství na stávající Úpravě vody Ivančice, spočívající v přečerpávání kalů na ČOV Ivančice
- Situování zdroje blíže centru skupinového vodovodu v bezprostřední blízkosti největšího spotřebiště
- Blízkost provozního střediska provozovatele
- Dostatečná plocha ochranného pásma 1⁰ s absolutní většinou pozemků ve vlastnictví vlastníka vodovodu
- Území je z pohledu hydrogeologie dostatečně a dlouhodobě prozkoumáno
- Nutnost rekonstrukce stárnoucího technologického vybavení současných objektů

ZDROJ IVANČICE – SOUČASNOST

Zdroj Ivančice se nachází na jižním okraji stejnojmenného města na soutoku řek Jihlavy a Rokotné. Využívání zdroje začíná již v období přelomu 40. a 50. let minulého století. Pro první využití byla v území vykopána jímací studna o průměru 3 m a hloubce 6 m, Studna v současnosti slouží jako jímací a sběrná.

S postupně se zvyšujícími nároky na množství odebírané vody se do systému přidávaly další vrty až do celkového množství osmi, z čehož poslední byl připojen v roce 2008. Na druhé straně bylo nutné v uplynulém období dva vrty opustit z důvodu příliš vysokého obsahu manganu ve vodě, který omezoval jejich využívání.

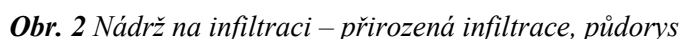
Vysoký obsah manganu, přesahující až 15x povolenou limitní hodnotu byl na počátku 90. let příčinou výstavby úpravy vody. Po její výstavbě je zdroj provozován takto:

- Z pěti vrtů je voda čerpána a z jednoho stahována násoskou do zmiňované sběrné studny
- Ze sběrné studny je přečerpávána na technologii úpravy resp. do reaktoru ozonizace
- V reaktoru dochází k oxidaci zejména manganu, ale i železa
- Vzniklé oxidy jsou z vody separovány na tlakových filtrech s pískovou náplní

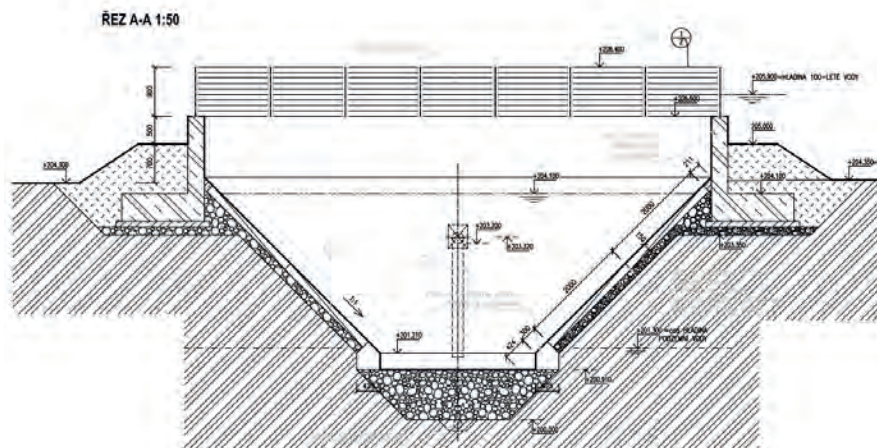
- Teoretický výkon úpravy vody odpovídá povolenému odebíranému množství tj. 25 l/s. Vlivem stárnutí vrtů, ale také technologie v úpravě vody, nepřesahuje v současnosti maximální odběr hodnotu 18 l/s.

Návrh technologie úpravy i potřebný výkon zdroje po intenzifikaci probíhal také poměrně bouřlivě. Původní řešení počítalo, a to na základě poměrně podrobného hydrogeologického posudku, který zastihl v areálu i zbytky původního koryta řeky vyplněného silně zvodněnými šterky, pouze s položením jímacího drénu s odhadovanou vydatností 5 l/s při délce 30 m.

Proto bylo následně navrženo řešení se zmnožením objemu podzemní vody umělou infiltrací vodou odebíranou z blízkého toku řeky Jihlavy pomocí břehového jímacího objektu a navazující čerpací stanice surové vody. Vlastní infiltrace tvoří objekty centrální vsakovací nádrže a dvou drénů situovaných podél delších stran nádrže a zaústěných do sběrné studny.

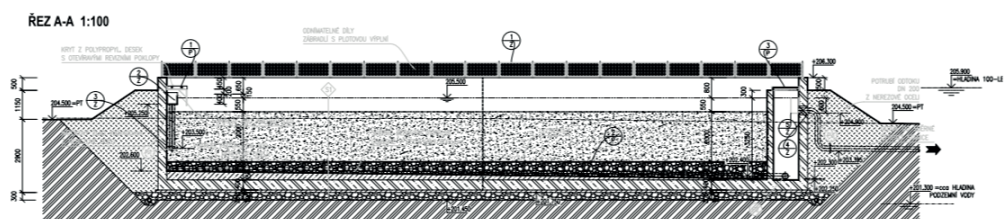
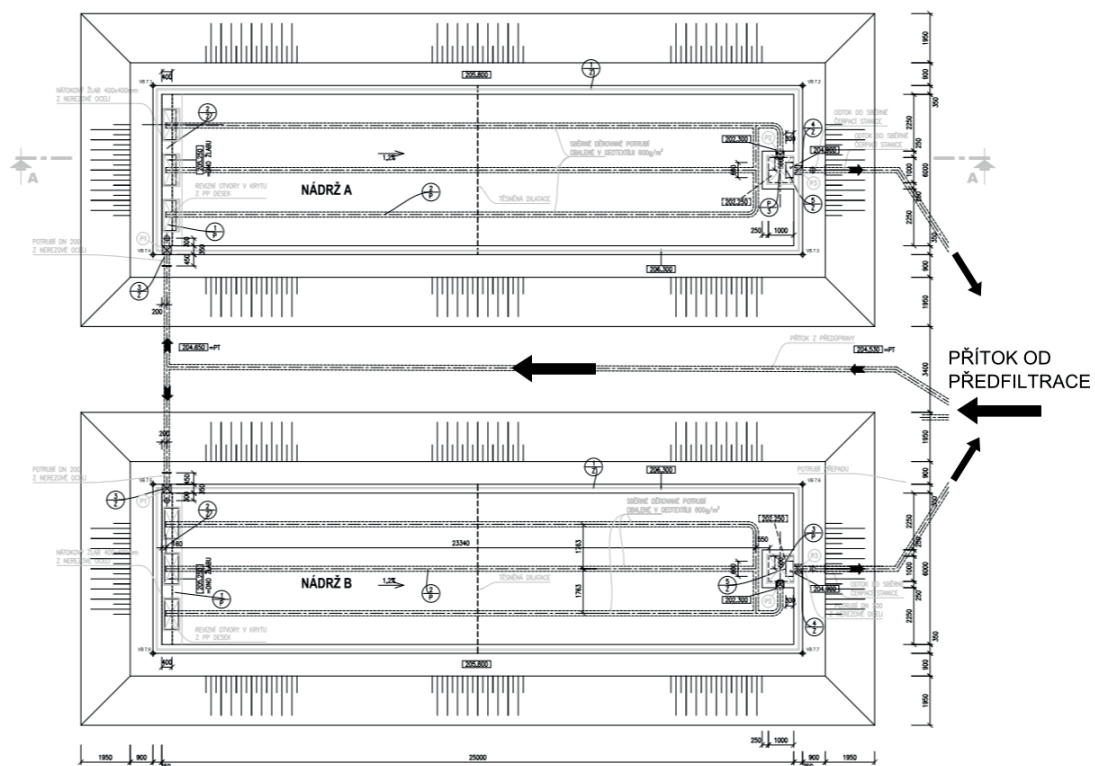


- 131 -



Obr. 3 Nádrž na infiltraci – přirozená infiltrace, řez

PŮDORYS 1:100

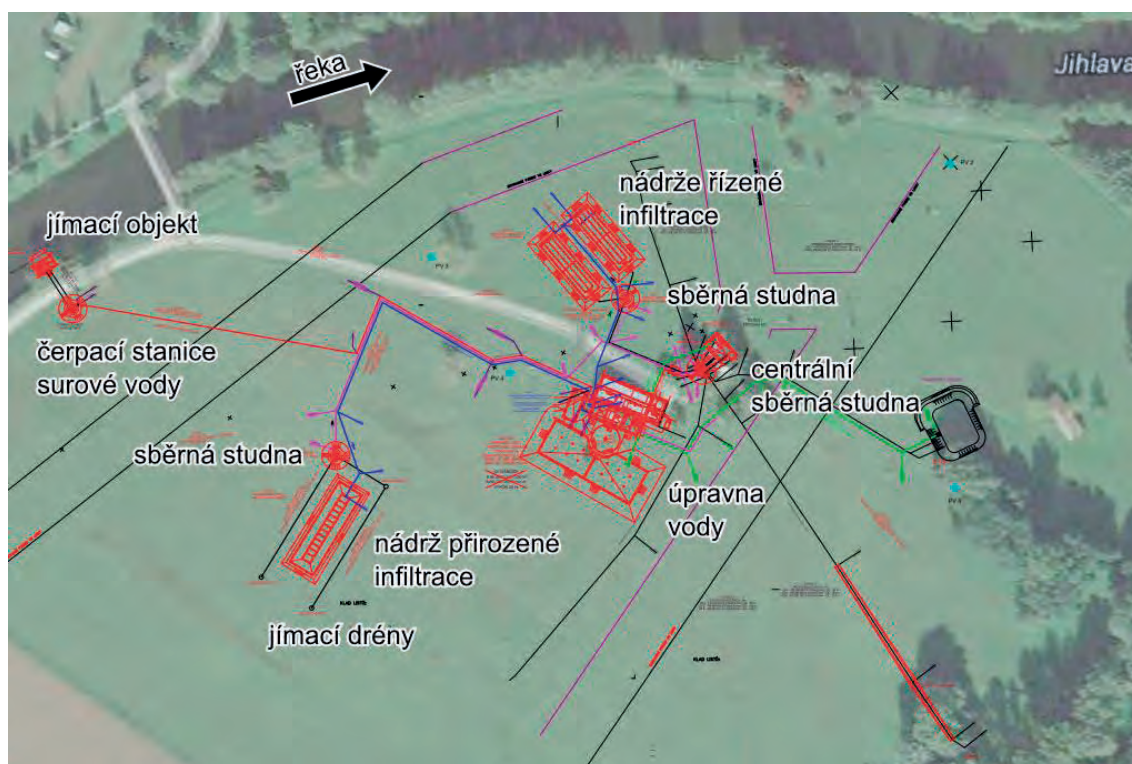


Obr. 4 Nádrže na infiltraci – řízená infiltrace, půdorys a řez

Současně s touto klasickou přírodní infiltrací byla zpracována umělá infiltrace podle návrhu technického náměstka generálního ředitele Vodárenské akciové společnosti doc. Milana Látala. Jedná se o dvojici pravoúhlých betonových nádrží o rozměrech 25 x 6 m naplněných filtračním pískem FP 2 o tloušťce vrstvy 2 m. surová voda je zde přivedena nad filtrační vrstvu, kterou protéká a pomocí drenů uložených na dně nádrže je sváděna do sběrné studny. Po vyčerpání kalové kapacity filtru se písek částečně odtěží, vypere a znovu použije. Také u tohoto typu infiltrace se uvažuje se zaručeným výkonem 20 l/s. Třetí a poslední částí zdrojové soustavy jsou současné vrty. Po jejich vyčištění a rekonstrukci armaturních šachet se jich nadále bude využívat pouze pět s úhrnnou výdatností 20 l/s.

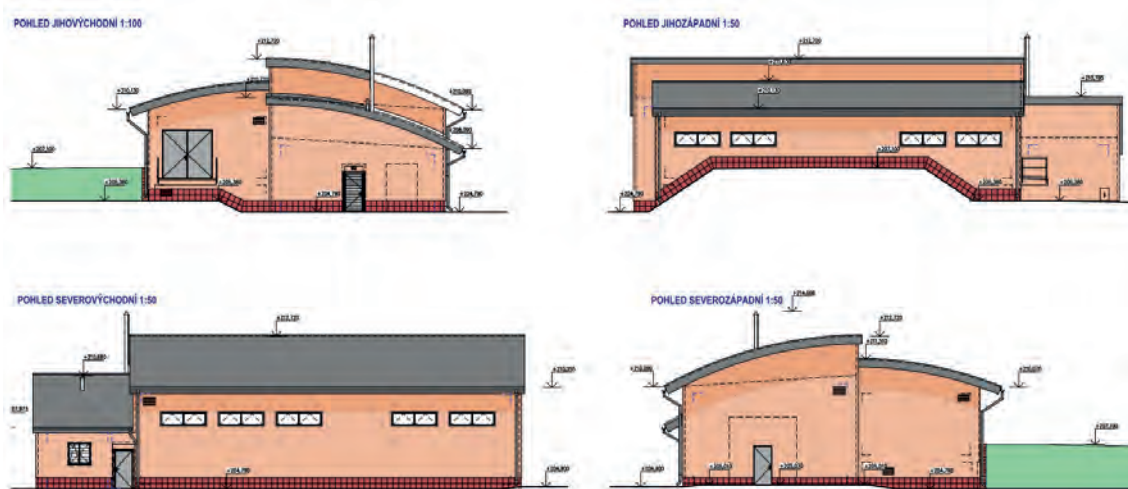
Nově tedy bude systém surové vody tvořit tři poměrně nezávislé větve o celkovém výkonu 60 l/s s následující skladbou:

- Jímání surové vody z řeky Jihlavy
- Čerpání na předfiltraci tvořenou běžnými otevřenými rychlofiltry umístěnými v patře úpravy vody běžně bez použití chemikálií
- Gravitační rozvedení vody do dvou samostatných infiltrací
- Přírodní a umělá infiltrace
- Doprava infiltrované vody ze sběrných studní jednotlivých infiltrací do centrální sběrné studny násoskami
- Odběr podzemní vody v pěti běžných vrtech a její doprava samostatnými násoskami do centrální sběrné studny
- Čerpání už smíšené vody na technologickou linku úpravy vody Ivančice



Obr. 5 Situace prameniště

Čerpadla v čerpací stanici surové říční vody i v centrální sběrné studni budou osazena frekvenčními měniči a umožňují tak společně s regulačními uzávěry na nátocích do jednotlivých infiltrací optimalizovat provoz celého systému podle aktuální potřeby vody, kvalitativních i ekonomických ukazatelů jednotlivých zdrojů. Přednostně se počítá s využitím odběrů z vrtů (20 l/s) a následným zvyšováním výkonu úpravní zapojováním infiltrací. Uvažovaný rozsah výkonu úpravní vody se tedy bude pohybovat v rozmezí 20 – 60 l/s.



Obr. 6 Úpravna vody Ivančice po intenzifikaci

Dále již jen stručný popis technologické linky úpravní vody:

- Provzdušnění
- Dávkování chemikálií
- První stupeň separace na čířících
- Druhý stupeň separace na otevřených rychlofiltrech s preparovaným pískem
- Zdravotní zabezpečení plynným chlorem
- Čerpání upravené vody z akumulace do dvou směrů (Ivančice a skupinový vodovod)

Kal vzniklý při praní filtrů a odkalení čířičů bude pouštěn do kalové jímky, z níž bude odsazená voda přečerpána zpět na začátek technologického procesu a zahuštěný kal bude přečerpáván, tak jako dosud, do kanalizačního systému Ivančic.

Rekonstrukce ÚV Kroměříž – nové technologické postupy – vyhodnocení 1. etapy zkušebního provozu

Ing. Pavel Adler, CSc.¹⁾, Ing. Oldřich Darmovzal¹⁾, Ing. Ladislav Lejsal²⁾,
Ing. Petr Vedra²⁾

¹⁾ Voding Hranice, spol. s r.o.,

Zborovská 581, 753 01 Hranice, pavel.adler@voding.cz, tel.: 602 746 829

²⁾ Vodovody a kanalizace Kroměříž, a.s.

Kojetínská 3666, 767 11 Kroměříž, ladislav.lejsal@vak-km.cz; petr.vedra@vak-km.cz

Abstrakt

Úpravná vody Kroměříž s výkonem 170 l.s⁻¹ upravuje podzemní vodu z osmi jímacích území v katastru řeky Moravy. V současné době proběhla generální rekonstrukce s využitím nových technologických postupů. Oxidace železa a manganu probíhá chemickou metodou s použitím ozonu. Při rekonstrukci II. separačního stupně, kterým jsou otevřené pískové filtry, jsou použity nově nerezové drenážní systémy TRITON. Odvětrání oxidu uhličitého probíhá po separaci mechanickou aerací. Rekonstrukce úpravní vody Kroměříž byla dokončena v říjnu 2013.

Abstract

The Kroměříž water purification plant with output of 170 l/s treats groundwater coming from eight collection points. The water purification plant is currently under general reconstruction with use of new technological procedures. Oxidation of iron and manganese is performed chemically by ozone. The TRITON underdrain system is used for the reconstruction of the second separation stage. The removal of carbon dioxide is performed by mechanical aeration. Reconstruction of the Kroměříž water purification plant was completed in October 2013.

Klíčová slova:

oxidace, separace, sedimentace, filtrace, aerace, hygienické zabezpečení, automatizace

Keywords:

oxidation, separation, filtration, aeration, disinfection, automation

Úvodní pojednání o zdrojích a stávající úpravně vody

Skupinový vodovod Kroměříž je vodárenský systém v aglomeraci Kroměříž s převodem vody do oblastí Hulína, Holešova, Bystřice p/Hostýnem a Nezamyslic. Skupinový vodovod zásobuje cca 100.000 obyvatel. Rozhodujícím zdrojem pitné vody skupinového vodovodu jsou zdroje podzemní vody s úpravou v úpravně vody Kroměříž.

Zdroje podzemní vody pro SV Kroměříž jsou rozmístěny v široké nivě Dolnomoravského úvalu v oblasti Kroměříže a Hulína. Jedná se o osm jímacích území (Podzámecká zahrada, Břest, Břestský les, Plešovec, Hulín, Hradisko, Postoupky, Miňůvky), které mohou dodávat do systému SV Kroměříž až 270 l.s⁻¹ kvalitní surové vody pro potřeby úpravy na vodu pitnou. Jelikož potřeba vody skupinového vodovodu je nižší, je možno kombinovat směs surové vody pro úpravu a je rovněž k dispozici značná rezerva ve výkonu jímacích území v případě výpadku, či ohrožení některého z nich.

Veškerá surová voda z jímacích území je čerpána do ÚV Kroměříž pro úpravu, či přímé využití pro pitné účely. Jelikož se jedná o vodu z různých a relativně vzdálených zdrojů je kvalita surové vody odlišná. Zdroj vody Břest ($35 - 55 \text{ l.s}^{-1}$) je vhodný pro využití pro pitné účely bez úpravy, zdroj Podzámecká zahrada ($20 - 35 \text{ l.s}^{-1}$) vyžaduje pouze aeraci za účelem odstranění CO_2 , ostatní zdroje s obsahem CO_2 , železa a manganu vyžadují komplexní úpravu.

Surová voda z jednotlivých zdrojů je čerpána výtlačnými řady hvězdicově do úpravní vody Kroměříž.

Úpravna vody Kroměříž byla uvedena do provozu v roce 1978. Úpravna vody je v provozu cca 35 let a za toto období proběhlo v úpravně vody pouze několik dílčích rekonstrukcí, zejména v části technologické. Mezi těmito je možno jmenovat rekonstrukci mechanické aerace, rekonstrukci vápenného hospodářství, rekonstrukci flokulace, či úpravy v kalovém hospodářství.

Úpravna vody Kroměříž má výkon 200 l.s^{-1} a do doby poslední generální rekonstrukce byla koncipována jako úpravna s mechanickou aerací (INKA následně Bubla), následným dávkováním hydrátu vápenatého v podobě vápenného mléka, mechanickou flokulací s pádlovými míchadly a dvoustupňovou separací.

I. separační stupeň je tvořen dvěma podélnými horizontálními sedimentačními nádržemi se shrabováním kalu, II. separační stupeň tvoří čtyři otevřené pískové rychlofiltry evropského typu. Následuje hygienické zabezpečení chlorem a akumulace pro následné čerpání upravené vody do centrálního řídicího vodojemu Barbořina.

System úpravy vody splňoval vždy nároky na úpravu vody pro pitné účely, avšak problémem byla vysoká energetická náročnost mechanického provzdušňování, klasické problémy ve vápenném hospodářství a zejména problémy s likvidací tvrdnoucích železitovápennatých kalů z odkalování sedimentace a praní filtrů.

Důvody rekonstrukce úpravní vody

Důvodů pro realizaci rekonstrukce úpravní vody bylo několik. Pokud uvedeme ty hlavní, tak je stárí stávající úpravní vody a její nepřetržitý provoz tím důvodem z nejhlavnějších. Úpravna vody vždy pracovala a dodávala pitnou vodu ve 100% kvalitě, avšak mnohdy za vysokého nasazení a péče provozovatelské organizace a s mírou zabezpečení zejména v kvalitě vody na hraně možností. Významným důvodem rekonstrukce byla rovněž energetická náročnost mechanické aerace surové vody a zastaralost jednotlivých technologických celků a to jak fyzická, tak morální. Stávající technologie s ohledem na místní podmínky vedla k problematické likvidaci kalu z odpadních technologických vod.

Stále zvyšující se požadavky na automatizaci provozu, odbourávání vlivu lidského faktoru a navýšení úpravárenské zabezpečení byl důvod z neposledních.

Stručný popis nové technologie úpravy

Odborným konsiliem projektanta a investora (provozovatele) bylo rozhodnuto v předstihu před návrhem řešení technologie rekonstrukce zabezpečit provedení ozonizačních pokusů s konkrétní surovou vodou a to z jednotlivých jímacích území a ve směsi surové vody. Ozonizační pokusy proběhly dva, když první z nich byl podkladem pro návrh technickoekonomické studie a prvních fází projektové dokumentace a druhý ověřil a verifikoval pozitivní závěry prvního pokusu a vyspecifikoval s ohledem na teoretické spotřeby ozonu pravděpodobnou dávku O_3 pro jednotlivé dílčí směsi surové vody a směsi

celkové. Na základě obou ozonizačních pokusů byla navržena radikálně nová technologie úpravy vody. Zpracovatel návrhu se opíral rovněž o zkušenosti z řady dalších ozonizačních pokusů s podzemními vodami o různém složení a zatížení v jiných lokalitách.

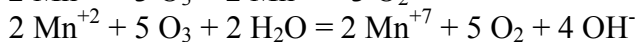
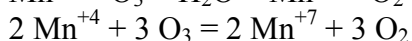
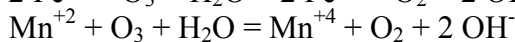
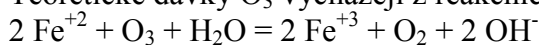
Ozonizace směsné surové vody

Rozhodující krok ve změně technologie úpravy spočívá ve změně předúpravy vody, kdy mechanická aerace a oxidace je nahrazena metodou chemickou pomocí ozonu (O_3), který je do vody dávkován ve směsi s kyslíkem (O_2) na vstupu surové vody do úpravy. Směs plynu ($O_2 + O_3$) řeší oxidaci Fe^{+2} a Mn pro následnou separaci ve dvou separačních stupních. V případě stanovení dávky ozonu bylo třeba zajistit výpočet teoretické dávky.

Teoretická dávka se počítá z obsahu Fe^{+2} a Mn dle vzorce (námi sestaveného dle stechiometrie ozonizačních reakcí a platného jen pro oxidaci Mn na Mn^{+4}):

$$0,43x \text{ cFe}^{+2} + 0,86x \text{ cMn} = d_{O_3} \text{ mg.l}^{-1} O_3 \text{ (g.m}^{-3}\text{)}$$

Teoretické dávky O_3 vycházejí z reakčních schemat:



1 mg Fe^{+2} vyžaduje asi 0,43 mg O_3 (někde se uvádí koeficient 0,44)

1 mg Mn^{+2} vyžaduje asi 0,86 mg O_3 při oxidaci na Mn^{+4} (někde se uvádí koeficient 0,88)

1 mg Mn^{+2} vyžaduje asi 2,14 mg O_3 při oxidaci na Mn^{+7}

Ověření této dávky se provádí měřením oxidačně redukčního potenciálu (ORP) ozonizované vody. Důležité je také měření ORP v závislosti na obsahu zbytkového O_3 v ozonizované vodě. Obě tato měření také umožní určit hodnotu ORP, na které by se měla udržovat nastavením dávky O_3 , aby v ozonizované vodě nebyl nadměrný obsah zbytkového O_3 (voda do které se dávkuje plynná směs O_2+O_3 , přichází za směšovačem do reakční nádrže s dobou zdržení podle čerpání surové vody 3,4-1,7 min). Za tuto dobu O_3 bezpečně zreaguje a za reakční nádrží by již neměl být O_3 ve větším množství detekován.

Obsah zbytkového O_3 a ORP v ozonizované vodě se automaticky kontinuálně měří provozními elektrochemickými analyzátory O_3 a ORP a jejich údaje se přenášejí do ŘS, kde se archivují a je pak možné je graficky zpracovat.

Pro směšování ozonu s vodou je použit systém Statiflo GDS se dvěma směšovači v každé lince úpravy.

Flokulace a sedimentace ozonizované vody

Systém I. separačního stupně na ÚV Kroměříž existoval i při původním řešení technologie úpravy.

Stupeň se skládá ze dvou podélných, horizontálních linek sedimentace s předřazenou flokulací. Sedimentační nádrže s flokulací jsou z železobetonu a byly opatřeny mostovými shrabovými kalu. Flokulační nádrže byly opatřeny mechanickým mícháním pomocí pádlových míchadel, přičemž v každé flokulační nádrži jsou dvě pádlová míchadla.

Obě nádrže sedimentace s flokulací byly vyhovující i pro řešení I. stupně separace po rekonstrukci. V rámci rekonstrukce proběhla u sedimentačních nádrží částečná modernizace, tj. výměna shrabováků, odkalovacích armatur na kalových komorách, řízení doby vypouštění kalu od zákalu měřeného (zákaloměr Solitax) v odpadním

potrubí před kalovými nádržemi v kalovém hospodářství. Rovněž byl vyměněn odběrní žlab odsazené vody. Došlo i k sanaci povrchů nádrží.

V těchto dvou na sebe navazujících nádržích probíhají důležité procesy pro dostatečně účinné snížení obsahu suspendovaných vysrážených sloučenin, jejichž zbytek se pak zachytí na filtrech. Musí být vytvořeny takové podmínky, aby obsah těchto látek byl co nejmenší a tak se zbytečně nadměrně nezatěžovaly filtry (jedná se hlavně o spotřebu prací vody).

Ve flokulaci vznikají vločky vysrážených oxidů Fe a Mn, v sedimentaci se vločky usazují. Vznik dobře sedimentujících vloček a jejich sedimentace jsou odlišné procesy. Ve flokulaci se ozonizovaná voda míchá dvojicí původních horizontálních pádlových míchadel, která jsou v komorách oddělena děrovanou stěnou.

Míchadla mají plynule regulovatelné otáčky, přičemž v každé komoře jsou otáčky rozdílné: v 1. komoře vyšší ($3-4 \text{ ot.min}^{-1}$), ve 2. komoře nižší ($2-3 \text{ ot.min}^{-1}$). Důvody jsou známy: v 1. komoře vznikají mikrovločky, ve 2. komoře pak větší, sedimentující vločky, které by se při vyšších otáčkách již mohly rozbíjet. Dělicí stěna zajišťuje, že se obsah flokulace nepromíchává v celém objemu nádrže a tak se skutečná doba zdržení blíží době teoretické. Jedná se potom o dvoustupňovou kaskádu průtočných míchaných reaktorů.

Při tomto řešení vznikají kvalitnější vločky oproti jednokomorové flokulaci, kde je podstatně širší distribuce velikosti částic (vloček).

Bez míchání ve flokulaci by vločky nevznikly, vznikla by jen koloidní nesedimentující suspenze, jak prokázaly naše ozonizační pokusy.

Vyvločkováná voda se vede do sedimentace, od které je flokulace oddělena stavitelnou děrovanou stěnou. Tlaková ztráta na této stěně zajišťuje, že nevzniká zkratový proud při dně sedimentační nádrže a skutečná doba zdržení v sedimentaci se blíží době teoretické. Za stěnou jsou kalové komory kam sedimentují nejtěžší vločky a hlavně se do nich kontinuálně shrabuje kal ze dna sedimentační nádrže. Proudění v otvorech stěny musí být tak vysoké, aby za stěnou nevznikal tzv. gravitační proud (voda je ke dnu strhávána sedimentujícími vločkami). Nastavení otvorů stěny by mělo být pro průměrný výkon úpravny vody.

Zpracovatel návrhu technologie věděl, že vzniklá suspenze je tvořena poměrně lehkými vločkami, které bez zatěžkávadla hůře sedimentují (absence dekarbonizačního kalu a nerozpuštěného hydrátu vápenatého), ale vzhledem k tomu, že sedimentace jsou pro uvažované výkony předdimenzovány, účinnost sedimentací je dobrá. Tyto informace byly známy již z průběhu ozonizačních pokusů, kdy byly hodnoceny sedimentační vlastnosti suspenze vzniklé po ozonizaci.

Účinnost sedimentace se posuzuje na základě údaje zákaloměru, který kontinuálně měří zákal v odsazené vodě před filtry (údaje se přenášejí do ŘS, kde se registrují). Bodově se zde také sleduje i obsah MnO_4^- , který má vliv na chod filtrů (velmi citlivá je námi vyvinutá metoda s použitím o-tolidinu).

Filtrace jako druhý separační stupeň

Odsazená voda se vede na čtyři původní, při rekonstrukci modernizované filtry. Filtrační plocha se rekonstrukcí nezměnila. Zásadní změnou je odstranění meziden filtru a montáž moderního drenážního systému Triton. Byla také zavedena filtrace s klesající zdánlivou filtrační rychlostí (rychlost proudění vody mezi zrny písku, které se během filtrace postupně stále více znečišťují, se tak udržuje na stejné hodnotě). Popis tohoto procesu byl námi vícekrát publikován.

Na filtrech se zachycují nejen suspendované látky, ale dochází také k chemickým i biochemickým reakcím.

Jedná se především o oxidaci zbytkového stopového Mn^{+2} manganistanem, který vzniká oxidací Mn v ozonizačním stupni. Vzniklý MnO_4^- se pak usazuje na zrnech písku, částečně vytváří pak nerozpustnou vrstvu, která má katalytické účinky (preparace pískového zrna), částečně se při praní odstraňují do prací vody. Jestliže se na filtry s preparovaným pískem přivádí voda s pH nižším, než 7,8, preparace se postupně rozpouští. Toto by byl případ ÚV Kroměříž, kde voda vykazuje pH (podle našich sledování ozonizované vody) 6,97-7,00. Přesto se preparace nerozpouští, protože voda přicházející na filtry obsahuje v malém množství manganistan, který rozpouštění zabraňuje (regenerace preparace).

Preparace má záporně nabitý povrch, takže se na něm sorbují ionty s kladným nábojem, především Mn^{+2} a NH_4^+ . Kromě působení MnO_4^- se sorbované ionty oxidují ve vodě rozpuštěným O_2 (po ozonizaci voda obsahuje nad $10 \text{ mg.l}^{-1} O_2$). Tato oxidace je katalyzována MnO_2 , na kterém jsou kladné nabití ionty sorbovány (jedná se pak spíše o chemisorpci). Tak se oxiduje Mn^{+2} na MnO_2 , který částečně zůstává na povrchu písku, podobně i NH_4^+ na NO_3^- , který přechází do filtrované vody (na záporném povrchu MnO_2 se nesorbuje). Část NH_4^+ sorbovaných na částicích MnO_2 , které nejsou zatím pevně zakotveny v preparaci a odchází s nimi do prací vody. V případě NH_4^+ však dochází ještě paralelně k biochemické oxidaci (nitrifikaci) prostřednictvím všude přítomných nitrifikačních bakterií. Probíhá ve 2 stupních: NH_4^+ na NO_2^- , NO_2^- na NO_3^- , a je silně závislá na obsahu O_2 ve vodě. Přítomnost dezinfekčních prostředků ve vodě, včetně MnO_4^- , reakci NO_2^- na NO_3^- brzdí, až zastaví, takže ve vodě se ve zvýšené míře objevují NO_2^- . Toto je důvod, proč se musí kontrolovat obsah MnO_4^- ve vodě přicházející na filtry. Ovšem, pokud by se na filtrech bakterie příliš rozmnožily, mohou jejich metabolity ve větším množství ve filtrované vodě reagovat s dezinfekčním chlorem na chuťově a čichově nepříjemné a zdravotně závadné látky (chlorderiváty). Manganistan může také omezovat bakteriální oživení v pískové vrstvě na rozumnou míru, ale nesmí být v takové koncentraci, která by potlačila zcela nitrifikaci. Je třeba zdůraznit, že nitrifikační bakterie nelze z filtrů zcela odstranit, takže se vždy musí počítat jak s chemickou, tak bakteriální oxidací NH_4^+ . Metoda sledování MnO_4^- je k dispozici.

Průběh nitrifikace u vody s obsahem NH_4^+ a současně neobsahující Mn se dá hodnotit podle spotřeby O_2 během filtrace. Nitrifikace, zvláště u vyšších obsahů NH_4^+ , je náročná na spotřebu O_2 , takže pokles obsahu O_2 během filtrace ve filtrované vodě je velmi citlivý ukazatel účinnosti nitrifikace. Laboratoř bude schopna tyto ukazatele pravidelně sledovat a technolog pak provede v provozu náležitá opatření.

Také je třeba se zmínit, že při praní filtrů se měří zákal odpadní prací vody a podle nastavené hodnoty zákalu se pak zastaví dopírání prací vodou. Je zřejmé, že během provozu se také bude měnit složení odsazené vody, takže spotřeba prací vody nebude vždy stejná, takže lze pak ušetřit prací vodu.

U filtrů došlo k sanaci povrchu betonových nádrží, k novým obkladům žlabů a stěn. Nový drenážní nerezový systém zcezení Triton byl již dříve popsán v řadě předcházejících prací. U filtrů došlo ke kompletní výměně rozvodů vně filtrů, tj. výměna trubních rozvodů a koncovek z černé oceli za nerezové potrubí ze speciální třídy oceli. Byly vyměněny veškeré armatury včetně servopohonů a příslušné analyzátory.

Odkyselování filtrované vody

Ozonizovaná voda vykazuje hodnoty cca pH 7. Surová voda není provzdušňována a tím odkyselena a rovněž není alkalizována vápenným mlékem. Existuje reálná pravděpodobnost, že upravená voda přiváděná do vodovodní sítě může být agresivní. Navíc surová voda ze zdrojů Podzámecká zahrada a Břest nevyžadující odstraňování železa a manganu je přiváděna za linku separace a je směřována s vodou upravenou po separaci. U takto vzniklé směsi vody může kyselost ještě narůst a agresivita se zvýšit.

Z tohoto důvodu je třeba řešit odkyselování vody před její akumulací a následným čerpáním do centrálního vodojemu Barbořina, který je řídicím vodojemem pro celý SV Kroměříž.

Řešením tohoto stavu je aerace směsi vody po separaci ve směsi s vodou ze zdrojů Podzámecká zahrada a Břest. Aerace probíhá na aeračních věžích. S ohledem na výškové poměry je třeba vodu na provzdušňovací věže čerpat. Přes tuto skutečnost je výpočtem prokázáno, že u nové technologické linky po rekonstrukci suma potřebné energie pro ozonizaci a přečerpávání je nižší, než spotřeba energie pro mechanickou aeraci při původním řešení technologie úpravy vody.

Důležitým ukazatelem je zde obsah agresivního CO_2 , který sleduje laboratoř (výpočet, Heyerova zkouška), avšak aeraci nelze takto provozně automaticky řídit. Proto se bude automaticky kontinuálně měřit hodnota ΔpH , tj. rozdíl mezi pH vody originální a téže vody, která prošla odkyselovací kolonou. Pokud je hodnota ΔpH rovna 0, voda není agresivní, a tato hodnota odpovídá výsledku Heyerovy zkoušky. V obou případech však při ΔpH 0 není známo, zda voda po aeraci nebude mít tendenci k dekarbonizaci (pH aerované vody nad 8,3).

Rozhodující informaci dodá provozní laboratoř. Řešením je, že hodnota ΔpH nebude 0, ale slabě odlišná od 0. V tomto případě, s ohledem na vysokou alkalitu ($\text{KNK}_{4,5}$) vody, nehrozí nebezpečí, že by voda byla agresivní a naopak nebude mít sklon k dekarbonizaci. Hodnota ΔpH musí být experimentálně stanovena ve spolupráci s laboratoří pro konkrétní případy, tj. při změně kvality surové vody a při změně čerpání.

Aerace filtrované vody se provádí na 4 aeračních věžích, které se budou zapojovat podle potřeby, tj. od hodnoty ΔpH a výkonu úpravní vody. Všechny aerační věže nemusí být v provozu. Dále se dle ΔpH bude skokově zvyšovat výkon ventilátorů a také jejich počet v provozu. Podrobnosti jsou uvedeny v algoritmech řídicího systému.

Dezinfekce upravené vody

Rekonstrukcí úpravní vody nedochází ke změně dezinfekčního prostředku. I nadále bude hygienické zabezpečení upravené vody zabezpečováno plynným chlorem (Cl_2). Dochází pouze k modernizaci technického zařízení pro soubor dávkování chloru.

Chlorová voda se zavádí do upravené vody za aeraci, rozmíchání chlorové vody v celém proudu vody zajišťuje statický mísič.

Dávkování chloru je automaticky řízeno od průtoku upravené vody.

Dávkování Cl_2 se bude stále řídit podle obsahu Cl a pH ve vodě na výtlaku do VDJ Barbořina.

Na úpravě vody je automaticky kontinuálně působící analyzátor Cl a pH na výtlaku do VDJ, což umožňuje dávkování Cl_2 řídit. Měření pH je zde důležité kvůli závislosti obsahu Cl (a jeho forem) na hodnotě pH vody (čím vyšší pH, tím je nižší účinnost

dezinfekce). Pokud není použito čidlo Cl nezávislé na pH, pak se musí zavést úprava pH do kyselé oblasti.

Upravená, hygienicky zabezpečená voda se odvádí do akumulace v úpravně vody (2400 m³). Z akumulace je voda čerpána do řídicího vodojemu Barbořina pro akumulaci a následný rozvod do spotřebiště.

Řídicí systém

Úpravna vody je řešena ve vysokém stupni automatizace. Stávající řídicí systém je nahrazen novým řídicím systémem a to jak ve své HW tak v SW části. Vedle automatizace je u řídicího systému uplatněno kritérium pro vysokou zabezpečenost stabilní dodávky pitné vody po stránce kvantitativní i kvalitativní. V neposlední řadě řídicí systém zabezpečuje bezpečnost provozu úpravny vody.

Kalové hospodářství

Odpadní technologické vody z odkalování sedimentace a z praní filtrů se přepouští do objektu kalového hospodářství, kde jsou umístěny 2 odsazovací nádrže o objemu 110 m³ pro vodu z praní filtrů a jedna odsazovací nádrž pro vodu z odkalování sedimentace. Provoz obou nádrží pro odsazování prací vody z filtrů je takový, že po napuštění prací vody dochází k odsazování kalu a po jeho odsazení je voda čerpána zpět do procesu úpravy před filtry. Odsazený kal je přečerpán do třetí odsazovací nádrže, kde je spolu s kalem z odkalování sedimentace dále zahušťován prostým usazováním. Vzniklá kalová voda je vypouštěna do kanalizace města Kroměříže. Společně s městskými odpadními vodami je pak čištěna na městské ČOV. Zahuštěný kal po odsazení se má cyklicky odčerpávat z kalového prostoru nádrže do mobilní odstředivky pro další zahuštění a likvidaci. Nepřítomnost hydrátu vápenatého při procesu úpravy vody pozitivně ovlivňuje množství kalu vznikajícího z úpravy vody. Rovněž složení kalu s ohledem na následné vypuštění odsazené kalové vody do městské kanalizace je příznivé a není třeba mít obavy ze vzniku tvrdnoucích úsad železitovápenatého kalu v kanalizační síti.

Strojní odvodňování zahuštěného kalu na mobilní odstředivce je prováděno centrálně pro celý provoz VaK Kroměříž.

Vyhodnocení 1. etapy zkušebního provozu říjen 2013 – únor 2014

Po dokončení rekonstrukce úpravny vody v říjnu 2013 byl zahájen zkušební provoz se stanovenou délkou trvání 12 měsíců. Jsou sledovány veškeré parametry, pro které je nastavena úprava vody. V případě surové vody čerpané z jímacích území do úpravny vody se jedná zejména o eliminaci prvků železa a manganu. Dále jsou sledovány další významné parametry jako je pH, KNK_{4,5}, ZNK_{8,3}, hydrogenuhličitany a všechny formy CO₂. V průběhu úpravy se sledují významné ukazatele za jednotlivými stupni úpravy v rámci úpravárenské linky až po výslednou upravenou vodu, která se po hygienickém zabezpečení čerpá do řídicího vodojemu a odtud odvádí do spotřebiště.

Směsná surová voda (průměr)

mangan	železo	pH	KNK _{4,5}	ZNK _{8,3}	HCO ₃ ⁻	CO ₂ agresiv
0,85	5,37	6,9	4,79	1,43	292,32	16,62

CO ₂ volný	CO ₂ celkový	CO ₂ vázaný
62,93	273,77	210,85

Postup úpravy v úpravárenské lince

Ozonizace surové vody

Do směsné surové vody se dávkuje O₃ (resp. plynná směs O₂+O₃)

Teoretická dávka O₃ se pohybuje podle složení surové vody 1,0 – 1,5 mg.l⁻¹ O₃.

V současné době se používá následující nastavení:

Dávka O₃ 1,0 mg.l⁻¹ O₃

Produkce O₃ 273 g.h⁻¹

průtok plynu generátorem 2 m³.h⁻¹

Koncentrace ozonu plynu 137 g.m⁻³, což odpovídá koncentraci ozonu ve směsi 9,2 %.

Tato hodnota je téměř ideální vzhledem k rentabilitě provozu a opotřebení ozonizátorů.

Hodnota ORP ve vodě za reakční nádrží se pohybuje v rozmezí 500 – 700 mV. Hodnota zbytkového ozonu ve vodě za reakční nádrží je cca 0,02 – 0,03 mg.l⁻¹ (ppm).

Flokulace

Z reakční nádrže se vede ozonizovaná voda do dvou paralelních flokulací, kde se tvoří usaditelné vločky Fe(OH)₃ a MnO(OH)₂. V nádržích flokulace (tzv. pomalé míchání) jsou dvojice horizontálních pádlových míchadel. Pohony míchadel jsou plynule regulovatelné otáčky (2-5 ot.min⁻¹).

Nastavení otáček míchadel: otáčky míchadla v 1. komoře (na přítoku) 4-5 ot.min⁻¹, ve 2.komoře pak 2-3 ot.min⁻¹.

Sedimentace

Po rekonstrukci technologie se výrazně zvýšila účinnost sedimentace vytvářených kalových vloček polyhydroxidů železa a manganu a tím se snižuje i zatížení filtrů a je zde předpoklad možného prodlužování pracích cyklů jednotlivých filtrů.

Sedimentace S 1+2 1. 1. - 30. 6. 2012 (před rekonstrukcí)

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
pH	-	251	7,99	7,23	8,19
mangan	mg.l ⁻¹	251	0,64	0,28	0,98
železo	mg.l ⁻¹	251	2,76	0,37	10,4

Sedimentace S-1 1. 10. – 31. 12. 2013

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
pH	-	49	6,93	6,81	7,1
mangan	mg.l ⁻¹	49	0,17	0,06	0,83
železo	mg.l ⁻¹	49	0,74	0,26	4,5

Sedimentace S-2 1. 10. – 31. 12. 2013

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
pH	-	56	7,02	6,86	7,21
mangan	mg.l ⁻¹	56	0,21	0,1	0,87
železo	mg.l ⁻¹	56	0,89	0,32	5,03

Filtrace

Odsazená voda se nyní vede na 4 otevřené pískové filtry s mezidny. Filtrační plocha je celkem $4 \times 38 = 152 \text{ m}^2$. Filtry jsou dostatečně dimenzované i pro nejvyšší uvažovaný výkon a jsou naplněny kvalitně preparovaným pískem, který zajišťuje dobré odmanganování vody.

Za každým filtrem je měření průtoku filtrátu, podle kterého je možné sledovat hydraulické zatížení filtru a je jedním z kritérií pro zahájení praní filtrů (další kritéria jsou doba provozu filtru a množství proteklé vody). Odtoková regulace je na společném potrubí a spolehlivě udržuje konstantní výšku hladiny na všech filtrech.

Prací cyklus jednotlivých filtrů je po rekonstrukci ÚV 7 dnů, ale je zde předpoklad možného prodloužení, které by vedlo k ušetření prací vody, elektrické energie apod.

Během sledovaného období 1. 10. - 31. 12. 2013 nedošlo ani jednou k překročení limitů hodnoty obsahu Fe a Mn ve vodě pod filtry, ani k náznaku zvýšení hodnoty zákalu filtrované vody.

Filtr F-1 1. 10. - 31. 12. 2013

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
KNK 4,5	mmol.l ⁻¹	8	4,79	4,71	4,87
ZNK 8,3	mmol.l ⁻¹	8	0,93	0,77	1,03
hydrogenuhlíčitany	mg.l ⁻¹	8	292	287	297
CO ₂ agresivní	mg.l ⁻¹	8	5,81	2,4	7,48
CO ₂ volný	mg.l ⁻¹	8	40,8	33,9	45,3
CO ₂ celkový	mg.l ⁻¹	8	251	242	260
CO ₂ vázaný	mg.l ⁻¹	8	211	207	214
mangan	mg.l ⁻¹	70	0	0	0
železo	mg.l ⁻¹	70	0,001	0	0,05

Filtr F-2 1. 10. - 31. 12. 2013

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
KNK 4,5	mmol.l ⁻¹	8	4,75	4,67	4,83
ZNK 8,3	mmol.l ⁻¹	8	0,94	0,77	1,13
hydrogenuhlíčitany	mg.l ⁻¹	8	290	285	295
CO ₂ agresivní	mg.l ⁻¹	8	6,6	3,06	10
CO ₂ volný	mg.l ⁻¹	8	41,5	33,9	49,7
CO ₂ celkový	mg.l ⁻¹	8	250	242	262
CO ₂ vázaný	mg.l ⁻¹	8	209	205	213
mangan	mg.l ⁻¹	70	0	0	0
železo	mg.l ⁻¹	70	0,002	0	0,06

Filtr F-3 1. 10. - 31. 12. 2013

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
KNK 4,5	mmol.l ⁻¹	8	4,82	4,67	4,9
ZNK 8,3	mmol.l ⁻¹	8	0,92	0,75	1,02
hydrogenuhlíčitany	mg.l ⁻¹	8	294	285	299
CO ₂ agresivní	mg.l ⁻¹	8	5,33	1,96	8,04
CO ₂ volný	mg.l ⁻¹	8	40,4	33	44,9
CO ₂ celkový	mg.l ⁻¹	8	253	243	258
CO ₂ vázaný	mg.l ⁻¹	8	212	205	216
mangan	mg.l ⁻¹	70	0	0	0
železo	mg.l ⁻¹	70	0	0	0

Název parametru	Jednotka	Počet	Průměr	Minimum	Maximum
KNK 4,5	mmol.l ⁻¹	8	4,71	4,6	4,93
ZNK 8,3	mmol.l ⁻¹	8	0,94	0,73	1,13
hydrogenuhlíčitany	mg.l ⁻¹	8	287	281	301
CO ₂ agresivní	mg.l ⁻¹	8	6,99	2,5	11,1
CO ₂ volný	mg.l ⁻¹	8	41,5	32,1	49,7
CO ₂ celkový	mg.l ⁻¹	8	249	237	263
CO ₂ vázaný	mg.l ⁻¹	8	207	202	217
mangan	mg.l ⁻¹	70	0	0	0
železo	mg.l ⁻¹	70	0,001	0	0,05

Odkyselení vody aerací a hygienické zabezpečení upravené vody chlorací

Voda po filtraci, do které je již zavedena i voda z prameniště Podzámecká zahrada, je čerpána na 4 aerační věže s násypnou náplní. Aerační věže mají výkon až 40 l.s⁻¹ aerované vody. Množství čerpané vody pro aeraci se měří a počet provozovaných věží je závislý na obsahu agresivního CO₂ ve vodě. Řídící systém řídí dle hodnoty ΔpH množství vody, které je třeba vést přes aeraci. Dle této hodnoty se řídí průtok a zapojení dalších věží. Ne všechna upravovaná voda je vedena přes aeraci. Větší část vody je vedena obtokem mimo aerační věže.

V současné době je trvale v provozu 1 aerační věž s podporou ventilátoru.

Chlorovací zařízení Alldos se automaticky řídí od celkového průtoku filtrované vody.

Obsah volného Cl₂ ve vodě se měří kontinuálně před vstupem do akumulace a také na výtlaku vody čerpané do vodojemu. Údaje obou sond jsou v dobré shodě s laboratorně zjišťovanými hodnotami, které se na výtlaku denně stanovují.

Kalové hospodářství

Kalové vody z praní filtrů se vedou do 2 odsazovacích nádrží s usazovacím prostorem 100 m³ a kalovým prostorem 30 m³ u každé nádrže. Třetí nádrž v kalovém hospodářství slouží pro odkalování sedimentačních nádrží. Do této nádrže se rovněž přečerpávají kaly z praní filtrů po předchozím odsazení.

Odsazená prací voda z praní filtrů se po 2,5 hodinách odsazování přečerpává z odsazovacích nádrží zpátky na filtraci v množství cca 120 m³ a to po dobu asi 6 hodin. průtokem 6 l.s⁻¹. Kalová voda se vypouští do kanalizace v množství 30-50 m³ po jednom pracím cyklu a to ihned po vyčerpání odsazené vody, aby jímký byly připravené pro příjem další odpadní prací vody. Průměrná produkce odkanalizování kalové vody je za sledované období 25 m³.den⁻¹.

Předpokládané teze rekonstrukce úpravní vody Kroměříž

- 1) Rekonstrukce úpravní vody Kroměříž proběhla úspěšně v letech 2012 – 2013. Jednalo se o generální rekonstrukci v části technologické a stavební.
- 2) Úpravna vody Kroměříž je rozhodujícím zdrojem pitné vody pro aglomeraci Kroměříž – Hulín – Holešov – Bystřice pod Hostýnem a Nezamyslice. Vodou z úpravní vody je zásobováno více, než 100.000 obyvatel a řada subjektů z podnikatelské, komunální a privátní sféry.

- 3) Modernizace úpravny vody si vyžádala náklady téměř 182 mil. Kč a byla financována dílem z Operačního systému životního prostředí EU, dílem ze Státního fondu životního prostředí ČR. Zbylé finanční prostředky byly zabezpečeny z rozpočtu společnosti Vodovody a kanalizace Kroměříž, a.s.
- 4) Celá rekonstrukce úpravny vody probíhala za plného provozu a bez výpadků v zásobování aglomerace pitnou vodou.
- 5) V řešení technologie úpravy byla použita nově technologie předúpravy ozonizací, jako náhrady za mechanickou aeraci a dávkování hydrátu vápenatého v původní technologii.
- 6) S ohledem na obsah železa a manganu v surové vody z osmi jímacích zdrojů byla ponechána dvoustupňová úprava vody.
- 7) V I. separačním stupni došlo k modernizaci stávajícího technologického zařízení pro shrabování kalu. Rovněž došlo k sanaci nádrží a dalším stavebním úpravám. Významným technologickým počinem bylo rozdělení flokulace na dva samostatné míchané reaktory, ve kterých vznikají částice (vločky) o různém stáří a velikosti.
- 8) V II. separačním stupni je nejvýraznějším počinem odstranění filtračních mezíden a jejich náhrada za nerezový drenážní systém Triton s dokonalou funkcí a jednoduchou možností údržby. Rovněž došlo ke kompletní sanaci nádrží filtrů a k novému trubnímu vystrojení vnějších rozvodů filtrace a to včetně armatur.
- 9) U filtrace došlo ke změně způsobu filtrace ve prospěch zavedení filtrace s klesající zdánlivou filtrační rychlostí.
- 10) Odkyselení upravené vody po separaci se provádí na aeračních věžích, je řízeno automaticky, je energeticky nenáročné a je minimalizována potřeba údržby s ohledem na neexistenci železa a manganu v provzdušňované vodě.
- 11) Kalové hospodářství racionálně zajišťuje vracení odsazené prací vody do procesu úpravy, čímž dochází k úsporám čerpané podzemní vody.

Kalové vody jsou bezproblémově vypouštěny do městské kanalizace a jsou likvidovány společně s městskými odpadními vodami na městské ČOV.

Vlastní kal je strojně odvodňován mobilním zařízením a likvidován na skládce.
- 12) Hygienické zabezpečení vody je nadále prováděno plynným chlorem a je plně automatizováno a kontrolováno řídicím systémem.
- 13) Řídicí systém je kompletně nový ve své HW i SW části. Řídicí systém zabezpečuje vysoký stupeň automatizace provozu úpravny vody, ale rovněž zabezpečuje vysoký stupeň zabezpečení dodávky pitné vody s ohledem na množství i kvalitu. V neposlední řadě řídicí systém zabezpečuje zvýšení bezpečnosti při provozu.
- 14) Hlavní výhody navržené technologie s ozonizací surové vody jsou:
 - snížení energetické náročnosti úpravy
 - odstranění hydrátu vápenatého z procesu úpravy
 - zlepšení organoleptických vlastností upravené vody
 - snížení potřebné dávky chloru u hygienického zabezpečení vody
 - snížení množství kalu z úpravy vody
 - zjednodušení likvidace kalu v důsledku jeho složení a konzistence
- 15) Pro úspěšnost návrhu ozonizační technologie je vždy nezbytné provedení ozonizačního pokusu s konkrétní surovou vodou. Vyšším stupněm je poloprovozní odzkoušení procesu.

Závěrečné poznatky z vyhodnocení 1. etapy zkušebního provozu

- a) Došlo k potvrzení projektově navržené dávky technologického ozonu pro oxidaci železa a manganu v rámci předúpravy vody.
- b) Účinnost sedimentace jako prvního separačního stupně se zlepšila v ukazateli odstraňování manganu z původních cca 25 % na současných cca 82 %.
- c) Účinnost sedimentace jako prvního separačního stupně se zlepšila v ukazateli odstraňování železa z původních cca 51 % na současných cca 85 %.
- d) Filtrační cyklus byl prodloužen na současných 7 dnů s vizí dalšího možného prodloužení s ohledem na kalovou kapacitu filtrů, která je k dispozici pro přiváděnou vodu z prvního separačního stupně s nižším zatížením.
- e) Účinnost filtrace stran odstraňování železa a manganu je stoprocentní.
- f) S ohledem na prodloužení pracovního cyklu u filtrů dochází k značné úspoře vody pro praní filtrů.
- g) Vracení odsazené vody z praní filtrů do procesu úpravy vytváří úsporu cca 83 % prací vody, která nejde do odpadu v rámci kalového hospodářství.
- h) Množství kalu při metodě bet použití hydrátu vápenatého je významně nižší. Konzistence kalu je takového charakteru, že je vypouštěn přímo do kanalizační sítě města Kroměříže.
- i) Úspora elektrické energie úpravny vody po rekonstrukci činí cca 20 %. Zde se jedná o úsporu jak ve stupni předúpravy vody (mechanická aerace nahrazena ozonizací), tak v ekonomice čerpání upravené vody do řídicího vodojemu spotřebiště.
- j) Úpravna vody po rekonstrukci v důsledku automatizace a přechodu na jednosměnný provoz vykazuje úsporu 3-4 pracovníků.

Porovnání konvenčního a jednosměrného proplachování vodovodní sítě

Ing. Lubomír Macek, Csc., MBA; Ing. Jan Škripko

Aquion, s.r.o.,

Osadní 324/12A, 170 00 Praha 7, lubomir.macek@aquion.cz

Abstrakt

Príspevek se zabývá možnostmi čištění vodovodní rozvodné sítě pomocí konvenčního a jednosměrného proplachování. Jednosměrné proplachování zahrnuje systematické uzavírání šoupátek a otevírání hydrantů s cílem dosáhnout jednosměrného proudění vody. Oba přístupy jsou porovnány za pomoci simulačního modelování. Rozdíl mezi metodami je analyzován pomocí dosažených rychlostí, vypuštěného objemu vody a celkového času pro vypouštění. Jednosměrné proplachování hydrantů pomáhá dosáhnout vyšších rychlostí. Tím dojde k lepšímu odplavení usazených nečistot ve vodovodním potrubí. Jednosměrné proplachování také spotřebuje menší množství vody.

Úvod

Jedním ze základních kamenů údržby vodovodní sítě je její proplachování. Proplachování provádíme po opravách potrubí i během nové výstavby potrubí tak, abychom z potrubí pokud možno vyplavili všechny nečistoty, pokud už se do potrubí dostaly. Častěji proplachujeme síť také, pokud se množí připomínky odběratelů na kvalitu dodávané vody. Proplachování by mělo být jednou z pravidelných činností, která zlepšuje kvalitu dodávané vody a snižuje množství sedimentu na dně potrubí, ev. i množství biofilmu na jeho stěnách.

Příčiny „hnědé“ vody

Hnědá voda je jednou z hlavních stížností odběratelů vodu, která se objeví, když odběratel otočí kohoutkem a vidí, že z něho teče méně čistá voda. To může být způsobeno několika příčinami. Jedna příčina, při které se téměř vždy objeví hnědá voda, je velmi vysoký průtok v potrubí. Za normálních okolností teče voda ve vodovodním potrubí pomalu a převážně středem potrubí, mezní vrstva je plně vyvinutá a proudění je převážně laminární. Se zvyšující se rychlostí se zvyšuje gradient rychlosti u stěny potrubí, mezní vrstva se zmenšuje a blíže ke stěnám potrubí zasahují turbulence z proudění (Kolář, Patočka, Bém, 1983). Jak se zvyšuje rychlost proudění, začíná docházet k vznosu sedimentů uložených na dně potrubí. Jemné sedimenty jsou uvedeny do vznosu a opět sedimentovat mohou až s poklesem rychlosti proudění. Jakmile se sediment dostane do plného průřezu potrubí, je transportován dále. Vzhledem k tomu že u jemných sedimentů je sedimentační rychlost velmi nízká, dojde k jejich vyplavení u odběratelů z kohoutků (Bellevue Fire, 2012).

Pokud ignorujeme produkty koroze a další vznikající inkrusty a sedimenty v potrubí, může docházet díky postupnému zarůstání potrubí ke zvyšování hydraulických ztrát, ke zmenšování průtočného průřezu a tím ke snižování tlaku. Tyto látky mohou také přispívat ke snižování koncentrace chloru. Proplachováním potrubí pečujeme o bezpečnost vody, zlepšujeme její kvalitu a správně pečujeme o rozvodný systém. Proplachováním potrubí, v závislosti na dosažených rychlostech v potrubí při proplachování, odstraníme jen část sedimentů či inkrustů. V závislosti na místních možnostech je možné použít chemický nebo mechanický způsob eliminace inkrustů.

V našem příspěvku se chceme zabývat výhradně odstraňováním sedimentů a pravděpodobně i nějakého podílu inkrustů pomocí proplachování vodovodního potrubí.

Výměna stagnující vody je zvlášť důležitá na mrtvých koncích a v oblastech s malými průtoky. Tyto oblasti je vhodné proplachovat častěji.

Testování hydrantů

Při proplachování vodovodního potrubí je žádoucí dosáhnout co největší rychlosti proudění v potrubí. Když naplno otevřeme hydrant pro proplachování, zvýšení průtoků můžeme vnímat také jako příležitost ke kontrole hydrantu a vodovodní sítě. Při otevření hydrantu máme příležitost kontrolovat a zapisovat následující parametry:

- Odvodnění hydrantu
- Viditelné a slyšitelné úniky
- Správná funkce uzávěru
- Vyplachované produkty koroze a rez
- Vyplavované pevné částice, např. štěrk
- Tlak vody
- Stanovení zákalu – umožní vyhodnotit množství znečištění
- Stanovení barvy vody
- Stanovení pH vody v řadu – může identifikovat případné problémy s potrubím
- Koncentrace chloru na začátku a na konci proplachování – identifikuje případné organické látky
- Průtok

Informace o velikosti výtoku z hydrantu, tlakových poměrech, kvalitě vody a o technickém stavu hydrantu představují základní informace o stavu vodovodní sítě.

Preventivní údržba hydrantů

Většina vodáren má nějaký program preventivní péče o svou infrastrukturu. Většinou to zahrnuje „protáčení uzávěrů“ a „protáčení hydrantů“, které se provádí postupně během roku. Tyto programy jsou často prováděny odděleně od proplachování sítě. Jeden z přínosů jednosměrného proplachování je schopnost zkombinovat všechny preventivní protáčecí programy do jednoho. Správně navržené jednosměrné proplachování umožňuje provést všechny potřebné aktivity najednou. Všechny uzávěry, hydranty, výtokové objekty a další zařízení mohou být použity současně.

Úspory

Úspory z implementace jednosměrného proplachování jako součásti programu preventivní péče jsou podstatné. Pokud běží jednotlivé preventivní činnosti odděleně, jsou vyšší náklady. Spojení všech programů do jednoho spoří náklady na vozidla, lidskou sílu a palivo. Podstatné mohou být také úspory vody, protože pro jednosměrné proplachování spotřebujeme méně vody a dosahujeme vyšších rychlostí proplachování.

Doba a čas proplachování

V literatuře (např. Brand, 2014) je doporučována maximální doba odkalení jednoho hydrantu 20 min. Při své práci jsme se setkali s místy, kdy z hydrantu i po takovéto době vytékala zabarvená voda. To jsou ovšem výjimky.

V případě, že provozovatel vodovodu disponuje simulačním modelem, může stanovit čas proplachování individuálně vzhledem k místním podmínkám a k potřebě vyměněného množství vody v potrubí (viz. výpočty na konci příspěvku). V tomto případě se to projeví v šetření času a spotřebované vody.

Oblasti s vysokým zákalem nebo z potrubí z litiny by měly být proplachovány v noci (Brand, 2014), aby byl omezen dopad na běžné odběratele. Některé vodárny provádějí proplachování sítě v období mezi 22:00 a 6:00 hodinami.

Strategie proplachování

1. **Bodové proplachování** – jedná se o retroaktivní přístup, který je nejčastěji používaný. V případě, že se objeví stížnosti na kvalitu vody, je otevřen nejbližší hydrant, ze kterého se vypouští voda.
2. **Proplachování stagnujících míst v síti** - se používá v oblastech se stagnující vodou, jako jsou mrtvé konce, oblasti s nízkými průtoky apod. Jedná se o preventivní krátkodobá opatření ke zlepšení kvality vody v síti.
3. **Systematické proplachování rozvodného systému** - zajišťuje dobrou kvalitu vody a pomáhá prodlužovat životnost systému. Jedná se o nejkomplexnější a nejúčinnější způsob proplachování. Jedná se o preventivní opatření s dlouhodobým účinkem.

Metody proplachování

- a. **Konvenční proplachování.** Běžnou praxí, pokud se objeví stížnosti na kvalitu vody, je otevření nejbližšího hydrantu na dobu, po které z něho vytéká zakalená voda. To může představovat velmi dlouhý proces, který stojí hodně vody a času. Voda přitéká ze všech směrů, rychlosti proudění jsou nízké a nedochází k tak významnému vyčištění potrubí. Tato metoda neumožňuje řídit směr proplachování.
- b. **Jednosměrné proplachování.** Jednosměrné proplachování je relativně nový proces, který zahrnuje systematické zavírání šoupátek v rozvodné síti a otevírání hydrantů s cílem vytvořit jednosměrné proudění vody pro proplachování a čištění usazenin uvnitř potrubí. Jednosměrné proplachování umožňuje izolovat vodovodní síť v nejbližším okolí proplachovaného potrubí a přesně potrubí propláchnout. Jedná se o vysoce účinný proces, který využívá tlak v rozvodném systému pro vyčištění vnitřku potrubí bez použití druhotných zařízení jako např. čistících prasátek. Voda teče jedním směrem, jsou dosaženy vyšší rychlosti v potrubí, což podporuje jeho propláchnutí, eventuálně i odstranění části biofilmu z povrchu potrubí a dosahuje se lepšího vyčištění potrubí. Tento proces je možné použít za různých situací na rozvodné síti: při odstraňování stížností na kvalitu vody, po opravách potrubí nebo jednoduše pro zajištění vysoké úrovně kvality rozváděné vody.
- c. **Kontinuální výtok.** Jedná se o nepřetržitý výtok vody ve stagnujících oblastech, dosahují se nízké rychlosti v potrubí (do $0,3 \text{ m.s}^{-1}$). Tato metoda má malý vliv na vyčištění potrubí a má velkou spotřebu vody. Jejím opodstatněním může být snížení kritické doby zdržení vody ve vodovodním systému.

Pravidla pro jednosměrné proplachování

Pravidla pro jednosměrné proplachování vycházejí ze stávajících směrů proudění vody:

- Proplachovat od potrubí větších průměrů k menším
- Proplachovat od čistých míst k zaneseným
- Proplachovat ve směru proudění vody v potrubí při běžném zásobování vodou
- Maximální délka proplachovaného úseku do 500 m
- Proplachovat dostatečně dlouho, aby došlo k dvojnásobné výměně vody v řadu

- Proplachovat řady do průměru 300 mm. Řady většího průměru jsou zásobní řady, v kterých předpokládáme rychlejší proudění vody a menší usazování. V případě nutnosti můžeme proplachovat řady do průměru 500 mm. U řadů větších průměrů je rychlost proplachování omezena kapacitou vlastního vodovodního systému a možností otevřít maximálně dva hydranty.
- Proplachovat vodu až do okamžiku, kdy splňuje požadavky na její kvalitu
- Při proplachování zajistit dostatečný tlak ve vodovodu v okolí otevřených hydrantů
- Dodávka vody odběratelům musí zůstat plně funkční

Proplachovací plán vodovodní sítě nejsnadněji sestavíme za použití simulačního modelu vodovodu. Díky použití simulačního modelu, jak je vidět v další části příspěvku, známe přesněji rychlosti a tlaky v potrubí při proplachování. Výsledky simulačního modelování umožňují nastavit správně čas proplachování.

Směrnice AWWA pro rychlosti při proplachování

AWWA uvádí tyto rychlosti (Brand, 2004):

- $0,9 \text{ m.s}^{-1}$ – odstraňuje sedimenty a snižuje spotřebu dezinfekčního prostředku
- $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ – odstraňuje biofilm a podporuje strhávání částic ze stěn potrubí
- $3,7 \text{ m.s}^{-1}$ – odstraňuje písek za sifonů

AWWA doporučuje při každém proplachování dosáhnout rychlosti $1,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Kritičtí odběratelé

Kritický odběratel je definován jako „každý odběratel, který potřebuje vodu pro zdravotní nebo obchodní účely“. Zahrnuje to:

- Nemocnice, kliniky a zubní ordinace
- Pečovatelská zařízení
- Průmysl - potravinářský, nápojový, specializovaná výroba – např. mikrochipy
- Dialyzační jednotky veřejné a soukromé

Tito odběratelé musí být zvlášť pečlivě informováni o plánovaných proplachováních potrubí. Současně při plánování proplachů musíme těmto kritickým odběratelům zajistit nepřerušovanou dodávku vody s potřebnými parametry a pokud toho není možné, proplachování provádět po dohodě ve vhodný čas.

Příklad proplachovacího plánu a jeho vývoje, Edmonton

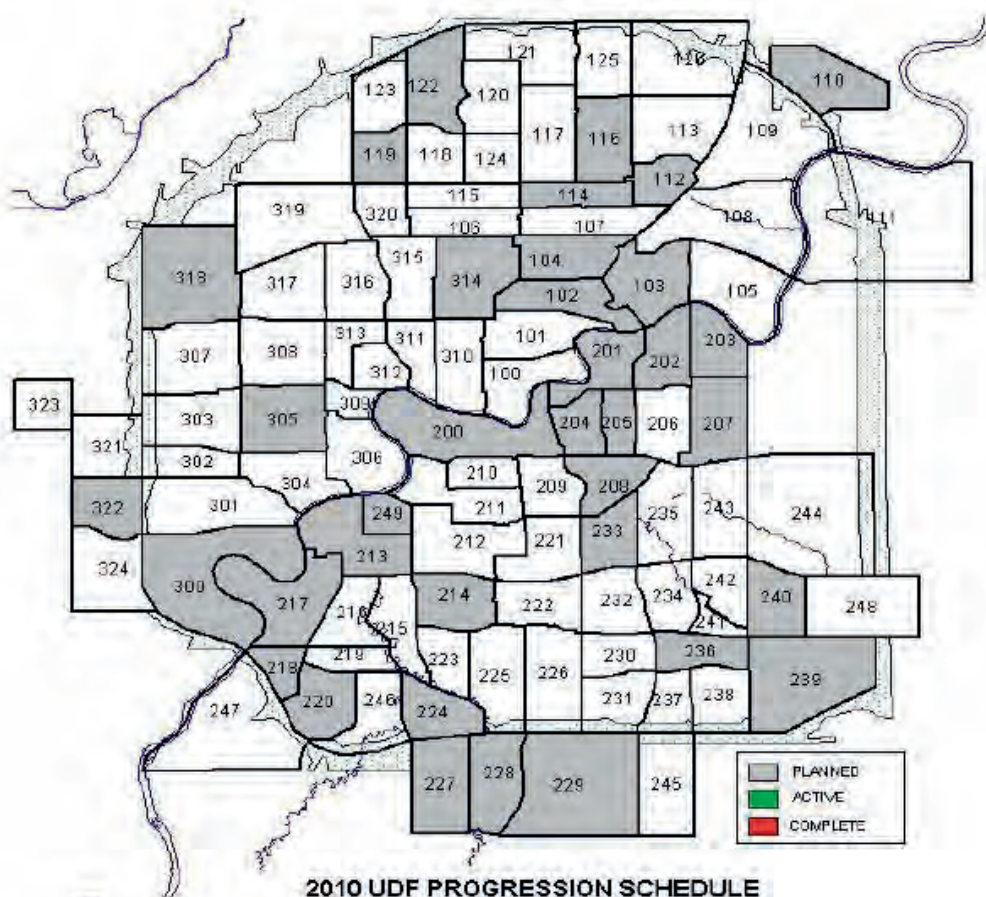
Na obr. 1 vidíme proplachovací plán Edmontu (Kanada, cca 730 tisíc obyvatel). V roce 1995 se proplachovací plán sestával z 80 oblastí, 4 500 navržených proplachovacích hydrantů, s dvouletou frekvencí, kdy v prvním roce bylo proplachováno potrubí z tvárné litiny, v druhém roce potrubí z azbestocementu a PVC. V roce 2002 byly analyzovány informace ze sedmi let proplachování a došlo ke snížení četnosti proplachování na jednou za tři roky. Pro určení četnosti proplachování v jednotlivých oblastech je nyní používáno pět parametrů:

- Procento potrubí z tvárné litiny
- Délka jednotlivých proplachovaných potrubí
- Průměrná doba proplachování v minutách
- Průměrná hodnota zákalu na začátku proplachování
- Počet stížností na kvalitu vody.

Každá oblast má nyní výsledné číslo, podle kterého se stanovuje priorita proplachování:

- 5 bodů – proplachováno každý rok
- 0 bodů – proplachováno každé 4 roky

V roce 2012 je město rozděleno, jak je vidět na obr. 1, do 108 proplachovaných oblastí, které se sestávají z 6 000 navržených proplachů/proplachovacích hydrantů.



Obr. 1. Proplachovací plán Edmonton z roku 2005

Proč používat simulační model vodovodu?

Přemýšleli jste o využití simulačního modelu jako podpůrného nástroje pro plánování proplachovacích aktivit? Provozní simulační model, který využívá aktuálních dat z GISu a výsledky dispečerského měření je velmi hodnotným nástrojem pro plánování a vyhodnocení proplachovací kampaně nebo proplachování jednotlivými hydranty. Je to zejména proto, že podrobný simulační model sestavený pro provozní účely dokáže zohlednit většinu místních specifik a plán proplachování je tak připraven a ověřen pomocí vhodného nástroje. Tím je zkalibrován a ověřen provozní simulační model vodovodu, který umí simulovat rychlosti, tlaky a další parametry ve vodovodu v čase, tak jak postupují jednotlivá proplachování. Díky simulačnímu modelu můžeme levněji posoudit více scénářů proplachování a vybrat vhodný způsob, návrhy jsou přesné a rychleji a lépe je možné plánovat a posuzovat rozsáhlé systémy.

Porovnání obou přístupů proplachování pomocí simulačního modelu vodovodu

Pro demonstrování rozdílu obou přístupů proplachování byla vytvořena případová studie okružové vodovodní sítě malého města s celkovým průměrným odběrem $23,6 \text{ l.s}^{-1}$. Pomocí programu SiteFlow jsme vytvořili simulační model vodovodu a provedli výpočty hydraulických poměrů za konvenčního a jednosměrného proplachování. Ve výpočtech předpokládáme průměrný odběr. Jak je zřejmé z celkové situace na obr. 2, je struktura vodovodní sítě simulačního modelu schematizovaná, co umožňuje lépe pochopit podstatu chování sítě. Plocha posuzované oblasti je 1 km^2 , a je sestavena z 10×10 čtverců o hraně (délce vodovodního potrubí) 100 m. Základní parametry zásobování pitnou vodou jsou: 10 000 obyvatel, průměrný odběr pro obyvatelstvo $11,6 \text{ l.s}^{-1}$, odběr pro průmysl 12 l.s^{-1} , tlak vody 66 m vodního sloupce.

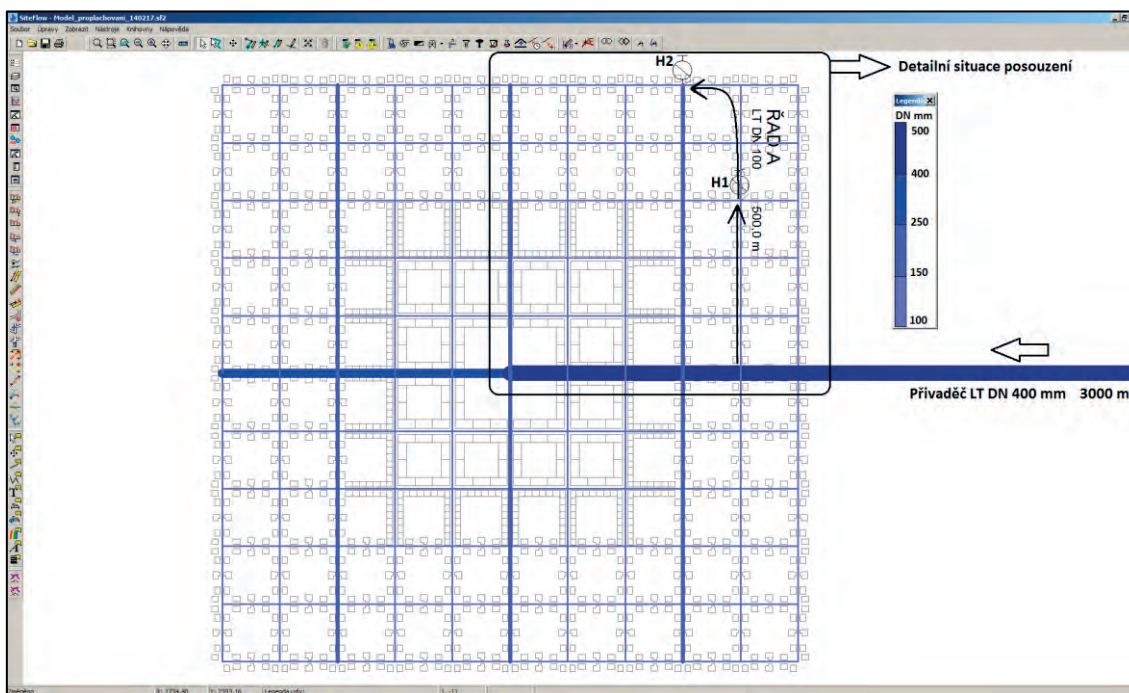
Předpokládáme, že v celé síti je potrubí z jednoho materiálu - litiny. Terén je rovinatý, v našem modelovém případě je horizontální. Přivaděč z vodojemu do spotřebiště je dlouhý 3 km s průměrem DN 400 mm. Celková délka rozvodných řadů je 22 km. Jak je vidět z obr. 2, přivaděč DN 400 vede do středu města a dál pokračuje potrubí DN 250. Jižním a severním směrem vedou vždy tři řady o průměru 150 mm, ostatní vodovodní potrubí má DN 100.

Pro porovnání jsme spočítali proplachování vodovodního řadu A s průměrem potrubí DN 100 mm a přilehlých úseků v severní části města. Jednosměrné proplachování bylo provedeno ve směru J-S ve dvou etapách po 300 metrů dlouhých úsecích pomocí hydrantu H1 a H2 (obr. 2). Konvenční proplachování bylo provedeno otevřením hydrantů za plně otevřené sítě. Při jednosměrném proplachování jsme uzavřeli všechny boční větve po celé délce 300 m a nechali otevřený jenom přívod vody na začátku proplachovaného úseku. V následující tabulce jsou uvedené výsledky výpočtů.

Tab. 1 Výsledky výpočtů – proplachování Řadu A, DN 100, celková délka 600 m

Řad A DN 100 (Sever)	Konvenční		Jednosměrné	
	H1	H2	H1	H2
Výtok hydrantem [l.s^{-1}]	27,6	27,7	18,3	17,9
Minimální tlak [m v. s.]	61,4	61,8	28,2	27,3
Maximální rychlost [m.s^{-1}]	1,0	0,8	2,4	2,3
Doba výtoku 1x objemu přilehlých úseků [min]	1,9	2,0	2,1	2,2
Objem spotřebované vody [m^3]	3,1	3,3	2,4	2,4

Z výsledků je zřejmé, že při jednosměrném proplachování je dosaženo více než 2krát vyšších rychlostí než při konvenčním proplachování. Konvenční proplachování dosáhlo maximální rychlosti 0,8, resp. $1,0 \text{ m.s}^{-1}$. Maximální rychlost jednosměrného proplachování 2,4 resp. $2,3 \text{ m.s}^{-1}$ je dostatečná pro odstranění biofilmu, sedimentačních a korozních částic ze stěn potrubí (viz doporučení AWWA výše).



Obr. 2 Přehledná situace schematizovaného vodovodu. Tloušťkou čáry je znázorněn průměr potrubí (DN 400, 250, 150 a 100 mm). Základní čtverec má rozměr 100 x 100 m.

Tlaky vodního sloupce v okolí hydrantů během jednosměrného proplachování výrazně poklesly na minimální úroveň 27,3 m v. s. v proplachovaném úseku. Nejnižší tlak je v místě napojení hydrantu. V případě lokalit s nízkými tlaky, s kombinací nízké a výškové zástavby, nebo s kopcovitým terénem, může jednosměrné proplachování způsobit dočasné snížení tlaků pod potřebnou úroveň. To by mělo být zohledněno při vytváření proplachovacího plánu.

Porovnávací kritérium pro určení doby trvání proplachování bylo u konvenčního přístupu 1x objem všech přilehlých 100 metrových úseků směřujících k hydrantu a u jednosměrného přístupu 1x objem 300 dlouhého jednosměrného úseku. Samotný proplach 1x objemu potrubí trvá u obou přístupů cca 2 minuty. Propláchnutí 300 m dlouhého úseku trvá přibližně stejně dlouho, jako propláchnutí tří nebo čtyř přilehlých úseků, je ovšem dosaženo výrazně vyšších rychlostí vody při proplachování. Celkově trvá jednosměrné proplachování delší dobu kvůli přípravným pracím spojených s manipulacemi na síti - uzavření bočních řadů pro vytvoření jednosměrného proudění.

Ekonomickou efektivitu jednosměrného proplachování demonstruje snížení spotřeby vody. Celkem jsme u konvenčního proplachování spotřebovali 6,4 m³ a u jednosměrného proplachování pouze 4,8 m³ vody, tj. o 25 % méně vody.

V obrázcích 3,4,5 a 6 jsou graficky zobrazené výsledky simulačních výpočtů pro obě varianty.

Závěr

Jak je z příspěvku zřejmé, je jednosměrné proplachování vodovodní sítě ve většině případu vhodnější způsob proplachování vodovodní sítě. Umožňuje řídit směr proplachování, dosahovat vyšších proplachovacích rychlostí a má menší spotřebu vody než konvenční proplachování. Na druhé straně vyžaduje větší počet manipulací na síti, takže je vhodné zařadit jednosměrné proplachování sítě do programu preventivní péče.

Za pomoci simulačního modelu vodovodu je možné rychle a dobře sestavit proplachovací plán a ověřit vhodnost proplachování. Výsledky zkalibrovaného simulačního modelu mohou dokonce v případě běžného proplachování nahradit fyzikální měření průtoku hydrantem a mohou pomoci spočítat množství vody, spotřebované pro proplachování.

Literatura

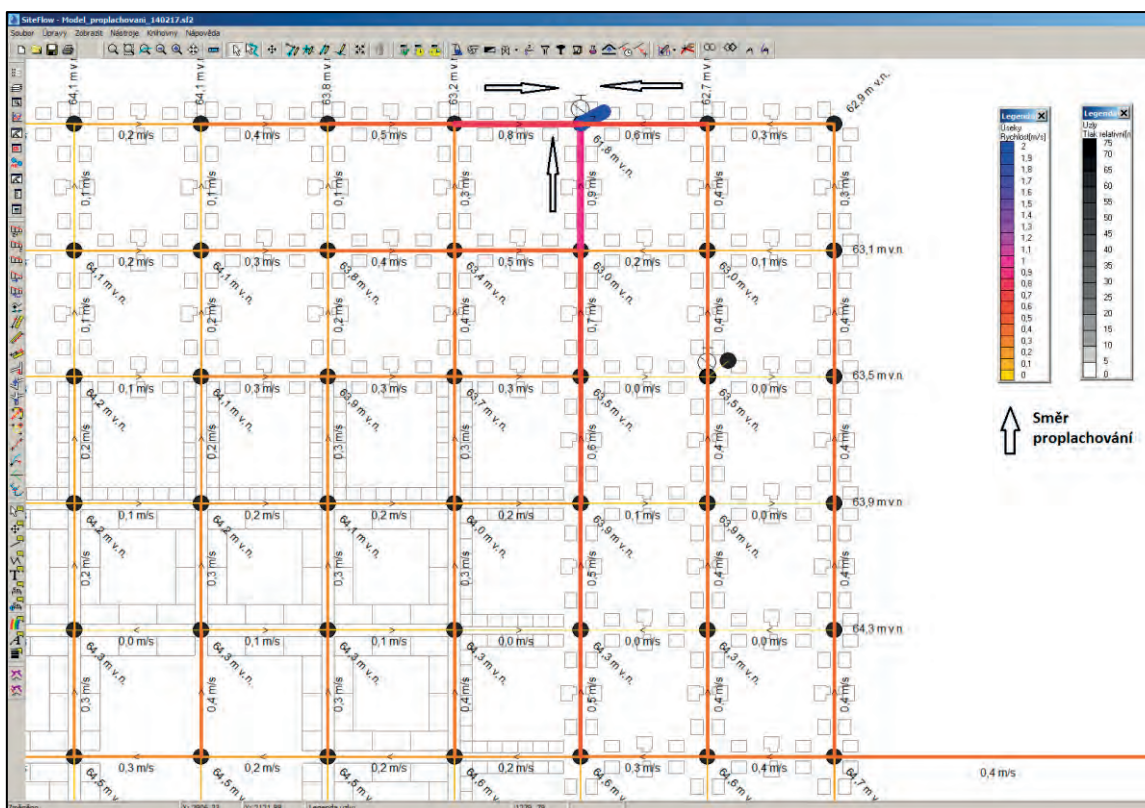
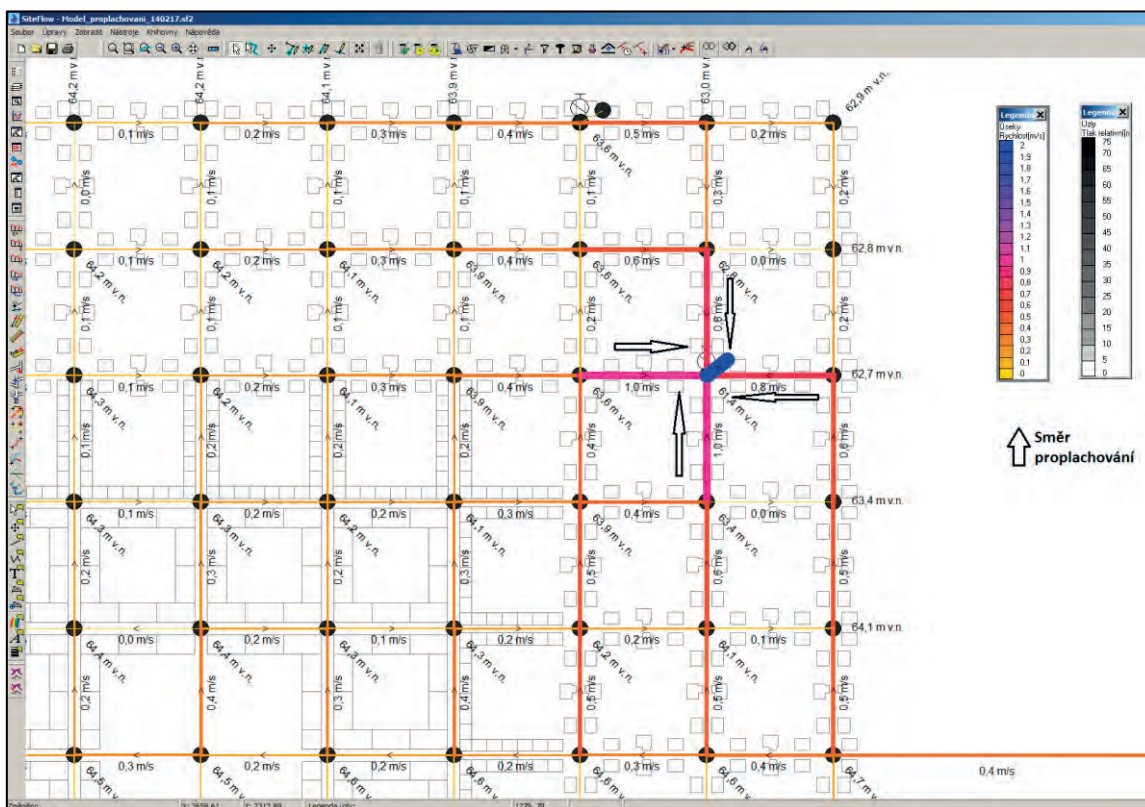
Bellevue Fire (2012): Confidence Testing for Fire Hydrants. A Guide to the Maintenance, Testing, and Marking of Private Fire Hydrants. Fire Prevention Bureau.

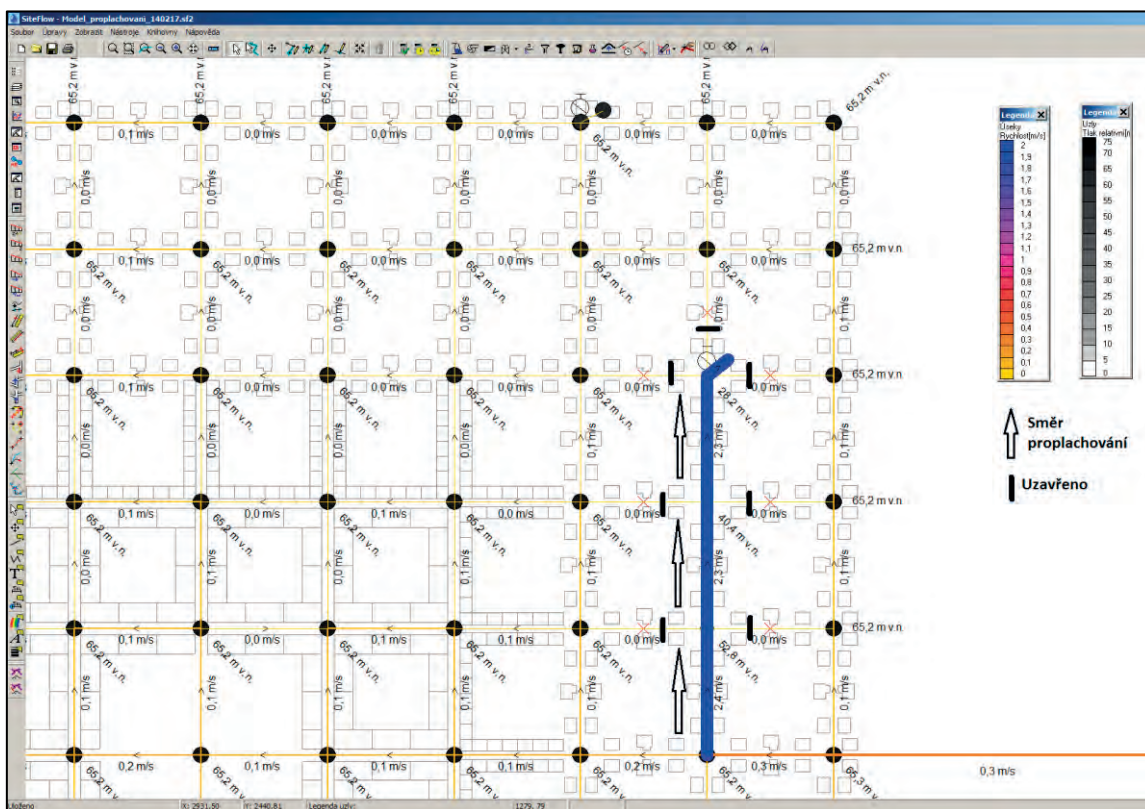
Brand, B. (2014): Unidirectional Flushing: A Guide to a Cleaner Water. The design, process, and practical implementation of a Uni-Directional Flushing Program for Operators. EPCOR Water Services.

Kolář, V.; Patočka, C. a Bém, J.:(1983): Hydraulika. SNTL Praha, 1. vydání, 480 s.

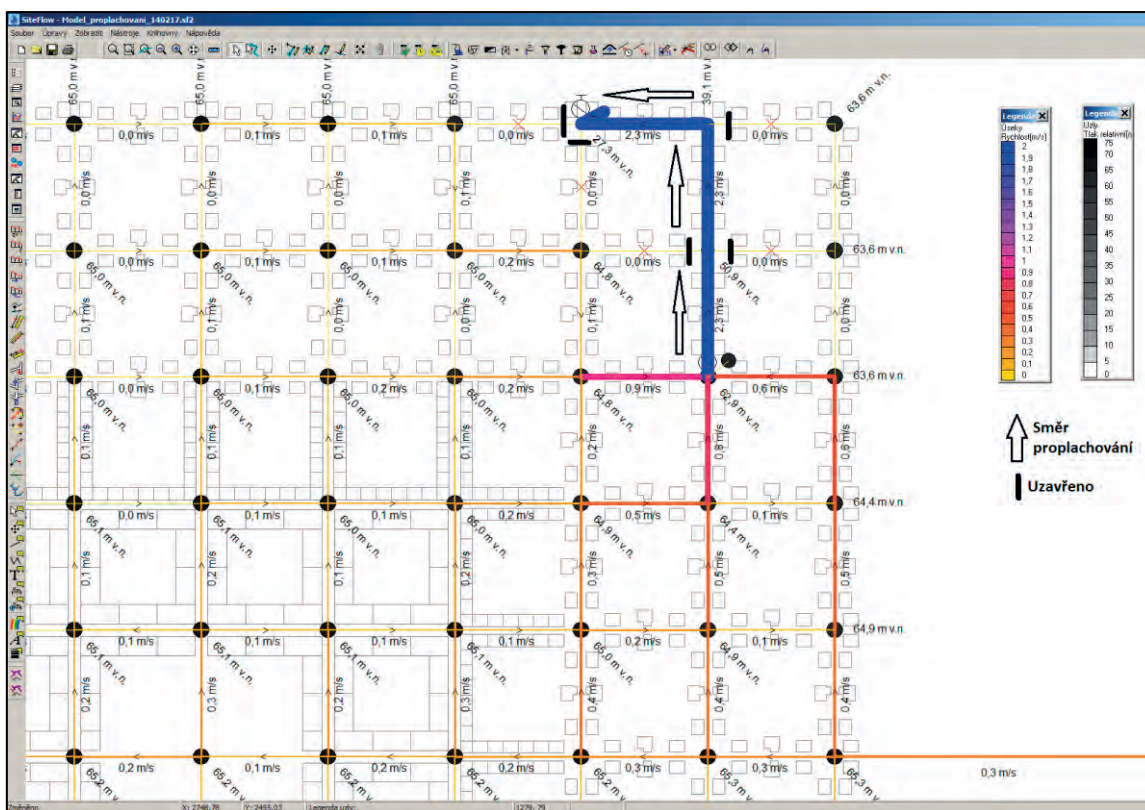
Sandusky (2014): Fire hydrant Flushing and Flow Testing. Division of Water Distribution, Department of Water Services, City of Sandusky, Ohio,

SiteFlow (2014): Manuál programu. Aquion, s.r.o. Praha.





Obr. 5 Tlakové poměry a rychlosti při jednosměrném proplachování hydrantem H1. Maximální rychlosti dosahují $2,4 \text{ m.s}^{-1}$ a minimální tlak $28,2 \text{ m v. s.}$



Obr. 6 Tlakové poměry a rychlosti při jednosměrném proplachování hydrantem H2. Maximální rychlosti dosahují $2,3 \text{ m.s}^{-1}$ a minimální tlak $27,3 \text{ m v. s.}$

Aktualizované stanovisko Státního zdravotního ústavu k zdravotnímu riziku azbestocementového potrubí

MUDr. František Kožíšek, CSc.; Mgr. Petr Pumann

Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, 100 42 Praha 10; voda@szu.cz

Úvod

Azbestocementové potrubí se využívá ve vodárenství již sto let, i když nová potrubí z tohoto materiálu se již více let nekladou. Čas od času se pak zdvihne diskuse o jejich bezpečnosti, k čemuž došlo i nedávno v souvislosti se zprávami médií o nálezech „nebezpečného azbestu“ ve školách a nutnosti jejich sanace. Ti, co takovou diskusi někdy rozpoutávají, však většinou nerozlišují mezi expozičními cestami azbestu, což vede k zveličování rizika, protože riziko z inhalace azbestových vláken (které je opravdu prokázané a vysoké) je neporovnatelné s rizikem z požití, které se dosud pohybuje spíše v oblasti hypotéz. Bohužel někdy vzejde taková poplašná zpráva i od organizace, jejíž stanoviska by měla budit respekt – příkladem budiž loňské usnesení Evropského parlamentu k problematice azbestu [18], které není v případě rizika azbestu v pitné vodě podloženo žádnými důkazy.

Vzhledem k nové vlně zájmu o toto téma aktualizovalo nyní Národní referenční centrum pro pitnou vodu Státního zdravotního ústavu (SZÚ) své starší odborné stanovisko k bezpečnosti tohoto materiálu z roku 2002. Tento článek přináší podstatný výtah z uvedeného stanoviska.

Historie použití azbestocementového potrubí pro distribuci pitné vody

Azbestocementové (AC) potrubí začalo být vyráběno v italském Janově před první světovou válkou (1906-1913) a mezi válkami se rozšířilo do většiny zemí Evropy i Severní Ameriky. Přibližně od 40. do 60. let se stalo jedním z hlavních materiálů používaných k budování vodovodních sítí. Od 70. let byla jeho výroba omezována, někde až zastavena vzhledem k zdravotním rizikům při výrobě i podezření z rizikové kontaminace pitné vody [1]. V mnoha zemích světa, včetně např. USA, však bylo nové AC potrubí pokládáno ještě na konci 20. století. Ovšem i v zemích, kde se již několik desetiletí nová AC potrubí nepoužívají, dodnes představuje toto potrubí určitý podíl na celkové délce vodovodní sítě. Např. v Itálii bylo v roce 1988 125 tisíc km AC potrubí, ve Velké Británii 257 tisíc km (10%), v USA 560 tisíc km [2]. V evropských zemích podíl AC potrubí kolísá od < 5% (např. Finsko) do více než 40% (Španělsko) [3]. Postupně ale dochází k jeho obměně, pokud již mechanicky dosloužilo.

V České republice (ČR) podle údajů z majetkové evidence za rok 2009 je celkem 72 793 km vodovodních řadů, z toho jen 2853 km (3,9%) je z jiného materiálu (mimo kov a plast) [4]. Podrobnější analýza „jiného materiálu“ není k dispozici, ale většinu budou zřejmě představovat AC potrubí. Podíl necelých 4% je nízký, ale v některých vodovodech může tento materiál představovat většinu.

Azbestocementové tlakové trouby se v ČR vyráběly přibližně do roku 1975 (tzv. mazovou metodou, z řídké směsi cementu a mletého azbestu, v poměru 7 : 1), od té doby se již k rozvodu pitné vody nově nepoužívají, přestože jejich použití nebylo nikdy ze strany hygienických orgánů oficiálně zakázáno. Za jediný polooficiální dokument lze považovat článek pracovníce ministerstva zdravotnictví, MUDr. Evy

Šuterové z roku 1994, která z hlediska předběžné opatrnosti (při neexistenci konzistentního důkazu, že požitý azbest je zdraví nebezpečný) nepovažuje použití nového azbestocementového potrubí pro rozvod pitné vody za vhodné [19].

Zdravotní limity azbestu v pitné vodě

V České republice byl azbest zařazen mezi sledované ukazatele pitné vody až normou ČSN 75 7111 Pitná voda, platnou od 1.1.1991. Azbest však měl jen nezávaznou, doporučenou limitní hodnotu ve výši 3×10^5 vláken/l. Už z následujícího legislativního předpisu (vyhláška MZ č. 376/2000 Sb.) ovšem azbest zase vypadl a to z následujících důvodů:

- Světová zdravotnická organizace (WHO) vydala v roce 1993 doporučení, že azbest ve vodě nepředstavuje zdravotní riziko,
- nálezy azbestových vláken v pitných vodách v ČR v 90. letech byly minimální (většinou nulové) a vždy hluboko pod limitní hodnotou (což však souviselo také s používanou metodou stanovení [5], která nebyla přesná a citlivá).

V současné době rovněž není ukazatel azbest do vyhlášky, definující kvalitu pitné vody (vyhláška MZ č. 252/2004 Sb.), zahrnut. Není zahrnut ani do evropské směrnice Rady č. 98/83/ES, o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu, ze které česká legislativa pitné vody vychází.

Státní zdravotní ústav se v roce 2012 dotázal odpovědných pracovníků v několika evropských zemích (B. Jedor, ministerstvo zdravotnictví, Francie; C. Pollard, Drinking Water Inspectorate, Velká Británie; J. Klinger, Technologie Zentrum Wasser DVGW, SRN; A. Versteegh, RIVM, Nizozemí), jaké je oficiální stanovisko k problematice azbestu ve vodě. V žádné z těchto zemí, přestože dosud mají kilometry AC potrubí, nepovažují azbest ve vodě za problém a nemají ho jako ukazatel zařazen mezi ukazatele kvality vody. Za jediné riziko (pracovní) považují řezání a manipulaci s AC trubkami při jejich opravách a výměně.

Jediný nám známý v současné době stanovený limit pro azbest v pitné vodě je z USA. US EPA (Americká agentura pro ochranu životního prostředí) stanovila v roce 1989 limitní hodnotu na 7×10^6 vláken/l (7 MFL – 7 milionů vláken na litr) [6]. Počítají se jen vlákna delší než 10 μ m, metoda pro stanovení je transmisní elektronová mikroskopie.

Zdravotní rizika azbestocementového potrubí – azbestová vlákna

Vzhledem ke známým karcinogenním účinkům azbestových vláken při inhalační expozici se již před mnoha lety začala podezřívat z karcinogenního účinku také expoziční cesta ingescí (orální), zejména ve spojitosti s přítomností těchto vláken v pitné vodě distribuované azbestocementovým potrubím. Přes řadu studií experimentálních (na zvířatech) i epidemiologických (na lidské populaci) se však zatím nepodařilo tento účinek potvrdit a proto poslední vydání *Doporučení pro kvalitu pitné vody* [7] Světové zdravotnické organizace ke zdravotnímu riziku azbestu z pitné vody uvádí: „Ačkoli byl (azbest ve vodě) důkladně studován, epidemiologické studie u populací pijících vodu s vysokými koncentracemi azbestu poskytují jen velmi málo přesvědčivých důkazů o karcinogenitě azbestu při požití. Navíc ani četné studie u experimentálních zvířat neprokázaly konzistentně zvýšení incidence nádorů zažívacího traktu. Neexistuje proto žádný konzistentní důkaz, že by (s vodou) požitý azbest byl nebezpečný pro lidské zdraví. Proto bylo dohodnuto, že není potřeba stanovovat zdravotně odvozenou limitní hodnotu pro azbest v pitné vodě. Hlavní riziková záležitost

spojená s azbestocementovým potrubím se týká lidí pracujících na opravách těchto potrubí (např. při jejich řezání), protože při tom mohou inhalovat azbestový prach.“ WHO se v tomto novém doporučení opírá o podrobnější shrnující dokument, který byl vydán již v roce 2003 [8].

Nicméně na základě předběžné opatrnosti nelze používání nového potrubí tohoto typu doporučit. To, že výsledky nejsou konzistentní, znamená, že některé práce určité slabé riziko naznačují a nelze ho proto vyloučit.

V roce 2005 byla publikována epidemiologická kohortová studie [9] (tedy metodologicky dokonalejší studie s vyšší vážností oproti předchozím studiím převážně ekologického typu), která po dobu 40 let sledovala kohortu (skupinu) 733 současných i bývalých pracovníků, kteří pracovali jako obsluha majáku (a na majáku žili) na norském pobřeží. Po skončení 2. světové války byly norské majáky rekonstruovány a na střechy byly položeny azbestocementové tašky (složení cca 85% cementu a 15% azbestu, především chrysotilu – asi 92%). Na některých majácích je jako zdroj pitné vody používána dešťová voda, která ze střechy stéká do nádrže. Vzhledem k extrémním podnebním podmínkám, které korodují tašky, je v takové vodě vysoký počet azbestových vláken (rozbořem vody v sedmi nádržích se zjistily hodnoty v řádu 10^9 až 10^{10} vláken v litru vody – což je horní hranice rozmezí hodnot vláken, jaké byly kdy hlášeny z pitné vody z azbestocementového potrubí nebo z přírodních zdrojů (10^4 až 10^{11} , ale většina nálezů je do cca 10^6 - 10^7 vláken/l). Jen u části pracovníků (104) se podařilo zjistit, že takovou pitnou vodu po dlouhou dobu opravdu pili („skupina exponovaných“), zatímco u ostatních buď nebyla tato informace známa (140 osob – „skupina s neznámou expozicí“) nebo pracovali na majácích, kde byl jiný zdroj vody („skupina neexponovaných“). U celé kohorty byl mírně (na hranici statistické významnosti) zvýšen výskyt rakoviny žaludku oproti norské venkovské populaci (standardizovaný poměr incidencí 1,6; 95% CI: 1,0-2,3), také všechny nádory zažívacího traktu byly mírně zvýšeny (standardizovaný poměr incidencí 1,4; 95% CI: 1,1-1,8). Skupina exponovaných měla standardizovaný poměr incidencí pro rakovinu žaludku 2,5 (95% CI: 0,9-5,5) čili dva a půlkrát vyšší než venkovská norská populace, ale tento výpočet je založen jen na 6 případech těchto nádorů. Studie také potvrdila, že ke vzniku nádorů zažívacího traktu je potřeba velmi dlouhá expozice (práce na majáku) – více než 20 let, což může ztěžovat jejich detekci ve vztahu k určité expozici. Na druhou stranu, studie nekontrolovala ostatní známé faktory, které přispívají ke vzniku nádorů žaludku, např. příjem soleného a uzeného masa, který je u pracovníků majáků oproti ostatní populaci vyšší.

Tuto norskou studii zde podrobněji zmiňujeme ze tří důvodů. Jednak proto, že není v dokumentech WHO citována. Jednak proto, že pokud riziko vzniku nádorů zažívacího traktu díky expozici vláken azbestu s pitnou vodou existuje, je zřejmě spojeno s vysokou expozicí vláken (řádově mnohem vyšší než je běžně nalézáno ve vodě dopravované azbestocementovým potrubím), a/nebo je zapotřebí souběžného působení dalších rizikových faktorů – v tomto případě zřejmě vyšší příjem soli a polycyklických aromatických uhlovodíků ze soleného a uzeného masa, což by odpovídalo dřívějším pracím maďarských autorů, kteří při experimentech na zvířatech prokázali možnost adsorpce benzo-a-pyrenu na azbestová vlákna a jejich společný kokarcinogenní účinek [10]. Není také vyloučeno, že určitou roli zde sehrála i sama agresivní dešťová voda, která díky nedostatku minerálních látek mohla vést k některým poruchám metabolismu minerálů v organismu.

Podle Americké agentury pro ochranu životního prostředí (US EPA), která reguluje kvalitu pitné vody v USA na federální úrovni, spočívá zdravotní riziko azbestu v pitné vodě v tom, že u lidí, kteří by dlouhodobě (mnoho let) pili vodu s obsahem azbestu o mnoho vyšším než je tamní nejvyšší povolená koncentrace (MCL – maximum contaminant level: 7 milionů vláken/litr), existuje vyšší riziko vzniku nezhoubných polypů ve střevě [11].

Zatím poslední publikovanou prací na toto téma je italská epidemiologická studie ekologického typu, která zkoumala výskyt nádorů zažívacího traktu v kraji Senigalia, kde desítky let fungovala velká továrna na výrobu azbestocementových výrobků a panovalo podezření, že odpadní vody z továrny obsahující vlákna azbestu se desítky let dostávaly do podzemních vod a do pitné vody (která byla navíc distribuována AC potrubím). Zjištěné počty vláken ve vodě však byly velmi nízké a výskyt sledovaných nádorů u místní populace se nelišil od italského průměru [12].

Jako podpůrnou informaci pro nízké riziko požití azbestových vláken lze uvést i práci J. Gamblea, který kriticky zhodnotil dostupné epidemiologické studie u dělníků pracujících s azbestem, aby dokázal či vyvrátil, že pracovní expozice azbestu zvyšuje riziko vzniku nádorů zažívacího traktu (při vyšší koncentraci vláken azbestu v ovzduší člověk nejen vlákna vdechuje, ale určité množství, které ulpí v ústech, také požije). Epidemiologické důkazy nepodporují hypotézu o vyšším riziku nádorů zažívacího traktu [20].

Závěrem této kapitoly lze konstatovat, že jednoznačné důkazy o nebezpečnosti azbestových vláken v pitné vodě neexistují [13] a riziko, pokud existuje, je zřejmě velmi nízké. Z toho důvodu – jakož i z důvodu, že tuzemské laboratoře nejsou vybaveny technikou na spolehlivou kvantifikaci vláken azbestu ve vodě – není ani stanovena limitní koncentrace azbestových vláken v pitné vodě v české legislativě (ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů). Nevidíme tedy ani vážný důvod z tohoto hlediska přistupovat k výměně stávajícího azbestocementového potrubí, zvláště když dostupné informace svědčí o tom, že zvýšené hodnoty vláken byly nalézány především u nových AC potrubí.

Zdravotní rizika azbestocementového potrubí – další rizika

Hovoříme-li o rizicích souvisejících s korozí azbestocementového potrubí, pak vedle uvolňování vláken do vody je zmiňován také problém s vyluhováním hydroxidů, což vede ke změně pH distribuované vody a zvýšenému usazování vodního kamene v potrubí a domovních instalacích.

Hlavní riziko je ale jiné a souvisí vedle koroze také s mechanickými vlastnostmi azbestocementového potrubí (a jejich spojů), především s jejich křehkostí. Tím rizikem jsou stále častější poruchy dožívajícího potrubí, které ohrožují nezávadnost mikrobiologické kvality vody. Při prasklém potrubí, dříve než dojde k opravě, může dojít ke kontaminaci vody znečištěnou podzemní vodou a i veškeré práce na vodovodní síti, které jsou spojeny se zásahem do vnitřku potrubí, představují zvýšené riziko kontaminace vody a ohrožení její nezávadnosti, především z hlediska mikrobiologického. V tom spočívá hlavní současné riziko azbestocementového potrubí pro kvalitu pitné vody; nehledě k problémům s provedením samotné opravy.

Práce na opravách azbestocementového potrubí pak ohrožují především pracovníky, kteří opravy provádějí (inhalace azbestového prachu). Proto je při opravách nebo výměně azbestocementového potrubí nutné dodržovat pravidla bezpečnosti práce, především pak zajistit bezpečnostní opatření k minimalizaci rizika inhalace azbestu čili řídit se požadavky nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (§§ 19-21) a také vyhlášky č. 432/2003 Sb., oboje ve znění pozdějších předpisů. Protože v ČR není pro tento účel zpracován speciální technologický postup, který by předcházel uvolňování azbestového prachu do pracovního ovzduší, doporučujeme využít např. pracovní list Německého spolku pro plynárenství a vodárenství DVGW W 396 (H) [16], ve kterém jsou obsaženy pokyny ohledně prací na rozpojování, sanaci a údržbě azbestocementových potrubí pomocí „standardizovaných pracovních postupů“ (bezemisní práce bez zvláštních osobních ochranných pomůcek).

Závěr

V České republice se azbestocementové potrubí používalo k budování vodovodních sítí několik desítek let, cca od 20. do 70. let dvacátého století. Dnes se zde jejich délka odhaduje na necelé 3 tisíce km, tedy méně než 4% celkové délky vodovodních řadů.

Vzhledem k jeho stáří a odhadované délce životnosti (podle některých odhadů 20 až 30 let) je většina těchto řadů již za hranicí své životnosti, vyznačuje se vyšší poruchovostí a je obtížně opravitelná. Protože tento stav představuje zvýšené riziko mikrobiologické kontaminace distribuované vody a na základě předběžné opatrnosti nelze pominout ani určité, byť asi velmi nízké, riziko z uvolňovaných azbestových vláken do vody, stejně jako riziko pro pracovníky provádějící opravy tohoto potrubí, je nepochybně do budoucna žádoucí jeho náhrada jinými vhodnějšími materiály. V minulosti byla pro sanaci navrhována i plastová výstelka, ale protože ta neřeší nedostatečnou mechanickou odolnost celého potrubí, nelze ji jako řešení dnes doporučit.

Míra poruchovosti asi nebude všude stejná, ale bude se lišit podle stáří potrubí, kvality vody i okolních podmínek (kvalita podloží, způsob uložení potrubí, tlaky z povrchu). Proto by bylo – pro účely rekonstrukce – vhodné, kdyby si vlastník potrubí vypracoval určitou strategii obnovy, vytipoval nejohroženější úseky a ty pak prioritně vyměňoval. Priority lze odhadnout podle počtu poruch nebo podle monitorování koroze vnitřních povrchů potrubí – za tím účelem bylo v zahraničí navrženo několik metod, například v Nizozemí [14] a v Kanadě [15].

Pokud ale stávající potrubí mechanicky vyhovuje, neměla by být jeho výměna považována za prioritu jen proto, že je vyrobeno z azbestocementu. Riziko z azbestu v pitné vodě pro zdraví spotřebitelů považujeme za zanedbatelné.

Při opravách nebo výměně azbestocementového potrubí je nutné striktně dodržovat pravidla bezpečnosti práce, především pak zajistit bezpečnostní opatření k minimalizaci rizika inhalace azbestu pracovníků podílejících se na těchto pracích (viz výše).

Celé stanovisko v původním znění (**Stanovisko NRC pro pitnou vodu k používání azbestocementových potrubí pro dopravu pitné vody**; č.j. SZÚ-440/2014 ze dne 5.2.2014) je dostupné na webovských stránkách SZÚ [17].

Literatura:

- [1] Hu Y., Wang D.L., Cossitt K.(National Research Council of Canada), Asbestos cement water mains: history, current state, and future planning. NRCC-50806. Regina 2008. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc50806.pdf>.
- [2] Commins B.T. *Asbestos fibres in drinking water*. Maidenhead, England, commins associates ed., 1988.
- [3] Vreeburg J. Discolouration in drinking water systems: a particular approach. PhD thesis, Technische Universiteit Delft 2007.
- [4] Frank K. Vodovodní řady a kanalizační stoky v ČR – analýza dat. *SOVAK* č. 3/2011, str. 72-77.
- [5] Popovský J. Asbest a ČSN 75 7111 Pitná voda. *Vodní hospodářství* č. 10/1991, str. 370. Viz též Metodická příručka pro analýzu pitných vod a jejich zdrojů, MZ a MŽP, Praha 1992, str. 33.
- [6] <http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/asbestos.cfm>.
- [7] WHO *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 4. vydání. WHO, Ženeva 2011.
- [8] WHO. Asbestos in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04/02. WHO, Ženeva 2003.
- [9] Kjaerheim K, Ulvestad B, Martinsen JI, Andersen A. Cancer of the gastrointestinal tract and exposure to asbestos in drinking water among lighthouse keepers (Norway). *Cancer Causes and Control* 2005; 16(5): 593-8.
- [10] Varga C. Asbestos fibres in drinking water: are they carcinogenic or not? *Medical Hypotheses* 2000; 55(3): 225-6.
- [11] <http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/asbestos.cfm/#four> (dostupné 25.10.2013).
- [12] Fiorenzuolo G., Moroni V., Cerrone T., Bartolucci E., Rossetti S., Tarsi R. Hodnocení kvality pitné vody v Senigálii (Itálie), včetně přítomnosti azbestových vláken, a nemocnosti a úmrtnosti na nádory zažívacího traktu. (V italštině). *Igiene e Sanità Pubblica*, 2013, 67(3): 325-339.
- [13] Fawell J. Asbestos Cement Drinking Water Pipes and Possible Health Risks. Review for Drinking Water Inspectorate. 2002.
- [14] Slaats P.G., Mesman G.A., Rosenthal L.P., Brink H. Tools to monitor corrosion of cement-containing water mains. *Water Science and Technology* 2004; 49(2): 33-9.
- [15] Hu Y., Wang D.L., Chowdhury R. (National Research Council of Canada), Condition assessment methods for AC pipe and current practices. NRCC-53523. Regina 2010. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc53523.pdf>.
- [16] DVGW W 396 (H) Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten an AZ-Wasserrohrleitungen (Práce na azbestocementových potrubních rozvodech v rámci rozpojování, sanace a údržby).
- [17] <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/stanovisko-k-pouzivani-azbestocementovych-potrub>.
- [18] European Parliament resolution of 14 March 2013 on asbestos related occupational health threats and prospects for abolishing all existing asbestos (2012/2065(INI)).
- [19] Šuterová E. Napojení vodovodního řadu v obci na azbestocementové potrubí. *Informační bulletin hl. hygienika ČR*, 1994, Příloha č. 35, str. 5-6.
- [20] Gamble J. Risk of gastrointestinal cancers from inhalation and ingestion of asbestos. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2008, 52: S124-S153.

V čem spočívá chystaná novela směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu?

MUDr. František Kožíšek, CSc.

Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, 100 42 Praha 10; voda@szu.cz

Úvod

Česká legislativa, která upravuje požadavky na kvalitu pitné vody a její kontrolu (tedy zákon o ochraně veřejného zdraví a jeho prováděcí vyhláška č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů), vychází z legislativy Evropské unie, zde konkrétně ze směrnice Rady 98/83/ES [1] („Směrnice o pitné vodě“). Neznačená to, že je s ní zcela totožná, ale musí její požadavky jako minimální povinně transponovat (převzít). V zásadě tedy platí, že podoba směrnice určuje (jako minimum) národní legislativu. Jakákoli změna směrnice se tedy promítne i do národní legislativy – nestalo by se tak jen v tom případě, že členský stát si nový požadavek zavedl již před novelou směrnice dobrovolně.

Protože se novela směrnice 98/83/ES právě chystá a možná bude schválena již v tomto roce, chce tento příspěvek nastínit, k jakým změnám by mělo dojít během dvou let, což je obvyklá transpoziční doba, i v národní legislativě.

Zásady revize směrnice Rady 98/83/ES a její vývoj

Podle článku 11 směrnice 98/83/ES má Evropská komise (EK) za povinnost nejméně každých 5 let přezkoumat přílohy směrnice z hlediska nového vědeckého a technického pokroku a v případě potřeby navrhnout novelu směrnice. První přezkoumání bylo provedeno na podzim r. 2003 a pracovní skupiny navrhly pět okruhů možných změn, které byly projednány na velkém semináři v říjnu 2003 v Bruselu. Závěr zněl, že vzhledem k nedostatečným zkušenostem z praxe (tehdy teprve končil termín implementace směrnice) je v této fázi novela směrnice ještě předčasná. O závěrech tohoto semináře bylo již na konferenci VODA ZLÍN referováno [2].

Po dalších pěti letech, konkrétně od jara 2008 zorganizovala EK sérii seminářů s různými stakeholdery za účelem dalšího přezkoumání stavu směrnice. Následně bylo ustaveno několik pracovních skupin, které měly rozpracovat navržené okruhy změn. Na přelomu let 2008/2009 pak EK zveřejnila, v jakých oblastech a přibližně jakým způsobem by měla být směrnice novelizována. Vyžádala si však od členských zemí ještě data o kvalitě vody v malých vodovodech (zásobujících do 5 tisíc obyvatel), která údajně potřebovala pro provedení hodnocení dopadu (impact assessment) novely směrnice. Hodnocení dopadu bylo zadáno dánské konzultační firmě COWI. EK slíbila předložit návrh novely veřejnosti do konce roku 2009. Od té doby odpovědný pracovník EK Jan Cortvriend při každém veřejném jednání přípravu novely potvrzoval, ale postupně vždy o půl roku posouval termín předložení návrhu novely – s odůvodněním na nutnost provedení nové studie hodnotící dopad apod.

Poslední ohlášený termín byl leden 2011, ale na konci prosince 2010 byl J. Cortvriend ze své funkce odvolán a EK (DG Environment) dne 2.2.2011 informovala dopisem členské země o dalším postupu při implementaci směrnice o pitné vodě s tím závěrem, že „EK po obsáhlých konzultacích, na základě vědeckých důkazů a studie posuzující možné dopady dospěla k závěru, že revize stávajících předpisů není nutná“. Následně svolala jednání Výboru pro pitnou vodu (22.2.2011), aby zde o svém rozhodnutí podrobně informovala. EK zdůvodnila své rozhodnutí tím, že dospěla k závěru, že

současné znění směrnice (především příloha 1 se seznamem ukazatelů a jejich limity) poskytuje stále vysokou úroveň ochrany a proto není důvod směrnici (základní text a přílohu 1) v tuto chvíli měnit. Ale že je potřeba se více soustředit na implementaci stávající směrnice ve všech zemích a ve všech vodovodech, protože z dat, které si EK vyžádala v roce 2008, vyplynula horší situace u menších vodovodů. Navíc prý studie dopadů (impact assessment) dopadla negativně – navržené změny by si vyžádaly větší náklady než by byl jejich užitek. EK, přes opakované žádosti z členských zemí EU, však odmítla tuto studii [3] zveřejnit, takže nikdo nemohl toto tvrzení ověřit. EK v tichosti zveřejnila studii až v roce 2013, ale jen na speciálních webových stránkách, kam mají přístup jen registrovaní experti EK pro oblast pitné vody, ale nikoliv veřejnost. Po zveřejnění se ukázalo, že kvalita studie je poměrně nízká.

Protože rozhodnutí EK vyvolalo mezi většinou členských zemí EU ostrou vlnu nesouhlasu, zejména kvůli odmítnutí principu řízení výroby vody na základě analýzy rizik ((RA/RM – Risk Assessment and Risk Management neboli v dnes rozšířenější terminologii Světové zdravotnické organizace „water safety plans“ čili plány pro zajištění bezpečného zásobování pitnou vodou – dále jen „WSP“), začala EK chystat určité kroky k nápravě. Nejprve, aby stimulovala členské země k tomuto novému přístupu, zadala EK koncem roku 2010 zpracování studie o nejlepších zkušenostech s použitím hodnocení a řízení rizik u malých systémů zásobování pitnou vodou. Studii zpracovala jedna z předních evropských výzkumných vodárenských organizací – KWR Watercycle Research Institute z Nizozemska. EK tento dokument [4] představila veřejnosti na workshopu v Bruselu 9.11.2011 a vyzvala členské země k jeho využití. Dokument měl podle jejích slov „poskytnout motivaci a inspiraci pro politiky, legislativce i provozovatele malých vodovodů, aby zavedli nový přístup založený na hodnocení a řízení rizika“. Zároveň EK počátkem roku 2013 oznámila, že přistoupí k novele směrnice 98/83/ES, ale jen příloh II a III (k čemuž není potřeba dopředu projednání v Evropském parlamentu a Radě), nicméně že příloha II bude upravena tak, aby vyžadovala zpracování WSP.

První oficiální návrh na novely – samostatně pro přílohy II a III [5, 6] – byl zveřejněn v říjnu 2013 a poprvé projednáván na zasedání Výboru pro pitnou vodu v Bruselu 19.11.2013.

Návrh na změnu přílohy II [5]

Příloha II se zabývá monitorováním kvality pitné vody – četností a rozsahem sledování. Zásadní a logickou inovací je, že už by neměli všichni výrobci pitné vody provádět kontrolu kvality vody ve stejném rozsahu a četnosti lišící se počtem zásobovaných obyvatel, ale že by každý systém monitorování měl být „ušit na míru“ místním podmínkám, čili že se bude v daném vodovodu sledovat jen to, co je zde relevantní a potřeba. Návrh po členských zemích požaduje zavedení takového monitorovacího programu, který pokryje všechny části systému zásobování od zdroje až po konec distribuční sítě a bude založen na výsledcích hodnocení rizik daného systému a bude podléhat pravidelnému přezkoumání. Principiálně nejde o nic nového, protože obdobný systém nazývaný HACCP (**H**azard **A**nalysis and **C**ritical **C**ontrol **P**oints) se povinně používá při výrobě potravin již více než dvacet let.

Návrh předpokládá existenci tří druhů sledování (kontroly): a) provozní kontrola; b) ověřovací kontrola; c) speciální kontrola resp. cílené šetření v případě, že se objeví nějaký problém. Provozní kontrola má zajistit, že všechny prvky systému zásobování fungují správně, jsou bezpečné a pod kontrolou – nemusí se jednat jen o klasické laboratorní rozborů (např. kontrola pH nebo zákalu), ale i o různé on-line měřicí

systémy, vizuální kontrolu (integrity vodojemu), pravidelné místní šetření apod. Při tom se mají brát v úvahu také výsledky monitorování (surové) vody prováděné podle Rámcové vodní směrnice.

Výběr ukazatelů pro monitorování a četnost jejich sledování pro daný systém zásobování by se měly odvíjet od místního šetření a hodnocení rizika zpracovaného v souladu s principy „water safety plans“. Ověřovací kontrola (vody u spotřebitele) by se měla blížit té kontrole, jakou známe dnes podle zákona o ochraně veřejného zdraví, ovšem s tím, že její rozsah by měl být zúžen na ukazatele relevantní pro daný systém zásobování. Hodnocení rizika by se mělo aktualizovat každé 3 roky, pokud výsledky monitorování neukáží nějakou aktuální závadu, která by vyžadovala úpravu WSP. Proces hodnocení rizika má být ověřen resp. schválen nezávislým orgánem (či autorizovanou osobou).

Návrh na změnu přílohy III [6]

Příloha III definuje požadavky na analytické metody, které se mohou pro kontrolu pitné vody použít. Zde dojde k aktualizaci několika mikrobiologických metod, které od doby vydání směrnice (1998) vyšly v podobě technických norem. Uvede se také metoda pro kvantifikaci barvy, chuti a pachu vody – s poznámkou, v jakých případech je nutné kvantifikaci (pachu a chuti) provádět.

U požadavků na chemické metody dochází k větším úpravám. Místo meze detekce se zavádí mez stanovitelnosti (limit of quantification), která nesmí být vyšší než 30% limitní hodnoty. Vedle stávajících požadavků na pravdivost (trueness) a preciznost (precision – v češtině dříve označováno jako „přesnost“), kde se hodnoty pro několik ukazatelů upraví, dochází k zavedení nového požadavku, se kterým ale již akreditované laboratoře u nás dávno pracují: nejistoty měření (hodnota vztažena v % k limitu ukazatele). Příloha by dále v souvislosti se zavedením nejistoty měření měla obsahovat upozornění, že nejistota měření se nepoužívá k hodnocení (shody) výsledků s požadavkem (limitní hodnotou).

Další plánovaný postup novely

Členské země mohly do konce listopadu zasílat k návrhům své připomínky, EK zároveň vedla konzultace s dalšími dotčenými subjekty. Počátkem dubna 2014 by měla být zveřejněna další verze návrhů tak, aby o nich mohlo na plánovaném zasedání Výboru pro pitnou vodu (Brusel, 30.4.2014) již formálně hlasovat. Poté bude ještě nutné zaslat návrhy k vyjádření Radě a Evropskému parlamentu, ale možnost pro podání námítky je poměrně krátká (v režimu schvalování tzv. „delegovaných aktů“ na to budou mít 2 měsíce) a podle EK by měla být do konce roku 2014 novela schválena a vydána.

S transpoziční dobou se v prvním návrhu počítalo jen 18 měsíců, ale několik zemí žádalo o 24 měsíců. Zástupce EK na to reagoval poznámkou, že EK dokonce diskutuje s právníky, zda by novela nešla provést skrze nařízení EK, které by platilo přímo a okamžitě. Transpozice (převedení do národní legislativy) může být v ČR složitá v tom, že právě díky zavedení monitorování kvality vody ve vazbě na WSP bude potřeba novelizovat nejen zákon o ochraně veřejného zdraví, ale i zákon o vodovodech a kanalizacích, a bude muset být rozhodnuto o národním orgánu, který bude WSP schvalovat.

S implementací do praxe se počítá do 5 let od vydání novely, což je termín velmi těsný, uvážíme-li, že příloha II předpokládá vytvoření „water safety plans“ (WSP) u všech zásobovaných oblastí, kterých je v ČR přes 4 tisíce.

Závěr

Vývoj ve společnosti jako celku i v jednotlivých oborech lidské činnosti je většinou pozvolný, evoluční, ale občas dojde ke skokové změně, která znamená v daném oboru či oblasti revoluci. Pokud dojde k novele směrnice 98/83/ES v navrženém duchu, vedle několika drobných „evolučních“ zlepšení čeká vodárenství také jedna revoluční změna, po které se v odborných kruzích volá již více než deset let – a totiž přesun pozornosti od kontroly produktu ke kontrole procesu.

Chce-li mít totiž výrobce pitné vody jistotu, že distribuovaná voda je bezpečná 24 hodin denně a 365 dní v roce, nelze spoléhat na občasnou kontrolu kvality vody u spotřebitele. Musí mít především pod kontrolou celý „výrobní proces“ pitné vody – od zdroje (povodí) až k vodovodní přípojce (spotřebiteli) – a všechna jeho rizika. Na samotnou rizikovou analýzu pak navazují nápravná opatření a úprava provozního řádu tak, aby existující a neodstranitelná nebezpečí byla stále pod kontrolou. A pokud si výrobce vody myslí, že všechna rizika pod kontrolou má, pak musí být toto schopen dokázat nezávislému orgánu (auditorovi).

Pro řadu evropských zemí (Velká Británie, Německo, Nizozemí, Maďarsko ad.) však novela směrnice žádnou revoluci znamenat nebude, protože tam již požadavek na zavedení hodnocení rizik (WSP) zařadili do legislativy v uplynulých letech. Podobně pro některé vodárenské společnosti v jiných zemích, které k tomuto kroku přistoupily již dříve dobrovolně. V České republice je zatím aktivita vodárenského sektoru v aplikaci tohoto nového přístupu minimální, přestože potřebné „know-how“, jak zpracovat WSP, zde již několik let v národním jazyce existuje [7, 8, 9].

Literatura

- [1] Směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu. Úřední věstník č. L 330, 5. 12. 1998, s. 32.
- [2] Kožíšek F. Nová vyhláška na pitnou vodu: co přináší a kam směřuje. In: Sborník z VIII.mezinárodní vodohospodářské konference VODA ZLÍN 2004(Zlín 17.-18.3.2004). Vydal VaK Zlín, 2004; str. 19-23.
- [3] European Commission DG Environment. Updated economic assessment of impacts of the revision of Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Final report. COWI A/S, December 2010.
- [4] Hulsman, A. and Smeets, P. Towards a guidance document for the implementation of a risk-assessment for small water supplies in the European Union. Overview of best practices. Nieuwegein: KWR Watercycle Research Institute, 2011. 105.
- [5] Commission Directive ../../EU of X X 2014 amending Annex II of Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Draft 29 Oct 2013.
- [6] Commission Directive ../../EU of X X 2014 amending Annex III Specifications for the Analysis of Parameters of Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Draft 29 Oct 2013.
- [7] Davison A., Howard G., Stevens M., Allan P., Fewtrell L., Deere D., Bartram J. Water Safety Plans. Managing drinking-water quality from catchment to consumer. (WHO/SDE/WSH/05.06). WHO, Ženeva 2005. Česky: Plány pro zajištění bezpečnosti vody.Řízení kvality pitné vody od povodí ke spotřebiteli. WHO/SDE/WSH/05.06. Vydala Vodárenská akciová společnost a.s., Brno 2006. Dostupné na http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/sde_wsh_05_06_cesky.pdf.
- [8] Tuhovčák L., Ručka J., Kožíšek F., Pummann P., Hlaváč J., Svoboda M. a kolektiv. (2010). Analýza rizik veřejných vodovodů. Akademické nakladatelství CERM, Brno 2010, 254 stran.
- [9] Kožíšek F., Paul J., Datel J.V. Zajištění kvality pitné vody při zásobování obyvatelstva malými vodárenskými systémy. Výzkum pro praxi, sešit 62. Výzkumný ústav vodohospodářský TGM, Praha 2013, 114 stran. <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/plany-pro-zajisteni-bezpecneho-zasobovani-pitnou-vodou-water>.

Nanostříbro jako účinný biocidní prostředek

Pavlaína Adámková¹⁾, Jana Říhová Ambrožová¹⁾, Vladimíra Škopová¹⁾

¹⁾ VŠCHT FTOP ÚTVP Praha,

Technická 5, 166 28 Praha 6, adamkovp@vscht.cz, jana.ambrozova@vscht.cz, skopovav@vscht.cz

Abstrakt:

V dnešní době se stále více snažíme nalézt alternativní technologie, které by byly jednak ekologicky šetrnější k životnímu prostředí, ale z druhé strany by byly i ekonomicky výhodné. Ve srovnání s běžnými materiály mají nanomateriály specifické vlastnosti, díky kterým našli mnohá uplatnění. Nanočástice stříbra již pár let zaujímají významné místo v průmyslu, lékařství, farmacii, elektrotechnice atd. Staly se součástí běžných produktů v domácnosti, avšak současně představují také rizika. Tento současný vývojový trend znamená, že stále více organismů s nimi přichází do styku. Je tedy zapotřebí získat více informací o dopadu nanomateriálů na životní prostředí a na tomto základě vytvořit podmínky pro jejich bezpečné užívání. Iontové stříbro je jedním z nejtoxičtějších kovů. Dosavadní výzkumy prokazují jeho účinky nejen na bakterie, ale i na řasy a další vyšší organismy. Většina testů toxicity se zabývá hlavně studiem bakterií, ale o inhibičních účincích na vyšší organismy jako např. na řasy, se toho ví poměrně málo.

Klíčová slova: nanostříbro, toxicita, řasy

Summary: People are trying more and more to find alternative technologies that were both, friendly to the environment and and at the same time eliminate the influence of microorganisms but from the other side would be economically advantageous. Nanoparticles may exhibit size-related properties that differ significantly from those observed in fine particles or bulk materials. Through these properties they found many applications. They have become part of mainstream products at home, but at the same time they also represent risks. It is necessary obtain more information about the influence of nanomaterials to the environment. Silver ion is probably one of the most toxic metals. Previous research demonstrating toxicity effects not only on bacteria but also on algae and other higher organisms. Most of the scientific research of nanosilver has investigated effects on microbes such as bacteria and viruses, but is known little about how nanosilver interacts with algae.

Keywords: nanosilver, toxicity, algae

Úvod

Naše pracoviště se podílí na řešení projektu č. DF11P01OVV012 Programu NAKI Ministerstva kultury ČR, který je zaměřen na řešení úkolů tématické priority „Materiály a technologie pro záchranu a zachování kulturního dědictví“, jeho cílem je ochrana památek před různými nepříznivými vlivy. Cílem projektu je vývoj nových materiálů a technologií a ověření jejich funkčnosti. Jejich vývoj bude využívat nové poznatky základního výzkumu o materiálech, zejména nanomateriálech a nanotechnologiích včetně kombinace s dnes již tradičními materiály a technologiemi. Současně používané chemické postupy ošetřování povrchů využívají víceméně potenciálně nebezpečné a někdy toxické biocidy. Perspektivní je využívání, ve své podstatě šetrných technologií a postupů na bázi nanotechnologie a nanočástic.

Biodeteriorace

Biodeteriorace je pojem, který zahrnuje nežádoucí změny na povrchu materiálů (stavby a památky). Jedná se o změny vyvolané zejména biologickými činiteli, tedy biodeteriogeny. Na základě jejich působení se rozlišuje hned několik různých typů biodeteriorací (mechanická, chemická atd.). Posledním stupněm deteriorace je koroze, což je nenávratné poškození materiálu, takovým způsobem, že již nemůže sloužit účelu, ke kterému byl vyroben. Tomuto typu znehodnocení však nepodléhají pouze povrchy staveb a památek, ohroženy jsou zejména objekty úpraven vod, vodojemy, čistírny odpadních vod a veškeré materiály, které přichází do styku s vodou, či jsou dlouhodobě vystaveny vlhkosti. Fototrofní organismy, které nejčastěji napadají materiál jako první, jsou pak podkladem pro vývoj chemolitotrofních organismů (Warscheid 2001). V přirozených podmínkách nejčastěji kolonizujícími fotosyntetickými mikroorganismy jsou rody *Chlorella*, *Stichococcus*, *Trebouxia*, *Myrmecia*, *Leptolyngbya*, *Pleurocapsa* (Miller 2008).

Studie zaměřené na výskyt sinic a řas zjistily, že nejčastějšími kolonizátory jsou jednobuněčné sinice (*Gloeocapsa*, *Chroococcus*) a vláknité sinice (*Phormidium tenue*, *Phormidium autumnale*, *Microcoleus vaginatus*), jednobuněčné řasy (*Chlorella*, *Chlorococcum*, *Stichococcus*) a vláknité řasy (*Klebsormidium flaccidum*, *Trentepohlia*) (Ortega-Calvo 1995).

Účinky nanostříbra na mikroorganismy

Stříbro a jeho využití jako antimikrobiálního prostředku je známé již velmi dlouho. Koloidní stříbro se využívalo v medicíně před objevením antibiotik. Přesto, že je léčebný účinek stříbra znám, nelze jej deklarovat jako lék, pro celou EU platí, že se nemůže deklarovat pro vnitřní použití. Právě jeho antibakteriální účinky zvyšují potenciální využití nanočástic stříbra pro dezinfekční účely. V lékárnách je k dostání přípravek proti klíšťatům Antisept jenž obsahuje koncentrovaný roztok jódu, a také koloidní stříbro (zvyšuje průnik jódu do tkání, zvyšuje antiseptické účinky). Bojové antibakteriální trenýrky s obsahem stříbra, která mají zabránit vzniku opruzenin, svědění apod. (obdobně se již vyrábí ponožky a košile s antibakteriálními vlastnostmi). V medicíně se začíná využívat stříbra pro zvýšení účinnosti antibiotik. Stříbro patří mezi kovy toxické, jeho koncentrace v pitné vodě je omezena, vyhláška 252/2004 Sb. povoluje limit 50 µg.l⁻¹.

Stříbro má na organismy oligodynamické účinky, tedy působí baktericidně už při stopových koncentracích. Algicidních účinků by šlo využít pro potlačení nadměrného rozvoje fytoplanktonu. Na základě těchto znalostí, byly připraveny účinné prostředky obsahující dusičnan stříbrný. Použití stříbrných přípravků v lékařství a pro sterilizaci pitných nebo bazénových vod je založeno na zvláštní citlivosti bakteriálního metabolismu na Ag⁺, inhibujícího thiolový enzym. Letální koncentrace stříbra pro bakterie je 1 mg.kg⁻¹ suché biomasy. Kovové stříbro také má baktericidní účinky v přítomnosti kyslíku, protože výsledný oxid stříbra je dobře rozpustný, protože dochází k uvolnění volného Ag⁺. Stříbro je schopno inhibovat mikrobiální aktivitu biocenóz v čistírenských kalech. Bylo prokázáno, že Ag⁺ inhibuje enzymy pro P, S, a N cykly nitrifikačních bakterií (Hans T. Ratte 1999).

Nanočástice stříbra patří mezi nejvíce aplikované materiály v průmyslu. Toxicita stříbrných sloučenin závisí na jejich rozpustnosti ve vodě. Nejvíce toxické je iontové stříbro, které však často tvoří nerozpustné sloučeniny (Křížková, S. a kol. 2009). Stříbro ovlivňuje buněčné procesy v organismech. Mimořádná toxicita stříbra se projevuje

zejména na vodní organismy (Laban, G. a kol. 2010). Nanočástice stříbra potlačují buněčný růst, snižují fotosyntetickou aktivitu a produkci chlorofylu. Buněčná stěna obsahuje specifické látky, které poskytují vazebná místa pro nanočástice, proto může dojít k poškození buněčné membrány. Dochází také k inhibici fotosyntézy, a to jednak adsorpcí nanočástic na buněčném povrchu, ale také vazbou nanočástic na thiolové skupiny enzymů. Pokud nedochází k dostatečné fotosyntéze, sníží se množství biomasy pro ostatní organismy (Navarro, E 2008).

Nanočástice stříbra pravděpodobně působí na organismus nepřímo, uvolňováním iontů Ag^+ . U řasy *Chlamydomonas reinhardtii*, či rozsivky *Thalassiosira weissflogii* k toxickému působení výrazně přispívaly ionty stříbra. Iontové stříbro je uvolňováno jednak z nanočástice, ale také dochází k jeho tvorbě v přítomnosti řas. Řasy produkují H_2O_2 , který může oxidovat nanočástice na ionty, nebo k tomu může docházet při styku nanočástice s povrchem buňky (Navarro, E. 2008, Miao, A. J. 2009).

Velký význam z hlediska mechanismu účinku hraje pravděpodobně oxidativní stres. V přítomnosti nanočástice dochází uvnitř buňky k tvorbě oxidativního stresu. Jedná se o nekontrolovatelnou tvorbu reaktivních kyslíkových forem (kyslíkových a peroxidových radikálů). Za normálních okolností slouží tyto formy jako signální molekuly, avšak nanočástice vážící se na thiolové skupiny enzymů (gluthathionu a thioedoxinu) způsobí jejich nekontrolovatelnou tvorbu. Tím dochází k peroxidaci membránových lipidů, oxidaci proteinů a destrukci nukleových kyselin. V průběhu oxidativního stresu vzniká superoxid, který může redukovat stříbrné ionty na stříbrné nanočástice a peroxid, který naopak oxiduje nanočástice na ionty (Oukarroum, A. 2012, Křížková, S. 2009).

Řasy mají mimořádný akumulární potenciál pro stříbro. Kovy akumulované v buňkách řas silně ovlivňují biogeochemický cyklus. A to v případě, že je buňka dále začleněna do potravního řetězce. Pokud je stříbro adsorbováno na povrchu buňky nelze jej již z buněčné stěny odstranit (ani mechanické narušení, nízké pH, ani enzymatická degradace). Proces adsorpce kovů probíhá rychle a vede k vytváření relativně silné vazby mezi stříbrem a povrchem buňky, jak bylo znázorněno u rozsivky *Thalassiosira weissflogii*. Jakmile je kov začleněn do buněčné stěny, zůstává silně vázán, a to i poté, co je vystaven ultrazvukovému působení. V důsledku pasivní absorpce mohou mrtvé buňky také absorbovat kovy. Adsorpce, je však možná pouze s nabitými nebo polárními sloučeninami stříbra. Stříbro začleněné dovnitř buněk má obzvláště vysokou afinitu ke skupinám sulfhydrlů, a proto by se mělo vázat převážně s proteiny (Hans 1999, Miao, A. J. 2009).

Snížení růstových ukazatelů u laboratorních kultur různých sladkovodních řas (*Chlamydomonas eugametos*, *Chlorella vulgaris*, *Haematococcus capensis* a *Desmodesmus accuminata*) nastalo při koncentraci stříbrných iontů $0,01 \text{ mg l}^{-1}$ ve vzorcích z různých jezer. Růst kmenu *Ch. vulgaris* zastavil na $0,05 \text{ mg l}^{-1} \text{ Ag}^+$. Výzkumníci zdůraznili zvláštní výhody takových biotestů, které jsou nyní jedinými prostředky k určení biologické dostupnosti a toxického potenciálu ve vzorcích životního prostředí.

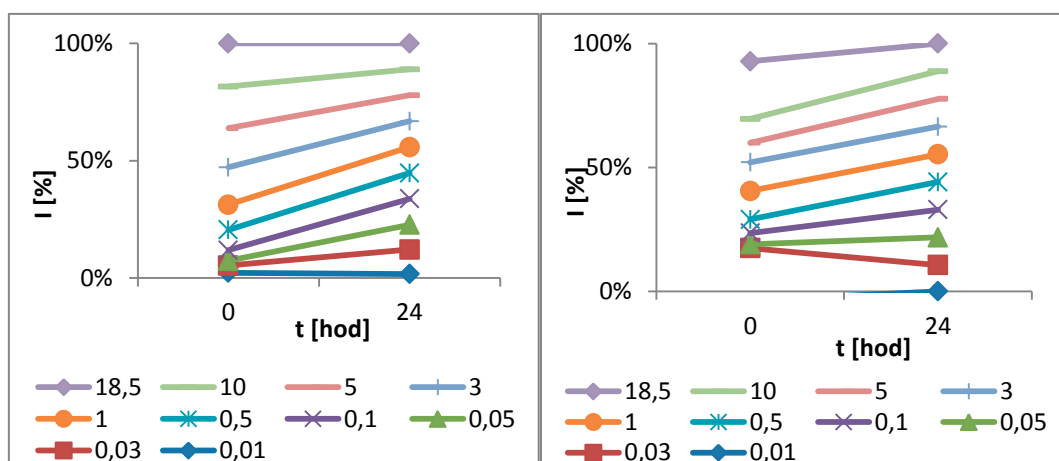
Za určitých okolností nízké koncentrace kovů mohou podporovat růst řas, zatímco vysoké inhibují. Při chronických testech toxicity na řasu *Selenastrum capricornutum*, Ag_2SO_4 a AgNO_3 podporoval růst až do $0,094 \text{ mg l}^{-1}$. Hodnota EC_{50} pro obě soli stříbra byla vyšší než $0,125 \text{ mg l}^{-1}$ (Hans 1999).

Experimentální část

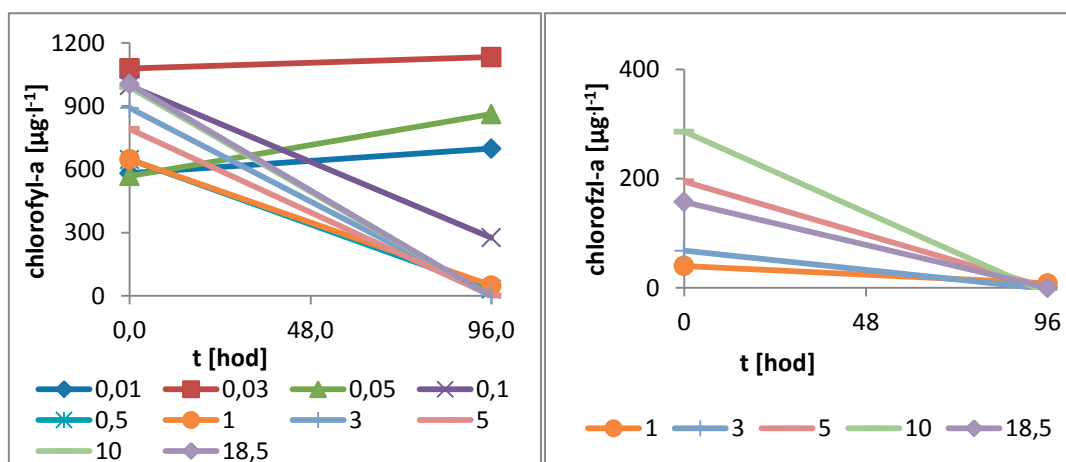
Pro testování nanočástic stříbra na bakteriích byla zvolena klasická bakterie *Escherichia coli* (viz obr. 1) Testy toxicity na řasách probíhaly dle normy ISO 8692 a 10 260 s použitím nanočástic stříbra na kulturu řas. Jako modelový organismus byla zvolena chlorokokální řasa *Desmodesmus quadricauda*, výsledky testování byly dále doplněny testováním vláknitých řas *Klebsormidium* sp., *Stigeoclonium* sp., *Ulothrix* ef. *tenerrima* a *Spirogyra lacustris* (viz obr. 2) Po proběhnutí laboratorních testů byly jednotlivé připravené preparáty otestovány také v reálném prostředí (Adámková 2013).

Výsledky a diskuze

Tato práce vznikla jako součást projektu (viz výše) jehož cílem je vyvinout přípravky s nanočásticemi stříbra, které by mohly být aplikovány na povrch památek. V první části byl nejprve prozkoumán trh s nabídkou preparátů na bázi nanočástic stříbra. Proběhly laboratorní a terénní zkoušky, které prokázaly vhodnost využití nanočástic stříbra k eliminaci biologického růstu (obr. 3). Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR připravil roztoky s obsahem nanočástic stříbra o různé velikosti. Využita byla Tollensova metoda (redukce stříbrné soli pomocí borohydridu). Tímto postupem lze získat nanočástice kovů o velmi malých rozměrech. Pro dosažení ekologicky šetrného roztoku, který by obsahoval nanočástice příslušného kovu byla tato metoda modifikována. Modifikace spočívala ve využití sacharidů jako redukující látky. Z cukrů byly využity monosacharidy (glukóza, galaktóza, xylóza) a disacharidy (maltóza a laktóza) (Panáček a kol. 2008).



Obr. 1 Účinky iontového stříbra Ag^+ (vlevo) a nanostříbra o velikosti 20 nm (vpravo) na bakterie *E. coli*



Obr. 2 Účinky iontového stříbra (vlevo) a nanostříbra o velikosti 5 nm (vpravo) na řasu *Ulothrix* ef. *tenerrima*



Obr. 3 Aplikace komerčních přípravků v reálném prostředí (beton)

Ze všech laboratorně připravených preparátů byl nejúčinnější přípravek, který obsahoval nanočástice stříbra o velikosti 5 nm (obr. 2) a to i pro bakterie *E. coli*. Při porovnání toxicity jednotlivých preparátů na řasu *Desmodesmus quadricauda* většinou odpovídá jejich velikosti, tedy že se vrůstající velikostí částic klesají toxické účinky. Toto pravidlo však nelze jednoznačně uplatnit pro vláknité řasy. Pro řasu *Klebsormidium* sp. byl přípravek (galaktózový koloid) mnohem účinnější než ostatní cukerné koloidy, přesto, že obsahuje nanočástice o největší velikosti (70 nm).

Na rozdíl od bakterií, kde se jako nejvíce účinný projevil právě dusičnan stříbrný, tedy iontové stříbro (obr. 1), bylo pro řasy iontové stříbro o něco méně účinné, než přípravek s obsahem nanočástic do velikosti 5 nm. Výsledky jsou velice ovlivněny právě trofickou úrovní daného testovaného organismu. Toxicita nanostříbra je ovlivněna širokou škálou faktorů. Svoji roli vedle velikosti částic, specifického povrchu a iontové síle hraje také složení buněčné stěny či přítomnost vnějších obalů. Například při porovnání dvou chlorokokálních řas *Desmodemus quadricauda* a *Chlorella vulgaris* je patrný rozdíl v toxickém působení. *Ch. vulgaris* byla méně odolná proti působení nanostříbra, protože jí chybí sporopoleninová vrstva jaká je u *D. quadricauda* (Adámková 2013).

Rozdílnost mezi iontovým a nanostříbrem je stále sporná nezodpovězená otázka. U většiny testů probíhajících na řasách je připisováno toxické působení spíše iontům stříbra, tedy že dochází k nepřímému účinku nanočástic stříbra na buňky (Griffitt, R. J. 2008, Griffitt, R. J. 2009, Adámková 2013).

Problematická je aplikace těchto preparátů na vyšší organismy, jako jsou mechy a lišejníky. Vzhledem k nesmáčivosti povrchu. Dříve došlo k odpaření, popř. smytí roztoku než mohl proniknout prorostlou vrstvou biomasy a působit na ně toxicky.



Obr. 4 Aplikace laboratorních preparátů na plochy porostlé mechy

Pokud bychom uvažovali o aplikaci nanočástic stříbra ve vodárenských provozech, kde se většinou používají sloučeniny chloru, vyvstává nám otázka jak korektně interpretovat výslednou účinnost. S tím souvisí také další překážky a tou je právě hygienický limit (vyhl. č. 252/2004 Sb.) a případně i požadavky na vlastnosti materiálů ve styku s vodou (vyhl. č. 409/2005 Sb.). Koncentrace stříbra menší než 1 mg l^{-1} nemají téměř žádné inhibiční účinky (zejména pro řasy), ale podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. je limit pro stříbro $50 \text{ } \mu\text{g l}^{-1}$.

Poděkování: Publikace byla vytvořena v rámci projektu č. DF11P01OVV012 programu NAKI.

Použitá literatura

- Adámková P., Říhová Ambrožová J., (2013) Inhibiční účinek nanočástic kovů na kulturu řas. Sbor. konf. *Vodárenská biologie 2013*, Praha 6.-7.2. 2013, s. 106-111, ISBN 978-80-86832-70-8
- Griffitt, R. J.; Luo, J.; Gao, J.; Bonzongo, J. C.; Barber, D. S. (2008) Effects of particle composition and species on toxicity of metallic nanomaterials in aquatic organism. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27 (9), 1972–1978.
- Griffitt, R. J.; Hyndman, K.; Denslow, N. D.; Barber, D. S. (2009) Comparison of Molecular and Histological Changes in Zebrafish Gills Exposed to Metallic Nanoparticles. *Toxicological Sciences*, 107 (2), 404–415
- Hans T. Ratte (1999), Bioaccumulation and toxicity of silver compounds: a review, *Environmental Toxicology and Chemistry*, pp. 89–108,
- Křížková, S.; Adam, V.; Kizek, R.; et al. Fytotoxicita stříbrných iontů. (2009), *Chem. Listy* 103, 559–568.
- Laban, G. a kol. (2010): The effects of silver nanoparticles on fathead minnow (*Pimephales promelas*) embryos. *Ecotoxicology* 19: 185–195
- Miao, A. J. a kol. (2009): The algal toxicity of silver engineered nanoparticles and detoxification by exopolymeric substances. *Environ. Pollut.* 157: 3034–304
- Miller A. Z., Laiz L., Gonzalez J. M., Dionísio A., Macedo M. F., Saiz-Jimenez C. (2008) Reproducing stone monument photosynthetic-based colonization under laboratory conditions. *Sci Total Environ* 405, 278–285.
- Navarro, E.; Baun, A.; Behra, R.; et al. (2008): Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi. *Ecotoxicology*, 17 (5), 372–386
- Navarro, E. a kol. (2008): Toxicity of Silver Nanoparticles to *Chlamydomonas reinhardtii*. *Environ. Sci. Technol.* 42: 8959–8964
- Ortega-Calvo J. J., Ariño X., Hernandez-Marine M., Saiz-Jimenez C. (1995) Factors affecting the weathering and colonization of monuments by phototrophic microorganisms. *Sci Total Environ* 167, 329–341.
- Oukarroum, A.; et al. (2012) Inhibitory effects of silver nanoparticles in two green algae, *Chlorella vulgaris* and *Dunaliella tertiolecta*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 78, 80–85
- Panáček, A.; Kvítek, L.; Prucek, R.; et al. (2006) Silver Colloid Nanoparticles: Synthesis, Characterization, and Their Antibacterial Activity. *J. Chem. Phys.*, 110, 16248–16253.
- Warscheid, T.; Braams, J. (2001) Biodeterioration of stone: a review. *LBW - Microbiology in Conservation*

Možnosti řízení vodárenské soustavy Svitavsko

Ing. Bc. Milan Lindovský, MBA¹⁾; doc. Ing. Šárka Kročová, Ph.D.²⁾;
Jaromír Hurych³⁾

¹⁾ VAE CONTROLS Group, a.s.

nám. Jurie Gagarina 233/1, 710 00 Ostrava, tel.: 596 240 001, milan.lindovsky@vaecontrols.cz

²⁾ Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava,
Lumírova 13, 700 300 Ostrava – Výškovice, tel.: 597 322 892, sarka.krocova@vsb.cz

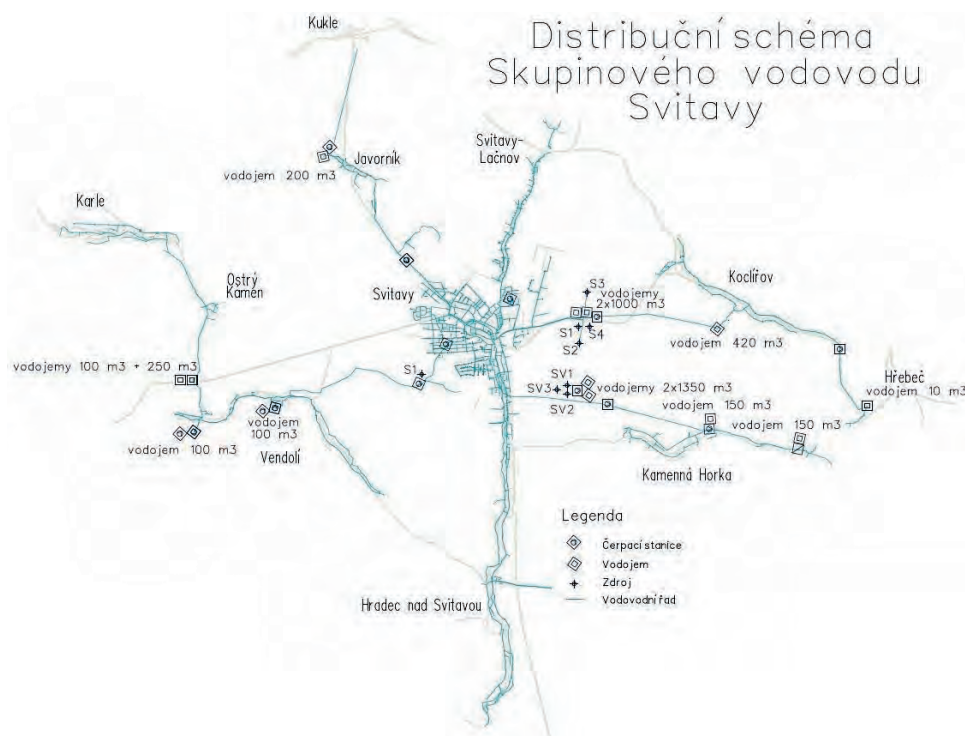
³⁾ Vodárenská Svitavy, s.r.o., Hradec nad Svitavou,
tel.: 461 310 716, j.hurych@vodarenskasvitavy.cz

Abstrakt

Vodovody pro veřejnou potřebu jako součást veřejné infrastruktury státu jsou současně i jednou z devíti oblastí kritické infrastruktury, s mimořádným významem pro zachování řady nouzových služeb po vzniku mimořádné situace. Poškození nebo vyřazení výrobně-distribučního systému pitných a požárních vod nejen podstatně sníží životní standardy obyvatelstva, ale především ohrozí činnost zdravotnických zařízení, výroben potravin a v řadě případů i požární bezpečnost zastavěných území. Příspěvek naznačuje možnosti, jak snížit negativní dopady mimořádné události a zkvalitnit způsob řízení vodárenské soustavy Skupinového vodovodu Svitavy.

1. Stručná topologie vodovodu

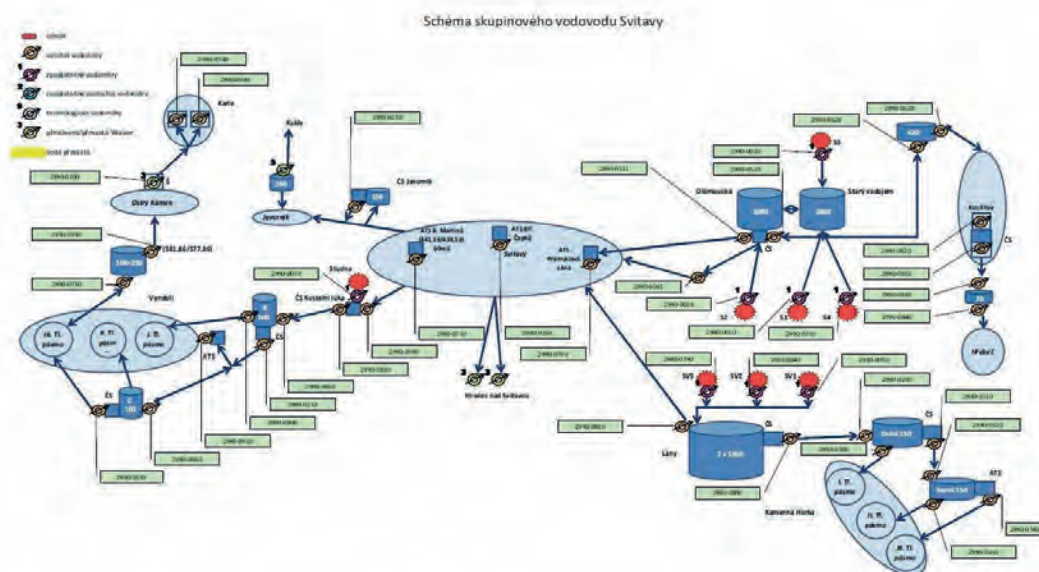
Skupinový vodovod Svitavy od 1.1. 2010 provozuje Vodárenská Svitavy s.r.o. na základě Smlouvy o provozu vodovodů a kanalizací pro veřejnou potřebu ze dne 6.10.2009, kdy došlo k oddělení provozování od VHOS Moravská Třebová. Skupinový vodovod zásobuje vodou město Svitavy a obce Koclířov, Hřebeč, Kamenná Horka, Vendolí, Ostrý Kámen, Karle, Javorník, Hradec nad Svitavou, Kukle. V roce 2012 byly využívány podzemní zdroje pitné vody Olomoucká a Čtyřicet Lánů a z jednotlivých lokalit byla čerpána voda v množství 1 232 tis m³, přičemž ztráty v síti byly 19% za rok 2012.



Odběrová tabulka vodních zdrojů

Zdroj – lokalita	Vydatnost	Povolený odběr	Výroba 2012	NO ₃
	l/s	l/s / m ³ /rok	m ³ /rok	mg/l
Čtyřicet Lánů SV 1-2	60	60/900.000	387.271	46,13
Čtyřicet Lánů SV 3	12	12/900.000	306.346	14,05
Olomoucká S 1-3	65	65/950.000	53.817	44,25
Olomoucká S 4	28	28/950.000	484.524	2,65

V roce 2012 bylo odstraněno 126 poruch. Technologické vybavení vodovodu je znázorněno na následujícím obrázku.



Vodárenský systém je řízen z centrálního dispečinku a v současné době se realizuje integrace vodárenského dispečinku s dispečinkem čistírny vod Hradec, která slouží jako hlavní čistírna pro město Svitavy. V areálu čistírny působí i vedení provozní společnosti. Z uvedeného vyplývá, že se jedná technologicky i vodohospodářsky, v česku, „běžný“ skupinový vodovod. Na jeho příkladu je tedy možno definovat možnosti jeho provozování ve vazbě:

- na optimalizaci výroby a distribuci vody při minimalizaci provozních nákladů (zejména spotřeby el. energie)
- na dodržení kvalitativních a hygienických parametrů vody
- na minimalizaci vzniku a následků mimořádných situací a událostí

Vzhledem k požadovanému rozsahu příspěvku se autoři zaměřili zejména na oblast minimalizace vzniku mimořádných situací.

2. Definování základních rizik ve vodárenské soustavě

Cílem je analyzovat vodárenský distribuční systém, jako základní část vodárenské soustavy, definovat možné základní rizika jednotlivých prvků tohoto systému a navrhnout taková opatření, která definovaná rizika minimalizují nebo minimalizují jejich škodlivé dopady.

Pro vlastní potřebu analýzy rizik, jsme jednotlivá nebezpečí a rizika definoval následovně.

Vodní zdroje

Povodňové stavy mění kvalitu surových jímáných povrchových a podzemních vod a zaplavující objekty jejich jímání,

u podzemních zdrojů jejich kontaminace především anorganickými látkami ze skládek a starých ekologických zátěží těžkého a chemického průmyslu; organickými látkami z netěsných kanalizačních systémů a zemědělství,

u povrchových vod jsou to bodové i nebodové zdroje různých znečištění látkami, především pesticidy, herbicidy a ropnými látkami přitékajícími do vodárenské nádrže převážně kanalizačními systémy z nečištěné nebo nedokonale vyčištěné odpadní vody.

Dále se jedná o zejména následující nebezpečí:

- nedostatek vody vlivem dlouhodobého sucha, pokles hladiny spodních vod
- nedostatečná kapacita vodních zdrojů vzhledem k požadavkům spotřeby
- teroristický útok na vodní zdroje vodárenského systému
- teroristický útok na prvky distribuční sítě

Distribuční systémy pitných vod

Nedostatečné zdravotní zabezpečení pitné vody v extrémně dlouhých vodovodních sítích,

- předimenzovanost vodovodních přívaděčů a rozvodné sítě ve vztahu k množství realizované vody, rychlosti proudění a jejímu zdržení v distribučním systému,
- nevhodně konstruované vodojemy z hydraulického hlediska, teplotní stálosti vody, znečištění organickými a anorganickými látkami a zpravidla nedostatečným bezpečnostním systémem zabráňujícím vniknutí neoprávněných osob a úmyslnou kontaminaci vody,
- nedostatečná hydraulická účinnost vodovodních sítí – nemožnost zajistit distribuci pitné a požární vody při jejím nedostatku ve zdrojích a v době vzniku mimořádných událostí velkého rozsahu ohrožujících provoz subjektů kritické infrastruktury měst a obcí,
- poškození zařízení v záplavových územích při povodňových stavech, především přemostění vodotečí a shybek pod vodními toky,
- nedostatečná kapacita distribuční sítě vzhledem k požadavkům spotřeby
- teroristický útok na prvky distribuční sítě

Základní znalost výše uvedených rizik dle druhu výrobně-provozních zařízení a celé škály dalších prvků vodárenského systému umožňuje každé vodárenské společnosti se nad potenciálním nebezpečím zamyslet a zvolit optimální postup vedoucí k snížení rizika vzniku nepředvídané mimořádné události. Pro řešení úkolu je řada možností. K nejlepším patří podrobná analýza provozního rizika, která nejen definuje nebezpečí, ale současně hodnotí náklady a užitek celého bezpečnostně-technického opatření.

Veškerá uvedená rizika mohou mít zásadní dopad do distribuce vody ke konečným uživatelům vody, tj. ke vzniku nedostatku vody v systému zásobování obyvatelstva a technické infrastruktury státu.

3. Eliminace rizik

Vznik mimořádné situace s následkem nedostatku vody pro uživatele vodárenského systému nelze při výrobě a distribuci vody vyloučit. Se vzrůstajícími civilizačními vlivy stoupá i jejich pravděpodobnost vzniku, jejich intenzita a pravděpodobnost vzniku vyvolává řada přírodních zákonů a zákonitostí a v některých případech i působení lidí a lidské činnosti. Vzhledem k tomu, že mimořádnou událost nelze zcela vyloučit, je nutno eliminovat aspoň negativní následky na přijatelnou úroveň. K eliminaci následků mimořádných událostí vytváří stát bezpečnostní systém, tvořený správními úřady státu, orgány územních samospráv, ozbrojenými a bezpečnostními složkami státu, záchrannými

sbory, havarijní službou, právními i fyzickými osobami. Koordinátorem bezpečnostního systému bývá Integrovaný záchranný systém (IZS).

V souladu s výše uvedeným lze definovat základní okruhy opatření snižující nebezpečí rizik:

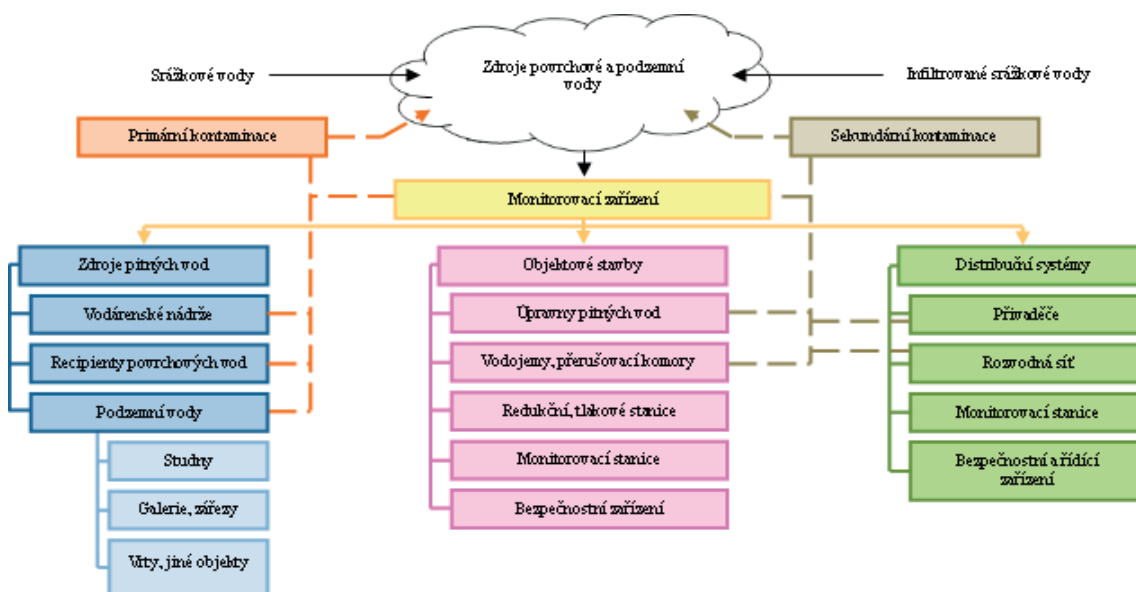
a) ve standardních podmínkách provozu

- vytvoření matematického modelu vodovodní sítě pro projektování a analyzování provozních stavů
- projektování vodárenské sítě se začleněním ochranných prvků již v samotném technologickém řešení
- vybudování monitorovacího a řídicího systému celé vodovodní sítě nebo její strategické části
- použití vhodného druhu trubních rozvodů a technologického zařízení
- optimalizace bezpečnostních a měřicích prvků na jednotlivých částech vodárenské sítě
- vytvoření základních scénářů řešení provozních havárií v rámci krizového plánu
- logistické řešení způsobů náhradních dodávek pitné/ užitkové vody
- zpracování metodiky provozování vodárenských objektů a vodovodních sítí

b) při mimořádných událostech a krizových situacích

- krizové plánování, zpracování plánů krizové připravenosti vodárenské společnosti
- určení kritických prvků technické infrastruktury a jejich priority v zásobování vodou
- materiálová a logistická příprava na mimořádnou událost, tj. zpracování analýzy potřeb materiálových zásob, nákup a vhodné umístění zásob dle významu a charakteru ohroženého objektu, uzavření smluv o zapůjčení technického zařízení nebo o formě krizové pomoci
- využití telemetrického a řídicího systému pro variantní a havarijní řízení vodárenského systému

Analýzu eliminace rizik můžeme schematicky zobrazit jako vzájemně propojenou strukturu jednotlivých částí vodárenské soustavy, jejichž jednotlivé části na sebe vzájemně působí



Základní schéma struktury snižování rizik

4. Monitoring a řízení vodárenských procesů

Základní podmínkou pro úspěšné zvládnutí problematiky řízení vodárenských procesů, za předpokladu dostatečné technické a technologické vybavenosti vodárenských sítí, je schopnost účinně monitorovat celý proces od výroby vody až po dodávku konečnému spotřebiteli. Účinný monitoring a schopnost řídit, je-li to možné dálkově, vytváří předpoklady, že řízený systém bude schopen splnit mimořádně náročné podmínky za krizových situací, kdy hrozí nedostatek vody pro potřebu veřejné, tj. kritické infrastruktury. V této části řízení vodárenských procesů je nutno využívat stávajících moderních telemetrických systémů.

Proces sledování kvality vody v úpravně

Výrazná změna kvality surové vody způsobená zejména kontaminací nebezpečnými nebo zvláště nebezpečnými látkami může úpravnu vyřadit z provozu. Riziko nečekaného vyřazení snižuje on-line sledování:

- kvality přívodu surové vody ze zdroje k úpravně včetně on-line informací o přítoku vody do úpravně v l.s^{-1} ,
- komplexní sledování úpravárenského procesu surové vody na vodu pitnou, viz následující obrázek,
- sledování výstupních parametrů o průtoku, tlaku a úrovni zdravotního zabezpečení pitné vody předstupem do distribučního systému.

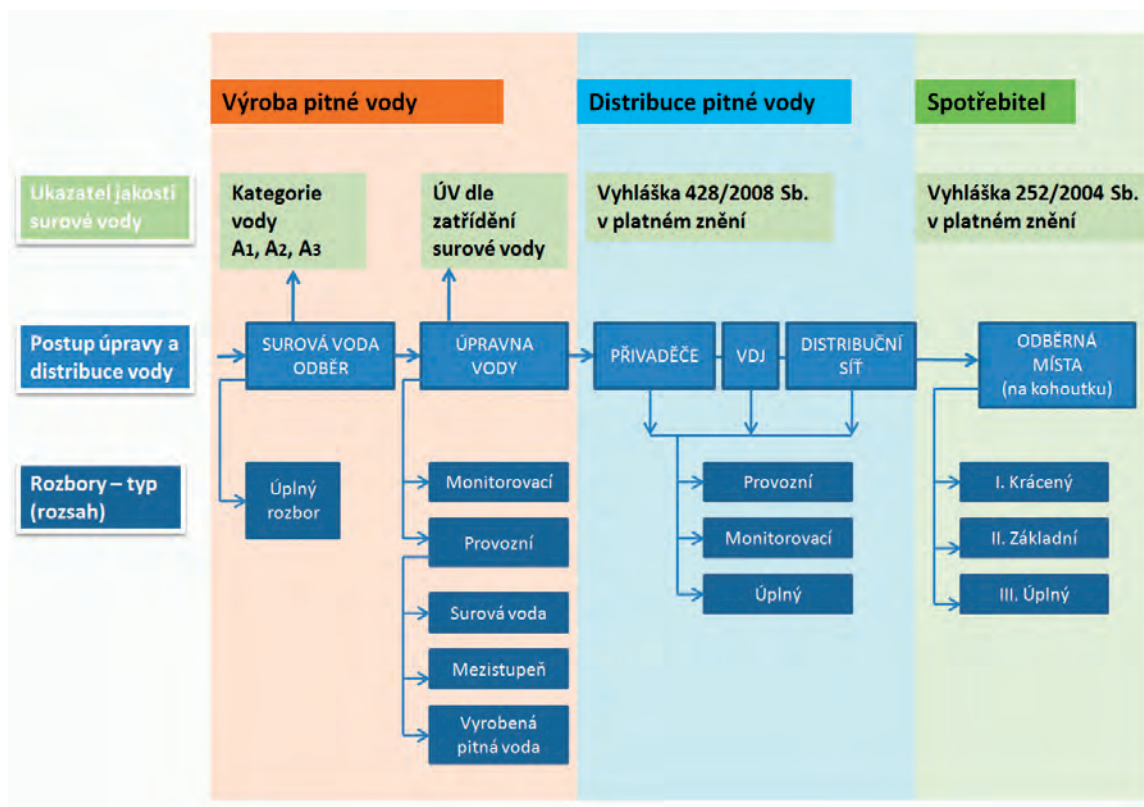


Schéma sledování úpravy surové vody na vodu pitnou

Sledování bezpečnostních a provozních hodnot ve vodojemech

Dalším rizikovým vodárenským objektem z hlediska rizika narušení jsou vodojemy. Nejen hrozí akutní kontaminace pitné vody z antropogenních důvodů, ale při větším poškození objektu a jeho technologického vybavení násilným činem i narušení dodávek

vody do distribučního systému. Pro snížení daného rizika je vhodné dálkově monitorovat a vyhodnocovat minimálně následující informace:

- sledování přítoku a odtoku vody z VDJ a hodnocení doby jejího zdržení a čerstvosti,
- sledování teploty vody a následného řízení její obměny,
- hodnocení úrovně jejího zdravotního zabezpečení, popř. řízení její dochlorace,
- kontrola bezpečnostních prvků před vniknutím do objektu.

Vodojemy, které jsou součástí distribučního systému, vykazují sice vysoké riziko ohrožení, ale umožňují v současné době i poměrně snadnou a kvalitní možnost ochrany. Největším rizikem při nedostatku vody ve zdrojích pro nouzové dodávky především subjektům kritické infrastruktury a požární zabezpečení staveb je vlastní vodovodní síť, především její hydraulická účinnost. Za určitých podmínek může zčásti nebo zcela zamezit dodávkám vody prostřednictvím trubních řadů. Pro snížení tohoto rizika je nutné znát nejen aktuální hydraulické parametry sítě, ale mít možnost, dle reálné situace, je v průběhu krizového stavu jednoduchým způsobem měnit.

Sledování distribučních systémů pitných vod

K nebezpečným částem výrobně distribučního systému patří zcela jednoznačně vodovodní síť. Rizika sekundární kontaminace pitné vody zpravidla vznikají při haváriích a nedůsledném dodržování bezpečnostních zásad a provozních předpisů. Riziko nekontrolovaného šíření kontaminace pitné vody sníží především:

- on-line sledování a hodnocení množství realizované vody v distribuční síti, tlakových pásmech, jejích sekcích, nebo monitorovacích zónách,
- sledování, případné dálkové řízení funkce redukčních ventilů (noční, denní režimy), přečerpávacích nebo tlakových stanic a dalších technologických objektů,
- možnost dálkového ovládání strategických armatur na přivaděčích, páteřních řadech a vybraných místech rozvodné vodovodní sítě,

5. Návrh technických prostředků dispečerského systému

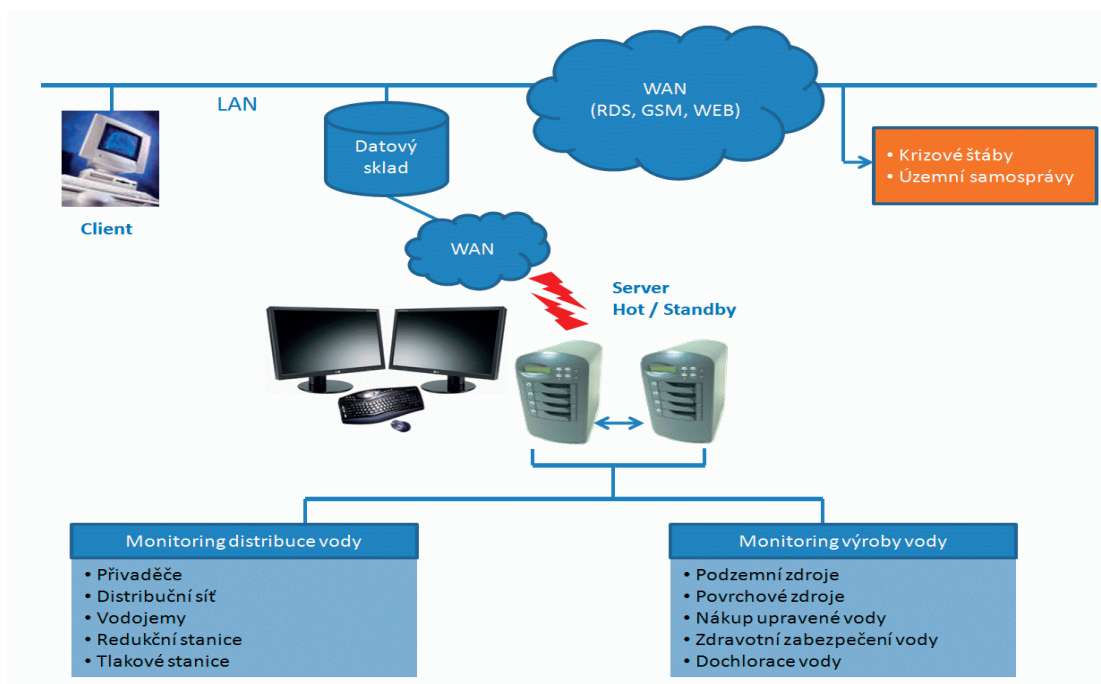
Na úrovni řízení celého distribučního procesu a možnosti rychlé reakce na řadu provozních nebo mimořádných událostí, velmi často závisí konečný výsledek, tj. minimalizovat vzniklá rizika, dodržovat kontinuální distribuci vody při požadovaném množství a kvality vody.

Při vzniku mimořádné události nebo krizové situace se nutnost dálkového sledování a řízení technologie a zabezpečení objektů před úmyslným poškozením násobí.

Prakticky jedinou možností, která garantuje tyto požadavky, je instalace a využívání telemetrických systémů pro řízení a monitoring vodárenských procesů. Tyto systémy musí být využívány nejen na samotných lokálních technologických objektech, ale musí umožňovat centrální vzdálený přístup pro řízení těchto objektů na úrovni centrálního vodárenského dispečinku - viz následující obrázek.

Pro dispečink společnosti Vodárenská Svitavy je navržen telemetrický systém ve třech základních úrovních:

- Monitoring a řízení provozních, bezpečnostních a hydraulických hodnot vodárenských systémů na úrovni dispečerského řízení provozních společností
- Expertní systém řízení vodárenského systému při mimořádných a krizových situacích pro potřeby vedení provozních společností a krizového štábu
- Informační systém krizového plánování havarijních dodávek vody při mimořádných situacích pro potřeby státní správy a samosprávy



Návrh struktury dispečinku Vodárenská Svitavy

Pro řízení vodárenského systému a čistírny vod budou použity SW prostředky typu SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), firmy Schneider (SCADAEXPERT) které umožňují vzdálené sledování a řízení vodárenských objektů v reálném čase. Základní architektura systému je následující:

- Centrální SCADA master systém na úrovni dispečerského pracoviště
- Komunikační síť (privátní rádiová síť RDS, datová síť GPRS mobilních operátorů)
- Telemetrické jednotky RTU (Remote Telemetry Units) instalované na jednotlivých vodárenských objektech
- Klientská pracoviště (pracovní počítačové stanice) u vedení provozních společností, pracovníků státní správy a samosprávy, krizového štábu, komunikačně propojená na centrální SCADA systém prostřednictvím informační databáze (datového skladu)

Navržený systém je již aplikován v různých SW modifikacích i na českých vodárnách, ale bez systémových vazeb na řešení rizik vodárenství, jako součástí národní krizové infrastruktury (KI). Současně je opomíjena důležitost monitoringu hydraulických hodnot vodárenské soustavy, jako důležitého hlediska pro zajištění plynulého zásobování vodou. Uvedené podsystémy dispečerského řízení Vodárenské Svitavy budou dodatečně řešeny v rámci již zmiňované integrace vodárenského dispečinku. Je však vhodné řešit komplexně problematiku řízení vodárenských soustav v rámci projektové přípravy modernizace řídicích systémů a aktualizace krizových plánů vodárenských společností.

6. Závěr

Řídit vodárenská zařízení již zdaleka není jen předpoklad dostatku intuice a praxe, jak tomu bylo v minulých desetiletích. Optimální řízení vyžaduje zcela jiný typ přístupu k vyhodnocování vodohospodářské problematiky a využívání monitorovací a řídicí výpočetní techniky. Tato nutnost je dána nejen přibývajícím počtem spotřebitelů

odebírající pitnou vodu z veřejné vodovodní sítě, ale především nároků vyplývajících od zákazníků technické infrastruktury s vysokým stupněm používané techniky, existenčně závislé na hydrodynamických parametrech dodávané vody. Podstatná změna vstupních hodnot, především hydrodynamického tlaku vody, tato zařízení často poškozuje a výrazná změna tlakové hladiny při krizovém stavu a redukci množství dodávané vody, zcela vyřazuje z provozu. Pokud se jedná o subjekty kritické infrastruktury v době krizového stavu, může nedostatek vody způsobit řetězení problémů a vést i ke kolapsu služeb a zdravotnických zařízení.

Snížit tato rizika na minimum může včasné rozpoznání slabých stránek výrobně distribučního vodárenského systému a jejich eliminací při krizovém plánování. Příspěvek naznačuje na příkladu společnosti Vodárenská Svitavy, jak k dané problematice přistupovat a jakým způsobem lze v každé vodárenské společnosti se připravit na řešení mimořádných událostí velkého rozsahu. Časté změny klimatu a možnosti hrozby terorismu nám již k řešení nedává mnoho času. Nedostatek vody následně nebude jen problémem majitele či provozovatele vodovodu, ale velmi tvrdě dopadne na celou společnost a její infrastrukturu.

Literatura

- [1] Zákon o krizovém řízení č. 240/2000Sb
- [2] European Programme for Critical Infrastructure Protection – Green paper, Brussels, 2005
- [3] Šenovský Michal. a spol. *Ochrana kritické infrastruktury*, edice Spektrum, 2007, ISBN 978-80-7385-025-8
- [4] Kročová Šárka. *Strategie dodávek pitné vody*, edice Spektrum, 2009, ISBN 978-80-7385-072-2
- [5] Kročová Šárka a M. Lindovský. *Bezpečnost a ochrana vodárenských systémů*, SOVAK č. 9/2011, ISSN 1210-3039
- [6] ČSN IEC 812(2007), Metody analýzy spolehlivosti systému, ÚNMZ
- [7] Chipley et al. *Risk management Series Reference Manual*, FEMA, US Department of Homeland Security, Eigenverlag, 2003
- [8] Lindovský Milan a Š.Kročová. *Vodárenský dispečink jako nástroj na zvýšení provozní bezpečnosti*, Vodní hospodářství č. 10/2012, ISSN 1211-0760
- [9] Lindovský Milan a Š.Kročová. *Řízení vodárenských systémů při nedostatku vody*, Vodní hospodářství č. 5, 2013, ISSN 1211-0760

Metodika hodnocení stavu objektů pro jímání podzemní vody s využitím vícekritériální analýzy

Ing. Kateřina Slavíčková, Ph.D., Ing. Blanka Ježková

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, *katerina.slavickova@fsv.cvut.cz*, *blanka.jezkova@fsv.cvut.cz*

1. Úvod

Vícekritériální analýza je užitečný nástroj, který pomáhá při rozhodování za nejistoty. Slouží pro vyčíslení pravděpodobnosti výskytu rizikových událostí a následně k i jejich managementu, který spočívá v odstranění nebo minimalizaci rizik. V tomto příspěvku se zaměřujeme na ukázkou aplikace vícekritériálního rozhodování pro posouzení stavu objektů vodních zdrojů a určení priorit z hlediska oprav a rekonstrukcí objektů.

Teorie multikritériálního (vícekritériálního) rozhodování je založena na matematickém modelování. Rozhodnutím rozumíme vybrání jedné varianty ze seznamu v dané situaci potenciálně realizovatelných variant, na základě většího množství kritérií. Jedná se o metodu, jejímž hlavním cílem je shrnout a utřídit informace o větším množství různých variant.

Vícekritériální rozhodování vzniká všude tam, kde rozhodovatel hodnotí důsledky své volby dle několika kritérií, a to kritérií kvantitativních, která se zpravidla vyjadřují v přirozených stupnicích (hovoříme také o číselných kritériích) nebo kritérií kvalitativních, kdy zavádíme vhodnou stupnici, např. stupnice klasifikační nebo stupnice velmi vysoký-vysoký-průměrný-nízký-velmi nízký a současně definujeme směr lepšího hodnocení, tj. zda lepší je minimální nebo maximální hodnota (klesající nebo stoupající hodnoty). Kritéria jsou hlediska, podle kterých jsou jednotlivé varianty posuzovány. Jednotlivým kritériím jsou přiřazovány váhy, které vyjadřují jejich relativní důležitost v rámci celku. [2]

Navrhování a provozování systémů založené na analýze rizik se v poslední době stalo trendem, který zasáhl prakticky do všech inženýrských odvětví. Například se používá v potravinářství, v leteckém průmyslu, strojírenství atd. V posledních letech se tento přístup začal prosazovat i ve vodárenství. [1]

U systémů na dodávku pitné vody je situace složitější než v jiných oborech. Důležitá je komplexnost, je potřeba brát v úvahu systém jako celek od zdroje až po kohoutky spotřebitele, protože selhání jakéhokoli prvku v tomto systému by ohrozilo dodávku pitné vody, všechny jsou tedy stejně důležité.

Dalším typickým rysem systémů zásobování pitnou vodou je velká různorodost. Například u zdrojů surové vody může být jímáná voda povrchová nebo podzemní, mohou se lišit přírodní podmínky, typ jímacího objektu, hloubka jímání, vzdálenost od místa dalšího zpracování, způsob dopravy vody od zdroje (gravitačně, čerpáním) atd.

2. Hodnocení technického stavu objektů pro jímání surové vody

Prvním místem, kde může dojít ke vzniku nežádoucích stavů a tedy i rizika zhoršení kvality nebo množství dodávané pitné vody, je zdroj. Znečištění vody bývá původu antropogenního (způsobené lidskou činností) nebo přírodního (sesuvy půdy, záplavy, atd.). K ohrožení množství jímání vody, může dojít vlivem sucha, povodně, kolmatací půdního okolí zdroje nebo změnou proudění podzemní vody.

Vodu, kterou z vodních zdrojů získáváme, označujeme jako surovou, je tím myšlena taková voda, která ještě neprošla procesem úpravy na vodu pitnou. Požadavky na jakost surové vody jsou stanoveny ve Vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., v platném znění, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) v příl. 13.

2.1. Sběr dat a volba kritérií

Prvním krokem při tvoření hodnotících formulářů byl výběr hodnotících kritérií, podle kterých budou zdroje hodnoceny. Tomu předcházelo důkladné poznání objektů, jejich struktury a funkce na základě terénních průzkumů, studia provozní dokumentace a rozhovorů s provozovatelem.

2.2. Hodnotící formuláře

Jednotlivé typy zdrojů se od sebe poměrně liší způsobem provedení, materiálem, nebo typem podzemní vody, která je jímána (puklinová, podpvrchová, kvartérní, křídová a další). Objekty se také liší stářím, a to od několika měsíců až po sto let (štoly, jímací zářezy). Tím docházelo i k použití rozdílných technologií při výstavbě jímacích objektů. Často také docházelo k sdružování různých typů jímacích objektů do jednoho celku. Proto byl pro každý objekt vytvořen samostatný hodnotící formulář (jímací zářez, štola, studna, vrt).

Hlavní vlastností těchto formulářů má být obecnost při zachování dostatečné podrobnosti, formuláře by také měly být snadno pochopitelné a odolné proti subjektivním chybám, nemají umožňovat příliš velkou šíři výkladu způsobu hodnocení. Pro subjektivní ohodnocení slouží pasáž pro slovní popis stavu objektu.

Jednotlivé jímací objekty jsou posuzovány z hlediska provozního. Hodnotí se především to, co je možné vidět a snadno změřit, neposuzuje se hledisko biologické, ani bakteriologické, také se neposuzují další možné vlivy v jímacím území (stav celého ochranného pásma, hydrogeologie).

V každém formuláři je na prvním místě identifikace jímacího objektu tak, aby bylo jednoznačně specifikováno, o který se jedná. Mezi základní informace patří, kde se objekt nachází, jeho provozní a identifikační číslo. Dále následuje prostor pro samotné hodnocení a slovní popis. [3]

3. Vyhodnocování pomocí vícekritériální analýzy

Pro zpracování a vyhodnocení analýzy jímacích objektů na jímání surové vody byla zvolena metoda Topsis. Princip této metody je minimalizace vzdálenosti od ideální varianty a maximalizace vzdálenosti od varianty bazální. Ideální variantou je ta varianta, u které všechna kritéria dosahují nejlepších hodnot, většinou se jedná o hypotetickou (neexistující) variantu. Požadovanými vstupními údaji jsou kritériální hodnoty pro jednotlivé varianty a váhy kritérií.

Samotné vyhodnocení je prováděno pomocí SW modulu MCAkosa, který má formu doplňku pro tabulkový procesor MS Excel.

Aby bylo možné všechny objekty mezi sebou porovnávat, musí být pro všechny stejný vstup do analýzy. Proto byl vytvořen společný vyhodnocovací formulář. V něm jsou jednotlivá kritéria sloučena do čtyř souhrnných hodnotících kritérií, a je zde navíc přidáno i kritérium hodnotící nahraditelnost zdroje. [2]

Souhrnná hodnotící kritéria:

- A Stavebně - technologické zabezpečení (vstup, žebřík, podesta)
- B Vydátnost
- C Stavební část (stěny, strop, dno, větrací otvory)
- D Strojně - technologická část (čerpadlo, armatury, elektroinstalace)
- E Významnost (nahraditelnost zdroje, dočasná a dlouhodobá)

V každém vstupním formuláři se vyplní body jednotlivých kritérií podle pasportů objektů. (jednotlivá kritéria si odpovídají názvem a identifikačním číslem), program poté do kolonky přidělené body automaticky připsá maximální hodnotu. V případě, že bylo maximální hodnoty dosaženo u více než u jednoho kritéria, přičítá se za každé takové kritérium jeden bod. Tím se bodově zvýrazní kritéria, která mají více součástí v kritickém stavu.

Jeden bod se přičítá proto, aby toto zvýraznění nebylo příliš výrazné a statisticky se tak nepřevážila hodnota samotného kritéria.

3.1. Doplňek MCAKOSA

MCAKOSA je doplněk do Excelu, který slouží k řešení úloh vícekritériálního hodnocení variant. Vytvořili ho pracovníci katedry Operační a systémové analýzy PEF ČZU v Praze jako součást balíku doplňků pro řešení různých typů úloh operační analýzy s názvem ORKOSA. Všechny moduly jsou určeny pro MS Excel 97 a vyšší a práce s nimi vyžaduje znalost tohoto prostředí.

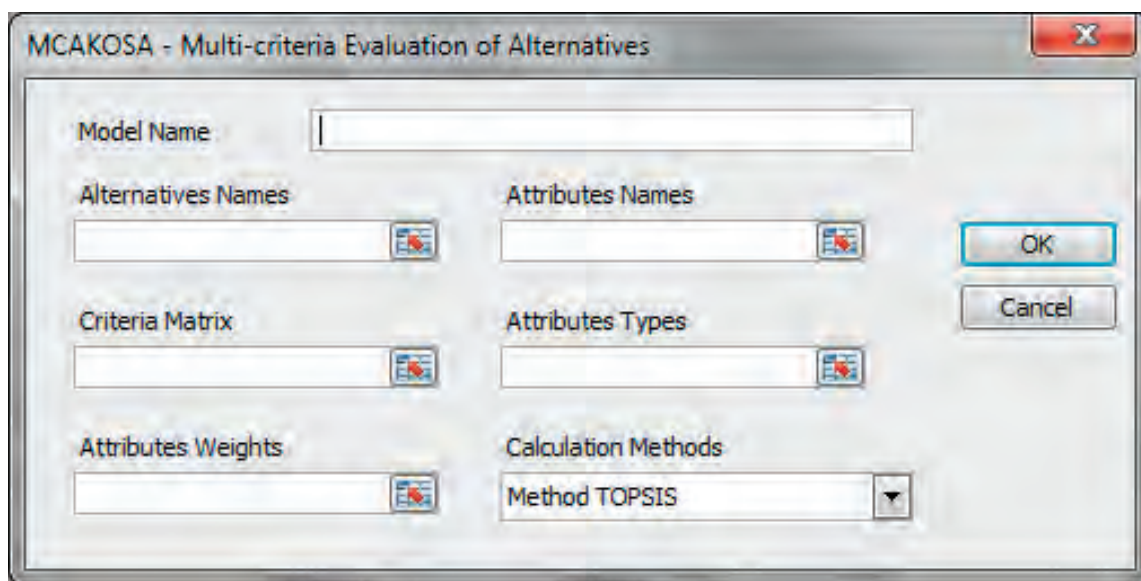
Modul MCAKOSA obsahuje základní metody pro vícekritériální analýzu variant, konkrétně metody WSA, TOPSIS, ELECTRE I, ORESTE a další. Pokud chceme hodnotit varianty pomocí tohoto doplňku, musíme si nejprve připravit v programu MS Excel vstupní data a vytvořit prostředí pro konkrétní řešení. [2]

Před samostatným spuštěním programu musely být do MS Excel vloženy formuláře pro vyhodnocení (se souhrnnými kritérii) a pomocí maker bylo naprogramováno, jakým způsobem si doplněk bude konkrétní data přebírat. Také bylo naprogramováno automatické přidělování maximální hodnoty a přičítání bodu za každé další kritérium ze skupiny, které má maximální počet bodů.

Při samotném vyhodnocování se nejprve otevře příslušný soubor „hodnocení zdrojů“, v záložce nový zdroj se vyplní data o jednotlivých zdrojích do vyhodnocovacího formuláře postupně za všechny zdroje, které mají být srovnávány.

Po vyplnění všech vyhodnocovacích formulářů se spustí doplněk MCAKOSA. V úvodním dialogovém okně vybereme variantu First solving of a new model on the current sheet (první řešení modelu na aktuálním listě).

Poté se objeví vstupní formulář, ve kterém se popisuje systém hodnocení a volí metoda řešení.



The image shows a software dialog box titled "MCAKOSA - Multi-criteria Evaluation of Alternatives". It contains several input fields and a dropdown menu. The fields are: "Model Name" (a single-line text box), "Alternatives Names" (a multi-line text box with a file icon), "Attributes Names" (a multi-line text box with a file icon), "Criteria Matrix" (a multi-line text box with a file icon), "Attributes Types" (a multi-line text box with a file icon), "Attributes Weights" (a multi-line text box with a file icon), and "Calculation Methods" (a dropdown menu currently showing "Method TOPSIS"). There are "OK" and "Cancel" buttons on the right side of the dialog.

Obr. 1 Dialogové okno pro zadání parametrů řešení úlohy vícekritériální analýzy pomocí nástroje MCAKOSA

Alternatives names (jména alternativ): V záložce stavební se vybere sloupec s vypsánými alternativami, tedy jednotlivými hodnocenými zdroji.

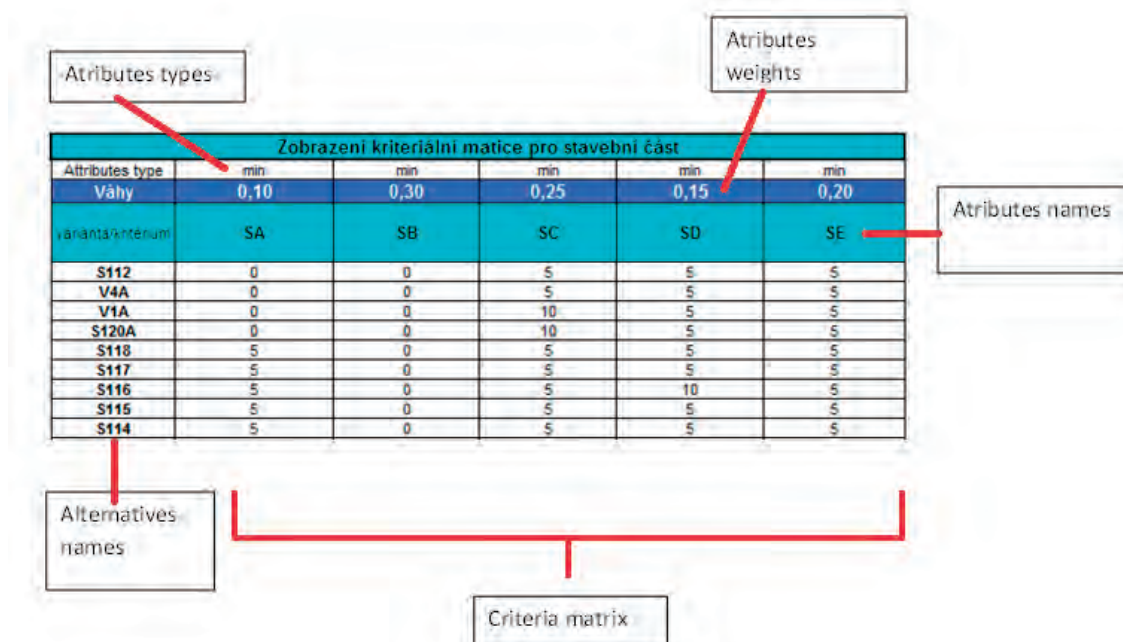
Attributes names (názvy atributů): V záložce stavební se vyznačí řada, ve které jsou jednotlivá kritéria hodnocení (SA,SB,...)

Criteria matrix: data pro výpočet, přidělené body za jednotlivé varianty

Attributes types (typ kritérií): Zda se jedná o kritéria minimalizační nebo maximalizační, v tomto případě se pracuje s kritérii minimalizačními. Tedy čím méně bodů varianta dostane, tím lépe.

Attributes weights (váhy kritérií): váhy přidělené jednotlivým kritériím

Calculation method: výběr metody, která má být využita k výpočtu.



Obr. 2 Popis jednotlivých položek zadávaných do dialogového okna doplňku MCAKOSA

3.2. Výsledky vícekritériální analýzy

Po vyplnění všech polí se spustí výpočet, jehož výsledkem jsou varianty (v tomto případě zdroje) seřazené dle vzdálenosti od bazální varianty (nejhorší varianta) a hodnoty těchto vzdáleností. Nejhorší je zdroj s nejmenší vzdáleností od Nadir, Nadir je varianta bazální, tedy varianta s nejhorším možným hodnocením.

Výstupem je tedy informace o tom, který zdroj je v nejhorším technickém stavu dle zvolených hodnotících parametrů a tedy i doporučený k přednostní rekonstrukci.

Tabulka 1 Ukázka výstupu řešení úlohy vícekritériální analýzy pomocí doplňku MCAKOSA

Area 1 metoda TOPSIS		
Provozní číslo zdroje	Vzdálenost od Nadir	Pořadí (nejlepší 1, nejhorší 12)
S112	1	1
V4A	1	1
S118	0,813173536	3
S117	0,813173536	3
S116	0,813173536	3
S115	0,813173536	3
S114	0,813173536	3
S111B	0,813173536	3
S113	0,679288203	9
V1A	0,37532013	10
S120A	0,37532013	10
S112A	0,320711797	12

Objekty, z jejichž hodnocení je ukázka v tabulce č. 1, se všechny nacházely ve stejném prameništi se stálou obsluhou, jednalo se o vrty křídové a kvartérní (rozdílná hloubka vrtání) a radiální studnu.

Objekty byly budovány v 70 až 90 letech (nejnovější byl vybudován 1999). U některých byly nedávno přebudovány a opraveny stavební šachty.

Ve dvou případech došlo k výrazné kolmataci a bylo nutno vybudovat vrty nové, přičemž bylo použito stávajících šachet s vystrojením.

Objekty byly v poměrně dobrém stavu a byla na nich vidět pravidelná údržba. Na základě proběhlého hodnocení bylo doporučeno opravit především objekty S112A, S120A a V1A, které vyšly v hodnocení nejhůře.

4. Závěr

Po provedení a vyhodnocení analýzy bylo zjištěno pořadí jímacích objektů z hlediska potřeby oprav a údržby. Ve většině případů se jednalo pouze o drobnější závady.

Po prostudování výsledků hodnocení a dalších podkladů (fotodokumentace a slovní hodnocení) byla většina nedostatků provozovatelem odstraněna.

Díky navrženému systému formulářů a hodnocení pomocí vícekritériální analýzy byla získána přesná data o technickém stavu hodnocených jímacích objektů v dané lokalitě. Výsledkem je evidence stavu objektů podpořená fotodokumentací, vyplněnými formuláři a statistickým zhodnocením rizikovitosti jednotlivých objektů i stanovení priorit z hlediska oprav a rekonstrukcí.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován v rámci projektu SGS13/172/OHK1/3T/11.

Literatura

- [1] Tuhovčák, L., Ručka, J., Kožíšek, F., Pummann, P., Hlaváč, J. a kol.: Analýza rizik veřejných vodovodů, Akademické nakladatelství Cerm pro Brno, 2010, 254 s., ISBN 978-80-7204-676-8
- [2] Brožová, H., Houška, M., Šubrt, T.: Modely pro vícekritériální rozhodování, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003, 178s, ISBN 80-213-1019-7
- [3] Čiháková, I., Slavičková, K. - Horký, F. - Ježková, B.: Rizika při zásobování pitnou vodou od zdroje ke spotřebiteli 2011. [Výroční zpráva]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, 2011, 39s.

Vodárenský dispečink z pohledu počítačové bezpečnosti

Ing. Josef Fojtů

QLine a.s., tel.: 604 223 671, fojtu@qline.cz, www.telemetry.cz

S postupující elektronizací a rozšiřováním digitálního světa se stále častěji setkáváme s potřebou nasazení prvků počítačové bezpečnosti do vodárenských dispečinků. Činíme tak i s vědomím, že se dispečinky v průběhu času staly důležitou součástí vodárenských společností a každodenním nástrojem pro řízení provozu. SCADA systémy svou podstatou tvoří technologické rozhraní mezi světem zařízení a světem lidí. A tak se v nich logicky střetává technická souhra zařízení a software s bezpečnostními požadavky reagující na kybernetické hrozby přicházející z aktivity lidí.

V dalších kapitolách se zaměříme na objasnění podstaty bezpečnostní problematiky u systémů SCADA, zejména pak při naplňování hlavního úkolu dispečinku tj. spolehlivého a automatického provozu zásobování pitnou vodou.

Proč se tím zabýváme

Uvedení dispečinků do provozu znamenalo pro vodárenské společnosti významnou kvalitativní změnu, což na druhé straně přineslo závislost na chodu dispečinku jako takového. Je proto přirozenou reakcí zodpovědného provozovatele aby se zabýval riziky, která plynou z možných výpadků provozu a nově i z důvodů, pocházejících z kybernetických hrozeb. Starší generace systémů SCADA z 90. let otázku počítačové bezpečnosti většinou neřešila vůbec, protože tyto hrozby nebyly aktuální. V současnosti už musíme v souvislosti s modernizacemi dispečerských center, brát otázky počítačové bezpečnosti se vší vážností.

Kybernetické hrozby se díky technologickému rozvoji staly součástí reálného světa. Dispečerské servery, jsou jako důležité zdroje provozních informací, součástí firemních počítačových sítí. Firemní sítě jsou s prostředky dispečinku úzce provázány, a proto i zabezpečení infrastruktury je třeba řešit v úzké součinnosti zainteresovaných organizačních jednotek, aby nedocházelo k omezení provozu dispečinku.

Například u jedné vodárenské společnosti správce plošně instaloval antivir na všechny počítače včetně serverů telemetrie bez vědomí techniků dispečinku. Správce měl dobrý pocit, že učinil to nejlepší pro zabezpečení sítě. Nechtěným důsledkem byl ale výpadek automatického řízení provozu skupiny čerpacích stanic. Stalo se tak, protože díky přetížení HW prostředků se zpomalilo provádění řídicích programů natolik, že řídicí povely reagovaly pozdě na signály z regulačních hladin.

V posledních letech 3 letech, jsme měli již několik příležitostí se setkat s případy kybernetických bezpečnostních incidentů na systémech SCADA v zahraničí. Připomenu, že se jednalo o napadení škodlivým software pod označením Stuxnet, Night Dragon, Flame a Duqu. Tyto programy se staly součástí reálných útoků, často za pomoci veřejného internetu. Cílem těchto útoků bylo umožnit útočníkovi, aby získal pod svou kontrolu klíčové prvky systému řízení a následně vyřadil z provozu důležitá technologická zařízení.

V naší republice jsou zatím známy útoky pouze na systémy bank, mediálních firem nebo státních institucí a to formou jejich komunikačního zahlcení - útoky DDoS (distributed denial of service) a postupně nabývají sofistikovanějších forem.

Legislativní rámec

Tyto případy vedly vládu, aby koncem roku 2011 ustanovila Národní centrum kybernetické bezpečnosti (NCKB), jako součást Národního bezpečnostního úřadu, se sídlem v Brně. Úlohou NCKB je mimo jiné výkon gesčnické a koordinační role v oblasti kybernetické bezpečnosti vyžadující součinnost státních institucí a subjektů kritické infrastruktury.

Vláda rovněž 2. ledna 2014 schválila návrh zákona o kybernetické bezpečnosti. V době zpracování tohoto příspěvku je tento návrh předložen ke schválení poslanecké sněmovně. Opatření tohoto zákona mají být účinná od 1.1.2015 a mimo jiné se týkají provozovatelů kritické infrastruktury, mezi které patří i vodárenské společnosti.

Jak ovlivňuje počítačová bezpečnost provoz dispečinku

Nasazení bezpečnostních opatření vede k technicky složitějším řešením, protože infrastruktura systému musí navíc zohlednit i další požadavky, které předchozí generace SCADA nemusely brát v úvahu. Architekturu řešení doplňují nové prvky, které chrání přístupy ke klíčovým zařízením a komunikačním sítím. Případně se jedná o doplňkovou instalaci antivirových programů na některé prostředky. Tady je potřeba počítat s tím, že **použití antivirových programů i automatické aktualizace systémové platformy na zařízení typu SCADA server, jsou vždy provozními riziky** řídicích prvků systémů automatického řízení a jejich nevhodné použití může způsobit částečnou nebo úplnou nefunkčnost dispečerského a řídicího software a tím i celého SR! Proto je třeba nasazení antiviru řešit vždy za spolupráce dodavatele SCADA a správce IT.

Bezpečnostní rizika a zranitelná místa

Nejzranitelnější místa z pohledu bezpečnosti nalezneme tam, kde se infrastruktura dispečinku setkává s veřejným prostorem. Jedná se o komunikační přístupové body do sítě systému řízení SCADA, jako jsou:

SCADA a interní počítačová síť firmy. Pokud jsou obě bezpečnostní zóny propojeny přímo bez firewallu, je zde riziko přenosu škodlivého SW na servery telemetrie a dispečerské stanice. Výpadek dispečinku má samozřejmě kvalitativně vyšší dopad na provozní činnosti než nedostupnost kancelářského počítače.

SCADA a internet. Přístupy z veřejného internetu jsou využívány zejména pro vzdálený přístup servisních techniků a managementu k prostředkům dispečinku nebo připojení telemetrických jednotek RTU/PLC. Zatím co využití vzdálených přístupů mají dnes prakticky všechny vodárny provedeno zabezpečeným způsobem. U telemetrie se nezdá, že můžeme potkat s nízkým zabezpečením komunikačních protokolů, často bez šifrování a ověření.

SCADA a datové sítě. Typickým aktuálním zadáním pro dodavatele je připojit na dispečink nové zařízení telemetrie (RTU/PLC) za co nemění peníze. Což směřuje řešení na komunikaci po internetu případně GPRS, protože privátní radiové sítě jsou v pořizovacích nákladech drahé. Na kvalitní bezpečnostní opatření nejsou prostředky. Takovýto přístup má stejný efekt jako časovaná bomba. Pokud má centrální přístupový bod veřejnou IP adresu, může se poměrně jednoduše stát adresátem nevyžádané komunikace s následným zahlcením a výpadkem spojení – obdoba útoků DDoS.

Proč je zabezpečení sítí systémů řízení jiné než zajištění IT sítě?

Dobře postavené vodárenské dispečerské systémy již mají ve své architektuře zabudovány ochranné prvky pro případy výpadků dílčích komponent. A jsou tak v zásadě připravovány na provoz v různých krizových scénářích, při kterých dochází k narušení integrity systému. Sporným bodem při zavádění bezpečnostních opatření je rozdílné pojetí bezpečnostních priorit u systémů SCADA/ASŘTP a obecně firemních počítačových sítí. Podstatu rozporu názorně vystihuje i následující tabulka priorit:

Pořadí priorit	firemní IT	SCADA systém
1	Důvěrnost !	Dostupnost !
2	Integrita	Integrita
3	Dostupnost	Důvěrnost

Firemní IT se zaměřuje na ochranu dat a přístupu k informacím. Ve svém důsledku se jedná o řadu regulačních opatření omezujících přístupy k datům i infrastrukturním službám. Bohužel je častou tendencí IT správců preventivně omezovat uživatelům aktivity s vnějším světem a plošně instalovat antivir.

Prioritou systémů SCADA je kontinuita provozu. Nepřetržitý provoz serverové instance vodárenského dispečinku je z pohledu řídicích vazeb nezastupitelný. Jelikož systémy SCADA mají prostorově rozprostřenou architekturu s potřebou trvalé komunikační aktivity, dostávají se tak s bezpečnostními bariérami do křížku.

Jak posílit bezpečnost systémů SCADA

Prvním krokem by mělo být provedení analýzy rizik. Východiskem je seznam možných hrozeb a vytvoření kvalifikovaného odhadu možných ztrát plynoucích z výpadku dispečinku. To je důležité, abychom věděli, jak správně stanovit rozpočtové priority na realizaci bezpečnostních opatření. Velmi často se stává, že se fáze posouzení přeskočí a společnosti vynakládají peníze na řešení menších rizik, zatímco daleko vážnější hrozby zůstávají. V praxi se osvědčila zejména tato jednoduchá opatření:

Logické oddělení firemní sítě a sítě systému SCADA. Segmentace sítě je základní taktický krok pro posílení kybernetické bezpečnosti automatizačního systému. Logického oddělení dosáhneme nasazením firewallů na klíčová komunikační místa.

Dalším opatřením je řízení přístupu k zařízením v těchto zónách. Děje se tak využitím **autentifikace uživatelů, autorizace a logování přístupů**. Je důležité aplikovat jak fyzické tak i logické řízení přístupu. Typickým fyzickým řízením přístupu jsou reálné překážky jako ploty, zamčené dveře a zamčené rozvaděče. Cílem je omezit fyzický přístup ke kritickým zařízením systémů SCADA pouze pro osoby, které to mají ve své pracovní náplni.

Logická ochrana hlavních komponent systému znamená uzamčení funkčnosti SW komponentů systému řízení, aby se zabránilo neoprávněnému přístupu, manipulaci nebo změně parametrů. To je důležité zejména u pracovních stanic SCADA systémů, které široce využívají běžné komerční technologie (platforma windows a kancelářský SW). V těchto platformách, je důležité vypnout nepoužívané funkce a zajistit, aby konfigurovatelné možnosti byly nastaveny na zabezpečený provoz.

Po zavedení bezpečnostních opatření nastupuje systematické, **každodenní sledování a údržba bezpečnostního systému**. Provozovatelé řídicího systému, musí věnovat trvalou pozornost při vyhodnocování a udržování bezpečnosti po celou dobu životnosti. To zahrnuje činnosti, jako je aktualizace antivirové databáze a instalace bezpečnostních záplat na stanicích se systémem Windows. A rovněž i sledování podezřelých aktivit v systému.

Rozumným opatřením je **zaměřit se na obranu nejdůležitějších zařízení**. V ideálním případě bychom chtěli mít chráněno vše. Nicméně SCADA systémy, hlavně u větších vodáren, jsou natolik složité, že je velmi obtížné vyváženě chránit všechny komponenty. Snazší a užitečnější je systematicky chránit a pečlivě dozorovat několik přístupových bodů k hlavnímu serveru než velkou skupinu pracovních stanic na síti.

Doporučení pro použití antivirových prostředků. V případě serveru SCADA nedoporučujeme nasazení antivirového programu vůbec. Je to dáno skutečností, že bezobslužný server jako takový, se nemůže stát primárním zdrojem nákazy.

Pokud bezpečnostní standardy uživatele neumožňují antivir na serveru zcela vyloučit, potom platí následující pravidlo. V případě, že má provozní prostředí serveru SCADA dostatečnou výkonovou rezervu a nasazení antiviru nezpomalí dobu reakce automatického řízení pod použitelnou úroveň. Je možné antivir nasadit s těmito doporučeními:

- Vypnout rezidenční štít
- Zakázat přístup k internetu
- Scan souborů lze povolit s výjimkou hlavního adresáře SCADA

Jako vhodnější se doporučuje omezit na úrovni OS běžným uživatelům přístup k paměťovým nosičům jako jsou DVD mechaniky, flash jednotky apod.

Pravidla pro provádění aktualizace SSW. Na zařízení typu server striktně doporučujeme, aby proces aktualizace SSW probíhal v kontrolovaném režimu, vždy po předchozím vyzkoušení dodavatelem. To znamená, že funkce „automatická aktualizace“ bude u operačního systému vypnuta. Proces kontrolované aktualizace doporučujeme provádět v čtvrtletních cyklech, v neodkladných případech na vyžádání.

Závěr

Neexistuje pouze jediný přístup, který bychom mohli označit za vhodný. Proto je důležité při návrhu zapojit zdravý rozum a aplikovat vyvážený přístup. Optimum je nutné hledat v kombinaci proaktivních opatření a průběžného sledování vývoje bezpečnostních hrozeb. Volba opatření musí být systémová s ohledem na charakter, potřeby organizace a její bezpečnostní cíle. Každý vedoucí dispečinku ví, co je pro provoz jeho dispečerské infrastruktury skutečně důležité a tyto klíčové prvky pak chránit se vším důrazem.

Společnost QLine jako zkušený dodavatel dispečerských řešení se od roku 1996 úspěšně podílí na přípravě i vlastním provedení bezpečnostních opatření v rámci řady aplikací provozních informačních systémů svých obchodních partnerů (Aqualia, Veolia, Ondeo, Energie AG). V příspěvku jsou využity zkušenosti z této praxe.

Měření kvality elektrické sítě

Přemysl Obdržálek

Elpremo spol. s r.o., Olomouc

Úvod

Obsahem tohoto příspěvku je položit si a současně si odpovědět na několik otázek:

1. Proč měřit kvalitu elektrické sítě?
2. Co je to nekvalita elektrické sítě?
3. Co měřit na elektrické síti?
4. Čím měřit kvalitu elektrické sítě?
5. Jak vyhodnocovat naměřené hodnoty?
6. Jak odstranit případnou naměřenou nekvalitu?

Proč měřit kvalitu elektrické sítě?

Prvotním důvodem potřeby měření kvality elektrické sítě je potřeba zjištění, zda máme elektrickou síť kvalitní či nikoliv. Nekvalitní elektrická síť způsobuje nesprávnou funkci elektrických zařízení, snížení jejich životnosti a v neposlední řadě také zvýšené náklady. Kontrolou kvality elektrické sítě na jedné straně nic nepokazíme a na druhé straně můžeme předejít zbytečným nákladům nebo poruchám.

Dalším důvodem pro kontrolu kvality může být podezření, že se nám elektrické zařízení chová jinak než bychom očekávali, má časté poruchy a podobně.

A ještě dalším důvodem může být potřeba zjištění, zda je příčina nekvality na straně dodavatele elektrické energie (provozovatele distribuční soustavy) nebo jsme si nekvalitu způsobili sami.

Co je to nekvalita elektrické sítě?

Nekvalita je všechno, co je mimo normované hodnoty. Jsou to zejména přepětí a podpětí, nadproud, účiník a harmonická zkreslení. Nekvalitou ale není pouze to, co je mimo dovolenou mez. Nekvalitou je také to, co je ještě v dovolené toleranci, ale přesto nám to již škodí. Někdy by také bylo možno použít termín: „Nekvalita v normě.“ Tedy jestli si škodíme ještě dovoleně, nebo už nedovoleně.

Co měřit na elektrické síti?

Samozřejmostí jsou základní elektrické hodnoty: „Napětí a proud.“

Dále jsou to odvozené elektrické hodnoty: „Činný výkon, jalový výkon a účiník.“

V neposlední řadě jsou to také harmonická zkreslení.

Na závěr bychom se také měli zabývat tím, jak máme jednotlivé odběry rozloženy v čase.

Čím měřit kvalitu elektrické sítě

Zde je nutno poznamenat, že voltmetr, ampérmetr a cosinusfimetr na dveřích rozvaděče nám dávno nestačí. Tyto přístroje jsou dobré k tomu, abychom věděli že zařízení pracuje, ale neřeknou nám skoro nic o tom, jak pracuje.

Pro měření kvality elektrické sítě je nutno použít registrační měřicí přístroj, který je schopen změřit a vyjádřit základní i odvozené elektrické hodnoty jak v číselné podobě, tak i v grafické podobě seřazené na společné časové ose.

Výhodou je, když stejným měřicím přístrojem měří také dodavatel elektrické energie (provozovatel distribuční soustavy).

Jak vyhodnocovat naměřené hodnoty

V prvé řadě vyhodnotíme veličiny vyjádřené v číselných hodnotách.

Velikost napětí (průměr, maximum a minimum) porovnáme s normovaným napětím 230/400V s odchylkou 10%. A to s přihlédnutím k místu, kde bylo měření provedeno. Jestli bylo měření provedeno na přívodu do objektu a jsou předpokládány následné úbytky napětí v rozvodech objektu. Nebo zda bylo měření provedeno na podružném zařízení.

Velikost proudu porovnáme s předpokládaným (jmenovitým) proudem zařízení, kterým proud protéká. Tímto zařízením může být rozvaděč nebo kabel a nebo jednotlivý spotřebič. Při vyhodnocování napětí a proudu porovnáme také jednotlivé fáze mezi sebou. Rozdíly mezi napětími nebo proudy jednotlivých fází jsou důležitými indikátory kvality elektroinstalace.

Hodnoty činného, jalového a zdánlivého výkonu jsou jako spojené nádoby a výsledkem jejich porovnávání je účinník. Při porovnávání jejich číselných hodnot dostaneme pouze hrubou představu o kvalitě sítě. Mnohem přesnější informace získáme v grafickém vyjádření jejich průběhu společně s grafickým vyjádřením účinníku.

Harmonická zkreslení jsou velice důležitým prvkem kvality elektrické sítě. Již samotný jejich výskyt je důvodem k pátrání po jejich zdroji. Překročení dovolených hodnot by mělo vyvolat okamžité vyhledání zdroje a provedení nápravy. Naměřené hodnoty v číselné podobě jsou automaticky porovnávány s dovolenými hodnotami harmonických zkreslení dle ČSN EN 50160 a výsledek je vyjádřen v protokolu.

Následně vyhodnotíme naměřené hodnoty v grafické podobě

Zde máme k dispozici maximální i minimální hodnoty naměřených veličin na společné časové ose a můžeme porovnávat jejich vzájemné vztahy.

Při vzájemném porovnávání napětí a proudu můžeme vyhodnotit situace, kdy nám při velkém proudu pokleslo napětí mimo dovolenou mez, nebo se jí významně přiblížilo.

Při vzájemném porovnávání činného výkonu, jalového výkonu a účinníku můžeme odhalit slabiny našeho kompenzačního zařízení a zjistit proč platíme zbytečně za jalovou energii. Pokud dokonce neplatíme pokuty za to, že je jí více než je dovoleno.

Jak odstranit případnou naměřenou nekvalitu?

Příklad č. 1: Výrazné krátkodobé poklesy napětí jsou způsobeny záběrovými proudy větších spotřebičů. Řešením je vyzbrojit větší spotřebiče zařízením na omezení záběrových proudů.

Příklad č. 2: Zbytečně vysoká spotřeba nebo dodávka jalové energie. Tento nedostatek může být způsoben nedostatečnou kapacitou kompenzačního zařízení nebo jeho pomalou reakcí na změny nebo nevhodností velikosti kompenzačních stupňů. Řešením je jeho úprava podle naměřených hodnot v grafické podobě.

Příklad č. 3: Vyhledávání zdrojů harmonických zkreslení. Při postupném zapínání a vypínání možných zdrojů harmonického zkreslení, zjistíme na časové ose zdroj. Řešením je jeho oprava nebo zabudování zařízení na zamezení jeho vlivu na síť.

Závěr

Měření kvality elektrické sítě by se mělo stát součástí pravidelné revize elektrického zařízení.

Agresivní vlastnosti vody v distribuční síti

Ing. Michal Skalický, Ing. Pavel Buriánek

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice, michal.skalicky@fsv.cvut.cz, pavel.burianek@fsv.cvut.cz

Abstract

Výzkum koroze na vybrané distribuční síti a sledováním několika důležitých hodnot pro tvorbu koroze

Keywords

Aggressivity, properties of water, distribution network, corrosion

Abstract

Aggression water holds property that causes erosion of pipe materials, buildings and equipment. This then causes the corrosion, which is a violation of materials formed by the interaction of the materials and the environment. This leads to incrustation i.e. to creating an adhesive layers of solids excluded from water. The degradation of the quality of treated water in the distribution networks can take place at different speeds depending on the composition of the transported water, the type and the supply of disinfectant, the residence time of water in the network or at a temperature depending on the season.

Keywords

Water quality, corrosion rate, raw water, regulated water, aggressive water

1. ÚVOD

V České republice se vlastnosti pitné vody řídí podle zákona 258/2000 Sb. v platném znění O ochraně veřejného zdraví a jeho prováděcí vyhlášky číslo 252/2004 Sb. Hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost kontrol, zde jsou obsaženy například informace o ukazatelích jakosti a kontrole pitné vody, četnosti a rozsahu rozborů. V distribučním systému pitné vody dochází k interakci mezi použitým materiálem potrubí, dopravovanou vodou nebo dezinfekčním činidlem, jenž se může projevat jak korozí stěn, tak i zhoršováním kvality vody.

Degradace kvality upravené vody v distribuční síti může probíhat různou rychlostí v závislosti na složení dopravované vody, na druhu a dodávce dezinfekčního činidla, na době zdržení vody v síti nebo na teplotě, v závislosti na ročním období. Mezi faktory ovlivňující kvalitu vody patří materiál potrubí, složení dopravované vody, druh a dávka dezinfekčního činidla (ozón, chlór a jeho deriváty), technický stav distribuční sítě, hydraulické poměry a doba zdržení vody v síti [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8].

2. DISTRIBUČNÍ SÍŤ

Jako příklad pro studii byla vybrána oblast jižních Čech (viz obrázek 1), kde byly osazeny korozní kupóny a následně vyhodnocena agresivita vody [9].



Obr. 1 Příklad distribuční sítě

3. KOROZE

Koroze lze nazvat chemický nebo elektrochemický proces probíhající mezi tuhou látkou (materiálem) a prostředím, které ji obklopuje. K poškození potrubí může docházet jak na vnější, tak i vnitřní straně pláště. Rozeznáváme hlavní dva druhy koroze a to korozi plošnou a korozi důlkovou (bodovou), která je hůře zjištělná a celkově problematičtější. Pro ochranu potrubí je důležitý monitoring, který se provádí například pomocí měření lineárního polarizačního odporu, měření proudového napětí, kupónových testů a dalších [10], [11].

4. CÍL PRÁCE

Hlavním cílem je výzkum koroze na vybrané distribuční síti a s tím spojené modelování změn jakosti dopravované vody se sledováním několika důležitých parametrů pro tvorbu koroze, jako je obsah volného a celkového aktivního chlóru, železa, hodnota pH, teploty a dalších. Součástí je i studium kinetiky korozních procesů. Návrh a doporučení pro další distribuční systémy.

5. METODIKA

V rámci metodiky byl dodržen standartní postup podle normy TNV 75 7121 „Požadavky na jakost vody dopravované v potrubí“ a tím budou moci být výsledky srovnatelné [3], [12].

5.1. Postup korozní zkoušky

Zkušební destičky se zváží s přesností na 0,000 5 g a upevní se do držáku. Držáky se zkušebními destičkami definované hmotnosti se zasunou do zkušební trubky připojené k potrubí. Na obrázku 2 je uvedena výměna kuponů na odtoku z VDJ Hodušín.



Obr. 2 *Výměna kuponů na odtoku z VDJ Hodušín*



Obr. 3 *Vážení kuponů na analytických vahách*

Po vyjmutí z držáku se destičky s inkrustacemi jednotlivě položí na hodinová sklíčka, vysuší se v sušárně do konstantní hmotnosti při 105°C a po vychlazení se z nich odstraní inkrusty zředěnou kyselinou chlorovodíkovou. Po opláchnutí destilovanou vodou a ethanolem, vysušení a zvážení (obrázek 3) se vypočte korozní úbytek. Následuje moření v roztoku kyseliny chlorovodíkové a po opláchnutí destilovanou vodou a ethanolem se suší horkým vzduchem. Po vychladnutí se opět zváží.



Obr. 4 *Kupony před mořením v kyselině chlorovodíkové*

5.2. Výpočet hodnot

První ze čtyř hodnot, které je nutno vypočítat je korozní úbytek. Jde o ztrátu oceli v mikrometrech. Nejdříve ale musíme vypočítat korozní úbytek jednotlivých destiček.

Korozní úbytek (U_t):

$$U_t = \frac{1}{7,86} (k - k_o) \quad (1)$$

kde k je průměrná hodnota korozních úbytků pěti destiček v g.m^{-2} ,
 k_o korozní úbytek destiček při slepém pokus (g.m^{-2}),
 $7,86$ hustota oceli (g.cm^{-3}).

Korozní úbytek jednotlivých destiček se vypočítá jako rozdíl hmotnosti destičky před expozicí a po expozici a odstraněných inkrustacích, děleno povrchem destičky. Zdrojem pro toto vyhodnocení je 36 destiček, které byly osazeny v prvním kole.

Korozní úbytky jednotlivých destiček (k)

$$k = \frac{(m_o - m_t)}{S} \quad (2)$$

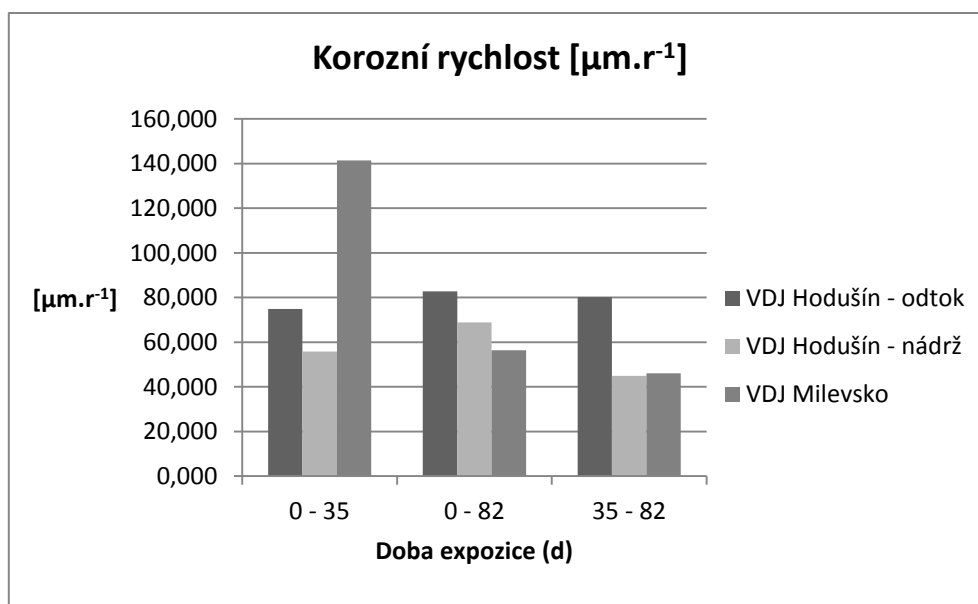
kde k je korozní úbytek destičky v g.m^{-2} ,
m_o hmotnost destičky před expozicí v g,
m_t hmotnost destičky po expozici po odstranění inkrustací (g),
S celkový povrch kuponu před expozicí.

Korozní rychlost se vypočítá jako rozdíl korozního úbytku destičky za delší dobu expozice a kratší dobu expozice, násobenou počtem dní v roce a to celé podělené delší dobou expozice zkrácenou o kratší dobu.

Korozní rychlost (v_u):

$$v_u = \frac{365 \cdot (U_{t_2} - U_{t_1})}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

kde v_u je korozní rychlost v $\mu\text{m.r}^{-1}$,
t₁ kratší doba expozice (d),
t₂ delší doba expozice (d),
U_{t1} korozní úbytek destičky za kratší dobu expozice (μm),
U_{t2} korozní úbytek destičky za delší dobu expozice (μm) [3].



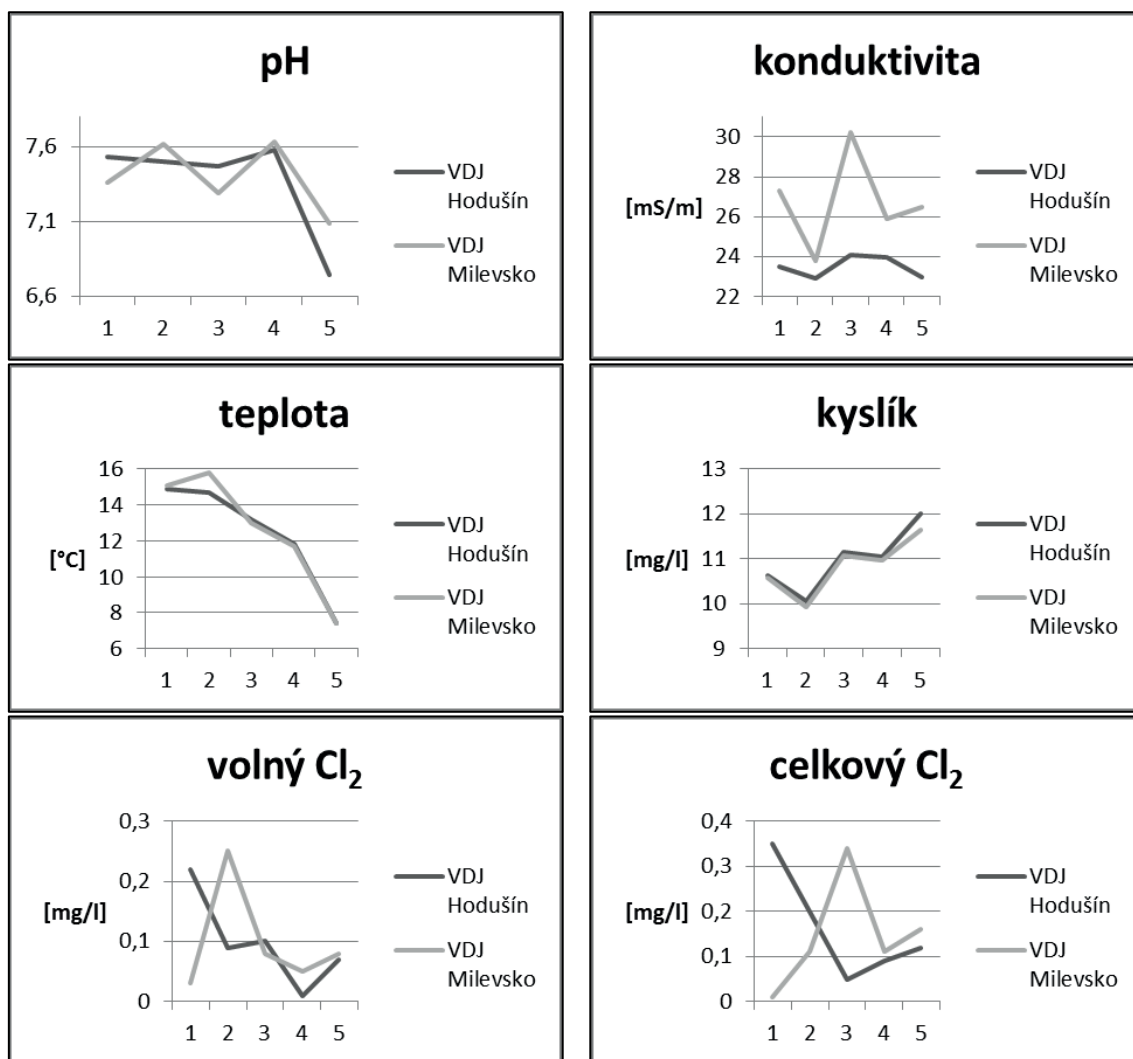
Graf 1 Korozní rychlost

5.3. Kvalita vody

Kvalita vody byla sledována v období 27. 06. 2013 – 02. 12. 2013:

měření – 27. 06. 2013,
měření – 01. 08. 2013,
měření – 17. 09. 2013,
měření – 25. 10. 1985,
měření – 02. 12. 2013

a výsledky jsou uvedeny v grafech.



Graf 2 Ukazatele kvality vody v období 27. 06. 2013 – 02. 12. 2013

6. DISKUZE

Podrobné vyhodnocení výsledků rychlosti koroze ještě neproběhlo. Na první pohled se odlišuje korozní rychlost destiček na VDJ Milevsko v období 0 – 35 den měření, což může být způsobeno chybou měření nebo nečekaným zásahem na rozvodné síti. Všechny naměřené hodnoty byly porovnány s vyhláškou č. 252/2004 Sb. Hodnota pH se podstatně změnila při pátém měření 02. 12. 2013. K největšímu rozdílu hodnot mezi vodojemy došlo při stanovení konduktivity, kdy se rozdíl pohyboval průměrně o 5 mS.m⁻¹ a hodnoty z vodojemu Hodušín jsou vyrovnanější, než hodnoty z vodojemu Milevsko. Volný a celkový chlor se pohyboval v doporučených hodnotách. Teplotní pokles byl způsoben daným obdobím měření, kdy se začínalo v letním období a končilo začátkem prosince. Na teplotu navazuje i vyhodnocení kyslíku, jeho rozpustnost s klesající teplotou stoupá. Vyhodnocení některých důležitých ukazatelů, jako například obsah železa a dalších kovů, bude předmětem dalšího výzkumu.

7. ZÁVĚR

Celá studie probíhá na úseku jihočeské vodárenské soustavy od ÚV Plav přes vodojem Hodušín do vodojemu Milevsko, který zásobuje pitnou vodou celé město Milevsko a přilehlé obce. Naměřené hodnoty se budou porovnávat s hodnotami naměřenými v předešlých letech přímo na úpravě vody Plav, jenž je hlavním zdrojem pitné vody pro celou jihočeskou oblast.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován s podporou grantu SGS12/172/OHK1/3T/11 a SGS13/172/OHK1/3T/11.

Literatura

- [1] Vyhláška č. 376/2000 Sb. *Stanovení požadavků na pitnou vodu a rozsah a četnost její kontroly*. Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2000.
- [2] Vyhláška č. 252/2004 Sb. *Hygienické požadavky na pitnou vodu a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*. Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2004.
- [3] TNV 75 7121. *Požadavky na jakost vody dopravované potrubím*. Praha: Hydroprojekt CZ a.s., 2002.
- [4] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4. aktualizované vydání. Praha: VŠCHT, 209, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
- [5] SLAVÍČKOVÁ, Kateřina. *Vliv dezinfekce a jejích vedlejších produktů na kvalitu dopravované vody*. Praha, 2003. Disertační práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce prof. Ing. Alexander Grünwald, CSc.
- [6] HUBÁČKOVÁ, Jana, Jana AMBROŽOVÁ a Iva ČIHÁKOVÁ. *Strategie sledování, hodnocení a účinného zabezpečení požadavků na jakost vody v akumulacích*. In: [online]. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/014/001733.pdf>.
- [7] SLAVÍČKOVÁ K., A. GRÜNWARD, M. SLAVÍČEK, B. ŠTASTNÝ, K. ŠTRASOVÁ a J. JINDRA. *Měření a hodnocení rychlosti koroze při procesu úpravy vody*. Sborník příspěvků X. mezinárodní vodohospodářské konference Voda Zlín, strana 143 – 148, Zlín 2006.
- [8] SARIN P., et al. A. *Physico-chemical characteristics of corrosion scales in old iron pipes*. Water Res 35, str.2961-2969, August 2001.
- [9] GRÜNWARD, Alexander, Iva ČIHÁKOVÁ, Pavel FOŠUMPAUR, Kateřina SLAVÍČKOVÁ, Marek SLAVÍČEK, Bohumil ŠTASTNÝ, et al. *Inovace procesu úpravy vody a zabezpečení vysoké kvality vody v distribučních sítích*. Praha, 2007. Výroční zpráva. ČVUT v Praze.
- [10] ŽÁČEK L. *Způsoby omezení koroze kovového potrubí*. SOVAK 5/2000, str. 4/132-5/133.
- [11] GRÜNWARD, Alexander, Pavel FOŠUMPAUR, Kateřina SLAVÍČKOVÁ, Marek SLAVÍČEK, Bohumil ŠTASTNÝ, Iva ČIHÁKOVÁ, et al. *Inovace procesu úpravy vody a zabezpečení vysoké kvality pitné vody v distribučních sítích*. Praha, 2005. Výroční zpráva. ČVUT v Praze.
- [12] PONTIUS F. W. *Small systems to tackle disinfection by-products*. JAWWA 4/98, str. 14, 1987.

Zkušenosti v odladování automatizovaných systému řízení technologie

Ing. Miroslav Tomek¹⁾, Ing. Karel Sirotek²⁾

¹⁾ VODING HRANICE spol. s r.o.

²⁾ GDF spol. s r. o.

ÚVOD

Vodárenské objekty v dnešní době jsou už osazeny řídicí a monitorovací technikou s dálkovým řízením. Toto se uskutečňuje z velínu úpraven vody, nebo z dispečinků. Úspora prostředků si vyžádala také úsporu pracovníků a přechod na objekty bez trvalé obsluhy. Vodárenské objekty je dnes možné dálkově řídit a snímat údaje na velín popřípadě centrální dispečink. Automatizační prostředky jsou nedílnou součástí provozních technologických zařízení a v praxi se uplatňuje i řízení procesů počítačem. Řízení technologických procesů v sobě zahrnuje kromě regulace i automatické provádění operací v určité posloupnosti, rozhodování o dalším postupu podle výsledku předchozího kroku. Hovoříme o logickém řízení.

Programovatelné logické automaty

Zkratkou PLC (Programmable Logic Controller). Je jimi řešena naprostá většina řídicích aplikací i technologie ÚV. Pro vodárenské objekty se uplatňují přístroje, které mohou zpracovávat i analogové informace a provádět numerické operace takže mohou být zapojeny přímo do regulačních smyček. I jednoduché automaty jsou běžně vybaveny komunikačními rozhraními, která umožňují jejich propojení mezi sebou navzájem a s nadřazenými řídicími úrovněmi. Vysoké spolehlivosti je dosaženo optickým propojením jednotlivých PLC a vizualizace.

Hlavním účelem využívání řídicích a informačních systémů pro řízení technologie je zajistit co nejdokonalejší dodržování technologických podmínek, maximální využití kapacity technologického zařízení a kvalitu produkce a pokud možno co nejvíce eliminovat nespolehlivý lidský faktor z procesu řízení.

STRUKTURA MODERNÍCH DISTRIBUOVANÝCH ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ

Současný vývojový trend technického vybavení řídicích systémů směřuje k dalšímu stupni distribuce technických prvků a zároveň integrace informací. Schématicky je taková struktura naznačena na blokovém schématu systému řízení ÚV Hradec Králové.

Tab. 1: Počet zařízení na komunikace a vstupy PLC celkem

Komunikace ETHERNET	Komunikace PROFIBUS DP	Komunikace MODBUS	DI	DO	AI	AO	Displej
38	79	14	384	60	52	2	6

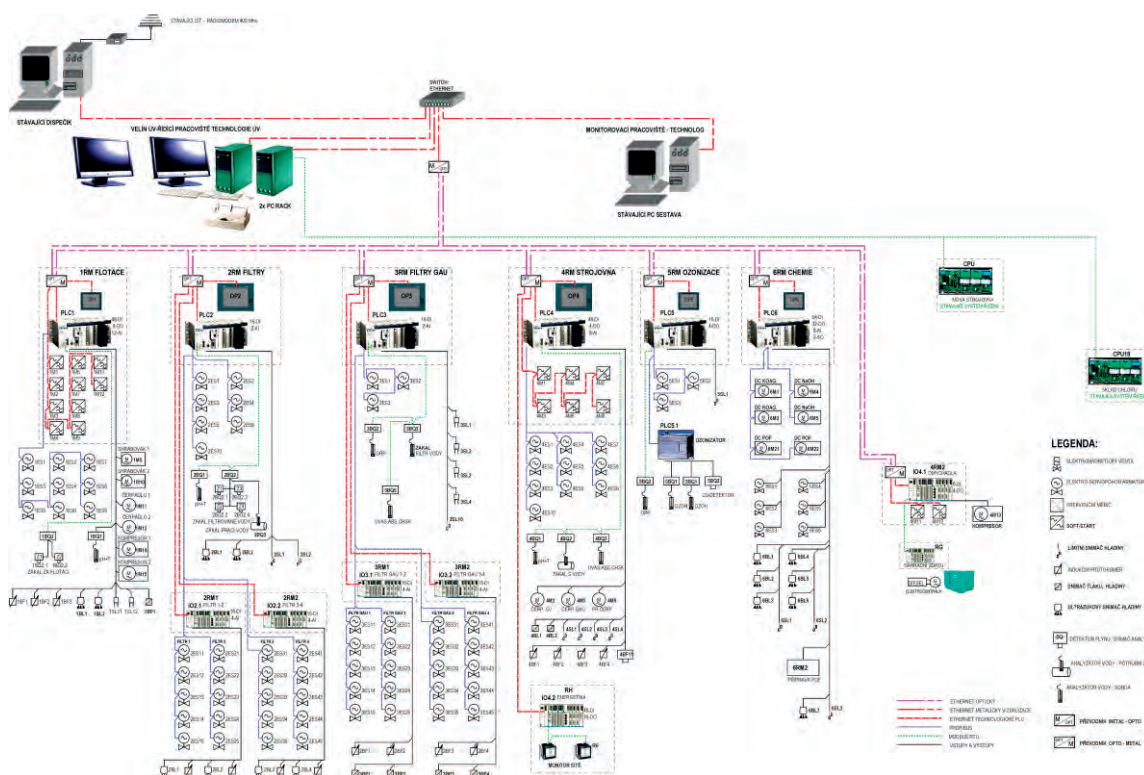
Tab. 2: Počet měřených a regulovaných veličin celkem

Průtok	Hladina spojitá	Hladina limitní	Tlak	Analyzátor	Regulace výkonu	Poloha servopoh.	Celkem
15	15	15	6	16	20	11	98

Tab. 3: Počet akčních členů celkem

Servo-pohony armatur	Čerpadla	Kompresory	Dmychadla	Míchadla flokulace	Shrabováky flotace	Dávkovací čerpadla	Celkem
79	11	3	2	8	2	6	111

Obr. 1: Blokové schéma ASŘ ÚV Hradec Králové



Základem těchto systémů je digitální komunikace po standardizované sběrnici, ke které lze připojit jednak počítačové prvky (procesní počítače, pracovní stanice, servery), jednak všechny polní přístroje vybavené mikropočítači (inteligencí), např. čidla, akční členy, dálkově ovladatelné regulátory. Takto vybavené přístroje zajišťují jednak automatickou kontrolu sama sebe, diagnostiku chyb a kalibraci, jednak mohou plnit i další funkce, např. pracovat jako regulátory.

K procesním počítačům a regulátorům se mohou polní přístroje připojovat standardním způsobem, např. u analogových signálů proudovou smyčkou. V tom případě lze použít standardních i inteligentních přístrojů. Na komunikační sběrnici se také lze v podstatě kdekoli připojovat servisním počítačem (servis MaR) a provádět kontrolu a údržbu systému za jeho provozu.

SNÍMÁNÍ PROVOZNÍCH ÚDAJŮ KVALITY VODY

Důležitou úlohu v automatizaci má i měřicí technika. V této oblasti plní měřicí technika dvoje poslání:

- Získává informace o chování řízeného procesu, bez těchto informací nemůže samočinné řízení vůbec probíhat.
- Získává informace o vlastnostech jednotlivých členů řídicího systému, bez těchto informací by nebylo možno regulační obvod navrhnout, realizovat a seřizovat.

Ve vodárenství jsou to především snímače průtoků, tlaků, hladin, teploty a analyzátory vody, popřípadě detektory ovzduší při použití chloru, ozonu, chlordioxidu...

Pro snímání údajů kvality vody je nutno nasadit analyzátory renomovaných firem. Při pořizování analyzátorů je nutno přihlídnout nejenom k pořizovací ceně ale i k provozním nákladům (je nutno posoudit životnost čidel a jejich cenu, nutnost zabezpečení provozními kapalinami ...)

Vliv na kvalitu a spolehlivost snímání má i pravidelná údržba a dodržování provozních pokynů konkrétních sestav analyzátorů. Při instalaci se osvědčilo, aby montáž a uvedení do provozu prováděl zástupce výrobce, nebo dodavatele. Dále je třeba zajistit zaškolení obsluhy a pravidelný servis.

Tab. 4: Analyzátory na ÚV Hradec Králové

P.č.	Technologie	Parametr	Hodnoty	Snímač
1	Surová voda	Zákal	0,001-4000 FNU (zákal), 0-50 g/l (NL)	SOLITAXsc ts-line zákalová ponorná digitální sonda, ISO princip, dual detektor pro kompenzaci barvy, materiál: nerez, včetně mechanického stírání optiky.
2		pH	6 až 10	pHD sc digitální diferenční pH snímač, vč. tepl. senzoru, předzesilovače a DA převodníku.
3		Teplota	0 až 30 °C	Průtočný blok s pH sondou.
4		Avsorbance	CHSK	UVAS plus sc optická sonda pro měření org. látek absorbujících v UV oblasti, průtočná bypass jednotka.
5	Voda po ozonizaci	Zbytkový ozon ve vodě	0 až 0,5 ppm	Průtočný blok s čištěním
6		ORP	1000 mV	Průtočný blok s čištěním
7	Voda po dávkování, před flotací	pH s korekcí na teplotu	6 až 10	pHD sc digitální diferenční pH snímač, vč. tepl. senzoru, předzesilovače a DA převodníku.
8	Voda za flotací 1	Zákal	0,001...100 NTU	1720 E digitální procesní turbidimetr Hach, mikroprocesorem řízený bypass turbidimetr s autodiagnostikou, odlučovač bublinek optimalizovaná technologie senzoru pro nízké hodnoty zákalu.

P.č.	Technologie	Parametr	Hodnoty	Snímač
9	Voda za flotaci 2	Zákal	0,001...100 NTU	1720 E digitální procesní turbidimetr Hach, mikroprocesorem řízený bypass turbidimetr s autodiagnostikou, odlučovač bublinek optimalizovaná technologie senzoru pro nízké hodnoty zákalu.
10	Voda před pískovými filtry	pH s korekcí na teplotu	6 až 10	pHD sc digitální diferenční pH snímač, vč. tepl. senzoru, předzesilovače a DA převodníku.
11	Voda za pískovými filtry	Zákal	0,001...100 NTU	1720 E digitální procesní turbidimetr Hach, mikroprocesorem řízený bypass turbidimetr s autodiagnostikou, odlučovač bublinek optimalizovaná technologie senzoru pro nízké hodnoty zákalu.
12	Zákal prací vody	Zákal	0,001-2000 NTU (zákal)	SOLITAXsc ts-line zákalová ponorná digitální sonda, ISO princip, dual detektor pro kompenzaci barvy, materiál: nerez, včetně mechanického stírání optiky.
13	Voda po postozonizaci, před filtry GAU	Zbytkový ozon ve vodě	0 až 0,5 ppm	Průtočný blok s čištěním
14		ORP	1000 mV	Průtočný blok s čištěním
15	Voda za GAU filtry	Zákal	5 NTU	Průtočná cela 1720E
16		Avsorbance	CHSK	UVAS plus sc optická sonda pro měření org. látek absorbujících v UV oblasti, průtočná bypass jednotka.
17	Detektory ozonu v ovzduší	Ozon	0,05 ppm	4- kanálový EX,TOX + detekční sodny

SNÍMÁNÍ PROVOZNÍCH PARAMETRŮ TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ VÝROBY A DOPRAVY VODY

Důležité parametry a jak je v technologii při automatizovaném způsobu řízení využít? Především průtoky, od kterých se většinou řídí dávkování chemikálií. Dále veličiny, které jsou ovlivněny dávkováním chemikálií a mohou se využít v programových regulátorech.

Důležité jsou také údaje, které nám vypovídají o stavu technologického zařízení, době provozu, míře opotřebení zařízení, podle kterých lze plánovat pravidelnou údržbu a opravy. Tyto informace lze využít pro včasné odhalení možné závady.

- elektromotory čerpadel, dmychadel (otáčky, teplota vinutí, proudy motorů, snímání tlaků a průtoků – optimalizace výkonu čerpadel, správným výběrem čerpadla zvyšovat účinnost dopravy vody, podklad pro odhalení poruchy)
- dávkovače (stav a řízení prostřednictvím datové komunikace)
- zásobníky chemikálií (hladiny)
- skladování a příprava chemikálií, dávkovacích roztoků (automatizace přípravy, výpočet koncentrace, výpočet doby zásoby chemikálie)
- u všech zařízení celkovou dobu provozu (možnost nastavení parametrů pro potřebu pravidelné údržby)

Akční člen je technické zařízení, které přenáší výstupní signál z regulátoru (akční zásah) do regulované soustavy, tj. mění hodnotu technologické veličiny podle hodnoty výstupu z regulátoru. Akční členy mohou být dvoupolohové nebo spojitě.

Dvoupolohové se mohou nastavovat pouze do dvou poloh, obvykle "otevřeno" a "uzavřeno" a hodí se pouze pro méně náročné regulace a pro logické řízení.

Spojitě akční členy se mohou nastavovat podle hodnoty řídicího signálu do jakékoli polohy.

Například pohony s frekvenčními měniči, regulační armatury.

- Základním a nejčastějším akčním členem ve vodárenství je servopohon armatury.
 - uzavírací se stavy otevřeno zavřeno
 - uzavírací provozovaný i v mezipolohách
 - regulační
- Co od čeho řídit:

Řídit určitý proces se má od veličiny, která je technologickým zásahem citelně a jednoznačně ovlivněna. Například alkalizace se bude proto automaticky řídit od pH alkalizované vody, dávkování manganistanu, nebo ozonu od ORP vody po nadávkování KMnO_4 , nebo ozonu. Zákal vody určuje ukončení odkalování nebo praní filtrů.

Důležitým parametrem regulovaných čerpadel je jejich výkon, který je ovlivňován tlakovými poměry na sání a výtlačku. V takovém případě je nutno regulaci provádět změnou výstupní frekvence měniče s vazbou na skutečný průtok.

Při sestavování požadavků na algoritmus řízení je nutno znát odezvy a pro programátora zadat základní parametry pro sestavení dílčích programových regulátorů:

- Časové odezvy (doby přestavení armatur, doby poklesu hladiny při změně průtoku...)
- Parametry dávkované chemikálie (hustota, dávkované množství koncentrace aktivní látky...)
- Rozsah průtoku upravované vody (hlavní parametr pro rozsah regulátorů)
- Mezní hodnoty (dávkování chemikálií, průtoky, tlaky, hladiny...)
- Jak postupovat v kritických stavech

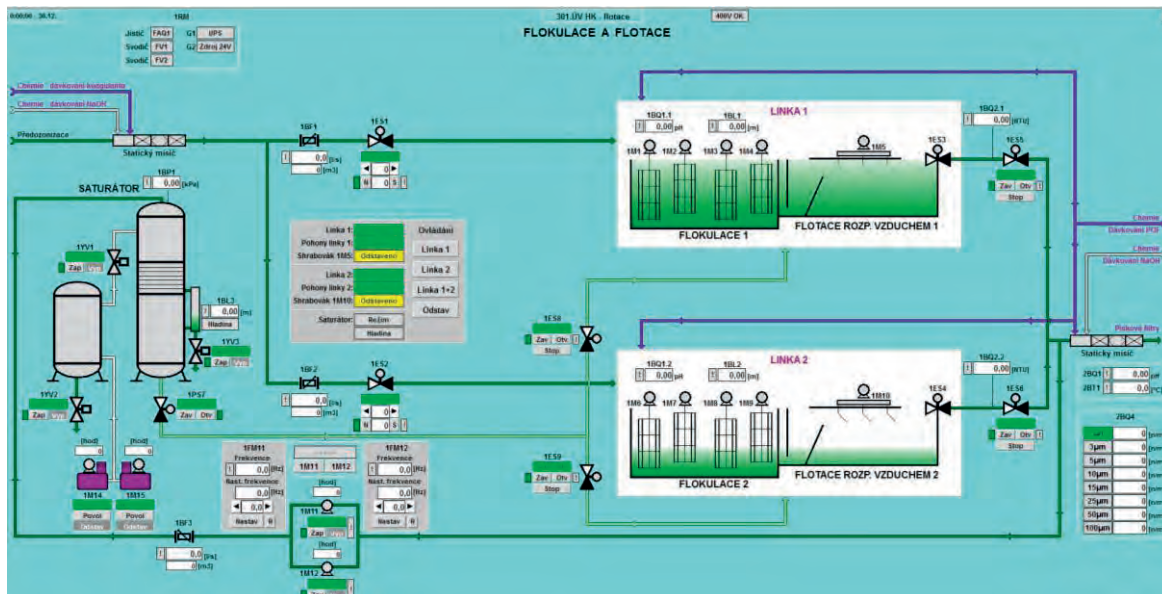
Dávkování chemikálií je řízeno od průtoku vody úpravnou s případným doladěním od veličin pro danou chemikálii rozhodujících.

Ostatní technologické celky jsou řízeny nezávisle na průtoku surové vody (příprava roztoků chemikálií) nebo jen nepřímo od něj (prací cyklus, shrabování kalu z flotace) přes jiné veličiny průtokem ovlivněné (kvalita filtrátu a jeho množství, zákal prací vody – prací turbidimetr, obsah nerozpustných látek v kalu).

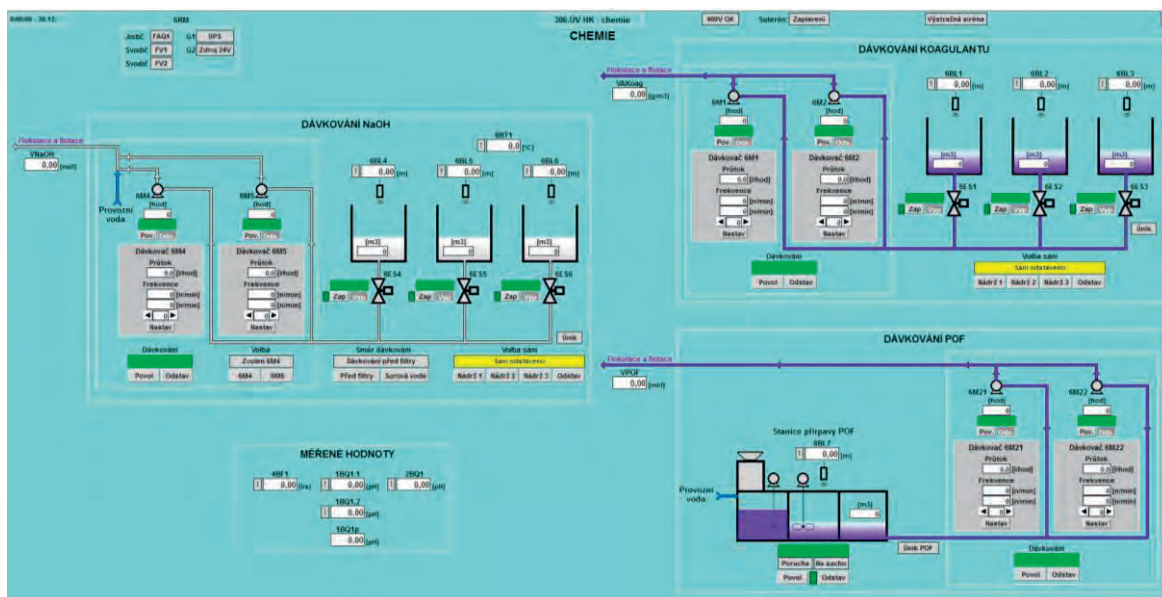
Nejdůležitějším přínosem rekonstrukce úpravný vody je, že lze upravovat vodu i značně zhoršené kvality.

Úpravna vody která není provozována v nepřetržitém provozu umožňuje rychlý přechod do stavu kdy vyrábí pitnou vodu. Na ÚV Hradec Králové je to dáno zejména nahrazením technologie 1. separačního stupně, čiřiče jsou nahrazeny technologií flotace. Došlo i k úspoře pracovních sil.

Obr. 2: Vizualizace - obrazovka technologie flotace na ÚV Hradec Králové



Obr. 2: Vizualizace - obrazovka technologie chemie na ÚV Hradec Králové



Literatura

Archiv Voding Hranice spol. s r. o.

Zdroje z internetu:

<http://www.hach-lange.cz/view/content>

http://www.schiebel-global.com/e/prod_c.asp?ID=6

<http://www.schneider-electric.com>

DODAVATEL PRO VAŠE STAVBY

www.mplast.cz

Firma M Plast, spol. s r.o. působí od roku 1994 na trhu materiálů pro výstavbu vodovodů, kanalizací, plynovodů, produktovodů, komunikací a sortimentu pro zakládání staveb

V naší nabídce naleznete vše potřebné pro realizaci velkých investičních celků i menších projektů. Součástí našich služeb je zpracování návrhů optimálních řešení zohledňujících technické i finanční aspekty projektů. Samozřejmostí je zajištění dopravy a poradenství.

POTRUBNÍ SYSTÉMY VODA - PLYN - KANALIZACE

Nabízíme kompletní sortiment materiálů určeného k výstavbě inženýrských sítí pro rozvody vody a plynu, gravitační a tlakovou kanalizaci a odvodňovací systémy.

POTRUBÍ - TVAROVKY - ARMATURY
ŠACHTY - ULIČNÍ VPUSTI - POKLOPY - MŘÍŽE
VSAKOVACÍ A DRENÁŽNÍ SYSTÉMY



POZEMNÍ KOMUNIKACE

Dodáváme široký sortiment materiálů pro výstavbu a rekonstrukci pozemních komunikací.

DLAŽBY - OBRUBNÍKY - GEOTEXTILIE
ODVODŇOVACÍ A ŠTĚRBINOVÉ ŽLABY



ZAKLÁDÁNÍ STAVEB

Naše nabídka zahrnuje také sortiment výrobků pro zakládání staveb, kotvení stěn a sanační práce.

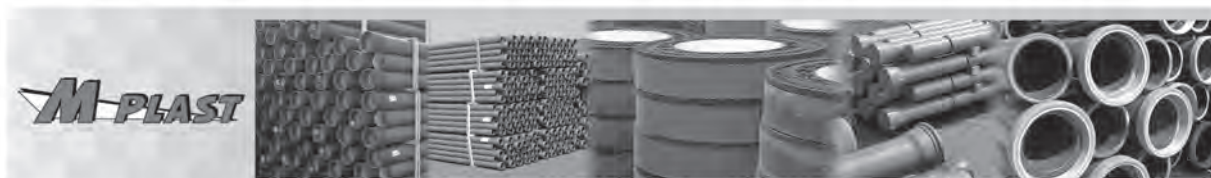
ŠTĚTOVNICE - MIKROPILOTY
OCELOVÉ POTRUBÍ A VÝSTUŽE
CEMENTY - INJEKTÁŽNÍ SMĚSI



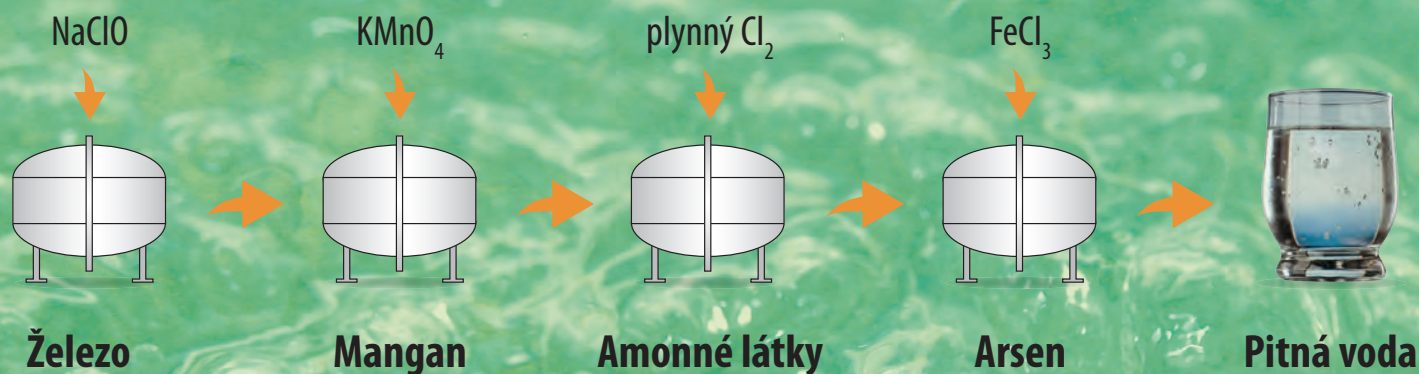
www.mplast.cz

tel.: +420 573 339 198

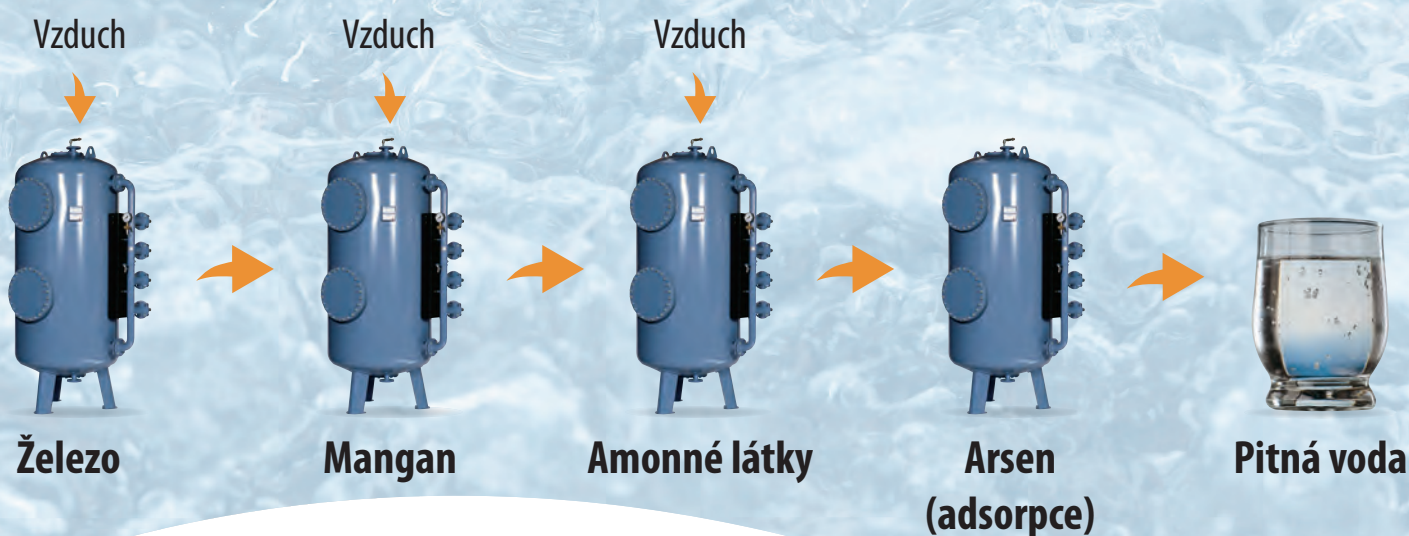
fax: +420 573 345 106



Chemická metoda



EUROWATER metoda



Úprava pitné vody výhradně přírodními procesy



Oxidace pouze atmosférickým vzduchem s následnou filtrací má mnoho výhod:

Pro spotřebitele

- voda s příjemnou chutí, nezaženu chemickými látkami
- voda bez vedlejších produktů chemické oxidace
- voda bez zbytkových chemických látek

Pro životní prostředí

- žádné chemické látky v odpadní vodě

Pro provozovatele

- jednoduché a bezpečné provozování
- čisté a zdravé pracovní prostředí
- nízké provozní náklady
- stabilní kvalita vody



Jako, s. r. o.

Družstevní 72, 250 65 Líbeznice

tel.: 283 980 128, 603 416 043, fax: 283 980 127

e-mail: jako@jako.cz, <http://www.jako.cz>

Zastoupení firem:

**Chemviron Carbon
Evers**

USA/Belgie
Německo

**aktivní uhlí,
antracit, aktivní koks (hydroantracit)
PVD – dolomit, granulovaný hydroxid
železitý, oxid mangančitý, zeolity
UV-dezinfekce**

Wallace & Tiernan

Německo

Jako, s. r. o., je česká obchodní a distribuční firma. Na českém a slovenském trhu zastupujeme:

Chemviron Carbon, evropskou pobočku americké Calgon Carbon Corporation, výrobce aktivního uhlí.

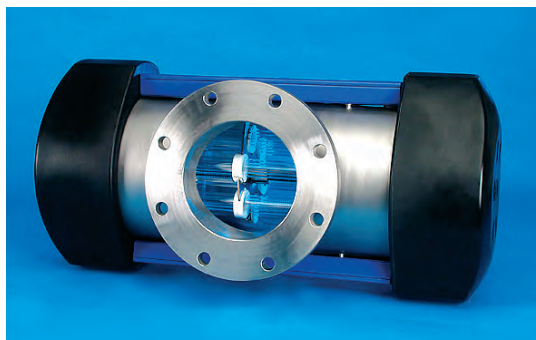
Pro úpravu pitných vod se používají prášková **aktivní uhlí** řady **Pulsorb** a granulovaná aktivní uhlí řady **FILTRASORB** a **CARBSORB**. Tato aktivní uhlí jsou vhodná pro zlepšování organoleptických vlastností, odstraňování organických látek, konverzi pískových filtrů a pro dechloraci či katalytický rozklad ozónu, chlórdioxidu.

Granulovaná aktivní uhlí lze po vyčerpání sorpčních vlastností termicky **reaktivovat** ve výrobním závodě Chemviron Carbon při zachování sorpčních vlastností a výrazně nižší ceně ve srovnání s cenou nového aktivního uhlí, a to včetně dopravy.

EVERS e.K., německého výrobce **antracitu, aktivního koku (hydroantracitu), polovypáleného dolomitu (PVD), uhličitanu vápenatého, hydroxidu železitého** pro odstraňování arsenu a fosforečnanů, **oxidu manganitého v kombinaci a antracitem** pro odstraňování manganu a železa, **zeolitů** a dalších modifikovaných filtračních náplní. Tyto materiály se používají zejména pro zvýšení filtrační kapacity pískových filtrů, odkyselování, odstraňování železa, manganu, arsenu, fosforečnanů a dalších prvků.

Wallace & Tiernan, německého výrobce zařízení pro dezinfekci pitných, odpadních a průmyslových vod UV-zářením (nízkotlaké monochromatické a středotlaké polychromatické UV-lampy). Pro úpravu vod se používají tato zařízení:

UV Barrier A



UV Barrier M

POZNÁMKY

ŽÁDNÉ KOMPROMISY

**Oběžné kolo S-tube nedělá kompromisy
mezi velkou průchodností a účinností hydrauliky**

- **Účinnost:** bezkonkurenční účinnost bez kompromisu snížení volné průchodnosti
- **Průchodnost:** oběžné kolo S-tube umožňuje čerpání vody s obsahem větších pevných částic bez rizika ucpání
- **Jednoduchost:** robustní a jednoduchý design prodlužuje životnost a snižuje náklady na údržbu

Řada čerpadel SE a SL má v současnosti nejlepší celkovou účinnost na trhu. Inovativní technologie od Grundfos spojují inteligenci, motory, hydrauliku a funkce tak, aby čerpadla obstála ve výzvách čerpání odpadních vod s maximální hydraulickou, elektrickou a mechanickou účinností.



www.grundfos.cz

be
think
innovate

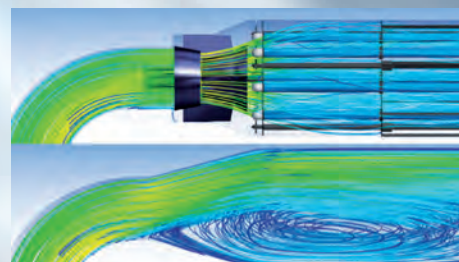
GRUNDFOS

UV dezinfekce nové generace WEDECO Spektron E

- UV zářiče **WEDECO ECORAY** - o 80% méně rtuti, více UV záření
- OptiCone™ - optimalizace průtoku vody
- Validováno podle ÖNORM, DVGW, UVDGM



s OptiCone



bez OptiCone

WEDECO
xylem
Let's Solve Water

SYNOFLEX ... perfektní spojení

hawle

SPECIFIKACE:

- DN 50 - 400
- jištění tahových sil
- flexibilní těsnění pro široký rozsah vnějšího průměru potrubí
- pro všechny materiály potrubí
- úhlové vychýlení (ČSN EN 14 525)



SYNOFLEX
PERFEKTNÍ SPOJENÍ



MADE FOR GENERATIONS

voding

Hranice spol. s r.o.

PROJEKTOVÁ, INŽENÝRSKÁ A PORADENSKÁ ČINNOST

ZBOROVSKÁ 583, 753 01 HRANICE, tel. - spojovatelka: 581 675 211
<http://www.voding.cz>, e-mail: voding@voding.cz



VODING HRANICE, spol. s r. o. je projektově inženýrská společnost vycházející z více než stoleté tradice přípravy a realizace vodohospodářských staveb v Hranicích, městě, které je dodnes centrem vodárenství v České republice. Vždyť první vodovody v Rakousku-Uhersku byly připravovány v Hranicích a odtud stavěny po celém tehdejší mocnářství.

Dnešní společnost VODING HRANICE je přímým pokračovatelem této vodohospodářské tradice a je si vědoma odpovědnosti za její uchování v současných potřebách, výši technické úrovně a kvalitě. Společnost VODING HRANICE vznikla v roce 1991 z předních odborníků vodohospodářské projekce SmVaK Ostrava. Bez přerušení činnosti bylo v nové společnosti započato s přípravou celé řady projektů vodovodů a kanalizací s rozsahem od těch nejjednodušších komunálních až po vodovody skupinové a nadoblastní. Pravděpodobně největší stavbou v historii projektování vodovodů v Hranicích byla stavba nadoblastního Vodovodu Pomoraví, zásobujícího obyvatelstvo v okresech Šumperk, Olomouc a Prostějov.

V rámci oboru vodárenství se VODING HRANICE zaměřil zejména na projektování úpraven vody. V období posledních cca 15 let se jednalo o tyto významné úpravy vody: Bzenec, Černovír, Hamry, Hosov, Hradec Králové, Hrdibořice, Karolinka, Klečůvka, Knežpole, Koryčany, Kouty nad Desnou, Krnov, Kroměříž, Lednice, Leskovec, Lhota u Vyškova, Nová Říše, Ostrožská Nová Ves, Rožnov pod Radhoštěm, Seč, Štítná nad Vláří, Těmice, Tlumačov, Troubky nad Bečvou a další.

Společnost VODING HRANICE je profesně vybavena tak, že může zabezpečovat i nejsložitější projekty ve všech profesích vlastními pracovníky. Je vybavena pro činnost hlavního projektanta a dílo může nabídnout komplexně, tj. včetně zpracování studie, investičního záměru, dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby, dokumentace pro stavební povolení, dokumentace pro provádění stavby včetně výkonu autorského dozoru, vedení zkušebního provozu, závěrečného vyhodnocení stavby a provozního řádu. Současný VODING HRANICE nabízí rovněž komplexní inženýrskou činnost ve všech stupních projektové přípravy staveb.



MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ

MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s., je provozovatelem vodohospodářské infrastruktury pro města, obce a průmyslové podniky v okresech **Olomouc, Prostějov a Zlín**. Hlavní činností společnosti je úprava a dodávka pitné vody, odkanalizování a čištění odpadních vod. Svým zákazníkům nabízí také řadu dalších služeb, např. průzkum a měření na stokové síti, laboratorní analýzy, realizaci přípojek, vyhledávání skrytých poruch, deratizace a další.

MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, a.s.

Tovární 41, 779 00 Olomouc

Zákaznická linka 840 668 668

www.smv.cz (E) smv@smv.cz