

VODA ZLÍN 2017



21. MEZINÁRODNÍ VODOHOSPODÁŘSKÁ KONFERENCE

HOTEL MOSKVA 16. – 17. 3. 2017

NATURAL

Trubky a tvarovky z tvárné litiny
pro vodovodní a požární systémy

PAM



TRUBKY NATURAL – BioZinalium

Vnější povrch:

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

Vnitřní potvrch:

odstředivě nanesená cementová vystýlka

Úhlové vychýlení:

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

TVAROVKY NATURAL

Vnější a vnitřní povrch:

modrý epoxid na nášeň katarézou

ČSN EN 545

PAM
SAINT-GOBAIN



TRUBNÍ VEDENÍ PO SANACI
BEZVÝKOPOVOU TECHNOLOGIÍ KAWO



PROCES POLYMERACE VYSTÝLKY
KAWO



SANACE PRŮŘEZNÝCH PROFILŮ
NAVŮJENOU TECHNOLOGIÍ SPR - SYSTÉM



SANACE VODOVODNÍCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ KAWEX



SANACE POTRUBÍ EPOKIDOVÝM
NÁSTRÍKEM - TECHNOLOGIE M SYSTÉM



DIAGNOSTIKA PODZEMNÍCH TRUBNÍCH
VEDENÍ TV - KAMEROU



SPECIALNÍ METODY VÝSTAVBY
A RENOVACE TRUBNÍCH VEDENÍ
www.wombat.cz



PRÁCE KANALIZAČNÍM ROBOTEM KAWO
PRO LOKÁLNÍ OPRAVY POTRUBÍ



ÚPRAVA NAPJENÍ DOMOVNÍCH KANALIZAČNÍCH
PŘÍPOJEK NA HLAVNÍ ŘÁD - TZV KAWO - KLOBOUK



VODOVODNÍ POTRUBÍ S NECHRÁNĚNÝM
VNITŘNÍM PОВRCHEM



ČISTĚNÍ KANALIZAČNÍCH SBĚRAČŮ
KOMBINOVANÝMI VOZY AQUATECH



SCHEMA INSTALACE VYSTÝLKY
KAWO DO PORUŠENHO POTRUBÍ



SANACE BEZVÝKOPOVOU TECHNOLOGIÍ
OMEGA LINER



SANACE LOKÁLNÍCH PORUCH POTRUBÍ
TECHNOLOGIÍ KAWO - LOCAL



SANACE POTRUBÍ NÁSTRÍKEM
TECHNOLOGIE SS SYSTÉM

Sborník příspěvků
VODA ZLÍN 2017

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

Grafická úprava a litografie: Produkce BPP s.r.o.

Tisk: Tigris, spol. s r. o., Zlín

1. vydání, březen 2017

Náklad: 250 ks

ISBN 978-80-905716-3-1

Opatření pro zajištění dostatečných zdrojů pro výrobu pitné vody Barák František	5
Odborný versus amatérský provozovatel – kde je stát? Bartoš Ladislav, Soukup Bohdan	9
Řešení problematiky sucha v některých evropských zemích Kyncl Miroslav	13
Pesticidy ve zdrojích pitných vod nejen ve Zlínském kraji Javoříková Eva	17
Výskyt relevantního metabolitu acetochloru ESA v pitné vodě Jedličková Zdeňka, Látal Milan, Novák Jiří	23
Využití 3D a BIM ve vodním hospodářství Kratěna Jiří	29
Problematika vodního rázu ve vodárenských systémech - příklady řešení Krupička Jan, Cihlár Jan, Kasal Rostislav	35
Problémy navrhování potrubí z hlediska statické spolehlivosti Schejbal Richard	41
Povrchové ochrany, nástroj pro zvyšování životnosti armatur ve vodohospodářství Nedvědová Zuzana, Slaviček Jaroslav	47
Pozitivní ekonomický a technický dopad provozní životnosti a spolehlivosti vodovodních a kanalizačních sítí z tvárné litiny Barborík Juraj	51
První poznatky z rekonstrukce úpravny vody Chřibská Šesták Jindřich	57
Jak na odstraňování arsenu oxidací? Macek Lubomír	63
Odstraňovanie humínových látok z vody pomocou GAU Ilavský Ján, Barloková Danka, Kapusta Ondrej	69
Karolinka - ochranná pásma vodárenské nádrže a doplnění technologie na úpravně vody Korábík Michal, Jurenka Milan, Baran Přemysl, Libosvár Dušan, Sotolář Marek, Houdková Lucie	75
Odstraňování organických látek z povrchové vody pomocí flotace – výsledky laboratorních a poloprovozních zkoušek na ÚV Hrobice Houdková Lucie, Forejtek Jiří, Pivokonský Martin, Fendrych Adam, Kundrátek Jan	81
Úprava pitnej vody vzhľadom na obsah vápnika a horčíka Barloková Danka, Ilavský Ján, Šimko Viliam	87
ÚV Trnová – první keramická membránová mikrofiltrace ve Střední Evropě Hrušková Petra, Brabenec Tomáš, Drda Milan	93

Modernizácia ÚV Hriňová, alebo na ceste od poloprevádzkových skúšok k stavebnému povoleniu	
Pelikán Pavol, Buchlovičová Jana	99
Výsledky první provozní aplikace nového filtračního materiálu pro dvouvrstvé filtry Filtralite Mono-Multi-Fine na světě	
Brabenec Tomáš, Hrušková Petra, Drda Milan	105
ÚV Porubská brána – posouzení možnosti eliminace pesticidů	
Adler Pavel, Coufal Marek, Darmovzal Oldřich	111
Příčiny poškození tlakového potrubí	
Horký Filip, Šťastný Bohumil, Čiháková Iva, Slavičková Kateřina	119
Sanace vodovodních přivaděčů	
Šnajdr Daniel	-
Vliv paralelního zapojení čerpadel na provozní náklady	
Šťastný Bohumil, Horký Filip, Čiháková Iva, Slavičková Kateřina	125
Zkušenosti z projekčních příprav rekonstrukcí páteřních vodovodních přivaděčů	
Coufal Marek	131
Okrajové podmínky pro optimalizaci tlakových poměrů ve vodárenských sítích	
Sucháček Tomáš, Tuhovčák Ladislav	-
Zkušenosti projektanta elektro při návrhu rekonstrukcí vodárenských objektů	
Tomek Miroslav	137
Integrace řízení vodárenské společnosti	
Lindovský Milan, Fiala Petr, Petr Ctibor	143
Projekty se speciálními podmínkami před a v průběhu realizace stavby	
Krejčí Petr	151
Smart metering - současnost a nastupující trendy dálkových odečtů měřidel	
Fojtů Josef	155
Zkušenosti s aplikací polyuretanového nástřiku na vodovodní potrubí	
Polívka Jan, Semerádová Šedivá Tereza	-
Poznámky	159
Inzerát JAKO, s. r. o.	160
Inzerát HUBER CS spol. s r.o.	161
Inzerát Grundfos Sales Czechia and Slovakia s.r.o.	162
Inzerát Jihomoravská armaturka, spol. s r. o.	162

Opatření pro zajištění dostatečných zdrojů pro výrobu pitné vody

Ing. František Barák

Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR

Vážené dámy, vážení pánové,

v úvodu mi dovoluji, abych pozdravil již XXI. ročník vodohospodářské konference VODA ZLÍN, která patří mezi nejvýznamnější akce v kalendáři událostí našeho Sdružení oboru vodovodů a kanalizací. Jsem rád, že zásluhou organizátorů a našich partnerů – sponzorů a nás všech účastníků se setkáváme letos opět ve Zlíně, abychom probrali témata spojená s výrobou pitné vody, její dodávkou spotřebiteli, následným odkanalizováním a vyčištěním a vrácením zpět do přírody.

Poslední dva roky hovoříme o v Čechách novém fenoménu, o suchu. Stalo se z něj moderní a populistické téma, ke kterému dnes hovoří a s návrhy na řešení zásobování obyvatel pitnou vodou i ti, kteří o tom málo vědí.

V úvodu zmíním, že zásadními předpoklady pro zásobování obyvatel pitnou vodou je dostatek zdrojů surové vody, tedy zdrojů povrchových a podzemních, a dále konstantně provozuschopná vodárenská infrastruktura, to jsou vodovodní a kanalizační sítě, úpravní a čistírny a další technologie nezbytné pro zajištění vodárenských služeb.

Musím dodat jedno podstatné, obor vodovodů a kanalizací vodu nespotřebovává, jen si ji na určitý okamžik půjčuje, aby ji následně, a to v poměrně blízké vzdálenosti od odběru, vrátil zpět do přírody. Mimochodem, vodárenské společnosti vyčistí a vrátí do přírody podstatně více vody, než kolik ji odeberou ze zdrojů.

Zásadní řešením pro zajištění dostatečného množství surové vody nezbytné pro výrobu pitné vody a následující zásobování obyvatel pitnou vodou v České republice jsou opatření vedoucí k zadržení vody v krajině ve stávajících nádržích a výstavba nádrží nových v blízkosti hlavních přivaděčů. Velmi významné z hlediska zásobování obyvatel vodou je budování a propojování nadregionálních vodárenských soustav s více zdroji vody.

Opatření individuálního hospodaření s vodou, snížení podílu zpevněných nepropustných ploch, retence a recyklace vody je určitě podpůrnou aktivitou, ovšem pro vlastní posílení vodních zdrojů nestačí.

Hlavním problémem zůstává současné hospodaření s dešťovou vodou, která je v naprosté většině případů během dešťových srážek odváděna buď přímo oddílnou kanalizací do vodních útvarů či jednotnou kanalizací na místní čistírnu odpadních vod a následně do vodotečí. Tento způsob hospodaření s dešťovou vodou je dlouhodobě neudržitelný, neboť přispívá k rychlému odvádění srážek mimo území ČR a v případě menších vodních toků tak dochází k pravidelným hydraulickým stresům, které poškozují koryta řek a vodní společenstva. Z těchto důvodů je nutné více využívat retenci a zasakování dešťových vod přímo v místě jejich dopadu. Pokud jsou srážkové vody odváděny kanalizací pro veřejnou potřebu, podléhají obecně zpoplatnění, a to ve výši stočného, které je platné v příslušné

lokalitě. Za subjekty nemající povinnost dle zákona o vodovodech a kanalizacích platit za odvádění srážkových vod (vlastníci dálnic, silnic, místních a účelových komunikací veřejně přístupných, ploch drah celostátních a regionálních, ploch nemovitostí určených k trvalému bydlení a domácností) ovšem platí v konečném důsledku poplatky za čištění dešťových vod občané a podnikatelé napojení kanalizací na čistírny odpadních vod v cenách stočného, přestože žádné srážkové vody do kanalizace nevypouštějí nebo dokonce v případě podnikatelů za srážkové vody platí. Bilančně je objem čištěné odpadní vody v ČR dvakrát vyšší než objem fakturovaného stočného a spotřebitelé tak platí za jiné znečišťovatele. Je zvláštní, že tato diskriminace občanů připojených na kanalizaci a platících za ostatní čištění dešťových vod ještě nevyvolala nevůli obyvatel. Odstranění výjimek výrazně až o třetinu sníží cenu stočného a umožní rychlou změnu chování zpoplatněných subjektů, které přikročí k výstavbě retenčních nádrží a vsakovacích míst, s budováním oddílné kanalizace. Dešťové vody poté neskončí na čistírnách odpadních vod a dojde sekundárně i k posílení zdrojů vody.

Navrhované dotace na zachyt a využití dešťové vody v domácnostech jen svědčí o neschopnosti státu řešit problematiku rychle, zásadně a globálně. Stačí přece respektovat zásadu, že za službu, to je odvedení a vyčištění dešťových vod platí všichni – bez diskriminujících výjimek. Mimochodem, stočné se počítá na základě měřeného vodného. Využití dešťové vody v domácnostech bude znamenat, že za navýšené stočné nebude platit daná domácnost či nemovitost, ale všichni spotřebitelé připojení na kanalizaci v regionu. Další diskriminační výjimka, tentokrát iniciovaná státní dotací.

Pro zajištění financování obnovy vodárenského majetku, to je sítí a technologií, pro zabezpečení trvale provozuschopné infrastruktury, bude nezbytné posílit roli dvousložkové ceny vody, která je vyjádřením solidarity a participace všech spotřebitelů na nákladech spojených s údržbou a obnovou vodárenského majetku. Významně bude muset narůst pevná složka ceny vodného a stočného.

Ve dvousložkové ceně vody platí dnes spotřebitel v některých regionech ročně zhruba několik korun až tisíc korun za vodné a stočné (podle průtoku vodoměru) jako pevnou část a podstatně vyšší část podle skutečné spotřeby. Samozřejmě spotřebitel – chatař nebo chalupář s odběrem deseti kubíků za rok, a platící za pevnou složku pět set korun ročně zaplatí za kubík vody (bez stočného) devadesát korun. Panelový dům se 300 obyvateli zaplatí za pevnou složku 4000 korun za rok, to znamená, že pevná složka na jeden kubík zvyšuje cenu vody pouze o 40 haléřů. Cena vodného je potom při průměrné spotřebě 40 korun a 40 haléřů.

Uvedu příklad: náklady spojené s připojením vodovodu, jeho osazením technologiemi, měřením a údržbou do srovnatelných objektů jsou stejné, je-li spotřeba vody v jednom z nich desetkrát nižší než v druhém. V blízké budoucnosti dojde k podstatnému navýšení pevné částky za vodné a stočné, během dvaceti let bude zřejmě nadpoloviční částí ceny vodného a stočného, zatímco cena za objem spotřebované a odkanalizované vody, tedy druhá variabilní složka, bude složka méně významná.

Způsobí to zdražení technologií, nutnost generovat více prostředků na obnovu vodárenských sítí a téměř malá možnost (nedojde-li ke změně legislativy v naší zemi), vzhledem k majetkoprávním vztahům a věcným břemenům, budovat nové vodovodní a kanalizační sítě a propojovat regionální vodovodní přivaděče. Jedině podstatné zvýšení pevné složky dovolí zachovat solidární cenu jak je tomu na většině území naší země

dosud. Solidární cena znamená jednotnou cenu v regionu, stejnou cenu vodného a stočného ve městě a na venkově. Dosud města a velké aglomerace dotují venkov.

Další příklad: vodárenská společnost obsluhující 180 tisíc obyvatel má 33 tisíc přípojek (klientů, nebo smluv), z toho je jedna třetina na venkově. Tato třetina klientů se podílí na tržbách čtyřmi procenty, ovšem čerpá náklady ve výši 22 %. Přesto je cena vodného a stočného stejná ve městě i na venkově.

Proč tedy solidární cena? Tam kde to pochopili, vědí, že velká část obyvatel z venkova odjede ráno do škol a práce do měst a vrací se až večer. Celý den jsou odběrateli vodárenských služeb ve městě. Navíc, zdroje vody jsou obvykle v katastrech obcí, přes území obcí vedou rovněž trubní systémy a přivaděče.

S hrozícím suchem se objevuje řada, mnohdy populistických a neodborných, návrhů na řešení zásobování obyvatel pitnou vodou. Jedním z návrhů je šetření pitnou vodou a zpoplatnění větších odběrů. Tento návrh je laický. Výrobci a dodavatelé pitné vody by naopak měli zvýhodňovat velké odběry vodárenských služeb, to je dodávky pitné vody a její následné odkanalizování. Vodovodní a kanalizační sítě a technologie jsou v optimálním stavu při jejich běžném využívání, to je při dostatečném průtoku pitné nebo odpadní vody. Při malých průtocích a při jejich kolísání dochází k rychlému opotřebení technologií a sítí.

Jistě, při dočasných nedostatečných zdrojích surové vody musí dojít k určitým omezením odběrů pitné vody, to však bude řešit mimořádný provozní režim, nikoliv zvýšená cena.

Stejně neodborné je dotování vrtů na vodu v obcích. Nebudu dlouze rozvádět nezbytnost obvykle geofyzikálního průzkumu a ochranu hydrogeologického profilu. Nikdo přece nemůže při amatérském postupu zajistit, že voda z vrtu bude vhodná pro výrobu pitné vody. Navíc, zájmem státu by mělo být napojit co nejvíce obcí na veřejnou síť a propojením systémů řešit lokální sucho. Dotace do vrtů v obcích, stejně jako evropské dotace do některých projektů, kdy je získání dotací podmíněno rozdělováním aglomerací, vede k atomizaci vodárenství to je nárůstu počtu vodárenských provozovatelů a vlastníků.

Přitom je zřejmé, že čím menší vodárenská společnost tím horší vodárenské služby, tím nižší efektivita a tím větší obtíže při řešení sucha.

Ještě slovo k evropským dotacím do vodárenství. Většina z nich je málo efektivní, z dlouhodobého hlediska a s ohledem na potřebu českého vodárenství ve výši 20 miliard korun ročně na obnovu, málo významná. Stát by neměl připustit dotace do vybydlených vodárenských sítí, do obcí, které dlouhodobě nedaly do obnovy ani korunu. Žádné dotace by neměly mířit do obcí, kde populisticky drželi cenu vody velmi nízko a nevytvářeli fond obnovy. Dotace musí směřovat k velkým vodárenským společnostem, které zajistí dodávky vody veřejným vodovodem do těchto obcí. Dotace musí směřovat do obnovy a konstantní provozuschopnosti vodárenských přivaděčů, do výstavby nových přivaděčů umožňující propojit regionální vodárenské systémy zásobující dnes v České republice 7 miliónů obyvatel. Nikoli řešit vodovod nebo kanalizaci pro několik stovek lidí.

Voda je levná, musíme si pro ni ovšem dojít s vědrem k řece, k rybníku nebo k prameni. Chcete-li ji mít kvalitní kdykoliv doma k dispozici, chcete-li, aby byla po použití odkanalizována, vyčištěna a navracena do přírody, musíte za to zaplatit. Přesto je to

poměrně levná záležitost. Nechceme se přece připravit o samozřejmé pohodlí mít dostatek kvalitní pitné vody z kohoutku, kdykoliv ji potřebujeme, a následně ji odvést kanalizací za osm korun denně za osobu. To přece není nutné, musíme jen zajistit dostatek surové vody pro její výrobu.

Stěžujeme si přesto na to, že cena vodného a stočného je drahá. Obviňujeme vodárenské společnosti, především ty se zahraniční účastí, o odvádění výnosů do zahraničí a o nedostatečných investicích. Tvrdíme, že smlouvy jsou špatné. Pře třiceti lety byla v Československu voda skoro zadarmo, stejně tak chléb a cesta vlakem nebo autobusem.

Kdo z kritiků, ty smlouvy četl? Že jsou tajné? Nejsou, najdete je na obchodním rejstříku. Myslíte, že města a obce, které získaly podíly ve vodárnách počátkem devadesátých let, kdy se vody stát rád zbavil, byly negramotné při tvorbě smluv? Bulvár a ČT říkají, že voda je drahá. O tom, že stále generuje cena vody málo na obnovu majetku, neříkají nic.

Vzpomínáte si, v jakém žalostném stavu bylo české vodárenství před čtvrt stoletím? Přezaměstnanost, neodbornost, neefektivnost. V čem jsou smlouvy o nájmu a provozování nevýhodné a pro koho? Pro obecní akcionáře, protože vodárenství málo vynáší? Pro investora protože návratnost investic není pod deset let? Pro zaměstnance vodáren, protože už jich není potřeba třicet tisíc a stačí jenom dvacet tisíc? Jsou nevýhodné pro stát, protože z každé koruny vydané za vodné a stočné získá na odvodech, poplatcích a daních jen přes 40 haléřů? Ano slyšíte dobře – přes čtyřicet haléřů z každé koruny za vodné a stočné. Statistiky cenotvorby, které dlouhodobě prezentujeme, jednoznačně ukazují, že na výši ceny vodného a stočného se podílí velkou měrou i poplatky, které putují státu. Dlouhodobě proto říkáme, že by se mělo snížit DPH poplatků za vodu a toto očekáváme to od politiků.

Každý státní úředník chce z vodného a stočného více a více. Navrhuje zdrazit surovou vodu – povrchovou i podzemní, nesmyslně s odkazem na neexistující evropské parametry zvyšuje poplatky za vyčištěnou vodu a stanovuje cenu likvidace kalu. Protislužba? Žádná. Cíl? Vybírat a přerozdělovat...

Promiňte mi krátkou vsuvku o smlouvách, patří do mého vystoupení, protože popisuje stav současného stavu českého vodárenství:

Přes značnou roztržitost a lokální zanedbalost sítí a technologií je vodárenství v této zemi v dobrém stavu. Zatím. Především ve velkých aglomeracích je kvalita vodárenských služeb na světové úrovni, podle posledních několika ročních zpráv SZÚ, který kvalitu pitné vody v Česku monitoruje, je kvalita vody velmi dobrá. Právě velké aglomerace s velkými vodárenskými společnostmi a s možnostmi alternace zdrojů jsou schopny nejlépe čelit případným rizikům spojeným se suchem.

Vody, surové vody, především povrchové je u nás dost. Špatně s ní hospodaříme, nedovolíme jí, aby se vsákla, neumíme ji na našem území zadržet v přehradách a nádržích. Hledáme, vymýšlíme a navrhujeme drobná zlepšení. Tím zásadním, zadržet vodu v krajině se zabýváme velmi okrajově.

Přeji vám všem, i vašim potomkům, dostatek kvalitní pitné vody z kohoutku.

Děkuji za pozornost.

Odborný versus amatérský provozovatel – kde je stát?

Ing. Ladislav Bartoš, Ph.D.; Ing. Bohdan Soukup, Ph.D. MBA

VEOLIA ČESKÁ REPUBLIKA a.s.

Na Florenci 15, 110 00 Praha 1, ladislav.bartos@veolia.com, bodan.soukup@veolia.com

Úvod

V České republice je celkem 6253 obcí. Také je zde 6433 vlastníků vodárenské infrastruktury a 2745 provozovatelů tohoto majetku. Čistě hypoteticky každý provozovatel provozuje majetek pro 2,27 obce. Kolik provozovatelů z uvedeného počtu dosahuje standardů vyžadovaných legislativou je však otázkou. Stejnou otázku si můžeme položit i ve vztahu k vlastníkům. Z našeho pohledu resp. zkušeností si troufneme rozdělit vlastníky do čtyř skupin.

Vlastníci

Do první skupiny můžeme zařadit vlastníky (obce) s maximálním zájmem na rozvoji infrastruktury. Tito vlastníci se snaží veškeré prostředky generované z vodného a stočného investovat zpět do infrastruktury. Mnohdy investují i prostředky vlastní, či získané z jiných zdrojů. Spolupráce odborného provozovatele s takovým vlastníkem je v podstatě ideálním stavem, zejména pokud je samotný vlastník na odborně vysoké úrovni. Takový vlastník je tedy náročným zákazníkem a vyžaduje maximální profesionalitu provozovatele.

Do druhé skupiny je možno zařadit vlastníky, kteří mají zájem o rozvoj infrastruktury, ale nejsou odborně na takové výši, aby byli provozovateli rovnocenným partnerem zejména v oblastech specifických technických řešení např. rekonstrukcí apod. V těchto případech je v podstatě odpovědností kvalitního provozovatele převzít iniciativu a vlastníka maximálně podpořit v klíčových rozhodnutích. Riziko této skupiny vlastníků je, že mohou vybrat provozovatele nekvalitního, jehož jedinou reálnou nabídkou je nízká cena.

Třetí skupinu vlastníků tvoří ti, kteří stav infrastruktury nijak zásadně neřeší. Jejich starost končí v podstatě termínem příštích komunálních voleb a tak si během svého volebního období nechtějí příliš komplikovat život. Jsou rádi, že „to nějak jde“ a že to moc nestojí. O nějakém rozvoji se příliš neuvažuje. Hlavní je nízká cena provozování, a pokud by z toho ještě něco „káplo“ pro obec, bylo by to skvělé. Není neobvyklé, že prostředky vybrané ve vodném a stočném putují do jiných položek obecního rozpočtu. Bohužel tímto způsobem dochází k faktickému tunelování infrastruktury.

Poslední skupina vlastníků a její počínání je již za hranou zákona. Bohužel i v České republice jsme se setkali s vlastnicko-provozovatelskou činností, která připomínala vše jiné, jen ne provoz vodárenské infrastruktury.

Provozovatelé

I provozovatele můžeme podle kvality rozdělit do podobných skupin. Bez ohledu na to, zda se jedná o velké nadnárodní koncerny, provozovatele infrastruktury okresního města, malé provozní společnosti mající ve správě několik obcí či města provozující si majetek vlastními silami resp. městem vlastněnou společností.

Do první skupiny je zcela jistě možné zařadit velké a větší provozní společnosti resp. města provozující si majetek samostatně. Tito provozovatelé jsou z logiky věci pod neustálým dozorem orgánů státní správy, médií i zákazníků. Každé jejich pochybení může mít za následek ohrožení zdraví většího počtu obyvatel, resp. může dojít k závažnému ohrožení životního prostředí. Nejenže jsou tyto společnosti pod vnější kontrolou, ale mívají na vysoké úrovni i kontrolu vnitřní. Mnohé z nich získaly certifikace kvality podle norem ISO (9001, 14001, 18001, 50001). Mají vlastní akreditované laboratoře pravidelně dozorované akreditačním orgánem a účastníci se mezilaboratorních srovnávacích testů.

Tito provozovatelé mají většinu zaměstnanců vlastních a externisty si najímají pouze na velmi speciální činnosti či práce. Kmenoví zaměstnanci jsou pod pravidelným lékařským dozorem, minimálně tak jak to vyžaduje legislativa. Nezřídka je zdravotní péče na úrovni vyšší. Kvalita provozovatele je určena zejména kvalitou zaměstnanců. Nemalé prostředky a čas jsou tedy investovány do vzdělávání zaměstnanců všech úrovní. Vysokého standardu dosahuje rovněž bezpečnost práce a s tím související kvalita OOPP.

Zákazníci, municipality či průmysloví zákazníci mají v těchto provozovatelích skutečné partnery. Webové stránky jsou již standardem, ale telefonní či zákaznická centra, kde mohou zákazníci vyřešit své požadavky či případné problémy rozhodně standardem nejsou. Velcí provozovatelé také nabízejí zákazníkům další bonusy např. ve formě aplikací pro mobilní telefony umožňující správu zákaznické agendy přímo na telefonu. Pokud se zákazníci pouze zaregistrují svým mobilním telefonním číslem a adresou, dostávají v případě poruchy či zhoršené kvality vody okamžitě SMS zprávu s informací o délce výluky, umístění cisterny a předpokládaném obnovení dodávky.

Velcí a větší provozovatelé (samozřejmě ve spolupráci se zodpovědným vlastníkem) jsou obvykle i nositeli inovací a pokroku. Stačí se ohlédnout do poměrně nedávné minulosti a snadno zjistíme, kde resp. na jakých objektech byly poprvé v České republice instalovány moderní technologie (UV-lampy, flotace, moderní drenážní systémy, nové filtrační materiály, atd.). Právě díky profesionalitě zaměstnanců provozovatele (technologové, provozní manažeři, pracovníci projekce, útvarů rozvoje...) se uvedené technologie dostaly na český trh a významně přispěly ke kvalitě vody dodávané spotřebitelům.

Odborní provozovatelé jsou nositeli i dalších inovací, které sice nejsou inovacemi technologickými ve smyslu technologií úpraven pitné vody a čistíren odpadních vod, ale jsou inovacemi založenými na využívání nejmodernějších IT technologií. Souhrnně se tyto technologie nazývají jako Smart-technologie nebo Smart-řešení. Příkladem budiž tzv. Smart-metering, který je založen na dálkovém odečtu zákaznických vodoměrů. Podle kvalitativní úrovně měřidla se může jednat o odečty, kdy odečítač do budovy vůbec nevstupuje. Pouze postačuje, když se vyskytuje v dostatečné blízkosti vodoměru (na ulici). Pokročilejší měřidla umožňují odečet zcela bez odečítače, kdy jsou data odesílána přímo do databáze vodárenské společnosti a v kopii zákazníkovi. Tato řešení tedy zákazníka vůbec neomezují. Navíc nabízejí zákazníkovi i zvýšení bezpečnosti dodávky vody. Pokud je Smart-vodoměr spojen se sofistikovaným uzávěrem, je možné automaticky přerušit dodávku vody při překročení nastaveného objemu proteklé vody. Tím je možné zabránit např. vytopení domácnosti resp. zbytečně vysokým platbám vodného např. při skryté poruše v průmyslovém areálu.

Objekty (úpravny vody, čerpací stanice, čistírny odpadních vod) jsou neustále monitorovány a v podstatě veškerá technologická data jsou přenášena na centrální dispečink. Další data jsou snímána na sítích a rovněž přenášena do centrálního systému.

V podstatě v kterýkoli okamžik jsou k dispozici data o infrastruktuře. Snímaná data jsou samozřejmě uchovávána a i celý systém je zrcadlen a zálohován nezávisle v jiných prostorách. Sběr a neustálé průběžné vyhodnocování dat umožňuje rychlou reakci na nestandardní stav. Příkladem může být systém SWiM v Praze.

Velcí provozovatelé využívají ve své každodenní praxi i výstupy z matematických modelů. Jedná se o komplexní model provozované sítě rozvodů pitné vody a odkanalizování odpadních vod, který umožňuje řešit problematické situace dokonce ještě dříve, než nastanou. Tento model umožňuje například zcela přesně stanovit možnosti připojení nových objektů na síť, spočítat, zda bude v místě plánované výstavby dostatečný tlak a kapacita vody a jaký bude vliv na okolní již existující zástavbu. Kromě toho je možné jej použít například pro identifikaci problematických míst na sítích, ke snižování ztrát vody v trubní síti, nebo k optimalizaci tlaků na rozvodné síti.

Samostatnou kapitolou, zvláště v dnešní době, jsou fyzické útoky na infrastrukturu. Podle dosavadních zkušeností se zatím jedná „pouze“ o krádeže a vandalismus. Nicméně je nutné být ve střehu a uvažovat i o možnosti teroristického útoku. Z uvedeného důvodu jsou objekty osazovány kamerovými systémy, pohybovými čidly, detektory otevření dveří a oken, atd. Informace ze zabezpečovacích systémů jsou přenášeny rovněž na centrální dispečink a zároveň na Policii ČR, místně příslušnou obecní policii nebo komerční ostrahu.

Do druhé skupiny bychom zařadili menší a malé provozovatele, kteří sice mají zájem provozovat infrastrukturu kvalitně a také tak činí, ale nejsou schopni z mnoha důvodů nabídnout stejný servis resp. přidanou hodnotu, tak jako velcí provozovatelé. Bohužel jsou tito provozovatelé mnohdy tlačeni vlastníky do tak nízkých nákladů, které sotva pokryjí jen to nejnужnější. Provozovaná infrastruktura tak vyloženě nestrádá, ale o zásadní modernizaci či posunu úrovně provozování do 21. století nemůže být řeč. Mnohem vyšší je podíl činností, které tito provozovatelé zadávají externím subjektům. Alespoň klíčové činnosti jsou prováděny vlastními zkušenými zaměstnanci.

Personální zajištění provozu je u mnoha těchto provozovatelů na hraně, kdy jeden pracovník zajišťuje několik činností. Např. technolog je zároveň vodohospodářem, ekologem, odpadářem atd. Rizikové ovšem může být, pokud se provozní pracovník stará zároveň o vodovod a kanalizaci, kdy používá stejné nářadí a stejný pracovní oděv resp. obuv. Bezpečnost práce je zajištěna na té nejzákladnější úrovni. Nadstandardní péče o zaměstnance neexistuje. Jejich vzdělávání probíhá v podstatě formou předávání zkušeností mezi kolegy. Odborných akcí se zaměstnanci těchto provozovatelů účastní spíše sporadicky.

Zákaznický servis je v podstatě na základní úrovni a sestává z fyzického odečtu vodoměru a zaslání faktury. Nadstandardní služby zpravidla neexistují. Zákaznický útvar funguje pouze v obvyklých denních hodinách. Zbytek dne funguje telefonní číslo na techniku držícího pohotovost.

Interní procesy fungování společnosti resp. vnitřní kontrola nejsou až na výjimky nastaveny podle standardních mezinárodních norem. Externí kontrola také není tak častá, jako u velkých provozovatelů.

Do třetí a myslíme si, že velké skupiny, pak řadíme neodborné provozovatele či obce, které si neodborně provozují majetek samostatně. V tom lepším případě je provozovatelem alespoň místní instalatér vlastníci živnostenské oprávnění na firmu „Lojza Hasák“, který alespoň umí vzít do ruky nářadí a občas něco dotáhnout, vyměnit,

utěsnit. Mnohem horší je stav, kdy provozovatelem je „ředitel“, který sám případně s rodinnými příslušníky tvoří vodárenskou společnost.

V podstatě veškeré činnosti, které tito provozovatelé (či vlastníci) vykonávají, jsou de facto zajišťovány externími subjekty: provoz vodovodní sítě, opravy poruch, proplachy, mytí vodojemů, údržba, sekání trávy, odečty, fakturace, atd. Provozovatel je pouze prostředníkem mezi vlastníkem a subdodavatelem. Jak je zajištěno, že opravu prasklého potrubí provádějí pracovníci, kteří jsou k této činnosti vyškoleni? Kdo kontroluje, zda zaměstnanci subdodavatele mají zdravotní průkaz? A co školení hygienického minima? A bezpečnost práce?

Kontrola kvality pitné vody je rovněž externí. Pokud má tento provozovatel alespoň špetku soudnosti nechá provést odběr i rozbor u akreditované laboratoře. Ale hovoří se i o případech, kdy jsou sice rozborů akreditované, ale provozovatelé vědomi si možných problémů, provádějí odběr sami, ale ne na svém vodovodu, nýbrž v lokalitě, kam dodává vodu odborný provozovatel.

A kde je stát?

Orgány státní správy jsou velmi aktivní při kontrolách u odborných (velkých) provozovatelů. Pokud se sečtou kontroly prováděné Inspekcí práce, HSZ, ČIŽP a Orgánem ochrany veřejného zdraví, dostaneme číslo dosahující několika desítek, u největších provozovatelů až stovek ročně. Proč není stejného počtu kontrol dosaženo u všech 2745 provozovatelů? Při tom legislativa platí pro všechny stejná. Různé jsou počty rozborů pro malou a velkou úpravnu nebo vodovod zásobující jednotky obyvatel resp. desítky tisíc obyvatel. Ale nejsou a neměly by být rozdíly mezi provozovatelem, který zásobuje milion obyvatel a provozovatelem, který jich zásobuje pouze pár desítek. Sto kontrol ročně i u nejmenšího provozovatele by znamenalo mít denně v terénu více než 1000 kontrolorů. Vzhledem k tomu, že kontroly probíhají ve dvojicích až trojicích, dostáváme se až na 3000 kontrolorů denně v terénu. Nereálné, že? Mohli bychom tedy doporučit, aby se orgány státní správy zaměřily na opačný konec seznamu provozovatelů a po několik následujících let odvedly stejně intenzivní práci i zde. Myslíme si, že by po té počet provozovatelů výrazně poklesl, bylo by zahájeno nejedno správní řízení, udělena nejedna pokuta. Otázkou je, zda to „Stát“ chce. Zřejmě by to totiž znamenalo zahajovat denně i několik správních řízení, nemluvě o politických dopadech.

Velcí provozovatelé také čelí velkému mediálnímu tlaku. Častým „střelivem“ je cena vody. Srovnávána je cena u velkého provozovatele, který plní veškeré legislativní požadavky, používá nejnovější technologie, pečuje o své zaměstnance, zabezpečuje zákaznické služby, platí vlastníkovu nájemné atd. Proti tomu se staví cena vodárenské společnosti „Lojza Hasák“ v zapadlé horské víscce, kdy dodržování legislativy není kontrolováno vůbec nebo jen sporadicky. A o nájmu si obec také může nechat zdát. Alespoň zde by měl „Stát“ bránit odborné provozovatele. Jaká je skutečnost? Připravuje se zřízení superkontrolního úřadu. Bude tento úřad kontrolovat všechny provozovatele nebo to bude jen další bič na ty velké? Budou stanovena i jiná srovnávací kritéria než je cena provozování, např. minimální počet kmenových zaměstnanců na km provozované sítě? Minimální počet pracovních hodin zákaznického centra vůči počtu zásobovaných obyvatel? Minimální objem prostředků investovaných do vzdělávání vůči počtu zaměstnanců? Existence centrálního dispečinku s nepřetržitou službou?

Řešení problematiky sucha v některých evropských zemích

prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl

Vysoká škola báňská – TU Ostrava, Hornicko-geologická fakulta

Abstrakt

Tento článek se zabývá postupy a formulací úkolů pro řešení dopadu klimatických změn na vodní hospodářství. Tyto změny se projevují zvýšenou četností extrémních hydrologických jevů, mezi něž patří jak sucho, tak i povodňové stavy. Prognózy očekávají průběh klimatických změn v dlouhodobém horizontu desetiletí. Přesto je třeba opatřeními k omezení těchto jevů již nyní se zabývat. V obecné rovině je uváděn přístup Švédska, Německa, Velké Británie a Holandska k řešení této problematiky. Opatření přijímaná těmito zeměmi mohou sloužit k využití jejich zkušeností v České republice.

Klíčová slova: klimatické změny, sucho, politika přizpůsobení

Úvod

Vývoj klimatických změn v posledních letech stále více nastoluje problematiku přizpůsobení se těmto změnám. Podle mezinárodního panelu klimatických změn je přizpůsobování se změně klimatu definováno jako úprava přírodních a lidských systémů na stávající a očekávané klimatické změny, nebo na jejich dopady s cílem zmírnit případné škody nebo využít je ve vzájemně výhodné příležitosti (IPCC 2001). Problematické klimatických změn a politice přizpůsobování je v současné době věnována velká pozornost Evropskou unií. Tato i mezinárodní organizace zdůrazňují nutnost okamžitého přizpůsobování se změnám klimatu. Je to zdůvodňováno předpokládaným růstem globální střední teploty navzdory již realizovanými opatřeními směřujícími ke zmírnění dopadů. Zkušenosti s extrémními projevy počasí společně se stále se rozšiřující informovaností vedou k přijímání opatření k zamezení škod. Z hlediska vodního hospodářství se jedná zejména o vzrůst povodní a suchých období.

Projekce změn klimatu podle různých scénářů poukazují na značnou geografickou variabilitu projevů klimatických změn. V rámci Evropy se očekává do roku 2100 nárůst průměrné teploty o více než 2 °C s tím, že se výrazně zvýší četnost jak suchých období, tak i povodňových stavů. Vláda České republiky přijala v červenci 2015 usnesení k realizaci opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha. Cílem je minimalizovat dopady sucha a nedostatku vody na lidi, životní prostředí, ekonomiku a hospodářství. Opatření obsahují monitorovací a informační úkoly, dále pak legislativní, organizační a provozní opatření a také ekonomické a environmentální úkoly. Problematika změny klimatu včetně sucha je problematika globální, proto jsou v tomto příspěvku uváděna opatření a postupy některých evropských zemí. Pro srovnání jsou použity údaje ze Švédska, Německa, Velké Británie a Holandska. Při výběru se vycházelo z toho, že tyto země jsou považovány za vedoucí země v oblasti přizpůsobování se změně klimatu (Swart 2009).

Pohled na prognózy klimatických změn

Účinky změny klimatu ve Švédsku se mohou projevovat zvýšenými srážkami, zvýšením teploty vzduchu i mořské hladiny. Průměr všech scénářů uvádí vzrůst teploty v zimě v severním Švédsku o 5,7 °C a zvýšení srážek o 25 %. V jižním Švédsku je očekáván nárůst teploty v zimě o 4,4 °C a zvýšení srážek o 21 %, letní zvýšení teploty o 2,8 °C a srážek o 3 %. Vše v dlouhodobé perspektivě do konce tohoto století. Je očekáván také vzestup hladiny moře v jižní části až o 80 cm. Další rizika spočívají v sesuvech půdy a zvýšené erozi.

Prognózy klimatických změn zpracované německou meteorologickou službou očekávají také vzrůst teplot. Pro období 2021 – 2050 se předpokládá vzestup teplot o 0,5 – 1,5 °C a v období do roku 2100 pak vzrůst o 1,5 – 3,5 °C. Tyto údaje se blíží očekávaným vzestupům teplot v České republice. Oteplování má být více patrné v zimních měsících. Zimní srážky se mohou v průměru zvýšit až o 40 %, v horských oblastech se očekává nárůst až 70 %. Větší problémy sucha se očekávají na jihozápadě země. Je předpoklad častějšího výskytu extrémních jevů, jako jsou intenzivní srážky, bouře na moři nebo dlouhá období sucha.

Prognózované klimatické změny ve Velké Británii uvádí celkový nárůst teploty o 3 °C v období do konce roku 2100. Má se to projevovat obdobně jako v ostatních evropských zemích teplejšími a vlhčími zimami, v letních měsících lze očekávat sušší a teplejší počasí. Je také prognózován větší výskyt extrémních povětrnostních událostí zejména mořské bouře. Z provedených analýz vyplývá, že v současné době je případnými suchými periodami ohroženo asi 8 % vodních zdrojů. Bez realizace opatření by se do roku 2035 ohrožení zvýšilo na 45 % vodních zdrojů. Zvláště je zmiňována možnost záplav hlavně na mořském pobřeží. Nejzávažnějším z tohoto hlediska je uváděno ústí řeky Temže.

Situace v Holandsku v pohledu na klimatické změny a hlavně na její důsledky na krajinu i život je odlišná od ostatních zemí. Hlavním rizikem klimatických změn je geografická poloha země u Severního moře a ústí několik velkých řek jako Šelda, Rýn a Máza. Již v současné době je povodněmi ohroženo 60 % území státu. Prognózy uvádějí také zvyšování hladiny moří. Zvyšování teplot a suchá období není považováno za naléhavý problém. Zvyšující se četnost povodní a intenzivní srážky jsou uváděny již v současné době. Jsou popisovány zkušenosti z povodní v letech 1993, 1995 a extrémní srážky roku 1998 a 2002 (Huiteima, Meijering 2009).

Trend změn klimatu na území České republiky je v souladu s celkovou situací v Evropě. Prognózy vychází z prací ČHMU (Pretel et al. 2011). Je očekáván nárůst průměrné teploty vzduchu v období 2021 – 2050 o 1,4 – 1,8 °C. Pro další období do roku 2100 se očekává nárůst teplot o 3,3 – 3,7 °C. Nárůsty srážek se předpokládají zejména v zimě a na jaře. V létě pak poklesy srážek směřující k suchu. Jsou také prognózovány častější extrémní jevy jako přívalové srážky. Lze tedy říci, že s přihlédnutím ke geografické poloze se jednotlivé prognózy vcelku shodují. V České republice se jeví jako závažnější problémy sucha, v přímořských zemích pak hlavně povodňové stavy a mořské bouře.

Procesy přizpůsobování se změnám klimatu

Politiky přizpůsobování se klimatickým změnám reagují jak na mezinárodní dohody, týkající se změn klimatu i na dohody v rámci Evropské unie. Klimatické změny představují globální problémy mající dopady, které jsou pocíťovány lokálně. Dopady klimatických změn mezi jednotlivými zeměmi se liší podle geografických poměrů, proto také procesy přizpůsobování se liší. Získané zkušenosti a poznatky jsou tedy přenositelné pouze částečně.

Ve Švédsku neexistuje celková národní adaptační strategie. Důraz je kladen na správní rady krajů. V roce 2005 po velkých bouřích, které v lednu zasáhly velkou část Švédska, byl zřízen Výbor pro otázky klimatu, který se touto problematikou začal zabývat. Jeho úkolem bylo posoudit zranitelnost vůči změnám klimatu a jejich důsledky na jednotlivé regiony. Byla navržena opatření ke snižování emisí skleníkových plynů, snížení rizik povodní a řešení problematiky sesuvů půdy. Všechna opatření byla směřována směrem k regionům a obcím. Ve Švédsku mají obce rozsáhlou odpovědnost za územní plánování. Mezi úkoly tohoto plánování patří také problematika zásobování vodou, odkanalizování a havarijní plánování. V rámci územního plánování mají být zvažovány i důsledky klimatických změn. Důsledkem řešení problematiky na lokální úrovni je rozdílná aktivita jednotlivých oblastí. Aktivnější jsou ty oblasti, které již byly vystaveny extrémním vlivům počasí. Z hlediska plánování je zde časový rozpor. Územní plánování pracuje s perspektivou 5 – 15 let, scénáře klimatických změn s perspektivou 50 – 100 let. Volá se proto po zřízení „národní autority“ s odpovědností koordinovat práce zainteresovaných orgánů (Boverket 2010).

V Německu je politika přizpůsobování se klimatickým změnám důležitým tématem. Je zpracována „Německá strategie klimatických změn“ doplněná akčním plánem (Bundesregierung 2011). Na toto navazují akční plány pro jednotlivé spolkové země a dále na místní úrovni. Řešení této problematiky urychlily také tisíceleté povodně z roku 2002. Důležitost problematiky je zdůrazněna prostředky vynakládanými na výzkum adaptačních opatření spolkovou vládou. Cílem připravovaných opatření je začlenit opatření reagující na změny klimatu do procesu územního plánování. Od roku 2011 je tato problematika zařazena také ve stavebním zákonu. Problematika vodního hospodářství je v rámci územního plánování řešena komplexně a to jak zásobování vodou, tak i protipovodňová ochrana, včetně ochrany mořského pobřeží. Větším problémem se jeví právě protipovodňová ochrana než opatření proti suchu. Jsou zdůrazňovány požadavky, aby adaptační opatření byla nákladově efektivní a přiměřená rizikům.

Velká Británie očekává, že v následujících desetiletích se musí přizpůsobovat dopadům klimatických změn. Stala se první zemí na světě, která má právně závazné dlouhodobé cíle snižování emisí a rámec pro budování schopnosti přizpůsobit se změně klimatu. Národní program přizpůsobení klimatu se přezkoumává každých pět let, aby řešil nejvážnější problémy (ASC 2011). Opatření mají být směřována do územního plánování, zajištění národních infrastruktur, řízení přírodních zdrojů a havarijního plánování. Bezpečnost dodávek vody pro spotřebitele je dobrá, ale prognózy uvádějí, že bez nápravných opatření do roku 2035 by v případě velkého sucha bylo riziku vystaveno až 45 % zdrojů vody. Adaptační subkomise (ASC) upozorňuje, že přes zpracované plány nedošlo dosud k žádným konkrétním investicím v rámci vodárenských společností. Upozorňuje, že pozdější opatření povedou k vyšším nákladům. Uvádí, že pro příštích 5 let jsou plánovány výdaje v rámci vodárenských společností ve výši 1,4 mld. £. Připravují se také opatření k dlouhodobým úsporám vody. Na protipovodňová opatření je třeba zvýšit financování ze stávajících 600 mil. £ na 1 mld. £ ročně v roce 2035.

V Holandsku hlavním impulsem pro řešení problematiky změny klimatu bylo zvyšování hladiny moře. Povodně v letech 1993, 1995 a kritické srážky v roce 1998 soustředily pozornost na vzestupu mořské hladiny. Očekává se, že do roku 2040 ohrožení povodněmi vzroste 2,5 krát. Adaptační opatření v rámci národního programu pro územní přizpůsobování jsou soustředěna na územní plánování a na integraci vodního hospodářství (Runhaar et al. 2011). V roce 2007 byl zřízen nový program Delta s cílem zajistit v dlouhodobém výhledu odolnost proti klimatickým změnám pro období 2050 – 2200. Všechna opatření jsou soustředěna na bezpečnost proti velké vodě a na ochranu její kvality.

Závěr

Mezi uvedenými zeměmi panuje shoda nutnosti řešit opatření proti změně klimatu a extrémním jevům, které přinášejí větší a čtenější povodně a suchá období. Jednotlivá opatření jsou zaměřená pro budoucnost a jsou dlouhodobého charakteru. Řeší globální problematiku, která musí být zajišťována lokálně. Adaptační opatření jsou odlišná podle charakteru a území jednotlivých zemí. Užitečná se jeví národní strategie koordinovaná z centra. Do problematiky řešení je nutno zahrnout i lokální orgány a využívat možnosti územního plánování. Z hlediska rizik suchých období se nejvýznamnější situace jeví v České republice s ohledem na její geografickou polohu.

Poděkování

Článek byl zpracován v rámci projektu QJ1620142 s podporou Ministerstva zemědělství ČR

Literatura

IPCC (2001) Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge.

Huitema, D. & Meijerink, S. (2003). Policy dynamics in Dutch water management. In: Huitema, D. & Meijerink, S. (eds.), Water policy entrepreneurs. Cheltenham, Edward Elgar, 2009.

Pretel, J. et al. (2001) Specification of existing estimates of the impacts of climate change in the sectors of water, agriculture and proposals for adaptations. Final report on the project VaV SP/1a6/108/07 for the period 2007-2011.

Boverket (2010). Klimatanpassning i planering och byggande – analys, åtgärder och exempel. Regeringsuppdrag (6) M2009/4802/A. Karlskrona: Boverket

Bundesregierung (2011). Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen. Berlin.

ASC (Adaptation Sub-Committee) (2011). Adapting to climate change in the UK. Measuring progress. Adaptation Sub-Committee Progress Report 2011. Committee on Climate Change: London.

Runhaar, H.A.C., Mees, H.L.P., van der Sluijs, J., Wardekker, A. & Driessen, P.P.J. (2011). Omgaan met hittestress en wateroverlast in de stad. Milieu 2011-2, rubriek milieu dossier, 22-25.

Pesticidy ve zdrojích pitných vod nejen ve Zlínském kraji

Ing. Eva Javoříková

Krajská hygienická stanice Zlínského kraje se sídlem ve Zlíně

Pesticidy jsou přípravky určené k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců, k ochraně rostlin, skladových zásob, zvířat, člověka. Používají se v zemědělství, v lesnictví, v potravinářských závodech a také veterinární sféře (jako léčiva). V celosvětovém měřítku je registrováno okolo 800 sloučenin účinných látek pesticidů, z nichž každý má odlišné chemické, fyzikální a toxické vlastnosti. Mezi nejčastěji aplikované třídy pesticidů patří zejména organochlorové a organofosfátové, triaziny, fenoxylanové kyseliny, močovinové pesticidy, karbamáty, amidové pesticidy a glyfosát.

Něco málo z historie:

Počátky aplikací pesticidů jsou zaznamenány již v prvním tisíciletí př. n. l. – jednalo se o jednoduché přírodní anorganické látky např. síru (k potírání neuhů rostlin a zapuzování hmyzu). Od 19. století se začaly v boji se zemědělskými škůdci využívat vědecké metody a ve větším měřítku začaly být používány i syntetické anorganické látky, např. arseničnan měďnatý, nazývaný také jako pařížská zeleň, který byl aplikován k hubení coloradského brouka ve státě Mississippi. Ve Spojených státech bylo okolo roku 1900 použito takové množství pařížské zeleně, že bylo nutné přijmout první legislativní opatření o užívání těchto insekticidů. Největší nástup syntetických organických pesticidů však nastal až ve 30. letech 20. století a po 2. světové válce. Ten však kromě vynikajících výsledků přinesl také DDT (v ČR zakázán v roce 1975), lindan apod. Postupem času byly objeveny též organofosforové sloučeniny a jim příbuzné karbamáty. Pesticidy se neustále vyvíjely až do současnosti, kdy se čím dál více zdůrazňují integrované biologické a chemické metody, hledají se co nejúčinnější látky, které umožňují snížit dávky chemikálií a minimalizovat negativní vedlejší dopady. Cílem je co nejmenší zatížení životního prostředí a v návaznosti na to i na zdraví lidí. (1)

Za hlavní negativa používání pesticidů se považují zejména rezidua v potravinách, vedlejší dopady na životní prostředí – pesticidní látky jsou detekovány v povrchových a podzemních vodách – a tedy i zdrojích pitné vody.

Český hydrometeorologický ústav sleduje systematicky výskyt pesticidů v podzemních vodách od roku 2002. Nejčastěji byl zjištěn výskyt metabolitů chloridazonu, alachloru, metazachloru, metolachloru, acetochloru, atrazinu a terbuthylazinu, z účinných látek to byly atrazin, hexazinon a bentazon. Monitoring prokázal, že při posuzování kontaminace podzemních vod pesticidy hrají primární roli metabolity. Monitoring zaměřený pouze na účinné látky bez zohlednění relevantních metabolitů poskytuje výsledky, které mohou vést k mylným závěrům, které neodpovídají dnešní realitě v České republice. (2)

Kvalita pitné vody je jedním z nejvýznamnějších faktorů životního prostředí, které působí bezprostředně na zdraví lidí.

Do roku 1990 se běžně pesticidní látky v pitných vodách nesledovaly. Dle ČSN 75 7111 bylo monitorováno 10 pesticidních látek: 2,4-D, DDT, HCP, heptachlor, HCH, methoxychlor, pentachlorfenol, (tetrachlormethan), 2,4,5 a 2,4,6 -trichlorfenol.

Od roku 2001, po transpozici Směrnice Rady 98/83/EC o kvalitě vody pro lidskou spotřebu do české legislativy (vyhláška č.376/2000 Sb., následně vyhláška č. 252/2004 Sb.) byly zavedeny „Pesticidní látky“ a „Pesticidní látky celkem“, kdy se stanovují pouze pesticidy s pravděpodobným výskytem v daném zdroji, později bylo doplněno „nestanovení pesticidních látek se zdůvodní“.

V zemích EU je legislativně povolena maximální koncentrace jednotlivých pesticidů v pitné vodě 0,10 µg/l, při současném výskytu více pesticidů pak sumárně 0,50 µg/l. Výjimkou jsou aldrin, dieldrin, heptachlor a heptachlor epoxid, jejichž povolená koncentrace je 0,03 µg/l. (Směrnice Rady 98/83/EC o kvalitě vody pro lidskou spotřebu)

Z hlediska kontrol pitných vod se i v současné době v některých případech necílenými analýzami souborů stanovovaných pesticidních látek zaužívaně sledují látky (např. DDT), jejichž výskyt je v dané oblasti nepravděpodobný. Naopak ty, které patří v současné době k nejvíce využívaným (např. glyfosát, který patří v současné době mezi nejpoužívanější pesticidy - je účinnou složkou např. Roundupu) se mnohdy nestanovují, což vede k mylnému zjištění, že je vše v pořádku a samozřejmě také k plýtvání finančními prostředky.

Novelou vyhlášky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů (dále jen vyhlášky č. 252), v roce 2014, došlo ke změně posuzování metabolitů pesticidních látek nalezených v pitné vodě.

V příloze č. 1 vyhlášky č. 252 bylo změněno znění vysvětlivky č. 27 k ukazateli „pesticidní látky“ **„Pesticidy se rozumí organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, nematocidy, akaricidy, algicidy, rodenticidy, slimicidy, příbuzné produkty (např. regulátory růstu) a jejich relevantní metabolity, rozkladné nebo reakční produkty. Stanovují se pouze pesticidy s pravděpodobným výskytem v daném zdroji, nestanovení pesticidních látek se zdůvodní.“**

Některé metabolity pesticidů jsou stejné toxické jako jejich mateřské látky (**relevantní metabolity**).

Definice pojmu „relevantní“

(Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1107/2009 ze dne 21. října 2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS článek 3, odstavec 32)

„Metabolit se považuje za významný (v anglickém znění nařízení je použit termín „relevantní“2), existuje-li důvod předpokládat, že jeho přirozené vlastnosti jsou srovnatelné s vlastnostmi mateřské látky, pokud jde o účinek na biologický cíl, nebo že představuje pro organismy vyšší riziko než mateřská látka nebo riziko srovnatelné anebo že má určité toxikologické vlastnosti, jež jsou považovány za nepřijatelné. Takový metabolit je významný pro rozhodnutí o celkovém schválení nebo pro stanovení opatření ke snížení rizika.“

Na základě výše uvedeného má osoba povinná dle § 3 odst. 2 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů /provozovatel veřejného zásobování pitnou vodou/ předložit orgánu ochrany veřejného zdraví písemný doklad o ověření pravděpodobného výskytu pesticidů ve vodním zdroji (odůvodněný seznam pesticidů) a následně zajistit aktualizovaný rozsah úplných rozborů vody, zaměřený na pravděpodobně vyskytující se pesticidy a jejich metabolity. Odůvodněný rozsah pesticidů by měl být každý rok aktualizován. Pokud provozovatelé vodovodů v odůvodněných případech sdělí orgánu ochrany veřejného zdraví, že v ochranných pásmech jejich zdrojů nebyly některé pesticidní látky používány, pak tyto nemusí stanovovat.

Aktualizovaný rozsah analyzovaných pesticidních látek a jejich metabolitů v úplném rozboru dle vyhlášky č. 252 musí korespondovat s reálně aplikovanými látkami při ošetřování plodin, dřevin, půdy apod. na plochách, které by mohly ovlivňovat vodu ve zdroji.

V roce 2014 zpracoval SZÚ Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu pro hodnocení relevantnosti metabolitů pesticidů v pitné vodě (SZÚ-2466/2014), které vychází z metodiky, kterou vydala v roce 2003 Evropská komise pro hodnocení relevantnosti metabolitů látek v podzemní vodě. V doporučení je popsán praktický postup a je k dispozici na webových stránkách SZÚ.

K posouzení relevantnosti metabolitů pesticidů se používá metodika Evropské komise *Guidance document on the assessment of the relevance of metabolites in groundwater of substances regulated under Council directive 91/414/EEC.*

Zástupci Sdružení oborů vodovodů a kanalizací České republiky (SOVAK ČR), Ministerstva zdravotnictví ČR a Státního zdravotního ústavu se dohodli na postupném vytváření seznamu nerelevantních metabolitů pesticidů, včetně jejich doporučených limitních hodnot v pitné vodě. Tento seznam je veřejně přístupný a průběžně aktualizován na webových stránkách MZČR: http://www.mzcr.cz/Verejne/obsah/pitna-voda-pesticidy-nerelevantni-metabolity_3170_5.html.

V současné době je v seznamu uvedeno 9 nerelevantních metabolitů s doporučenými limitními hodnotami.

Ze sítí veřejných vodovodů (4 094 zásobovaných oblastí) bylo v roce 2015 odebráno (data z IS PiVo):

- 33 793 vzorků, 933 087 hodnot (z toho **98 337 stanovení pesticidních látek**), celkem 261 ukazatelů jakosti pitné vody (z toho **176 různých pesticidních látek**)
- bylo zjištěno 377 nálezů **překročení limitní hodnoty 18 pesticidních látek či jejich metabolitů, popř. sumy pesticidních látek.**

Nejčastější nedodržení limitní hodnoty bylo zjištěno u acetochloru ESA (88), metazachloru ESA (87), chloridazonu-desphenylu (49), metolachloru ESA (44), acetochloru OA (20), desethylatrazinu (15), atrazinu (12), metazachloru OA (12).

V roce 2015 byly v ČR vydány na základě hodnocení zdravotních rizik, sloužících jako podklad k určení, zda dočasným používáním pitné vody s překročenými limitními hodnotami pesticidních látek může dojít k ohrožení veřejného zdraví, „výjimky“ pro 17 zásobovaných oblastí. (3)

Pro srovnání v roce 2013 bylo provedeno 69 157 stanovení pesticidních látek v pitné vodě v ČR, u 7 pesticidních látek bylo zjištěno alespoň jedno překročení limitní hodnoty, počet nálezů s překročením limitní hodnoty 42, počet zásobovaných oblastí, kterým byla udělena „výjimka“ z důvodu opakovaně se vyskytujícím nadlimitním hodnotám 16, počet pesticidních látek, kvůli kterým byla výjimka udělena 8.(4)

Zdravotní rizika

Žádný z dnes používaných pesticidů nebyl mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny klasifikován jako lidský karcinogen, spousta je jich potencionálně karcinogenních, mnohé jsou prokázané xenoestrogeny, možné toxické působení na vývoj nervové soustavy. Přehled zdravotních rizik nejčastěji stanovených pesticidů a jejich metabolitů v pitných vodách je uveden v autorizačním návodu k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám v pitné vodě (AN 16/04 verze 4) na <http://www.szu.cz/centrum-hygieny-zivotniho-prostredi/odborna-skupina-hygieny-vody>.

Metodické postupy hodnocení zdravotních rizik vycházejí z posuzování zdravotního rizika pro konkrétní podmínky zásobované oblasti s identifikací potenciálních zdravotních rizik pro všechny populační skupiny (včetně citlivých).

V současné době se u pesticidů kromě okamžitých účinků zkoumá i postup jejich degradace, převážně má detoxikační charakter, ale mohou vznikat i toxičtější produkty, metabolity viz výše v textu.

Pesticidy v pitných vodách Zlínského kraje

Krajská hygienická stanice Zlínského kraje se v průběhu roku 2016 zaměřila na kontrolu plnění povinností provozovatelů veřejných vodovodů zlínského regionu v oblasti případného výskytu pesticidních látek v pitných vodách.

Na začátku roku byl zpracován informační a instruktivní materiál pro provozovatele veřejného zásobování pitnou vodou „**Informace k povinnostem provozovatelů veřejného zásobování pitnou vodou po novele vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů, v oblasti stanovení pesticidních látek v pitných vodách**“, který byl umístěn na webové stránky khszlin.cz a evidovaní provozovatelé byli e-mailem s tímto materiálem seznámeni.

Během roku 2016 byla na základě výsledků analýz a hodnocení zdravotních rizik vydána 3 rozhodnutí ve věci určení hygienického limitu pro nerelevantní metabolity pesticidů/ Chloridazon-desphenyl, Chloridazon-desphenyl methyl, Metolachlor sulfonic acid (ESA) – 2x, Metolachlor oxanilic acid (OA), Metazachlor sulfonic acid (ESA), Metazachlor oxanilic acid (OA), Alachlor Ethanesulfonic acid (ESA)/ A 2 rozhodnutí ve věci určení mírnějšího hygienického limitu pro relevantní metabolity pesticidních látek Acetochlor ESA 2x a Acetochlor OA 1x.

Výskyt výše uvedených látek byl zjištěn ve vodách veřejných vodovodů. Provozovatelé navrhli nápravná opatření (ekonomická náročnost). Mezi nejčastěji aplikovaný a účinný způsob odstranění pesticidních látek je zavedení adsorpce na granulovaném aktivním uhlí do technologie úpravy vody (účinnější při zavedení předcházející ozonizace)

Kontrolami plnění povinností daných provozovateli veřejného zásobování pitnou vodou bylo ve Zlínském kraji zjištěno následující:

- Nedostatečné zadání rozsahu analýz pesticidních látek a jejich metabolitů - často chybí spolehlivé a snadno dostupné zdroje informací pro cílené monitorování pesticidů
- Nedostatečné zdůvodnění nestanovení pesticidních látek a jejich metabolitů
- Různé rozsahy analýz pesticidních látek /mnohdy zaužívané/ prováděné laboratořemi
- Náročnost problematiky

KHS ZK se sídlem ve Zlíně se bude nadále věnovat problematice výskytu pesticidních látek v pitných vodách veřejného zásobování obyvatel Zlínského kraje jako jedné z regionálních priorit při plnění kontrolního plánu.

Zdroje dat a literatura

1. O. Ondříček - Pozitiva a negativa aplikace pesticidů v zemědělství, bakalářská práce 2011, UTB ve Zlíně, 2011
2. V. Kodeš - Výsledky monitoringu pesticidů v podzemních vodách, 2014
3. F. Kožíšek – Pesticidy v pitných vodách: aktuality a poznámky z hlediska SZÚ, 2016
4. Metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu pro hodnocení relevantnosti metabolitů pesticidů v pitné vodě (SZÚ-2466/2014)
5. R. Hušková – Jak řešit výskyt pesticidních látek ve vodách v souladu s platnou legislativou, 2014
6. Směrnice Rady 98/83/EC o kvalitě vody pro lidskou spotřebu
7. Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů
8. Zákon č.258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů

Výskyt relevantního metabolitu acetochloru ESA v pitné vodě

Ing. Zdeňka Jedličková, Doc. Ing. Milan Látal, CSc., Ing. Jiří Novák

VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.,
Soběšická 820/156, PSČ 638 01, Brno, Česká republika

Ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou jsou stanoveny hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, je uveden limit pro pesticidní látky obecně, a to 0,1 ug/l (výjimkou jsou pesticidy aldrin, dieldrin, heptachlor, heptachlorepoxyd, pro které je stanoven limit 0,03 ug/l). Není uvedeno, které konkrétní pesticidní látky je nutné sledovat. Ve vysvětlivkách uvedené vyhlášky je však uvedeno co se pojmem pesticidní látky rozumí a že se mají stanovovat pouze pesticidy s pravděpodobným výskytem v daném zdroji, nestanovení pesticidních látek se zdůvodní. U účinné látky acetochlor by se dalo předpokládat, že nebudou jak samotná účinná látka, tak její relevantní metabolity, v surové vodě již analyzovány. V ČR se přípravky s touto účinnou látkou mohly aplikovat do června 2013. V surové vodě je však i v současné době analyzován relevantní metabolit této účinné látky acetochlor ESA, a to v hodnotách překračující nejvyšší mezní hodnotu stanovenou vyhláškou 0,1 ug/l.

Účinná látka - acetochlor se řadí do skupiny chloracetanilidových herbicidů. V této skupině se nachází i alachlor, metolachlor, metazachlor a jejich metabolity. Acetochlor se po roce 2000 objevoval mezi nejpoužívanějšími účinnými látkami v ochraně rostlin. Jeho roční spotřeba v ČR se pohybovala nad 200 t. Aplikované množství pro vybrané roky je uvedeno v tabulce č. 1. Acetochlor byl používán k eliminaci jednoletých travin a plevelů především v kukuřici, olejninách a obilí. Byl obsažen v řadě registrovaných přípravků. Od roku 2013 není jeho používání k ochraně rostlin v Evropské Unii povoleno, v ČR se přípravky s účinnou látkou acetochlor mohly aplikovat do června 2013.

Acetochlor patřil do skupiny herbicidů s omezeným použitím – pravděpodobný lidský karcinogen. Z důvodu průměrné až vysoké mobility acetochloru v půdě bylo jeho použití omezeno v ochranných pásmech vodních zdrojů. V půdě účinná látka podléhá relativně rychlé biodegradaci působením mikroorganismů s poločasem do 36 dnů.

Metabolity acetochloru (ESA, OA, SAA) jsou zařazeny do relevantních metabolitů. Předpokládá se, že mohou mít podobné toxikologické vlastnosti jako původní mateřská látka acetochlor. Acetochlor ESA patří spolu s acetochlorem OA a acetochlorem SAA mezi hlavní degradační produkty acetochloru, vznikající mikrobiálním rozkladem v prostředí. Jsou více polární nežli jejich mateřská látka, proto mají potenciál k vyluhování do podzemních vod. Vyznačují se velmi vysokou mobilitou v půdě a střední až vysokou perzistencí. Poločasy rozkladu jsou u acetochloru ESA uváděny v rozmezí 33 až 148 dní, doba rozkladu 90% původní koncentrace je uváděna 108 až 491 dní. Tato stanovení byla provedena v různých typech půd, avšak za laboratorních aerobních podmínek.

Od posledních povolených aplikací acetochloru do současné doby (začátek roku 2017) již uběhlo 3,5 let, přesto na řadě lokalit v ČR se metabolity acetochloru ESA nadále analyzují, a to především v podzemních vodách. U tohoto metabolitu je uváděna nižší toxicita než u účinné látky, hovoří se však o jeho omezeném prozkoumání.

Nahlášené množství Acetochloru ESA (t) aplikovaného v ČR převážně zemědělskými subjekty hospodařícími zpravidla na výměře větší než 10 ha orné půdy.						
Rok 1997	2005	2008	2009	2011	2012	2013
122 711	283 941	387 100	291 999	208 727	173 604	101 053

Tabulka č. 1 Nahlášené aplikované množství účinné látky acetochloru v ČR ve vybraných letech (zdroj ÚKZÚZ)

I na lokalitách provozovaných naší společností byl analyzován relevantní metabolit acetochlor ESA. Níže uvádíme dva případy, kdy nebylo možné provést okamžitě taková opatření, aby spotřebiteli byla dodávána pitná voda vyhovující požadavků vyhlášky č. 252/2004 Sb. a KHS byla požádána o vydání výjimky pro výše uvedený ukazatel.

SV Okříšky

Jedním ze zdrojů SV je prameniště Hvězdoňovice, které tvoří sedm studní a sběrná studna, vybudované podél Stařečského potoka (obr.1). Studně jsou kopané, vybudované v roce 1961, mají hloubku 7,9, m. Podzemní voda z jednotlivých studní je jímána do sběrné studny násoskami. Na úpravě vody probíhá úprava surové vody odkyslením pomocí polovypáleného dolomitu a vápencové drtě. Upravená voda je dezinfikována chlornanem sodným. Touto vodou je zásobeno cca 1740 obyvatel, denní produkce vody je cca 150 m³/den.

Dne 1.12.2015 byl KHS proveden odběr pitné vody ze SV Okříšky, analýzy provedla laboratoř ZÚ. U acetochloru ESA byla stanovena hodnota 0,16 ug/l. Shodná hodnota byla analyzována i opakovaným rozbořem ze dne 16.12.2015. Hygienický limit stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro acetochlor ESA je 0,1 µg/l. Acetochlor ESA je jediná látka ze skupiny pesticidních látek a metabolitů, která se v pitné vodě vyskytovala. Pod mezí detekce byly všechny účinné látky a další metabolity stanovované laboratoří ZÚ.



Obr. 1 Letecký snímek na prameniště

Po výše uvedeném zjištění byla ze strany provozovatele vodovodu provedena řada analýz na stanovení předmětného metabolitu, a to jak z nejvíce využívaných jímacích objektů podzemní vody, tak vody před a za provedenou dezinfekcí vody. Výsledky rozborů jsou souhrnně uvedeny v tabulce č. 2. První kolo analýz, provedené z vody odebrané z jednotlivých jímáných studní, neprokázalo překročení limitu 0,1 ug/l. V dalším kole byly provedeny odběry ze sběrné studny a upravené vody před a za aplikací dezinfekce, a to z důvodu vyřazení možnosti kontaminace vody biocidním přípravkem. V tomto monitorovacím kole již kontaminace vody acetochlorem ESA byla zjištěna. Ve sběrné studni byla analyzována hodnota 0,37 ug/l. Rozbořem bylo potvrzeno, že sběrná studna je i studnou jímací.

Hodnoty acetochloru ESA uvedené v ug/l		
1.12.2015	Okříšky, Jihlavská 1, kuchyňka	0,16
16.12.2015	Okříšky, Jihlavská 1, kuchyňka	0,16
18.1.2016	Hvězdoňovice - ÚV - upravená voda	0,140
18.1.2016	Hvězdoňovice - studna č. 2	0,057
18.1.2016	Hvězdoňovice - studna č. 4	0,026
18.1.2016	Hvězdoňovice - studna č. 5	0,064
18.1.2016	Hvězdoňovice - studna č. 6	<0,025
18.1.2016	Hvězdoňovice - studna č. 8	<0,025
11.2.2016	Hvězdoňovice - ÚV - surová voda - sběrná studna	0,370
11.2.2016	Hvězdoňovice - ÚV - upravená voda - nechlorovaná	0,190
11.2.2016	Hvězdoňovice - ÚV - upravená voda - chlorovaná	0,190
2.5.2016	Okříšky - č. p. 515 MŠ kuchyně	0,064
3.10.2016	Hvězdoňovice - nový vrt	<0,025
5.12.2016	Krahulov - č. p. 3 RD - kuchyně	0,04

Tabulka č. 2 Hodnoty acetochloru ESA v surové a upravené vodě SV Okříšky.

Vzešla otázka, proč je nejvíce kontaminována právě sběrná studna. Jedno zdůvodnění se našlo. Těžko prokázat zda je správné, ale přece... V červnu 2013 v uvedené lokalitě spadlo v lokalitě velké množství srážek, voda se zeminou z polí osetých kukuřicí proudila propustkem pod silnicí a přes silnici po terénu do údolnice právě ke sběrné studni. Zda se v době před značným srážkovým úhrnem aplikoval prostředek s účinnou látkou acetochlor, nebudeme dnes již zkoumat.

Po vydání výjimky KHS (únor 2016) byly provedeny dvě monitorovací kola stanovení acetochloru ESA ve vodě u spotřebitele, a to v měsíci květnu a prosinci 2016. Ani v jednom případě nedošlo k překročení limitu uvedeného ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. (0,1 ug/l).

SV Bohdalov

Do skupinového vodovodu Bohdalov je jímána podzemní voda z prameniště, které je tvořeno sedmi mělkými jímacími zářezy a třemi posilovacími studnami o hloubce 5 m. Podzemní voda je upravována na odkyselovací stanici, je akumulována ve VDJ, ve kterém je voda dezinfikována chlornanem sodným. Po dobu dvou let se projevuje nedostatečná vydatnost prameniště. Od června 2016 je pitná voda do VDJ doplňována dovážením cisternami.

V listopadu 2016 byl u spotřebitele proveden rozbor vody zaměřený na širokou škálu pesticidních látek. Analýzy pesticidních látek a jejich metabolitů byly provedeny v rozsahu prováděných analýz laboratoří ZÚ. Rozborem byla zjištěna nadlimitní koncentrace relevantního metabolitu acetochloru ESA (0,28ug/l). Pod mezí detekce byla stanovena účinná látka acetochlor i ostatní účinné pesticidní látky včetně dalších chloracetanilidových herbicidů a jejich metabolitů ESA a OA. Znečištění vody metabolitem acetochloru ESA byla ověřena opakovaným rozбором vzorků vody dne 30.11.2006. Odběry byly provedeny jak u spotřebitele, tak z jednotlivých jímacích objektů na prameništi a z VDJ. Hodnoty acetochloru ESA jsou uvedeny v tabulce č. 2. Kromě dvou posilovacích studní byly analyzovány hodnoty acetochloru ESA ve všech JO prameniště, a to v rozmezí od 0,055 do 0,84 ug/l. Ve vzorku vody na odtoku z VDJ byla zjištěna koncentrace 0,3 ug/l a u spotřebitele 0,26 ug/l acetochloru ESA.



Obr. 2 Letecký snímek na prameniště Bohdalov

Hodnoty acetochloru ESA v ug/l		
7.11.2016	Březí nad Oslavou - čp 41 kuchyň kohout	0,28
30.11.2016	Bohdalov - studna 1 hladina	<0,025
30.11.2016	Bohdalov - jímka 7 pramen 7 potrubí	0,124
30.11.2016	Bohdalov - jímka 6 pramen 6 potrubí	0,84
30.11.2016	Bohdalov - jímka 4 pramen 5 potrubí	0,77
30.11.2016	Bohdalov - jímka 4 pramen 4 potrubí	0,4
30.11.2016	Bohdalov - jímka 3 pramen 3 potrubí	0,22
30.11.2016	Bohdalov - jímka 2 pramen 2 potrubí	0,16
30.11.2016	Bohdalov - jímka 1 pramen 1 potrubí	0,055
30.11.2016	Bohdalov - VDJ - odtok kohout	0,3
30.11.2016	Bohdalov - jímka 2 studna 3 potrubí	0,31
30.11.2016	Bohdalov - studna 2 hladina	<0,025
30.11.2016	Březí nad Oslavou - čp 41 kuchyň kohout	0,26

Tab. č. 2 Hodnoty acetochloru ESA na prameništi Bohdalov, na VDJ a u spotřebitele.

Za pravděpodobný zdroj kontaminace podzemní vody relevantním metabolitem acetochlor ESA považujeme zemědělskou činnost, při které dochází k aplikaci účinných látek na zemědělské pozemky. Zástupcem zemědělského družstva, které obhospodaruje pozemky přilehlé k prameništi bylo sděleno, že účinná látka acetochlor ve formě herbicidního přípravku Gurdian Safe Max byla používána do roku 2008, od tohoto roku již acetochlor nebyl aplikován. Pokud je to pravda, metabolit acetochlor ESA by se v nadlimitním množství v podzemní vodě nacházel i po osmi letech po poslední aplikaci. Nejvíce kontaminovaná acetochlorem ESA je surová voda v mělkých zářezích nacházejících se v blízkosti zemědělsky využívaného pozemku, tyto zářezy jsou využívány od roku 1958.

Pro lokalitu bylo provedeno hodnocení zdravotních rizik. Toto hodnocení bylo přiloženo k žádosti o dočasnou výjimku z jakosti vody v nevyhovujícím ukazateli acetochlor ESA podle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví.

Závěr

V surových vodách jsou stále nalézány metabolity účinných látek, jejichž užívání je již zakázáno. V oblastech provozovaných VAS je zjišťováno překračování nejvyšší mezní hodnoty relevantního metabolitu acetochloru ESA.

V případě jímání surové vody pro daný vodovod z více zdrojů provádíme stanovení dané pesticidní látky v jednotlivých zdrojích (respektive JO) surové vody. Jestliže zdroje surové vody mají větší vydatnost než je potřeba vody v daném spotřebišti a analyzované hodnoty acetochloru ESA v surové vodě jsou rozdílné, provádí se optimalizace v jímání surové vody tak, aby spotřebitelům byla dodávána voda splňující hygienické požadavky na pitnou vodu i pro tento ukazatel. Ne vždy lze tuto optimalizaci provést. Překročení limitu acetochloru ESA je většinou analyzováno v prameništích, které jsou tvořeny mělkými studnami či jímacími zářezy s omezenou vydatností. V těchto případech je podána na KHS žádost o vydání výjimky podle zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. Podkladem žádosti je i Hodnocení zdravotních rizik. Navržený limit pro acetochlor ESA je určen z provedených rozborů za předpokladu, že vzhledem k více než tři roky trvajícím zákazům používání acetochloru k ochraně rostlin v ČR je narůstající trend kontaminace acetochloru ESA spíše nepravděpodobný.

Dále je s majitelem infrastruktury probírána možnost dočasné úpravy vody instalací filtrů s GAU či provedení hydrogeologického průzkumu k nalezení nových vyhovujících zdrojů vody.

Nejlepším řešením by bylo, kdyby na trh byly uváděny pouze přípravky dostatečně prozkoumané, u nichž bude zaručeno, že jejich aplikací nedojde ke kontaminaci surových vod a nám provozovatelům nebude potřeba doporučovat, že v případě zjištění kontaminace surové vody pesticidními látkami máme podat podnět ÚKZÚZ k prošetření používání přípravků na ochranu rostlin v daných lokalitách.

Literatura

- 1) Hodnocení zdravotních rizik relevantního metabolitu acetochlor ESA z pitné vody, prosinec 2016, zpracoval MUDR. Bohumil Havel.
- 2) Int. stránky ÚKZÚZ

Využití 3D a BIM ve vodním hospodářství

Jiří Kratěna

Sweco Hydroprojekt a.s.

V inženýrské praxi se v poslední době setkáváme s termíny – 3D kreslení, 3D projektování, 3D skenování, BIM. Co si pod tím představit? Cílem příspěvku je představení možností využití BIM a 3D nástrojů nejenom pro přípravu projektů, ale také pro vlastní správu vodohospodářských objektů.

Úvod

U na střední škole a později na vysoké škole jsme se učili základům deskriptivní geometrie, kde pro velkou část studentů byla strašákem axonometrie, perspektiva, apod. Axonometrie a je jednoduchý způsob promítání prostorových těles a trojrozměrných struktur do roviny. A tvoří základ 3D kreslení. V případě 3D modelování se již bavíme o procesu, kdy se v trojrozměrném prostoru vytvářejí reálné objekty, které lze zobrazovat ve 3D prostoru, nebo v rovinách. Ale o co je jedná u BIM? V současné době již většina čtenářů tento pojem zná a ví co si pod ním představit. Ale pro pořádek uveďme jednu z možných definic. Building Information Modeling (BIM, informační model budovy) je moderní, inteligentní proces pro tvorbu a správu projektů založený na modelu. Usnadňuje výměnu informací v rámci procesu návrhu projektu, výstavby a používání objektů. Umožňuje tvořit a spravovat projekty pozemních a inženýrských staveb infrastruktury - rychleji, ekonomičtěji a s nižším dopadem na životní prostředí. Toto je výstižná a dostačující definice.

Možnosti využití 3D nástrojů

Jaké jsou v současné době 3D nástroje k dispozici? Každého samozřejmě napadne nějaký program, který umožňuje vytváření 3D modelů. Na trhu (internetu) je k dispozici velké množství volně stažitelných programů pro 3D modelování. Ale jedná se hlavně o programy, které se zaměřují pouze na nakreslení a zobrazení objektu ve 3D prostoru. Potom následují programy pro 3D projektování, které úspěšně využívají projektové organizace. Pomocí těchto programů je připravována projektová dokumentace. Prvotním úkolem těchto programů je samozřejmě zhotovení projektu stavby ve 3D prostoru a základní koordinace mezi různými profesemi (nalezení kolizních míst, definování vstupů technologických zařízení stavebními konstrukcemi, atd.). Ale není to hlavním cílem. Tím cílem je BIM. Programy pro tvorbu BIM slouží nejenom pro 3D modelování, ale hlavně k cílené práci s informacemi. Již ve fázi zpracování projektové dokumentace je BIM mnohem výkonnější. V systému je hned na počátku zpracován model stavby, jsou definovány potřebné stavební detaily (skladby stavebních konstrukcí, rozměry stavebních prvků), technologická data (rozměry potrubí, průtoky, tlaky, ...). Je vedená evidence prvků (specifikace, seznamy strojů, elektro zařízení, ...). BIM systém umožňuje provádět různé analýzy (energetická náročnost) či počítačové simulace chování objektu v různých situacích.

Aby bylo možné zpracovat kvalitní 3D model a následný BIM model je samozřejmě nutné provést pasportizaci objektu. A nejedná se pouze o popis vlastností jednotlivých konstrukcí, strojů, zařízení apod. Je nutné také provést zaměření objektů a zařízení v reálném prostoru. Pro toto se nabízí použití technologie 3D skeneru. Co je to vlastně 3D skenování. Všeobecně jsou 3D skenery zařízení, která jsou určena pro digitalizaci

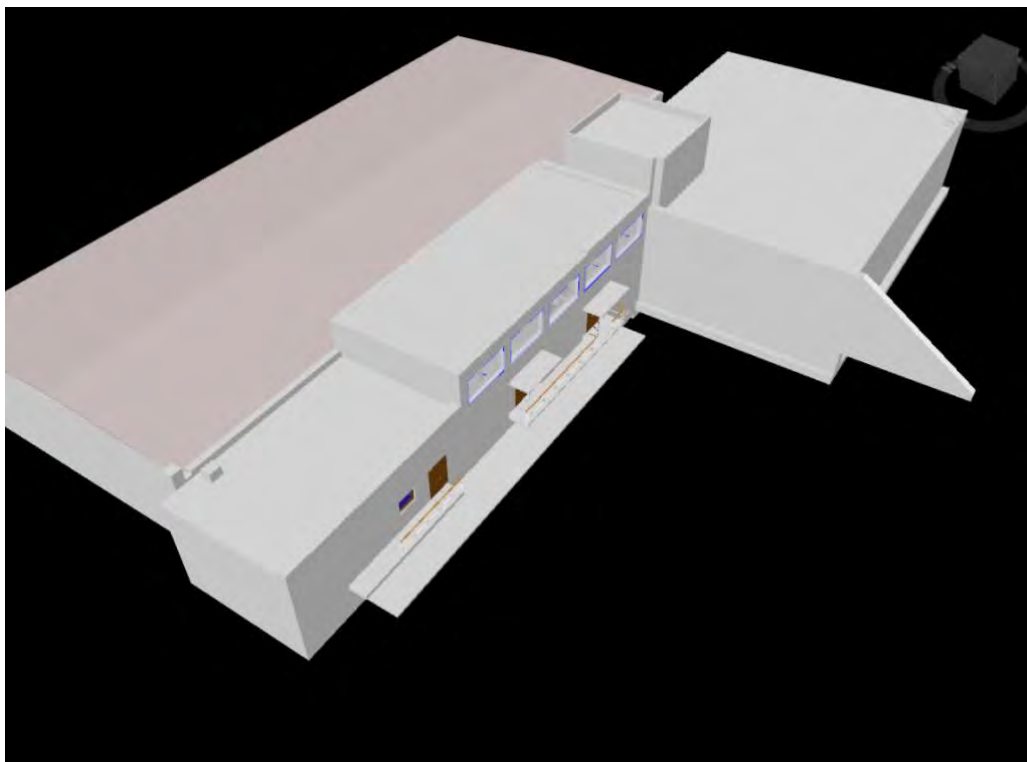
různých 3D objektů. Po digitalizaci objektu dostáváme 3D model v počítači, který můžeme upravovat v různých programech. V kombinaci s výškovým zaměřením objektu, pár referenčních bodů (v m n. m.), lze potom následně celý model umístit v zeměpisných souřadnicích. Toto má výhodu při zpracování 3D modelu více objektů v jednom areálu. Na obr. 1-2 jsou uvedeny ukázky výsledky 3D skenování. Na obr. 3 potom je ukázka výsledného 3D modelu.



Obr. 1. Výsledek 3D skenování – ÚV Hradiště



Obr. 2. Výsledek 3D skenování – celkový pohled na VDJ Stříbrníky



Obr. 3. 3D model – VDJ Stříbrníky

Proč používat BIM? Pro koho je určen?

Stručně řečeno, BIM je určen pro všechny – projektanty, zhotovitele, provozovatele a majitele. Samozřejmě, každý použije z BIM pouze určité části.

Zásadním motivačním faktorem pro využívání metodiky BIM z pohledu projektantů je bezesporu zásadní omezení či dokonce vyloučení vlastních chyb v projektu. To, že stavbu projektanti de facto nasimulují ve virtuálním světě počítače, tím mohou vyřešit kolize ještě před zahájením stavby, což vede zcela jistě k eliminaci chyb na stavbě, za které by jinak měli nést svůj díl odpovědnosti.

Výstavba jako fáze realizace a zhmotnění projektu. Realizační firma přebírá odpovědnost za kvalitní realizaci díla dle projektové dokumentace. Pokud je projektová dokumentace pro realizaci stavby bezchybně zpracovaná, o to více se snižuje šance na chyby během výstavby. Ovšem jen potud, jsou-li projektové informace správně interpretovány. Stavební a technologické firmy a jejich zaměstnanci by proto ve vlastním zájmu měli umět pracovat metodikou BIM a tudíž i požadovat projektové podklady strukturované v podobě informační databáze stavby, zjednodušeně označované jako BIM model.

Nejdelší a patrně i nejzásadnější etapa životního cyklu stavby je etapa užívání stavby a sní související správa a údržby. Na rozdíl od tradičního způsobu projektování, kdy projektová dokumentace nezávadně kdy, coby stoh papíru, skončí v regále v archivu po čase jako neaktuální informace. A právě v tomto bodě BIM přináší odpověď a řešení vlastníkům infrastruktury, kdy data v informačním modelu stavby jsou díky metodice BIM živá a neustále aktualizovaná. Aktuální data pak mají pro vlastníka o to větší cenu, pokud je potřeba objekt, zařízení, apod. opakovaně renovovat, či ji na konci její životnosti dokonce zbourat, sešrotovat.

Výhody využití BIM

Použití BIM nabízí zainteresovaným stranám v projektech klíčové výhody:

- **ELIMINACE CHYB:** Integrace pracovních toků vede k výraznému snížení chyb v řízení celého procesu v porovnání s přístupem, kdy se koordinují různé profese prostou výměnou dokumentů.
- **KOMUNIKACE BEZE ZTRÁTY DAT:** Účastníci projektu mohou pracovat s nejprogresivnějšími řešeními ve svých příslušných odvětvích, aniž by riskovali „nekompatibilitu“ a tudíž vyloučení z určitých BIM projektů.
- **KONTINUÁLNÍ VÝVOJ:** Účastníci projektu si mohou udržet plnou kontrolu nad aktualizacemi softwaru bez ohledu na to, jak si v tomto ohledu počínají kolegové pracující na jiných stavebních a architektonických projektech.
- **DATA PO CELOU DOBU ŽIVOTNOSTI BUDOVY:** Přístup k BIM datům je zajištěn po celý životní cyklus budovy včetně fází jejího projektování, výstavby ale i provozu.

„Projekce je první, velmi důležitou etapou, jež předchází vlastní realizaci stavby.“

Od projektové dokumentace očekává investor i realizační firma, že podle ní bude možné postavit bezchybné dílo navržené projekčním týmem stavebních projektantů, statiků, projektantů jednotlivých profesí. Celý projektový tým musí spolupracovat a jednotlivé části projektu navrhnout koordinovaně a efektivně tak, aby stavba jako celek spolehlivě fungovala po celou dobu životnosti stavby.

„Dodavatel stavby je závislý na podkladech, které dostane od investora, potažmo projektanta.“

Projekt pro provedení stavby (realizační dokumentace) může mít různé kvality. Při práci založené na principu BIM se mění způsob práce do té míry, že papírová dokumentace ztrácí na své důležitosti. Zásadnější pro realizaci stavby jsou data v elektronickém formátu v podobě informační databáze stavby. Pro efektivnější práci jsou data o stavbě interpretována do virtuálního modelu stavby. Jednotlivé stavební prvky s sebou nesou informaci nejen rozměrovou nebo souřadnici umístění (3D), ale také další užitečné informace o druhu materiálu, jeho ceně, technických a dalších vlastnostech.

Je důležité položit si otázku: „Proč investoři nepožadují kvalitu?“ Přiznávám, že takto položená otázka je provokativní. Protože investoři požadují kvalitní projekt, stavbu, ale zároveň za nízkou cenu. Možná by bylo položit otázku takto: „Vyplatí se zaplatit za kvalitu vyšší cenu?“. Kvalitní stavbě by měl předcházet odpovídající projekt, jehož hodnota není postavena na nejnižší ceně za projektové práce. Investice do takového projektu a realizace samotné stavby velmi často tvoří „pouhých“ 36% (některé zdroje uvádějí dokonce jen 20%) všech nákladů, které ve skutečnosti stavba během svého života spotřebuje. Pokud je návratnost investice hlavním kritériem investičního záměru, investor by rozhodně neměl na přípravě a realizaci stavby zásadním způsobem šetřit.

Přínosy využití BIM

BIM je možností, jak lépe definovat požadavky na výslednou stavbu, transparentně elektronicky kontrolovat průběh stavby v jejích jednotlivých fázích, snadněji zhotovovat nezávislé posudky, minimalizovat vícenáklady při provádění staveb a zajistit lepší dostupnost podkladů a ekonomičtější provoz spravovaného majetku.

Všeobecně návrh stavby zpracovaný formou BIM modelu umožňuje zvýšení efektivity stavební výroby, kvalifikované a transparentní zadávání a hodnocení veřejných zakázek,

zvýšení kvality projektové dokumentace, snížení chybovosti a odstraňování kolizí jednotlivých profesí, úsporu stavebních materiálů a snížení stavební pracnosti, zajištění dostupnosti relevantních informací o stavbě a v nich použitých stavebních výrobcích, zefektivnění správy dat a sjednocení datové základny, zvýšení bezpečnosti a životnosti staveb, zefektivnění řízení projektu, plnění požadavků na snižování energetické náročnosti budov.

Očekávaným přínosem je také modernizace a inovace postupů při procesu evidence a standardizace agendy staveb v oblasti veřejné správy, příprava podmínek pro budoucí digitalizaci agend povolovacích procesů staveb a zlepšení komunikace mezi veřejnou správou a účastníky stavebního procesu. Příspěvek k elektronizaci veřejných zakázek a podpora e-Governmentu (informace z BIM modelu lze využít také pro systémy prostorových dat pro veřejnou správu) jsou pak přirozeným důsledkem používání BIM, stejně jako podpora udržitelného růstu a inovací či upřednostnění kvality namísto ceny a elektronizace.

Úspora díky použití metody BIM, dle průzkumů provedených v zahraničí, činí 20 % z celkových nákladů za celý životní cyklus stavby. Mimo jiné investor používající BIM získá kontrolu ve všech fázích projektu (zvýšení transparentnosti), kvalitně zpracovaný model (má kladný vliv na rozhodování a řízení změn – přesnější kalkulace investičních i provozních nákladů), dojde ke snížení rizik spojených s přenosem informací (a tím i času a nákladů) a provázání projekční a stavební činnosti s provozováním a správou majetku (od návrhu až po demolicí).

Jak je výše uvedeno, BIM přináší největší úspory při správě majetku. S ohledem na skutečnost, že většina nákladů životního cyklu stavby spadá až do období jejího užívání, schopnost snížit náklady na provoz stavby je, kromě pozitivních vlivů na investiční fázi, velice silným argumentem, proč systém BIM používat. Vlastníka a dlouhodobého uživatele stavby zajímají nejen provozní náklady, ale také kvalita, trvanlivost, snadná údržba a energetická efektivnost provozu objektu. BIM model se stává bohatým zdrojem informací pro Facility Management a pro provozní fázi projektu, protože data mají společný formát a v modelu jsou jednotně ukládány informace o všech zařízeních/částech stavby (záruční listy, návody použití, atd.). Systém dokáže upozornit na aktuální termíny pravidelných oprav, revizí či kontrol u každého objektu, včetně umístění technologického uzlu. Nutná je však informovanost a vzdělávání těch, kteří mohou data z BIM modelu nejlépe využít.

Výhodou je, že s informačním modelem stavby lze na navrhované stavbě simulovat různé situace, pracovat s variantami a docílit tak ve výsledku optimalizovaného návrhu, který bude navržen v duchu zásad šetrného stavebnictví. Využívání metody BIM pro výstavbu nových či provoz stávajících staveb tak napomáhá docílit vysokých úspor z hlediska energií i stavebních materiálů a snížit ekologický dopad stavby na životní prostředí.

Legislativa

Usnesením č. 2 Rady vlády pro stavebnictví České republiky ze dne 13. října 2015 bylo Ministerstvu průmyslu a obchodu (dále MPO) uloženo průběžně sledovat vývoj metody BIM, koordinovat a podporovat opatření směřující k jejímu uplatňování v ČR. Současně Rada vlády doporučila vládě ČR přijmout opatření směřující k postupnému zavádění metody BIM v ČR s cílem snížení provozních i investičních nákladů s důrazem na aplikaci při zadávání veřejných zakázek, a dále navrhla vládě ČR stanovit gestora pro zavádění BIM do praxe v ČR. Na základě tohoto usnesení předložilo MPO vládě ČR dokument „167/16 Význam metody BIM (Building Information Modelling) pro stavební

praxi v ČR“. Dne 2. 11. 2016 vláda ČR schválila tento dokument a jmenovala MPO oficiálně gestorem pro zavádění BIM do praxe v ČR. Dokument informoval vládu o principu a významu metody BIM a o nezbytnosti podpoření jejího zavedení v České republice. Schválením materiálu vláda potvrdila význam BIM pro české stavebnictví.

Vyžadovat použití zvláštních elektronických nástrojů, jako jsou elektronické grafické programy pro stavební informace a obdobné nástroje včetně nástrojů informačního modelování staveb již umožňuje směrnice Evropského Parlamentu a Rady č. 2014/24/EU, o zadávání veřejných zakázek. Tato směrnice je navázána na Strategii Evropa 2020, kde jsou výzkum a inovace identifikovány jako hlavní hybné síly budoucího růstu Evropy. Do českého právního prostředí je směrnice implementována novým zákonem č. 134/2016 Sb., o zadávání veřejných zakázek, který nabyl účinnosti dnem 1. 10. 2016. Ve směrnici je doslova zdůrazněno, že by měla být upřednostňována inovativní řešení s důrazem na náklady na celý životní cyklus stavby, její výkonnost a funkci. Zavedením BIM do procesu výstavby se nasměrují inovační procesy nejenom ve stavebnictví, ale rovněž v navazujících průmyslových a technologických oborech. Umožněním využívání metody BIM dojde k souladu s mezinárodními standardy při zadávání veřejných zakázek a harmonizaci s obdobnými postupy zaváděnými v Evropě a ostatních zemích.

Závěr

Postupné zavádění BIM v praxi není výmysl a nástroj projekčních organizací, jak vytáhnout více finančních prostředků z majitelů vodohospodářských objektů, jak by se mohlo zdát. Ale je to možnost, jak zkvalitnit nejenom projektovou přípravu, ale i provedení vlastní stavby a hlavně vlastní správu majetku. Přitom není nutné okamžitě přejít na BIM, ale může se začít postupně zavádět. Prvním krokem by mohla být pasportizace stávajících objektů. Protože jak ukazují různé průzkumy, tak správa majetku v BIM je ekonomičtější, efektivnější a přehlednější. Také se zkvalitní následné zadávání projektů rekonstrukcí, kdy zadavatel bude moci precizněji určit rozsah požadovaných prací.

Literatura

1. Ministerstvo průmyslu a obchodu. 167/16 Význam metody BIM (Building Information Modelling) pro stavební praxi v ČR. listopad 2016
2. Open BIM koncept. <http://www.stavebnictvi40.net/>
3. www.czvim.org
4. www.biminfo.cz

Problematika vodního rázu ve vodárenských systémech - příklady řešení

Ing. Jan Krupička, Ph.D.¹⁾; Ing. Jan Cihlár²⁾; Ing. Rostislav Kasal, Ph.D.³⁾

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a. s.

¹⁾ tel.: 257 110 313, krupicka@vrv.cz; ²⁾ tel.: 257 110 296, cihlar@vrv.cz; ³⁾ tel.: 257 110 287, kasal@vrv.cz

Úvod

O možných příčinách a důsledcích vodního rázu jakožto jevu spojeného s rychlými změnami rychlostí v potrubních systémech má základní povědomý každý zkušenější pracovník zaměstnaný v provozu vodovodů a přizpůsobuje tomu způsob (zejména rychlost) provádění manipulací. Je proto poměrně překvapivé, že problematice vodního rázu je věnována poměrně malá pozornost při projekčních přípravách vodohospodářských systémů. V důsledku toho se opakovaně setkáváme s požadavkem řešit vodní ráz na vodovodu až ve chvíli, kdy je dílo dokončené a nepříznivé důsledky vodního rázu se na něm plně projevují. Jednou z příčin je možná poměrně velká náročnost teoretického pochopení příčin vzniku a mechanismu projevů vodního rázu.

Složitost jeho matematického popisu (v nezjednodušené formě jde o řešení soustavy nelineárních parciálních diferenciálních rovnic hyperbolického typu spolu s řadou vztahů popisujících okrajové podmínky) vyžaduje – s výjimkou nejjednodušších případů – použití výpočetních softwarů, které přitom na rozdíl od některých programů pro výpočet ustáleného a kvaziustáleného proudění v potrubí zpravidla nejsou dostupné jako freeware a které kladou vysoké nároky na kvalifikaci jejich obsluhy. Mezi komerční softwary pro výpočet vodního rázu patří Hypress (Hydroinform), Mike Urban FGDHT (DHI), FlowMaster (Mentor Graphics), Wanda (Deltares), InfoSurge (Innovyze), Hammer (Bentley) a řada dalších. Z českých softwarů lze jmenovat Dynsip. Dostupné softwary se liší jednak metodou numerického řešení (metoda charakteristik, metoda konečných diferencí, metoda elektrické analogie, metody vlnových charakteristik), jednak možnostmi zahrnout do výpočtu některé jevy, které mohou problém vodního rázu komplikovat (např. neustálené tření, modelování vzniku a vývoje kavity, modelování viskoelastického chování potrubí, modelování vícefázového proudění, ...). Ve výpočetních softwarech jsou reálné prvky systému, jako úseky potrubí, nádrže, čerpadla, větrníky, uzávěry a zpětné klapky atd. reprezentovány matematickým modelem, tj. souborem rovnic popisujících více či méně idealizovaně jejich skutečné chování. Na základě propojení matematických modelů jednotlivých dílčích prvků lze ve výpočetním softwaru sestavit model projektovaného nebo již existujícího hydraulického systému a studovat pomocí něj vodní ráz nikoliv jen izolovaně v místě jeho vzniku, ale i jeho vývoj v širokých souvislostech a dopadech na všechny prvky systému. Při matematickém modelování obecně – a tedy i v případě modelování vodního rázu – je žádoucí kalibrace a validace matematického modelu. V případě modelů zaměřených na výpočet vodního rázu je potřeba získat data s vysokým časovým rozlišením, což klade podstatně vyšší nároky na měřicí techniku a systém sběru dat, než je tomu v případě měření pro kalibraci modelů

ustáleného proudění. Často je potřeba výsledky výpočtu ověřit záměrnou manipulací vedoucích ke vzniku neustáleného proudění v potrubí (například vypínací zkouška čerpadel). Potom je nutné věnovat maximální pozornost detailní přípravě měření, při samotné zkoušce postupovat přesně podle předem stanoveného scénáře a průběžně kontrolovat shodu výsledků simulace s měřením tak, aby nedošlo ke vzniku neočekávaných nebo dokonce nebezpečných stavů.

Jednou z běžných úloh je ochrana výtlačných řadů čerpacích stanic před účinky vodního rázu v případě výpadku pohonu čerpadla. Zde je klasickým řešením použití větrníku, případně zavodňovacích nádrží a výpočet pak slouží k dimenzování jejich objemu, k návrhu škrcení jejich přípojky a ke správnému návrhu zpětné klapky tak, aby byly eliminovány jak negativní vlivy prvotního poklesu tlaku, tak důsledky nárůstu tlaku po odrazu tlakové vlny od druhého konce potrubí. Dalším typickým zdrojem vodního rázu je uzavření závěru do průtoku, kdy dochází ke vzniku pozitivní tlakové vlny před uzávěrem a negativní tlakové vlny za uzávěrem. Na základě simulací se zpravidla navrhuje dimenze a vhodný typ uzavírací armatury a předepisuje minimální doby manipulace. Podstatně menší pozornost je obvykle věnována vodnímu rázu, který vzniká v souvislosti s plněním nebo prázdněním potrubí, ačkoliv i zde, zejména při špatném návrhu automatických vzdušníků, mohou být jeho projevy devastující. V posledních letech se klasická protirázová opatření nahrazují nebo doplňují instalací buď dálkově ovládaných, nebo autonomně pracujících regulačních uzávěrů, které umožňují snížit tlakové špičky upuštěním vody do odpadu, nebo nasátím vody eliminovat záporné tlakové vlny.

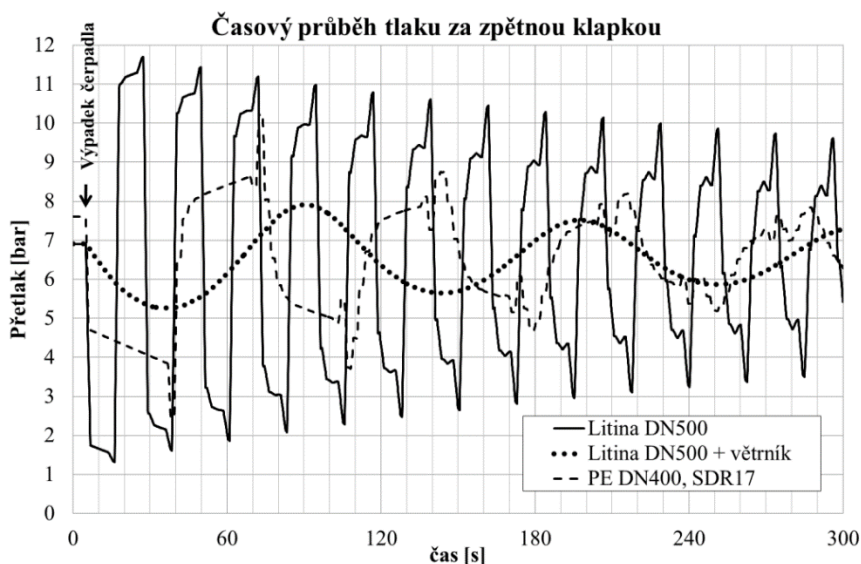
V následujících odstavcích jsou uvedeny příklady řešení vodního rázu na skutečných dílech z několika předchozích let.

ČS Vysoké Mýto

Příkladem typické aplikace výpočtu vodního rázu je posouzení protirázového opatření na čerpací stanici Vysoké Mýto. Cílem studie byla analýza vývoje tlaků ve výtlačném řadu po náhlém odstavení (výpadku pohonu) čerpadla čerpací stanice, ze které je voda při průtoku 80 l/s čerpána litinovým potrubím délky 7,1 km do dvojice vodojemů na Vrchách (celkové převýšení 65 m). Výtlačný řad se skládá z části vybudované z litinového potrubí DN500, na kterou navazují dvě kratší paralelní větve litinového potrubí DN300 a DN400 do jednotlivých vodojemů. Na základě matematického modelu bylo posouzeno chování výtlačného řadu v několika variantách pro stávající litinový výtlačný řad a dále pro varianty výměny hlavní části tohoto řadu za polyethylenové potrubí (PE 100 RC) různých dimenzí. V čerpací stanici je v současnosti realizována protirázová ochrana (dvojice větrníků o objem $2 \times 10\text{m}^3$). Součástí zadání bylo posouzení funkce čerpací stanice i pro stav bez funkční protirázové ochrany (odstavené větrníky).

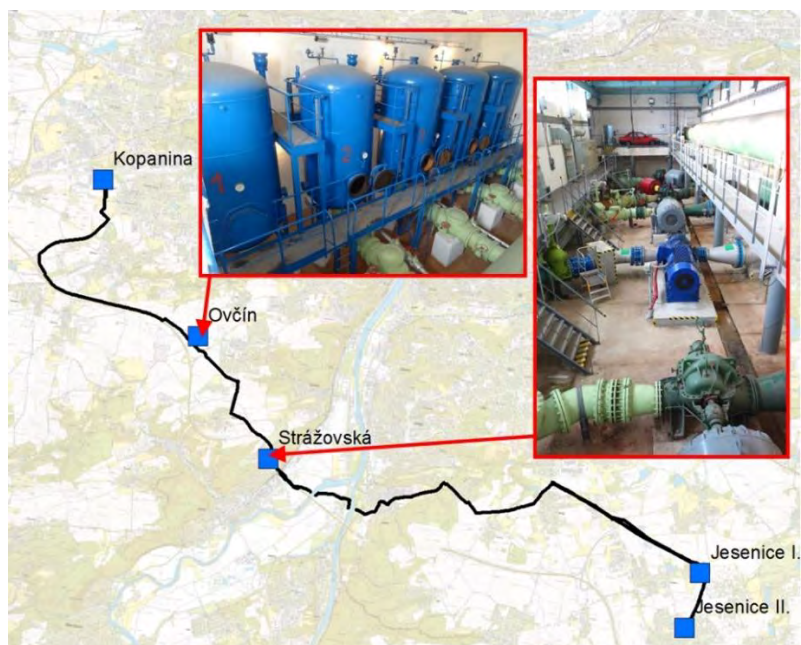
V následujícím obrázku jsou vykresleny simulované časové průběhy tlaku za zpětnou klapkou na výtlačku ČS. Výpočet byl proveden ve vlastním výpočetním nástroji (program VodRaz, metoda charakteristik). Délka řadu je taková, že dochází k přímému rázu a bez funkční protirázové ochrany (plná čára) dosahují tlakové pulzace v litinovém potrubí amplitudy 5 bar. Ačkoliv takové tlakové pulzace, nevyskytují-li se často, nemusí být

problém z hlediska maximálního tlaku (tlaková třída v daném případě překročena nebyla), byl by provoz bez větrníku rizikový z hlediska tlakových minim. Protože se v daném případě čerpalo přes „přes kopec“, hrozily v části výtlačného řadu nepřípustné podtlaky. Výsledky výpočtu pro rekonstrukci řadu PE potrubím jsou v obrázku vykresleny čárkovaně. Použití plastového potrubí vede k prodloužení rázové periody a obecně i k poklesu amplitudy rázu, což je v obrázku dobře patrné. K úplné eliminaci podtlaků však vedlo až použití větrníku. Výpočet však prokázal, že jeho objem může být oproti stávajícímu stavu poloviční.

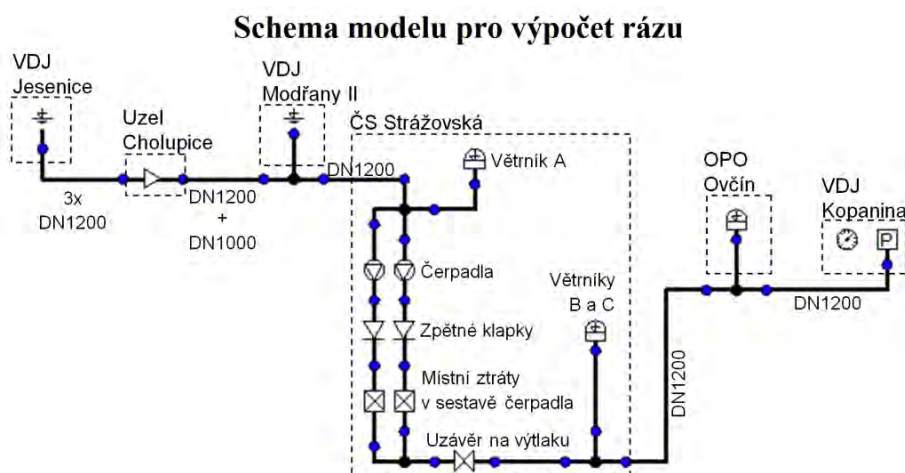


ČS Strážovská (Radotín) – VDJ Kopanina

Předmětem řešení byla ochrana ocelového výtlačného řadu DN 1200 z ČS Strážovská v Radotíně do VDJ Kopanina. Výtlačný řad je částí potrubního systému dopravujícího vodu z VDJ Jesenice do VDJ Kopanina a umožňuje zásobování západní části Prahy vodou z přivaděče Želivka.



Součástí protirázové ochrany jsou jednak větrníky přímo v čerpací stanici (2x 30m³), jednak samostatný objekt Ovčín přibližně v 1/3 délky výtlačného řadu (5x 10m³). Při výpadku pohonu čerpadel mají nádrže v Ovčíně zabránit propagaci projevů záporné tlakové vlny do řadu ve směru na VDJ Kopanina tím, že se otevřou zavzdušňovací uzávěry na vrcholu nádrží a umožní tak prázdnění nádrží do výtlačného řadu. Po opětovném stoupnutí tlaku v řadu se uzavřou zpětné klapky na odtocích z nádrží a nádrže se opět pomalu zaplnění škrcenými obtoky zpětných klappek. Hydraulický systém byl projektován na průtok až 1650 l/s, v současnosti se uvažuje s rekonstrukcí objektu protirázové ochrany pro maximální průtok 1300 l/s. V souvislosti s plánovanou rekonstrukcí objektu protirázové ochrany vyvstala otázka, nakolik je protirázová ochrana potřebná ve svém stávajícím rozsahu.

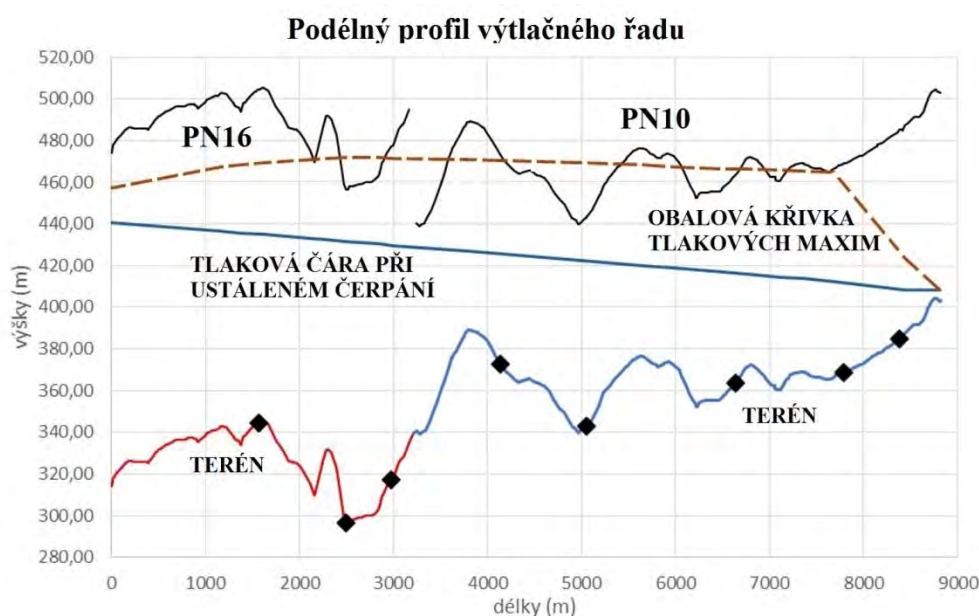


Pro potřeby řešení byl vytvořen matematický model celého řadu z vodojemů Jesenice přes ČS Strážovská do VDJ Kopanina v délce přes 24 km. Nádrže byly modelovány jako zavodňovací nádrže s nesymetricky škrcenou přípojkou a vysokokapacitními zavzdušňovacími/odvzdušňovacími ventily. Následovalo měření tlaků a průtoků na výtlačném řadu za podmínek ustáleného čerpání a při řízeném vypnutí čerpací stanice. Získaná data byla použita ke kalibraci modelu, zejména drsností výtlačného řadu a ověření vlastností protirázové ochrany v čerpací stanici. Následně byla provedena řada simulací pro různé scénáře čerpání a jeho výpadku. Na základě výpočtů bylo navrženo snížení počtu nádrží v objektu Ovčín, předepsáno nastavení uzávěrů na přítocích a odtocích z nádrží a formulovány požadavky na zpětné klapky a zavzdušňovací/odvzdušňovací ventily.

ČS Podmračí – VDJ Šiberna

Protirázová ochrana výtlačného řadu DN 500 z tvárné litiny délky 8,5 km z čerpací stanice Podmračí do vodojemu Šiberna je příkladem aplikace, kdy byla ochrana před vodním rázem věnována pozornost již při projektové přípravě a završena byla testy funkce protirázové ochrany na hotovém díle. Jako možné příčina vzniku rázu bylo prověřováno nestandardní uzavření uzávěrů na konci výtlačného řadu (nátoky do vodojemů) a výpadek pohonu čerpadel. Již ve fázi projektu byly provedeny simulace

hydraulického rázu v důsledku výše zmíněných příčin a navržena následující protirázová opatření. Ochranu výtláčného řadu pro případ výpadku pohonu čerpadel byl navržen větrník o objemu 4 m³ se symetricky škrcenou přípojkou. Standardním jištěním proti zvýšení tlaku bylo nastavení blokace čerpadel od limitní úrovně tlaku na výtlaku měřeného přímo v čerpací stanici. Pro zamezení vzniku podtlaků v lokálním vrcholu trasy vodovodu na staničení 3,7 km byl navržen automatický vzdušník, který v případě poklesu čáry tlaku pod kótu potrubí umožní zavzdušnění potrubí. Pro případ nestandardní manipulace s koncovými klapkami bylo navrženo paralelní osazení autonomního regulačního uzávěru ve funkci pojistného ventilu. Po dosažení jistého – nestandardní stav indikujícího – tlaku před uzávěrem uzávěr automaticky otevře a umožní odlehčení do jedné z komor vodojemu Šibřna. Jako alternativa k tomuto řešení bylo navrženo osazení regulačních uzávěrů přímo místo uzavíracích klappek. V běžném provozu by byly uzávěry ovládány dálkově z dispečinku stejně jako klapky. V případě nestandardního povelu k uzavření do průtoku a s tím spojeného nárůstu tlaku před uzávěrem by uzávěr autonomně reagoval tak, že by přerušil zavírání a zamezil tak dalšímu růstu tlaku. Hydraulické výpočty při uvážení navržených opatření umožnily optimální návrh tlakové třídy vodovodu.



V průběhu proplachu a čištění již postaveného přivaděče došlo neoprávněnou manipulací pracovníků zhotovitele k uzavření sekčního uzávěru přivaděče při chodu čerpací soustavy ve VDJ Podmračí. Při předchozích zkouškách technologického zařízení a tlakových zkouškách bylo poškozeno tlakové čidlo takovým způsobem, že nereagovalo na nastavenou hodnotu pro odstavení soustrojí čerpací stanice Podmračí. V důsledku nárůstu tlaku vytvářeného soustrojím a tlakového rázu, který způsobilo uzavření sekčního šoupěte, došlo k rozebrání potrubí na hranici objektu čerpací stanice Podmračí a poškození přírubových spojů v objektu čerpací stanice tlakem cca 2,5 násobně vyšším, než na jaký bylo potrubí navrženo. Tato událost vyvolala zvýšený zájem investora o ochranu výtláčného řadu před účinky rázu vyvolanými nestandardní manipulací se sekčními uzávěry a požadavek na

vícenásobné jištění. Zálohování blokace čerpadel bylo realizováno instalací autonomního regulačního uzávěru DN200 v čerpací stanici na obtok čerpadel. Uzávěr je zapojen ve funkci pojistného ventilu tak, že při překročení limitní hodnoty tlaku na výtlaku čerpadel (nastaveno lehce nad tlak pro blokaci čerpadel) se během 5 s otevře a přepustí vodu z výtlaku zpět na sání. Dále výpočet prokázal, že k výraznému omezení účinku rázu v případě uzavření kteréhokoliv sekčního uzávěru dojde, pokud bude obtok uzávěru DN40 ponechán otevřený. V obrázku výše je vykreslena obalová křivka maximálních tlaků v případě, že by dimenze obtoků sekčních uzávěrů byla zvýšena na DN65, to by však na hotovém díle představovalo neúměrně nákladné opatření.

Na hotovém díle byly provedeny zkoušky funkčnosti protirázové ochrany. Zkoušky zahrnovaly ověření funkce systému při selhání kritických prvků včetně náhlého uzavření sekčního uzávěru na místě nejnepríznivějšího účinku z hlediska vzniku hydraulického rázu a při vyřazení primárního jištění od tlakového čidla. V rámci zkoušek byl prováděn online záznam vysokofrekvenčního měření tlaků na výtlaku čerpadel a dále v nejnižše položeném místě podélného profilu (staničení 2,5 km). Dále byl zaznamenáván ustálený průtok a výška hladiny ve vodojemech před započítáním manipulací. Zkoušky proběhly úspěšně, realizovaná opatření byla ověřena jako funkční a nastavení parametrů opatření (škrcení přípojky větrníků, plnění větrníků, nastavení tlaku pro otevření obtoku čerpadel) jako vyhovující.

Závěr

Již v rámci zpracování projektové dokumentace významnějších staveb doporučujeme sestavení matematického modelu vodovodu. Pomocí zpracovaného modelu lze testovat různé zatěžovací stavy, navrhovat parametry čerpadel, dimenze potrubí přivaděčů a ověřovat navrženou tlakovou třídu potrubí v jednotlivých úsecích. Využití matematických modelů slouží také pro optimalizaci protirázové ochrany. Na již realizovaných stavbách (např. rekonstrukcích vodárenských čerpacích stanic) doporučujeme výstupy matematického modelu porovnat s výsledky zkoušek zaměřených na prověření průběhu a účinků hydraulického rázu při provozních i poruchových režimech. Takto kalibrovaný model lze poté použít pro optimalizaci protirázové ochrany jak z hlediska nastavení jejích prvků (například škrcení přípojek větrníků), tak z hlediska doporučených manipulací, a následně příslušným způsobem aktualizovat provozní řady. Zkušenosti z rekonstrukcí protirázové ochrany ukazují, že použití moderních výpočetních nástrojů umožňuje významně redukovat náklady – stávající zařízení jsou mnohdy předimenzovaná buď z důvodu příliš konzervativního návrhu v minulosti, nebo z důvodu snížení nároků na množství přepravované vody.

Zkušenosti z realizace přivaděče ČS Podmračí – VDJ Šiberna ukazují, že riziko vzniku vodního rázu opravdu není možné podceňovat a je nutné se mu věnovat již ve fázi projektové přípravy. Absolutní ochrana technickými prostředky proti všem myslitelným příčinám rázu, zejména chybné manipulaci, sice není vždy možná (respektive není ekonomicky obhajitelná), ale použití matematického modelu umožňuje takový návrh protirázové ochrany, aby i v případech selhání lidského faktoru byly následky chyby minimalizovány.

Problémy navrhování potrubí z hlediska statické spolehlivosti

Ing. Richard Schejbal

SWECO Hydroprojekt a.s.

1. Úvod: spolehlivost potrubí – problémy a zásady obecně

Potrubí, ať už uložená v zemi, nebo volně vedená v objektech, jsou, co se týká statické spolehlivosti, trvale podceňovaným typem konstrukcí. Umíme si představit jiný druh stavební konstrukce (snad kromě vozovek), u které bychom se setkávali se stejnou „poruchovostí“ nebo s obdobným množstvím havárií?

Ročně se v ČR uloží do země několik set km nových vodohospodářských potrubí, další desítky až stovky km tvoří jiné nové produktovody, zejména pro energetické účely. Pokud zůstaneme jen u nových staveb vodovodů, kanalizací a odvodnění všeho druhu (včetně součástí dopravních staveb), tak podle neúplných údajů výrobců se jen betonových trub DN 300 a více vyrobí okolo 400 km za rok, kameninových trubek se doveze okolo 150 km. Další stovky km tvoří potrubí z plastů a sklolaminátu a další z tvárné litiny různých dovozců. Jen u nových trub se tedy budeme pohybovat okolo jednoho tisíce km potrubí ročně! Je tedy zřejmé, že investice do tohoto typu staveb (a tedy konstrukcí!) jsou v řádu miliard ročně. A přesto výše uvedená teze o podceňování spolehlivosti bohužel u značné části staveb platí.

Dalšími oblastmi posuzování spolehlivosti potrubí jsou nové potrubní systémy v objektech nebo uložené na terénu, nové návrhové situace u existujících potrubí, jejich rekonstrukce nebo opravy potrubí ať už v zemi nebo v objektech. Řada poruch byla způsobena podceněním změny podmínek během provozování, především zvýšení zatížení z různých důvodů (viz Obrázek 1.). Dokonce opakované poruchy vznikají v místech předchozích oprav, při kterých nebyla doceněna úloha řádného provedení zemních prací – autor příspěvku byl osobním svědkem havárií vodovodu opakujících se na témže potrubí DN 600 4x v průběhu šesti let, vždy na stejném místě, v žádném z těchto případů nebyly lože, obsyp a zásyp po opravě vlastní trubky správně odborně provedeny.

Převážná většina účastníků výstavby v této oblasti, včetně autora příspěvku, chápe potrubí jako svým způsobem typizovanou konstrukci, kdy by převážná část případů měla být řešena bez nároků na individuální návrh nebo statický výpočet. Tedy s užitím typových řešení, která by měla být běžně dostupná a známá. Pro tento přístup mají jak projektanti, tak zhotovitelé k dispozici řadu pomůcek a nástrojů, které můžeme podle závaznosti rozdělit do několika kategorií:

- Technické normy ČSN EN, ČSN a TNV
- Městské a firemní (provozovatelské) standardy
- Typové podklady (typizační směrnice)
- Podklady jednotlivých výrobců včetně nabízených posouzení jejich postupy
- Specializovaný software pro navrhování potrubí
- SW určený pro obecné spolehlivostní výpočty (2D nebo 3D)
- Odborná literatura a další podklady a pomůcky

Bohužel jsme si dosud většinově nezvykli vidět v potrubí poměrně složitý konstrukční systém tvořený jednak vlastním trubním materiálem, jednak zeminou v okolí potrubí. Spolehlivost tohoto systému je určena souhrnem řady vlastností obou zmíněných částí a netriviální interakcí mezi nimi. Diferenciace spolehlivosti v souladu se systémem platných evropských norem, u řady jiných konstrukcí zcela běžná (u mostů, budov, základů, nádrží atd.) je pro potrubí zcela výjimečná a často se setkáme s naprosto shodným přístupem k přípojce DN 150 a k páteřní stoce nebo hlavnímu vodovodnímu přívaděči DN 1000 nebo více. A není výjimkou, že projekt obsahuje z hlediska spolehlivosti jediný relevantní požadavek: „*potrubí bude realizováno v souladu s podklady a požadavky výrobce trub*“.

Projekt každého potrubí uloženého v zemi by měl obsahovat celou řadu údajů podstatných pro celkovou spolehlivost stavby, a za jejich stanovení nese primární odpovědnost výhradně projektant! Nikoliv výrobce trub, nikoliv zpracovatel nebo vydavatel lokálních standardů.

Projekt tedy musí určit zejména tyto klíčové údaje:

- Materiál trub a jeho geometrické a mechanické (a případně reologické) vlastnosti
- Požadovaná životnost, hladina celkové spolehlivosti, případně jiné požadované integrované návrhové parametry
- Způsob provedení zemních prací (tvar a zajištění výkopu, geometrické požadavky a provedení lože, obsypu a zásypu (úhel uložení, mocnost vrstev, způsob hutnění)
- Požadavky na vlastnosti zemin původních i sypaných vrstev (druh zeminy, zrnitost, smykové parametry, objemovou hmotnost, požadovaný stupeň zhutnění...)
- Požadavky na jiné hmoty, konstrukce nebo prvky ovlivňující spolehlivost (např. zálivky, bloky, zámkové nebo svarové spoje atd.)
- Limity pro krátkodobé i dlouhodobé přetvoření vlastního potrubí a povrchu nad ním aj.

Pro většinu těchto údajů lze v běžných případech uložení najít požadované nebo doporučené hodnoty v některých výše uvedených podkladech. Ale opakujme si: v běžných případech uložení. Žádný typový podklad nebo standard, jak je již z názvu zřejmé, neřeší zvláštní způsoby uložení nebo působení, např.:

- Malou nebo naopak velkou hloubku uložení (mocnost krytí nad vrcholem potrubí)
- Zvláštní inženýrsko geologické podmínky uložení (kolísání hladiny podzemní vody (HPV) v oblasti uložení, neúnosné nebo nestabilní podloží, zvláštní korozní účinky prostředí na různé materiály apod.
- Velký spád potrubí
- Neobvyklá externí zatížení (např. v blízkosti základů jiných objektů)
- Mimořádné tlakové účinky (např. v důsledku tzv. hydraulického rázu)
- Odolnost potrubí proti vlivu neobvyklých prostředí (průmyslové odpadní vody, některé mineralizované podzemní vody atd.)
- Souběh více potrubí, především v oblastech změn směru
- Atd., atd. ...

Na závěr této všeobecné kapitoly ještě jedno konstatování, které nemají rádi především investoři, ačkoliv jsou si jeho pravdivosti většinou vědomi: Platí jednoznačná úměra, nikoliv nutně lineární, že čím vyšší požadavek na spolehlivost, tím vyšší cena!

2. Potrubí uložená v zemi

Klíčovým problémem spolehlivosti a životnosti je pochopení (či nepochopení) interakce trubka – zemina jak ve stádiu projektu, tak zejména při realizaci. Výpočtem lze jednoduše a jednoznačně prokázat, že rozdíly v hodnotách výsledných návrhových veličin, tedy např. napětí ve stěně trubky nebo její přetvoření (stlačení) se při jinak stejných vstupních parametrech (materiál a geometrie trubky, hloubka uložení, druh zeminy, zatížení na povrchu terénu) mohou dosahovat desítek procent při úpravě parametrů zemních prací – tedy především úhlu uložení nebo kvality zhutnění obsypu. A platí tedy teze: ani sebelepší trubní výrobek sám o sobě nezaručuje spolehlivost a životnost bez důsledného návrhu a provedení zemních prací, nutné je i dodržování podmínek, na které bylo potrubí navrženo, po celou dobu životnosti.



Obrázek 1: Porušení potrubí – důsledek přetížení nadnásypem – litina stáří 90 let bez známek koroze

Kromě posouzení únosnosti (formálněji mezního stavu únosnosti při jednorázovém namáhání v běžné návrhové situaci) se často opomíjí jiné relevantní situace a mezní stavy únosnosti (MSÚ, např. mezní stav ztráty stability polohy – „vyplavání“ při vztlaku podzemní vody v nasyceném stavu, a to i v mimořádné povodňové situaci; ztráta stability tvaru při krátkodobých návrhových situacích s podtlakem) a rovněž mezní stavy použitelnosti (MSP – např. deformace potrubního prstence pod zatížením v různých situacích, včetně posouzení reologických vlivů). Některé z uvedených stavů a situací mohou mít rozhodující vliv na celkovou spolehlivost, zvláště je na to třeba upozornit u poddajných potrubních systémů, tedy u trubek, jejichž deformace od zatížení je významná a projeví se na průběhu kontaktních tlaků zeminy na potrubí. Jde především o potrubí z plastů, sklolaminátu a, spíše výjimečně jen v poslední době, o potrubí z nerez oceli ukládané do země.

U tlakových potrubí je třeba upozornit na potřebu zabývat se při návrhu i možností vzniku tzv. hydraulického rázu a působení tlakových a podtlakových účinků při něm. O tomto fenoménu se zmíníme ještě dále.

Je třeba uvést, že pro komplexní posouzení spolehlivosti ve všech uvedených situacích a různých účincích není běžný projektant vybaven ani softwarově, a bohužel ani znalostně. Existují sice komerční programy určené pro statický výpočet potrubí v zemi (např. ROHR od RIB Software, Easypipe od IngSoft), kromě jejich ceny je ale třeba

uvážit i to, že jsou vytvořeny pro zahraniční prostředí a často na základě standardů nekompatibilních s Eurokódy. Ani ty ale neřeší všechny reálně možné případy, resp. některé dílčí problémy.

3. Potrubí v objektech

Již řadu let se v interiérech VH staveb navrhují a realizují z nerez oceli nebo z plastů. Důvod je pochopitelný – snaha o dlouhodobou bezúdržbovou životnost. Oproti dřívějším řešením, kdy se používala běžná konstrukční (tzv. „černá“) ocel jsou ovšem ta současná velmi významně „poddajnější“. Opět pochopitelně – nerezové trubky jsou mnohem tenčí, u plastových jsou pak samotné fyzikálně mechanické vlastnosti materiálu mnohonásobně nižší. Důsledkem je vyšší „citlivost“ trubek na některé účinky. Zde je třeba opět uvést výše zmíněný hydraulický ráz. Výsledkem podcenění může být snadno kolaps subtilního potrubí – viz Obrázek 2.



Obrázek 2: Ztráta stability tvaru – nerez potrubí – důsledek podtlaku při hydraulickém rázu

U tenkostěnných trubek je nutné se zabývat i lokálními extrémními napjatostmi, např. v místech uložení, které závisí jak na příčném průřezu potrubí (průměr x tloušťka stěny), tak na vzdálenosti podpor a na případném způsobu omezení volného pohybu. Kromě tíhových a tlakových účinků vstupují pak do hry i změny teploty v čase. Posouzení v takovém případě je třeba provést s užitím relativně sofistikovaných metod (Metoda konečných prvků na skořepinovém 3D modelu), nelze se spolehnout na zastaralé pomůcky vycházející ze zjednodušených prutových modelů a používaných dříve pro návrh trubek z běžné oceli.



Obrázek 3: Nadměrná deformace – důsledek poddajnosti tenkostěnné trubky při běžném přetlaku

Zvláštní oblastí posuzování spolehlivosti potrubních systémů je řešení dynamických jevů. Potrubí, jako každá jiná „konstrukce“ má své dynamické charakteristiky plynoucí z geometrie systému, příčného řezu, vlastností materiálu i způsobu uložení. Provozování pak v řadě případů vyvolává periodicky se opakující budící síly – buď v důsledku pohybu nevyvážených hmot v čerpadle při čerpání, nebo v důsledku chování hydraulického systému (viz Obrázek 4.)

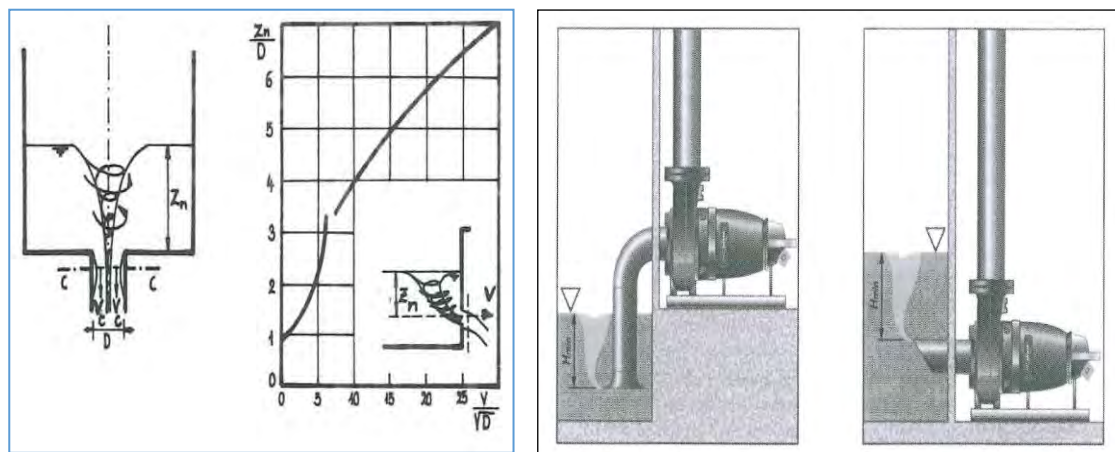
Dalšími jevy, které mohou způsobovat hydraulické rozruchy a následně budící síly mohou být:

- Hydraulické síly vznikající mezi oběžnými lopatkami, nábojem oběžného kola apod.
- Recirkulace a radiální síly při nízkých průtocích.
- Održení proudu při vysokých průtocích.
- Kavitace v důsledku nesplnění NPSH.
- Nestability na vtoku do čerpadla = nevhodný návrh vtoku do čerpadla.
- Vstup vzduchu nebo provzdušeného vodního proudu.
- Obsažené tuhé částice v čerpaném médiu.

Pozn.: NPSH - Net Positive Suction Head (m) - pokles tlakové energie v sací části čerpadla daný výškou vodního sloupce

Pokud se frekvence těchto budících sil blíží nebo v extrémním případě rovná vlastní frekvenci potrubního systému, dochází k tzv. rezonanci a kmitání potrubí může dosahovat značné amplitudy a vést i k porušení (mezní stav vysokocyklické únavy).

Pro současná nerezová potrubí je popsán jev podstatně nebezpečnější, než tomu bylo dříve u systémů z běžné oceli. Tenkostěnná potrubí s nižší tuhostí a nevhodné rozmístění podpor a omezení v nich mohou vést k rezonančnímu naladění systému.



Obrázek 3: Vznik vtokového víru a následně dynamických účinnů na potrubí

V tomto příspěvku není prostor na podrobnější výklad a autor se ani necítí dostatečně odborně vybaven, je jen potřeba uvést, že řešení je výpočtově velmi náročné, přitom často jen přibližné a faktické řešení problémů in situ často spočívá v instinktivním použití tlumících elementů nebo dodatečných výztužných prvků, někdy i s vícenásobnými pokusy a optimalizací instalace.

4. Další speciální problémy spolehlivosti a životnosti

S ohledem na omezený rozsah příspěvku se už jen heslovitě zmíníme o některých dalších fenoménech s dopadem na spolehlivost potrubí:

- Speciální případy jako protlaky, shybky, podchody pod komunikacemi apod.
- Korozní a erozní vlivy prostředí.
- Používání výrobků od neproověřených výrobců – úspory zhotovitele
- Zabudování nedozrálých betonových trub nebo předčasné vnesení zatížení
- Podcenění opěrných nebo záchytných bloků
- Ztráta stability polohy během výstavby (mimořádné stavy vody, obetonování)
- Mimořádné návrhové situace za provozu, např. při povodních a.j.

Podklady a literatura

- [1] Pražan J.: Havárie plastových potrubí rozvodů vody, vyvolané tlakovým rázem. Sborník XII. Konference svařování plastů „Skalák 2011“
- [2] Teplý B., Schejbal R., Řoutil L., Parkan T. a Rovnaníková M.: Použitelnost a životnost betonových kanalizačních potrubí. Modelová analýza. Beton TSK (5):18-24(2015)
- [3] Farshad M.: Plastic pipe systems. Elsevier Ltd., First edition 2006
- [4] Schejbal R.: Navrhování potrubí: Statická spolehlivost a vliv provádění. Školení VSP, UNO Praha, 2015

Povrchové ochrany, nástroj pro zvyšování životnosti armatur ve vodohospodářství

Ing. Zuzana Nedvědová, *Specialista pro povrchové ochrany a korozní odolnost*

Ing. Jaroslav Slaviček, *Produktový manažer*

Jihomoravská armaturka spol. s r.o., Lipová alej 3087/1, 695 01 Hodonín

Při posuzování vnější a vnitřní odolnosti armatur se kromě materiálových variant jednotlivých dílů stále více hledají další možnosti, jak zvýšit životnosti armatur vhodnou povrchovou ochranou.

Při posuzování vhodnosti řízené ochrany povrchu dílů se vychází z dvou základních oblastí:

- odolnost povrchové ochrany proti vnitřnímu prostředí (medium, hydraulické poměry)
- odolnost povrchové ochrany proti vnějšímu prostředí (pracovní prostředí, povětrnostní podmínky)

1. Odolnost proti vnitřnímu prostředí

V této oblasti je na prvním místě vhodnost povrchové ochrany vůči mediu. Ta musí být volena, tak aby vyhovovala příslušným normám, buď samostatně, nebo v kombinaci s materiálem povlaku. Je samozřejmě kladen velký důraz na to, aby barvy a materiály byly ke korozi netečné nebo ji zpomalovaly. Samostatnou kapitolou je potom vazba na hygienické normy v případě použití pro pitnou vodu.

Dalším prvkem je problematika inkrustace. Důsledkem nežádoucího jevu inkrustace na uzavíracích elementech armatur je zvýšení uzavíracího momentu nebo omezení funkčnosti výrobku. Příbytkem cizorodého materiálu v průtočném prostředí kapaliny dochází často ke kavitačnímu jevu, který je iniciátorem koroze dalších materiálů. Doprovodným jevem inkrustace je také tvorba biofilmu v důsledku přítomnosti iontů a zachycených nečistot, které se stávají nutričním materiálem pro řadu mikroorganismů. V řadě případů může být řešením vhodná povrchová úprava.

V neposlední řadě je to potom odolnost povrchové ochrany vůči vlivům proudícího media a jejímu otěru a abrazi.

2. Odolnost proti vnějšímu prostředí

V této oblasti je posuzována především otázka odolnosti vůči okolnímu prostředí, nejsou tím myšleny pouze povětrnostní podmínky, ale vlastní okolní prostředí, ve kterém jsou armatury instalovány. Vhodným příkladem jsou čistírny odpadních vod, chemické provozy. Dále je to snížení náchylnosti povrchu k mechanickému poškození, kdy jsou hledány možnosti co nejvíce eliminovat vznik koroze, především potom koroze důlkové na poškozených místech.

V případě již zmiňovaných povětrnostních podmínek je to odolnost povrchové ochrany vůči UV záření.

Pokud hovoříme o povrchových ochránách skupiny nátěrových hmot, v českém vodohospodářství je dlouhodobě zaužívaná tzv. Těžká protikorozní ochranu dle pravidel GSK. Korozní třída pro externí použití je u tohoto povrstvení C5M/I - prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou. Tato povrchová ochrana má jednu velkou výhodu a tou je, že je přesně definován a nezávislým auditorem kontrolován celý pracovní proces.

Potřebné a kontrolované oblasti procesu nanášení Těžké protikorozi ochrany GSK

- zařízení na přípravu dílců
- přehřívací technologie
- technologie pro nanášení epoxidového prášku
- kontrolní přístroje a zařízení
- znalosti a dodržování pravidel

Jedná se o finančně nákladnou povrchovou úpravu, jak z hlediska technologie, přípravy a vlastní výroby. Důležitým prvkem je zde kontrola vlastního procesu nanášení epoxidové vrstvy.

Sledování jakosti a termíny sledování ve výrobním podniku:

1. Mechanická předúprava – prašnost, 1x týdně, interní zkouška
2. Vrstva povlaku – min. 250 um, interní zkouška každé dávky
3. MIBK test – Metylisobutylketon, organické rozpouštědlo, interní zkouška každé dávky
4. Bezporovitost – zk. napětí 3kV (stejnosměrné napětí), interní zkouška každé dávky
5. Odolnost proti nárazu – rázová práce 5 Nm, interní zkouška každé dávky
6. Přilnavost – min. přilnavost 12 N/mm², 4 x ročně, interní zkouška
7. Katodická infiltrace – 2x ročně, interní zkouška

V poslední době je snahou některých výrobců nahrazovat tuto certifikovanou povrchovou ochranu jinými prohlášení byt' s odvoláním i na různé evropské normy. Cílem je zlevnění celého procesu nanášení epoxidového povrstvení. Je na vodohospodářské obci, zda na uvolnění pravidel přistoupí, nebo bude požadovat prověřenou povrchovou ochranu, která se jednoznačně v tomto oboru osvědčila.

Tabulka 1 Definice korozního stupně atmosféry dle EN ISO 12944-2

Stupeň korozní agresivity	Příklad typického venkovního prostředí	Příklad typického vnitřního prostředí
C1 Velmi nízká		Vytápěné budovy s čistou atmosférou (kanceláře, školy, obchody, hotely)
C2 Nízká	Venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde dochází ke kondenzaci (sklady, sportovní haly)
C3 Střední	Městské průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO ₂ ; přímořské prostředí s nízkou salinitou	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší (výrobní potravin, pivovary, mlékárny)
C4 Vysoká	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s nízkou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
C5 – I Velmi vysoká průmyslová	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
C5 – M Velmi vysoká přímořská	Přimořské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

Snahou solidních výrobců je doplňovat nabídku nátěrových hmot dalšími alternativami, které mohou zásadním způsobem ovlivnit životnost armatur. V případě Jihomoravské armaturky je to zavedení dalších povrchových ochran. Jedná se především o PATIG, HALAR, ACRYL a pogumování.

PATIG - keramický nátěr

Životnost vnitřních prostorů armatur lze zásadním způsobem zvýšit díky použití tohoto keramického nátěru. Jde o kompozitní materiál se speciálními plnivými a s garantovanou odolností do 40°C. Aplikuje se v několika vrstvách na otryskaný povrch o tloušťce nátěru až 500 mikronů. Je vysoce odolný proti abrazi. Tato odolnost je pak testována speciální zkouškou, během níž působí po dobu 1 hodiny na povrch hydrosměs 140 l vody a 5 l písku o zrnitosti 0,6 - 1,2 mm frekvencí 2 900 min⁻¹. Srovnáme-li abrazi tohoto povrstvení s epoxidovým, je poměr opotřebení 6 % ku 94 % ve prospěch nátěru PATIG. Tento nátěr netvoří póry, má vynikající přilnavost, odolnost, snižuje tření a je velmi vhodný i pro repasování armatur. Pro tyto účely se používají speciální tmely, které se dají po vytvrzení dále opracovávat. Je to velmi dobré řešení tam, kde je nákup nové armatury oproti repasi ekonomicky nevýhodný.

Halar® - ECTFE – fluoropolymer

Aplikuje na přehřátý dílec v pěti vrstvách. V kontaktu s agresivními chemikáliemi, jako jsou silné kyseliny, zásady, oxidující činidla apod., je nátěr velmi odolný. Má skvělé mechanické vlastnosti, vysokou odolnost proti nárazu a dobrou odolnost vůči fluorosloučeninám při vysokých teplotách. Výhodou je, že Halar® nekřehne ani při vystavení klimatickým podmínkám, vykazuje vysokou UV odolnost, má nepřilnavý povrch a je odolný proti vlhkosti. HALAR® se vyznačuje nízkým koeficientem tření omezující inkrustaci na povrchu

AKRYL - dvousložkový lak

Výborný pro armatury instalované ve venkovních instalacích. Nejodolnější proti povětrnostním podmínkám a UV záření. Vykazuje také vynikající výsledky dle tzv. Florida testu, což je nejnáročnější zkouška pro kontrolu odolnosti k UV záření. Obvykle je tento nátěr koncipován jako svrchní, základem je epoxidový nástrík GSK nebo základní smalt. Výhodou je také široká škála barevných odstínů.

Obr. 1 Povlak hydrantového dílce po korozní zkoušce v solné komoře v délce trvání 2000 hodin



Pogumování - směs syntetického materiálu a kaučuku

Tato ochrana se používá pro náročnější prostředí. Jedná se např. o minerální vody, mořskou vodu apod. Slouží tedy pro ochranu vnitřního prostředí armatury, které je v bezprostředním styku s médiem. Jedná se o povrstvení tloušťky max. 3 mm. Pryž v tomto složení odolává teplotám až do 100°C.

Obr. 2 a 3. *Ochrana dílů z korozivzdorné oceli SS3 16 Ti PATIGEM napadených vodou s vysokým obsahem chloru (2 mg/l) PATIGEM. V současné době 2 roky bez koroze.*



Obr. 4 *Oprava disku uzavírací klapky s pomocí tmelu PATIG*



Stále se poměrně často přistupuje k řešení povrstvení až poté, co vznikl v provozu problém. Problematiku je nutné řešit předem již před vlastní dodávkou. Pokud výrobce nabízí služby specialisty, se kterým mohou konzultovat volbu nejvhodnějších materiálů i povrchové ochrany, je to další benefit pro zákazníky a především signál, že výrobce se touto problematikou zabývá. Takové řešení v konečném důsledku přinese provozovatelům nejen ekonomický užitek, ale i spokojenost s fungováním dané technologie.

Pozitivní ekonomický a technický dopad provozní životnosti a spolehlivosti vodovodních a kanalizačních sítí z tvárné litiny

Ing. Juraj Barborik

technický manažer, autorizovaný inženýr v oboru vodohospodářské stavby

SAINT - GOBAIN PAM CZ s.r.o., Tovární 388, 267 01 Králův Dvůr

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

Úvod

V poslední době jsou u vlastníků a provozovatelů hodně diskutována technická a provozní životnost vodovodních a kanalizačních sítí, snížení investiční, provozně finanční náročnosti sítí a zpracování projektové dokumentace s nejnižšími náklady z hlediska celého životního cyklu stavby.

Technické atributy vodovodních a kanalizačních sítí mají přímý vliv na investiční a provozní náklady. Praxe potvrdila souvislost mezi kvalitou materiálu potrubních sítí a potřebou finančních prostředků na výstavbu, obnovu a opravu vodovodních a kanalizačních sítí. Jednoduché uložení potrubí s minimálními požadavky na zemní práce v potrubní zóně pozitivně působí na provozní spolehlivost potrubních systémů, na dlouhodobou celistvost a těsnost potrubí po celou dobu životnosti.

Požadované technické atributy

Obecně jsou známé charakteristické technické požadavky kladené na vodovodní a kanalizační sítě (např.: těsnost, kruhová a podélná pevnost, odolnost vůči vnitřnímu a vnějšímu zatížení, životnost, minimální poruchovost, apod.), které vyjadřují kvalitativní vlastnosti potrubních sítí. Tyto požadavky na kvalitu by měly být plněny v projektové přípravě a tvorbě standardů.

Potrubí z tvárné litiny prostřednictvím technologického vývoje výroby zvyšuje své technické parametry a prodlužuje životnost v souladu s požadavky na ekonomii, ekologii, životní prostředí a udržitelný rozvoj.

Revize norem přináší i nové inovované potrubní systémy. Nová vydání normy ČSN EN 545 u vodovodních systémů a normy ČSN EN 598 u kanalizačních systémů z tvárné litiny zachovávají kvalitativní požadavky na materiál, zpřísňují a zvyšují základní technické požadavky na protikorozi ochranu potrubí, spoje a příslušenství.

Zvýšené užité parametry trubních materiálů z tvárné litiny mají pozitivní vliv na investiční a provozní náklady, poruchovost a životnost.

Obnova vodohospodářské infrastruktury

V České republice nebyla z různých důvodů do roku 2007-2008 vodohospodářská infrastruktura obnovována udržitelným způsobem, tj. financování a realizace obnovy bylo odloženo. V důsledku toho sítě stárnou, podléhají opotřebení a jsou vystaveny adaptačním procesům vyplývajících z nových legislativních požadavků a očekávané zvyšující se úrovně zákaznických služeb. U vodovodních a kanalizačních sítí je nutné se nezaměřovat pouze na údržbu, ale i na obnovu a investice zvyšující kvalitativní úroveň sítí.

Obnova se tak stává jednou z nezbytných součástí správy majetku, se stále přísnějšími požadavky na plánování, navrhování a provádění obnovy. Částečné řešení potíží na postižených úsecích lze považovat pouze za sanaci.

Aby bylo možné na vysoké technické úrovni posoudit stav vodovodních a kanalizačních sítí a rozhodnout, kdy realizovat obnovu, je nutné shromažďovat, zpracovávat a mít k dispozici informace o stavu, poruchovosti, provozní spolehlivosti a o souvisejících ekonomických a ekologických dopadech. Tyto údaje u vodohospodářské infrastruktury uložené v zemi lze získat ze systematické údržby a monitoringu. Spolehlivé statistiky poruchovosti a databáze popisu sítí mají značný význam pro stanovení priorit obnovy. Plány obnovy úzce souvisejí s investiční strategií výstavby nových sítí.

Obnova potrubí je výměna provozně nevyhovujícího potrubí za nové potrubí. Vše ostatní lze považovat za sanaci a údržbu potrubní sítě.

Plány obnovy

Poruchovost se standardně definuje u potrubí jako počet poruch na jednotku, vyjádřenou na kilometr za rok. Vysoká poruchovost zvyšuje rychlost obnovy, která je stanovena procentem z majetku, který má být obnoven za rok. Životnost je doba během níž potrubní síť splňuje technické a funkční požadavky. Rozlišujeme technickou životnost stanovenou výrobcem nebo technickým normativem a provozní životnost stanovenou mírou poruchovosti. Dlouhá životnost snižuje rychlost obnovy.

Strategický plán obnovy vodovodních a kanalizačních sítí by měl obsahovat krátkodobé, střednědobé, dlouhodobé cíle a strategii priorit faktorů ovlivňujících výkon, rizika pravděpodobnosti poruch, rozsahu selhání sítí, včetně všeobecného určení příslušných nákladů.

Plán obnovy lze zpracovat na základě několika metod:

- metoda pravděpodobnosti poškození stanovená věkem potrubí (technická životnost),
- metoda stanovením přípustné a nepřípustné hodnoty míry poruchovosti stanovené meziročním nárůstem poruchovosti (provozní životnost - může být menší nebo větší než technická životnost podle místa a podmínek uložení potrubí),
- metoda matematického statistického modelování.

Při poruše vodovodů a kanalizací je nutné zvážit nejenom náklady na obnovu základních funkčních požadavků jako je doprava pitné vody a odvádění odpadních vody, ale je třeba vzít v úvahu i následky poruchy spojené se snížením komfortu života obyvatel, včetně nepřímých nákladů na omezení dopravy, poškození životního prostředí, rizika pro veřejné zdraví a pro pracovníky realizující opravu.

Rizika a aspekty životního cyklu

Technickými požadavky na kvalitu a výkonnost obnovované sítě by měl být zajištěn dlouhý a ekonomický životní cyklus. Životný cyklus zahrnuje celkové náklady sítě po celou dobu její životnosti, včetně projektování, realizace, provozu a nákladů na likvidaci. Ekonomický životní cyklus lze docílit nejenom znalostmi o nákladech, ale zejména výběrem vhodných a kvalitních materiálů. Volba technologie obnovy otevřeným výkopem nebo bezvýkopovou metodou má také vliv na cenu realizace.

Efektivní správa sítí je v minimalizaci nákladů na životní cyklus, zejména v minimalizování nákladů na udržování systému v provozním stavu. Ta by měla zahrnovat mimo plánovanou údržbu, pravidelnou inspekci, posuzování ztrát vody a zejména použití kvalitních a trvanlivých trubních materiálů. Dle jednotlivých typů materiálů i náležitou kontrolu pokládky a uložení.

Volba materiálů na obnovu a novou pokládku rozšiřující potrubní síť by měla být stanovena s cílem minimalizovat náklady během celého životního cyklu potrubní sítě. Při porovnávání materiálů s rozdílnou životností je nutné vzít v úvahu i náklady na dřívější obnovu materiálu s kratší životností.

Strategie realizovat pouze opravy poruch přináší sice nižší náklady na provoz v krátkodobém horizontu, ale neúměrně vysoké náklady v dlouhodobém horizontu. Pravděpodobné následky mohou být v nedostatečné provozní bezpečnosti, ve vysokých ztrátách vody, ve vyšší míře rizika selhání a nedostatečích provozuschopnosti sítě, v zhoršování kvality vody a snižování hodnoty majetku infrastruktury.

Vodovodní a kanalizační síť je vystavena v průběhu životního cyklu mnoha rizikům.

Rizika můžeme rozdělit do dvou skupin:

- rizika bez možnosti ovlivnění, jako jsou přírodní katastrofy, pohyby a sedání půdy, přívalové deště a bouře, záplavy, atd.,
- rizika ovlivnitelná, jako jsou události, které nastaly před poškozením a chybným fungováním sítě, a jsou ovlivněna například:
 - požadavky na uložení potrubí,
 - kvalitou potrubí,
 - vnitřním zatížením provozním tlakem,
 - vnějším zatížením zemním tlakem a dopravním zatížením,
 - blízkostí ostatních sítí, staveb, a dalších.

Odstraňování poruch a vad na potrubních sítích vede k hydraulickému přetížení okolní soustavy, což představuje potenciální riziko nedostatečného zásobování pitnou vodou (objem, tlak, jakost, přerušování dodávky vody) nebo odvádění odpadních a dešťových vod. Potrubní síť není dimenzována na případné poruchy, které se mohou vyskytnout i najednou. Rozsah a podrobnosti následků hydraulického a kapacitního přetížení, případný dopad na životní prostředí, na okolní síť, stavby, včetně negativních provozních aspektů je nutné si uvědomit.

Poruchovost, údaje o selhání a stavu

Zjištěné údaje o selhání ve vodovodních a kanalizačních sítích je nutné minimálně shromažďovat.

Mimo datum a místo poruchy je důležitý popis a druh poruchy se stanovením;

- příčiny selhání (poškození stěny nebo spoje potrubí, stárnutí, atd.),
- typu nápravy (oprava, obnova, atd.),
- náklady na odstranění poruchy (náhradní zásobování, atd.),
- další důsledky selhání (dopravní omezení, silniční kolaps, únik objemu, poškození životního prostředí, počet negativně ovlivněných obyvatel, atd.).

Pro stanovení „diagnózy poruchy“ je vhodné stanovit jednotná hodnotící kritéria, která by měl používat vyškolený personál.

Identifikaci, údaje o stáří, umístění sítí a ověřené informace o typu materiálu, jmenovitém průměru, povlaku potrubí, typu spojování je vhodné doplnit o:

- geotechnické údaje včetně obsypu, podsypu, hloubce krytí, hladiny spodní vody,
- údaje o stavu nebo porušení vnějšího povrchu potrubí, rozsahu a formě vnější koroze, stavu deformace a pružnosti, množství vnitřní usazeniny,
- údaje o kolísání provozního tlaku (minimální a maximální hodnoty),
- možnosti negativního ovlivnění dalších inženýrských sítí a okolních staveb.

Uložená data by měla být kontrolována a pravidelně nebo odpovídajícím způsobem aktualizována.

Za účelem sběru dat o stavu potrubních sítí lze využít i příležitosti, které nabízí výkopy jiných inženýrských sítí a stavebních prací prováděných třetími stranami.

Může se také provádět nedestruktivní zkoušení (například křehkost plastických hmot, apod.).

V dnešní době by mělo být zajištěno, aby všechna data byla digitálně zpracována a agregována na jednom místě nebo do jednoho systému.

Hodnocení způsobu obnovy

Způsoby a cíle obnovy by měly být posouzeny a zvolen optimální způsob řešení obnovy s ohledem na splnění základních požadavků kladených na potrubní síť s cílem udržet nebo lépe zvýšit výkon potrubního systému, a na faktory, jako je:

- spolehlivost, životnost a minimalizace poruch následného provozu,
- snižování úniků a ztrát vody nebo jejich udržování na minimální nízké úrovni,
- minimalizace přerušení zásobování a narušení obyvatel, podnikatelů v důsledku dopravního omezení, prachu, hluku a dalších sociálních faktorů,
- minimalizace škod na majetku třetích stran a životním prostředí,
- minimální využívání nových přírodních zdrojů a energií při obnově a budoucím provozu potrubního systému,
- schopnost recyklace použitých materiálů,
- přínos z hlediska vyššího výkonu nové potrubní sítě,
- ekonomické hodnocení úspor nákladů spojených s delší provozní životností, menší poruchovostí a nižšími provozními náklady potrubních systémů,
- zlepšení nebo udržení úrovně poskytovaných služeb při nejnižších možných celkových výdajích,
- minimalizace celkových nákladů životního cyklu včetně nepřímých nákladů,
- zachování udržitelného způsobu obnovy.

Při porovnávání různých způsobů obnovy, by měly být celkové životní náklady stanoveny a vypočteny pro stejné časové období.

Metody stanovení strategie obnovy

Údaje o potrubní síti v délce cca 40 let jsou optimální k získání potřebných informací a údajů k vypracování strategie obnovy:

- nejjednodušší metoda stanovení roční potřeby finančních prostředků závisí na době technické životnosti očekávané pro jednotlivé materiálové druhy potrubí. Převrácená hodnota technických životností znamená požadovanou obnovu v procentech např. životnost 50 let nebo 100 let, znamená obnovu 2% nebo 1% ročně. Máme-li k dispozici údaje o všech typech potrubí v rámci vodovodní nebo kanalizační sítě a jejich stáří, je možno jednoduchým způsobem stanovit nutnou obnovu pro celou potrubní síť. U potrubních systémů je minimální a maximální technická životnost stanovená výrobcem nebo obecnými technickými normativy. Tato metoda je jednoduchá, ale nezohledňuje skutečný stav, konkrétní podmínky uložení a další informace o potrubních sítích,
- reálný stav konkrétních potrubních sítí je lépe vyjádřen provozní životností, typem, délkou, stářím a poruchovostí potrubní sítě. Rychlost obnovy celkové potrubní sítě bude každý rok jiná, proto se doporučuje za účelem získání stabilní hodnoty zprůměrovat sazbu obnovy na dobu 5 nebo 10 let. Tato metoda je složitější, ale efektivnější.

- strategii obnovy potrubních systémů lze provést použitím jedné z metod matematického statistického modelování. Metoda pomocí vzorců a funkcí stanovuje možný výpočet pravděpodobnosti rozvoje selhání pro různé typy potrubí, bod přechodu do špatného stavu, prognózu poruchovosti (tj. konec provozní životnosti) a potřebu roční míry obnovy v dlouhodobém horizontu. Komerčně jsou k dispozici dostupné softwarové produkty, které mohou při zadání odpovídajících a potřebných dat provést výpočet provozní životnosti, rozdělení pravděpodobnosti poruch a určení roční sazby obnovy.

Pravděpodobnost poruchy a selhání se zvyšuje i v závislosti na následujících konkrétních podmínkách:

- potrubí uloženo ve složitých místních podmínkách,
- potrubí provozované s vyšším tlakem,
- potrubí v prostředí s nižší nebo vyšší krycí výškou,
- potrubí v místě a okolí oblastí s pravděpodobným poklesem a pohyby půdy,
- potrubí v oblastech s vysokou hladinou podzemních vod,
- potrubí se složitými podmínkami pro uložení a provádění spojů.

Závěr

Tvárná litina, jako materiál pro výstavbu a obnovu vodovodních a tlakových nebo gravitačních kanalizačních potrubních systémů, je kompromisem spojujícím pružnost s pevností.

Konstrukce hrdlových spojů, výjimečné mechanické a protikorozní vlastnosti trubek z tvárné litiny zajišťují životnost přesahující 100-150 let.

Potrubní systém z tvárné litiny je vhodný na obnovu a pro výstavbu vodovodních a kanalizačních sítí ve všech terénech a pro všechny aplikace použití.

Pokládka potrubí je náročná investice a změny veškerých podmínek po dobu životnosti není možné předem stanovit. Potrubní systém z tvárné litiny odolává nepředvídatelnému vnitřnímu a vnějšímu statickému a dynamickému namáhání bez porušení stěny a těsnosti potrubí, se zachováním stejných mechanických parametrů nezávislých na čase.

Z technického a ekonomického hlediska je vhodné volit systém potrubí, který vykazuje vysokou míru bezpečnosti a provozní spolehlivosti.

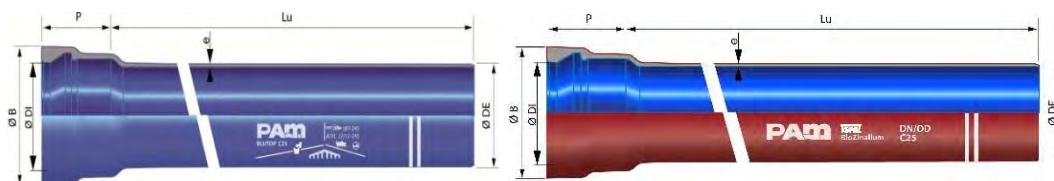
Potrubní systémy z tvárné litiny minimalizují náklady v celém životním cyklu. Vykazují nejnižší poruchovost a nejdelší životnost ze všech dostupných trubních materiálů.

Literatura

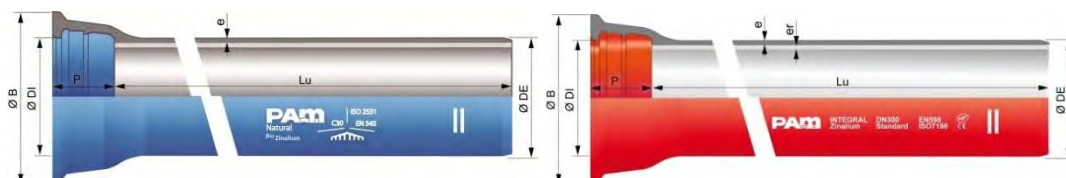
ČSN EN 545: 2015 Trubky, tvarovky a příslušenství z tvárné litiny a jejich spoje pro vodovodní potrubí
 ČSN EN 598: 2010 Trubky, tvarovky a příslušenství z tvárné litiny a jejich spoje pro kanalizační potrubí
 ISO/FDIS 24516:2016 Obecné zásady pro správu majetku vodovodů a kanalizací
 Katalog „Vodovodní a kanalizační systémy z tvárné litiny SAINT-GOBAIN PAM“

Příloha: Přehled trub z tvárné litiny pro vodovodní a kanalizační systémy

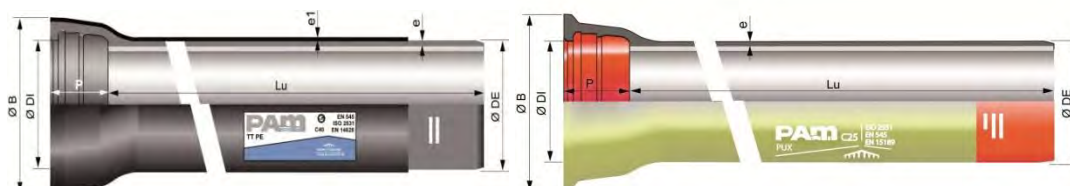
Obrázek 1: Inovovaný vodovodní systém BLUTOP® a kanalizační TOPAZ® pro obnovu a výstavbu tlakových sítí malých jmenovitých světlostí DN/OD 75-160



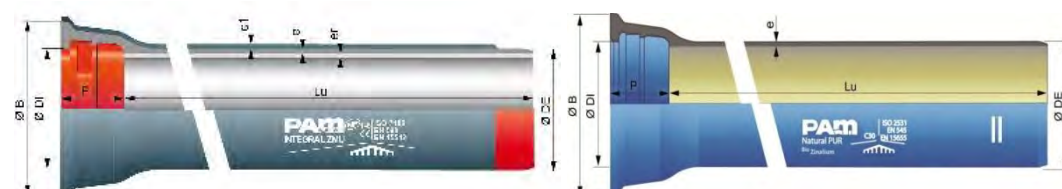
Obrázek 2: Vodovodní trubky NATURAL® DN 60-1000 nebo CLASSIC® DN 1100-2000 a kanalizační INTEGRAL® DN 60-2000



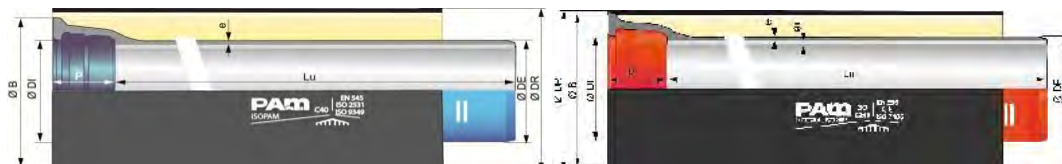
Obrázek 3: Vodovodní a kanalizační trubky s vnější speciální ochranou STANDARD TT-PE DN 80-600 a STANDARD TT-PUX DN 80-2000



Obrázek 4: Vodovodní a kanalizační trubky s vnější speciální ochranou ZMU DN 80-1200* a vnitřní speciální ochranou PUR DN 60-2000



Obrázek 5: Vodovodní a kanalizační trubky s vnější izolací ISOPAM® DN 80-600



Obrázek 6: Kanalizační trubky GRAVITAL® TAG 32 DN 150-300



*konzultujte

První poznatky z rekonstrukce úpravny vody Chřibská

Ing. Jindřich Šesták

Sweco Hydroprojekt a.s.

Rekonstrukce úpravny vody Chřibská probíhá od podzimu roku 2015 dodnes, ukončení prací se očekává v polovině roku 2017. Přesto je možné, díky tomu, že část úpravny vody byla uvedena do předčasného užívání, začít s porovnáváním očekávaných a skutečně dosažených výsledků.

Základní informace

Na úvod základní informace o úpravě vody Chřibská: Nachází se v severních Čechách, v jižní části Šluknovského výběžku, kromě Chřibské zásobuje vodou Krásnou Lípou a okolí. Má výkon technologické linky 85 l/s (denní maximum), do budoucna se počítá s možností jeho zvýšení až na 105 l/s. Byla vystavěna v sedmdesátých letech 20. století, v souvislosti s přestavbou vodního díla Chřibská na řece Chřibské Kamenici (z let 1912-1926) na vodárenskou nádrž. Původně se zde tedy upravovala povrchová voda – za tím účelem byla vystavěna úprava vody pro jednostupňovou separaci, se čtyřmi rychlofiltry využívajícími už před rekonstrukcí jako médium Filtralite ($4 \times 12 \text{ m}^2$). Jako koagulant byl používán síran hlinitý, doplněný byl polymerním flokulantem. Pro úpravu pH se dávkoval vápenný hydrát. Dezinfikovalo se chlorem, s dávkováním amonné soli, a na začátku 21. století byla doplněna UV dezinfekce. Většina upravené vody je čerpána do Krásné Lípy pod tlakem cca 90 m v. sl., malý podíl (cca 1 l/s) je čerpán do vodojemu Krásné Pole pro lokální zásobování.

Původní půdorys úpravny vody ve tvaru písmene T – v jednom ramínku filtrace, v druhém strojovna čerpadel a v nožičce chemické hospodářství – přesně odpovídal tehdejšími potřebám. V osmdesátých letech 20. století, jako reakce na vysokou spotřebu vody danou její nízkou, regulovanou cenou, byla přistavěna nová část úpravny vody, v níž se upravovala podzemní voda z místních i vzdálenějších zdrojů (vrtů). Úprava podzemní vody – odželezování a odmanganování – spočívala v oxidaci (problematické injektory byly v průběhu času nahrazeny úspěšnou chlorací, která se jeví díky velmi nízkému obsahu organických látek jako nejlepší řešení) a následné filtraci na třech filtrech ($3 \times 12 \text{ m}^2$) s pískem preparovaným sloučeninami manganu. V případě potřeby byla využívána úprava pH před dávkováním chloru.

Zvláštní zmínku zaslouží příprava suspenze pro filtraci povrchové vody. Původní kuželový míšič byl po výstavbě nové části úpravny vody doplněn o další objem – nádrž s děrovanými stěnami. Povrchová voda po nadávkování koagulantu protékala těmito děrovanými stěnami v nové části úpravny vody, potom se potrubím dlouhým několik desítek metrů dopravovala do původního kuželového míšiče, kde se dávkoval polymerní flokulant, a teprve potom se filtrovala.

Odpadní vody z obou linek úpravy vody se odvádějí na dvě kalové laguny s běžným střídavým provozem s periodou vyvážení cca 1 rok. Přes pečlivou údržbu i navzdory dílčím zásahům investičního charakteru začaly zejména stavební prvky vykazovat známky fyzického zastarávání a po kolapsu mezidna jednoho z filtrů povrchové vody v roce 2013 začalo být jasné, že rychlá rekonstrukce je nutná.

Koncepce rekonstrukce

Rekonstrukce, která se projektově připravovala od roku 2011, byla generelně koncipována jako komplexní rekonstrukce stavební i technologické části a týká se celé úpravní vody, tedy dvou částí pro úpravu povrchové a podzemní vody včetně zázemí pro obsluhu a laboratoře, strojovny čerpadel, prostor chemického hospodářství i kalových lagun.

Možnosti zásahu do **koncepce** technologie úpravy byly zvažovány pečlivě. Linka před rekonstrukcí byla funkční, schopná vyrábět kvalitní pitnou vodu, její zastarání bylo z největší části fyzické, nikoliv morální. Dočasná zhoršení jakosti surové povrchové vody byla řešena zvýšením výroby z vody podzemní, jejíž zdroje byly na začátku 21. století posíleny. Přesto byl v počátečních fázích projektové přípravy kladen hlavní důraz na rozhodnutí, zda by doplnění jednostupňové úpravy povrchové vody o další stupeň – v úvahu by přicházela kvůli prostorovým omezením flotace rozpuštěným vzduchem, případně intenzifikovaná sedimentace – bylo technicky, provozně a ekonomicky odůvodnitelné. Závěr posuzování byl takový, že pro doplnění separačního stupně před filtraci nebyl dostatečně pádný důvod, ovšem rekonstrukce se koncipovala tak, aby se doplnění tohoto stupně v budoucnu nekomplikovalo.

Na principu koagulace solemi hliníku se za padesát let provozu nic nezměnilo, chlorování pro oxidaci sloučenin železa v podzemní vodě je i nadále přijatelné, filtrační plocha odpovídá požadovanému výkonu, vodojem v Krásné Lípě je stále na stejné nadmořské výšce, do které je třeba čerpat, a kalové laguny fungují spolehlivě. Na popud provozu byla zvážena (a navržena a realizována) náhrada dávkování vápenného hydrátu uhličitánem sodným, ovšem tuto změnu asi nelze označit za koncepci.

Z hlediska chemické technologie úpravy tedy nedošlo k žádné revoluci, ta byla ponechána dalším generacím vodáreníků. Přesto jsou některé navržené a teď už i částečně realizované dílčí úpravy takového charakteru, že snad stojí za to je v dalším textu i dosti podrobně popsat.

Filtrace – „Declining rate“ s konstantní zdánlivou filtrační rychlostí – protimluv?

Asi nejzásadnější změna, byť ji z hlediska úpravní vody jako celku nelze označit za koncepci, byla navržena pro regulaci nátoků na filtry a hladinovou regulaci. Navržené řešení reflektuje jednak příznivé zkušenosti s provozem filtrů na úpravě vody Meziboří, jednak postřeh chemického technologa, že praní filtrů před rekonstrukcí není optimální a konečně také podezření, že nátok na filtry před rekonstrukcí není rovnoměrný, tedy že poslední filtr v řadě se možná „ulejvá“.

Na úpravě vody Meziboří se déle než deset let provozuje modifikovaný systém regulace filtrů s klesající zdánlivou filtrační rychlostí („declining rate“). Při něm není nátok na jednotlivé filtry rozdělován po celou dobu filtračního cyklu rovnoměrně, ale připouštějí se i velké rozdíly v průtocích – čerstvě vypraným filtrem protéká podstatně větší množství vody než filtry ostatními, nejméně protéká nejzanesenějším filtrem, který čeká na vyprání. Při klasické regulaci s klesající zdánlivou filtrační rychlostí (např. [2]) je regulační armatura za filtry, na společném odtokovém potrubí, regulují se všechny filtry společně a je možno regulovat hladinu na filtrech. Toto uspořádání má v konstrukci filtrů „declining rate“ na první pohled viditelný dopad: Voda na filtry natéká nikoliv přes nátokové žlaby, které mají u filtrů s konstantní zdánlivou filtrační rychlostí („constant rate“) často i funkci přelivů pro zajištění rovnoměrného nátoků na jednotlivé filtry, ale potrubím zaústěným pod hladinu. Tím se ze všech filtračních

jednotek stává hydraulicky jedna propojená nádoba, ve které by při zastavení průtoku filtry fungovaly jako spojené nádoby s hladinou ve všech filtrech na stejné úrovni.

Filtry na Chřibské před rekonstrukcí byly s jednou vanou, rozměrů cca 3×4 m, se středovým zavěšeným žlabem, který sloužil pro nátok předupravené vody a pro odvod prací vody. Chemický technolog v průběhu projektové přípravy upozornil na své pozorování, že při praní filtru zakalená prací voda sice částečně natéká do středového žlabu, ovšem její další část – u stěny – setrvává ve filtru déle a prodlužuje se tak praní. Voda při praní se prostě „mlela“ mezi stěnou a středovým zavěšeným žlabem a jen její část blíž ke žlabu odtékala dobře.

Podezření, že nátok na některé filtry je menší než na jiné, bylo subjektivní a nebylo nijak prověřováno. Skutečností je, že před rekonstrukcí nebyl průtok přes jednotlivé filtry měřen a rovnoměrnost nátoků byla zajišťována pouze stejnou geometrií nátokových žlabů na filtry, což při nestejně geometrii přívodních potrubí mohlo skutečně vést k nerovnoměrnému hydraulickému zatížení filtrů. Regulačními klapkami za filtry se před rekonstrukcí regulovala pouze hladina ve filtru – klasická hladinová regulace.

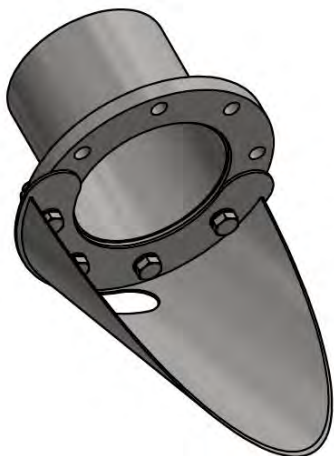
Pokud se výše popsané požadavky, pozorování i subjektivní hodnocení pracovníků provozovatele vezmou v úvahu, nabízí se následující řešení: Nátok na jednotlivé filtry nedělit, tedy řešit jej obdobně jako u systému řízení „declining rate“, středové žlaby odstranit a nahradit je žlaby postranními vyzdviženými na částečně ubourané dělicí a obvodové stěny filtrů a nakonec pomocí průtokoměrů a regulačních klapek za jednotlivými filtry – tím se zvolené řešení liší od klasického systému „declining rate“ – regulovat kromě hladiny ve všech filtrech společně také průtok jednotlivými filtry zvlášť. Systém je možno stručně popsat jako řízení hladiny ve všech filtrech s doregulací průtoku jednotlivými filtry. Navržené řešení principiálně odpovídá způsobu regulace filtrů popisovanému v literatuře jako „Constant Rate with Rate-of-Flow Control“ [1].

Autorovi příspěvku, který je současně hlavním inženýrem projektu rekonstrukce úpravní vody Chřibská, není známo, že by takový systém byl v České republice navržen a provozován. Protože vodárenství je konzervativní obor, v němž se k řešení neproověřeným nebo nedostatečně prověřeným praxí přistupuje s oprávněnou opatrností, byla v diskusích před konečným návrhem probírána možná slabá místa návrhu.

Filtrace na Chřibské – Otázky a první odpovědi

Existovaly pochybnosti o tom, že se při nátoku pod hladinu filtrů voda rozdělí rovnoměrně po celé ploše filtrů. Je známo, že detail nátoků pod hladinu jednotlivých filtrů je v různých úpravách vody řešen různě. V některých případech je nátokové potrubí do filtru zaústěno několika dílčími výstupy (Meziboří), jinde (Hradiště) je použita trubní vestavba s centrální trubkou a z ní kolmo odstupujícími trubními větvemi (připomíná dříve používané televizní antény nebo žebřík s jedním štěřínem) nad úrovní filtračního média a pod úrovní hladiny. Při vhodném hydraulickém návrhu lze dosáhnout velmi rovnoměrného nátoků na celou plochu filtrů. Na Chřibské se navrhovalo rozdělení nátokového potrubí DN200 po vstupu do filtru pomocí T-kusu a dvou kolen 90° v podobě jakýchsi „parohů naležato“. Protože filtry na Chřibské byly po rekonstrukci uváděny do provozu ještě před úpravou potrubí nátoků a z viditelného proudění vody ve filtru nad médiem i z některých dalších indicií bylo jasné, že voda se i bez „parohů“ rozlévá přijatelně rovnoměrně po celé ploše filtru, bylo rozhodnuto

o ponechání nátoku do filtru bez jakékoliv úpravy, což bylo řešení, ve které projektant od počátku doufal. Ovšem poté, co byl – dlouho před započítím výroby vody do spotřebiště – v jednom případě odstaven filtr bez předchozího vyprání, bylo zjištěno, že povrch filtračního média byl v blízkosti nátokového potrubí „vymletý“ do hloubky cca 20 cm (z 1,6 m celkové výšky média). Poté byl nátok do filtrů upraven pomocí speciální tvarovky („Voříškova lopatička“, autor Otakar Voříšek, společnost HST Hydrosystémy s.r.o.), která usměrnila nátok do filtru mírně směrem vzhůru. Od instalace této speciální tvarovky už vymílání filtračního média není pozorováno a rozdělení nátoků po ploše filtru se jeví rovnoměrným.



Obr. 1 Speciální tvarovka
(autor Otakar Voříšek,
HST Hydrosystémy s.r.o.)

Určité obavy vzbuzovala možnost proniknutí filtračního materiálu do nátokového potrubí při praní, obzvlášť pokud zůstává volné. Samotný průnik by nevedl, ovšem ohroženy by mohly být klapky na nátok. Projektant se rozhodl toto nebezpečí „risknout“. Po cca deseti týdnech provozu došlo na jedné nátokové klapce ze čtyř k postupnému nárůstu momentu při pohybu vedoucím až k nutnosti klapku vyměnit. „A je to tady,“ říkal si projektant. Provedené laboratorní zkoušky demontované klapky však ukázaly skrytou výrobní vadu. Není ovšem na místě předčasné jásání, doba provozu filtrů je zatím příliš krátká pro závěry, ale situace není beznadějná.

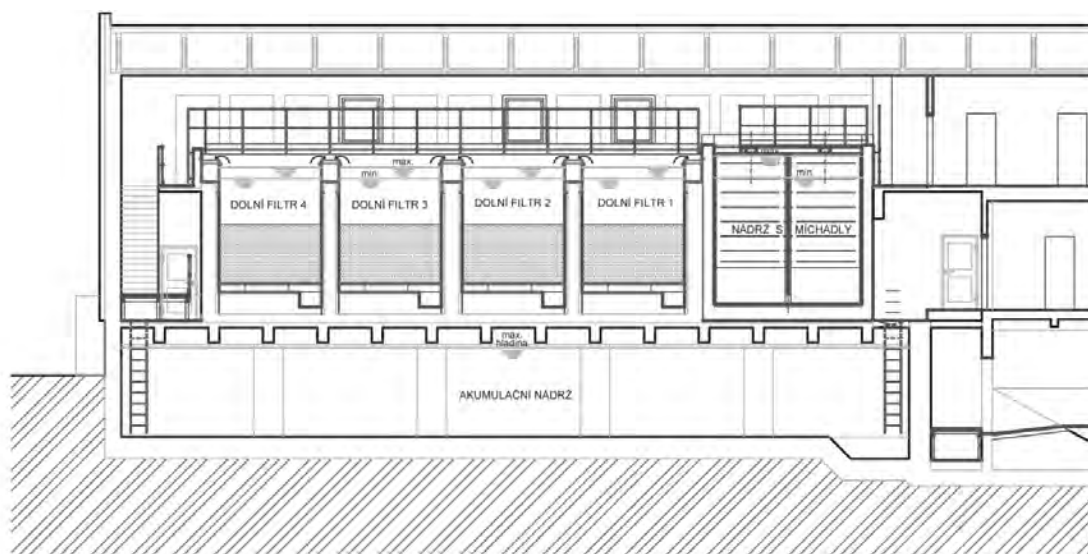
Osazení postranních žlabů pro odvod prací vody mohlo přinést kromě té výhody, že se tak lze zbavit poněkud problematických středových žlabů a dojde ke zlepšení hydraulických poměrů při praní, také problém vyplývající z toho, že žlaby jsou podstatně výše než před rekonstrukcí. Diskuse se vedly o možné menší účinnosti praní při vysokém sloupci prací vody a o možném větším objemu prací vody. Po zpětném naplnění filtrů Filtralitem po rekonstrukci bylo nutno část filtračního materiálu doplnit, čímž se do filtru dostala velmi jemná frakce, která se při praní ve formě jakéhosi „mouru“ usazovala na přívodním potrubí předupravené vody a pracího vzduchu, což mohlo původní obavy potvrzovat. Po cca šesti týdnech provozu se však podařilo velmi jemnou frakci odstranit praním, což je shodné se zkušenostmi z jiných úprav, a pochybnosti o účinnosti praní se tak snad podařilo rozptýlit.

Kapitolou samou pro sebe je řízení hladiny na filtrech s doregulací průtoku. Teoreticky je tento způsob řízení možný a dnešní technika umožňuje i jeho uplatnění v praxi. Dosavadní zkušenosti ukazují, že optimální je udržování hladiny v nádrži s míchadly (před filtry, nikoliv tedy přímo hladiny ve filtrech – zde by mj. vznikala otázka, jestli udržovat hladinu v jednom filtru nebo třeba průměrnou hladinu na filtrech) na určité úrovni, přičemž v praxi se při neměnném průtoku dosahuje rozptylu hladiny cca 15 cm, což je zcela ve shodě s údaji v literatuře či příznivější. Podle předpokladů se také všemi klapkami najednou reguluje hladina a do pohybu klapky se vnáší opravný koeficient pro doregulaci průtoku. Při průtoku cca 40 l/s všemi filtry (4×10 l/s) je rozdíl průtoku na jednotlivých filtrech menší než 2 l/s, což je výsledek, který předčil očekávání projektanta. Rušivým elementem je samozřejmě praní, které vede k oscilacím průtoku

s periodou cca 10 hodin a amplitudou cca 1,5 l/s. Tento jev je právě studován, přestože nejspíš nemá negativní vliv na samotnou filtraci. Řízení je v současné době ještě optimalizováno.

Další navržené a provedené úpravy

Příprava suspenze na lince úpravy povrchové vody je nově navržena ve zcela nové nádrži vybudované na místě původního kuželového mísiče. Je maximálně využit dostupný objem stávající budovy, a to i za cenu zmenšení plochy laboratoře. Nádrž byla navržena tak, aby do budoucna umožnila vestavbu hlavních částí technologie prvního separačního stupně s tím, že je možnost funkčního rozšíření nádrže například směrem ven z budovy (do nádvoří). Nádrž je navržena (a již postavena a vystrojena) s míchadly – tímto návrhem se mimo jiné reagovalo na pozorování, že rozdíl hladin v nádrži s děrovanými stěnami před rekonstrukcí byl velmi malý a teoreticky nebylo dosahováno potřebného gradientu rychlosti. Doba zdržení v nové nádrži je cca $1,5 \times$ větší než v nádrži s děrovanými stěnami a kuželovém mísiči před rekonstrukcí (dohromady). A zde projektant přiznává jisté zklamání z rekonstrukce: Ačkoliv teoreticky je možno v nové nádrži dosahovat dlouhé doby zdržení a plynule nastavovat gradient rychlosti pomocí míchadel, je kvalita suspenze sice přijatelná, ovšem dle pracovníků vodárny není tak dobrá jako na původních děrovaných stěnách. Jde sice o hodnocení do jisté míry subjektivní, vzhledem ke zkušenostem pracovníků je však třeba hledat příčiny a využít prostoru pro zlepšení.



Obr. 2 Podélný řez částí budovy s filtry povrchové vody, jím předcházející nádrží s míchadly a akumulací nádrží 400 m³. Oblé šipky naznačují směr proudění vody při praní.

Mezi další úpravy patří náhrada vápenného hydrátu provozně příjemnější sodou nebo snížení podlahy strojovny čerpadel o cca 1,5 m, což příznivě ovlivňuje tlakové poměry na sání čerpadel. Kvůli omezenému rozsahu příspěvku ve sborníku i možnostem využití na jiných projektech jim však není věnován takový prostor jako relativně nezvyklému řešení rekonstrukce filtrů.

Dosavadní postup rekonstrukce

Na tomto místě je vhodné alespoň stručně popsat postup rekonstrukce. Dnes snad již lze konstatovat, že se podařilo dobře využít skutečnosti, že v rámci úpravny vody Chřibská fungují vlastně úpravny vody dvě – jedna starší pro úpravu povrchové vody a druhá novější pro úpravu vody podzemní. První návrh postupu byl tedy vcelku logický: V první fázi rekonstruovat starší linku povrchové vody (4 filtry, resp. 3 funkční, po kolapsu mezidna jednoho filtru), spolu s ní chemické hospodářství a maximální část strojovny čerpadel. Ve druhé fázi se role obrátí a rekonstruovat se bude linka vody podzemní. Voda je vždy vyráběna v té části úpravny, která se právě nerekonstruuje. Uspořádání úpravny vody umožňuje i úpravu směsi povrchové a podzemní vody. Tento návrh projektanta ovšem nejprve narazil – zkušenosti chemických technologů z minulých let byly totiž takové, že zejména kvůli zvýšené koncentraci hliníku v povrchové surové vodě není možné významné omezení filtrační plochy (provoz pouze tří filtrů místo sedmi, resp. šesti po kolapsu jednoho filtru pro povrchovou vodu) ani provizorní podmínky pro dávkování. Při rekonstrukci se vždy ctílo pravidlo, že prvním úkolem úpravny je výroba kvalitní pitné vody, nikoliv pohodlné provádění stavebních prací. Ovšem i chemičtí technologové a ostatní provozní pracovníci uznávali, že výše popsany postup prací bude rychlý a efektivní. Proto se přistoupilo k experimentu v provozním měřítku, který prokázal upravitelnost směsi povrchové a podzemní vody, zejména díky tomu, že jakost povrchové surové vody se minimálně v parametru hliník zlepšila. Navíc provoz operativně zajistil záložní zdroj Jedlová pro případ nouze. Tato opatření vedla ke společnému rozhodnutí provozu, investora a projektanta podstoupit riziko – nyní v rámci možností minimalizované – rekonstruovat výše popsáným postupem. Po dosavadních zkušenostech z výstavby lze shrnout: Rekonstrukce po co největších provozně souvisejících celcích, které lze zcela odstavit, je efektivní a přijatelná i z provozního hlediska. A zejména: Postup rekonstrukce je třeba začít projednávat v pravém okamžiku, raději dříve než později, aby bylo možné včas posoudit rizika a provést možná opatření. Projektant by na tomto místě rád poděkoval partnerům – pracovníkům provozovatele, investora a ve fázi výstavby i stavebnímu dodavateli – za přiměřeně opatrný, ovšem vždy vstřícný, k diskusi otevřený a vysoce profesionální přístup.

V současné době je stavebně a technologicky dokončena rekonstrukce filtrace povrchové vody, celé chemické hospodářství, větší část zázemí úpravny vody včetně laboratoře a přibližně polovina strojovny čerpadel. Probíhá rekonstrukce filtrace podzemní vody a zbývající části strojovny. Dokončené části jsou v režimu předčasného užívání a dodávají pitnou vodu do spotřebiště. Další zprávy ze staveniště je možno očekávat po dokončení stavebních a montážních prací a zejména po zkušebním provozu, který by měl probíhat od poloviny roku 2017.

Literatura

1. American Water Works Association. Water Quality & Treatment. A Handbook on Drinking Water. Sixth Edition. 2011. Mc Graw Hill 2011
2. ADLER, P., VEDRA P. Rekonstrukce a rozšíření úpravny vody v aglomeraci Kroměříž. *Inženýrská komora 2016*, ČKAIT, s. 64-71.

Jak na odstraňování arsenu oxidací?

Oxidace arsenu směsnými oxidanty za přítomnosti železa a manganu

Ing. Lubomír Macek, CSc., MBA

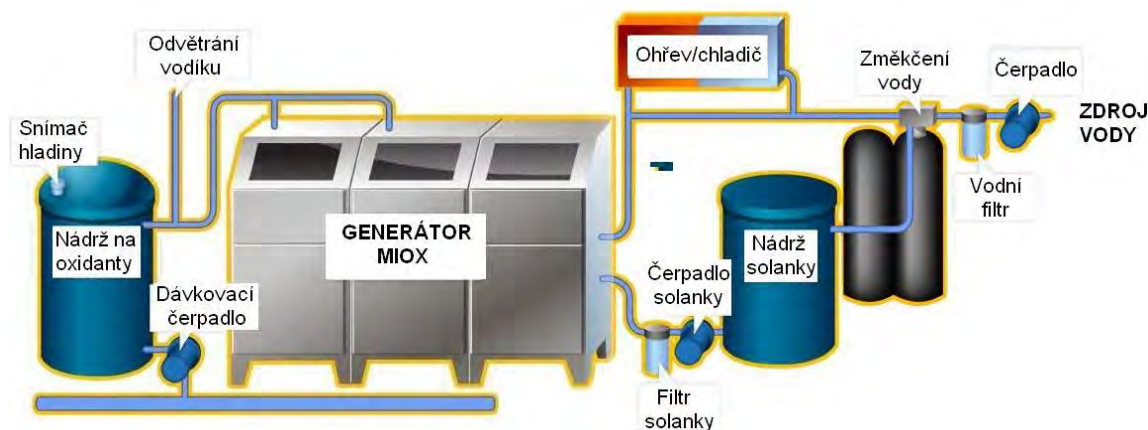
Aquion, s.r.o., lubomir.macek@aquion.cz

Abstrakt

Vylepšení kvality vody, nižší produkce vedlejších produktů dezinfekce, lepší organoleptické vlastnosti vody, často nejnižší náklady po dobu životnosti, jednoduchost a bezpečnost aplikace zajišťují směsné oxidanty, pokud se použijí pro dezinfekci a hygienické zabezpečení vody. Při použití v předúpravě vody zajišťují lepší vložkování a snižují produkci kalu. Vzhledem k tomu, že se jedná o silný oxidant, je možné směsné oxidanty rutinně použít pro oxidaci železa, manganu a sirovodíku. Při aplikaci pro oxidaci železa a manganu jsme náhodou zjistili, že byly současně s železem a manganem odstraněny i koncentrace arsenu okolo $25 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Úvod

Použit směsné oxidanty můžete v různých oblastech vodního hospodářství. Jedná se o komorovou elektrolyzu solanky, kde na rozdíl od výroby chlornanu sodného spotřebováváme asi dvojnásobek elektrické energie a dochází i ke štěpení molekul vody, nejen chloridu sodného. Jedná se provozně jednoduchou a na údržbu nenáročnou technologii, která slouží ke spokojenosti dlouhé roky. Jednoduchost technologie je demonstrována na následujícím technologickém schématu na obr. 1:



Dávkovací nádrž na oxidanty - Generátor oxidantů – Generátor solanky - Změkčení vody

Obr. 1 Technologické schéma – jedná se o jednoduchou komorovou elektrolyzu s minimálními nároky na údržbu, nové generátory jsou vybaveny také samočištěním



Obr. 2 Aplikace směsných oxidantů pro dezinfekci a hygienické zabezpečení pitné vody přináší provozovateli mj. lépe říditelný zbytkový oxidant, takže jsou zajištěny dobře i nejvzdálenější části sítě, často i bez nutnosti dochlorování.



Obr. 3 Aplikace pro bazény a Wellness znamená lepší vodu, nalevo 50 m bazén při použití směsných oxidantů, napravo při použití chlornanu sodného.



Obr. 4 Aplikace pro dezinfekci a hygienické zabezpečení vyčištěné odpadní vody pro zálivku golfového hřiště znamená vodu bez zápachu po chloru a bez mikroorganismů

Arsen ve vodách

Arsen se v přírodě vyskytuje zejména ve formě sulfidů (arsenopyritu FeAsS , realgaru As_4S_4 , auripigmentu As_2S_3). V malých množstvích doprovází téměř všechny sulfidické rudy a je častou součástí různých hornin a půd, jejichž zvětráváním se dostává do podzemních a povrchových vod. Antropogenním zdrojem arsenu je spalování fosilních paliv, hutní a rudný průmysl, koželužny, aplikace některých insekticidů a herbicidů ad.

Značné množství arsenu je obsaženo ve výluzích elektrárenských popílků, drenážní vody mohou obsahovat až jednotky mg.l^{-1} a v některých důlních vodách. Oxid arsenitý se používá také ve sklářském průmyslu. Protože arsen doprovází fosfor, je obsažen i v odpadních vodách z praní prádla. Bylo zjištěno, že v pracích prostředcích se nachází až 13 mg.kg^{-1} arsenu, přičemž na 1 obyvatele za 1 den připadá v městských odpadních vodách až $2,6 \text{ mg As (l)}$

Arsen se vyskytuje ve vodách v oxidačním stupni III. a V. Bývá také organicky vázán. Oxidace třetího na pátý stupeň probíhá chemickou nebo i biochemickou cestou, avšak rychlost oxidace kyslíkem rozpuštěným ve vodě je velmi pomalá.

Protože je arsen v přírodě v malých množstvích značně rozšířen, je běžnou součástí podzemních i povrchových vod. Jde obvykle o koncentrace v jednotkách až desítkách ug.l^{-1} . Za přirozené pozadí se považuje v podzemních vodách koncentrace asi 5 ug.l^{-1} . Minerální vody karlovarských pramenů obsahují průměrně asi 150 ug.l^{-1} , v minerální vodě IDA byly nalezeny koncentrace kolem 740 ug.l^{-1} . také pramen Glauber III ve Františkových Lázních obsahuje asi 800 ug.l^{-1} arsenu.

V labské vodě v profilu Děčín byla naměřena v roce 1994 průměrná koncentrace $3,9 \text{ ug.l}^{-1}$, s maximem 8 ug.l^{-1} . Průměrná koncentrace arsenu v pitných vodách byla asi 2 ug.l^{-1} . (1) Limit arsenu v pitné vodě je 10 ug.l^{-1} .

Vlastnosti a význam arsenu

Arsen má značnou schopnost kumulovat se v říčních sedimentech. Je podstatně mobilnější než rtuť, nehromadí se však v rybách.

Arsen je značně jedovatý a dlouhodobé používání vod s malými koncentracemi arsenu způsobuje chronická onemocnění. Ve třicátých a čtyřicátých letech byly popsány chronické otravy arsenem způsobené používáním nevhodné pitné vody, s koncentrací As až v jednotkách mg.l^{-1} . Jeho toxicita závisí do značné míry na jeho oxidačním stupni. Sloučeniny $\text{As}^{(\text{III})}$ jsou asi 5x až 20x toxičtější než sloučeniny $\text{As}^{(\text{V})}$. Arsen patří mezi inhibitory biochemických oxidací. Byly prokázány i jeho karcinogenní účinky. Arsen patří mezi nervové jedy kumulativního charakteru, značně se kumuluje např. ve vlasech. (1).

Přestože je arsen znám jako jedovatý prvek, kovový arsen je netoxický. V organismu je však metabolizován na toxické látky, nejčastěji na oxid arsenitý. Akutní otravy se projevují zvracením, průjmami, svalovými křečemi, ochrnutím a zástavou srdce. As_2O_3 , AsCl_3 , AsF_3 , jsou mnohem toxičtější než sloučeniny pětivazného arsenu, řadí se mezi významné látky mutagenní, teratogenní a karcinogenní. As_2S_3 , As_2S_2 , jsou prakticky netoxické, avšak rozpouštějí se v žaludku. V běžném okolním životním prostředí se všichni setkáváme s jistou nízkou hladinou expozice arsenem, která ale organismus nijak nepoškozuje a existují naopak studie, které tvrdí, že velmi nízké dávky arsenu v přijímané potravě jsou důležité a prospěšné. Bezesporně je však prokázáno, že trvalé vystavení organismu zvýšeným dávkám sloučenin arsenu vede k poškození zdraví. Projevy trvalé nadměrné expozice arsenem na zdraví jsou různorodé:

- dermatologické poškození – změny na pokožce, vznik různých ekzémů a alergické dermatitidy
- zvýšený výskyt kardiovaskulárních chorob
- zvýšený výskyt potratů u žen trvale vystavených vysokým dávkám arsenu
- karcinogenita – zvýšený výskyt případů rakoviny plic a pokožky
- mutagenita – zvýšený výskyt novorozenců s vrozenými vadami

Vysoký obsah arsenu v pitné vodě vede nejčastěji k dermatologickým problémům. Patrně nejznámější je v tomto ohledu Bangladéš, kde jsou desítky milionů lidí nuceny pít vodu ze studní se zvýšeným obsahem tohoto prvku. Existují ale minerální vody, které rozpouštějí sloučeniny arsenu z geologického podloží a obsah arsenu v nich dosahuje až stovek miligramů v litru. (2)

Odstraňování arsenu z vody

Od chvíle, kdy se zpřísnily požadavky na koncentraci arsenu v pitných vodách na 10 µg.l-1, bylo nutné vyvinout nové postupy odstraňování arsenu z vody, zejména tam, kde předtím mírnější požadavky mohly být dosaženy pomocí čiření nebo odstraňováním uhličitanové tvrdosti. V závislosti na situaci může být použit jeden z následujících procesů, který, pokud není specifikováno jinak, vyžaduje oxidaci As^(III) na As^(V) za použití oxidantu:

- Koagulace – flokulace při pH pod 7. Všechny studie ukazují, že železité soli fungují lépe než hliníkové.
- Adsorpce na aktivním hliníku, regenerovaném hydroxidem sodným a kyselinou chlorovodíkovou má vysoké náklady
- Odstraňování uhličitanů za použití vápna se srážením oxidů manganu při pH nad 11, což zabraňuje rozšíření této metody,
- Biologické odstraňování železa – bakteriální oxidace funguje také na As^(III), často je nutné do surové vody vstříknout FeSO⁴, pokud není adekvátní poměr Fe/As.

Z dalších potenciálních technologií některé nejsou dostatečně účinné (PAC, GAC), jiné dostatečně specifické (RO a NF membrány), jiné byly úspěšně testovány, jako filtrace oxidy železa nebo manganu.

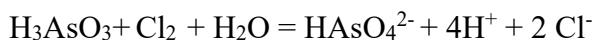
Filtrace přes oxihydroxid železa, který má schopnost fixovat velká množství As^(V), při pH 6,5 – 7,5 maximalizuje kapacitu mezi výměnou náplně (asi jednou za rok až tři roky). (3).

Oxidace arsenu –(III) na (V)– směsnými oxidanty

Arsen je typicky přítomen v podzemních vodách v redukované formě, tj. jako As (III) ve formě H₃AsO₃. První disociační konstanta této formy (pKa) je asi 9,2, to znamená, že hydrolytická reakce



Je z poloviny úplná při pH 7,2. To znamená, že ve vodách s neutrálním pH (okolo 7) je dominantním výskytem arsenu H₃AsO₃. Vzhledem k tomu, že tato forma nemá náboj, je obtížné odstranit tento arsen z vody běžnými prostředky – srážením železitými nebo hlinítanovými oxidy. Adsorpce na hliník, aniontovou výměnu nebo reversní osmóza má tendenci nezachytávat velmi malé nenabitě částice. Prvním běžným stupněm odstraňování arsenu je jeho oxidace z As (III) na AS (V), v rovnici Cl₂ představuje obecně oxidant, nebo směsné oxidanty:



Tři následující disociační konstanty pro H₃AsO₃ jsou okolo 2,2, 7 a 11,5. To znamená, že v roztoku s pH okolo neutrálního, je převažující forma As (V) jako HAsO₄²⁻ - divalentní aniont, což je forma, která je z vody lehce odstranitelná všemi zmíněnými způsoby. Oxidace As (II) na AS (V) chlorem je velmi rychlá a probíhá v řádu sekund. Oxidace směsnými oxidanty, což je silný oxidant obsahující chlornan sodný a peroxid vodíku, bude probíhat také rychle. Zkušenosti s použitím směsných oxidantů na oxidaci ukazují, že na rozdíl od chlornanu, při oxidaci jiných látek – siřníků, amoniaku, manganu, nebo

kaynidů – jako příklad – ukazují, že oxidace arsenu bude probíhat pomocí směsných oxidantů rychleji a za dávek blíže k teoretickým předpokladům, tj. s vyšší účinností.



Obr. 5 a. Aplikace zařízení na výrobu směsných oxidantů pro oxidaci železa, manganu a dokonce i arsenu – pohled na úpravnu



Obr. 5 b. Aplikace zařízení na výrobu směsných oxidantů pro oxidaci železa, manganu a dokonce i arsenu – pohled na generátor směsných oxidantů

Vlastní zkušenosti

Vlastní zkušenosti ukazují, že v surové vodě v místě na obr. 5 se nachází koncentrace až okolo 25 ug.l^{-1} arsenu, v upravené vodě nebyl arsen nalezen. K zjištění došlo náhodou, nevěděli jsme, že v surové vodě je významná koncentrace arsenu.

Závěr

Odstranění arsenu oxidací směsnými oxidanty je možná za přítomnosti vysráženého železa, na které se arsen s nejvyšší pravděpodobností sorbuje. Při úpravě jsme odstranili 25 ug.l^{-1} arsenu ze surové vody, v upravené vodě nebyl arsen nalezen, resp. byl pod mezí detekovatelnosti.

Literatura

- (1) Pitter, P. (1990): Hydrochemie
- (2) Wikipedia – heslo arsen
- (3) Degremont: Water Treatment Handbook, 7. vydání.
- (4) Bradford, W. 2001): Oxidation of arsenic – arsenite to arsenate –by mixed oxidants solution.

Odstraňovanie humínových látok z vody pomocou GAU

doc. Ing. Ján Ilavský, PhD.¹⁾, doc. Ing. Danka Barloková, PhD.¹⁾,
Ing. Ondrej Kapusta, 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⁾ Stredoslovenská vodárenská spoločnosť, a.s.,
Partizánska cesta 5, 974 01 Banská Bystrica, kapusta.ondrej@stvs.sk

Abstrakt

V príspevku sú prezentované výsledky odstraňovania humínových látok z vody (voda z vodárenskej nádrže Hriňová s prídavkom humínových látok) použitím granulovaného aktívneho uhlia (GAU) od dvoch výrobcov (Chemviron, Calbot) pri troch rôznych hodnotách pH vody. Na základe výsledkov statických experimentov bola vypočítaná účinnosť odstraňovania humínových látok (TOC) z vody a okamžitá adsorpčná kapacita použitých materiálov (adsorbované množstvo na jednotku hmotnosti sorpčného materiálu v danom čase) v závislosti od doby kontaktu vody s materiálom GAU.

Z výsledkov vyplýva, že pH vody nemalo výrazný vplyv na účinnosti odstraňovania humínových látok z vody. Najvyššia účinnosť (50%) a najnižšie hodnoty TOC sa získali pri pH 6,5. Adsorpčná kapacita humínových látok sa v závislosti od doby kontaktu GAU s vodou pohybovala od 0,170 mg/g v prípade 1 hodiny až po 0,560 mg/g pre dobu kontaktu 8 hodín. Zo sledovaných materiálov bol najúčinnnejší Filtrasorb F400.

ÚVOD

Humínové látky (hlavne humínové kyseliny a fulvokyseliny) sú prítomné takmer vo všetkých prírodných vodách, kde často tvoria hlavný podiel prirodzeného organického znečistenia (v literatúre sú známe ako Natural Organic Matter - NOM) [1].

Ide o zložité vysokomolekulové organické zlúčeniny aromaticko-alifatického charakteru obsahujúce uhlík, kyslík, vodík, dusík a síru. Relatívna molekulová hmotnosť humínových látok sa pohybuje od niekoľko stoviek až do desiatok tisíc. Medzi faktory, ktoré ovplyvňujú zloženie humínových látok a umiestnenie funkčných skupín patrí zdroj organickej hmoty, chemizmus vody, teplota, pH a biologické procesy [2]. Elementárne zloženie humínových látok je uvedené v **tab. 1** [3].

Pre humínové látky je charakteristická prítomnosť karboxylovej a hydroxylovej funkčnej skupiny (fenolovej, alkoholovej), a tiež skupiny metoxylovej a karbonylovej. Tieto skupiny sú viazané aj na jadrách, aj na bočných alifatických reťazcoch [4,5]. Humínové kyseliny majú väčšiu molekulovú hmotnosť ako fulvokyseliny (obsahujú viac ako 50% uhlíka), naproti tomu fulvokyseliny majú viac karboxylových skupín a vyšší obsah kyslíka. Fulvokyseliny sú lepšie rozpustné vo vode, sú polárnejšie (vzhľadom na funkčné skupiny), preto prírodná voda obsahuje v priemere až 87% fulvokyselín.

Štruktúru humínových látok sa nepodarilo úplne identifikovať. Preto sa týmto látkam pripisujú rôzne, v podstate hypotetické vzorce. Tieto vzorce sa snažia vystihnúť hlavne postavenie skupín COOH a OH v molekule, ktoré do značnej miery ovplyvňujú chemické vlastnosti humínových látok [6].

Tabuľka 1 Elementárne zloženie humínových látok prítomných v prírodných vodách

Vlastnosti	Humínové kyseliny	fulvokyseliny
Elementárne zloženie (v hmotn. %)		
Uhlík	50-60	40-50
Vodík	4-6	4-6
Kyslík	30-35	44-50
Dusík	2-4	1-3
Síra	1-2	0-2
Rozdelenie funkčných skupín (% kyslíka vo funkčných skupinách)		
Karboxylová (-COOH)	14-45	58-65
Fenolová (-OH)	10-38	9-19
Alkoholová (-R-OH)	13-15	11-16
Karbonylová (-C=O)	4-23	4-11
Metoxylová (-O-CH ₃)	1-5	1-2

Negatívny vplyv humínových látok na akosť vody a jej úpravu je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- zvyšujú intenzitu farby vody,
- zvyšujú kyslosť vody a agresivitu na stavebné materiály,
- ovplyvňujú biochemickú stabilitu,
- ovplyvňujú tvorbu komplexov kovov,
- ovplyvňujú koaguláciu a tvorbu THM pri chlorácii vody.

Humínové látky sú dôležitými prekursorami organohalogénových zlúčenín vo vode pri dezinfekcii chlóróm. Experimentálne bolo potvrdené, že fulvokyseliny vytvárajú približne o 60% viac chlórovaných organických zlúčenín (najmä THM) v porovnaní s humínovými kyselinami [7-9]. Aby sa zabránilo tvorbe chlórovaných uhlíkovodíkov, je nutné znížiť obsah humínových látok vo vode, alebo zmeniť spôsob dezinfekcie.

Medzi najčastejšie procesy odstraňovania humínových látok (NOM) patrí koagulácia a flokulácia, s následnou sedimentáciou (flotáciou) a filtráciou. Humínové kyseliny s hydrofóbnymi skupinami a s vysokou molekulovou hmotnosťou sa účinne odstraňujú koaguláciou, na druhej strane účinnosť koagulácie pri odstraňovaní fulvokyselín s hydrofilným charakterom a nižšou molekulovou hmotnosťou (do 500) je nízka, niektoré frakcie sa nedajú odstrániť vôbec. Preto po koagulácii dominujú v upravenej vode zvyškové organické látky s nízkou molekulovou hmotnosťou. Najlepší efekt sa dosahuje pri odstraňovaní humínových vôd skôr v kyslom prostredí (pH 4-6), kedy sa vytvárajú veľké a dobre separovateľné častice [10].

Medzi ďalšie možnosti úpravy vody s cieľom odstrániť NOM patrí magnetický iónex (MIEX®), filtrácia cez granulované aktívne uhlie (GAU), membránová filtrácia, elektrochemické metódy a pokročilé oxidačné procesy (AOP) [11-17].

Na Slovensku stanovovanie humínových látok v pitných vodách nie je legislatívne upravené (podľa Nariadenia vlády č.496/2010). Vychádza sa z hodnoty TOC, DOC, CHSK_{Mn}, z absorbancie (A^{254}), príp. z farby vody. Prekročenie limitnej hodnoty je dôvodom k rozhodnutiu o stanovení humínových látok.

V staršej norme (STN 75 7111 Pitná voda) patrili humínové látky medzi fyzikálno-chemické ukazovatele s medznou hodnotou 2,5 mg.l⁻¹. V požiadavkách na akosť surovej vody pre úpravu na vodu pitnú (STN 75 7214) sú humínové látky zahrnuté v medznej hodnote pre farbu vody (20 mg.l⁻¹ Pt).

Pre stanovenie humínových kyselín sa doporučujú metódy spektrofotometrické vo viditeľnej oblasti (pri vlnovej dĺžke 420 nm) alebo v oblasti ultrafialového svetla pri 254 nm. U nás sa používa spektrofotometrická metóda, ktorá využíva extrakciu humínových látok pri nízkej hodnote pH do pentanolu a následnú reextrakciu z pentanolu roztokom NaOH [19,20]. Na prepočet absorbancie na koncentráciu sa používa buď empirický koeficient (platný pre rašelinové vody v SR), alebo i komerčný štandard (napr. Aldrich, Merck). V poslednej dobe sa používa zakoncentrovanie na rôznych sorbentoch (XAD, Sephadex-DEAE) a následná desorpcia roztokom NaOH. Po odstránení anorganických foriem uhlíka sa stanoví DOC (TOC). Koncentrácia humínových látok sa získa vynásobením DOC v mg.l⁻¹ dvomi, pretože humínové látky obsahujú približne 50 % uhlíka. Tiež sa uvádza, že u humínových látok platí $CHSK_{Cr} \cong DOC$ [19].

Hodnota špecifickej UV-absorbancie (SUVA) (A^{254} v m⁻¹ vydelená koncentráciou TOC alebo DOC v mg.l⁻¹) je dobrým ukazovateľom charakteru humínových látok. Vysoká hodnota SUVA (viac ako 4 l/mg.m) znamená, že voda obsahuje humínové kyseliny hydrofóbneho charakteru. Nízka hodnota SUVA (menej ako 2 l/mg.m) znamená, že voda obsahuje organické zlúčeniny, ktoré sú najmä hydrofilné, s nízkou molekulovou hmotnosťou (fulvokyseliny). Na základe tohto parametru sa dá odhadnúť, či upravená voda bude obsahovať prekursor organohalogenových zlúčenín [11].

Najnižšia koncentrácia humínových látok sa nachádza v podzemných vodách (do 0,3 mg.l⁻¹). V pitných vodách ČR bola v roku 1996 priemerná koncentrácia humínových látok 0,63 mg.l⁻¹ [18]. V povrchových vodách sa koncentrácie týchto látok pohybujú rádovo v jednotkách mg.l⁻¹ (napr. Dunaj 1,0 mg.l⁻¹, Rýn 1,3 mg.l⁻¹, vodárenské nádrže na Slovensku 3,3 až 4,9 mg.l⁻¹, Bodensee a Starnbergersee 0,6 a 1,5 mg.l⁻¹). Vo vodách z rašelinísk kolíše koncentrácia HS v širokom intervale, väčšinou v desiatkach mg.l⁻¹. V niektorých stojatých vodách je koncentrácia až 500 mg.l⁻¹ [19,21].

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Experimentálna časť tejto práce bola zameraná na odstraňovanie humínových látok z vody sorpciou s použitím granulovaného aktívneho uhlia od dvoch výrobcov (Chemviron, Calbot). Na experimenty bola použitá voda z VN Hriňová. Na zvýšenie koncentrácie humínových látok bola do vody pridaná voda z vodného výluhu rašeliny.

Ako sorpčný materiál bolo použité granulované aktívne uhlie:

1. Norit 1240 (Calbon Carbot, USA) – dodaný spoločnosťou Vulcascot, s.r.o.
2. Filtrasorb F100 (Chemviron Carbon, Belgicko) – dodaný spoločnosťou Jako, s.r.o.
3. Filtrasorb F400 (Chemviron Carbon, Belgicko) – dodaný spoločnosťou Jako, s.r.o.

Tabuľka 2 Základné vlastnosti použitých materiálov GAU

	F100	F400	Norit 1240
Jódové číslo [mg/g]	850	1050	975
Veľkosť častíc [mm]	0,60-2,36	0,42-1,68	0,42-1,68
<4 %	< 0.60	< 0.42	< 0,42
<5 %	> 2.36	> 1.68	> 1,68
Efektívna veľkosť častíc [mm]	1,6	1,0	0,7
Tvrdosť	95	95	97
Obsah vody [%]	max. 2	max. 2	max. 2
Prevádzková hustota [kg/m ³]	500	425	470
Číslo metylenovej modrej [mg/g]	230	260	220
Špecifický merný povrch (BET) [m ² /g]	900	1100	1100
Koeficient rovnoznitosti	1,9	1,7	1,6

Experimenty boli urobené statickým spôsobom v laboratóriu. Do 200 ml modelovej vzorky vody sme pridali 2,0 g granulovaného aktívneho uhlia (pred experimentom bolo preprané v destilovanej vode a vysušené pri 105 °C), pričom modelová voda bola upravená pre 3 rôzne hodnoty pH – 6,5; 7,5 a 8,5. Účinnosť odstraňovania humínových látok z vody bola sledovaná pomocou parametra TOC (TOC analyzátor Aurora Model 1030W od OI Analytical) a Absorbancie A²⁵⁴ (UV-VIS spektrofotometer Camspect).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Experimentálne práce boli rozdelené na 3 časti, v 1.sérii bola sledovaná účinnosť odstraňovania humínových látok z modelovej vody pri pH 6,5 (upravené prídavkom HCl), pričom počiatočná koncentrácia TOC bola 13,02 mg/l, v 2. sérii bolo pH surovej vody 7,5 (pH pitnej vody) a koncentrácia TOC 13,45 mg/l, v 3 sérii bolo pH modelovej vody upravené na pH 8,5 prídavkom NaOH, počiatočná koncentrácia TOC v surovej vode bola 13,77 mg/l. Výsledky statických skúšok sú uvedené v **tab. 3 až 5**.

Tabuľka 3 Namerané hodnoty v 1. sérii (pH = 6,5) experimentov

Por. číslo	Vzorka GAU	0 hod	1 hod	2 hod	4 hod	8 hod
		TOC (mg/l)				
1	Norit 1240	13,02	11,34	10,11	8,74	7,47
2	Filtrisorb F100	13,02	11,78	10,7	9,39	7,92
3	Filtrisorb F400	13,02	11,29	9,79	8,04	6,3

Tabuľka 4 Namerané hodnoty v 2. sérii (pH = 7,5) experimentov

Por. číslo	Vzorka GAU	0 hod	1 hod	2 hod	4 hod	8 hod
		TOC (mg/l)				
1	Norit 1240	13,45	11,56	10,27	9,28	8,09
2	Filtrisorb F100	13,45	11,95	10,63	9,06	8,48
3	Filtrisorb F400	13,45	11,49	10,29	8,72	6,6

Tabuľka 5 Namerané hodnoty v 3. sérii (pH = 8,5) experimentov

Por. číslo	Vzorka GAU	0 hod	1 hod	2 hod	4 hod	8 hod
		TOC (mg/l)				
1	Norit 1240	13,77	12,41	11,09	9,69	8,75
2	Filtrisorb F100	13,77	12,45	11,22	9,7	8,38
3	Filtrisorb F400	13,77	12,29	10,89	9,17	8,15

Zo stanovených hodnôt TOC bola vypočítaná účinnosť odstraňovania humínových látok (v %) a okamžitá adsorpčná kapacita jednotlivých materiálov v mg/g.

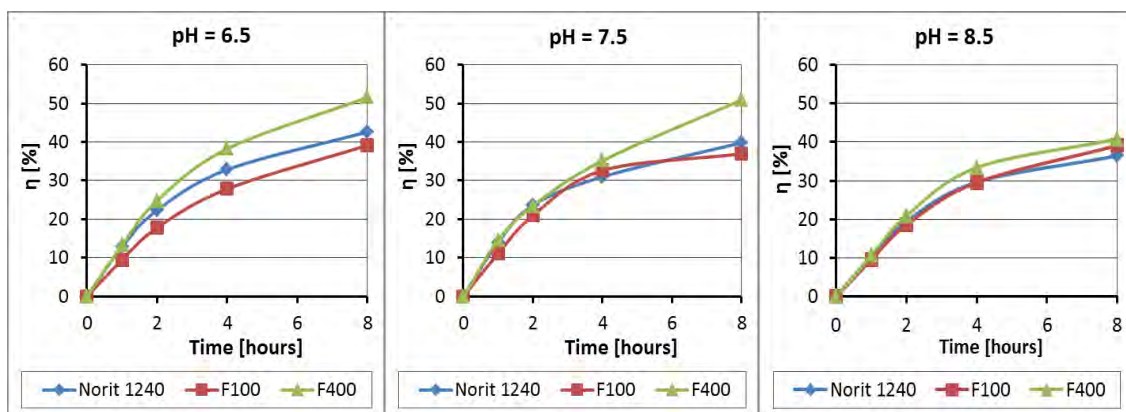
Okamžitú adsorpčnú kapacitu a_t a adsorpčnú účinnosť η sme počítali podľa vzorcov:

$$a_t = \frac{(c_0 - c_m)V}{m} \text{ [mg/g]} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{(c_0 - c_m)100}{c_0} \text{ [%]} \quad (2)$$

kde c_0 (mg.l⁻¹) je koncentrácia TOC pred adsorpciou (13,02 až 13,77 mg/l), c_m (mg.l⁻¹) je koncentrácia TOC po adsorpcii v čase t , V (l) je objem vodného roztoku (0,2 l), m (g) je hmotnosť sorpčného materiálu (2,0 g), η (%) je adsorpčná účinnosť, a_t (mg.g⁻¹) je okamžitá adsorpčná kapacita; adsorbované množstvo na jednotku hmotnosti sorpčného materiálu v čase t .

Výsledky účinnosti adsorpcie (v %) pre jednotlivé granulované aktívne uhlie pri troch rozdielnych hodnotách pH vody sú zobrazené na **obr. 1**. Vypočítané hodnoty adsorpčnej kapacity pre jednotlivé GAU sú ukázané na **obr. 2**.



Obr. 1 Pribeh adsorpčnej účinnosti použitých GAU pre odstraňované humínové látky z vody pri rozdielnych hodnotách pH vody

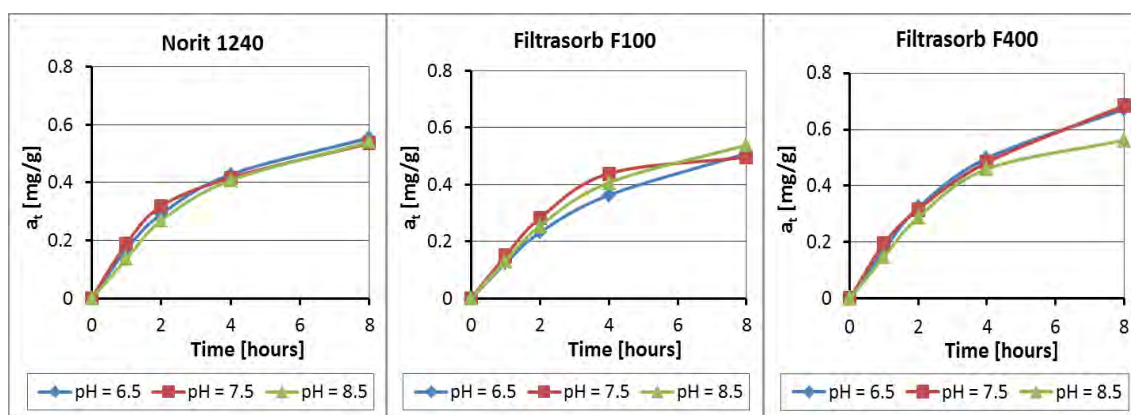


Fig. 2 Pribeh adsorpčných kapacít použitých GAU počas odstraňovania humínových látok z vodyn pri rozdielnych hodnotách pH vody

Z týchto výsledkov vyplýva, že pH vody nemalo výrazný vplyv na zmenu účinnosti odstraňovania humínových látok z vody. Najvyššia účinnosť a najnižšie hodnoty TOC sa získali pri pH 6,5. Zo sledovaných materiálov bol najúčinnnejší Filtrasorb F400.

ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo v laboratórnych podmienkach sledovať účinnosť granulovaného aktívneho uhlia rôznych výrobcov pri odstraňovaní humínových látok z vody, na základe statických skúšok stanoviť adsorpčnú kapacitu a porovnať adsorpčnú účinnosť jednotlivých sledovaných materiálov. Zároveň bol sledovaný vplyv kvality vody (na základe hodnoty pH) na účinnosť jednotlivých materiálov, pričom z výsledkov vyplýva, že pri nižšej hodnote pH vody sa dosiahli lepšie výsledky ako pri bežnej hodnote pH pitnej vody.

Z výsledkov vyplýva možnosť použitia GAU pri odstraňovaní humínových látok všade tam, kde nemáme k dispozícii koaguláciu (flotáciu). Účinnosť adsorpčnej metódy je vyššia ako 40%, adsorpčná kapacita sa pohybovala od 0,170 mg/g v prípade 1 hodiny až po 0,560 mg/g pre dobu kontaktu vody s granulovaným aktívnym uhlím 8 hodín.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre dopytovo orientovaný projekt: Centrum excelentnosti integrovanej protipovodňovej ochrany územia ITMS 262401200004, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Experimentálne merania boli uskutočnené za finančnej podpory projektu VEGA 01/0400/15.

LITERATÚRA

- [1] Filella M. (2009): Freshwaters: which NOM matters? *Environ. Chem. Lett.* 7, 21–35.
- [2] Leenheer, J., Croué, J.-P. (2003): Peer reviewed: characterizing aquatic dissolved organic matter. *Environ. Sci. Technol.* 37, 18A–26A.
- [3] Schnitzer M., Khan S.U. (1972): *Humic Substances in the Environment*. M. Dekker, New York.
- [4] Uyguner-Demirel, C., Bekbolet, M., 2011. Significance of analytical parameters for the understanding of natural organic matter in relation to photocatalytic oxidation. *Chemosphere* 84, 1009–1031.
- [5] Snoeyink, V.L., Jenkins, D. (1980): *Water Chemistry*. John Wiley & Sons, New York.
- [6] Nriagu J.O., Coker R.D. (1990): Trace Metals in Humic and Fulvic Acids from Lake Ontario Sediments. *Environ. Sci. Tech.*, 14, 443–446.
- [7] Rook J.J. (1974): Formation of haloforms during chlorination of natural waters. *Journal Water Treat. Exam.* 23, 234–243.
- [8] Grünwald A., Janda V., Fišar P., Bížová J., Štastný B. (2002): Evaluation of potential THM formation in humic waters. *Voda Zlín 2002, Conference proceedings Zlín*, pp. 67–71. (in Czech).
- [9] Krasner S., Weinberg H., Richardson S., Pastor S., Chinn R., Scrimanti M., Onstad G., Thruston Jr., A. (2006): Occurrence of a new generation of disinfection by-products. *Environ. Sci. Technol.* 40, 7175–7185.
- [10] Eikebrokk, B., Vogt, R., Liltved, H. (2004). NOM increase in Northern European source waters: discussion of possible causes and impacts on coagulation/contact filtration processes. *Water Sci. Technol. Water Supply* 4 (4), 47–54.
- [11] Sillanpää M.: *Natural organic matter in water: Characterization and treatment methods* (2015): IWA Publishing, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, p. 366.
- [12] Bond T., Goslan E.H., Parsons S.A., Jefferson B. (2011): Treatment of disinfection by-product precursors. *Environ. Technol.* 32, 1–21.
- [13] Ødegaard H., Østerhus S., Melin E. and Eikebrokk B. (2010): NOM removal technologies – Norwegian experiences. *Drink. Water Eng. Sci.*, 3, pp. 1–9.
- [14] Quinlivan P.A., Li L., Knappe D.R.U. (2005): Effects of activated carbon characteristics on the simultaneous adsorption of aqueous organic micropollutants and natural organic matter. *Water Research* 39 (2005) 1663–1673.
- [15] Cheng W., Dastgheib S.A., Karanfil T. (2005): Adsorption of dissolved natural organic matter by modified activated carbons. *Water Research* 39 (2005) 2281–2290.
- [16] Jacangelo J., DeMarco J., Owen D., Randtke S. (1995): Selected processes for removing NOM: an overview. *J. Am. Water Works Assoc.* 87 (1), 64–77.
- [17] Jarvis, P., Banks, J., Molinder, R., Stephenson, T., Parsons, S., Jefferson, B., 2008. Processes for enhanced NOM removal: beyond Fe and Al coagulation. *Water Sci. Technol. Water Supply* 8, 709–716.
- [18] Kratzer K., Kožíšek F. (1997): Health effects of drinking water contamination. The Report for 1996. The National Institute of Public Health, Prague (in Czech).
- [19] Pitter P. (2009): *Hydrochemie*, 4th ed., Institute of Chemical Technology Press, Praha, 2009, 568 p. (in Czech).
- [20] *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 5510 Aquatic Humic Substances. 19. vyd. Amer. Publ. Health Assoc., Washington 1995.
- [21] Frimmel, F. H. (2001) Aquatic humic substances. In M. Hofrichter and A. Steinbüchel (eds) *Lignin, humic substances and coal*, Vol. 1, Wiley-VCH, Germany. 301–324.

Karolinka - ochranná pásma vodárenské nádrže a doplnění technologie na úpravně vody

Ing. Michal Korabík¹⁾, MBA; Milan Jurenka¹⁾; Mgr. Přemysl Baran¹⁾;
Ing. Dušan Libosvár¹⁾; Marek Sotolář¹⁾; Ing. Lucie Houdková, Ph.D.²⁾

¹⁾ Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s., Jasenická 1106, 755 11 Vsetín, vakvs@vakvs.cz

²⁾ KUNST, spol. s r.o.

1. Úvod

Úpravna vody Karolinka byla navržena a postavena pro účely úpravy povrchové vody z údolní nádrže na říčce Stanovnici. Úpravna vody je umístěna na výběžku hřebene Javorníku v nadmořské výšce 500 m na severním svahu nad obcí Karolinka. Vodní nádrž Stanovnice o délce 1,7 km a hloubce 35 m zajišťuje zásobním objemem 5,9 mil.m³ spolehlivý zdroj povrchové vody pro systém Skupinového vodovodu Vsetín, s dodávkou vody i do sousedních částí Zlínska a Přerovska. Počet napojených obyvatel okresu Vsetín ze zdroje Stanovnice je okolo 86 500 a postupně narůstá. Na zdroj vody mimo obyvatelstvo je napojena řada podnikatelských subjektů a průmyslových firem. Počet napojených obyvatel okresu Zlín se blíží 30 000 a okresu Přerov 2 000 [1].

Ochrana kvality vody v nádrži je tak prvořadým a veřejným zájmem, protože přímo ovlivňuje kvalitu pitné vody pro více než 100 000 obyvatel na Valašsku, kteří tuto vodu pijí, a kde je o kvalitní vodní zdroje nouze. **Tento vodní zdroj nelze v zásobování obyvatel vodou 100% nahradit.**

2. Důvody zhoršení kvality

Úpravna vody Karolinka pracuje na principu jednostupňové koagulační filtrace a je v nepřetržitém provozu od roku 1985 (výstavba od 1.6.1977). V roce 2004 byla provedena rekonstrukce technologického zařízení.

Kvalita vody v nádrži je sledována především jejím vlastníkem. Naše společnost sleduje kvalitu surové vody odebírané z nádrže pro úpravu na vodu pitnou. Výsledky sledování představují celý velký soubor čítající jen za posledních 10 let více než 1000 rozborů. Bohužel starší výsledky rozborů nejsou k dispozici v rychle využitelné elektronické podobě a jejich zpracování by trvalo delší čas. Proto byly hodnoceny pouze data od roku 2005.

Z těchto výsledků vyplývá, že za posledních 7 - 8 let dochází ke zhoršení kvality povrchové vody v nádrži a to zejména v mikrobiologických a biologických ukazatelích (bakterie, řasy, rozsivky) až několikanásobně, do roku 2010 docházelo k růstu obsahu fosforečnanů, dochází ke zhoršení obsahu železa a hlavně manganu, obsahu celkového organického uhlíku a jisté výkyvy jsou v pH vody a obsahu AOX (viz Tab. č. 2 a 3). Zde bylo patrné zhoršování do r. 2010, poté došlo ke zlepšení a v r. 2015 a hlavně v r. 2016 znovu k výraznému zhoršení (hodnota AOX z posledního rozboru v r. 2016 je 0,074 mg/l). U ostatních chemických ukazatelů můžeme říct, že za posledních 5 let zůstávaly buď stejné, nebo došlo k jejich zlepšení.

Toto má určitě přímou souvislost se změnami poměrů v povodí nádrže a v činnostech prováděných nebo naopak neprováděných při údržbě hráze a celé nádrže. Tyto změny podmínek a jejich možné dopady je nutno stále sledovat a správně vyhodnotit. V ideálním případě i zpětně zjistit, jak bylo v minulosti povodí nádrže hospodářsky či ekonomicky, turisticky, stavebně atd. ovlivněno a jaký to mohlo mít dopad na kvalitu vody v nádrži.

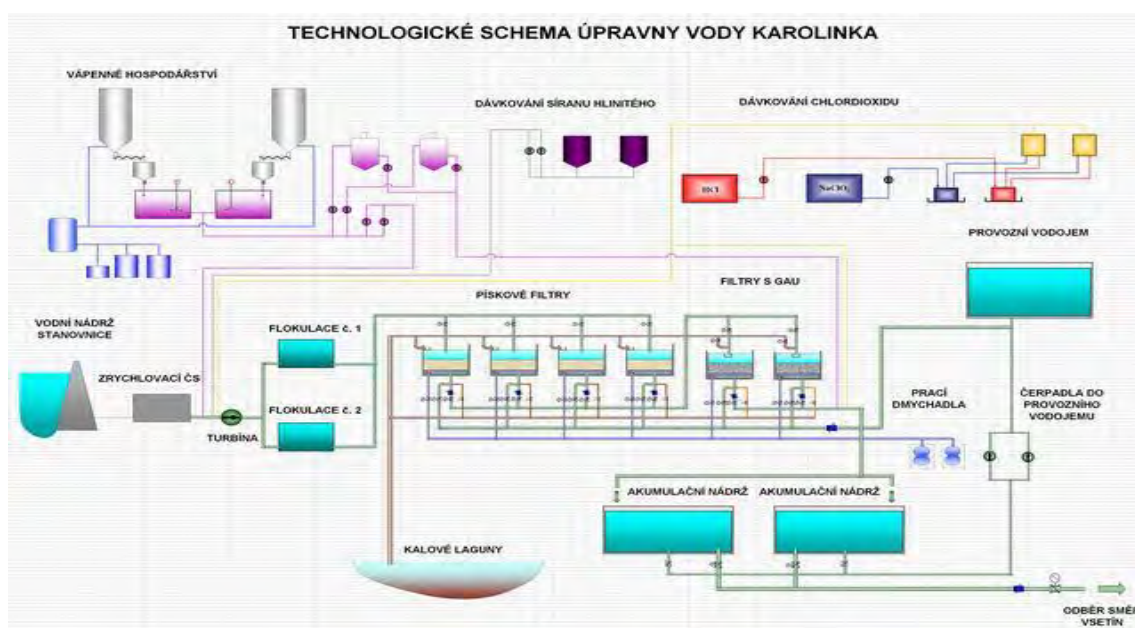
Vliv zhoršení kvality surové vody je jednak stárnutí nádrže (dlouhodobě upuštěná z důvodu stability, následně v roce 2013 rekonstrukce přehrady) a nyní vznikající stavby (Karolinka Holiday Homes), odkup investora Empora Anstalt, Lichtenštejnské knížectví, tzv. turistika „bez pravidel,,.



Obr. č. 1: Přestavba starých domů (<http://www.karolinkaholidayhomes.cz/>) [2]

3. Způsob úpravy vody

Úpravna vody po rekonstrukci má výkon 250 l/s s maximem 300 l/s. Technologie úpravy vody je jednostupňová úprava s dvoustupňovou koagulační filtrací se 4 pískovými rychlofiltry a 2 filtry s granulovaným aktivním uhlím bez mezidna, používaný koagulant síran hlinitý. Flokulace sestává z vertikálních nádrží vystrojených stavitelnými děrovanými stěnami (normé stěny). Pro úpravu pH a tím potlačení korozivních účinků vody v trubních řadech je dávkován vápenný hydrát, zdravotní zabezpečení je chlordioxidem a plynným chlórem.



Obr. č. 2: Technologické schéma

4. Jakost vody z pohledu provozovatele

Kvalita surové vody v nádrži Stanovnice je dle vyhlášky č.428/01 Sb., paragrafu 21, odstavce 4 řazena do kategorie A2, po stránce chemické celoročně vyrovnaná. Problémy působí zákal v době tání sněhu a po přivalových deštích. (jemný, těžko odstranitelný prostou filtrací) a sezónní oživení. V době opravy hráze a po ní, kdy byla snížena hladina vody v nádrži až o 12 m, došlo ke změně podmínek v nádrži a ke spuštění procesů vedoucích k negativnímu vývoji jakosti vody zejména z hlediska rozvoje **fytoplanktonu a manganu**. K tomuto negativnímu trendu přispívalo i kolísání hladiny v důsledku odběrů surové vody (viz Tabulka č.1 Výroba vody). Dalším významným aspektem jsou větší výkyvy teploty v závislosti na menším objemu vody v nádrži.

Tabulka č.1: Výroba vody na ÚV Karolinka v letech 2007 – 2016

rok	výroba v (m ³)
2007	4130816
2008	3960791
2009	3800148
2010	3929794
2011	3702884
2012	4065991
2013	3621863
2014	3782426
2015	4105559
2016	3470429

Tabulka č. 2: Kvalita vody – Obsah manganu v surové vodě v období 2010 – 2016

Surová voda			
	Mangan (mg/l)		
	min.	průměr	max.
2010	0,028	0,05	0,122
2011	0,03	0,07	0,198
2012	0,008	0,06	0,132
2013	0,015	0,07	0,186
2014	0,018	0,26	0,743
2015	0,009	0,057	0,167
2016	0,015	0,13	0,528

Tabulka č. 3: Kvalita vody – Mikroskopický obraz v surové vodě v období 2010 – 2016

Surová voda			
	Mikroskopický obraz - živé organismy (jed./ml)		
	min.	průměr	max.
2010	10	157,57	570
2011	6	329,27	922
2012	52	982,71	2928
2013	74	555,98	2590
2014	32	2534,24	7556
2015	34	432	2180
2016	24	298	1080

5. Technologické zkoušky (flotace) [3]

Jednou z možností odstranění fytoplanktonu ze surové vody je rozšíření stávající jednostupňové úpravy na dvoustupňovou, a to zařazením flotace jako prvního úpravárenského stupně. Pro ověření funkčnosti této technologie na ÚV Karolinka byla navázána spolupráce se společností Kunst, spol. s r. o., která v rámci svého výzkumného programu realizovala poloprovozní zkoušky. Pro testování byla využita poloprovozní jednotka KUNST-i-FLOT, která byla na ÚV Karolinka instalována v listopadu 2016. Od prosince 2016 do února 2017 probíhaly poloprovozní zkoušky flotace, jejichž cílem bylo ověřit vhodnost použití této technologie pro odstranění mikrobiologického oživení (jedná se zejména o drobné zelené řasy *Stichococcus* sp. a centrické rozsivky *Cyclotella*) a manganu ze surové vody odebírané z přehrady Stanovnice. Uvedené organismy jsou řazeny do skupiny pikoplanktonu, který se vyznačuje velikostí buněk 0,2 až 2 μm , přičemž buňky se vyskytují samostatně a prakticky netvoří kolonie. Fytoplankton je charakteristický tím, že se buňky organismů přirozeně vznášejí, špatně se shlukují do vloček koagulantu a špatně sedimentují. U pikoplanktonu tak navíc nelze využít ani klasickou pískovou filtraci. Jako možné řešení separace se tedy jeví právě flotace.

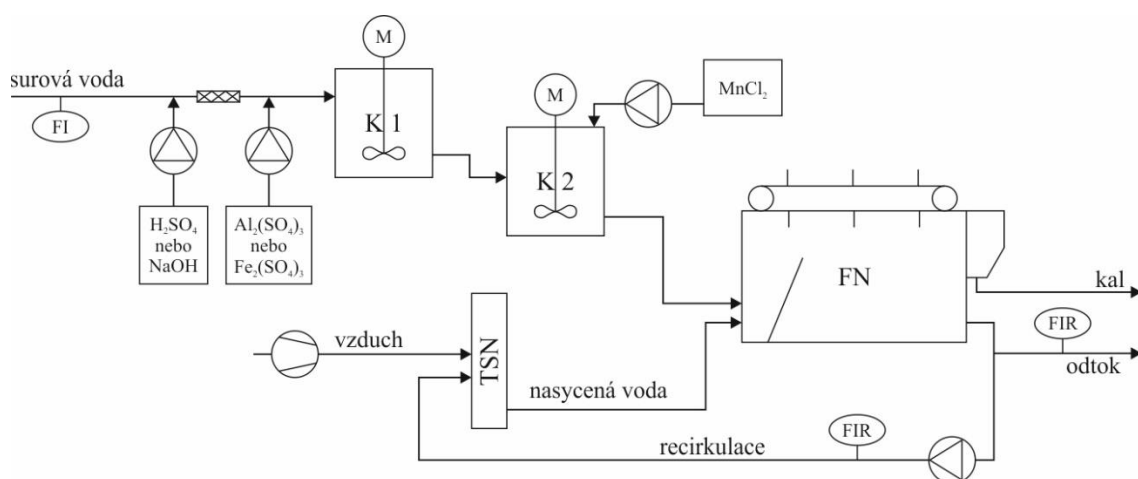
Popis zařízení

Poloprovozní flotační jednotka KUNST-i-FLOT sestává z flotační nádrže, sytícího okruhu, čerpadel a prvků MaR. Jednotka je umístěna v samostatném technologickém kontejneru a je vybavena vlastním řídicím systémem. Pro potřeby chemického srážení je jednotka rozšířena o koagulační stupeň, který tvoří dávkovací čerpadla chemikálií, statické směšovače a nádrže pomalého mísení. Řídicí systém koagulace je propojen s řídicím systémem flotace. Kontejnery s flotační jednotkou a koagulační jednotkou byly umístěny na prostranství před provozní budovou ÚV Karolinka (obr. 3). Nádrž prvního stupně koagulace (K1) byla umístěna v provozní budově tak, aby byl zajištěn gravitační odtok vody do nádrže druhého stupně koagulace (K2). Z nádrže druhého stupně koagulace voda odtékala gravitačně do nádrže flotace (FN).



Obr. č. 3: Umístění technologických kontejnerů před provozní budovou ÚV Karolinka

Schéma na obr. 4 zobrazuje kompletní zapojení technologie. U některých režimů byla testována jednostupňová koagulace a nádrž K1 byla pouze protékána (dávkovací místo bylo přesunuto před K2). Surová voda byla odebírána z přírodního potrubí na ÚV Karolinka a následně byla naškrcena na požadovaný průtok. Do směšovacího prvku byl dávkován přípravek na úpravu pH (kyselina sírová nebo hydroxid sodný) a následně koagulant (síran hlinitý nebo síran železitý). Pro zkoušky odstraňování manganu byl při několika testech dávkován roztok chloridu manganatého pro umělé navýšení koncentrace Mn^{2+} , výtlak byl zaústěn přímo do nádrže K2. Chemicky upravená voda přitékala do flotační nádrže, kde se smísila se směsí vody a mikrobublinek, které se vyloučily z přiváděného recirkulačního proudu. Upravená voda odtékala gravitačně do určené šachty, kam byl čerpán i odseparovaný kal, který byl shrabovacím zařízením stírán s hladiny flotační nádrže.



Obr. č. 4: Schéma poloprovozních zkoušek flotace na ÚV Karolinka

Technologické zkoušky

Při zkouškách odstraňování mikrobiologického oživení byl sledován počet živých jedinců, celkový počet jedinců, počet zelených řas (*Stichococcus*) a počet centrických rozsivek v surové a upravené vodě. Dále byla sledována zbytková koncentrace Al nebo Fe v závislosti na použitém koagulantu. Při zkouškách zaměřených na odstraňování Mn byla sledována navíc koncentrace Mn v surové vodě, v nádrži K2 a na odtoku z flotace. Dále byla sledována koncentrace nerozpuštěných látek v surové vodě, v nádrži K2 a na odtoku z flotace. U několika režimů byly odebrány vzorky vyflotovaného kalu ke stanovení sušiny.

Během poloprovozní zkoušky bylo otestováno přibližně 50 režimů, které se lišily chemickou předúpravou (bylo testováno kyselé, neutrální i zásadité prostředí koagulace s ohledem na možnost simultánního odstraňování manganu, byl testován síran železitý a síran hlinitý), dobou zdržení v koagulaci, počtem koagulačních stupňů a gradientem rychlosti v koagulační nádrži K2. Doba zdržení v koagulačních nádržích byla měněna úpravou průtoku, čímž došlo i ke změně doby zdržení ve flotační nádrži, zatížení flotační nádrže a recirkulačního poměru.

Z předběžného hodnocení výsledků zkoušek vyplývá, že řasy rodu *Stichococcus* bylo možné odstranit s účinností až 80 %, ovšem pouze při vyšších dávkách koagulantu, což mělo za následek zvýšenou koncentraci Al nebo Fe na odtoku z flotace. Naproti tomu centrické rozsivky byly odstraňovány s účinností 80 až 100 % prakticky bez ohledu na množství dávkovaného koagulantu. Provedené poloprovozní zkoušky tak potvrdily údaje

z literatury, kde se setkáváme s názorem, že tlakovzdušná flotace je prakticky jediná vhodná metoda pro odstraňování pikoplanktonu a její účinnost se pohybuje až okolo 98 % (při odstraňování sinic a řas). Při zkouškách zaměřených na odstraňování zelených řas a rozsivek byly rovněž sledovány koncentrace Mn v surové a upravené vodě. Účinnost odstraňování manganu se pohybovala přibližně od 20 do 70 %. Vyšších účinností bylo dosahováno při nižších koncentracích Mn v surové vodě, při umělém navyšování koncentrace Mn se účinnost odstranění pohybovala pouze okolo 40 %.

6. Doplnění technologie

Na základě technologického auditu z roku 2015 (Sweco) a následně potvrzených technologických zkoušek je nutné doplnit technologii o flotační linku. Nejlépe pak ponechání flokulace I a do nádrže flokulace II vestavba co největší jedné linky flotace (bez zálohy). Průtok vody bude přímo na pískové filtry, nebo v případě vyššího výskytu mikroorganismů, přes flotaci na pískové filtry. Odmanganování by mohlo být řešeno za prvním separačním stupněm, dávkováním manganistanu draselného za flotací (včetně úpravy pH), případně jiným vhodnějším technologickým postupem, který se pokusíme nalézt (např. filtrační materiály odstraňující mangan aj.).

7. Závěr

Vodárenská nádrž Karolinka – Stanovnice patřila a stále ještě patří k těm nej kvalitnějších vodním zdrojům v celé republice. Myslíme si tedy, že bychom měli trvat na striktním dodržování podmínek daných v rozhodnutí pro vyhlášená ochranná pásma tohoto vodního zdroje, které zajistí jeho patřičnou ochranu a kvalitu.

Technologické zkoušky byly týmovou spoluprací investora Vodovody a kanalizace Vsetín, a.s., a společnosti Kunst spol. s r.o.. Aby došlo k stabilizaci upravené vody, která musí odpovídat požadavkům platné legislativy, je nutné technologické zařízení úpravy vody doplnit o další technologii. Nedílnou součástí je také důsledné dodržování podmínek ochranných pásem v okolí vodárenské nádrže.

Chtěli bychom zdůraznit, že od roku 2004, kdy začaly platit nová ochranná pásma vodárenské nádrže, se rozvoj tohoto území zintenzivnil a zrychlil hlavně, co se týká provozu na komunikacích, bydlení, rekreačního a hospodářského využití a produkce odpadních vod. Tyto změny poměrů v povodí nádrže mají přímou souvislost se zhoršováním kvality vody v ní.

Úpravna vody Karolinka byla vybudována pouze s jednostupňovou technologií úpravy pitné vody, právě vzhledem k oligotrofnímu charakteru vodárenské nádrže a čistoty vody v ní. Naše společnost musela proto již v roce 2003 a v současné době musí znovu, kvůli zhoršováním kvality vody v nádrži, přistoupit k doplňování technologie úpravy vody na úpravně, což představuje investice v desítkách milionů korun. V případě dalšího zhoršováním to znamená další náklady na úpravu vody, které se nutně odrazí na ceně vodného v celém regionu.

8. Použitá Literatura

1. <http://www.vakvs.cz/>
2. <http://www.karolinkaholidayhomes.cz/>
3. <http://www.kunst.cz/>
4. http://hgfl0.vsb.cz/546/Flotace/text_2.htm

Odstraňování organických látek z povrchové vody pomocí flotace – výsledky laboratorních a poloprovozních zkoušek na ÚV Hrobice

Ing. Lucie Houdková, Ph.D.¹⁾; Ing. Jiří Forejtek²⁾;

doc. RNDr. Martin Pivokonský, Ph.D.³⁾; Ing. Adam Fendrych⁴⁾; Ing. Jan Kundrátek¹⁾

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

²⁾ VIS Vodohospodářsko-inženýrské služby spol. s r.o., Na Střežině 1079, 500 03 Hradec Králové

³⁾ Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i., Pod Pařankou 30/5, 166 12 Praha 6

⁴⁾ Vodovody a kanalizace Pardubice a.s., Teplého 2014, 530 02 Pardubice

Abstrakt

Príspevek se zabývá laboratorní optimalizací koagulace organických látek obsažených v povrchové vodě z písku Oplatil, který slouží jako jeden ze zdrojů surové vody pro ÚV Hrobice, okr. Pardubice. Při laboratorních zkouškách byl sledován zejména vliv dávky koagulantu a vliv pH. Bylo zjištěno, že pH výrazně ovlivňuje spotřebu koagulantu. Jako optimální bylo vyhodnoceno pH v rozmezí 5 až 5,5, kdy bylo při dávce koagulantu (sírany železité) 30 mg/l dosaženo stejných výsledků, jakých bylo při pH 6 dosaženo až při dávce koagulantu 70 mg/l. Na koagulační zkoušky v laboratorním měřítku navazovaly poloprovozní zkoušky flotace, které byly realizovány přímo na úpravě vody. Poloprovozní zkoušky potvrdily laboratorní výsledky týkající se lepší účinnosti odstranění organických látek při nižších hodnotách pH. Naopak spotřeba koagulantu byla při poloprovozních zkouškách vyšší, za optimální byla vyhodnocena dávka 70 mg/l. Účinnost flotace na odstranění nerozpuštěných látek (vloček vznikajících při koagulaci) se pohybovala od 93 do 99 %.

1 Úvod

Úprava vody Hrobice, okr. Pardubice, byla postavena v roce 1959. Úprava využívá několik zdrojů surové vody. Přibližně 50 až 60 % objemu surové vody tvoří povrchová voda z nedalekého písku Oplatil, zbytek je získáván z několika podzemních vrtů (Hrobice I., Hrobice II a Čeperka). Technologie úpravy vody je v současné době tvořena ozonizací, oxidací manganu pomocí KMnO_4 , dvoustupňovou filtrací na pískových filtrech a filtrací přes aktivní uhlí. Kapacita úpravy je po rekonstrukci 180 l/s. Upravená a hygienicky zabezpečená pitná voda je čerpána do vodojemu na Kunětické hoře, ze kterého jsou zásobeny města Pardubice, Lázně Bohdaneč a okolní přilehlé obce.

V posledních letech se úprava potýká s problémy způsobenými zhoršením kvality povrchové vody, a to zejména v letním období. Hlavními znečišťujícími příměsemi povrchové vody jsou přírodní organické látky, které jsou ve vegetačním období tvořeny především látkami produkovanými fytoplanktonem. Odstranění organických látek nacházejících se v povrchové vodě v současnosti probíhá pouze jejich adsorpcí na vločkách hydratovaných oxidů Fe a Mn vzniklých oxidací a následnou hydrolyzou rozpuštěných dvojmocných forem těchto kovů obsažených v podzemní vodě. Vzniklá suspenze se následně separuje na pískových filtrech prvního a druhého stupně, za kterými následují ještě GAU filtry. Protože existovalo reálné podezření, že účinnost odstranění organických látek z povrchového zdroje je velmi nízká, a protože se předpokládá, že kvalita povrchové vody z písku Oplatil se v následujících letech bude

zhoršovat (mělký povrchový zdroj surové vody v zemědělské krajině, postupující zazemňování, změna klimatu – teplé zimy atd.), byla navržena změna současné technologie tak, aby i v budoucnu byla zaručena vysoká kvalita pitné vody. Návrh předpokládá rozdělení technologie na dvě linky upravující zvláště vodu z povrchového zdroje (koagulace organických látek) a zvláště vodu podzemní (oxidace a hydrolýza Fe a Mn). Nová technologie počítá s tím, že po koagulaci organických látek obsažených v povrchové vodě bude vzniklá suspenze separována flotací rozpuštěným vzduchem. Před vlastním přistoupením k realizaci navržené technologie bylo třeba optimalizovat podmínky přípravy suspenze a ověřit účinnost její separace pomocí flotace. Proto byla nejprve provedena laboratorní optimalizace dávek koagulačního činidla (síran železitý) a reakčního pH za účelem dosažení maximální účinnosti koagulačního procesu. Na laboratorní zkoušky navázaly poloprovozní testy zaměřené na posouzení účinnosti separace suspenze flotací pomocí flotační jednotky Kunst-i-flot.

2 Laboratorní zkoušky koagulace

Laboratorní zkoušky, které byly realizovány na pracovišti ÚH AV ČR, byly zaměřeny na optimalizaci podmínek koagulace. Optimalizace reakčních podmínek (pH a dávky koagulačního činidla) byla prováděna pomocí sklenicové zkoušky na osmimístné míchací koloně LMK 8 (ÚH AV ČR) s pádlovými míchadly. Reakční pH bylo upravováno pomocí 0,1 M H_2SO_4 na hodnoty cca 7; 6; 5,5 a 5. Jako koagulační činidlo byl použit síran železitý $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Pro homogenizaci činidel v míchaném objemu vody byl zvolen střední gradient rychlosti míchání $G = 150 \text{ s}^{-1}$ po dobu 1 minuty, tvorba agregátů probíhala při aplikaci gradientu $G = 50 \text{ s}^{-1}$ s dobou zdržení 15 minut. Vytvořené agregáty byly následně separovány sedimentací po dobu 60 minut a zbylý nesedimentující podíl následným odstředěním při 3000 ot.min^{-1} po dobu 20 min (simulace pískové filtrace). Koagulační pokusy probíhaly při teplotě surové vody 20°C .

Na základě rozsáhlých výsledků, které byly při laboratorních zkouškách získány, je možné konstatovat, že snížení reakčního pH vede k vyšší míře odstranění organických látek. Jako optimální se jeví pH 5, případně pH 5,5. Při těchto hodnotách pH a dávkách koagulantu okolo 30 mg/l bylo dosahováno obdobné účinnosti, kterých bylo při pH 6 dosaženo až při 70 mg/l. Důvodem vyšší účinnosti koagulace organických látek při hodnotách $\text{pH} < 6$ je skutečnost, že při těchto hodnotách pH je dominantním mechanismem koagulace nábojová neutralizace organických látek pomocí mono-/poly-hydroxokomplexů Fe, která má mnohem vyšší účinnost než mechanismus uplatňující se v neutrální oblasti pH, tj. adsorpce organických látek na povrchu částic hydratovaných oxidů Al/Fe ($\text{AlO}(\text{OH})/\text{FeO}(\text{OH})$).

3 Poloprovozní zkoušky flotace

Poloprovozní zkoušky flotace probíhaly na ÚV Hrobice (obr. 1) v období od září do října 2016. Pro testování byla instalována poloprovozní flotační jednotka KUNST-i-FLOT s koagulační nástavbou. Podmínky koagulace/flokulace byly nastaveny na základě výše popsaných laboratorních zkoušek.



Obr. 1 Kontejnery flotace a koagulace v prostoru před strojovnou ÚV Hrobice

3.1 Popis poloprovozní flotační jednotky

Poloprovozní flotační jednotka KUNST-i-FLOT sestává z flotační nádrže, sytícího okruhu, čerpadel a prvků MaR (obr. 2). Jednotka je umístěna v samostatném technologickém kontejneru a je vybavena vlastním řídicím systémem. Pro potřeby chemického srážení je jednotka rozšířena o koagulační stupeň, který tvoří dávkovací čerpadla chemikálií a míchané nádrže rychlého a pomalého mísení (vše umístěno v samostatném technologickém kontejneru, viz obr. 2). Řídicí systém koagulace je propojen s řídicím systémem flotace.

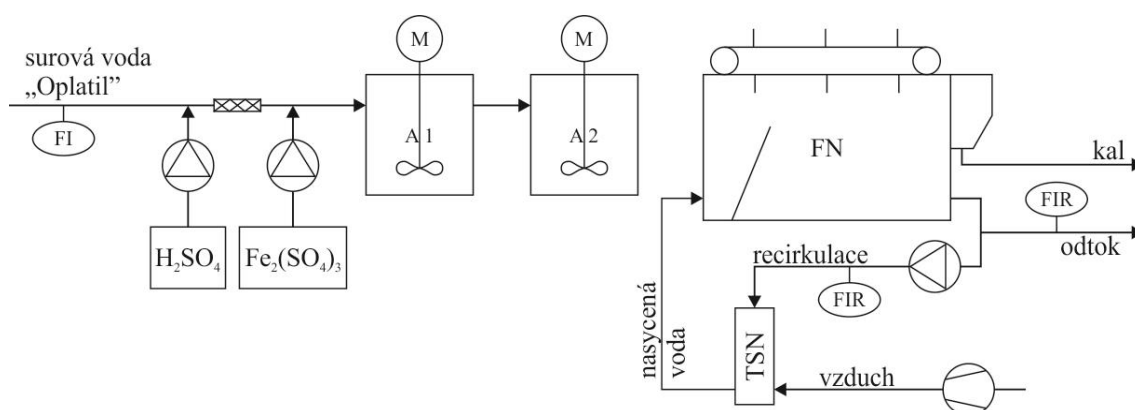


Obr. 2 Vnitřní vybavení kontejnerů – flotační nádrž (vlevo), nádrže rychlého a pomalého míchání (vpravo)

Základní parametry flotační a koagulační jednotky jsou uvedeny v tab. 1. Schéma zapojení je patrné z obr. 3.

Tab. 1 Základní parametry flotační a koagulační jednotky

Flotační nádrž (FN)	- objem 4,935 m³ - plocha 3,525 m² $Q_{\max} = 1,4$ l/s
Sytící okruh	- tlaková sytící nádoba 60 l, kompresor, recirkulační čerpadlo - tryska pro tvorbu mikrobublin ($Q = 0,2$ až $0,4$ l/s, $p = 3$ bar)
Nádrž agregace 1 (A1)	- objem 1000 l - pro dosažení $G = 150$ s⁻¹ je $V_{\min} = 500$ l
Nádrž agregace 2 (A2)	- objem 1000 l $G_{\min} = 57$ s⁻¹



Obr. 3 Schéma zapojení flotační jednotky při poloprovozních zkouškách na ÚV Hrobice

3.2 Popis zkoušek

Při zkouškách odstraňování organického znečištění z povrchové vody z písků Oplatil byla surová voda odebírána z prvního ozonizačního reaktoru. Následně byl její průtok redukován na $0,6 \pm 0,03$ l/s. Následně bylo upraveno reakční pH kyselinou sírovou (použit 38% roztok) a dávkován síran železitý (použit roztok s obchodním názvem Prefloc a koncentrací 42 %) jako koagulační činidlo. Dávky byly voleny na základě předchozích laboratorních pokusů. Upravená voda natékala do prvního stupně agregace, kde byl udržován konstantní gradient rychlosti $G_{A1} = 150$ s⁻¹. Z nádrže A1 natékala voda gravitačně do nádrže druhého stupně agregace A2. V této nádrži bylo možné gradienty rychlosti měnit v rozsahu 57-160 s⁻¹. Z nádrže A2 odtékala suspenze vody a vloček gravitačně do flotační nádrže. Suspenze přitékající z A2 se mísila ve směšovacím prostoru flotační nádrže s mikrobublinami, které se uvolnily po průchodu nasycené vody kavitační tryskou. Průtok recirkulace byl konstantní, stejně jako tlak v tlakové sytící nádrži ($Q_R = 0,2$ l/s, $p_{TSN} = 3$ bar, jedná se o minimální možný průtok tryskou pro zachování schopnosti tvorby kvalitních mikrobublinek). Vločky byly vynášeny k hladině, kde tvořily tenkou vrstvu kalu. Kal byl stírán shrabovacím zařízením, které je tvořeno čtyřmi gumovými stěrkami a jednou hrabíčí s ocelovými trny a jednou hrabíčí se širokými gumovými trny. S ohledem na velmi malé množství tvořícího se kalu bylo shrabování nastaveno časově, po pauze 120 minut následoval chod 2 minuty. Kal byl z jímky kalu čerpán do kanalizace, voda odtékala do kanalizace gravitačně (část se jako recirkulace vracela do sytící nádrže).

3.3 Výsledky zkoušek

Byly testovány různé dávky síranu železitého při pH 5 a 5,5 (od 40 do 80 mg $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3/\text{l}$). Následně byly při vybrané dávce síranu železitého (70 mg/l) testovány různé gradienty v A2 (opět při pH 5 a 5,5).

Na povrchové vodě z písku Oplatil byly ověřeny výsledky laboratorních zkoušek, zejména dávka síranu železitého při pH 5 a 5,5 (testováno 40 až 80 mg $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3/\text{l}$). Následně byl při dávce síranu železitého 70 mg/l sledován vliv pH a gradientu rychlosti ve druhém stupni agregace. Poloprovozní zkoušky potvrdily, že účinnost odstranění organických látek (vyjádřených jako TOC) roste s klesajícím pH (viz tab. 2). Vliv gradientu rychlosti ve sledovaném rozsahu je prakticky zanedbatelný, jak je patrné z tab. 3. Při pH 5 se účinnost odstranění TOC pohybovala okolo 62 %, při pH 5,5 to bylo 57 % (jedná se o průměrnou hodnotu režimů s gradienty rychlosti v A2 60 až 150 s^{-1}).

Tab. 2 Průměrné hodnoty ze zkoušek při $G_{A2} = 100$ a 57 s^{-1} , při pH 5,5 a 5

$G_{A2} (\text{s}^{-1})$	pH	Účinnost odstranění	
		CHSK (%)	TOC (%)
100	5,5	56,1	53,9
	5,0	61,0	57,1
57	5,5	54,1	53,3
	5,0	50,9	59,2

Tab. 3 Průměrné hodnoty ze zkoušek vlivu gradientu rychlosti (pH cca 5)

Označení režimu	Nastavení		Odtok		Účinnost odstranění (%)	
	pH _{A2}	$G_{A2} (\text{s}^{-1})$	pH _{odtok}	NL (mg/l)	CHSK	TOC
R29	5,4	150	5,88	0,3	65,1	59,3
R30	5,4	120	6,32	0,6	56,0	51,7
R35	5,7	100	5,95	0,4	62,1	52,9
R36	5,6	80	6,10	0,6	60,8	57,3
R37	5,5	60	5,71	0,4	64,7	62,0

Při úpravě povrchové vody na pH 5 až 5,5 byla spotřeba 38% kyseliny sírové od 83 do 120 ml/m^3 surové povrchové vody při dávce $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 70 mg/l vody. Suspenze, která se tvořila v nádrži A2, obsahovala přibližně od 15 do 35 mg/l nerozpuštěných látek (NL). Voda na odtoku z flotace pak obsahovala do 1 mg/l NL. Účinnost flotace při odstraňování NL se tak pohybovala od 93 do 99 %.

Během všech výše uvedených zkoušek byla flotace provozována při konstantním hydraulickém zatížení (přibližně $0,7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$), stejném recirkulačním poměru (přibližně 33 %) a s ohledem na malé množství tvořící se suspenze lze zjednodušeně konstatovat, že i při stejném látkovém zatížení. Sušina v kalu se pohybovala od 1,8 do 2,7 %.

4 Závěr

Na základě poloprovozních zkoušek lze konstatovat, že flotaci je možné použít pro úpravu povrchové vody s cílem odstranit organické znečištění. Ze zkoušek vyplynulo, že zásadní vliv na výsledky má chemická úprava vody před vlastní flotací, tedy stupeň koagulace a flokulace. Rovněž je možné konstatovat, že vločky vznikající v povrchové vodě jsou málo odolné mechanickému namáhání, což by mělo být vedeno v patrnosti při návrhu provozních zařízení.

Úprava pitnej vody vzhľadom na obsah vápnika a horčíka

doc. Ing. Danka Barloková, PhD.¹⁾; doc. Ing. Ján Ilavský, PhD.¹⁾;
Dpt. Viliam Šimko²⁾

¹⁾ Katedra zdravotného a environmentálneho inžinierstva, Stavebná fakulta STU,
Radlinského 11, 810 05 Bratislava, danka.barloкова@stuba.sk, jan.ilavsky@stuba.sk

²⁾ Vodatech, Račianske mýto 10990/1C, 831 02 Bratislava, Simko.voda@gmail.com

Abstrakt:

V článku sú uvedené základné informácie o výskyte vápnika a horčíka vo vodách, ich vlastnostiach, vplyve na ľudský organizmus a problémoch, ktoré môžu vzniknúť pri nízkych ($< 1 \text{ mmol.l}^{-1}$) a vysokých ($> 5 \text{ mmol.l}^{-1}$) koncentráciách vo vodovodných sieťach a vodohospodárskych prevádzkach, najčastejšie používané spôsoby zmäkčovania a stvrdzovania vody. Článok obsahuje výsledky stvrdzovania vody uskutočnených počas poloprevádzkových skúšok v ÚV Hriňová, na stvrdzovanie bola použitá upravená voda, dávkovanie CO_2 a filter s náplňou PVD.

ÚVOD

Vápnik a horčík sú stálou súčasťou podzemných a povrchových vôd, v ktorých sa vyskytujú väčšinou ako jednoduché dvojmocné katióny Ca^{2+} a Mg^{2+} . V obyčajných podzemných a povrchových vodách je koncentrácia vápnika v rozmedzí od desiatok až do niekoľko stoviek mg.l^{-1} , koncentrácia horčíka jednotky až desiatky mg.l^{-1} . V pitných vodách na Slovensku je priemerná koncentrácia vápnika okolo 65 mg.l^{-1} a horčíka do 20 mg.l^{-1} , priemerná sumárna koncentrácia $\text{Ca}+\text{Mg}$ asi $1,8 \text{ mmol.l}^{-1}$. Vzhľadom na obmedzenú rozpustnosť zlúčenín vápnika vo vode neprevyšuje ani v minerálnych vodách koncentrácia vápnika hodnotu 1000 mg.l^{-1} . Vysoká koncentrácia vápnika a horčíka je viazaná na prítomnosť dostatočného množstva rozpusteného oxidu uhličitého, aby bol zabezpečený rovnovážny stav reakcie:



V prípade porušenia rovnovážneho stavu tejto reakcie, dochádza k vylučovaniu, alebo naopak k rozpúšťaniu uhličitanu vápenatého.

Horčík sa v prírodných vodách vyskytuje obyčajne v nižších koncentráciách ako vápnik. Súvisí to s tým, že je v porovnaní s vápnikom menej zastúpený v zemskej kôre, alebo tiež s tým, že dochádza k jeho sorpcii a k výmene iónov pri styku vody s niektorými horninami a ílovými minerálmi, okrem toho tiež ho využívajú rastliny. Hmotnostný pomer $\text{Ca} : \text{Mg}$ sa spravidla pohybuje v rozmedzí $4 : 1$ až $2 : 1$ (do mineralizácie 500 mg.l^{-1}), so stúpajúcou mineralizáciou sa pomer mení až na $1 : 1$. Vo výnimočných prípadoch môže nadobudnúť i opačné hodnoty, napr. morská voda (morská voda obsahuje v priemere $1,3 \text{ g.l}^{-1} \text{ Mg}^{2+}$ a iba $0,4 \text{ g.l}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$), minerálna voda Šaratica ($1,3 \text{ g.l}^{-1} \text{ Mg}^{2+}$ a iba $0,4 \text{ g.l}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$), Magnesia ($170 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Mg}^{2+}$ a iba $25 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$), Sulinka ($344 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Mg}^{2+}$ a $271 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$), Ľubovnianska ($154 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Mg}$ a $144 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$). Vyššia koncentrácia horčíka je spôsobená vyššou rozpustnosťou MgCO_3 za prítomnosti CO_2 a MgSO_4 v porovnaní s rovnakými zlúčeninami vápenatými [1].

Na Slovensku v závislosti od hydrogeologického podložia, kde dochádza k formovaniu podzemných a povrchových vôd sú oblasti, ktoré sú tvorené horninami magmatického pôvodu, chudobné na obsah vápnika a horčíka. Takýmito oblastami je napríklad celá oblasť Vysokých Tatier, Stredné Slovensko medzi Zvolenom a Tisovcom, Slovenské Rudohorie a Severovýchodná časť Východného Slovenska. V týchto oblastiach sú vybudované aj veľké zdroje povrchových vôd VN Turček, Hriňová, Málinec, Klenovec, Bukovec, Starina, ale sú tu využívané aj malé miestne zdroje podzemných vôd.

V spojitosti s obsahom vápnika a horčíka sa používa termín tzv. *tvrdosť vody*, ktorá však v literatúre nie je definovaná jednotne. Názov „tvrdosť vody“ nezodpovedá svojím významom predstave o skutočnom správaní sa vody (tvrdá voda = ľad) a sú ťažkosti s presnou definíciou rôznych druhov tvrdosti.

Všeobecne sa tvrdosťou vody rozumie súčet látkových koncentrácií Ca, Mg, Sr a Ba, prípadne len súčet Ca a Mg. Pri tvrdosti vody sa vápniku a horčíku chybné prisudzujú rovnaké chemické i biologické vlastnosti. Pozitívne či negatívne vplyvy „tvrdosti vody“ nie sú vo väčšine prípadov vo vzťahu k celkovému obsahu vápnika a horčíka (prípadne ešte ďalších zložiek), ale vo vzťahu ku koncentrácii len jedného z nich. Rozdiely sa týkajú nielen chemických, ale i biologických a hygienických aspektov. Je správnejšie hodnotiť vplyv vápnika a horčíka vždy samostatne, ako hľadať vzťahy medzi sumou Ca+Mg a niektorými chemickými či biologickými vlastnosťami vody. V niektorých prípadoch možno dôjsť aj k celkom chybným záverom.

V **tab. 1** sú uvedené stupnice „tvrdosti“ vody používané v našej a zahraničnej literatúry, v anglosaskej literatúre je možné sa stretnúť s vyjadrením tvrdosti ako ekvivalentu CaCO_3 (mg.l^{-1}) alebo vzácnejšie CaO (mg.l^{-1}).

Tabuľka 1 Stupnice tvrdosti vody

Stupnica	Ca + Mg [mmol.l ⁻¹]	Tvrdosť [°N]	Tvrdosť ako Ca [mg.l ⁻¹]	Tvrdosť ako CaCO ₃ [mg.l ⁻¹]
Veľmi mäkká	0 - 0,71	0 - 4	0 - 20	0 - 50
Mäkká	0,71 - 1,42	4 - 8	20 - 40	50 - 100
Stredne tvrdá	1,42 - 2,14	8 - 12	40 - 60	100 - 150
Tvrdá	2,14 - 3,20	12 - 18	60 - 80	150 - 200
Značne tvrdá	3,20 - 5,40	18 - 30	80 - 120	200 - 300
Veľmi tvrdá	nad 5,40	nad 30	nad 120	nad 300

Extrémne oblasti tvrdosti sú nežiaduce z hľadiska zdravotného i technologického, určiť optimálnu koncentráciu Ca a Mg v pitnej vode nie je jednoduché a nie vždy sa potreby zdravotné musia prekrývať s potrebami technologickými.

V **tab. 2** sú uvedené limitné hodnoty „tvrdosti vody“ vyjadrené ako súčet Ca a Mg pre pitné vody na Slovensku (NV č.354/2006) a v Českej republike (Vyhláška č. 252/2004).

Tabuľka 2 Hodnoty „tvrdosti vody“, Ca a Mg pre pitné vody

Parameter	Symbol	Jednotka	Slovenská republika		Česká republika	
			MH	OH	MH	DH
Vápnik + horčík	Ca + Mg	mmol/l	-	1,1 – 5,0		2,0 – 3,5
Vápnik	Ca	mg/l	-	nad 30	30	40 - 80
Horčík	Mg	mg/l	125	10 - 30	10	20 - 30

VPLYV VÁPNIKA A HORČÍKA

a) na ľudské zdravie

Vápnik a horčík sú potrebné pre zdravý rast a ochranu kostí pred odvápnením, znižujú nervovo-svalovú dráždivosť, stres, únavu, podporujú imunitu a ovplyvňujú zrážanie krvi. WHO vydala v roku 2009 materiál *Calcium and magnesium in drinking water – Public health significance* zaoberajúci sa významom vápnika a horčíka pre ľudské zdravie, faktormi, ktoré ovplyvňujú obsah vápnika a horčíka vo vodách (napr. minerálne zloženie vody) atď. [2]. Z materiálu vyplýva dôležitosť vápnika a horčíka pre ľudské zdravie. Organizmus si ich nevie sám vytvoriť, musia sa dodávať nápojmi a potravou. Odporúčaná denná dávka je 1000 mg/deň pre populáciu mladistvých (11-17 rokov) mužov alebo 800 mg/deň u mladistvých žien a 800 mg/deň pre dospelú populáciu.

Pri dlhodobom nedostatočnom príjme vápnika môže dôjsť k postupnému rednutiu kostí, bolestiam kĺbov, čo môže vyústiť do osteoporózy a zvýšenej lámavosti kostí. Nedostatok vápnika sa prejavuje bolesťami hlavy, migrénou, lámavosťou nechťov, môžu vznikať ekzémy. Pri dlhodobom nadbytočnom prísune vápnika, hlavne vo forme umelých preparátov s nadmerným obsahom vápnika, môže dôjsť k tvorbe močových alebo obličkových kameňov, k zrýchlenému vápenataniu ciev, a to hlavne vtedy, ak nie je súčasne podávaný aj vitamín D.

Magnézium spoločne s voľným vápnikom Ca^{2+} predstavuje jeden z hlavných regulátorov svalovej kontrakcie, vrátane napätia hladkého svalstva, pričom jeho nedostatok môže viesť ku kŕčom, búšeniu srdca, vysokému tlaku, nervozite, poruchám spánku a nesprávnemu fungovaniu nervového systému či žliaz s vnútorným vylučovaním (zažívacie trakt, obličky, štítna žľaza). Nadbytok horčíka je v organizme mimoriadne zriedkavý, keďže sa veľmi ľahko vylučuje močom.

Zdravotný význam tvrdosti vody (vápnika a horčíka) by mal byť zohľadňovaný už pri výbere vodného zdroja na zásobovanie pitnou vodou (zdravotný význam by mal byť uprednostnený pred hľadiskom technickým, preto k úprave tvrdosti vody pristúpiť len pri významnom prekročení odporúčaných hodnôt). Zo zdravotného hľadiska dávame prednosť tvrdej vode. Štatisticky bolo zistené, že v oblastiach, kde pitná voda obsahuje vyššiu koncentráciu vápnika a horčíka sa u obyvateľstva vyskytuje menej kardiovaskulárnych ochorení a rizika náhleho úmrtia na kardiovaskulárne ochorenia [3].

Z hygienického hľadiska prítomnosť vápnika a horčíka je v pitnej vode žiaduca. Novela č.496/2010 (Tab. 2), ktorou sa mení a dopĺňa Nariadenie vlády č.354/2006 Z.z. uvádza ako odporúčanú hodnotu pre pitnú vodu obsah vápnika a horčíka 1,1 až 5 mmol.l⁻¹ (t.j. tvrdosť vody 6,16 až 28 °dH). Voda z vodovodu je tak najjednoduchší každodenný zdroj vápnika a horčíka pre organizmus (z vody sa vstrebe takmer 60% magnézia, pričom z potravy len 30-40%).

b) na vodovodnú sieť a technologické procesy

Voda, ktorej chemické zloženie sa formuje v geologických štruktúrach chudobných na rozpustené minerálne látky, sú málo mineralizované s nedostatočným obsahom vápnika a horčíka. Obsah rozpustených látok anorganických solí prírodného pôvodu je v týchto vodách veľmi nízky, takáto voda sa musí obohatovať v technológii úpravy vody. Nízko mineralizované vody sú veľmi korozívne na stavebné betónové prvky vodojemov, ako aj na rozvodné potrubie. V dôsledku agresivity vody dochádza v distribučnej sieti vplyvom korózie vodovodného potrubia k zhoršovaniu kvality pitnej vody, najmä jej senzorických vlastností. Z technického hľadiska nie je vhodná ani veľmi mäkká voda,

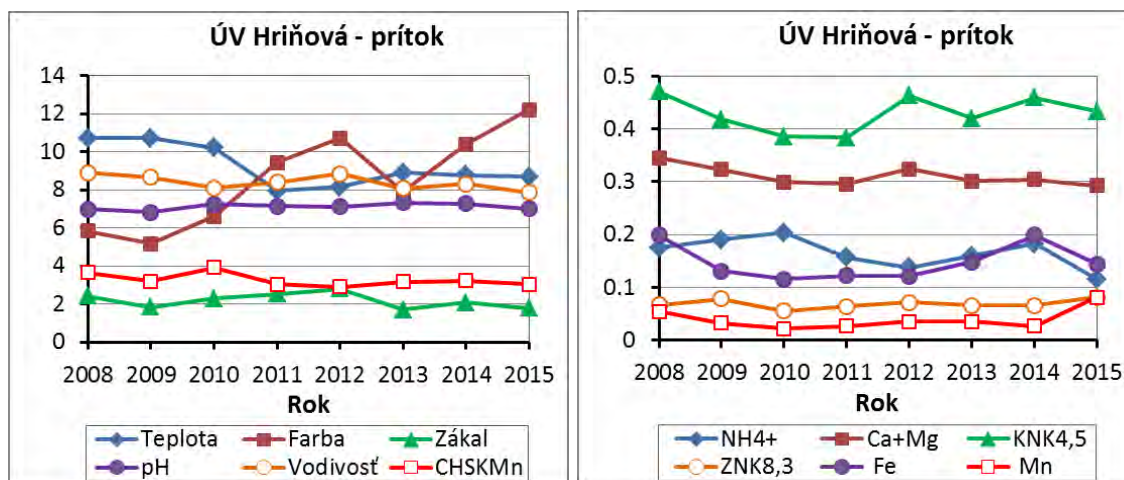
ani voda tvrdá, ktorá zase znižuje životnosť potrubí a nádrží tvorbou inkrustácií. V závislosti na interakcii s inými faktormi, ako napr. pH a alkalita, spôsobuje inkrustáciu voda s tvrdosťou (ako ekvivalent CaCO_3) nad 200 mg.l^{-1} [4]. Vzniku vápenatých inkrustácií možno do značnej miery predchádzať stabilizáciou vody (dosiahnutím vápenato-uhličitanovej rovnováhy) už pri úprave vo vodárni.

Na eliminovanie agresivity vody a súčasne aj na zlepšenie jej kvality (predovšetkým na zvýšenie obsahu biogénnych prvkov ako je vápnik a horčík), je potrebné vodu upravovať. Na jej rekarbonizáciu je možné použiť technologické postupy: stvrdzovanie vápnom a oxidom uhličitým, uhličitanmi a oxidom uhličitým alebo silnými kyselinami alebo stvrdzovanie s PVD a oxidom uhličitým [5]. Výhodnejšie je využiť metódy, ktoré využívajú reakciu medzi oxidom uhličitým a vápnom alebo oxidu uhličitého s polovypáleným dolomitom. Pri tejto technológii je možné dosahovať (na základe laboratórnych skúšok) v rekarbonizovanej vode požadovanú hodnotu $\text{KNK}_{4,5}$ $1,2 \text{ mmol/l}$. Zároveň použitím PVD sa bude zvyšovať obsah horčíka v upravovanej vode.

Zo zdravotného hľadiska možno zdôvodniť zmäkčovanie len takej vody, ktorá svojím obsahom vápnika a horčíka výrazne presahuje odporúčanú hornú hranicu tvrdosti (5 mmol/l), a nie je k dispozícii iný vhodný zdroj vody. K zmäkčovaniu však musí byť použitá taká technológia, ktorá zachová optimálny obsah vápnika, horčíka, príp. ďalších esenciálnych prvkov nachádzajúcich sa vo vode, a nebude zdrojom iných cudzorodých látok vo vode. K znižovaniu tvrdosti sa používa destilácia, membránové technológie, iónová výmena, zrážanie dávkovaním rôznych zlúčenín (vápna, vápna a sódy, hydroxidu sodného a sódy, fosforečnanov). K obmedzení účinkov tvrdosti vody potom magnetická úprava a opäť dávkovanie tzv. inhibítorov korózie (polyfosforečnany, fosforečnany, kremičitany, atď.). Z uvedených technológií destilácia, deionizácia, reverzná osmóza, nanofiltrácia produkujú vodu prakticky zbavenú všetkých minerálov, ktorá nemá charakter pitnej vody a nie je vhodná pre trvalú spotrebu. Negatívne účinky mäkkej vody tu môžu byť najvýraznejšie (pri pravidelnej konzumácii tejto vody môže dôjsť k narušeniu normálneho metabolizmu niektorých minerálnych látok) [3].

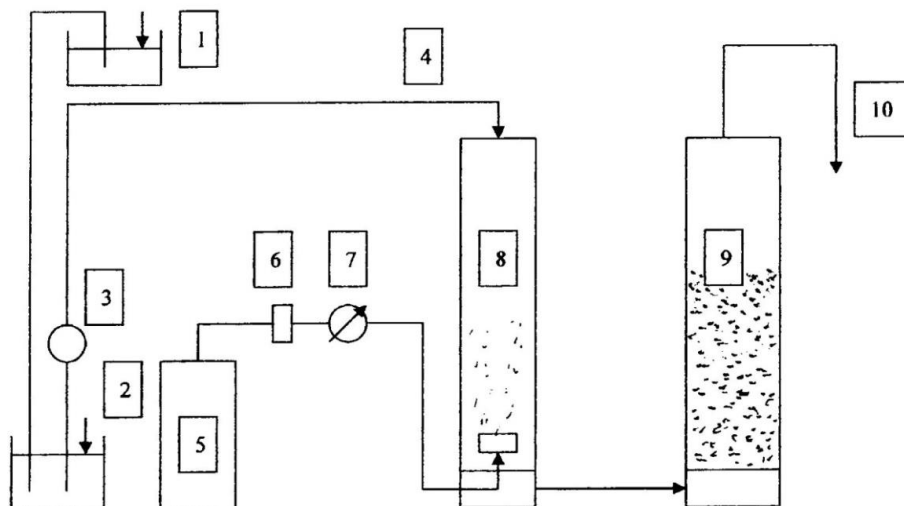
EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Cieľom poloprevádzkových skúšok bolo overiť možnosť obohacovať vodu o horčík v úpravni vody Hriňová. V súčasnosti je obsah vápnika a horčíka vo vode na odtoku z ÚV Hriňová 25 mg/l Ca a 4 mg/l Mg, priemerná hodnota Ca+Mg je $0,75 \text{ mmol/l}$.



Obr. 1 Priemerné hodnoty vody na prítoku do ÚV Hriňová

Experimenty boli robené na modelovom zariadení (**obr. 2**) pre filtračné rýchlosti 17 m/h, čo zodpovedá reálnej potrebe v prípade realizácie tohto technologického stupňa pri plánovanej modernizácii UV Hriňová [6]. Na experimenty bola použitá upravená voda podľa súčasnej technológie úpravy vody (UV žiarenie, dávkovanie CO₂, dávkovanie koagulantu PIX113, rýchle miešanie hydromiesičom, pomalé miešanie nornými stenami, usadzovanie, dávkovanie vápna, filtre s pieskom).



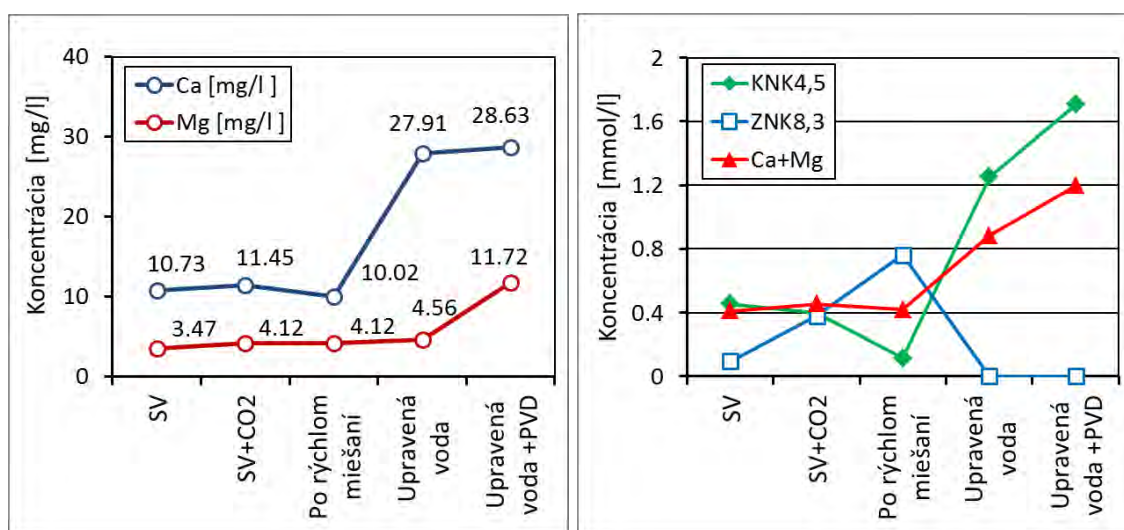
Obr. 2 Technologická schéma modelového zariadenia na obohacovanie vody o horčík

Vysvetlivky:

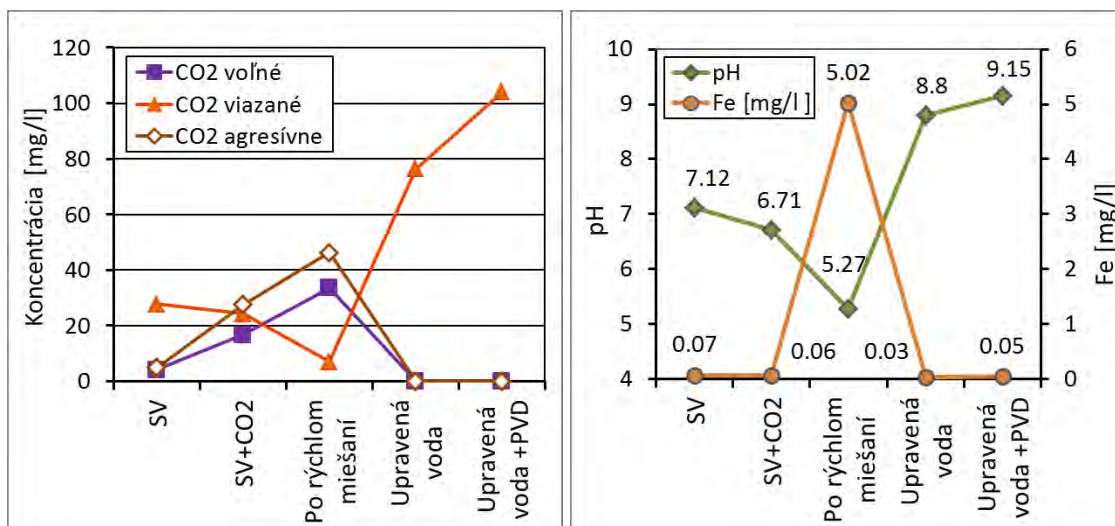
1 – prítok filtrovanej vody z filtra, 2 – zásobná nádrž, 3 – čerpadlo, 4 – prítok vody do protiprúdovej zmesovacej kolóny, 5 – tlaková nádoba s CO₂, 6 - redukčný ventil, 7 – meranie prietoku CO₂, 8 – protiprúdová zmesovacia kolóna CO₂ s pritekajúcou vodou, 9 – poloprevádzkový filter s náplňou PVD (Everzit), 10 – odtok upravenej vody

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na **obr. 3** a **4** je ukázaný priebeh stvrdzovania vody a zmena jednotlivých ukazovateľov počas poloprevádzkových experimentov.



Obr. 2 Priebeh zmeny koncentrácie Ca, Mg, Ca+Mg, KNK_{4,5} a ZNK_{8,3} v jednotlivých procesoch úpravy vody počas modelových skúšok v ÚV Hriňová



Obr. 3 Priebah zmeny koncentrácia CO₂, pH a Fe počas modelových skúšok úpravy vody a obohacovania vody o horčík v ÚV Hriňová

ZÁVER

Na základe poloprevádzkových skúšok bolo preukázané, že polovypálený dolomit má svoje opodstatnenie využívania i vo veľkých úpravniach vody. Úpravne vody Hriňová, Turček, Klenovec a Málinec majú obsah horčíka v distribuovanej vode 3,5-5,5 mg/l, čo je veľmi nízka hodnota voči odporúčanej hodnote 10-30 mg/l podľa Nariadenia vlády č. 354/2006 Z.z., v znení neskorších predpisov. Odporúčaná hodnota v ČR je ešte vyššia ako naše odporúčanie. Na dôležitosť vo vyššej miere upozorňujú zdravotníci, a v poslednom čase aj geológovia. Títo pripravili nedávno veľkú konferenciu s jedinou témou – obohacovanie pitnej vody o biogénny prvok – horčík. Doterajšie názory, že sa jedná „len“ o odporúčanú hodnotu a že sa jedná o zvýšenie prevádzkových nákladov poukazuje akurát tak na nezodpovedný prístup ku kvalite dobrej a zdravej vody [6].

PodĎakovanie

Experimentálne merania boli uskutočnené za finančnej podpory projektu VEGA 01/0400/15.

LITERATÚRA

- [1] Ilavský, J. a kol.: Chémia vody a hydrobiológia, STU Bratislava, 2008, ISBN 978-80-227-2930-7, s. 303
- [2] Calcium and magnesium in drinking Water. Public health significance. WHO 2009.
- [3] Kožíšek, F.: Zdravotní význam „tvrdosti“ pitné vody [online]. SZÚ Praha, 2003. Dostupné z: http://filtry.ic.cz/Zdravotni_vyznam_tvrlosti_pitne_vody.pdf
- [4] WHO. Guidelines for drinking-water quality. 3rd ed. Vol.1. Recommendations. World Health Organization, Geneva 2004, s. 540.
- [5] Olejko, Š.: Technológia stvrdzovania pitnej vody. In: Voda Zlín 2000. Sborník příspěvku IV. mezinárodní konference. Zlín, Vodovody a kanalizace Zlín, a.s..2000, s. 119-124.
- [6] Šimko V. a kol.: Modernizácia úpravne vody Hriňová. Závěrečná správa. Aktivita 3. Poloprevádzkové skúšky II. Etapa, časť 6, téma 2 Overenie možnosti obohacovať vodu o horčík, december 2015, p. 97.

ÚV Trnová – první keramická membránová mikrofiltrace ve Střední Evropě

Ing. Petra Hrušková, Mgr. Tomáš Brabenec, Milan Drda

ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, Praha 6, 160 00

hruskova@envi-pur.cz, brabenec@envi-pur.cz, drda@envi-pur.cz

Úvod

K první aplikaci keramické membránové mikrofiltrace ve Střední Evropě došlo na úpravně vody v obci Trnová, která se nachází ve Středočeském kraji, přibližně 20 km jižně od Prahy. Smutná historie úpravně vody, kdy byla upravená voda vyhlášena jako nepitná, jelikož opakovaně nesplňovala požadavky vyhlášky č. 252/2004 Sb., byla v minulosti podrobně popsána v několika publikacích [1, 2, 3]. Původní technologická linka, která nevyhovovala požadavkům na kvalitní dodávku pitné vody, byla doplněna o technologie, které nepříjemnou situaci rychle a spolehlivě vyřešily. Těmito technologiemi jsou nový filtrační materiál Filtralite Mono-Multi, dále tlaková filtrace s granulovaným aktivním uhlím, UV desinfekce a v neposlední řadě mikrofiltrační jednotka s keramickou membránou AMAYA 5.

AMAYA 5 je v provozu na ÚV Trnová od července 2016. V tomto příspěvku bychom rádi shrnuli dosavadní provoz a první výsledky z úspěšné aplikace keramické membránové mikrofiltrace.

Keramická membránová mikrofiltrace AMAYA 5

AMAYA 5, jež je zobrazena na obrázku 1, představuje technologii, která je založena na principu keramické membránové mikrofiltrace s předřazeným koagulačním stupněm. Tento jednostupňový membránový filtrační systém je spolehlivý bariérový způsob odstraňování organických látek, zákalu, barvy, mikroorganismů, popřípadě dalších polutantů.



Obrázek 1 Keramická membránová mikrofiltrace AMAYA 5 (vlevo), ÚV Trnová (vpravo)

Zdrojem surové vody pro úpravnu vody Trnová je nádrž Vrané nad Vltavou. Mikrofiltrační jednotka je zde provozována při výkonu $4 \text{ m}^3/\text{h}$ ($Q_{\text{max}} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$), což odpovídá fluxu $160 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. Jednotka má zabudovaný jeden mikrofiltrační keramický element a disponuje dvěma rukávovými filtry pro mechanické předčištění surové vody. Homogenizace koagulantu a agregace částic probíhá v trubkovém flokulátoru, který se nachází před samotnou keramickou membránou. Provoz jednotky je plně automatický a je přizpůsoben pro dálkovou správu. Schéma membránové filtrace je zobrazeno na obrázku 2.



Obrázek 2 Schéma keramické membránové mikrofiltrace AMAYA 5

Pro optimální provoz jednotky na ÚV Trnová byl jako koagulant zvolen síran hlinitý, který byl posléze nahrazen koagulantem typu polyaluminiumchlorid (PAX 18).

V membránové mikrofiltrační jednotce je umístěný jeden keramický element s povrchem membrány 25 m^2 , nominální velikostí póru $0,1 \text{ }\mu\text{m}$, průměrem kanálku $2,5 \text{ mm}$ a s počtem kanálků 2000. Systém pracuje způsobem přímé filtrace (dead end filtration). Před a za mikrofiltrační jednotkou jsou umístěna tlaková čidla, která zaznamenávají nárůst transmembránového tlaku – TMP a tedy monitorují zanášení membrány vzniklou suspenzí. Pokud TMP nastoupá na hodnotu $80 - 120 \text{ kPa}$ (nastavitelný parametr) je proveden zpětný proplach. Zpětný proplach (fyzikální praní - BW) se provádí filtrovanou vodou v časovém intervalu 2 – 6 hodin. Fyzikální praní probíhá nejprve filtrovanou vodou z nádrže zpětného proplachu o tlaku 500 kPa , následuje proplach vzduchem o tlaku 200 kPa . Díky využití vysokého tlaku při zpětném proplachu je doba potřebná pro proplach velice krátká (15 s) s vysokou účinností odstranění depozitů (snížení TMP). Potřebné množství vody pro fyzikální praní (100 l) je odebíráno pomocí čerpadla na BW ze zásobníku upravené vody (nádrž na permeát). Zdrojem tlakového vzduchu pro provedení fyzikálního praní je vzduchový kompresor. Z nádrže permeátu upravená voda gravitačně natéká do stávající akumulace.

V daných časových intervalech je aplikováno chemické praní (CEB): kyselé nebo oxidační. Kyselé praní (ACID CEB) se provádí kyselinou sírovou. Oxidační praní (OXID CEB) se provádí dávkováním chlornanu sodného. Chemické praní membrány trvá 10 minut, poté následuje standardní zpětný proplach. Četnost kyselého praní membrány je 1 x 24 hodin a oxidačního praní je 2 x týdně. Spotřeba koncentrované kyseliny sírové (96 %) na jedno praní je cca 100 ml a spotřeba chlornanu sodného (14 %) je cca 50 ml . Spotřeba vody na fyzikální a chemické praní je pouze 0,5 % vyrobené vody. Fyzikální i chemické praní probíhá automaticky s možností změny četností a dalších nastavitelných parametrů.

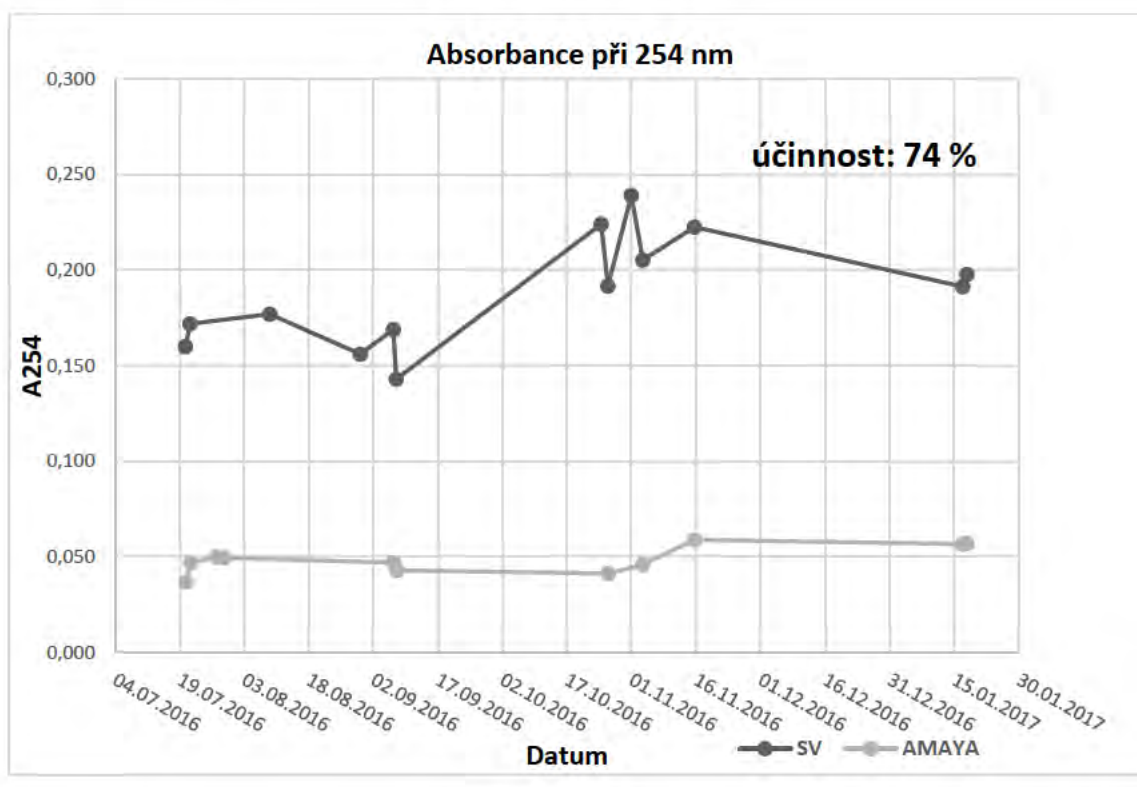
Provozní výsledky

Mikrofiltrační zařízení AMAYA 5 vykazuje nejen výborné kvantitativní výsledky, ale dle rozborů na ÚV Trnová, rovněž velmi dobré výsledky kvalitativní (tabulka 1, obrázek 3, 4, 5, 6).

Tabulka 1 Vybrané ukazatele a separační účinnost membránové mikrofiltrace AMAYA 5

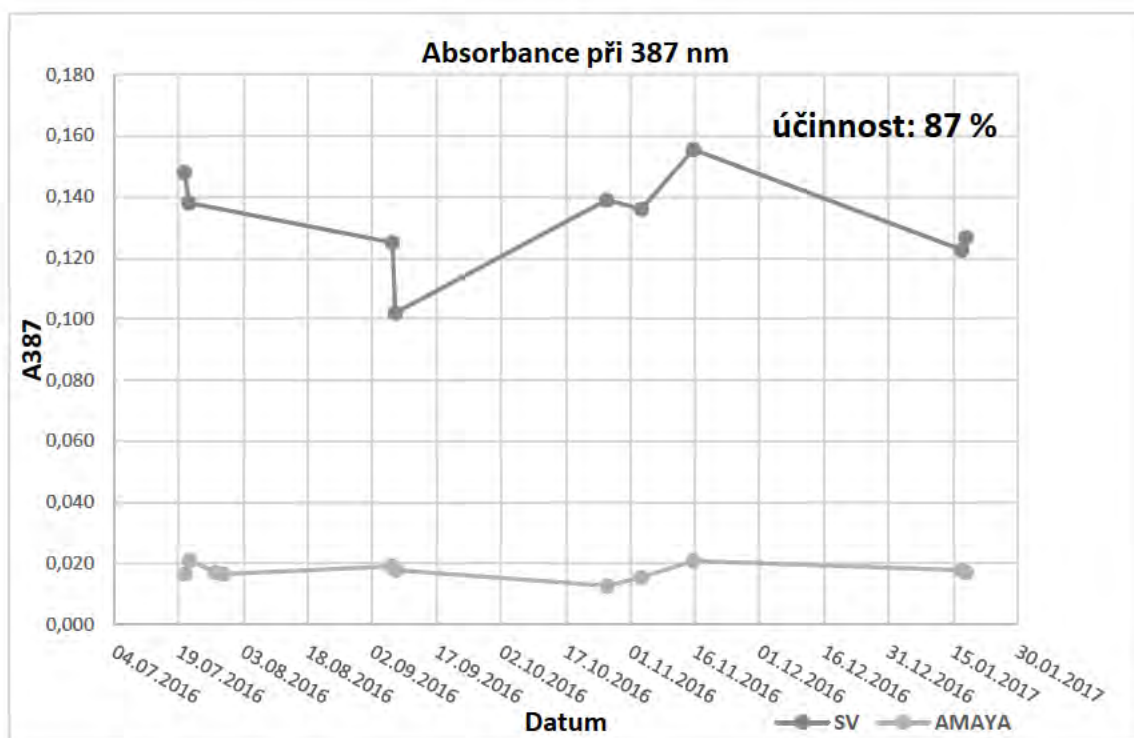
Parametr	Účinnost odstranění
A254 – organické látky	74 %
A387 - barva	87 %
A820 - zákal	~ 100 %
CHSK(Mn) (mg/L)	64 %

Obrázek 3 zobrazuje vývoj kvality surové vody (SV) a účinnost odstranění pomocí membránové mikrofiltrace (AMAYA) u ukazatele A254 (absorbance při 254 nm). Průměrná účinnost odstranění je 74 %. Jak lze vidět na grafu, došlo v průběhu sledování k výraznějšímu zhoršení kvality surové vody (A254 max = 0,223), které se ale negativně neprojevilo na separační účinnosti membránové mikrofiltrace.



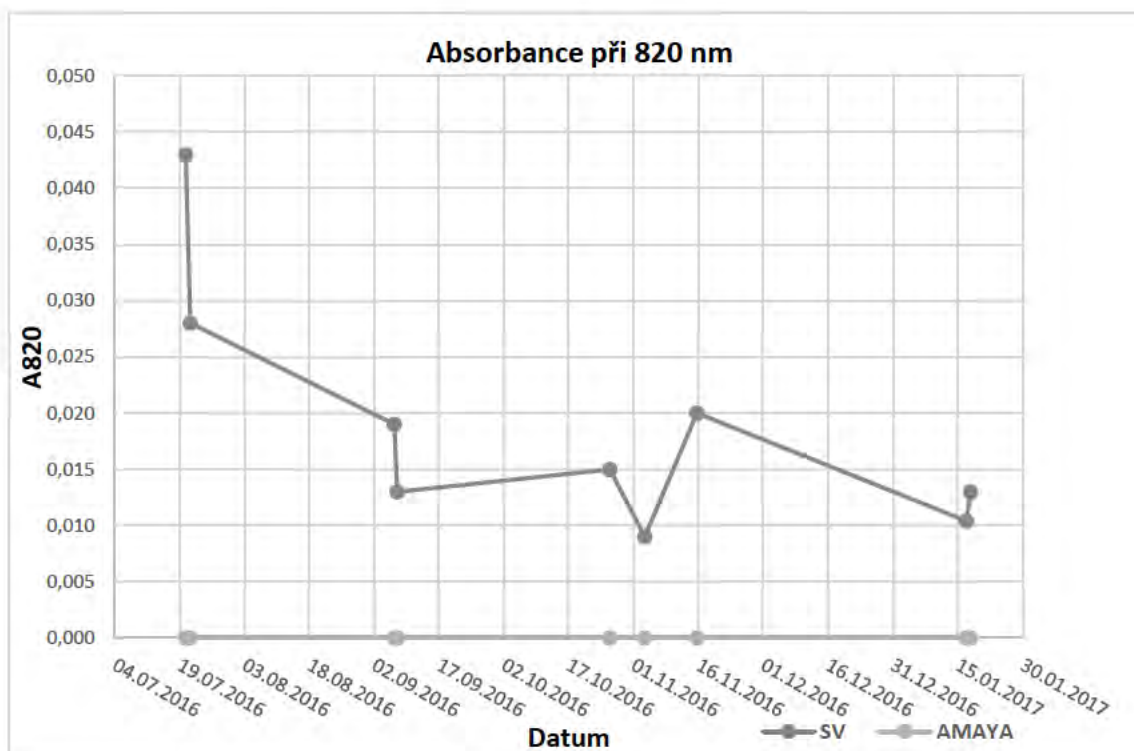
Obrázek 3 Účinnost membránové mikrofiltrace AMAYA 5 u ukazatele absorbance při 254 nm

Obrázek 4 zobrazuje vývoj kvality surové vody a účinnost odstranění pomocí membránové mikrofiltrace u ukazatele A387 (absorbance při 387 nm). Průměrná účinnost odstranění je 87 %.



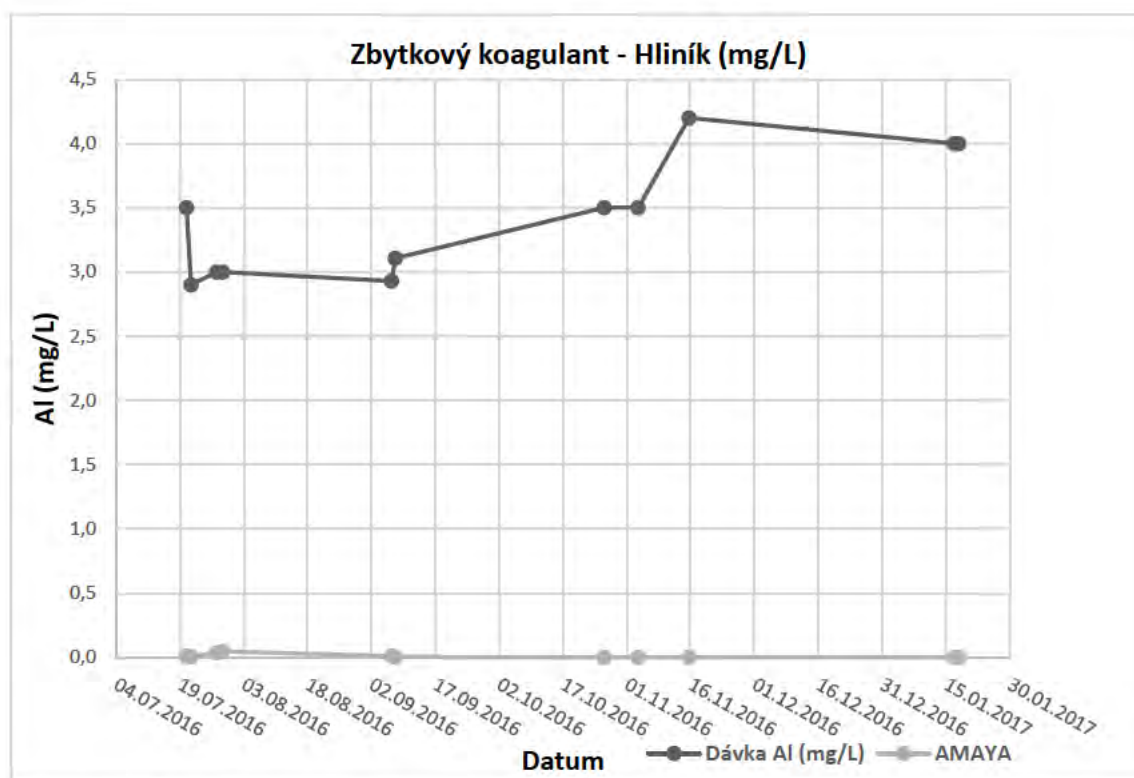
Obrázek 4 Účinnost membránové mikrofiltrace AMAYA 5 u ukazatele absorbance při 387 nm

Obrázek 5 zobrazuje vývoj kvality surové vody a účinnost odstranění pomocí membránové mikrofiltrace u ukazatele A820 (absorbance při 820 nm). Tento parametr představuje účinnost odstranění nerozpuštěných látek. Vzhledem k velikosti pórů membrány (0,1 μm) je účinnost ~ 100%.



Obrázek 5 Účinnost membránové mikrofiltrace AMAYA 5 u ukazatele absorbance při 820 nm

Obrázek 6 zobrazuje vývoj dávky koagulantu (koncentrace Al v mg/L) a účinnost odstranění pomocí membránové mikrofiltrace. V průběhu sledování, jak již bylo zmíněno, došlo k výraznějšímu zhoršení kvality surové vody a zvýšení dávky koagulantu. Dávka koagulantu se pohybovala v rozmezí 2,9 - 4,2 mg/L Al. Na kvalitu upravené vody, respektive koncentraci zbytkového koagulantu, to nemělo negativní vliv.



Obrázek 6 Účinnost membránové mikrofiltrace AMAYA 5 u ukazatele zbytkový koagulant

Mikrobiologické a biologické ukazatele

V rámci provozu jsou sledovány kromě fyzikálně – chemických ukazatelů také mikrobiologické a biologické ukazatele. Tabulka 2 shrnuje výsledky rozborů za membránovou mikrofiltrační jednotkou. Pozitivní nález byl zatím pouze jeden a to u ukazatele koliformní bakterie (10 KTJ/100 ml). Ostatní ukazatele byly ve všech případech negativní, což prokazuje vysokou separační účinnost mikroorganismů pomocí membránové technologie.

Tabulka 2 Mikrobiologické a biologické ukazatele – AMAYA 5

Ukazatel	Jednotky	22.7.16	25.10.16	24.10.16	1.11.16	5.12.16	10.1.17
Koliformní bakterie	KTJ/100ml	0	0	0	10	0	0
Escherichia coli	KTJ/100ml	0	0	0	0	0	0
Clostridium perfringens	KTJ/100ml	0	0	0	0	0	0
Mikroskopický obraz-ŽO	jed./ml	0	0	0	0	0	0
Mikroskopický obraz-PO	jed./ml	0	0	0	0	0	0

Poděkování

Poděkování patří doc. Ing. Petru Dolejšovi, CSc. a Ing. Pavlu Dobiášovi (W&ET Team České Budějovice), kteří byli osloveni provozovatelem VAK Beroun již na začátku této kauzy a podíleli se na intenzivním řešení problematické situace. Společně tak ve velice krátkém časovém horizontu dokázali kompletně navrhnout a zrealizovat technická opatření, která vedla k tomu, že občané Trnové mají od 8.8.2016 opět kvalitní pitnou vodu. S velkým úsilím a poměrně vysokými ekonomickými náklady zejména VAK Beroun byla původní technologická linka rekonstruována na moderní úpravnu vody.

Závěr

První provozní výsledky z aplikace membránové mikrofiltrace prokazují její mechanickou, chemickou odolnost a robustnost systému, který zvládne v jednom technologickém stupni z povrchové vody z Vltavy bez obtíží vyrábět kvalitní pitnou vodu.

Membránová mikrofiltrace je provozována při vysokém fluxu ($160 \text{ L/m}^2 \cdot \text{h}$) a i přesto je dosahováno dlouhých filtračních cyklů a spotřeba vody na praní systému je pouhých 0,5 %. Taktéž se prokázala vysoká separační účinnost odstranění organických látek, zákalu, barvy a mikroorganismů.

Literatura

- [1] Kožíšek F.: Co se událo v americkém Flintu a české Trnové a jaké to má paralely. Sborník konference PITNÁ VODA 2016, s. 153-159, v Táboře 23.5. – 26.5. 2016, W&ET Team České Budějovice 2016, ISBN:978-80-905238-2-1
- [2] Dolejš P., Dobiáš P., Paul J.: ÚV Trnová – ukázka co je možné v současném vodárenství u nás a následné řešení krizového stavu. Sborník konference PITNÁ VODA 2016, s. 159-165, v Táboře 23.5.– 26.5. 2016, W&ET Team České Budějovice 2016,ISBN:978-80-905238-2-1
- [3] Dolejš P., Dobiáš P., Paul J., Soukup J., Hrušková P., Brabenec T.: Úpravna vody Trnová aneb jak jsme vytahovali trn z paty v Trnové. Sborník konference NOVÉ TRENDY V ČISTÍRENSTVÍ, s. 35 – 48, v Soběslavi 8.11. 2016, ENVI-PUR, s.r.o. Soběslav 2016, ISBN:978-80-905059-5-7

Modernizácia ÚV Hriňová, alebo na ceste od poloprevádzkových skúšok k stavebnému povoleniu

Ing. Pavol Pelikán¹⁾, Ing. Jana Buchlovičová²⁾

¹⁾ Enviroline, s.r.o., Františkánska 5, 040 01 Košice, pelikan@enviroline.sk

²⁾ VodaTím s.r.o., Zvolenská 27, 821 09 Bratislava, buchlovicova@vodatim.sk

Zásobovanie vodou a odkanalizovanie ľudských obydlií patrí k základným atribútom civilizovanej spoločnosti. Na Slovensku má zásobovanie pitnou vodou viac ako 500 ročnú tradíciu. Novodobé začiatky úpravy vody siahajú do obdobia konca 50-tych a začiatku 60-tych rokov minulého storočia, kedy bola vyprojektovaná a uvedená do prevádzky úpravňa vody HRIŇOVÁ. Následne bolo postupne vybudovaných ďalších 6 úpravní povrchovej vody, ktoré v súčasnosti upravujú vodu z vodárenských nádrží.

Realitu v našich ÚV je možné charakterizovať nasledovne:

- *technológia úpravy vody je zastaraná a nezodpovedá požiadavkám na úpravu súčasného stavu surovej vody*
- *technologické zariadenia sú poruchové a energeticky náročné*
- *v mnohých prípadoch chýba spoľahlivé meranie, regulácia, signalizácia a určite i automatizácia*

Súčasní odborníci zaoberajúci sa problematikou pitnej vody už niekoľko rokov považujú za viac ako aktuálne pristúpiť k modernizácii úpravní vôd SR.

V súčasnosti je pripravený Operačný program Kvalita životného prostredia s vytýčeným Špecifickým cieľom 1.2.2., ktorý je zameraný na zvýšenie spoľahlivosti úpravy vody odoberanej z veľkokapacitných zdrojov povrchových vôd v záujme zvýšenia bezpečnosti dodávky pitnej vody verejnými vodovodmi. I napriek tomu pretrváva názor či predstava, že voda produkovaná veľkokapacitnými úpravňami vody vyhovuje, až na malé výnimky, požiadavkám Nariadeniu vlády SR č.354/2006 Z. z. v znení neskorších predpisov, a investície do modernizácie nie sú požiadavkou súčasnosti a skôr sa prikláňajú iba k potrebe rekonštrukcie či optimalizácie namiesto celkovej modernizácie a inovácie. **Je pravdou, že pitná voda z našich najväčších úpravní vôd v súčasnosti zodpovedá normatívnym požiadavkám z hľadiska kvality, ale existuje celý rad, respektíve súbor rôznych rizík, ktoré by mohli spôsobiť významné problémy v zásobovaní obyvateľstva pitnou vodou.** Investície do modernizácie technológie sú potrebné, nie na odstraňovanie „závadného stavu“ v kvalite pitnej vody, ale na elimináciu možnosti vzniku závadného stavu. Zmeny klímy už dnes značne menia kvalitu surovej povrchovej vody. Čoraz častejšie suchá a záplavy nevyhnutne ovplyvnia zásobovanie bezpečnou pitnou vodou. Klimatické zmeny ovplyvňujú množstvo, kvalitu, ale v určitých prípadoch môžu ovplyvniť aj dostupnosť pitnej vody. Za takýchto okolností je možné hovoriť o extrémnych udalostiach, ktoré môžu byť veľmi ľahko spúšťačom epidémií.

Modernizácia je však potrebná i z dôvodu skutočnosti, že so zvyšujúcimi nárokmi na kvalitu pitnej vody, rastie úmerne i spotreba energií potrebných k úprave surovej vody na vodu pitnú. Z tohto dôvodu sa jedná i o modernizáciu čerpania, miešania, regeneráciu filtrov, spoľahlivý a dokonalý systém ASRTP a pod. Že sa jedná o dôležitú problematiku potvrdzuje i skutočnosť, že k tejto problematike bola vydaná Smernica európskeho

parlamentu a rady č. 2009/28/ES. V nej uvedené ciele v žiadnom prípade nie je možné dosiahnuť optimalizáciou (u zostarnutých el. motorov, čerpadiel, či miešadiel je cieľ zníženia energetických nárokov prakticky nemožný).

Je samozrejmé, že v Slovenskej republike s ukončeným Operačným programom Životné prostredie, ktorý bol v programovom období 2007-2013, neskončili i veľké investície vkladané do budovania a modernizácií ČOV. Sú tu však reálne predpoklady a i snahy začať vkladať investičné prostriedky i do obnovy majetku, ktorý slúži k výrobe a zásobovaniu obyvateľstva pitnou vodou. Z Operačného programu Kvalita životného prostredia (programové obdobie 2014 – 2020) s vytýčeným Špecifickým cieľom 2, budú prioritne podporované hlavne projekty veľkých úpravní povrchovej vody. V Slovenskej republike sa táto problematika dotýka siedmich úpravní povrchovej vody, ktoré sú v prevádzke 25 až 50 rokov. Popri riešení problematiky veľkých úpravní nesmie sa však zabudnúť na vážny a v niektorých prípadoch až katastrofálny stav malých a stredných úpravní vody. Je žiaduce systematicky posúdiť, zhodnotiť a vypracovať plán obnovy i týchto úpravní vôd.

Predprojektová príprava a spracovanie projektovej dokumentácie modernizácie úpravne vody je zložitý technický proces. Úspešnosť projektu z veľkej časti závisí od dokonalých podkladov získaných v rámci predprojektových prác. Pri tejto činnosti musí byť dodržaný predpoklad, že modernizácia nebude len prostou obnovou pôvodného technologického zariadenia. **Modernizácia by mala priniesť nové technológie a lepšie podmienky pre prevádzkovanie a riadenie procesov úpravy vody.** Pre úpravňu vody, ktorá pracuje nepretržite viac ako 50 rokov je toto konštatovanie viac ako oprávnené.

Predprojektová príprava modernizácie úpravne vody Hriňová spočívala z:

- auditu:
 - o vodárenskej nádrže – surovej vody
 - o zhodnotenia súčasného stavu:
 - technologického zariadenia úpravne vody
 - chemického hospodárstva
 - kalového hospodárstva
 - stavebného a statického posúdenia
 - elektro-časti
- návrhu poloprevádzkových zariadení
- poloprevádzkových skúšok
- návrhu technológie úpravy vody – podklad pre projekt pre stavebné konanie – tak, aby sa:
 - o **zvýšila bezpečnosť vody z pohľadu technologického**
 - o **zvýšila bezpečnosť vody z pohľadu zdravotného**
 - o **zlepšila ekonomika prevádzky**

V čom spočíva zvýšenie bezpečnosti vody z pohľadu technologického:

- v prvom rade v inštalácii optimálneho a hlavne spoľahlivého strojno-technologického zariadenia
- v dokonalej prístrojovej technike pre kontinuálnu kontrolu kvality vody pritekajúcej do úpravne vody, ako i kontrolu kvality vody v technologickom procese úpravy vody
- v bezproblémovom prístupe ku všetkým zariadeniam, ktoré sa podieľajú na procese úpravy vody
- v odbornom riadení, obsluhu a kontrole technologického procesu úpravy vody
- v systematickom vzdelávaní pracovníkov úpravní vôd.

Čo predstavuje zvýšenie bezpečnosti vody z pohľadu zdravotného:

Pri mäkkých vodách, zvýšenie bezpečnosti vody zo zdravotného pohľadu znamená, zvýšenie obsahu esenciálnych prvkov - vápnika a horčíka. Skúšky na ich zvýšenie by mali byť urobené (bezprostredne na konkrétnej úpravni vody) na prietochných modelových, resp. poloprevádzkových zariadeniach, a to:

- stvrdzovaním vody
- optimalizáciou v súčasnosti prevádzkovaného stvrdzovania (čo je aj prípad ÚV Hriňová)
- filtráciou cez polovypálený dolomit (PVD)
- alebo dodávaním horčíka chemickou cestou

Takto realizované skúšky v podstate zohľadňujú nové smerovania odporúčané Svetovou zdravotníckou organizáciou WHO, a určite nie je ďaleko čas, keď budú tieto odporúčania predpísané aj Európskou úniou.

Ako je možné zlepšiť ekonomiku prevádzky

Základom pre zlepšenie ekonomiky prevádzky je technicky správne navrhnutá a realizovaná technológia úpravy vody s optimálne vloženými investičnými nákladmi. Zníženie prevádzkových nákladov sa prejaví v úspore prevádzkových chemikálií, v predĺžení filtračných cyklov, a tým v úspore práce vody, ako i v úspore elektrickej energie.

SÚČASNÝ STAV ÚPRAVNE VODY

Za obdobie rokov 2008 až 2015 z fyzikálno-chemického hľadiska, nenastalo výraznejšie zhoršenie rozhodujúcich ukazovateľov vplývajúcich na proces úpravy vody. Farba vody v dlhodobom priemere neprevýšila hodnotu 8 - 9 mg/l Pt, pričom maximálna hodnota bola 40 mg/l Pt, zákal vody 4,0 - 5,0 NTU, organické látky vyjadrené ako CHSK_{Mn} v dlhodobom priemere vykazujú hodnotu 3,5 - 4,0 mg/l.

Voda v nádrži sa výraznejšie zhoršuje v určitých obdobiach z hľadiska hydrobiologického.

- | | |
|-----------------|--|
| Rok 2010 | počet organizmov v surovej vode neprevýšil hodnotu 1000 jedincov
Jednalo sa hlavne o organizmus <i>Voronichinia</i> . |
| Rok 2011 | zistený výskyt organizmu <i>Fragilaria</i> , max. počet bol 20 000 jedincov |
| Rok 2012 | počet organizmov <i>Fragilaria</i> neprevýšil počet 4 000 jedincov |
| Rok 2013 | najvyšší počet organizmov <i>Synedia</i> - 5 900 jedincov |
| Rok 2014 | dve obdobia zvýšeného výskytu organizmov. V marci organizmus <i>Cyclotella</i> po dobu cca 15 dní vykazoval hodnoty nad 10 000 s maximom 36 400 jedincov a v máji <i>Asterionella</i> po dobu cca 20 dní nad 10 000 s maximom 14 200 jedincov. |
| Rok 2015 | krátkodobo v marci a júli po dobu 2-3 dni zistená prítomnosť organizmu <i>Cyclotella</i> 8 200 jedincov a <i>Fragilaria</i> 14 800 jedincov. |

V žiadnom prípade nie je možné zabúdať ani na preukázanie prítomnosti patogénnych prvkov *Cryptosporidium spp.* a *Giardia spp.* vo vode vodárenskej nádrži. Je preukázané, že vyššie uvedené patogénne prvky boli analyzované i v upravenej vode.

POLOPREVÁDZKOVÉ SKÚŠKY

Na základe auditu a skúseností z riešenia úloh modernizácie úpravni vôd Klenovec a Málinec, ako i na základe požiadaviek prevádzkovej spoločnosti, boli navrhnuté dve alternatívy poloprevádzkových skúšok, ktoré boli vykonávané v dvoch etapách. Prvá etapa prebiehala od júla do decembra 2015.

Prvá alternatíva poloprevádzkových skúšok: dvojstupňová úprava vody;
Skúšky boli vykonané na poloprevádzkovom modeli flotácie DAF a následne voda natekala na filtre s rôznymi filtračnými materiálmi:

- kremičitý piesok + antracit
- Filtralite Mono-Multi-Fine
- piesok z prevádzky úpravne vody

Ako koagulant bol použitý síran železitý (PIX – 113), ktorý je aj v súčasnej prevádzke používaný ako hlavný koagulant.

Rozhodujúce hodnoty fyzikálno-chemických ukazovateľov kvality vody pritekajúcej do úpravne vody v období jún až december 2015, kedy boli vykonávané skúšky zamerané na spracovanie podkladov pre modernizáciu úpravne vody Hriňová, sú uvedené v nasledovnej tabuľke:

pH	6,5 - 7,0	max. hodnota 7,3
farba	2,0 - 12,0	max. hodnota 32 mg/l Pt
zákal	0,6 - 2,0	max. hodnota 6,0 ZF
CHSK_{Mn}	2,0 - 3,0	max. hodnota 4,8 mg/l
absorbancia	0,03 - 0,10	max. hodnota 0,13
počet živých organizmov	250 – 400 jedincov/1ml	

Na odtoku z flotačnej jednotky sme mali 0,36 – 0,4 mg/l Fe a za dvojmateriálovými filtrami bol obsah Fe 0,03 mg/l, pričom limit pre koniec filtračného cyklu bol 0,8 mg/l. Tento limit je požiadavkou prevádzkovej spoločnosti.

Druhá alternatíva poloprevádzkových skúšok: jednostupňová úprava vody;
Druhá etapa skúšok bola vykonaná na poloprevádzkovom zariadení mikrofiltrácie s keramickou membránou na relatívne čistej surovej vode (fyzikálno-chem. ukazovatele vyhovovali príslušnej legislatíve, počet živých organizmov 250 – 400 jedincov/1ml). Ako koagulant bol použitý síran železitý (PIX – 113), ktorý je aj v súčasnej prevádzke používaný ako hlavný koagulant.

Skúšky boli zamerané na odsledovanie rôznych dávok železitého koagulantu, rôznu dĺžku filtračného cyklu v závislosti na náraste transmembránového tlaku.

Keďže prevádzková spoločnosť požadovala vykonať skúšky pri výraznom zhoršení kvality surovej vody z hľadiska hydrobiologického aj napriek tomu, že pri skúškach na ÚV Klenovec keramická membránová filtrácia odstraňovala 15000 až 18000 organizmov, bolo poloprevádzkové zariadenie pripravené tak, že bolo možné okamžité uvedenie do prevádzky v prípade hydrobiologického zhoršenia surovej vody v priebehu cca 3 mesiacov.

NÁVRH TECHNOLOGIE ÚPRAVY VODY

Alternatíva A je spracovaná na základe poloprevádzkových skúšok, ktoré boli robené na úpravni vody od júla do decembra 2015. Alternatíva je založená na princípe dvojstupňovej úpravy vody s tým, že využíva osvedčené progresívne prvky, ktoré sú sklbené s pôvodnými rekonštruovanými technologickými celkami.

Klasická dvojstupňová úprava vody s využitím flotácie a filtrácie cez dvojmateriálovú filtračnú náplň. Separáciu suspenzie v prvom technologickom stupni zabezpečuje

flotácia. V procese úpravy bude voda stvrdzovaná. Takto predpripravená voda bude natekať na druhý technologický stupeň - dvojmateriálové otvorené filtre.

Pre technologický stupeň filtrácie navrhujeme využívať 6 pôvodných filtrov. Voda prefiltrovaná cez dvojmateriálovú filtračnú náplň bude zdravotne zabezpečená UV žiarením. Takto upravená voda bude gravitačne odtekať do súčasnej akumulácie. Pred vstupom vody do akumulácie bude táto opätovne zabezpečená dávkovaním chlóru a síranu amónneho (chlóramonizácia). Je zvažovaná aj možnosť obohacovania vody o horčík filtráciou cez filter s náplňou polovypáleného dolomitu (PVD) s následnou filtráciou cez filtre s náplňou granulovaného aktívneho uhlia (GAU).

Chemické hospodárstvo

Príprava a dávkovanie manganistanu draselného

Príprava a dávkovanie hlavného koagulantu

Dávkovanie CO₂

Príprava a dávkovanie vápennej vody

Príprava a dávkovanie pomocného koagulantu

Príprava a dávkovanie plynného chlóru formou chlóramonizácie

Kalové hospodárstvo

Kalové hospodárstvo bude riešené s recykláciou použitej práce vody na keramickej membránovej filtračnej jednotke. Pričom použitá pracia voda bude uskladňovaná ako doteraz v usadzovacích nádržiach práce vody odkiaľ bude čerpaná na lamelové usadzovacie nádrže odkiaľ odsadená voda bude recyklovaná na keramickej membránovej filtračnej jednotke. Usadený kal bude natekať do zahusťovacích nádrží odkiaľ pretečie do predsádkovej nádrže a bude čerpaný do zariadenia komorového kalolisu.

Alternatíva B je navrhnutá ako klasická dvojstupňová úpravy vody (usadzovanie + filtrácia na otvorených pieskových filtroch) doplnená o stupeň úpravy keramicou membránovou filtračnou jednotkou. Pričom keramická membránová filtrácia je navrhnutá na 100 % doby prevádzky a v prípade cca 10 % doby prevádzky kedy dochádza k výraznému zhoršeniu hydrobiologickej kvality pritekajúcej surovej vody bude predradená pred keramicou membránovou filtráciou klasická dvojstupňová úprava vody. Táto alternatíva vznikla po dosiahnutí konsenzu na rokovaníach s prevádzkovou spoločnosťou danej úpravne vody.

Surová voda bude do objektu úpravne vody pritekať nerezovým potrubím DN 500. Na prívodnom potrubí bude osadený hlavný regulačný uzáver s el. pohonom a riadiacou jednotkou a budú zriadené odbočky pre výhľadové napojenie zariadení tlakovej mechanickej mikrofiltrácie.

Následne bude možné vodu nasmerovať na stupeň úpravy keramicou membránovou filtráciou. Na tento účel budú slúžiť dve jednotky s celkovým výkonom Q=195 l/s, s kompletným chemickým hospodárstvom. Z keramickej membránovej filtrácie bude vodu možné nasmerovať buď do akumulácií upravenej vody, na filtre s náplňou GAU/PVD alebo na klasickú linku úpravy vody.

V prípade použitia klasickej linky ako prvého stupňa úpravy bude vyžívaný pôvodný hydromiesič odkiaľ bude voda rovnomerne rozdelená do zariadení pomalého miešania, ktoré budú pozostávať z troch pomalochodných miešadiel s miešacími elementmi (dokopy pre UV 6 ks). Z každého zo zariadení pomalého miešania bude voda odtekať do dvojice reakčných nádrží (dokopy pre UV 4 ks) ktoré budú vybavené novým dnovým zhrabovaním od sedimentovaného kalu. Z reakčných nádrží bude odsadená voda pritekať do zberného žľabu v ktorom bude pomocou kanálového homogenizačného elementu (pre

dávkovanie vápenného mlieka) a nasycovacieho prúdu CO₂ stvrdzovaná. Z nátokových žľabov bude voda rovnomerne rozdelená na dve filtračné kolóny so 6 dvojvrstvovými filrami (dokopy pre ÚV 12 ks) alebo na alternatívne riešenie so 4 filrami s dvojvrstvovou náplňou + 2 filtre s náplňou PVD/GAU (dokopy pre ÚV 8ks+4ks). Odtok z filtrov bude možný buď do akumulácie upravenej vody alebo do medziakumulácie odkiaľ bude možné vodu čerpať buď na keramickú membránovú filtráciu alebo na filtre s náplňou PVD/GAU.

Odtok z filtrov GAU/PVD bude priamo do akumulácie upravenej vody.

Regenerácia filtrov vodou bude ako doteraz z akumulácie pracej vody.

V oboch alternatívach je uvažované s rozšírením akumulácie upravenej vody z cca 1000 m³ na 4000 m³.

Chemické hospodárstvo

V rámci chemického hospodárstva bude inštalované nové zariadenie prípravy a dávkovania práškového aktívneho uhlia, zariadenie prípravy a dávkovania manganistanu draselného, dávkovanie koagulantu, skladovanie chloritanu a kyseliny chlorovodíkovej, bude doplnená k pôvodnej prípravnej stanici chlórdioxidu ešte jedna nová (vrátane regulačného a dávkovacieho panelu) a bude riešené skladovanie a dávkovanie CO₂.

Vápenného hospodárstva

V rámci vápenného hospodárstva bude riešenie skladovanie vápna, príprava a dávkovanie vápenného mlieka.

Kalové hospodárstvo

Obdobne ako pri alternatíve A.

Záver

V článku sú popísané poloprevádzkové skúšky na UV Hriňová. Skúšky boli rozdelené na dve etapy. Snahou poloprevádzkových experimentov bolo pripraviť podklady pre projektanta, navrhnuť a overiť takú technologickú linku úpravy vody, ktorá zabezpečí bezpečnú pitnú vodu aj v rizikových situáciách. Z týchto poloprevádzkových skúšok vzniklo viacero alternatívnych riešení inovácie a modernizácie UV Hriňová, avšak po dlhých a náročných rokovaníach s investorom a prevádzkovou spoločnosťou sa dospelo ku konsenzu a bola za finálnu verziu zvolená alternatíva B (neskôr одобrená Ministerstvom dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, v rámci dokumentácie stavebného zámeru). Hneď po vybraní vhodného riešenia modernizácie a inovácie sa začalo na prácach na samotnej dokumentácii pre stavebné povolenie. Po úspešnom vytvorení dokumentácie a odovzdaní Stredoslovenskej vodárenskej spoločnosti sa začalo s procesom vybavovania stavebného povolenia, ktoré bolo úspešne vydané začiatkom februára tohto roku. Predpokladá sa, že UV Hriňová bude po zaistení financovania a po samotnej realizácii modernizácie a inovácie dodávať do distribučnej siete v rámci Stredoslovenskej vodárenskej sústavy 135 až 195 l.s⁻¹ bezpečnej pitnej vody.

LITERATÚRA

- [1] Smernica Rady 98/83/ES o akosti vody určenej k ľudskej spotrebe, 1998 (DWD)
- [2] <http://www.op-kzp.sk/dokumenty/dokumenty/programove-dokumenty/>
- [3] Smernica európskeho parlamentu a rady č. 2009/28/ES o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie, 2009
- [4] Řešitelské pracoviště: SZÚ – CHŽP, Národní referenční centrum pro pitnou vodu, vedoucí MUDr. F.Kožíšek, CSc., zdravotní význam „tvrdosti“ pitné vody, 2000 (3. aktualizovaná verze, únor 2003)

Výsledky první provozní aplikace nového filtračního materiálu pro dvouvrstvé filtry Filtralite Mono-Multi-Fine na světě

Mgr. Tomáš Brabenec; Ing. Petra Hrušková; Milan Drda

ENVI-PUR, s.r.o., Na Vlčovce 13/4, 160 00 Praha 6 – Dejvice
brabenec@envi-pur.cz, hruškova@envi-pur.cz, drda@envi-pur.cz

ÚVOD

Vhodná volba filtračního média je v rámci rekonstrukce filtrů jednou z nejvýznamnějších záležitostí. V současné době je jednou z možností nahrazení klasických filtračních médií, jako je křemičitý písek, alternativními filtračními materiály. Při volbě takového filtračního materiálu jsou zásadními parametry vysoká kalová kapacita a samozřejmě spotřeba menšího množství prací vody.

V rámci posledních let došlo k podrobnému zkoumání nového filtračního materiálu Filtralite, a to jak v poloprovozním [1,2], tak v provozním měřítku [3,4] kolektivem vedeným doc. Petrem Dolejšem. Filtralite se ukázal jako velmi vhodný filtrační materiál, který splňuje výše zmíněné požadavky. V rámci experimentů došlo rovněž k vytvoření několika modifikací tohoto materiálu tak, aby splňoval požadavky na různou kvalitu vody. V rámci tohoto byl vyvinut filtrační materiál Filtralite Mono-Multi-Fine [5,6], který je vhodný pro aplikaci tam, kde filtr přichází do kontaktu s velmi jemnou suspenzí.

K prvním aplikacím v provozním měřítku došlo na ÚV Strašice a Studeněves. V rámci tohoto příspěvku jsou diskutovány zkušenosti a výsledky z těchto dvou lokalit.

FILTRALITE

Filtrační materiál Filtralite je vyráběn patentovaným postupem z jílu vypálením a spékáním při teplotě 1200 °C. Jeho zásadní výhodou je volitelná hustota v poměrně širokém rozmezí 500–1600 kg·m⁻³. Tento fakt umožňuje aplikaci materiálu Filtralite jak v jednovrstvých, tak ve dvouvrstvých filtrech. Filtralite má rovněž částečně pórovitou strukturu a má vysokou odolnost vůči otěru zrn, jak dokládá výrobcce.

Bylo prokázáno několika experimenty [3,7], že tento filtrační materiál je velmi vhodný pro použití do vodárenských filtrů. Ve filtrech, které jsou středně až vysoko zatěžované suspenzí je zcela bezkonkurenční použití dvouvrstvé filtrační náplně Filtralite Mono-Multi, jejíž horní část je tvořena materiálem Filtralite NC 1,5-2,5 mm a spodní část materiálem Filtralite HC 0,8-1,6 mm. Pro filtry, které jsou zatěžovány jemnou suspenzí s malou velikostí agregátů, byla vyvinuta speciální filtrační náplň Filtralite Mono-Multi-Fine [6], kde je horní část filtru tvořena materiálem Filtralite NC 0,8-1,6 mm a spodní část Filtralite HC 0,5-1,0 mm.

Filtralite Mono-Multi-Fine je velmi vhodný pro filtrační systémy úpraven vod s lepší kvalitou surové vody. Filtralite Mono-Multi-Fine nabízí v takovémto případě až čtyřikrát delší filtrační cyklus, než je tomu například u filtračního písku [5]. Rovněž lze konstatovat, že díky nižší hmotnosti materiálu Filtralite, než je tomu například u filtračního písku, lze filtry s touto filtrační náplní prát prací rychlostí 15-20 m·h⁻¹ při dosažení významně vyšší expanze vrstvy filtračního materiálu [6].

Při procesu praní filtru dochází jednak k dobré stratifikaci promíchaných vrstev filtračního materiálu a jednak je možno dosáhnout výrazné úspory prací vody. To se kladně promítá do ekonomické bilance celého procesu úpravy vody.

PROVOZNÍ APLIKACE

První provozní aplikace Filtralitu Mono-Multi-Fine byly realizovány v rámci rekonstrukcí úpravny vody Strašice (obrázek 1) a Studeněves (obrázek 2).



Obrázek 1: Úpravna vody Strašice



Obrázek 2: Úpravna vody Studeněves

Úpravna vody Strašice se nachází v severovýchodní části Plzeňského kraje a je zdrojem pitné vody pro obce Strašice, Dobřív, okrajovou část města Hrádek a Rokycany. Zdrojem surové vody jsou povrchové (Třítrubecký potok, Klabava, případně Padrťské rybníky) i podzemní zdroje (prameniště Tři trubky). Podzemní voda se mísí s upravenou vodou bez úpravy. Úpravna vody Strašice je dvoustupňovou technologickou linkou, která v rámci rekonstrukce prošla modernizací za účelem dostatečné úpravy vody při tzv. okalových stavech. V rámci rekonstrukce druhého separačního stupně úpravy vody došlo k výměně původních meziden za drenážní systém Leopold a k výměně původního filtračního materiálu za Filtralite Mono-Multi-Fine.

Organické znečištění, vyjádřené jako CHSK(Mn) v průběhu roku kolísá v rozpětí hodnot 4–13 mg·L⁻¹. V extrémních případech dosahuje i hodnot nad 20 mg·L⁻¹. Dále je běžný zvýšený obsah manganu (0,07–0,23 mg·L⁻¹) a železa (0,3–1,1 mg·L⁻¹). Nominální výkon technologické linky je projektován na 66 L·s⁻¹. V současné době se běžný výkon pohybuje okolo hodnot 25–40 L·s⁻¹.

Úpravna vody Studeněves leží v severozápadní části Středočeského kraje a je jedním ze tří zdrojů skupinového vodovodu Slaný. Zdrojem surové vody je podzemní voda z Krkavčího vrtu a ze studny, která se nachází v areálu ÚV. V roce 2015 byla provedena rekonstrukce flokulační a usazovací nádrže a filtry byly osazeny drenážním systémem Leopold. Jako filtrační náplň byl zvolen materiál Filtralite Mono-Multi-Fine.

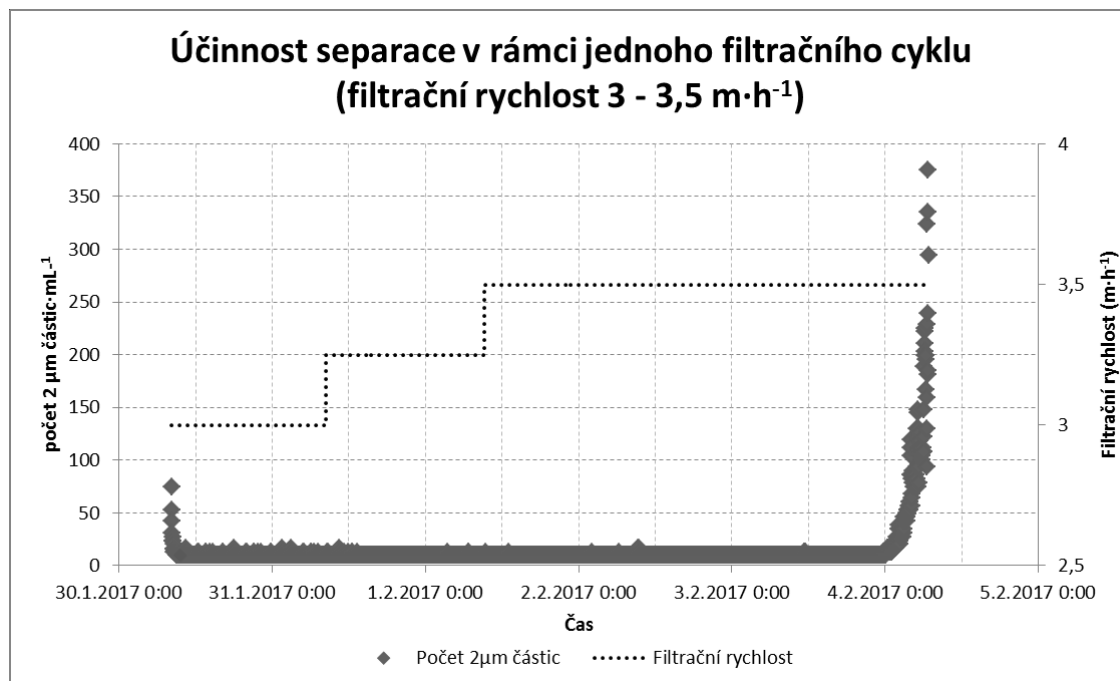
Jakost podzemních zdrojů nevyhovuje hygienickým požadavkům zejména v případě zvýšeného obsahu železa (5,5–6,5 mg·L⁻¹), manganu (0,43–0,53 mg·L⁻¹) a amonných iontů (0,55–0,81 mg·L⁻¹). Kapacita technologické linky činí 25–30 L·s⁻¹.

VÝSLEDKY

Průběh filtračních cyklů ve filtrech s filtrační náplní Filtralite Mono-Multi-Fine byl sledován prostřednictvím analyzátoru částic ARTI WPC 22 (Hach) spolu se záznamovou jednotkou SC 200. Ke sledování filtračních cyklů na ÚV Strašice došlo na přelomu ledna a února 2017. V tomto období se výkon úpravní vody pohyboval v rozmezí 33–40 L·s⁻¹. Tyto hodnoty odpovídají filtrační rychlosti 3,0–3,5 m·h⁻¹.

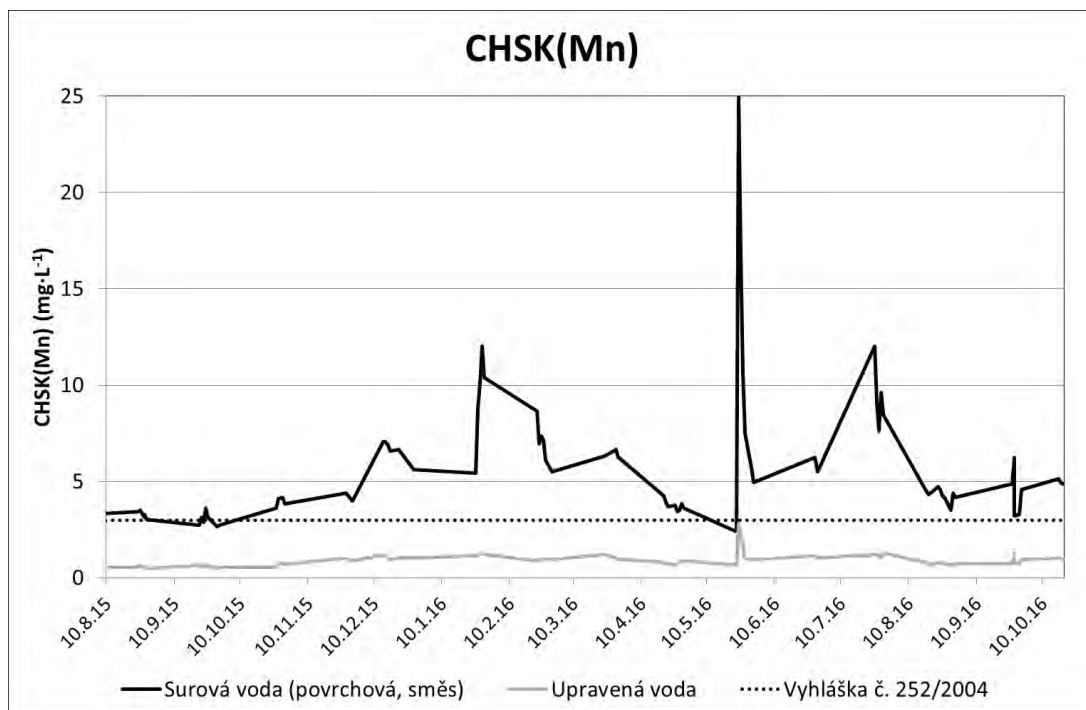
ÚV Strašice

Z výsledků naměřených pomocí analyzátoru částic je patrný velmi pozitivní trend, který samozřejmě koreluje s přínosem rekonstrukce filtračního stupně. Oproti původnímu filtračnímu materiálu jsou filtrační cykly až čtyřikrát delší, což vyplývá z naměřených hodnot a ze zkušeností provozovatelů ÚV Strašice. Filtrační délky L_f dosahovaly hodnot kolem 600 m, avšak dosaženo bylo i filtrační délky 808 m. Průběh počtu částic z vybraného filtračního cyklu je zobrazen na obrázku 3. Výsledky poukazují na kvalitní separaci suspenze v rámci celého filtračního cyklu.

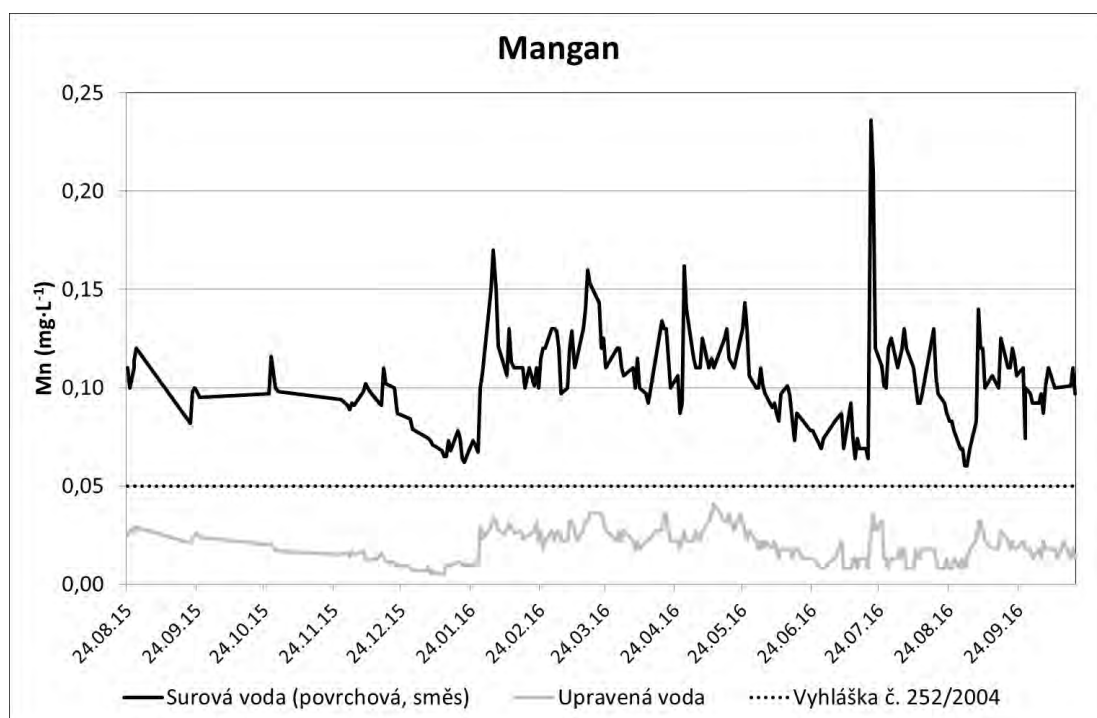


Obrázek 3: Ukázka účinnosti separace 2μm částic v rámci filtračního cyklu v závislosti na filtrační rychlosti

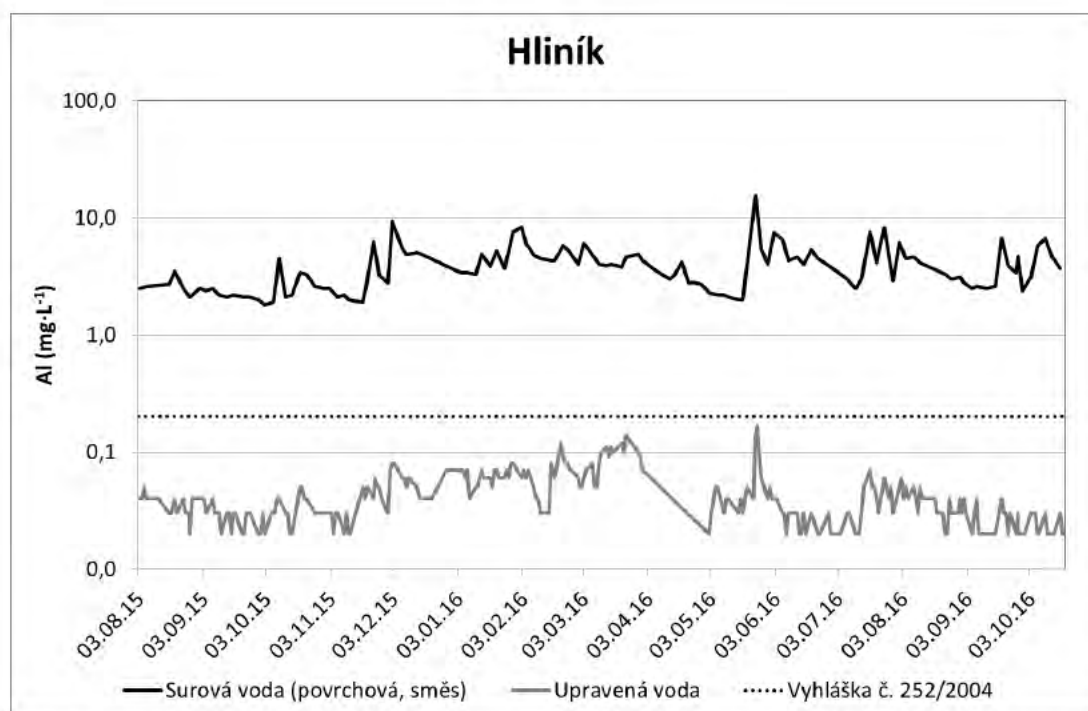
Co se týče kvalitativních ukazatelů vody, lze vidět značnou účinnost odstranění CHSK(Mn) (obrázek 4) a manganu (obrázek 5) technologickou linkou i důkladnou separaci koagulačního činidla (porovnání koncentrací Al) (obrázek 6) a to i v případě větších výkyvů kvality surové vody v posledním roce.



Obrázek 4: Porovnání hodnot CHSK(Mn) před a po úpravě



Obrázek 5: Porovnání koncentrací manganu před a po úpravě



Obrázek 6: Porovnání koncentrací hliníku v nadávkované a upravené vodě (logaritmické měřítko)

Kromě již zmíněného výrazně delšího filtračního cyklu je obrovskou výhodou i velmi nízká spotřeba prací vody, která se v průběhu sledování filtračních cyklů pohybovala v rozmezí 0,6–0,7 % z celkového objemu upravené vody. Tato úspora je důsledkem nízké prací rychlosti ($18 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$) potřebné pro dobré vyprání filtrační náplně Filtralite Mono-Multi-Fine [5,8].

ÚV Studeněves

Z výsledků pozorování a provozních zkušeností provozovatelů úpravní vody je patrné výrazné prodloužení filtračních cyklů a rovněž zásadní snížení prací rychlosti po modernizaci celé technologické linky. Původní filtry byly dle zkušeností prány každý den a v současné době dochází k jejich prání jednou týdně. Spotřeba prací vody se měsíčně, v původním uspořádání, pohybovala v rozmezí 4000–5000 m^3 , přičemž po rekonstrukci je spotřeba prací vody okolo 600–700 m^3 .

V tabulce 1 jsou uvedeny rozborů kvality surové a upravené vody na úpravně vody Studeněves z let 2015 a 2016. Výsledky z pozorování filtračních cyklů budou podrobně popsány v rámci prezentace k tomuto článku.

Tabulka 1 Kvalita surové a upravené vody - ÚV Studeněves

Ukazatel	2015		2016	
	Surová voda	Upravená voda	Surová voda	Upravená voda
zákal (ZF)	30,6	0,6	20,6	0,5
pH	7,7–7,9	7,7–7,9	7,7–7,9	7,7–7,9
CHSK(Mn) ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	1,26	0,87	1,5	0,9
železo ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	5,72	0,024	4,38	0,02
mangan ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,51	0,023	0,53	0,006
amonné ionty ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0,85	0,06	0,41	0,05

ZÁVĚR

Z výsledků obou aplikací nového filtračního materiálu Filtralite Mono-Multi-Fine vyplývá, že došlo k výraznému prodloužení filtračních cyklů a zároveň k zásadnímu poklesu spotřeby prací vody. Obě tyto změny v rámci druhého separačního stupně výrazně vylepšují ekonomickou bilanci celého procesu úpravy vody.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří provozovatelům obou úpraven vody za poskytnuté materiály a zkušenosti s provozem. Velké díky patří také Ing. Pavlovi Dobiášovi a doc. Ing. Petrovi Dolejšovi, CSc. za cenné rady, připomínky a nápady, kterými přispěli nejen ke vzniku tohoto příspěvku.

LITERATURA

- [1] Dolejš, P., Štrausová, K., Dobiáš, P.: Modelové ověření nového filtračního materiálu Filtralite ve dvouvrstvých filtrech. Sborník konference Pitná voda 2010, s. 83-88. W&ET Team, Č. Budějovice 2010. ISBN 978-80-254-6854-8
- [2] Dobiáš, P., Dolejš, P.: Odstranění amoniaku, manganu a železa při úpravě pitné vody ve filtru s náplní Filtralite Mono-Multi – výsledky z poloprovozních experimentů. Sborník konference Pitná voda 2012, s. 157-162. W&ET Team, Č. Budějovice 2012. ISBN 978-80-905238-0-7
- [3] Dolejš, P., Dobiáš, P., Štrausová, K.: Porovnání filtrů s pískovou náplní a s náplní Filtralite Mono-Multi na dvou úpravách pitné vody v ČR. Sborník konference Pitná voda 2012, s. 77-82. W&ET Team, Č. Budějovice 2012. ISBN 978-80-905238-0-7
- [4] Beyblová, S., Rainiš, L., Michalová, J.: Provozní zkušenosti s filtrační náplní Filtralite. Sborník konference Pitná voda 2014, s. 129-132. W&ET Team, Č. Budějovice 2014. ISBN 978-80-905238-1-4
- [5] Dobiáš, P., Dolejš, P.: Poloprovozní a provozní zkušenosti s použitím Filtralite-FMMF. Sborník konference Pitná voda 2016, s. 81-86. W&ET Team, Č. Budějovice 2016. ISBN 978-80-905238-2-1
- [6] Dolejš, P., Dobiáš, P., Jarošová, M., Kalousková, N.: Světová premiéra nového složení filtračního materiálu Filtralite Mono-Multi-Fine v poloprovozních experimentech. Sborník konference Pitná voda 2014, s. 117-122. W&ET Team, Č. Budějovice 2014. ISBN 978-80-905238-1-4
- [7] Saltnes, T., Eikebrokk, B., Ødegaard, H.: Contact filtration of humic waters: performance of an expanded clay aggregate filter (Filtralite) compared to a dual anthracite/sand filter. Water Science and Technology 2 (5-6), s. 17-23. 2002
- [8] Drda, M., Dobiáš, P., Dolejš, P.: První použití filtrační náplně Filtralite Mono-Multi-Fine na světě v rekonstruovaných filtrech na úpravách vody Strašice a Studeněves. Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda Trenčianske Teplice 2015, s. 161-168. VodaTím s.r.o., Bratislava 2015. ISBN 978-80-971272-3-7

ÚV Porubská brána – posouzení možnosti eliminace pesticidů

Ing. Pavel Adler, CSc.; Ing. Marek Coufal, Ph.D.; Ing. Oldřich Darmovzal

ABSTRAKT

V důsledku novelizace platné legislativy v oblasti hygienických požadavků na pitnou vodu se na mnoha místech stalo téma odstraňování pesticidů z pitné vody aktuální záležitostí. Příspěvek se zabývá posouzením možnosti eliminace pesticidů z pitné vody pomocí metody ozonizace a pokročilých oxidačních procesů s využitím dávkování kombinace ozónu a peroxidu vodíku, které bylo v nedávné době provedeno v úpravně vody Porubská brána.

STRUČNÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V roce 2014 byla vyhláškou č. 83/2014 Sb. novelizována vyhláška Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. V rámci této novely došlo také ke změně posuzování metabolitů pesticidních látek nalezených v pitné vodě. Tato legislativní úprava vyvolala na řadě míst nutnost znovu se zabývat možnostmi eliminace pesticidů z vody. Jedná se zejména o místa se starými ekologickými zátěžemi způsobenými zemědělským hospodařením v oblastech se zdroji pitné vody, které i přes existenci ochranných pásem těchto zdrojů negativně ovlivňují kvalitu podzemní vody.

ÚPRAVNA VODY PORUBSKÁ BRÁNA

Skupinový vodovod Porubská brána, jehož součástí je i úpravna vody, byl vybudován v letech 1993 – 1994. Zdrojem surové vody je jímací území Porubská brána umístěné na hranici obcí tří krajů. Jímací území se skládá ze dvou větví se sedmi vrty, ze kterých je voda ponornými čerpadly čerpána do úpravní vody. Surová voda je čerpána na dvě provzdušňovací věže, kde je aerována za účelem odstranění zejména volného oxidu uhličitého, případně dalších těkavých látek, které by se vyskytovaly ve vodě v průběhu funkce úpravní vody. Po aeraci je voda hygienicky zabezpečována plynným chlorem. Po hygienickém zabezpečení je voda přiváděna do akumulární nádrže, která je součástí úpravní vody. Akumulace slouží pro sání čerpadel upravené vody do tří směrů a to do vodojemů Hustopeče nad Bečvou, Lešná a Palačov. Čerpadla upravené vody jsou umístěna ve strojovně úpravní. Úpravna vody byla projektována na výkon $Q = 27 \text{ l/s}$. Současná potřeba vody se pohybuje mezi $Q = 6,6 \text{ l/s}$ až $10,3 \text{ l/s}$.

Podzemní voda odebíraná k další úpravě v ÚV Porubská brána je kontaminovaná metabolity herbicidů, které zřejmě byly v širším okolí používány k ošetřování přilehlých polí. Sledované pesticidy výrazně překračují NMH (dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. $0,1 \text{ } \mu\text{g/l}$ pro jednotlivé pesticidy, v součtu max. $0,5 \text{ } \mu\text{g/l}$). Nejvíce znečištěný je vrt HV 23, který také (protože pokrývá asi třetinu současného čerpání) významně ovlivňuje složení jak surové vody na ÚV, tak i na síti.

Tab. 1: Surová voda - výsledky stanovení pesticidů překračujících NMH z čerpaných vrtů v závislosti na čase odběru vzorku vody

č.	UKAZATEL	NMH μg/l	ODBĚRY		
			1.12.2015 μg/l	13.1.2016 μg/l	12.4.2016 μg/l
VRT HV16					
1	Acetochlor	0,1	PMS	PMS	-
2	Acetchlor ESA	0,1	0,26	0,20	0,19
3	Metazachlor ESA	5,0	-	-	-
4	Metolachlor	0,1	PMS	PMS	PMS
5	Metolachlor ESA	6,0	0,49	0,33	0,31
	Σ bez 3 a 5	0,5	0,26	0,20	0,19
VRT HV17					
1	Acetochlor	0,1	PMS	PMS	-
2	Acetchlor ESA	0,1	0,43	0,39	0,23
3	Metazachlor ESA	5,0	-	-	PMS
4	Metolachlor	0,1	PMS	PMS	-
5	Metolachlor ESA	6,0	0,39	0,33	0,23
	Σ bez 3 a 5	0,5	0,43	0,39	0,23
VRT HV18					
1	Acetochlor	0,1	PMS	PMS	-
2	Acetchlor ESA	0,1	0,34	0,22	0,20
3	Metazachlor ESA	5,0	-	-	-
4	Metolachlor	0,1	PMS	PMS	-
5	Metolachlor ESA	6,0	0,26	0,17	0,20
	Σ bez 3 a 5	0,5	0,34	0,22	0,20
VRT HV23					
1	Acetochlor	0,1	PMS	PMS	-
2	Acetchlor ESA	0,1	0,25	0,25	1,10
3	Metazachlor ESA	5,0	0,27	0,25	0,32
4	Metolachlor	0,1	PMS	PMS	-
5	Metolachlor ESA	6,0	0,67	0,57	0,47
	Σ bez 3 a 5	0,5	2,50	2,75	1,10
VRT HV24					
1	Acetochlor	0,1	PMS	PMS	-
2	Acetchlor ESA	0,1	0,73	0,55	0,50
3	Metazachlor ESA	5,0	-	-	-
4	Metolachlor	0,1	PMS	PMS	-
5	Metolachlor ESA	6,0	0,26	0,17	0,17
	Σ bez 3 a 5	0,5	0,73	0,55	0,50

(PMS - pod mezí stanovení; - nestanoveno)

Eliminaci pesticidů z upravované vody nelze provést stávajícími technologiemi úpravy vody, proto bylo z tohoto důvodu nutné zvážit vhodné doplnění technologie. Voda se, s ohledem na jinak velmi příznivé složení (prakticky bez Fe, Mn, NH_4^+ a s nízkým obsahem organických látek, tj. CHSK_{Mn}), upravuje jen aerací a dezinfekcí plynným chlórem. Jak vyplývá ze spotřeb vody v r. 2015 a 2016, výkon úpravny vody může být po rekonstrukci, kdy bude zavedeno nepřetržité čerpání, v rozmezí 6-10, průměrně 8 l/s. V technologické lince úpravny vody není zařazena filtrace, proto pro vlastní technologii úpravy vody není potřeba prací voda. Na tyto výkony se bude dimenzovat provozní zařízení, včetně stupně pro eliminaci pesticidů a výkon ÚV postačí i na zabezpečení provozní vody pro technologii. V současné době se čerpá voda ze všech vrtů přerušovaně podle hladiny vody v akumulaci s výkonem 15-18 l/s.

Tab. 2: Čerpání vody v jednotlivých čtvrtletích dle údajů provozovatele

Období	Odběr za dané období	Průměrně	Průměrně
	m ³	m ³ /h	l/s
1-3 2015	57803	26,8	7,4
4-6 2015	67656	31,3	8,7
7-9 2015	73931	34,2	9,5
10-12 2015	58717	27,2	7,6
Průměr 2015		29,5	8,2
1-4 2016	75860	26,3	7,3

Tab 3: Aktuální čerpání z jednotlivých vrtů a doporučené čerpání dle HGP

VRT	Aktuální odběr	Doporučený odběr dle HGP
	l/s	l/s
HV16	0,6	1,33
HV17	3,9	5,86
HV18	0,8	2,11
HV20	-	6,27
HV23	5,0	6,45
HV24	5,0	4,99
HV25	0,2	0,73
Celkem	15,5	27,74
	15,3 bez HV25	21,47 (bez nečerpaného HV20)

Z obou tabulek je zřejmé, že je čerpáno více vody, než je spotřeba v síti a také více než námi doporučené maximální čerpání 10 l/s. Vidíme také, že čerpání zdaleka nedosahuje doporučeného maximálního odběru dle HGP. Tomu se blíží čerpání z vrtů HV 23 a HV 24, přičemž HV 23 nejvíce zhoršuje obsah pesticidů v surové vodě. Stálo by za úvahu, zda čerpání z HV 23 nerevidovat.

OZONIZAČNÍ POKUSY

Jako podklad pro provedení posouzení byly provedeny laboratorní i poloprovozní pokusy, které měly ukázat, jakým způsobem lze pesticidy z vody odstranit. Nezbytným předpokladem pro efektivní odstranění pesticidů je důsledná kontrola hospodaření

zemědělského podniku v pásmech hygienické ochrany zdrojů vody. Bude se pak jednat v podstatě o asanační čerpání, až do vyčerpání depozitu pesticidů. Musíme si uvědomit, že dnes používané pesticidy (v tomto případě konkrétně herbicidy) jsou na rozdíl od už dnes zakázaných přípravků těžko rozložitelných (např. DDT a HCH), selektivní a v půdě i ve vodě se postupně rozkládají až do neškodných koncentrací. Rychlost jejich rozkladu hydrolýzou závisí na podmínkách v půdě a ve vodě (např. u atrazinu je poločas rozpadu podle literatury kolem 12 týdnů při teplotě vody 20 °C a pH 5). Tyto podmínky však nelze očekávat v podzemní vodě, takže poločas rozpadu může být i několik let. Proto je nutno pesticidy likvidovat průběžně při úpravě vody. Bylo tedy nutné zvolit vhodnou metodu, která je již v takových případech běžně provozně ověřena a používána. Proto byla zvolena metoda AOP (advanced oxidation process). V tomto případě to bude razantní oxidace organických látek ozonem, resp. hydroxylovými radikály OH[•], které vznikají reakcí ozonu (O₃) a peroxidu vodíku (H₂O₂, postup Peroxon). Proces by měl být veden tak, aby vznikaly až neškodné látky, tj. CO₂, H₂O, chloridy, dusičnany, v množstvích odpovídajících obsahu obou pesticidů ve vodě (tzn. v mikrogramových koncentracích). Tím by se vyřadila nutnost dočištění vody filtrací na granulovaném aktivním uhlí (GAU), což je proces investičně i provozně náročný. Je nutné si uvědomit, že vyčerpané GAU je nebezpečný odpad, který se speciálně likviduje nebo částečně regeneruje v závodě výrobce GAU (v zahraničí, takže se jedná o dopravu nebezpečného odpadu přes hranice).

Vzorky vody po úpravě (jak z laboratorních, tak z poloprovozních pokusů) byly analyzovány v akreditované laboratoři (Zdravotní ústav Ostrava, metoda stanovení pesticidů - kapalinová chromatografie HPLC s mezí stanovení 0,025 µg/l).

Laboratorní pokusy

Před zahájením poloprovozních pokusů byly provedeny dva laboratorní ozonizační pokusy. Laboratorní pokusy byly prováděny přímo na místě, tzn. v budově ÚV Porubská brána. Pokusné zařízení se skládalo z laboratorního ozonizátoru, reakční nádoby s objemem vzorku vody 500 ml a z měřicích přístrojů. Podrobné tabelované výsledky laboratorních pokusů zde nejsou důvodu omezeného místa pro konferenční příspěvek ve sborníku tabelovaně publikovány, v níže uvedeném textu se však místy odkazujeme na jejich výsledky. Laboratorní pokusy ukázaly, že ozon na pesticidy působí a peroxid vodíku s O₃ i s pesticidy reaguje. Důležitým poznatkem z laboratorních pokusů také je, že při ozonizaci vody nevznikají bromičnany. S ohledem na omezené možnosti pokusné příruční ozonizační soupravy bylo od počátku na výsledky laboratorních pokusů pohlíženo pouze jako na výsledky orientační, i přesto však byly cenným vodítkem pro provedení následných poloprovozních pokusů.

Působení ozonu na pesticidy

V laboratorních pokusech se prokázalo, že O₃ významně snižuje celkový obsah pesticidů ve vodě (ne však pod NMH), přičemž při stejné době ozonizace vody dosáhneme stupně snížení v závislosti na výchozí koncentraci pesticidů. To znamená, že vyšší koncentrace pesticidů budou zřejmě vyžadovat i vyšší dávky O₃, což je logické.

Působení peroxidu vodíku v oxidační reakci

Laboratorní pokusy ukázaly, že přidavkem peroxidu účinnost ve snížení obsahu pesticidů oproti samotnému O₃ klesne. Opět to záleží na přidavku peroxidu, je zde rovněž závislost na velikosti dávky H₂O₂. Je však třeba poznamenat, že dávka peroxidu, v obou provedených laboratorních pokusech, je zřejmě vysoká pro sledovaný proces.

Laboratorní pokusy také poukázaly na přítomnost amonných iontů v ozonizovaných vzorcích, která byla závislá na dávce peroxidu. Protože v surové vodě byl obsah NH_4^+ velmi nízký, ale v ozonizované vodě s přidavkem peroxidu v miligramových množstvích, bylo třeba hledat příčinu tohoto nárůstu v peroxidu. Peroxid vodíku (H_2O_2) je nestálá látka (rozkládá se působením světla a tepla a také některých látek), proto se musí uchovávat a transportovat ve tmavých nádobách a stabilizovat vhodnou chemikálií. To umožňuje skladovat peroxid ve tmě a chladu i několik let. Chemikálií pro stabilizaci bývá kyselina fosforečná, u obchodních produktů to pak bývá z praktických důvodů hydrogenfosforečnan amonný. Proto se přidavkem peroxidu obchodního produktu 30% objevují v takovém množství amonné ionty. Kombinace vysokých dávek peroxidu, a tím i NH_4^+ má viditelně negativní vliv na rozklad pesticidů. Dávku peroxidu bylo třeba experimentálně optimalizovat, což by měl umožnit poloprovozní pokus s lepším směřováním plynné směsi O_2+O_3 a také možnosti kontroly dávky O_3 .

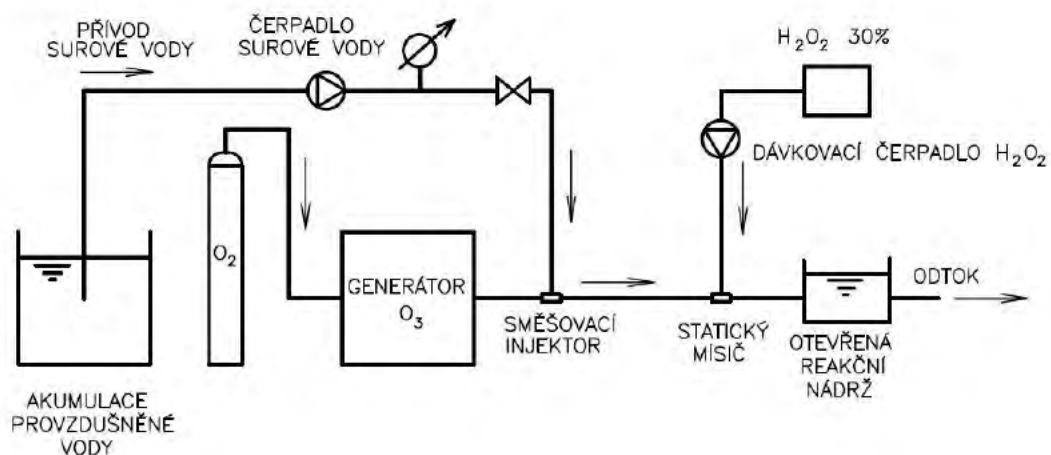
Retardace oxidace bromidů ozonem působením amonných iontů

V provedených laboratorních pokusech nepřesahuje obsah bromičnanů (BrO_3^- , NMH 10 $\mu\text{g/l}$) mez stanovení analytické metody 3 $\mu\text{g/l}$ BrO_3^- (stanoven na IC). Bromičnany mohou při ozonizaci vznikat oxidací bromidů (Br^-). Pokud by došlo k totální oxidaci Br^- , pak by musel být obsah BrO_3^- při koncentracích Br^- nalezených v obou laboratorních pokusech 0,055 nebo 0,029 mg/l Br^- (dle stechiometrie): $0,055 \times 1,6 = 0,088 \text{ mg/l} = 88 \mu\text{g/l}$ a $0,029 \times 1,6 = 0,0464 \text{ mg/l} = 46,4 \mu\text{g/l}$ BrO_3^- . V obou případech by byla NMH několikanásobně překročena, ale ve skutečnosti jsou koncentrace BrO_3^- hluboko pod NMH. Je jasné, že oxidace Br^- je účinně bržděna amonnými ionty (NH_4^+) mechanismem, který byl již dříve popsán v literatuře a rešerších.

Poloprovozní pokusy

Poloprovozní pokusy proběhly na místě, a to v termínech 26.4., 27.4. a 10.5. 2016. Osvědčené pokusné ozonizační zařízení sestává z čerpadla surové vody, injektoru s navazujícím statickým mísičem a otevřené reakční nádrže, ze které ozonizovaná voda přepadá do odpadu. Do vody čerpané z akumulace v množství 2,7 m^3/h . se dává plynná směs O_2+O_3 v konstantním průtoku 0,1 Nm^3/h . Z těchto údajů a ze závislosti produkce O_3 na elektrickém příkonu ozonizátoru je počítána dávka O_3 v g/m^3 vody. Ozon produkuje ozonizátor WEDECO GSO 10. Do ozonizované vody se dává také roztok H_2O_2 dávkovacím peristaltickým čerpadlem. Ve sběrné (reakční) nádrži se kontinuálně měřil obsah O_2 , ORP a pH ozonizované vody. Periodicky byly při změnách výkonu ozonizátoru odebírány vzorky pro kvalitativní stanovení přítomnosti O_3 ve vodě o-tolidinem a v posledním pokusu i s DPD, totéž i při změně koncentrace roztoku peroxidu.

Pokusy probíhaly dle následujícího schématu: Po spuštění čerpadla surové vody (voda z akumulace) a několikanásobné výměně vody v reakční nádrži se odebraly vzorky surové vody a zaznamenaly se údaje přístrojů (hlavně ORP) a senzorických analýz. Pak se zvyšoval výkon ozonizátoru a ve druhém pokusu se přidalo i dávkování roztoku H_2O_2 (s neměnnou koncentrací). Po ustálení hodnot ORP, a ostatních hodnot, byly opět byly opět odebírány vzorky k analýze. Vzorky bylo nutno odebrat dopoledne, aby mohly být ještě ten den dopraveny do akreditované laboratoře k analýze.



Obr. 1: Schéma pokusné ozonizační soupravy pro poloprovozní pokusy



Obr. 2: Pokusná ozonizační souprava



Obr. 3: Pokusný ozonizátor WEDECO GSO 10, v pozadí otevřená reakční nádrž

Pokus 26.4. 2016

Pokus proběhl výkonem ozonizátoru 0,1 Nm³/h. průtokem plynu, 2,7 m³/h. vody. V tomto pokusu byl dávkován jen O₃ a výsledky jsou v následujícím přehledu:

Tab 4: Přehled výsledků z pokusu 26.4.2016 - pesticidy

č.	Výkon ozonizátoru	Dávka ozónu	Pesticidy celkem	Acetochlor ESA	Metazachlor ESA	Metolachlor ESA
	%	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1	10	1,8	PMS	PMS	PMS	PMS
2	20	2,6	PMS	PMS	PMS	PMS
3	30	3,1	PMS	PMS	PMS	PMS
4	40	3,7	PMS	PMS	PMS	PMS
5	50	4,2	PMS	PMS	PMS	PMS
6	60	4,7	PMS	PMS	PMS	PMS

(PMS - pod mezí stanovení)

Tab 5: Přehled výsledků z pokusu 26.4.2016 – ostatní sledované parametry

č.	Výkon ozonizátoru	Dávka ozónu	ORP	pH	O ₂	O ₃ tolidin	O ₃ DPD	O ₃ čichem
	%	mg/l	mV	-	mg/l	P-N	P-N	P-N
1	10	1,8	+983	7,47	24,80	P	0,24	P
2	20	2,6	+984	7,48	24,86	P	-	P
3	30	3,1	+990	7,48	24,90	P	-	P
4	40	3,7	+993	7,49	24,72	P	-	P
5	50	4,2	+985	7,49	24,72	P	-	P
6	60	4,7	+996	7,48	25,12	P	-	P

Výsledky pokusu ukázaly, že v celém rozsahu výkonů ozonizátoru je nalezený obsah pesticidů pod mezí stanovení. Samotný ozon je tedy velmi účinný v destrukci pesticidů. Je možno namítnout, že obsah pesticidů v surové vodě byl nízký (celkový 0,55 µg/l), takže není možno uvažovat o podobné účinnosti při vyšší vstupní koncentraci pesticidů. Vysoká hodnota ORP a také kvalitativně detekovaná přítomnost zbytkového O₃ (o-tolidin, DPD, čich) naznačily, že reakce O₃ s pesticidy za těchto podmínek proběhla zřejmě kvantitativně.

Pokus 27.4. 2016

V tomto pokusu byl také již dávkován peroxid vodíku v koncentraci dané ředěním 35% H₂O₂ (25 ml peroxidu + 75 ml destilované vody). Výkon dávkovacího čerpadla byl stanoven na minimální průtok, který ještě může dávkovací čerpadlo dávkovat a bylo po celou dobu stálý. Průtok vody a plynu byl rovněž, jako v předešlém pokusu, stejný. Při provádění pokusu byly sledovány následující ukazatele: pesticidy celkem, acetochlor ESA, metazachlor ESA, metolachlor ESA (opět akreditovaná laboratoř Zdravotní ústav Ostrava), a dále pak v laboratoři zřízené na místě pokusu ukazatele ORP, pH, O₂, O₃ tolidin, O₃ DPD, O₃ čichem. Stejně jako v případě laboratorních pokusů zde nejsou z důvodu omezení rozsahu konferenčního příspěvku uvedeny podrobné tabelované výsledky ozonizačních pokusů 27.4.2016, proto zde přinášíme jen krátké shrnutí dosažených výsledků.

Tyto pokusy s přidávkou peroxidu vodíku ukázaly, že potřebné účinnosti u vody stejné kvality se dosáhne až od výkonu ozonizátoru 30 % (tzn. dávky ozónu 3,1 mg/l). Z dřívějších pokusů víme, že peroxid ve vyšších dávkách působí na destrukci pesticidů negativně a tento negativní vliv se zvyšuje s relativně vysokou dávkou O₃. Výsledky pokusů ze dne 27.4.2016 dále ukázaly, že kromě účinnosti v rozkladu pesticidů při dávkování tak vysoké dávky H₂O₂ klesá, a to dramaticky, i ORP, přičemž není již detekován zbytkový O₃. Bylo tedy nezbytné pokus opakovat, a to s odpovídající dávkou H₂O₂.

Pokus 10.5. 2016

Opakovaný pokus proběhl 10.5. 2016 a vedle O₃ se dávkoval i H₂O₂ v dávkách 0,6 a 1,7 g/m³ H₂O₂. Výsledky pokusu jsou uvedeny níže. Z tohoto pokusu vidíme, že ozonizací surové vody se sníží obsah všech pesticidů pod NMH. Pokles ORP již není tak dramatický, jako v předešlých pokusech, což je způsobeno dávkováním ředěného H₂O₂ v dávkách 0,6 a 1,7 g/m³ H₂O₂. Dávky O₃ byly 2,6 a 3,1 g/m³. Za pozornost stojí fakt, že při výkonech ozonizátoru 20 % (dávka 2,6 mg/l O₃) a obou dávkách peroxidu není O₃ tolidem detekován, zatímco DPA vykazuje pozitivní reakci. To naznačuje, že

za těchto podmínek zreagoval veškerý ozon a ve vodě zůstává nezreagovaný peroxid. Při výkonu 30 % je reakce tolidinu i DPD pozitivní. Pokusem jsme zjistili, že tolidin s H_2O_2 nereaguje, zatímco DPD reaguje jak s O_3 , tak i s H_2O_2 . Tohoto by bylo možno využít i pro stanovení přebytku H_2O_2 , což však vyžaduje určitý výzkum, takže zatím získáváme jen kvalitativní výsledky.

Tab 6: Přehled výsledků z pokusu 10.5.2016 - pesticidy

č.	Výkon ozonizátoru	Dávka ozónu	Dávka H_2O_2	Pesticidy celkem	Acetochlor ESA	Metazachlor ESA	Metolachlor ESA
	%	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1	surová voda	-	-	0,56 (bez 1,2)	0,56	0,12	0,33
2	20	2,6	-	PMS	PMS	PMS	PMS
3	20	2,6	0,6	PMS	PMS	PMS	PMS
4	20	2,6	2,7	PMS	PMS	PMS	PMS
5	30	3,1	-	PMS	PMS	PMS	PMS
6	30	3,1	0,6	PMS	PMS	PMS	PMS
7	30	3,1	2,7	PMS	PMS	PMS	PMS

(PMS - pod mezí stanovení, - nestanoveno)

Tab 7: Přehled výsledků z pokusu 10.5.2016 – ostatní sledované parametry

č.	Výkon ozonizátoru	Dávka ozónu	Dávka H_2O_2	ORP	O_3 tolidin	O_3 DPD
	%	mg/l	mg/l	mV	P-N	P-N
1	surová voda	-	-	+445	N	N
2	20	2,6	-	+920	P	P
3	20	2,6	0,6	+938	N	P
4	20	2,6	2,7	+380	N	P
5	30	3,1	-	+942	P	P
6	30	3,1	0,6	+742	P	P
7	30	3,1	2,7	+535	P	P

ZÁVĚR

Na základě poznatků z ozonizačních pokusů provedených v úpravně vody Porubská brána můžeme konstatovat, že znečištění podzemní vody pesticidy (resp. jejich metabolity) lze v tomto případě celkem bez problémů odstranit ozonizací surové vody. Příznivě působí hlavně nízký obsah látek, které by kromě pesticidů, mohly s O_3 reagovat. To je rozdíl např. od situace na ÚV Tlumačov, kde se ozonem musí oxidovat i Fe a Mn. S ohledem na mikrogramová množství pesticidů ve vodě budou i dávky O_3 nízké (dá se předpokládat, že obsah pesticidů bude časem v čerpané vodě klesat a tím budou klesat i dávky O_3 potřebné k jejich eliminaci) a nebude třeba používat v pokusu odzkoušenou metodu AOP využívající dávkování H_2O_2 . Přesto bude pro každý případ připravena i možnost dodatečného doplnění dávkování peroxidu vodíku, což by v případě potřeby dokázalo pesticidy totálně destruovat. Je třeba zdůraznit, že provoz ÚV musí být nepřetržitý s regulovaným čerpáním v rozmezí 6-10 l/s podle hladiny v akumulaci, což může mít i významný pozitivní vliv na řešení některých stávajících problémů.

Příčiny poškození tlakového potrubí

THE REASONS OF THE PRESSURE PIPE DAMAGE

**Ing. Filip Horký, Ph.D.; doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.;
doc. Ing. Iva Čiháková, CSc.; Ing. Kateřina Slavíčková, Ph.D.**

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

filip.horky@cvut.cz, stastny@fsv.cvut.cz, cihakova@cvut.cz, katerina.slavickova@cvut.cz

Abstrakt

Příspěvek se zaměřuje na problematiku návrhu a provedení pokládky tlakového potrubí. Na konkrétním případě v dané lokalitě jsou zřehledněny jednotlivé chyby a nedostatky, a to od návrhu až po samotné provedení pokládky souboru potrubí ve společné trase, které vedly k opakovanému poškození jednotlivých potrubí, a v důsledku toho docházelo k únikům vody.

Key words: discharge pipe, damages, swimming pool,

1. ÚVOD

Posuzovaným objektem je poškozené potrubí v objektu městské letní plovárny. Jedná se o nově zrekonstruovaný areál, kdy z původního koupaliště byla využita pouze betonová bazénová vana, do které byla vsazená vana z nerez. Veškeré původní trubní rozvody včetně strojovny technologického zázemí a prostoru šaten byly odstraněny a nově vybudovány.



Obr. 1 Pohled na rozmístění jednotlivých bazénů a strojovny technologického zázemí bazénu včetně označení poškozeného propojovacího potrubí

V areálu se nachází plavecký bazén, rekreační bazén a bazén pro neplavce. Součástí bazénu jsou vodní atrakce (skluzavky, tobogán, ...) a strojovna technologického zázemí úpravy vody jednotlivých recirkulačních úprav vody. V rámci každé recirkulační

2. PRŮBĚH MÍSTNÍHO ŠETŘENÍ

Technical drawing of a road layout showing traffic lanes, pedestrian crossings, and various measurement points for density and dynamic penetration tests. The drawing includes dimensions, lane markings, and labels for specific test locations and sample collection points.

Dimensions and Lane Markings:

- Top horizontal dimension: 950 (200 + 140 + 250 + 100 + 200)
- Right horizontal dimension: 675 (150 + 155 + 130 + 130 + 130 + 130 + 130 + 130)
- Left vertical dimension: 1235
- Right vertical dimension: 1480
- Bottom horizontal dimension: 0+00 to 0+17

Test Locations and Labels:

- Denzitometrická zkouška č.1** - Odběr vzorku: 250 VLEVO
- Dynamická penetrace** - zkouška č.2
- Dynamická penetrace** - zkouška č.1
- Denzitometrická zkouška č.2** - Odběr vzorku: POD 250 VPRAVO
- Odběr vzorku: A1, A2 a 2**
- 10 NEREZ**

Other Labels:

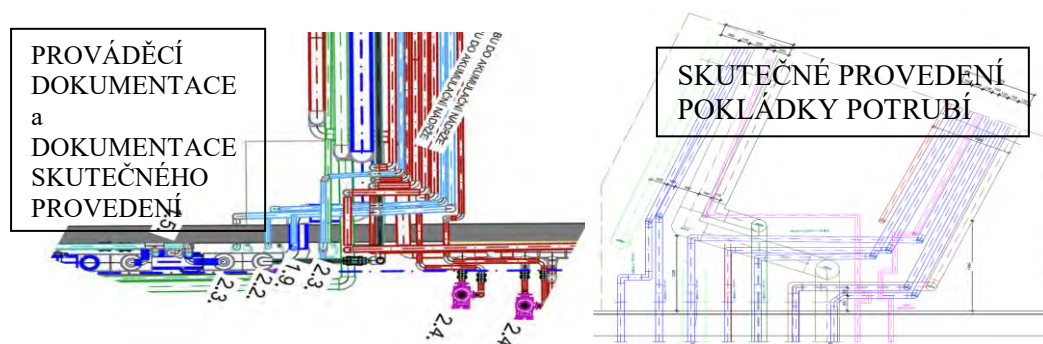
- Zed' strojovny**
- PROSTUPNOSTI KRAJE**
- PROSTUPNOSTI KRAJE**

Přibližně od 12:00 byly zahájeny strojní výkopové práce pro rozšíření stávajícího výkopu a odhalení větší části potrubí. Po dosažení přibližné úrovně potrubí bylo potrubí odhaleno ručně pomocí lopaty. Nejprve byla odhalena levá část výkopu (potrubí 11 a 13 až 17) a současně byl proveden odběr vzorků zeminy z krycího obsypu potrubí pro

laboratorní zkoušky. Dále byla provedena denzitometrická zkouška č. 1, která byla pro ověření v daném místě provedena dvakrát. Následně pak byla provedena zkouška zhutnění (únosnosti) zeminy pomocí dynamické penetrace a to opět v místě denzitometrické zkoušky č.1. Poté bylo odhaleno potrubí v pravé části výkopu (potrubí 1 až 8) se současným odběrem vzorku „POD 250 VPRAVO“ krycího obsypu potrubí pro laboratorní zkoušky. Dále byla provedena denzitometrická zkouška č. 2, která byla pro ověření opět v daném místě provedena dvakrát. Následně pak byla provedena zkouška zhutnění (únosnosti) zeminy pomocí dynamické penetrace a to mezi potrubími č. 5 a 6 (umístění jednotlivých zkoušek viz obr. č. 2). Druhého dne ráno byl dočištěn stávající a nový výkop a očištěna potrubí. Následně byla pořízena fotodokumentace skutečného směrového vedení potrubí a průhybů potrubí. Na odhaleném potrubí byly označeny další body pro nivelaci a tyto body znivelovány. Výška (hloubka) všech bodů byla opět vztažena k bodu č. 0, který byl umístěn v úrovni podlahy u hrany dveří WC páni. Pro určení sklonů jednotlivých potrubí byly změřeny vzdálenosti mezi nivelovanými body.

3. VÝSLEDKY MÍSTNÍHO ŠETŘENÍ

Z předložených podkladů, místního šetření a prováděných měření vyplynulo, že skutečné výškové a směrové provedení pokládky potrubí není v souladu s prováděcí projektovou dokumentací. Lze tedy konstatovat, že generální dodavatel neprovedl pokládku trubního vedení mezi hlavní strojovnou a venkovními bazény v souladu s prováděcí dokumentací a provedený stav ani nezanese do dokumentace skutečného stavu viz obr. 3.



Obr. 3 Srovnání projektové prováděcí dokumentace a skutečného provedení (zaměřeno po odstranění zásypu potrubí při místním šetření).

Co se týče vzájemné vzdálenosti potrubí při jeho pokládce, tak ta je dána ČSN 73 6005 - Prostorové uspořádání sítí technického vybavení. Pro vodovodní síť a přípojky je stanovena minimální vzájemná vzdálenost 0,6 m [1]. Bohužel vzdálenost potrubí včetně popisu způsobu pokládky nebyla podrobně řešena v PD pro provádění. Z provedeného místního šetření vyplývá, že výše uvedená norma nebyla generálním dodavatelem při pokládce potrubí taktéž dodržena, což je doloženo zaměřením a fotodokumentací při odkrytí potrubí u hlavní strojovny technologie při místním šetření viz obr. 4. Pro veškeré trubní rozvody byl v prováděcí PD požadován materiál PVC o minimálním tlaku PN 10 pro zabezpečení namáhání potrubí při jeho pokládce a provozních podmínkách. Při kontrole odkrytého potrubí bylo zjištěno, že potrubí o průměru D90 a D75 bylo provedeno z potrubí o nižší pevnosti v tlaku, a sice tlaku PN8. Dále projektem navržený nerezový materiál prostupů na některých nerezových prostupech koroduje. Zvláště se jedná o šroubový materiál, který byl užit na přírubové spoje viz obr. 5.



Obr. 4 Pohled na odkryté potrubí v místě u hlavní strojovny.



Obr. 5 Nedodržení požadovaného tlakového potrubí a koroze šroubů na přírubě

Provedení pokládky potrubí postrádá zhutnění zeminy dle požadavků výrobce potrubí a normy ČSN 75 5401 [2]. Nedokonalé zhutnění zeminy má za následek potenciální sednutí potrubí. Položené potrubí v zemině dále postrádá statické zajištění potrubí (např. pomocí opěrných bloků) v místech změny jeho směru (kolena, oblouky,) viz obr. 6.



Obr. 6 Pohled na provedenou pokládku potrubí a absenci opěrných bloků.

V rámci místního šetření bylo provedeno geodetické zaměření jednotlivých potrubí. Z vyhodnocení zaměření bylo zjištěno, že došlo k pohybu (zdvih/pokles) potrubí po odlehčení zeminou použitou k zásypu. Doba mezi jednotlivými měřeními byla cca 24 hodin, přičemž potrubí byla odlehčena cca 18 hodin. Vlivem odlehčení nadloží došlo u většiny potrubí za tuto dobu ke zdvihu potrubí cca 1-7mm. Největší zdvih byl naměřen u potrubí pro sání atrakce o profilu D 315, kde posun činil 13mm.



Obr. 7 Pohled na potrubí D315, u kterého došlo k největšímu svislému posunu a pohled na nevhodně provedenou opravu prasklého potrubí, kdy nelze jednoduše potrubí odvodnit.

U některých potrubí došlo k poklesu cca 1-5 mm. Jednalo se vždy o potrubí do D 90, kdy největší pokles nastal u potrubí pro levý chrlič D 90 a to 11mm. Provedená oprava potrubí po jeho prvním poškození (viz obr. 7) není provedena v souladu s požadavky na odvodnění celého potrubí, aby se předešlo vzniku stojící vody, u které může docházet k nárůstu mikrobiálního oživení, což je v rozporu s vyhláškou MZd. 238/2011 Sb. [3].

V rámci místního šetření bylo provedeno zaměření podsypu jednotlivých potrubí. Při vyhodnocení bylo zjištěno, že nebyl dodržen požadavek výrobce potrubí DYKA na mocnost podsypu a mocnost zásypu. Pokládka potrubí v podélném směru vykazovala prověšení potrubí, které dosahovalo místy až 19 mm. Viz. obr. 8.

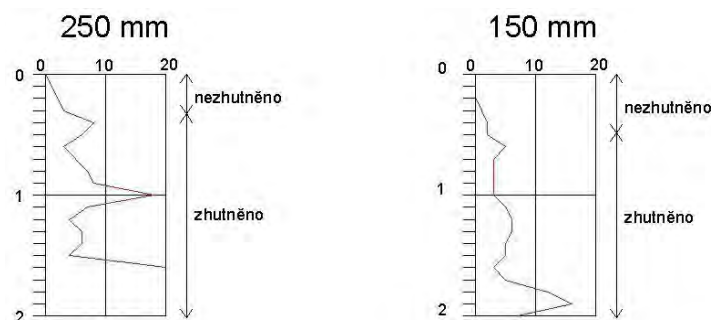


Obr. 8 Pohled na výšku podsypu potrubí a na průhyby položených potrubí.

V rámci místního šetření byly provedeny kontrolní zkoušky, jaké bylo zhutnění zeminy při provádění pokládky potrubí. Jednalo se o objemovou zkoušku a dynamickou penetrační zkoušku viz. tab. 1 a obr. 9.

Tab. 1 Výsledky stupně zhutnění v porovnání s výsledky zkoušky zhutnitelnosti (Proctor standard).

	w	ρ	ρ_d	$\rho_{dmax}(PS)$	zhutnění %PS
Vzorek	[-]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[-]
250/2	10,7	1648	1489	2001	74
150/1	11,0	1628	1466	1840	80
150/2	15,6	1685	1493	1840	81



Obr. 9 Výsledky penetračních zkoušek.

Z výsledku vyplynulo, že hutnění při provádění podkladky potrubí bylo nedostatečné. Jak je patrné z tabulky, tak stupeň zhutnění se pohybuje mezi 74 a 81 % PS. Je tedy zřejmé, že materiál není řádně zhutněný a hodnota zhutnění mohla být v době provádění stavby ještě nižší. Dnes je nadloží již částečně konsolidované.

4. ZÁVĚR - VYHODNOCENÍ:

Zjištěné skutečnosti lze shrnout do několika bodů:

- Potrubí mezi technickou místností a venkovními bazény včetně atrakcí je provedeno v rozporu s projektovou dokumentací pro provádění stavby. Změny oproti PD nejsou zaznamenány ani v dokumentaci skutečného provedení, což je v rozporu s vyhláškou č. 499/2006 Sb. [4].
- Prováděcí PD neobsahuje popis způsobu pokládky, ani podélné profily či výkres vzorového uložení potrubí.
- Hlavní příčinou poškození potrubí je nevhodný způsob uložení potrubí, který je v rozporu s ČSN 73 6005 – Prostorové uspořádání sítí technického vybavení [1].
- Dalším důvodem poškození potrubí je sednutí potrubí, vlivem nedostatečného hutnění zeminy a pojížděním vozidel přes aktivní zónu uloženého potrubí.
- Z rozborů zeminy použité na zásyp a podsyp potrubí vyplývá, že je vhodná pro zásyp a podsyp, avšak podmíněčně vhodná pro aktivní zónu, kde dochází k přejezdu vozidel.
- Na poškození potrubí má vliv i neprovedené zachycení či podepření potrubí při změně směru v kolenech či obloucích, kde vznikají tangenciální síly, které jsou vyvozeny prouděním vody. Navíc vznikají v potrubí rázy vyvolané rozběhem a zastavením čerpadla.
- Potrubí D 75 a D 90 je provedeno v tlakové třídě PN 8. Projektová dokumentace pro provádění požadovala třídu vyšší o min. tlaku PN 10. Při provádění došlo k záměně oproti prováděcí dokumentaci.
- Potrubí v některých místech je porušeno a dochází k úniku vody. Jedná se o tři různá místa: provizorní napojení potrubí D 63 (trubková lehátka) a potrubí vzduchovače D 90 v napojení na koleno. Potrubí PVC D 315 v místě napojení na nerezovou přírubu má prasklou přírubu.
- Vlivem lokálního prověšení některých úseků potrubí a vlivem způsobu napojení potrubí po první opravě, zahrnuje potrubí místa, která nelze jednoduše odvodnit což vede k nárůstu mikrobiálního znečištění, čímž vzniká rozpor s vyhláškou MZd 238/2011 Sb. [3].
- Z předaných podkladů vyplývá, že došlo během všech vzniklých poruch na potrubí atrakcí a recirkulačního systému bazénů k úniku cca 1200 m³, což vede nejen ke zvýšení provozních ekonomických nákladů, ale má vliv nepřímo i na sednutí potrubí vlivem vyplavení jemných částic z podloží.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován v rámci projektu SGS16/204/OHK1/3T/11.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 6005. *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1994. 20 s.
- [2] ČSN 75 5401. *Navrhování vodovodního potrubí*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 2008. 12 s.
- [3] Vyhláška č. 238/2011 Sb. o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch v aktuálním znění
- [4] Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb v aktuálním znění

Vliv paralelního zapojení čerpadel na provozní náklady

doc. Ing. Bohumil Šťastný, Ph.D.; Ing. Filip Horký, Ph.D.; doc. Ing. Iva Čiháková, CSc.; Ing. Kateřina Slavičková, Ph.D.

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického inženýrství

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

stastny@fsv.cvut.cz, filip.horky@cvut.cz, cihakova@cvut.cz, katerina.slavickova@cvut.cz

Abstrakt

Příspěvek je zaměřen na různé druhy paralelního zapojení odstředivých čerpadel ve funkci na hydraulické ztráty systému a jeho provozní náklady. Na podkladě výsledků této práce bylo zpracováno ekonomické zhodnocení všech řešených variant za účelem nalezení optimálního paralelního zapojení odstředivých čerpadel.

Key words: centrifugal pumps, discharge pipe, swimming pool, costs

1. ÚVOD

Cílem experimentální modely bylo zjistit chování různých druhů paralelních zapojení výtlačků čerpadel, jak z hlediska hydraulických ztrát, tak i z hlediska následné efektivity a ekonomické náročnosti daného systému.

2. POPIS SYSTÉMU

Experimentální recirkulační systém byl navržen s několika předpoklady. Návrh musel obsahovat nejméně sadu dvou paralelně zapojených čerpadel, aby mohlo dojít ke zkoumání paralelního zapojení těchto čerpadel a jeho následnému vyhodnocení. Dále bylo důležité, aby recirkulační okruh celkově obsahoval místa pro osazení navrtávacích pasů s následným osazením průtokoměrů a dalších měřících zařízení.



Obr. 1 Pohled na experimentální recirkulační systém [1]

Pro experiment byly vytvořeny tři varianty paralelního zapojení výtlačků čerpadel (ZAPOJENÍ 1, ZAPOJENÍ 2, ZAPOJENÍ 3), resp. řešení zapojení výtlačků z čerpadel Č1 a Č2.

ZAPOJENÍ 1:

Jedná se o nejčastější způsob paralelního zapojení čerpadel; symetrický pravoúhlý díl – tzv. „kalhotový kus“. Hlavní myšlenkou tohoto zapojení je předpoklad, asymetrického zapojení a díky tomu jsou ztráty v obou větvích stejné, tzn. že by voda měla proudit oběma větvemi pokud možno ve stejném množství, za předpokladu stejného výkonu čerpadel a minimálních ztrát na spojích potrubí.

ZAPOJENÍ 2:

Jedná se o pravoúhlý asymetrický způsob zapojení. Jde tedy o zapojení, které je konstrukčně nejjednodušší. Jedna větev je kolmo napojena do druhé větve pod úhlem 90° . Proudící voda natéká kolmo z levé větve do pravé větve. Z hydraulického hlediska by se tedy mělo teoreticky jednat o méně příznivý případ, ale i tak nejspíš lepší jak předchozí varianta ZAPOJENÍ 1.

ZAPOJENÍ 3:

Tento poslední zkoušený způsob zapojení je rovněž asymetrický, jako předešlé ZAPOJENÍ 2, ale napojení jedné větve do druhé je provedeno pod úhlem 45° . U tohoto dílu se předpokládá hydraulicky vhodnější proudění vody. Nátok proudu vody z první větve do druhé by měl být plynulejší, než u předešlých dvou způsobů zapojení.



Obr. 2 Zapojení výtlačného potrubí 1, 2, 3 [2]

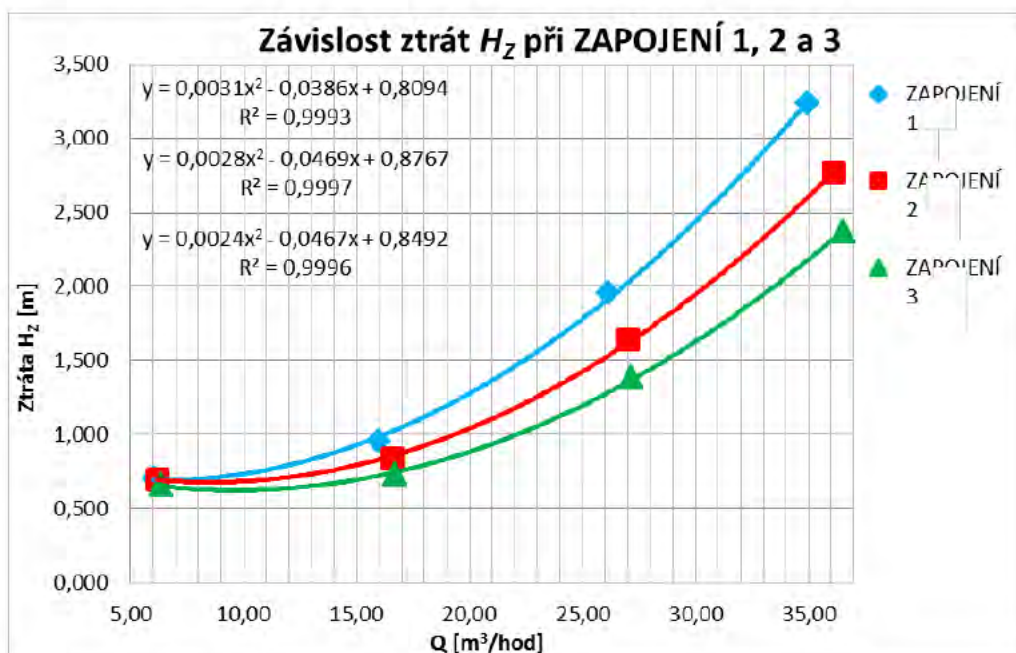
3. NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY

Vyhodnocení naměřených veličin bylo provedeno srovnáním jednotlivých způsobů zapojení z hlediska hydraulických ztrát a hlediska rozdělení průtoků

Srovnání jednotlivých způsobů zapojení z hlediska hydraulických ztrát

Z hlediska hydraulických ztrát se ZAPOJENÍ 3 chová ze všech zapojení nejlépe, tzn. že vytváří v recirkulačním systému celkově nižší hydraulické ztráty jak ZAPOJENÍ 2 a ZAPOJENÍ 1. Ze srovnání vyplývá, že při nízkých průtocích není rozdíl tak znatelný, jako při vyšších průtocích. Při $Q_{\text{opt}} = 8.50 \text{ m}^3/\text{s}$ (rychlost v systému $v_{\text{opt}} = 1.20 \text{ m/s}$) vzniká mezi ZAPOJENÍM 1 a ZAPOJENÍM 3 rozdíl v hydraulické ztrátě $\Delta_{\text{HZ}} = 0.079 \text{ m}$. Dále při $Q_{\text{opt}} = 8.50 \text{ m}^3/\text{s}$ (rychlost v systému $v_{\text{opt}} = 1.20 \text{ m/s}$) vzniká mezi ZAPOJENÍM 2 a ZAPOJENÍM 3 rozdíl v hydraulické ztrátě $\Delta_{\text{HZ}} = 0.054 \text{ m}$. Z výsledků vyplývá jako nejvýhodnější zapojení z hlediska hydraulických ztrát ZAPOJENÍ 3. Dále bylo zjištěno,

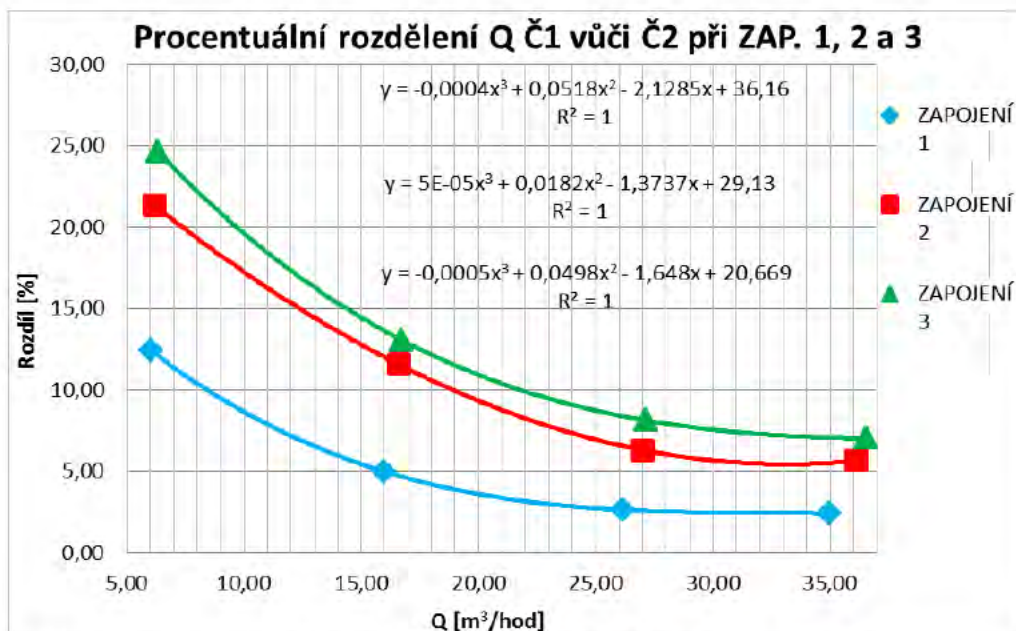
že za vysokých průtoků, jako například při $Q_{\max} = 35.00 \text{ m}^3/\text{s}$ (rychlost v systému $v_{\max} = 4.95 \text{ m/s}$) vzniká mezi ZAPOJENÍM 1 a ZAPOJENÍM 3 rozdíl v hydraulické ztrátě $\Delta H_Z = 1.101 \text{ m}$.



Obr. 3 Závislost ztrát ΔH_Z u ZAPOJENÍ 1, 2 a 3

Srovnání rozdělení průtoků při různém zapojení

Z daných výsledků lze vyhodnotit, že při nižších průtocích je rozdíl vyšší. Při zvyšujícím průtoku Q se daný procentuální rozdíl rozdělení vody do větví paralelního zapojení čerpadel Č1 vůči Č2 snižuje.

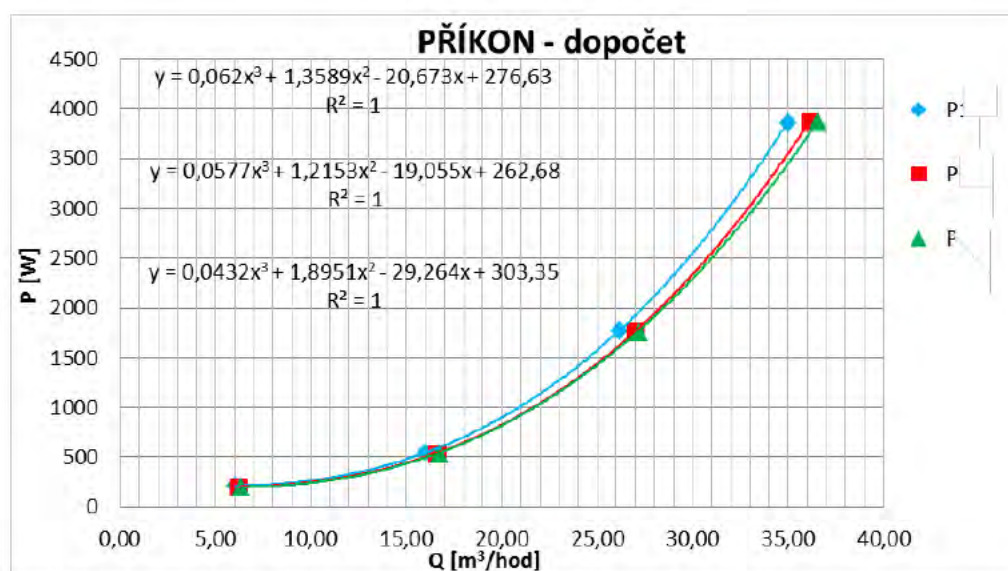


Obr. 4 Závislost procentuálního rozdílu na průtoku Q při ZAPOJENÍ 1, 2 a 3

Z hlediska procentuálního rozdělení průtoků se nejlépe chová symetrický způsob ZAPOJENÍ 1, i když je z hlediska hydraulických ztrát nejhorší. U asymetrických způsobů zapojení (př. ZAPOJENÍ 2 a 3) dochází k nerovnoměrné distribuci vody ve větvích. To ve výsledku ovlivňuje chod čerpadel mezi sebou, a proto je vhodné je po určité časové době střídat v systému. Každé čerpadlo se kvůli tomuto vlivu opotřebovává jinak, tzn. některé se opotřebovává rychleji a tím rychleji degraduje. Z tohoto srovnání vyplývá, že při nízkých průtocích je rozdíl znatelný, na rozdíl od vyšších průtoků. Při $Q_{\text{opt}} = 8.50 \text{ m}^3/\text{s}$ (rychlost v systému $v_{\text{opt}} = 1.20 \text{ m/s}$) vzniká mezi ZAPOJENÍM 1 a ZAPOJENÍM 3 procentuální rozdíl v rozdělení vody Č1 vůči Č2 $\Delta Z = 11.61 \%$. Dále při $Q_{\text{opt}} = 8.50 \text{ m}^3/\text{s}$ (rychlost v systému $v_{\text{opt}} = 1.20 \text{ m/s}$) vzniká mezi ZAPOJENÍM 1 a ZAPOJENÍM 2 rozdíl $\Delta Z = 8.85 \%$. Ze srovnání vyplývá, že ZAPOJENÍ 1 má nejnižší rozdíly. Navíc se jedná o symetrický typ.

4. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

V rámci této práce bylo důležité ukázat i na ekonomické zhodnocení. U všech tří zapojení se při průtocích Q_1 , Q_2 , Q_3 a Q_4 sečetly příkony čerpadel Č1 a Č2. Tyto příkony se vynesly do grafu (viz Obr. 6) v závislosti na daném průtoku pro všechny tři zapojení. Následně se výsledné křivky proložily spojnici trendu a vyjádřila se každá rovnice grafu. Díky vyjádřeným rovnicím grafu se provedl dopočet úspory v Kč/rok a v %/rok. Tyto výsledky byly provedeny pro tři nové průtoky $Q_{\text{min}} = 4.25 \text{ m}^3/\text{hod}$, $Q_{\text{opt}} = 8.50 \text{ m}^3/\text{hod}$ a $Q_{\text{max}} = 35 \text{ m}^3/\text{hod}$. Dané reprezentativní průtoky představují tři rychlosti v systému $v_{\text{min}} = 0.60 \text{ m/s}$, $v_{\text{opt}} = 1.20 \text{ m/s}$ a $v_{\text{max}} = 4.95 \text{ m/s}$. Rychlost v potrubí je ideální v rozmezí $0.60 \div 1.20 \text{ m/s}$, z tohoto důvodu byly voleny tyto průtoky. Jako zajímavost je uveden ještě maximální průtok v systému, aby bylo vidět, jak velký vliv má na výsledné hodnoty vysoký průtok.



Obr. 6 Závislost příkonu P na průtoku Q

Pro výpočet je uvažována aktuální (průměrná) cena za 1 kWh elektřiny v ČR pro rok 2015, která činí 3.85 Kč.

Tab. 2. Spotřeba při ZAPOJENÍ 1

ZAPOJENÍ 1					
	Q [m³/h]	v [m/s]	P [W]	spotřeba [kWh/rok]	cena [Kč/rok]
Q_{min}	4.25	0.60	218	1 910	7 355
Q_{opt}	8.50	1.20	237	2 078	7 999
Q_{max}	35.00	4.95	3876	33 954	130 721

Tab. 3. Spotřeba při ZAPOJENÍ 2

ZAPOJENÍ 2					
	Q [m³/h]	v [m/s]	P [W]	spotřeba [kWh/rok]	cena [Kč/rok]
Q_{min}	4.25	0.60	208	1 823	7 018
Q_{opt}	8.50	1.20	224	1 962	7 553
Q_{max}	35.00	4.95	3558	31 171	120 010

Tab. 4. Spotřeba při ZAPOJENÍ 3

ZAPOJENÍ 3					
	Q [m³/h]	v [m/s]	P [W]	spotřeba [kWh/rok]	cena [Kč/rok]
Q_{min}	4.25	0.60	207	1 813	6 981
Q_{opt}	8.50	1.20	218	1 910	7 354
Q_{max}	35.00	4.95	3453	30 247	116 449

Tab. 5. Úspory Z2-Z1 a Z3-Z1 vyčíslené v Kč/rok a v %/rok

Úspora Z2 vůči Z1			
337	[Kč/rok]	4.58	[%/rok]
446	[Kč/rok]	5.57	[%/rok]
10 711	[Kč/rok]	8.19	[%/rok]

Úspora Z3 vůči Z1			
373	[Kč/rok]	5.08	[%/rok]
644	[Kč/rok]	8.06	[%/rok]
14 272	[Kč/rok]	10.92	[%/rok]

Z výsledků je patrné, že z hlediska ekonomického zhodnocení je nejvýhodnější ZAPOJENÍ 3 v porovnání s běžně používaným ZAPOJENÍM 1. Rozdíl při optimálním průtoku v systému je 8.06 %/rok. Tato úspora je sice v řádu jednotek %, ale i tak to může mít velký vliv za chodu složitějších systémů zapojení paralelních čerpadel. Pro minimální průtok úspora činí 5.08 %/rok a pro maximální průtok 10.92 %/rok.

ZAPOJENÍ 2 vůči ZAPOJENÍ 1 tvoří úsporu nižší, než v předchozím případě. Tato úspora činí ve výsledku 5.57 %/rok. Pro minimální průtok úspora činí 4.58 %/rok, a pro maximální průtok 8.19 %/rok.

5. DISKUSE A OPTIMALIZACE NÁVRHU

V rámci možné optimalizace se dá uvažovat nad různými dalšími kombinacemi zapojení, jako je například použití dvou sacích větví místo jedné společné pro obě čerpadla. Tato změna by teoreticky měla zlepšit rozdělení průtoků pro obě čerpadla, ale znamenala by větší pořizovací náklady, než v případě jedné společné sací větve.

Dále se jako další možná optimalizace nabízí použití lepší řady čerpadel typu VF. Použitá čerpadla typu VSD obsahují sice frekvenční měnič otáček, který nám umožňuje ve výsledku měnit průtok Q určitého čerpadla. Naproti tomu čerpadla typu VF umožňují pevné nastavení průtoku Q . Mění se otáčky dle potřeby za chodu systému, aby vytvořily požadovaný průtok. Celkově čerpadla s variabilními otáčkami a variabilními průtoky patří k vhodným budoucím návrhům pro čerpání vody, protože jejich vhodným používáním se ušetří spotřebovaná energie a provozní náklady.

6. ZÁVĚRY

Na základě rešerše a provedených praktických měření lze konstatovat následující:

- byly shromážděny a popsány informace ohledně recirkulačního systému bazénu a informace ohledně podobné problematiky z oblasti paralelních zapojení čerpadel;
- byly provedeny měření, výpočty a následná vyhodnocení na experimentálním recirkulačním systému pro tři různá paralelní zapojení výtlačků čerpadel;
- provedlo se odvození součinitele místní ztráty zpětného ventilu z důvodu, aby byly výpočty přesnější a odpovídaly více realitě;
- bylo zjištěno a zhodnoceno, že při paralelním zapojení čerpadel se nejlépe chová asymetrické šikmé ZAPOJENÍ 3 vůči běžně používaným symetrickým kalhotovým zapojením jako je ZAPOJENÍ 1, z hlediska ekonomické efektivity a z hlediska tvorby hydraulických ztrát daným typem zapojení;
- z ekonomického zhodnocení vyšlo, že použitím varianty ZAPOJENÍ 3 vůči ZAPOJENÍ 1 vznikne úspora elektrické energie 8,06 %/rok;
- ohledně procentuálního rozdělení vody v systému do větví paralelního okruhu zapojení čerpadel bylo zjištěno, že je nejvýhodnější symetrické ZAPOJENÍ 1, vůči ostatním typům zapojení, protože voda jde po trase nejmenšího odporu a to má za následek (zde jsou obě symetrické), že obě čerpadla v okruhu berou podobný objem vody než asymetrická zapojení;
- došlo k potvrzení nutnosti zpětných klapek/zpětných ventilů v rámci paralelního okruhu zapojení čerpadel, aby nedocházelo k nechtěné cirkulaci vody a tudíž k celkovému snížení efektivity celého systému.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován s podporou projektu SGS16/204/OHK1/3T/11 a podporou ze státního inovačního voucheru 8301601A001.

LITERATURA

- [1] ŠŤASTNÝ, Bohumil. Stavba a provoz bazénů. Praha: ABF-ARCH, 2003, 137 s. ISBN 80-86165-56-6.
- [2] ŠŤASTNÝ, Bohumil. Vliv výměnného systému bazénu na kvalitu bazénové vody. Praha: přednášky, 2011.

Zkušenosti z projekčních příprav rekonstrukcí páteřních vodovodních přivaděčů

Ing. Marek Coufal, Ph.D.

marek.coufal@centrum.cz

ABSTRAKT

Páteřní vodovodní přivaděče pitné jsou stavby nadmístního významu, zajišťující hromadné zásobování pitnou vodou rozsáhlých území. Jedná se zpravidla o vodovody velkých jmenovitých světlostí, které přivádí vodu z centrálních zdrojů a úpraven vod i pro desítky měst a obcí. Příspěvek se zabývá zkušenostmi z projekčních příprav rekonstrukcí páteřních vodovodních přivaděčů, a dále pak některými jejich specifiky.

STRUČNÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Velká část páteřních vodárenských soustav na územní České republiky vznikla v padesátých a šedesátých letech dvacátého století. S ohledem na stáří a použité materiály je tedy mnoho páteřních vodovodních přivaděčů na konci své předpokládané životnosti. Ačkoliv se v posledních letech přesunula alokace investic do vodohospodářské infrastruktury pro zásobování pitnou vodou od budování nových sítí k rekonstrukcím, většina velkých páteřních přivaděčů zásobujících významná spotřebišť v České republice stále svou rekonstrukci očekává.

POJEM REKONSTRUKCE VE STAVEBNÍM ZÁKONĚ

Význam slova *rekonstrukce* je ve slovnících cizích slov uváděn jako „opětovné sestrojení, uvedení do původního stavu, přestavba nebo přepracování“. Ačkoliv slovo rekonstrukce ve stavebnictví hojně využíváno, platný zákon č. 183/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů (stavební zákon) pojem rekonstrukce nezná a nepoužívá. Když pomineme pojem *udržovací práce* (kterými se tento příspěvek nezabývá), stavební zákon využívá v kontextu tohoto příspěvku pojmy *stavební úpravy* a *změna dokončené stavby*. Zažité slovo *rekonstrukce* tedy považujeme za velmi obecný neformální výraz zahrnující více legislativních režimů provedení prací, záměrně je však v textu tohoto příspěvku hojně využíván, protože zde uvedené záležitosti se často týkají více režimů provedení prací. Pro přesnější odbornou komunikaci, zejména pak ve vztahu k příslušným úřadům, by se pak měly používat výrazy užívané platnou legislativou (tzn. *nová stavba*, *stavební úpravy stavby* nebo *změna dokončené stavby*).

PŘÍSLUŠNÁ LEGISLATIVA UMOŽŇUJÍCÍ PROVEDENÍ PRACÍ

Již v úvodu zpracovávání projektové přípravy stavebních prací na vodovodním přivaděči je nutno určit, v jakém režimu budou tyto práce probíhat, a jestli bude nutno pro zamýšlené práce/úpravy nutno zajistit rozhodnutí o umístění stavby (v praxi častěji nazýváno územní rozhodnutí) a stavební povolení. Protože vodovodní přivaděče jsou vodními díly (§ 55 zákona č. 254/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů), případné rozhodnutí o umístění stavby vydávají místně příslušné obecné stavební úřady; stavební povolení pro tyto stavby pak vydávají stavební úřady speciální, jimiž jsou v případě vodních děl příslušné vodoprávní úřady.

Dle platné legislativy lze stavební práce na přivaděčích provést v režimu *stavebních úprav* bez nutnosti zajištění rozhodnutí o umístění stavby a stavebního povolení. Dle § 79, odst. 2, písm. s) zákona č. 183/2006 Sb. rozhodnutí o umístění stavby ani územní souhlas nevyžaduje výměna vedení technické infrastruktury, pokud se nemění její trasa a nedochází k překročení hranice stávajícího ochranného nebo bezpečnostního pásma. Při zvažování využití této legislativní úpravy je ovšem mít na paměti, že toto ustanovení se nevztahuje na kulturní památky a na nemovitosti, které nejsou kulturní památkou, ale jsou v památkové rezervaci, památkové zóně nebo v ochranném pásmu nemovité kulturní památky, nemovité národní kulturní památky, památkové rezervace nebo památkové zóny. Dále pak toto ustanovení nelze využít na záměry posuzované z hlediska vlivů na životní prostředí. V případě, že daný záměr nesplňuje podmínky pro možnost vyžití režimu § 79, odst. 2, písm. s) zákona č. 183/2006 Sb., nutno pro daný záměr zajistit nové rozhodnutí o umístění stavby (územní rozhodnutí), což mimo jiné zahrnuje nutnost zajištění příslušných smluv se všemi majiteli dotčených pozemků.

Otázku nutnosti stavebního povolení k vodním dílům řeší zákon 254/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon). Dle § 15 odst. 2 tohoto zákona stavební povolení ani ohlášení nevyžadují stavební úpravy vodovodů (a kanalizací), pokud se nemění jejich trasa. V případě překročení těchto podmínek je opět nutno zajistit stavební povolení pro daný záměr.

Je nutno zmínit, že zajištění rozhodnutí o umístění stavby a stavebního povolení je mimo jiné podmíněno doložením smluvních vztahů se všemi majiteli stavbou dotčených pozemků, což bývá v případě rozsáhlých staveb typu stávajících páteřních přivaděčů, které se dotýkají až stovek dotčených pozemků, prakticky nerealizovatelné. V případě spoluvlastnictví parcel více fyzickými nebo právnickými osobami je někdy mylně předpokládáno, že stačí souhlas většiny dotčených subjektů – tato informace se ovšem nezakládá na pravdě a jako podklad pro vydání rozhodnutí o umístění stavby je nutno získat pro daný záměr souhlasy všech spoluvlastníků. Obecně tedy nezbyvá, než řešit každý konkrétní případ rekonstrukce vodovodního přivaděče individuálně, a hledat pro danou situaci v rámci platné legislativy co možná nejvhodnější řešení.

Pro případ provádění *stavebních úprav* vodovodů zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích stanovuje, že vlastník vodovodu je oprávněn za účelem kontroly, údržby nebo *stavební úpravy* vodovodu (ustanovení se týká i kanalizací; protože se příspěvek zabývá rekonstrukcemi vodovodních přivaděčů, jsou dále zmiňovány jen vodovody) vstupovat a vjíždět na příjezdné, průjezdné a vodovodem přímo dotčené cizí pozemky, a to způsobem, který co nejméně zatěžuje vlastníky těchto nemovitostí. Dále pak stanovuje, že toto právo musí být využíváno tak, aby bylo co nejméně zasahováno do práv vlastníků pozemků a staveb. Výkon práva na provedení *stavební úpravy* vodovodu proto neznamená pro prováděcí firmy volnou vstupenku neomezeně na celý dotčený pozemek. Oprávněná osoba je povinna svůj vstup na cizí pozemek nebo stavbu jejímu vlastníku předem oznámit a po skončení prací pozemek nebo stavbu uvést do předchozího stavu, pokud se s vlastníkem nedohodne jinak. Výkon tohoto práva musí být také prováděn tak, aby co nejméně omezoval osoby užívající pozemek nebo stavbu na základě smlouvy s vlastníkem pozemku nebo stavby a další osoby, které ji užívají s jeho souhlasem. Dále je v zákoně stanoveno právo na náhradu vzniklé škody. Vznikla-li na dotčeném pozemku vlastníkem výkonem práv stavebníka nebo vlastníka vodovodu majetková újma, nebo je-li tato osoba omezena v obvyklém užívání pozemku nebo stavby, má tato osoba právo na náhradu (což je zcela logické).

NĚKTERÉ TECHNICKÉ ASPEKTY REKONSTRUKCÍ VODOVODNÍCH PŘÍVADĚČŮ

Pátevní vodovodní přívaděče byly většinou budovány pro zásobování rozsáhlých aglomerací s jednotkami tisíců až desítkami tisíc zásobovaných obyvatel. Na rozdíl od rekonstrukcí rozvodných obecních vodovodních sítí zahrnuje projekční příprava rekonstrukcí páteřních vodovodních přívaděčů řadu technických specifik, které je nutno při projekčních pracích brát v úvahu. Několik z nich je uvedeno níže:

Návrh vhodné technologie rekonstrukce

Návrh vhodné technologie provedení rekonstrukce je důležitým krokem v projekční přípravě daného záměru. Mimo klasických metod výměny potrubí v otevřeném výkopu je dnes k dispozici celá řada bezvýkopových metod rekonstrukcí využívajících různé materiály a mající různé technické požadavky na provedení.

Bezvýkopové technologie pro obnovu vodárenské infrastruktury prošly v posledních dvou dekáдах výrazným rozvojem, a jejich využití bylo v tomto období široce publikováno. Tyto technologie jsou s úspěchem využívány zejména v oblastech kde je problematická rekonstrukce potrubí v otevřeném výkopu, což bývá zejména v těžko prostupných terénech. Bezvýkopové technologie bývají pro rekonstrukci vodovodních řadů ekonomicky výhodné zejména v místech, kde by pracemi v otevřeném výkopu došlo ke značným nákladům na obnovu pracemi poškozených povrchů, nákladům spojeným s přerušением provozu na dopravních tepnách, kde hrozí reálné riziko vzniku škod na okolních nemovitostech v důsledku zemních prací atd. Objem zemních prací, bourání a oprav zpevněných ploch bývá při využití těchto technologií redukován až o 80%. V místech, kde není vyžadováno nákladné uvedení povrchů do původního stavu pak ekonomická výhodnost těchto technologií klesá. Kromě ekonomických faktorů výstavby je však nutno zvážit také faktory ostatní, jako je přímý vliv prováděné rekonstrukce na okolí prováděné stavby, atd.

V současné době je na trhu dostupná celá řada bezvýkopových technologií (ať už destruktivních, nebo nedestruktivních) pro obnovu vodovodních potrubí. Při výběru vhodné bezvýkopové technologie pro obnovu potrubí je nutno zvažovat nejen ekonomické hlediska, ale také technické možnosti každé dané technologie (a tímto danou proveditelnost), životnost zataženého potrubí atd. Návrh vhodné technologie pro rekonstrukci potrubí může výrazně zjednodušit rekonstrukci přívaděče, nevhodně navržená technologie rekonstrukce však naopak může provádění rekonstrukce výrazně zkomplikovat a prodražit.

Návrh vhodné etapizace provádění stavebních prací

Návrh vhodné etapizace provádění stavebních prací na rekonstruovaném přívaděči je nutno provést v závislosti na možnostech odstávek jednotlivých částí přívaděče a provizorního zásobování spotřebišť pitnou vodou. Je nutno vycházet z faktu, že páteřní přívaděče zásobují lokality pitnou vodou rozsáhlé aglomerace. Tyto aglomerace zpravidla nelze dlouhodobě odstavit od zásobování pitnou vodou, a s ohledem na jejich rozsáhlost jsou jen obtížně zásobovatelné z náhradních zdrojů. Doba možných odstávek je prakticky dána akumulacími schopnostmi plněných akumulací, resp. dobou, po kterou jsou tyto akumulace schopny zásobovat spotřebiště při odstávce přívaděče. Většinou již ve fázi projektové přípravy tedy dochází k rozdělení celkové rekonstruované délky přívaděče na menší úseky, a k vytipování případných nutných souvisejících úprav na vodovodní síti nebo nutnosti instalace sluchovodů. Možnosti odstávek a provizorního zásobování pak přímo ovlivňují návrh postupu prací prováděné rekonstrukce.

Zajištění hydraulických sil v potrubí

Hydraulické síly v potrubí vznikají při změně jeho směru, profilu a také na zaslepených koncích potrubí tíhou vodní náplně potrubí, vlivem hydrostatického a hydrodynamického tlaku v potrubí, vlivem hydraulických rázů atd. U potrubí velkých jmenovitých světlostí v kombinaci s vysokým tlakem vody v potrubí mohou tyto síly nabývat značných velikostí (až stovky kN). Tyto síly se nepříznivě projevují zejména u dělených trubních systémů (např. násuvnými hrdlovými spoji nejištěnými proti podélnému posuvu), které nemohou účinně vzdorovat vzniklému tahu v potrubí. V případě absence jištění hydraulických sil u těchto potrubí dochází vlivem těchto sil k posuvům v hrdlových spoích, následnému rozpojení spojů a havárii přivaděče. Při návrhu nových potrubí je řešení zachycení hydraulických sil (byť značných velikostí) dobře řešitelné, protože jsou známy prakticky všechny vstupní informace a navržené řešení je málokdy při realizaci výrazně časově omezeno. Návrh zajištění hydraulických sil velkých potrubí je ale poměrně problematický při rekonstrukcích, a to zejména v místech napojení rekonstruované části na stávající potrubí, kde není dostatek času na to, aby došlo k nabytí pevnosti budovaných betonových bloků, nejčastěji z provozních důvodů (omezený čas na možné odstávky přivaděče pro provedení přepojení).

Návrh vhodného způsobu přepojení hotových úseků na stávající potrubí

Komplikovanou záležitostí může být také přepojení hotových úseků na stávající potrubí, zejména v místech, kde dochází ke změnám trasy, a tudíž kde se musí zároveň se způsobem propojení řešit také nutnost zachycení hydraulických sil. Propojení hotových úseků potrubí se standardně provádí v odstávkách přivaděče, proto jsou tyto práce opět časově významně omezeny. Velmi zajímavým příkladem bylo přepojování dvou souběžných přivaděčů, které bylo nutno provést včetně kompletního jištění za pouhý jeden den. V době této odstávky pak bylo nutno provést vypuštění obou přivaděčů, realizovat výřezy na obou potrubích, provést montáž kolen a propojení a realizovat funkční jištění hydraulických sil v kolenech. V místech přepojení tak bylo nutno v tomto krátkém časovém úseku řešit kromě vlastního přepojení i zachycení hydraulických sil jak v horizontálním, tak vertikálním směru. V předstihu proto byla realizována opěrná betonová deska, která byla osazena ve výslednici sil 90° kolen obou potrubí. Deska byla navržena tak, aby byla schopna přenést do rostlé zeminy součet sil vycházejících z obou kolen a vzhledem k únosnosti zeminy v místě propojení a tlakovým poměrům v obou přivaděčích měla plochu cca 9,5 m². Dále byla v předstihu připravena speciální ocelová konstrukce pro rozepření obou kolen s opěrnou deskou. Při odstávce přivaděčů pak došlo k vypuštění potrubí, provedení výřezů, osazení kolen a jejich zajištění ocelovou konstrukcí do připravené betonové desky. Tím byla zajištěna okamžitá funkčnost jištění a hydraulické síly byly okamžitě přenášeny přes ocelovou konstrukci do betonové opěrné desky. Oba přivaděče tak mohly být natlakovány a zprovozněny ihned po osazení jištění ocelových konstrukcí. Ocelová konstrukce byla následně obetonována.

Nakládání s vodami z proplachů potrubí a neutralizace vody pro desinfekci potrubí

Páteční přivaděče pitné vody jsou standardně potrubí větších jmenovitých světlostí, dopravující pitnou vodu na velké vzdálenosti. Pro proplachy těchto potrubí je zapotřebí značného objemu vody, které při vypouštění mohou významně ovlivnit biotop zejména malých vodních toků s minimálními průtoky vody. Při návrhu proplachů potrubí je tedy nutno mimo návrhu dávky a druhu desinfekčního činidla navrhnout také způsob jeho neutralizace před vypouštěním vody do vodoteče. V případě návrhu potrubí z tvárné

litiny s cementovou výstelkou je nutno navrhnout také způsob neutralizace pH vypouštěné proplachové vody, která jinak dostává do zásadité oblasti.

Rekonstrukce přivaděčů z azbestocementových trub

Problematické bývají také rekonstrukce vodovodních přivaděčů z azbestocementového potrubí, které bylo v šedesátých a sedmdesátých letech dvacátého století velmi oblíbeným materiálem pro výstavbu přivaděčů s menšími a středními jmenovitými světlostmi. Mimo problematickou lokalizaci těchto přivaděčů přímo v terénu je nutno u takových přivaděčů již v průběhu projekční přípravy řešit způsob nakládání s odpady obsahujícími azbest. Azbest je klasifikován jako karcinogen skupiny 1 (látky s prokázaným karcinogenním účinkem na člověka). Dle zákona č. 185/2001 Sb. je určeno, že při demontáži původního potrubí z azbestocementových trub je nutno zajistit, aby do ovzduší nebyla uvolňována azbestová vlákna nebo azbestový prach. Nakládání s odpady obsahujícími azbest upravuje také zákon č. 258/2000 Sb., který upravuje povinnosti zaměstnavatelů, na jehož pracovištích jsou vykonávány rizikové práce, zákon č. 262/2006 Sb. který upravuje zákaz práce s azbestem a stanovuje, které práce zakázány nejsou a vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli

ZÁVĚREM

Rekonstrukce páteřních vodovodních přivaděčů velkých jmenovitých světlostí se ve srovnání s rekonstrukcemi rozvodných sítí potýkají s celou řadou technických specifik, se kterými je nutno již při zpracovávání projekčních návrhů počítat. Projekční návrhy rekonstrukcí je proto nutno provádět zkušenými pracovníky a v úzké spolupráci s pracovníky provozovatele přivaděče. Úzká spolupráce mezi stavebníkem a projektantem je nutná nejen během přípravy příslušných projektových dokumentací nutných pro rekonstrukci daného přivaděče, ale také v průběhu zajišťování příslušných povolení a zejména pak během realizace záměru.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon)
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích a o změně některých zákonů
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a změně některých zákonů
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o ochraně některých souvisejících předpisů
- Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce
- Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli

Zkušenosti projektanta elektro při návrhu rekonstrukcí vodárenských objektů

Ing. Miroslav Tomek

VODING HRANICE spol.s.r.o.

ÚVOD

Vodárenské objekty se průběžně rekonstruuji zpravidla nepřetržitě. U technologicky jednoduchých objektů, zpravidla vodojemy jímací objekty se provádí rekonstrukce i po více jak 30 letech.

Objekty se složitější technologií, kde je instalováno zařízení přenosu dat a vzdálený monitoring, jsou zpravidla rekonstruovány v kratších intervalech a to především pro zastaralé technologické zařízení a nutnosti jeho obnovy.

Ve svém příspěvku se zaměřím na objekty složitější, které jsou napojeny na přívod elektrické energie. Při plánování rekonstrukce takových objektů je potřeba věnovat se i technologickému zařízení vyžadujícímu pro svůj provoz elektrickou energii.

Proto je nutné zhodnocení stavu objektu a vždy požadovat kompletní rekonstrukci elektro. Zařízení elektro rychleji stárne a provádět pouze výměnu již nefunkčních zařízení je technicky nesprávná volba.

Elektrická zařízení projektována do roku 1995 nevyhovují z hlediska norem dnešním požadavkům.

Rekonstruované vodárenské objekty je dnes možno vybavit daleko sofistikovanějšími prvky, které umožňují dálkový dohled, řízení objektu a snímání veškerých provozních a technologických veličin tak i sledování vstupu a narušení objektu s obrazovým záznamem.

PROSTŘEDKY ŘÍZENÍ A MONITOROVÁNÍ VODÁRENSKÝCH OBJEKTŮ

Automatizační prostředky jsou nedílnou součástí provozních technologických zařízení a v praxi se uplatňuje i řízení procesů počítačem.

Logické řízení

Řízení technologických procesů v sobě zahrnuje kromě regulace i automatické provádění operací v určité posloupnosti, rozhodování o dalším postupu podle výsledku předchozího kroku apod. Hovoříme o logickém řízení.

Logické řízení pracuje s dvouhodnotovými signály, které jednak přenášejí informace o stavu procesu do řídicího systému, jednak povely z řídicího systému do procesu. Pro vodárenské objekty se jedná zpravidla o stavy armatura otevřeno – zavřeno, čerpadlo chod, porucha, limitní hladina.

Sekvenční logické řízení je takové, kdy hodnota výstupů nezávisí pouze na okamžitých hodnotách vstupů, ale ještě i na předchozích hodnotách vstupů a výstupů, čili na tzv. stavu procesu. Například dostatek vody v akumulaci pro čerpání do VDJ nespustí čerpadlo, nízký tarif odběru elektrické energie povolí spuštění čerpání.

Programovatelné logické automaty

Zkratkou PLC (Programmable Logic Controller). Je jimi řešena naprostá většina řídicích aplikací i technologie ÚV. Jednoduché přístroje mohou pracovat pouze s dvouhodnotovými signály a provádět pouze logické operace. Složitější přístroje mohou zpracovávat i analogové informace a provádět numerické operace a mohou být zapojeny přímo do regulačních smyček. I jednoduché automaty jsou běžně vybaveny komunikačními jednotkami, které umožňují jejich propojení mezi sebou navzájem nebo s nadřazenými řídicími úrovněmi.

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. (např. dávkování chemikálií, udržování požadované hodnoty pH vody ...)

POSTUP PŘI NÁVRHU A REALIZACI ŘÍDÍCIHO SYSTÉMU.

Zavádění rozsáhlejšího řídicího systému jakým je z vodárenských objektů úprava vody, je práce pro tým odborníků, ve kterém musí být technolog, specialista na technické a programové vybavení, projektant a zástupce dodavatele řídicího systému, případně zástupce dodavatele technologického zařízení.

Prvním krokem musí být vždy **vymezení cíle řízení**. Zde je třeba popsat výchozí podmínky a předpokládaný konečný stav. Z toho pak vyplývá souhrn funkcí, které řídicí systém bude plnit. Řízení přítoku surové vody, regulace dávkování chemikálií, sledování hladin, přestavování armatur, sledování chodu a poruchy jednotlivých zařízení.

Ze stanovených cílů a funkcí systému vychází **volba řídicí struktury**. Zde je třeba se rozhodnout, kolik bude mít řídicí systém uzlů a jak budou v technologii rozmístěny, kolik bude hierarchických úrovní, jaké budou vazby mezi nimi.

Další záležitostí je **volba technických prostředků**. Zde je základním hlediskem to, zda můžeme pomocí toho kterého typu technického zařízení realizovat zvolenou strukturu řízení a požadované funkce. Neméně důležité jsou však otázky spolehlivosti, úrovně programového vybavení, možností dalšího rozšiřování, servisu a samozřejmě i ceny.

S definovaným technickým zařízením souvisí **koncepce programového vybavení a jeho realizace**. V naprosté většině případů vodárenských objektů je nutné programové vybavení vytvářet na míru.

Z výše uvedených činností vyplývá **projektová příprava**. Jedná se o vypracování všech potřebných úrovní projektové dokumentace.

Po dokončení projektů následuje **instalace systému a zkušební provoz**. Po instalaci všech technických prvků a jejich oživení začne ověřování programového vybavení a komplexní vyzkoušení všech funkcí systému tak, aby odpovídaly zadání. Po tomto základním ověření následuje zkušební provoz, během něhož je systém předáván uživateli.

Při rekonstrukcích vodárenských objektů ne vždy je pamatováno na dostatečný prostor pro dodavatele řízení k řádnému odladění a testování.

Posledním důležitým úkolem, který je třeba při rekonstrukci řídicího systému řešit, je **personální zabezpečení** jeho provozu. Je nutné počítat s tím, že se obvykle oproti původnímu stavu zvýší požadavky na kvalifikaci obsluhy. Je třeba zabezpečit minimálně tyto profese:

- operátor technologie, který řídí běžný provoz systému,
- technická údržba systému, která provádí běžnou a profylaktickou údržbu a kontrolu systému; důležitá je zde dobrá úroveň smluvního servisu zajišťovaného dodavatelem řídicího systému.

SNÍMAČE

Důležitou úlohu v automatizaci při rekonstrukci vodárenského objektu má i měřicí technika. V této oblasti plní měřicí technika dvoje poslání. Jednak získává informace o chování řízeného procesu (bez těchto informací nemůže samočinné řízení vůbec probíhat), jednak 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 analyzátoři vody, popřípadě detektory ovzduší při použití chloru, ozonu, chlordioxidu...

Podrobněji se zaměřím na snímání průtoků.

Jedná se především o možnosti využití datové komunikace připojení na řídicí systém.

- jednoduché zapojení
- snadná rozšiřitelnost
- rychlá odezva
- vyšší spolehlivost

U vodoměrů se jedná o snímače, které mají impulsní výstup, navíc je možno přenášet i stav počítadla, číslo měřidla, identifikační přidělené číslo měření.

Moderní indukční průtokoměry mají možnost kompaktního i odděleného provedení a výstup datovou komunikací. Charakteristické vlastnosti těchto průtokoměrů jsou:

- vynikající přesnost (0,3% z měřené hodnoty), opakovatelnost a stabilita měření
- vysoké měřicí rozpětí 1:400 (chyba 1% v rozsahu rychlostí 20 mm/s až 8 m/s)
- zanedbatelná tlaková ztráta
- krátké požadované rovné úseky před a za průtokoměrem (3+1DN)
- bateriové napájení převodníku, životnost baterie až 15 let
- referenční elektroda, u plastových potrubí nebo potrubí s vnitřním nevodivým povlakem není nutno používat zemnicí kroužky
- díky optimalizaci tvaru zúžené měřicí trubice minimální tlaková ztráta
- napájecí napětí 230VAC, 24V DC a také bateriové napájení se životností až 12 let
- místní ukazování okamžitého průtoků, součtového množství, diagnostických hodnot
- obousměrné měření
- interní diagnostika
- provozní hodiny
- teplota budících cívek, odpor budících cívek
- stavová a chybová hlášení

- diagnostické hodnoty
- trend okamžitého průtoku
- odpor elektrod (Re) závisí na elektrické vodivosti kapaliny a ploše elektrod
- vodivost kapaliny je zajímavá proměnná jak z hlediska procesu tak i diagnostiky
 - indikace znečištění elektrod (např. tukem nebo olejem)
 - zobrazení měřené hodnoty na displeji, varování, pokud vodivost poklesne pod nastavenou hodnotu (např. prostřednictvím stavového výstupu).
 - Pro prázdnou nebo částečně zaplněnou měřicí trubici platí: $RE \approx \infty$
 - Při zaplněné měřicí trubici je hodnota RE asi v rozmezí $1 \text{ k}\Omega \dots 10 \text{ M}\Omega$ a je měřítkem vodivosti měřené kapaliny.

AKČNÍ ČLENY

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 "zavřeno" a hodí se pouze pro méně náročné regulace a pro logické řízení. Spojité akční členy se mohou nastavovat podle hodnoty řídicího signálu do jakékoli polohy. Například pohony s frekvenčními měniči, regulační armatury.

Nejčastějším akčním členem ve vodárenství je servopohon armatury.

- uzavírací se stavy otevřeno zavřeno
- uzavírací provozovaný i v mezipolohách
- regulační

Charakteristika servopohonů z hlediska jejich vybavení a použitelnosti:

A: Základní provedení servopohonu.

Výhody:

- nižší pořizovací cena pohonu
- pro samostatné pohony možnost přímého nahrazení stávajících starších pohonů.

Nevýhody:

- složitější, rozsáhlejší a dražší elektrické příslušenství mimo servopohon pro jeho zprovoznění (reverzační stykače, oddělovací relé, převodníky, pomocné ovládací obvody, ovládače, kabely, větší skříň rozváděč elektro
- pro připojení k PLC (průmyslový automat), dálkové a automatické řízení nutno další oddělovací relé
- pro hlášení polohy nutno speciální vstup popřípadě převodník odporu a ukazatel polohy
- pro místní ovládání nutno doplnit skříň místního ovládání s ovládači.
- složité propojení napájecích, řídicích a oddělovacích obvodů
- složitější projektování
- složitější a náročnější montáže elektro a následně i údržba elektro

B: Provedení servopohonu s řídicí jednotkou.

Výhody:

- jednoduché elektrické připojení (postačuje pouze odjištění napájecího přívodu)
- kompaktní řídicí elektronika pro ovládání servopohonu, připojení vícežilového ovládacího kabelu na malé napětí (24V)
- integrované místní ovládače místně – vypnuto – dálkově, otevírej – zavírej
- integrovaný ukazatel stavu, výstup polohy a řízení standartně 4-20mA
- přímá vazba na PLC vstupy a výstupy, galvanické oddělení optooddělovači v pohonu
- pomocné napětí pro dálkové ovládání 24VDC

Nevýhody:

- vyšší pořizovací cena
- u objektů s vyšším počtem pohonů (16 a více) nutno pro PLC rozšiřovací moduly vstupů a výstupů
- vícežilový ovládací kabel samostatně ke každému pohonu
- složitější propojení kabelů

C: Provedení servopohonu s řídicí jednotkou a s datovou komunikací.

Výhody:

- jednoduché elektrické připojení (postačuje pouze odjištění napájecího přívodu)
- kompaktní řídicí elektronika pro ovládání servopohonu, připojení vícežilového ovládacího kabelu na malé napětí (24V)
- integrované místní ovládače místně – vypnuto – dálkově, otevírej – zavírej
- integrovaný ukazatel stavu, výstup polohy a řízení datová komunikace
- přímá vazba na PLC – datová komunikace
- pouze datový kabel (kroucená stíněná 2-linka) pro plné řízení a monitorování
- i u vyššího počtu pohonů společná datová linka PLC
- jednoduché zapojení a opakovatelně použití nastavení prostřednictvím PLC
- jednoduchá instalace elektro a údržba

Nevýhody:

- vyšší pořizovací cena

Pneumatické servopohony:

Jednoduché a levné řešení samostatného pohonu. Při srovnatelném požadavku na řízení pomocí PLC je cena sestavy srovnatelná s elektrickými servopohony.

- nutné zařízení pro výrobu a úpravu pracovního média – stlačený vzduch
- uzavírací pohony nelze provozovat v mezipoloze, v tomto případě je nutný vždy „pozicionér“. Dle praktických zkušeností ÚV Mostiště nevhodné pro regulaci hladiny na filtrech.
- pneumatický servopohon vyžaduje elektrické napájení

ZABEZPEČENÍ OBJEKTŮ

V dnešní době je potřeba věnovat zvýšenou pozornost vodárenským objektům proti vniknutí neoprávněných osob. Jedná se především o zásobníky vody, vodojemy jímací území, vodárenské objekty bez trvalé obsluhy, kterých je dnes většina.

Stávající systém monitorování zpravidla přenášel otevření dveří a případně spuštění houkačky.

V dnešní době je takový systém zajištění objektu nedostatečný, narušitel zpravidla objekt opustí dříve než je na místě provozovatel, nebo policie.

Nově doporučuji objekty vybavit moderními prostředky pro obrazový záznam a odesílání obrazu na dispečink. Podrobně se touto problematikou zabýval VaK Kroměříž a.s. který má takto zabezpečené nejdůležitější objekty.

Integrace řízení vodárenské společnosti

Ing. Milan Lindovský, PhD, MBA¹⁾; Ing. Petr Fiala²⁾; Ctibor Petr²⁾

¹⁾ VAE CONTROLS s.r.o.

nám. Jurie Gagarina 233/1, 710 00 Ostrava, tel.: 596 240 001, milan.lindovsky@vaecontrols.cz

²⁾ VODÁRENSKÁ AKCIOVÁ SPOLEČNOST, a.s.

divize Boskovice, 17. listopadu 14, 680 19 Boskovice, tel: 516 427 236, sekretariat@vasbo.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 fungování státu. 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. Proto je nutno věnovat trvalou pozornost nejenom strategickému řízení vodáren, ale i provozně operativnímu řízení, které má na bezpečnost a plynulost zásobování vodou rozhodující vliv. Příspěvek popisuje způsob realizace a možné cesty vedoucí ke snížení negativních dopadů případných mimořádných událostí a zvýšení bezpečnosti řízení vodárenské soustavy na příkladu VAS Boskovice. V závěru příspěvku se autoři zabývají aktuální problematikou ochrany kyber prostoru vodárenských společností.

1. Organizace vodárenské společnosti

Divize Boskovice z hlediska organizační struktury VAS, a.s. patří mezi jednu ze 6 provozních divizí (od r.1993) a zabezpečuje provoz vodovodů a kanalizací, výrobu a dodávku pitné vody včetně náhradního zásobování, údržbu a opravy vodovodů a kanalizací, odvádění a čištění odpadních vod. Svoje služby divize Boskovice poskytuje převážně na území okresu Blansko. Jeho rozloha je 942 km², kde provozuje na základě provozních smluv vodovody, kanalizace a ČOV pro 89 měst a obcí.

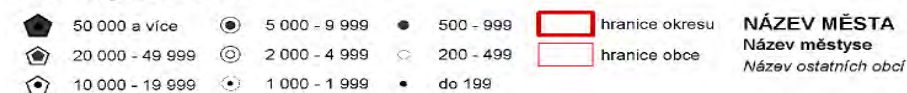
Stručný přehled základních provozně technických údajů divize Boskovice:

- počet vodou zásobovaných obyvatel - 86,7 tis.,
- vyrobená voda za 2016 - 4.406,8 tis. m³,
- odkanalizovaná voda za 2016 - 3.082,9 tis. m³,
- délka vodovodní sítě - 868,9 km,
- délka kanalizační sítě - 444,8 km,
- organizační struktura: dvě provozní střediska vodovodů, jedno středisko kanalizací.

Stručná historie operativního řízení:

- 1971 – první dálkový přenos vybraných údajů z ÚV Lažany,
- 1987 – v rámci budovaného přiváděče Boskovice –Blansko instalace centrálního dispečinku ZPA,
- 1996 – modernizace lokálního dispečinku na platformu SERCK na ÚV Bělá,
- 2001 – instalace dispečinku SERCK na středisku Blansko,
- 2010 – vytvoření jednotného dispečinku SERCK Blansko – Boskovice na středisku Boskovice,
- 2016 – upgrade dispečinku na SW SCADA SCX6, integrace kanalizačních objektů provozovaných kanalizačních,
- Celkem na dispečink napojeno 158 objektů z celkového počtu 410 objektů.

Počet obyvatel v obci



Přehledová mapa provozované vodárenské soustavy VAS Boskovice

Z uvedeného vyplývá, že se jedná technologicky i vodohospodářsky, o v Česku „standardní“ provozní vodárenskou společnost s tím rozdílem, že v celé její existenci je zde patrná snaha a kladen důraz na moderní způsob jednotného operativního řízení s cílem:

- 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. Rizika na vodovodních a stokových sítích

Cílem této přednášky není vytvořit seznam všech možných rizik, její rozsah to ani neumožňuje. Proto se omezíme na definici skupin rizik s příklady a následně na ilustraci jejich snížení na konkrétním příkladu divize VAS.

Rizika na vodárenských a stokových sítích a objektech můžeme dělit podle různých kritérií a poslední výzkumy v této oblasti definují následující kritické prvky vodárenského systému následovně:

- elektrické zdroje napájení technologického zařízení,
- strojní zařízení vodovodních potrubí (ventily a armaturní komory),
- hydranty požární vody (odběrná místa vodovodů),
- technologie areace a chlorace (technologie úpravy vody),
- telemetrický a řídicí systém.

2.1 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 byly na VAS definovány 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.

Tato opatření jsou zakotvena a rozpracována v krizovém plánu společnosti.

2.2 Příklad monitoringu a řízení vodárenských procesů

Základní podmínkou pro úspěšné zvládnutí takto definované 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 i za vzniklých krizových situací. V podmínkách VAS se jedná zejména o procesy:

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} ,
- sledování výstupních parametrů o průtoku, tlaku a úrovni zdravotního zabezpečení pitné vody předstupem do distribučního systému.

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.

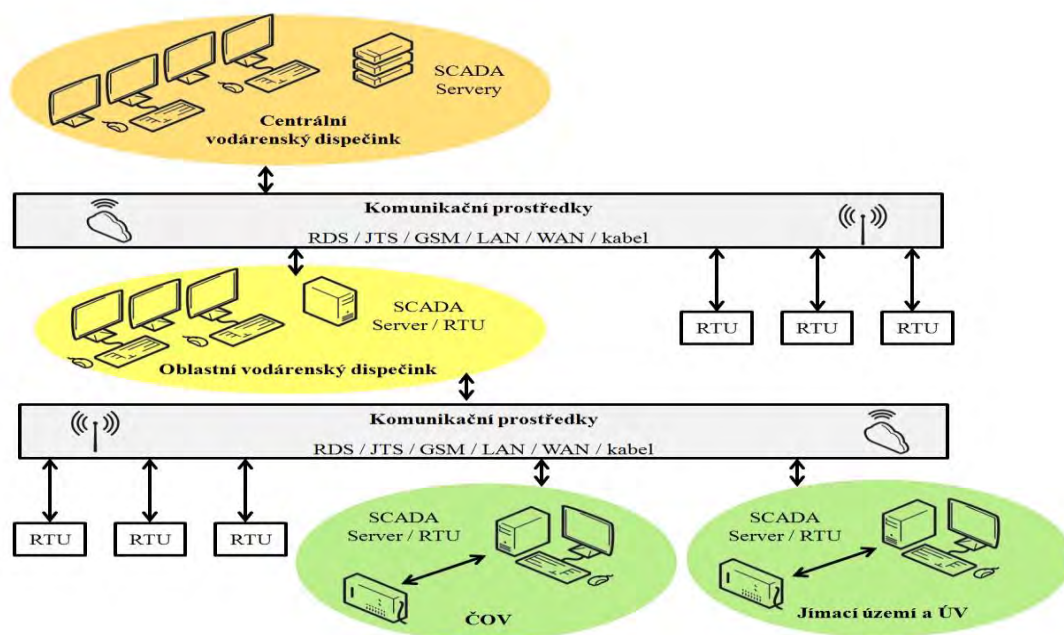


Schéma integrovaného dispečinku divize Boskovice s návrhem integrace na úroveň VAS

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.

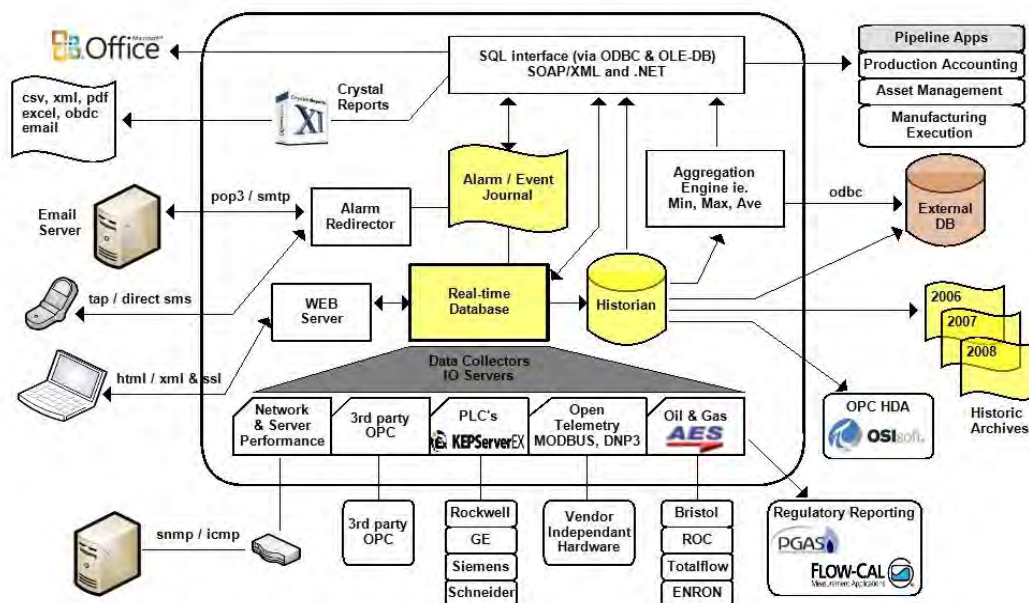
3. Rizika tzv. “ kybernetického prostoru“ ve vodárenských podmínkách

V této části příspěvku autoři v obecné rovině poukážou na problematiku současného fenoménu, a to je kybernetická bezpečnost provozování vodárenských systémů, která dosud není zodpovědně řešena na úrovni vodárenských společností.

Dnešní kybernetický prostor se dá (při určité míře zjednodušení) rozdělit na dvě základní části:

- IT (Informační Technologie) – zajišťují fungování „kancelářských“ systémů, zahrnují servery, sítě a jejich prvky, klientské stanice (osobní počítače), telekomunikační sítě atd.
- ICS (Industrial Control Systems) – zajišťují fungování technologií, zahrnují vše od zařízení MaR přes provozní technologie (ASŘ) až po SCADA a MES systémy.

Tato oblast zahrnuje i veškeré řídicí systémy instalované ve vodárenských společnostech, tj. i na všech čistírnách a čerpacích stanicích kanalizačních a stokových sítí. Obě části byly ještě v nedávné době považovány za zcela samostatné a do značné míry byly i funkčně a fyzicky odděleny. Dnes se v mnohém prolínají – společné sítě, servery, stejný správce, stejní uživatelé. Prostřednictvím IT se dá najít cesta k napadení ICS a naopak.



Příklad prolínání IT a ICS

Každá ze zmíněných částí je také charakteristická dosud zcela odlišným přístupem k jejímu zabezpečení. IT systémy zaznamenaly v posledních 10 letech mohutný rozvoj bezpečnostních prvků a opatření – firewally, antiviry, šifrování, unikátní uživatelé + hesla. Rovněž existuje obecné povědomí o hrozbách a s tím související relativní připravenost správců i uživatelů systémů.

Na druhou stranu v oblasti ICS byla bezpečnost zatím seriózně řešena jen u vysoce kritických aplikací (vojensství, energetika). Používají se otevřené datové protokoly, systémově nechráněné průmyslové automaty typu PLC, nezabezpečená webová rozhraní pro poskytování dat. Časté jsou případy sdílených hesel pro několik uživatelů, strategie „nesahat na to, co funguje“. Funguje princip dobré víry, neočekává se útok, banalizují se potenciální následky a cíleně se přesunuje odpovědnost na pracovníky IT. V okamžiku, kdy se „hrozba“ kyber útoku dostane na dosah průmyslového řídicího systému, zejména k jeho spodním úrovním, je obvykle tento systém (na rozdíl od IT) naprosto otevřený a SW bezbranný.

3.1 Hrozby u průmyslových řídicích systémů

V České republice bylo dosud zaznamenáno jen nepatrné množství cílených elektronických útoků na průmyslové řídicí systémy a žádný s rozsáhlými následky. Přesto potenciálních hrozeb je celá řada. Mezi nejdůležitější patří:

- Cílený průnik zvenčí – útok hackera s cílem způsobit škodu. Obvykle je podpořen znalostí místních poměrů, topologie sítě, otevřených portů, využití nástrojů sociálního inženýrství apod.
- Cílený průnik zevnitř – útok proveden nebo podpořen zaměstnanci společnosti s cílem poškodit firmu, pomstít se...
- Poškození způsobené omylem – typicky při pracích na systému dodavatelskou firmou.

Dále můžeme vyjmenovat alespoň několik oblastí, které se dnes jeví jako nejrizikovější z hlediska možného napadení. Běžně se začínají používat právě i v průmyslových řídicích systémech aniž by byly mimořádně chráněny proti zneužití:

- Chytrá zařízení, internet věcí, tzv. smart sítě – jde o prudce se rozvíjející oblast nejen v komerční, ale i v průmyslové oblasti navíc s velkým potenciálem růstu v následujících letech.
- Webové a mobilní aplikace, řešení „cloud“ – další skupina velmi populárních služeb. Řešení typu „nechte vše na nás“ je pro provozovatele reálnou hrozbou, neboť má svá data zcela mimo kontrolu.

Poznámka: v této části se jedná zejména, některými provozovateli preferována řešení monitoringu vodárenských a kanalizačních sítí, o řešení, kdy veškerá data z těchto sítí jsou vodárenské společnosti poskytovány prostřednictvím „cizího“ dodavatelského serveru“ a WEB přístupem k datům.

- Cizí média – USB paměti (i nové), CD, DVD... Každé takové zařízení může obsahovat škodlivý kód, který se většinou zcela bez vědomí uživatele může dostat do systému

Riziko využívání těchto nástrojů nespočívá v nich samotných, ale v tom, že otevírají dveře k dalším důležitým a klíčovým systémům provozovatele, pokud nejsou dostatečně zabezpečené, případně oddělené od kritických struktur.

3.2 Ochrana ICS

Je zcela mimo jakoukoliv pochybnost, že je nutné systémy ICS chránit ať už spadají po působnost ZKB nebo ne. Nehledě na to, že legislativa prochází neustálým vývojem a co dnes není zahrnuto do kritické infrastruktury, napřesrok už může být. Postup při řešení kybernetické bezpečnosti se příliš neliší od postupu při zajišťování provozní bezpečnosti, v podstatě jde jen o její podmnožinu. Celý proces by tedy měl probíhat v cyklu, počínaje identifikací rizik přes jejich zhodnocení, provedení nápravných opatření a jejich verifikaci.

4 Návrh praktického řešení bezpečnosti provozování vodárenského systému

Vodárenské společnosti musí být, a to nejenom z pohledu citovaného zákona o kybernetické bezpečnosti, ale i ze zákona č. 240/2000Sb. o krizovém řízení, připraveny na řešení možných mimořádných a krizových situací, které mohou nastat vlivem přírodních, technických či lidských podmínek (povodně, havárie, poruchy, terorismus). Podmínkou efektivní řešení mimořádných situací vzniklých na vodárenském systému je přitom existence jednotného systému řízení vodárenské společnosti. Pro zavedení tohoto jednotného systému je nutné, v rámci vodárenské provozní společnosti, vytvořit organizační a řídicí strukturu tvořenou:

- určeným managementem, tj. krizovým štábem (např. vedoucí provozu, technolog, zástupce užšího vedení společnosti, ekonom, vedoucím dispečinku) řešící danou mimořádnou událost, organizační a pracovní vztahy, styk s majiteli, krizovým štábem obcí a měst, Hasičským záchranným sborem,
- technickým vybavením (měřicí, přenosová, výpočetní a ovládací technika) doplněným o technické prvky IT, např. firewally, „safety boxes“ atd. tvořící telemetrický dispečerský systém,
- podnikovým informačním systémem (ERP), geografickým systémem (GIS), SCADA systémem dispečinku,
- informační a datovou podporou (manipulační řády, plány krizové připravenosti, projektovou dokumentaci, programovým vybavením pro podporu rozhodování, tj. manažerským krizovým informačním systémem.

Takto navržený systém organizace řízení, jehož součástí bude výše uvedený návrh organizačně-technických preventivních opatření pro omezení rizik vzniku, případně účinného řízení mimořádných situací, by měl garantovat zvýšení:

- fyzické bezpečnosti objektů,
- informační bezpečnosti podnikových sítí,
- personální bezpečnosti vodárenských provozů,
- organizační bezpečnosti vodárenské společnosti,
- účinnosti monitoringu.

5 Závěr

Řídit vodárenská zařízení již zdaleka není jen předpoklad intuice a praxe, jak tomu bylo v minulých létech. Optimální řízení vyžaduje komplexní a jednotný přístup 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. 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 VAS Boskovice a na navržených postupech, jak k dané problematice přistupovat a jakým způsobem se lze připravit na řešení mimořádných událostí při provozování vodárenské soustavy. Časté změny klimatu a reálné hrozby terorismu, nám již k řešení nedává mnoho času. Případný nedostatek vody následně nebude jen problémem majitele či provozovatele vodovodu, ale velmi tvrdě dopadne na celou společnost a její infrastrukturu.

Literatura

- [1] Šenovský Michal. a spol. *Ochrana kritické infrastruktury*, edice Spektrum, 2007, ISBN 978-80-7385-025-8.
- [2] Kročová Šárka. *Strategie dodávek pitné vody*, edice Spektrum, 2009, ISBN 978-80-7385-072-2.
- [3] Kročová Šárka a M. Lindovský. *Bezpečnost a ochrana vodárenských systémů*, SOVAK č. 9/2011, ISSN 1210-3039.
- [4] Chipley et al. *Risk management Series Reference Manual*, FEMA, US Department of Homeland Security, Eigenverlag, 2003.
- [5] Sbírka zákonů ČR: Zákon č. 181/2014 Sb. „Zákon o kybernetické bezpečnosti a o změně souvisejících zákonů“
- [6] Sbírka zákonů ČR: Nařízení vlády č. 315/2014 Sb. ze dne 8. prosince 2014, kterým se mění nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury.
- [7] Sbírka zákonů ČR: Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [8] Lindovský M.: *Water supply system management in crisis situations as part environmental management*, Sborník přednášek 18. ročníku mezinárodní konference Environment and Mineral Processing. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2014, ISBN 978-80-248-3754-3.
- [9] Lindovsky Milan and Krocova S. *Water System management in Emergency Situations*, impaktovaný časopis Journal of Geological Resource and Engineering, Volume 3, Number 3, May-June 2015 (Serial Number 8), p. 150-162, USA, ISSN 2328-2193.
- [10] Lindovsky, M.; Kašparec J. a Kročová Š. *Bezpečnost řídicích systémů ve vodárenství*, In konference Řešení krizových situací v špecifickom prostredí, 2016: Sborník přednášek 21. ročníku mezinárodní konference. 1.vyd. Žilina: UNIZA Žilina, 2016. 739 s.,ISBN 978-80-554-1213-9. s.312-322 (CD ROM).

Projekty se speciálními podmínkami před a v průběhu realizace stavby

Ing. Petr Krejčí

Duktus litinové systémy s. r. o.

Úvod

Společnost Duktus litinové systémy s.r.o. (dříve Buderus) působí na českém trhu téměř 20 let. Součástí distribuce potrubí a tvarovek z tvárné litiny je i odborné technické poradenství a servis, založený na komplexním využití systémů z tvárné litiny. Směr, kterým jsme se vydali, spočívá ve snaze předat projekční a stavební podklady na nejvyšší úrovni, splňující požadavky na adekvátní koncovou cenu, funkčnost nové stavby a zejména dlouhodobou životnost nového potrubního systému. Lišíme se tím, že naše poradenství vychází z hydraulických a fyzikálních výpočtů, nikoli z principu hlavně prodat a po nás potopa.

Vývoj systému z šedé a tvárné litiny

Systém potrubí z litiny prodělal v posledním století velký vývoj. Původně vyráběné potrubí ze šedé litiny nahradilo zejména v západních zemích potrubí vyráběné z tvárné litiny, spoje těsněné olovněnými zálivkami nahradily spoje hrdlové s pryžovým těsněním. V 90. letech 20. století se potrubní systémy z tvárné litiny dostávají i na český trh. Velká tloušťka stěny potrubí ze šedé litiny, zajišťující dobré mechanické a antikorozi vlastnosti byla nahrazena ekonomicky úspornějším výrobkem z tvárné litiny méně náročným na spotřebu materiálu, avšak s ještě lepšími parametry týkající se mechanické odolnosti a protikorozi ochrany. Nyní se dá říct, že vývoj systémů z tvárné litiny dosáhl svého stropu co do kvality výrobku a spotřeby materiálu na výrobu. Antikorozi ochrany jsou na velmi vysoké úrovni a jakékoli další úspory na výrobním materiálu nejsou žádoucí z důvodu snižování životnosti a mechanických vlastností.

Využití systému pro projekty se speciálními podmínkami před a v průběhu realizace stavby

Využitím praktických zkušeností a úvah se můžeme podrobněji zaměřit na projekty, u kterých se dají očekávat obtížnější podmínky před realizací i v jejím samotném průběhu. To vše s ohledem na dlouhodobou životnost a provozuschopnost celého systému. Principiálně je nutné už v projektové dokumentaci omezit nebezpečné kritérium nejnižší ceny, které trápí většinu investorů a více zohlednit technické hledisko stavby. Projekt je mnohdy řešen nedostatečně do hloubky a bez ohledu na plánovanou životnost a spolehlivost systému ve vztahu k výši vynaložené investice. Je známo, že v kontextu ekonomiky celé stavby náklady na materiál při výstavbě vodovodů tvoří tak významnou část, přitom je to jedna z nejdůležitějších položek. Z toho plyne, že hledat zde významnou úsporu je spíše kontraproduktivní, což může vyústit v nedostatečnou kvalitu a spolehlivost díla, které si může vyžádat investice v dalších letech.

Spolehlivost a životnost celého díla je tedy důležitým faktorem zejména u staveb s náročnými požadavky na výstavbu a u staveb významného charakteru, jako jsou například:

- 1) Potrubí s velkými sklony terénu (výtlačné řady, zasněžovací systémy, přivaděče na vodní elektrárny)
- 2) Požární vedení
- 3) Volně uložené potrubí (na mostech, v kolektorech, chráničkách)
- 4) Potrubí s vysokými požadavky na spolehlivost nebo zátěž (shybky, vysokotlakové přivaděče)
- 5) Bezvýkopové pokládky (Relining, Berstlining, HDD)

U všech výše jmenovaných oblastí, je nutné provést zamyšlení zejména nad použitím spojů, zda ještě pro daný vodovod vyhoví obyčejné zakusovací jištění spoje, určené pro aplikace do standardních podmínek, se standardními provozními tlaky se zpětným zásypem, s nutným spolupůsobením povrchu trouby a zeminy na bázi tření. Nebo využít pro tyto aplikace spolehlivější dvoukomorové spoje s návarky a se samostatným zámkem v hrdle trouby nebo tvarovky bez nutnosti vyžadující spolupůsobení se zeminou. Je nutné posoudit korozní faktory a navrhnout adekvátní vnější ochranu, stejně tak je nutné posoudit, zda jsme schopni ohlídat riziko poškození měkkých termoplastických vnějších ochranných vrstev nebo zda např. v těžko přístupných terénech využijeme mechanicky odolný cementový obal. Dnes je toto potrubí s vnějším cementovým obalem nejlepším dostupným výrobkem využívající schopnost odolat vysokým hodnotám bludných proudů, zároveň splňující podmínky pro mechanickou odolnost proti poškození při manipulaci, pokládce a zpětnému zásypu. Kombinace zámkových spojů a vnějšího mechanicky odolného cementového obalu je např. nutná při aplikacích v bodech 1), 4), 5) v některých případech i v bodě č. 3).

Rádi bychom ještě více rozvinuli spolupráci s projektanty a provozovateli na řešení těchto projektů s těmito aplikacemi. Dále se zabýváme výpočtem hydraulických ztrát na potrubí. Ve výše zmiňovaných bodech se zejména posuzuje problematika:

- Ad. 1) Transport přebytečné zeminy, jemnozrnných podsypů a obsypů v případě použití standardního potrubí, možnost sesunutí svahu, bednění případných příčných betonových bloků, výplň a transport betonu vč. hutnění, celková doba pokládky, požadavky na počet stavebních strojů, zábor půdy a lesa, poškození stromů při výstavbě, hydraulické rázy, spoje potrubí atd.
- Ad. 2) Zejména odpovídající certifikace výrobků pro použití na účely požárního vedení a certifikace na požadované provozní tlaky požárního vedení.
- Ad. 3) Způsoby uložení potrubí, postup montáže, dilatace, typy spojů pro potrubí, krácení trub, napojování trub, bezpečnost a spolehlivost systému, životnost, kolísání tlaků.
- Ad. 4) Postup provádění, krácení trub, životnost a spolehlivost systému, tlakové zkoušky.
- Ad. 5) Postup výstavby, umístění montážních jam, způsob ochrany, napojení a přepojení potrubí, rychlost výstavby, zábor veřejného prostranství atd. Ve spolupráci s CzSTT v současné době probíhají přípravné práce na standardech určených pro bezvýkopové technologie. Tyto standardy budou sloužit jako prováděcí předpisy pro jednotlivé technologie a budou stanovovat postup výstavby, zábory, předepisovat druh použitých materiálů s adekvátními

ochranami včetně použití spojů a další neméně důležité požadavky nutné pro kvalitní výstavbu. Např. pro metodu Relining je v současnosti téma, zda používat pro výplň prostoru mezikruží inertní materiál nebo použít potrubí s vnější těžkou protikorozní a mechanickou ochranou a mezikruží nechat volné.

Závěr

Při řešení projektů se speciálními podmínkami před a v průběhu realizace stavby, je lepší z hlediska využití potenciálu, který v sobě potrubí z tvárné litiny má, přizvat odborníky z řad zaměstnanců výrobce, kteří nezávisle podpoří zdárný průběh projektových prací a pomůžou s návrhem ekonomického a hlavně technického řešení, které později zabezpečí i při výstavbě. Ve firmě Duktus je toto pravidlem a přidanou hodnotou.

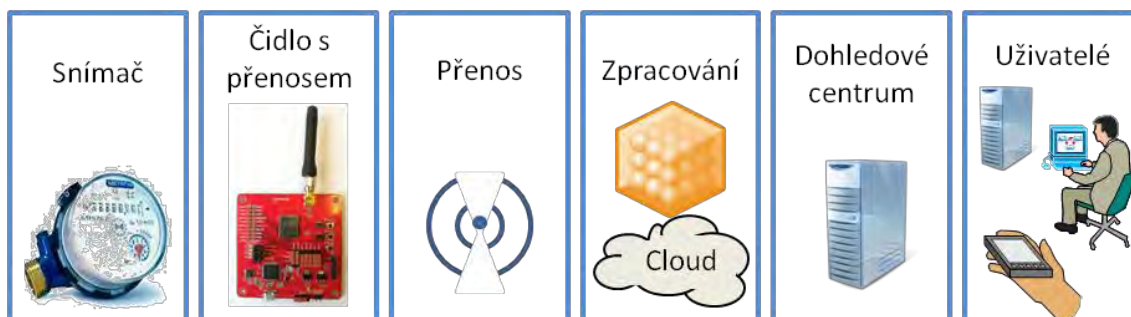
Jelikož se hojně setkávám s tím, že navržený projekt je ještě na papíře kreslen jako nejlevnější varianta, popř. z poptávky na potrubní materiál je vynecháno zohlednění technických rizik vím, že konečná cena za stavební dílo bývá vždy vyšší, než kdyby vše od projektu probíhalo tak jak má.

Smart metering - současnost a nastupující trendy dálkových odečtů měřidel

Ing. Josef Fojtů

QLine a.s., tel.: 604 223 671, fojtu@qline.cz, www.telemetry.cz

V minulém roce jsem zde referoval o využití technologie internetu věcí pro dálkové odečty vodoměrů. Během uplynulých měsíců se možnosti technologie IoT dále rozvinuly, což je důvodem věnovat jim pozornost. Uživatelé i dodavatelé mají za sebou úspěšné realizace prvních pilotních projektů a získané provozní zkušenosti jsou motivem pro přípravu rozsáhlejších aplikací.



Problematika řešení dálkových odečtů měřidel, které se v rámci internetu věcí říká „smart metering“ neboli „chytré měření“ se skládá ze tří základních částí:

- **Chytrá čidla**
- **Komunikační síť s bezdrátovým přenosem (Sigfox, LoRa)**
- **Odečtové centrály**

V následujícím příspěvku si povšimnu, jak se technologie internetu věcí promítají do jednotlivých komponent této architektury.

Technický koncept dálkových odečtů IoT se svou architekturou podstatně neliší od předchozí generace zařízení, které využívají sítě GSM a GPRS nebo rovněž i odečtové systémy s místní radiovou sítí a sběrným koncentrátorem. Odlišnosti nalezneme v použití nových technologií a s tím spojenými investičními a provozními náklady. Podstatnou novinkou je jednak využití odlišného komunikačního prostředí (celoplošné „bezsimkové“ řešení) a skutečnost, že součástí služby přenosu dat je i umístění naměřených hodnot do cloudu- uložiště na ethernetu operátora přenosové sítě, který končí aplikačním rozhraním pro oprávněné uživatele. Nastupující generace smart meteringu rovněž dále rozvinula i revoluční vlastnost, kterou s sebou přinesly GSM zařízení – dlouhodobý provoz z vlastní baterie a tím energetická nezávislost. Kromě výše uvedených technických novinek je na dálkových odečtech IoT zajímavá především nižší finanční náročnost spojená s aplikací zmíněných technologií.

Komunikační síť. Rozvoj této oblasti se na současném rozvoji dálkových odečtů projevuje nejvýrazněji. Významně pokročila výstavba celoplošné sítě Sigfox, která nyní dle provozovatele pokrývá 90 % republiky (ovšem v různé kvalitě). Postupně se zdokonalují, byť pomalejším tempem, i operátoři dalších komunikačních sítí, zejména LoRa.

I když u této technologie můžeme zatím hovořit pouze o regionálních přenosových sítích. Na oblast dálkových odečtů měřidel – „smart meteringu“ jakož i monitoringu technologií se soustřeďuje zejména síť **Sigfox**. Požadavkům odpovídá kvalita prostorového pokrytí, spolehlivost přenosu veličin i konkurenční provozní náklady. Limitem Sigfoxu jsou omezené možnosti pro zasílání dat z centra do koncového zařízení (dálkové ovládání a parametrizace funkcí odečtové jednotky). I přes tato omezení jsou vlastnosti sítě Sigfox pro potřeby dálkových naprosto dostačující.

Přenosová síť Sigfox

Národním provozovatelem sítě Sigfox je pro Českou a Slovenskou republiku společnost Simplecell. Síť využívá pro přenosy specifickou technologii s úzkým přenosovým pásmem, která zabezpečuje vysokou komunikační propustnost městské zástavbě i nízkou spotřebu energie. Odečtená data se musí vejít do 12-ti byte a počet datagramů je omezen na maximálně 144 denně (odpovídá 10-ti minutovým vzorkům). Doba přenosu do cloudu je od 2 do 5 sekund. Zpětný kanál je aktivován pouze na vyžádání koncovým zařízením (senzorem). Použitý kmitočet 868 MHz je významně tlumen zeminou, což je významné ve vodárenských aplikacích. Tuto nevýhodu lze poměrně dobře kompenzovat odečtovými jednotkami v odděleném provedení. Velkým přínosem pro úspěšnou přípravu instalace je možnost interaktivního ověření dané lokality, zda je pokryta signálem. Operátor poskytuje na svém webu na podkladě map od Google aktuální graf kvality pokrytí a to ve verzi pro venkovní a vnitřní použití. Ověřovací fáze je žádoucí, protože zejména oblasti s nižší hustotou obyvatel nejsou pokryty vůbec nebo je kvalita hranici využitelnosti.

Chytrá čidla

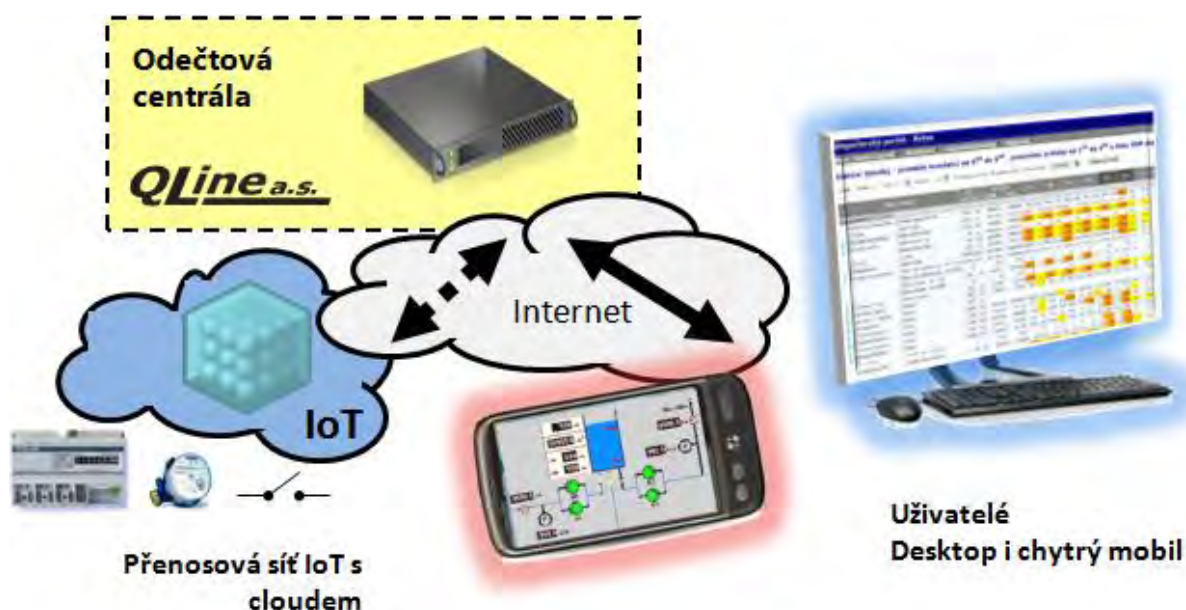
Použití technologie dálkových odečtů v internetu věcí předpokládá, že vodoměry budou vybaveny inteligentními senzory s bezdrátovým přenosem do cloudu operátora. Inteligentní senzor je napájen z vlastní baterie. Vývoj v této oblasti za minulý rok ukázal, že se na našem trhu se pohybuje řada i českých výrobců schopných nabídnout kvalitní řešení na úrovni inteligentních měřidel s integrovaným přenosem i integrátorů nabízejících kompletní řešení. Tato pro koncové uživatele příznivá situace je spoluvytvářena třemi faktory. Za prvé přetrvávající technickou invencí výrobců měřicí techniky, za druhé existencí široké nabídky elektronických modulů, které znalý vývojář umí poskládat obdobně jako kostky stavebnice Lega do funkčního celku. A za třetí je dostupný široký výběr vhodného vývojového prostředí pro efektivní vývoj programového vybavení nových modulů, které elektronice vdechnou potřebné schopnosti. To vše vytváří pozitivní prostředí pro další rozvoj.

Kompaktní a oddělené konstrukční provedení senzorů.

U kompaktního provedení jsou všechny části včetně napájení i antény zality do jednoho celku. Což má zvláště u vodoměrů velký význam s ohledem na vysokou odolnost proti vlhkosti. Nevýhodou je jednak skutečnost, že umístění senzoru je fixováno na pozici měřidla což může přinést komplikace s dostupností přenosové sítě a jednak se každý senzor musí přizpůsobit různým typům vodoměrů. U odděleného provedení jsou snímač i vyhodnocovací modul vyrobeny samostatně. Obě jednotky jsou zpravidla spojeny

kabelem radiová část je umístěna ve vyhodnocovací jednotce. Výhodou je možnost umístění radiového modulu na místo s kvalitním signálem a je zde i technická možnost výměny baterie, což dále šetří investiční náklady a rovněž lze ke stejné jednotce připojovat i různé typy snímačů, odpovídající různým typům vodoměrů nebo i dalších snímačů.

V neposlední řadě se tím otevírá prostor pro řešení s připojením více senzorů k jedné odečtové jednotce. Což rozšiřuje použití této technologie třeba pro monitoring vodovodní sítě na vyšší úroveň. Například v kombinaci souběžného měření průtoku a tlaku s přenosem pomocí IoT. A to vše při nižších nákladech, než jsou v případě použití současné technologie GSM.



Odečtové centrály jsou v hierarchii informačního řetězce o stupeň výše protože zajišťují kooperaci s dalšími informačními systémy. Jejich úloha je proti předchozí generaci na jedné straně usnadněna, protože operátoři přenosových sítí IoT řeší v rámci své služby i sběr dat a naměřené hodnoty z čidel jsou tak uživatelům k dispozici již hotové v cloudovém úložišti na internetu. Na druhé straně jsou na odečtovou centrálu kladeny nové požadavky plynoucí z hlubší spolupráce systému automatických odečtů s dalšími systémy vodárenské společnosti jako je zákaznický systém (podklady k fakturaci) a provozně-technické systémy (provoz dispečinku, asset management, vyhodnocování úniků, informace o charakteristice odběrů, vyhodnocování výroby vody, vyhodnocování energetické spotřeby) atd. Hlavní funkce odečtové centrály jsou:

- **Sběr surových dat** z heterogenních přenosových sítí. Centrála musí zajistit souběžnou komunikaci jednak ze stávajících systémů radiové telemetrie, GSM systémů, tak i z různých komunikačních sítí IoT (Sigfox, LoRa, ...) a integrovat je do jednotné datové platformy společného úložiště. Kromě sběru dat z přímo řízených sítí může centrála přebírat data s dalších odečtových systémů s vlastním ústředím a úložištěm, jako jsou buď pochůzkové systémy nebo dedikovaná řešení výrobců vodoměrů.

- **Management odečtených dat a správa.** Kromě organizace sběru dat je úkolem centrály i jejich distribuce pro potřeby dalších systémů, administrace zpracování a prezentace dat. Centrála tak obsahuje automatické mechanismy pro poskytování dat v předepsaných strukturách a dle dohodnutých pravidel dalším systémům včetně prostředků pro správu všech těchto činností. Odečtová centrála tak vede pro své potřeby evidenci vazebních informací pro integraci výsledků měření s kooperujícími IS. Odečtená data je třeba validovat na vstupu i výstupu.
- **Management událostí a alarmů.** Řeší automatickou distribuci zpráv o mimořádných stavech v systému jak provozního charakteru (provozní anomálie) tak i důležitých systémových událostech (výpadky komunikace, poruchy měřidel, manipulace s měřidly) atd. Kromě zveřejnění v prostředí uživatelů jsou informace jsou rozesílány prostřednictvím SMS nebo e-mailů.
- **Prezentační funkce.** Prezentační funkce jsou poskytovány v široké škále dle individuálních potřeb jednotlivých uživatelů. Nejčastěji se tak děje webové responsivním zobrazením na intranetovém portálu nebo i zvláštní aplikací pro tablety. Pro základní přehled slouží tyto datové pohledy:
 - ❑ Prostý tabulkový výpis
 - ❑ Bilance
 - ❑ Analytické nástroje – grafické zobrazení průběhu
 - ❑ Export dat do excelu

Odečtové centrum může být s výhodou realizováno i formou externí služby s podmínkami SLA.

Aplikační oblasti

Kromě **dálkových odečtů vodoměrů**, o kterých bylo pojednáno v předchozím textu, jsou dalším zajímavým využitím i **odečty elektroměrů** pomocí internetu věcí. Elektronika vyhodnocovací jednotky je stejná, odlišné je čidlo pro snímání impulsů. Využívá se LED výstupu na elektroměru, které umožňuje instalaci dálkového odečtu bez zásahu do měřidla. Tato technická možnost může být zajímavá v těch případech, kdy z nejrůznějších důvodů nelze napojit snímání pulsů přímo na vstup lokálního systému řízení nebo telemetrie.

Přínosy IoT pro dálkové odečty spočívají ve svém finálním důsledku v nižších nákladech na dálkový odečet. Což je dáno jednak relativní dostupností odečtových sítí IoT. Rychlosti a pružnosti nasazení. Odečtová síť je již přednastavena dodavatelem, takže po zapojení senzorů se může uživatel připojit do svého datového prostoru v cloudu a má data k dispozici do několika sekund od instalace. Současným negativem a věřím, že jen dočasným, je skutečnost, že méně obydlené oblasti nejsou kvalitně pokryty infrastrukturou pro dálkový odečet. A právě zde v odlehlejších oblastech by byl přínos pro ekonomiku provozu nejvíce užitečný.

Společnost QLine je dlouhodobým partnerem vodárenských společností skupin Aqualia, Veolia, Ondeo, Energie AG. Kterým pomáhá při realizaci řady aplikací provozních informačních systémů a uvádění nových řešení do praxe. V příspěvku jsou využity zkušenosti z této praxe.



Jako, s. r. o.

P. O. Box 3, 250 65 Líbeznice
tel.: 283 980 128, 603 416 043

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**

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 koksu (hydroantracitu), polovypáleného dolomitu (PVD), uhličitanu vápenatého, hydroxidu železitého** pro odstraňování arsenu a fosforečnanů, **oxidu mangančitého 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.

MECHANICKÉ PŘEDČIŠTĚNÍ

ROTAMAT Ro1 – rotační česle
 ROTAMAT Ro2,Ro2a, RPPS – rotační síto
 ROTAMAT Ro9,Ro9E, Ro9XL – šnek se sítem
 ROTAMAT Ro3,Ro3.1,Ro3.2 – fekální stanice
 ROTAMAT Ro5,Ro5C,Ro5K – kompaktní zařízení
 ROTAMAT Ro6,Ro6K – lapáky písku
 ROTAMAT Ro7,Ro7a – lisy na shrabky
 ROTAMAT Ro8, Ro8t – šnekové dopravníky
 STEP SCREEN SSL,SSF,SSV – lamelové česle
 CLIMBMAX hrubé česle
 RAKEMAX hrubé oběhové česle



ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU SHRABKŮ

Ro4 – lis na shrabky
 WAP – lis na shrabky s propíráním
 IRGA – integrované propírání shrabků

KANÁLOVÝ PROGRAM

ROTAMAT RoK1 – čištění na přepadech nádrží
 ROTAMAT RoK2 – čištění na přepadech nádrží
 ROTAMAT RoK4 – čištění v kanálových šachtách



ZAŘÍZENÍ PRO KALOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ

ROTAMAT RoS1 – mechanická předúprava kalů
 ROTAMAT RoS2 – zahušťování kalů
 ROTAMAT RoS2S – zahušťování kalů
 ROTAMAT RoS3 – odvodňování kalů
 STRAINPRESS – mechanická předúprava kalů
 DRAIN BELT – zahušťování kalů (Klein)
 BS – odvodňování kalů



ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU PÍSKU

RoSF3 – separátor písku s řízeným prouděním na principu Coandova tulipánu
 RoSF4 – pračku písku s řízeným prouděním a účinným protiproudovým propíráním
 RoSF5 – linka pro úpravu písku s využitím bubnu RoSF9 pro separaci hrubých nečistot a praní písku
 RoSF9 – buben pro separaci hrubých nečistot
 RoSF – písková linka
 HRSF – lapák písku
 HCDF – flotační zařízení
 CFCF – pískový filtr CONTOFLOW



MEMBRÁNOVÁ TECHNOLOGIE

ZAŘÍZENÍ PRO SUŠENÍ KALŮ

Solární sušárna SRT
 Pásová sušárna BT

SLUDGE2ENERGY

VYUŽITÍ TEPLA Z ODPADNÍ VODY

ThermWin
 TubeWin

MEMBRÁNOVÁ TECHNOLOGIE

NEREZOVÝ PROGRAM

SMART DIGITAL

lídr v digitálním dávkování

Smart Digital čerpadla přinesla na český trh jednoduchost ovládání pomocí ovládacího kolečka a jednoznačně viditelného barevného podsvícení displeje v závislosti na momentálním stavu čerpadla (princip semaforu). Dále pak modularitu a možnost změny ovládacího panelu z čelní na boční stranu (není nutné mít dva typy čerpadel). Nejhlavnější inovací u modelů FC a FCM je zabudování inteligentního, bezúdržbového snímače v dávkovací hlavě, který během dávkování měří aktuální tlak a naměřenou hodnotu vysílá na mikroprocesor umístěný v čerpadle. Jedině přímým měřením lze okamžitě registrovat různé poruchové stavy a změny a ve verzi FCM zároveň tyto stavy a změny kompenzovat tak, aby byl cílový průtok dosahován za všech okolností (např.: na základě měření tlaku se zjistí přítomnost bublin v systému a díky vnitřní koncepci motoru se bude čerpadlo snažit udržovat konstantní průtok zvýšením otáčkového stupně –

využití při dávkování zplyňujících médií jako chlornan sodný, peroxid vodíku a jiné). Firma Grundfos věnuje velké úsilí výzkumu a vývoji, což je spojeno s myšlením do budoucna k novým a ještě lepším dávkovacím čerpadlům.



Petr Douda
Grundfos Sales Czechia and Slovakia s.r.o.
pdouda@grundfos.com

be think innovate

GRUNDFOS



Armatury z Hodonína prověřené ve více než 60 zemích světa



NEJEN VODĚ UDÁVÁME SMĚR

Jihomoravská armaturka spol. s r.o.
sales-cz@vag-group.com | www.jmahod.cz



technologie pro život



Detekce plynů

Příslušenství potrubí a sítí

Ozonizace

Vřetenová čerpadla

Kamerové systémy do potrubí

UV dezinfekce

Čerpadla a čerpací stanice

Chlorová dezinfekce

☎ 548 141 211 ☎ 545 222 706
www.disa.cz | info@disa.cz

DISA s.r.o.
Barvy 784/1 | 638 00 Brno

HAWLE-*PERFEKTNÍ SPOJENÍ*

Multitoleranční spojka Multigrip - Dvojitě excentrická uzavírací klapka

obj.č. NS94

DN 300 - DN 4000

PN 10, PN 16

pitná a odpadní voda

těžká protikorozní úprava

vrtání přírub dle EN 1092-2

spojka jištěná proti posunu

multitoleranční hrdlo spojky

pro všechny druhy potrubí

možnost výroby na míru

široká oblast použití



obj.č. 9881

DN 150 - DN 2500

PN 10, PN 16, PN 25

pitná a neagresivní odpadní voda

těžká protikorozní úprava

vrtání přírub dle EN 1092-2

dvojitá excentricita

šneková převodovka

připraveno pro servopohon

stupeň krytí IP 68

vhodné pro instalaci do země

hawle

HAWLE. **MADE FOR GENERATIONS.**

voding

Hranice spol. s r.o.

pro JEkTov Ā, InŽEnÝrsk Ā A por ADEnsĀ Ā ČInnos T
Zborovsk Ā 583, 753 01 Hr AnICE, tel. - spojovatelka: 581 675 211
<http://www.voding.cz>, e-mail: voding@voding.cz



vo Dln G Hr AnICE, spol. s r.o. je projektově inženýrská společnost vycházející z více než stoleté tradice přípravy a realizace vodohospodářských staveb v Hranicích, městě, které dodnes je centrem vodárenství v České republice. vždyť první vodovody v r akousku-Uhersku byly připravovány v Hranicích a odtud stavěny po celém tehdejší mocnářství.

Dnešní společnost vo Dln G Hr AnICE je přímým pokračovatelem této vodohospodářské tradice a je si vědoma odpovědnosti za její uchování v současných potřebách, výši technické úrovně a kvalitě. společnost vo Dln G Hr AnICE vznikla v roce 1991 z předních odborníků vodohospodářské projekce smvak o strava. 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 společnost vo Dln G Hr AnICE specializuje na projektování úpraven vody a souvisejících technologických celků, např. malé vodní elektrárny. Jedná se o celou řadu kapacitně odlišných úpraven vody, zejména pak úpravy regionálního významu – v poslední době kroměříž, valašské Meziříčí, nová ves, podhradí, Tlumačov, Hradec králové.

s společnost vo Dln G Hr AnICE 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 zkušební provozu, závěrečného vyhodnocení stavby a provozního řádu. s současný vo Dln G Hr AnICE 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

601 276 276

www.smv.cz (E) smv@smv.cz